

重庆市宇邦汽车电线有限公司关于同意《宇邦新能源汽车电线研发制造基地项目（宇邦辐照基地一期项目）》全文对外公开的确认函

重庆市生态环境局：

我单位委托重庆昌步环保科技有限公司编制的《宇邦新能源汽车电线研发制造基地项目（宇邦辐照基地一期项目）环境影响报告表》（公示版），我单位已对报告表（公示版）内容进行了审阅，无涉密内容，我单位同意对报告表（公示版）全文进行公示，并对公开的环评文件全文负责。

重庆市宇邦汽车电线有限公司

2021年12月25日



打印编号: 1634542706000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	em2r6f		
建设项目名称	宇邦新能源汽车电线研发制造基地项目（宇邦辐照基地一期项目）		
建设项目类别	55—172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称（盖章）	重庆市宇邦汽车电线有限公司		
统一社会信用代码	91500112MA5UTJJ71A		
法定代表人（签章）	王迪		
主要负责人（签字）	杨爽		
直接负责的主管人员（签字）	杨爽		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	重庆昌步环保科技有限公司		
统一社会信用代码	91500108MA60BX7TX9		
三、编制人员情况			
1. 编制主持人			
姓名	职业资格证书管理号	信用编号	签字
李姜华	2014035550350000003507550187	BH004055	李姜华
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
李姜华	项目工程分析与源项、辐射安全与防护、环境影响分析、辐射安全管理、结论与建议	BH004055	李姜华
吴涵	项目基本情况、放射源、非密封性放射物质、射线装置、评价依据、保护目标与评价标准、环境质量和辐射现状	BH048994	吴涵

核技术利用建设项目

宇邦新能源汽车电线研发制造基地项目
(宇邦辐照基地一期项目)
环境影响报告表

(公示版)

建设单位名称: 重庆市宇邦汽车电线有限公司

建设单位法人代表(签名或签章): 王迪

通讯地址: 重庆市渝北区玉峰山镇桐桂大道3号

邮政编码: 401120 联系人: 杨爽

电子邮箱: 联系电话: 135*****692

目录

表 1 项目基本情况.....	1
表 2 放射源.....	9
表 3 非密封性放射物质.....	9
表 4 射线装置.....	10
表 5 废弃物.....	10
表 6 评价依据.....	11
表 7 保护目标与评价标准.....	13
表 8 环境质量和辐射现状.....	20
表 9 项目工程分析与源项.....	22
表 10 辐射安全与防护.....	33
表 11 环境影响分析.....	53
表 12 辐射安全管理.....	84
表 13 结论与建议.....	93
表 14 审批.....	

表 1 项目基本情况

建设项目名称		宇邦新能源汽车电线研发制造基地项目（宇邦辐照基地一期项目）				
建设单位		重庆市宇邦汽车电线有限公司				
法人代表	王迪	联系人	杨爽	联系电话	135*****692	
注册地址		重庆市渝北区玉峰山镇桐桂大道 3 号				
项目建设地点		渝北区唐家沱组团 N 标准分区 N2-2-4/02 号地块（部分）				
立项审批部门		重庆市渝北区发展和改革委员会	批准文号	2020-500112-36-03-120133		
建设项目总投资(万元)		5000	项目环保投资(万元)	320	投资比例（环保投资/总投资） 6.4%	
项目性质		☒ 新建 ☐ 改建 ☐ 扩建 ☐ 其它			占地面积(m ²) 817.2	
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 建设单位基本情况及项目由来

重庆市宇邦汽车电线有限公司“宇邦新能源汽车电线研发制造基地项目”（以下简称“研发基地项目”）位于重庆渝北区临空前沿科技城唐家沱组团 N 标准分区 N2-2-4/02 号地块，总占地 56039 m²，总建筑面积 48021.48 m²，主要生产汽车电线共计 130 万 km/a。该项目为一次规划，土建一次完成，设备分两期投入，其中：一期工程总投资 47269.95 万元，包括 3 栋标准厂房（1#、2#和 3#厂房）和辅助用房的建设，其中 1#厂房内拟布设 9 条汽车电线生产线，包括拉丝机、束线机、挤出机等生产设备共 99 台设备，计划年生产汽车电线 130 万 km；二期工程拟投入加速器系统等设备，对线材/片材等进行辐照。该项目已取得了重庆市渝北区发展和改革委员会《重庆市企业投资项目备案证》（项

目代码：2020-500112-36-03-120133)。

重庆市宇邦汽车电线有限公司于 2021 年 1 月委托重庆宏伟环保工程有限公司对项目的土建工程和一期工程进行评价分析，编制完成了《宇邦新能源汽车电线研发制造基地项目环境影响报告表》，并于 2021 年 2 月取得重庆市渝北区生态环境局下发的《重庆市渝北区建设项目环境影响评价文件批准书》（渝（北）环准[2021]015 号）。目前，该项目正在建设过程中。

重庆市宇邦汽车电线有限公司根据“研发基地项目”实施情况以及市场需求，拟逐步实施二期工程，即“宇邦新能源汽车电线研发制造基地项目（宇邦辐照基地一期项目）”（以下简称“拟建项目”或“本项目”），建设辐照加工厂房一栋，包括 2 座电子直线加速器机房，安装 2 台 10MeV 的电子直线加速器系统及其配套设施，对农副产品、中药材及医疗器具等产品进行消毒灭菌，为产品生产企业提高产品质量提供服务。

根据《射线装置分类》可知，工业辐照用加速器属于 II 类射线装置。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》以及《建设项目环境保护管理条例》的相关规定，“宇邦新能源汽车电线研发制造基地项目（宇邦辐照基地一期项目）”应开展环境影响评价工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》的分类管理要求，本项目属于“172 核技术利用建设项目使用 II 类射线装置的”，应编制环境影响报告表。

为保护环境，保障公众健康，严格执行《中华人民共和国环境影响评价法》，重庆市宇邦汽车电线有限公司委托重庆昌步环保科技有限公司对本项目进行环境影响评价。评价单位组织技术人员到现场进行调查、踏勘和资料收集，结合项目特点、性质、规模和环境状况，并按照国家对核技术利用项目环境影响评价技术规范的要求，编制完成了《宇邦新能源汽车电线研发制造基地项目（宇邦辐照基地一期项目）环境影响报告表》。

1.2 项目建设规模及工程内容

1.2.1 项目名称、建设单位、建设地点及性质

项目名称：宇邦新能源汽车电线研发制造基地项目（宇邦辐照基地一期项目）

建设单位：重庆市宇邦汽车电线有限公司

建设地点：重庆渝北区唐家沱组团 N 标准分区 N2-2-4/02 号地块（宇邦新能源汽车电线研发制造基地项目新建 3#厂房西南部，中心坐标：东经 106°39'2.69"、北纬 29°39'26.21"）

建设性质：新建

建设内容：拟于新建 3#厂房的西南部建设 1 栋辐照加工厂房(2F 钢筋混凝土结构)，对称建设 2 座电子直线加速器机房，包括 1F 辐照室及其 2F 主机室、控制室、电源间等辅助用房；并配置加速器、物料传输系统、水冷机组、安全设施和控制系统等设施设备。

建设规模：项目总占地面积约 817.2m²，总建筑面积约 1443.72m²，拟配置 2 台 DZ-10/20 型电子加速器（II 类射线装置，其最大电子束能量、最大电子束流强与最大功率均分别为 10MeV、2mA 与 20kW），开展医疗器具灭菌、中药材与农副食品等杀菌保鲜的辐照加工，预计年最大辐照加工量共计 13860t。

项目总投资 5000 万，其中环保投资 320 万。

1.2.2 项目组成

本项目 2 座电子直线加速器机房结构布局相同，均为两层建筑，1 楼主要为辐照室、辐照货物转运及暂存区，2 楼为主机室、控制室、电源间以及水冷设备与风冷系统等辅助系统。项目组成见表 1.2-1。

表 1.2-1 项目组成一览表

序号	类别	项目名称	建设内容	备注
1	主体工程	辐照加工厂房	辐照加工厂房位于项目 3#厂房西南部，为 2F 钢筋混凝土结构，包括 2 座电子直线加速器机房；厂房占地面积约 817.2m ² ，总建筑面积约 1443.732m ² 。	新建
		辐照室	2 个辐照室（1#、2#）均位于辐照加工厂房 1 楼，由南向北镜像设置，其建筑面积、楼层、平面布置、屏蔽措施等均相同。辐照室内净空（含迷道）为：长 14.8m、宽 11.2m、高 2m，室内西侧为辐照区域，东侧设置“弓”形迷道墙。	新建
		主机室	主机室位于辐照加工厂房 2 楼，共布置两间主机室（1#、2#），由南向北采用镜面设置，其建筑面积、楼层、平面布置、屏蔽措施等均相同。主机室内净空（含迷道）为：	新建

			长 4.65m、宽 4.6m、高 5m，室内西侧为电子加速器主机布置区域，东侧设置迷道。	
		设备	新购 2 台电子直线加速器（电子束能量 8~10MeV、电子束流强 0~2mA 连续可调、扫描宽度 600~900mm），属于 II 类射线装置。项目电子直线加速器设备主机部分安装在二楼主机室内，加速器组件外壳采用不锈钢材料。	新建
2	辅助工程	控制室	控制室位于辐照加工厂房 2 楼，共布置一间控制室，建筑面积约 78.375m ² 。	新建
		电源间	电源间位于辐照加工厂房 2 楼，由南向北镜面布置 2 间，建筑面积约 98.31m ² 。	新建
		水冷系统等辅助系统	辅助系统位于辐照加工厂房 2 楼外平台，用于放置水冷机组、风冷系统等辅助设备。	新建
3	储运工程	束下传输系统	需辐照消毒的货物通过自动传输系统，传送至辐照室内进行辐照。	新建
		货物储存区	来厂货物在 3#厂房内东南部（辐照室外东南侧）储存；待辐照货物在两座辐照室之间区域暂存（待辐照）；已辐照货物储存在 3#厂房内北部	依托
4	公用工程	供配电系统	依托“研发基地项目”供电系统	依托
		给水系统	依托“研发基地项目”给水系统	依托
		排水系统	依托“研发基地项目”排水系统	依托
		通风系统	辐照室内各设置 1 个排风口，位于扫描孔下方，因主机室及迷道内设置有空调和除湿机，不便设置独立强排风设施，故在主机室防护门门楣设置进气孔，利用主排风排风口产生的负压，二层废气通过扫描孔流入下方排风口排出。辐照室筏板下方设置“U”型风管，经预埋混凝土预制通风管道引至室外分别经约 20m 高排气筒（FQ1、FQ2）高空排放。	新建
5	环保工程	污水处理	依托“研发基地项目”污水处理系统	依托
		废气处理	辐照室设置机械排风系统，设置 2 台风量为 12000m ³ /h 的风机 1#、2#，1#风机收集辐照加工厂房 1#辐照室的臭氧及氮氧化物经约 20m 高排气筒排放（FQ1），2#风机收集辐照加工厂房北侧辐照室的臭氧及氮氧化物经约 20m 高排气筒排放（FQ2）	新建
		屏蔽防护	设置足够厚度的混凝土屏蔽墙体、迷道以及钢防护门对电子加速器产生的电离辐射进行屏蔽防护。	新建
		噪声	项目风机采用低噪设备	新建
		固废废物	固体废物主要为生活垃圾，分类收集后交环卫部门处理，收集系统依托“研发基地项目”	依托

1.2.3 屏蔽防护设计

本项目辐照加工厂房的设计情况如下表 1.2-2 所示。

表 1.2-2 辐照加工厂房屏蔽设计情况一览表

项目	10.0MeV 加速器机房	
	辐照室	主机室
长×宽×高	内空尺寸（不含迷道）：4.6m×3.45m×2.0m	内空尺寸（不含迷道）：4.6m×4.65m×5.0m
四周屏蔽墙厚度	北侧：2600mm 混凝土 南侧：2600mm 混凝土 西侧：2600（中间厚度 2800）mm 混凝土 东侧：750mm 混凝土	北侧：2000mm 混凝土 南侧：2000mm 混凝土 西侧：1800mm 混凝土 东侧：560mm 混凝土
迷道墙厚度	“T”型迷道墙： “一”为 2000mm 混凝土 “ ”为 500mm 混凝土 迷道中墙 1000mm 混凝土	1000mm 混凝土
顶棚厚度	辐照室一层与二层之间楼板厚度为 1400mm（其中：混凝土厚 1300mm，瓷砖厚 100mm），束流中心位置二层楼顶厚度为 1100mm，为钢筋混凝土结构。	
防护门	一层辐照室货物进出门洞尺寸均 1.14（宽）×1.60（高）m，进货口、出货口均设有货物通道安全门，采用双层不锈钢单开门，人流通道门尺寸均为 0.68（宽）×1.94（高）m。 二层主机室门洞尺寸均为 1.3（宽）×2.4（高）m，覆铅电磁门（铅板厚度 3mm）	
备注	混凝土密度≥2.35g/cm ³ ，瓷砖密度≥2.4g/cm ³ ，铅板密度 11.3g/cm ³ 。	

1.2.4 相关设备配置

本项目相关设备清单见表 1.2-3。

表 1.2-3 项目设备一览表

序号	名称	数量	规格型号	用途	参数	放置位置
1	电子直线加速器	2 套	DZ-10/20	杀菌保鲜、消毒灭菌	II 类射线装置电子束能量 8~10MeV、电子束流强 0~2mA 连续可调、扫描宽度 600~900mm	设备主要组件安装在二楼主机室，电子束流加速部分穿过顶棚，下接束流引出组件，2 套设备镜面布置
2	束下传输系统	2 套	/	货物自动传输	加速器配套系统	辐照加工厂房 1 楼，2 套设备镜面布置
3	水冷系统	2 套	/	加速器各组件冷却		二楼室外平台，镜面布置
4	风冷系统	2 套	/	用于束流引出系统钛窗组件冷却	/	二楼室外平台，镜面布置
5	风机	2 台	/	辐照室排风	每台风量 12000m ³ /h	辐照室西侧，镜面布置

1.2.5 劳动定员及工作负荷

项目劳动定员 35 人，其中生产部（辐照装置运行）12 人，运行维护部、质量管理部共 8 人，后勤、管理与综合部等人员 15 人。

辐照装置工作人员组成采取定编、定员、定岗方式进行，其中：辐射工作人员 20 名（包括生产部 12 人以及运行维护和质量管理 8 人），主要负责辐照装置的正常运行、安检、质量管理等；其他人员属非辐射人员 15 人，其中 9 名装卸人员和叉车工主要为辐照物品的搬运人员，后勤和管理人员主要负责辐照产品的账目、货物调配和仓库管理等。

项目电子加速器年工作 250 天，每天最多运行 24h，生产岗位工人按三班运转制，其中操作人员、装卸搬运人员每班分别各 3 人；其它岗位人员按日班制，每天工作 8 小时。

1.3 项目外环境情况

拟建项目位于重庆渝北区临空前沿科技城唐家沱组团 N 标准分区 N2-2-4/02 号地块，该地块东面为规划的工业用地及金竹溪，西侧为石龙路及重庆泰山电缆有限公司（在建）工业用地，北面为拟入驻的重庆泰山电缆有限公司（在建）工业用地，南侧为机场铁路联络线和 220kV 坪人南北线非建设用地以及规划工业用地。项目地理位置见附图 1。

根据现场调查及建设单位提供的资料，拟建项目拟在 3#厂房内建设，拟建辐照加工厂房东侧及北侧 50m 范围内均位于公司 3#厂房范围内，西侧和南侧距离公司围墙最近距离分别为 19.2m 和 36.4m，围墙西侧隔 32m 宽的石龙路外为重庆泰山电缆有限公司（在建）工业用地，围墙南侧为机场铁路联络线和 220kV 坪人南北线，均属于非建设用地。

项目外环境关系见图 1.3-1



图 1.3-1 项目外环境关系示意图

1.4 选址合理性分析

项目辐照加工厂房选址于渝北区临空前沿科技城(工业园区)，位于宇邦新能源汽车电线研发制造基地新建 3#厂房西南侧，拟建场址的环境辐射剂量背景监测结果表明，其辐射环境质量现状良好，能满足项目的建设需求。拟建项目辐照室、主机室设置于辐照加工厂房 1 楼、2 楼，辐照室周围活动人员较少，有利于减少对公众成员的辐射影响。

按照按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）关于“源的选址与定位”规定，国家只对“具有大量放射性物质和可能造成这些放射性物质大量释放的源”应考虑场址特征的规定，对其它源的选址未作明文规定。本项目不产生放射性三废，因此国家有关标准和文件对该类项目的择址未加明确限制。且据后文分析，项目区域辐射背景水平与《2020 年全国辐射环境质量报告》（中华人民共和国生态环境部）中重庆市多个点位的 2020 年环境地表 γ 辐射空气吸收剂量率相比无明显差异，有利于项目的建设。

综上所述，从辐射防护与环境保护角度，项目的选址可行。

1.5 与项目有关的原有核技术应用及污染状况

本项目为首次开展核技术利用项目，拟建场址位于宇邦新能源汽车电线研发制造基地新建 3#厂房内西南部，不新增用地，原始用地为工业园区工业建设用地，不存在与本项目有关的核技术利用及环境污染情况。

评价范围内无风景名胜区、历史遗址、文物保护设施、基本农田、自然保护区等，无珍惜动植物、无名木古树分布，无遗留的环境问题。

1.6 本项目依托情况

项目依托情况见表 1.6-1。

表 1.6-1 项目依托情况一览表

依托工程	依托情况	可行性分析	结论
公用工程	供电、供水	厂区的供电电网、供水管网完善，本项目依托可行。	可行
环保工程	污水处理	依托“宇邦新能源汽车电线研发制造基地项目”新建生化池处理能力为 150m ³ /d。本项目拟定工作员工 35 人，均在公司内部调配，不新增无废水排放，依托可行。	可行
	固废处理	本项目产生的少量生活垃圾依托“宇邦新能源汽车电线研发制造基地项目”的生活垃圾收运系统，最终交环卫部门处理，依托可行。	可行
劳动定员	公司内部调配	项目劳动定员 35 人，均在公司内部调配，辐射工作人员上岗前均需进行辐射安全培训，持证上岗。	可行

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
本项目不涉及								

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 非密封性放射物质

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
本项目不涉及										

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、教学等用途的各类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流(mA)/剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	电子加速器	II 类	2 台	DZ-10/20	电子	10	2mA	杀菌保鲜、 消毒灭菌	辐照加工厂房	--

(二) X 射线，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
本项目不涉及									

(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	
本项目不涉及													

表 5 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 活度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气体	—	—	少量	少量	少量	不暂存	排入大气（臭氧在 常温常压下可自行 分解为氧气）

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》(修订本), 2015 年 1 月 1 日实施; (2)《中华人民共和国环境影响评价法》(修订本), 2018 年 12 月 29 日实施; (3)《中华人民共和国放射性污染防治法》, 2003 年 10 月 1 日起实施; (4)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(2019 修订), 国务院令 709 号, 2019 年 3 月 2 日修订实施; (5)《建设项目环境保护管理条例》, 国务院令 682 号, 2017 年 10 月 1 日施行修订版; (6)《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》, 中华人民共和国环境保护部第 18 号令, 2011 年 5 月 1 日起实施; (7)《建设项目环境影响评价分类管理名录(2021 年版)》, 生态环境部部令第 16 号, 2021 年 1 月 1 日起实施。 (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, 公告 2017 年第 66 号, 2017 年 12 月 5 日修订实施; (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》国家环境保护总局, 环发(2006)145 号, 2006 年 9 月 26 日起实施; (10)《重庆市辐射污染防治办法》(重庆市人民政府令第 338 号), 2021 年 1 月 1 日实施; (11)《重庆市环境保护条例》, 2018 年 7 月 26 日施行修订版; (12)重庆市环境保护局关于印发《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》的通知, 渝环[2017]242 号。
------	---

技 术 标 准	(1)《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》(HJ2.1-2016); (2)《辐射环境保护管理导则-核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ10.1-2016); (3)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002); (4)《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ141-2002) (5)《辐射加工用电子加速器工程通用规范》(GB/T25306-2010); (6)《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018); (7)《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素（一）》(GBZ2.1-2019); (8)《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019); (9)《大气污染物综合排放标准》(DB 50/418-2016); (10)《核应急管理导则——放射源和辐射技术应用应急准备与响应》国防委、卫生部，2003 年 2 月 21 日； (11)《电子辐射工程技术规范》(GB50752-2012); (12)《环境空气质量标准》(GB3095-2012); (13)《污水综合排放标准》(GB8978-1996)； (14)《声环境质量标准》(GB3096-2008)； (15)《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008)。
其 他	(1) 建设单位营业执照； (2) 项目备案证； (3)《重庆市渝北区建设项目环境影响评价文件批准书》(渝（北）环准[2021]015 号)； (4) 项目辐射环境监测报告； (5) 项目设计等相关资料。

表 7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

根据本项目射线装置为能量流污染及其能量流的传播与距离相关的特性，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》（HJ10.1—2016）的相关规定，确定以辐照加工厂房外墙边界外 50m 区域作为本项目辐射环境影响评价的范围。

7.2 保护目标

拟建项目位于 3#厂房内，辐照加工厂房东侧及北侧 50m 范围内均位于 3#厂房范围内，西侧 50m 范围内为公司用地和石龙路，南侧 50m 范围内为公司用地和机场铁路联络线的非建设用地。另外，根据现场踏勘，项目辐照加工厂房南侧界外约 140m 有两户居民，辐照加工厂房西南侧约 52m 处拟建一间公共厕所。

因此，根据项目的评价范围，本项目环境保护目标为辐照室周围活动的辐射工作人员、辐射工作场所周边的其他非辐射工作人员和公众成员以及石龙路过路的社会公众成员，详细情况见表 7.2-1。

表 7.2-1 项目环评范围内主要关注对象一览表

序号	名称	方位	与机房外墙最近距离	影响人群	基本情况	主要影响因素	控制目标
1	石龙路	辐照加工厂房西侧	35m	厂外公众	过路的车行及人行社会公众成员	电离辐射	年剂量约束值： 0.1mSv
2	装卸工人	辐照加工厂房东侧	3.1m	厂内非辐射工作人员	9 人（每班 3 人）		
	厂房内通道等	加速器机房四周	紧邻	厂房内其他工作人员	流动人员，少于 15 人		
3	控制室	辐照加工厂房 2 楼	紧邻	辐照工作人员	12 人（每班 3 人）		年剂量约束值：5mSv
4	电源间	辐照加工厂房 2 楼	紧邻	辐照工作人员	8 人（每班 2-3 人）		

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》(GB18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

第 4.3.2.1 款, 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当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。

B1 剂量限值 (标准的附录 B)

第 B1.1.1.1 款, 应对任何工作人员的照射水平进行控制, 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), 以 20mSv 作为职业工作人员的剂量约束限值;

b) 任何一年中的有效剂量, 50mSv。

第 B1.2 款 公众照射

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的年平均剂量估计值不应超过下述控制值 1mSv。

7.3.3 《γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ141-2002)

本标准适用于各种类型的 γ 源辐照装置和能量小于或等于 10MeV 的电子加速器辐照装置。

第 3.2 条 电子束辐照装置

按人员可接近辐照装置的情况分为:

II 类 安装在屏蔽室 (辐照厅) 内的辐射装置, 运行期间借助于入口控制系统防止人员进入辐照厅。

5.1.4 II、IV 类 γ 射线辐照装置和 II 类电子束辐照装置辐照室外的辐射水平检测。

5.1.4.1 空气比释动能率的测量位置如下:

①距辐照室各屏蔽墙和出入口外 30cm 处。

②对于单层建筑的辐照装置, 过辐射源中心垂直于辐照厅屏蔽墙的任一垂线上, 自屏蔽墙外表面至距其 20m 范围内人员可以到达的区域。

③对于单层建筑的辐照装置, 当距其 50m 内建有高层楼房且高层位于辐射源照射位

置至辐照装置室顶所张的立体角区域内时，在辐照装置室顶和（或）相应的建筑物高层测量。

5.1.4.2 运行中的定期测量应选定固定的检测点，它们必须包括：贮源水井表面、辐照室各入口、出口，穿过辐照室的通风、管线外口，各屏蔽墙和屏蔽顶外，操作室及与辐照室直接相邻的各房间等。

5.1.4.3 测量结果应符合 GB 17279 第 5 条（即“对监督区，在距屏蔽体的可达界面 30cm，由穿透辐射所产生的平均剂量率应不大于 $2.5 \times 10^{-3} \text{mSv/h}$ ”）。

7.3.4 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）

本标准适用于能量为 0.15MeV~15MeV 的各类辐射加工用电子加速器工程。

8.1.3 辐射防护安全要求

辐射防护安全要求如下：

- a) 辐射屏蔽材料采用混凝土时，其强度等级应高于 C20，密度不低于 2.35g/cm^3 ；
- b) 屏蔽结构及预埋件应满足设备供应商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 GB5172-85 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；

7.3.5 《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 射线辐照装置。自屏蔽辐照装置不适用于本标准。

4.2.1 辐射防护原则

（3）个人剂量约束

辐射工作人员职业照射和公众照射的剂量限值应满足 GB18871 的要求。

在电子加速器辐照装置的工程设计中，辐射防护的剂量约束限值规定为：

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外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处级以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。

6 电子加速器辐照装置的安全设计

6.1 联锁要求

在电子加速器辐照装置的设计中必须设置功能齐全、性能可靠的安全联锁保护装置，对控制区的出入口门、加速器的开停机和束下装置等进行有效联锁和监控。

安全联锁引发加速器停机时必须自动切断高压。

安全联锁装置发生故障时，加速器不能运行。安全联锁装置不得旁路，维护与维修后必须恢复原状。

6.2 安全设施

(1) 钥匙控制。加速器的主控钥匙开关必须和主机室门和辐照室门联锁。如从控制台上取出该钥匙，加速器应自动停机。该钥匙必须与一台有效的便携式辐射监测报警仪相连。在运行中该钥匙是唯一的且只能由运行值班长使用；

(2) 门机联锁。辐照室和主机室的门必须与束流控制和加速器高压联锁。辐照室门或主机室门打开时，加速器不能开机。加速器运行中门被打开则加速器应自动停机；

(3) 束下装置联锁。电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制必须建立可靠的接口和协议文件。束下装置因故障偏离正常运行状态或停止运行时，加速器应自动停机；

(4) 信号警示装置。在控制区出入口处及内部应设置灯光和音响警示信号，用于开机前对主机室和辐照室内人员的警示。主机室和辐照室出入口设置工作状态指示装置，并与电子加速器辐照装置联锁；

(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；

(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；

(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；

(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；

(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；

(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

6.3 其他要求

6.3.1 电气系统

(1) 必须按加速器装置及厂房建设和公用工程的供电条件设计，确保电压电流的稳定度。

(2) 主机室、辐照室、控制室应设置应急照明系统。

(3) 各供电系统及相关设备应有可靠的接地系统。

(4) 凡有高压危险的部位，应设置高压联锁、高压放电保护装置。

6.3.2 给水系统

(1) 应根据加速器装置总用水要求，提供有一定裕量的水流量和水压。

(2) 根据加速器装置和束下装置等设备工艺要求的水质、水温、热交换负荷进行设计

6.3.3 通风系统。

(1) 主机室和辐照室应设置通风系统，以保证辐照分解产生的臭氧等有害气体浓度满足 GBZ2.1 的规定。有害气体的排放应满足 GB3095 的规定。

(2) 臭氧的产生和排放，其计算模式和参数见附录 B。

(3) 辐照室内的主排气口应设置在易于排放臭氧的位置，例如扫描窗下方的位置。

(4) 排风口的高度应根据 GB3095 的规定、有害气体排出量和辐照装置附近环境与气象资料计算确定。

6.3.4 防火系统

辐照室和主机室的耐火等级应不低于二级，并设置火灾报警装置和有效的灭火设施。

7.3.6 《工作场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素（一）》（GBZ2.1-2019）

室内：臭氧浓度的接触限值：0.3mg/m³；氮氧化物的接触限值：5mg/m³。

7.3.7 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）

二级标准：臭氧 1 小时平均限值为 200μg/m³（0.2mg/m³）；二氧化氮 1 小时平均限值为 200μg/m³（0.2mg/m³）。

7.3.8 《大气污染物综合排放标准》（DB 50/418-2016）

4 污染物排放控制要求

大气污染物最高允许排放浓度：氮氧化物限值为 200mg/m³（主城区）。

5.3 所有排气筒高度应按环境影响评价要求执行，至少不低于 15m。

7.3.9 评价标准及相关参数

本环评主要是评价和分析电子加速器辐照工作中产生的电离辐射影响，相关评价标准及要求见表 7.3-1 所示。

表 7.3-1 辐射评价标准及相关参数汇总表

年有效剂量控制			执行依据
执行对象	辐射工作人员	公众成员	
标准限值	20mSv/a	1mSv/a	GB18871-2002
剂量约束值	5mSv/a	0.1mSv/a	HJ979-2018 等
环境剂量控制			执行依据
电子加速器辐照装置	电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$		HJ979-2018 等
通风要求			执行依据
加速器辐照室	室内臭氧浓度的接触限值： 0.3mg/m ³	室内氮氧化物的接触 限值：5mg/m ³	GBZ2.1-2019

7.3.10 项目涉及的其他标准

(1) 《声环境质量标准》（GB3096-2008）

项目所在区域声功能区为3类区，执行3类标准限值：昼间65dB（A）、夜间55dB（A）。

（2）《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）

项目厂界噪声排放限值：3类，昼间65dB（A）、夜间55dB（A）。

（3）《污水综合排放标准》（GB8978-1996）

项目生活废水依托“宇邦新能源汽车电线研发制造基地项目”生化池收集处理达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准（其中氨氮执行《污水排入城镇下水道水质标准》（GB/T31962-2015），标准值为45mg/L）后接入市政管网，进入石坪污水处理站处理，标准值详见表7.3-2。

表 7.3-2 废水污染物排放标准

序号	污染物	排放标准
		（GB8979-1996）三级标准
1	pH	6-9
2	SS	400mg/L
3	COD	500mg/L
4	BOD ₅	300mg/L
5	NH ₃ -N	45mg/L

表 8 环境质量和辐射现状

8.1 项目地理和场所位置

重庆市宇邦汽车电线有限公司宇邦辐照基地一期项目位于宇邦新能源汽车电线研发制造基地项目在建的 3#厂房内，拟建设 2 座加速器机房。

8.2 环境质量和辐射现状

为了掌握本项目拟建辐射装置安装场地的辐射环境背景水平，为辐射环境影响评价提供基础数据，委托重庆渝久环保产业有限公司于 2021 年 10 月 14 日对项目拟建厂址及周边环境进行了辐射环境背景监测。

(1) 监测因子：环境 γ 辐射剂量率。

(2) 监测布点：

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002、《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021) 等要求，结合现场条件，对本项目辐照加工厂房拟建址及周围进行监测布点，共布设 5 个监测点位，具体见附图 3。

(3) 监测仪器及规范

监测仪器的参数与规范见表 8.2-1。

表 8.2-1 X- γ 射线剂量率监测仪器参数与规范

项目	内容
仪器名称	高灵敏度环境 X、 γ 剂量率仪
型号规格	SC80 (探测器)
	SC70 (仪表)
仪器编号	20191028 (探测器)
	SC20210407 (仪表)
校准因子	0.97
校准有效期	2022.5.6

(4) 质量保证措施

①合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。

②监测方法采用国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。

- 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每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，并用检验源对仪器进行校验。
- ⑤由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- ⑥监测报告严格实行三级审核制度，经校对、校核，最后由技术总负责人审定。

(5) 监测结果

表 8.2-2 拟建项目区域环境 γ 辐射剂量率背景值监测结果

检测地址	重庆市宇邦汽车电线有限公司（宇邦辐照基地一期项目）拟建地			
检测点编号	检测点位置	环境 γ 辐射剂量率（ $\mu\text{Gy/h}$ ）		
		平均值	标准偏差	结果
#1	拟建辐照加工厂房西侧	0.082	0.002	0.080
#2	拟建辐照加工厂房北侧	0.072	0.002	0.070
#3	拟建辐照加工厂房东侧	0.077	0.002	0.075
#4	拟建辐照加工厂房南侧	0.079	0.002	0.077
#5	宇邦新能源汽车电线研发制造基地项目 3#厂房中心	0.076	0.001	0.074
备注	结果=平均值 $\times$ 校准因子，监测结果未扣除宇宙射线响应值。			

(6) 现状监测评价

由表 8.2-2 监测结果可知，加速器拟建址及厂界环境 γ 辐射剂量率 74~80nGy/h（未扣除宇宙射线）之间，根据《2020 年全国辐射环境质量报告》（中华人民共和国生态环境部），重庆市多个点位的 2020 年环境 γ 辐射剂量率监测值范围在 70.1~88.8nGy/h（未扣除宇宙射线）之间。项目场址及邻近环境地表 γ 辐射剂量率与重庆市多个点位的 2020 年环境 γ 辐射剂量率监测值结果相比无明显差异。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析

9.1.施工期污染工序及污染物产生情况

本项目施工期主要为辐照加工厂房建设和电子直线加速器设备安装等施工内容，其工艺流程及产污环节见图 9.1-1。

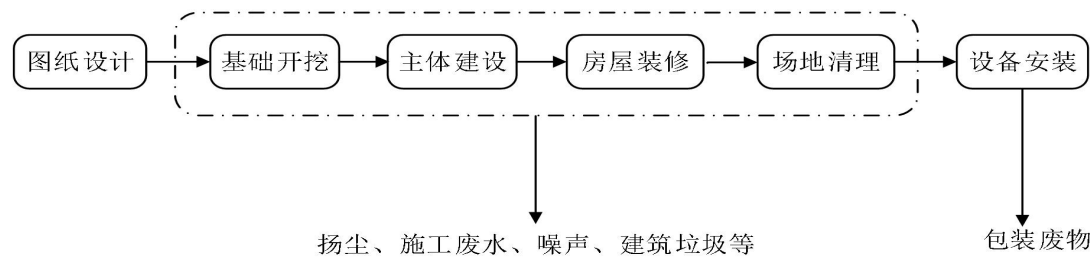


图 9.1-1 项目施工期工艺流程及产污环节图

根据上图可知，本项目施工期主要污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。
扬尘：主要为辐照加工厂房建设和装修时产生的扬尘，本项目工程量小，扬尘产量很少；

噪声：主要来自于辐照加工厂房建设和装修时施工机械等产生的噪声，本项目工程量小，施工机械主要为小型机械设备，施工噪声较小；

废水：主要为辐照加工厂房建设和装修时的施工废水以及施工人员产生的少量生活污水，本项目工程量小，废水产生量也很少；

固体废物：主要为辐照加工厂房建设过程中基础开挖产生的少量挖方和装修过程产生的少量建筑垃圾以及施工人员产生的少量生活垃圾。

9.2 营运期工艺流程及产污环节

9.2.1 工作原理

DZ-10/20 型电子直线加速器原理：脉冲变压器产生的脉冲频率，传入电子枪，电子枪发射脉冲频率一致的脉冲电子。加速管流经速调管产生的微波功率在腔体内形成行波场，当脉冲电子进入加速管后，通过行波场进行加速使其成为高能电子束（点状），再经扫描系统把高能电子束变成电子束带(线状电子束)，电子束穿过扫描盒底部钛窗进入空气中。被加工产品经由传输系统传送到扫描窗下，以垂直于线状电子束的方向通过电子束接受整体辐照，高能电子将穿透产品从而会引起一系列的反应，对于农副产品、中

药材及医疗器具等将达到灭菌消毒的目的，从而延长了产品保质期，保证了产品质量。本项目辐照灭菌有用线束为电子束，由于电子束轰击靶、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，电子加速器实物示例见图 9.2-1，工作原理流程见图 9.2-2。

 速调管 电子加速管	 电子束扫描盒 钛窗
电子发射、加速系统、束流整定系统等	束流输出系统
 加速器主机柜	 钛窗 货物托盘
控制系统	束下传输系统（传送带）
	
辐照室出入口实景示例	主机室内加速器实物示例

图 9.2-1 电子加速器实物外观照片（建设单位示例）

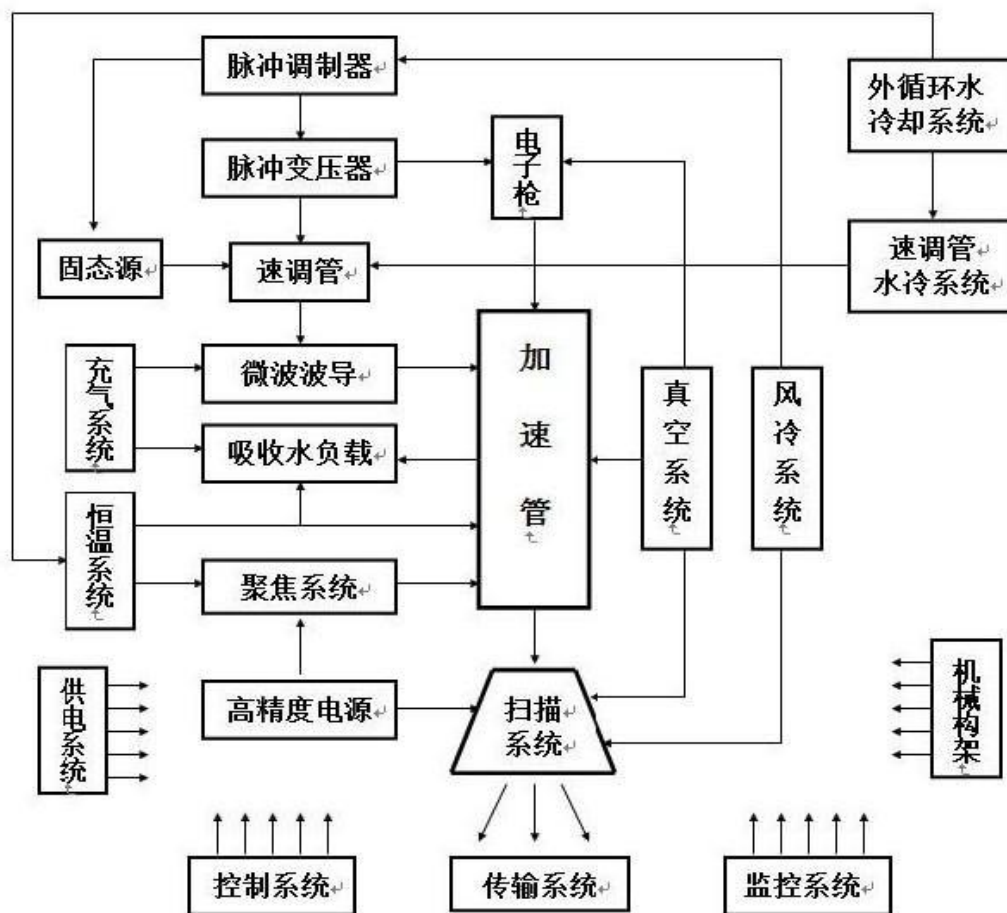


图 9.2-2 电子加速器工作原理示意图

9.2.2 设备情况

(1) 设备组成

本项目共涉及 2 台 10MeV 电子加速器辐照装置，主要由 2 台 DZ-10/20 型电子直线加速器、传输设备、安全设施和控制系统等组成，其中高能电子加速器主要由电子枪、加速结构、功率源系统、分子泵、扫描盒、微波传输系统、聚焦导引系统、真空系统、水冷系统、联锁控制系统、监控系统、束下系统及支撑系统构成，其结构图如图 9.2-3 所示。

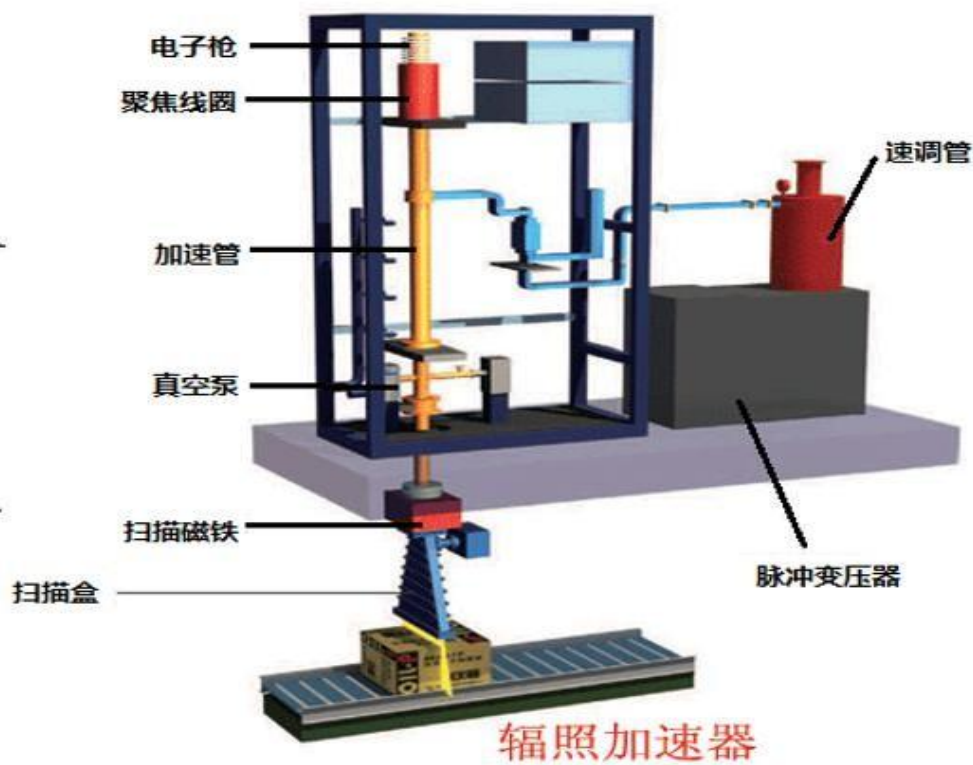


图 9.2-3 电子加速器结构示意图

(2) 电子加速器设备参数

加速器设备参数见表 9.2-1。

表 9.2-1 电子加速器主要性能参数

型号	DZ-10/20
电子束流能量	8~10Me
平均束流强度	0~2mA 连续可调
平均束流功率	0~20kW 连续可调
束流脉冲宽度	1~15μs
束流重复频率	1~480pps
扫描宽度	600~900mm
束流不稳定性	≤5%
能量不稳定性	≤5%
扫描方向剂量不均匀度	≤5%

9.2.3 工艺流程及产污环节

(1) 辐照加工流程

项目辐照货物由装卸工人运输至辐照加工厂房外储存区后，先由工人将货物从储存区转运至辐照室物流进口外传输系统传输带上；根据操作流程经确认，符合开机条件后，进行辐照；货物经传输系统传输至电子束下方辐照区域，经辐照后，自辐照室迷道经出

货口传出，完成一轮辐照消毒灭菌工作。搬运工人将货物从传输带搬下，搬运至已辐照产品仓储区，运送至公司内仓储区域。辐照加工流程及产污环节示意图见图 9.2-4。

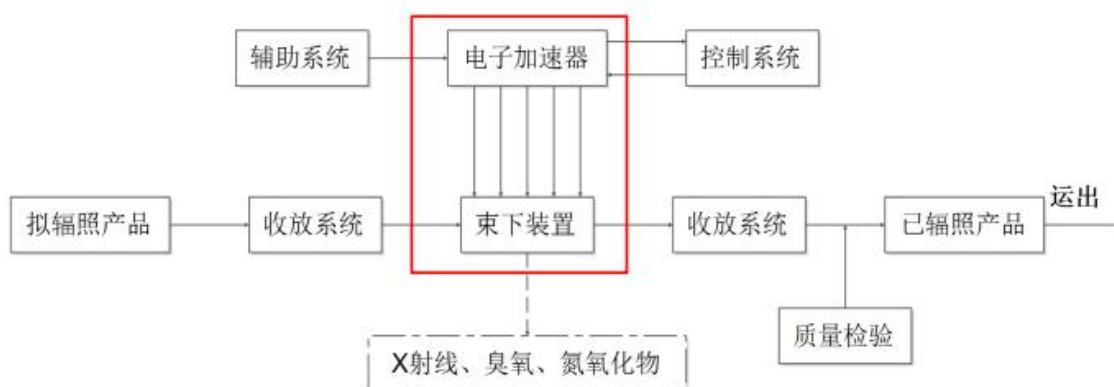


图 9.2-4 辐照工艺流程示意图

（2）电子加速器操作流程

1) 开机准备

①水冷系统检查

- A、确认恒温水柜和冷却水柜各空开处于正确位置；
- B、确认恒温水柜和冷却水柜为远程控制状态；
- C、检查恒温水柜和冷却水柜水位视窗不低于正常水位线。

②排风系统检查

确认排风系统为开启状态。

③束下输运系统检查

- A、确认束下系统控制柜、变频器通电；
- B、检查束下机械传动部分具备运转条件。

④真空系统检查

检查速调管、电子枪、加速管、输出盒各离子泵电流在正常范围之内。

⑤辅机系统检查

检查辅机房内空调处于制冷状态，保障各电源的正常运行。

2) 主控系统开机

- ①开启配电柜“主控台上电”按钮，此时各风扇启动；

②旋开主控台“设备供电”钥匙，操作软件启动；

③打开显示视频监控和加速器控制界面，打开网络射线剂量仪，此时监控画面全面、清晰显示。

3) 辅机系统开机

①开启操作软件，预热各控制电源；

②检查辅机系统、主机系统各水压及全部管路，查看管路各流量开关显示压力是否正常；

③检查主机系统 SF6 压力($0.16 \leq \text{SF6} \leq 0.20$)，打开主机房空调；④预热完成后，复位各控制电源，此时，欠流、过流指示灯灭。

4) 束下输运系统开机

输入束下线所需的传动速度，启动束下输运系统。

5) 安全巡检

①巡检主机房，确认无人员后，关闭屏蔽门；

②巡检辐照室、迷宫道、束下输运系统，检查钛膜状态，复位安全联锁配电箱，锁闭进出口屏蔽门。

6) 出束

①检查控制界面所有参数处于正常状态；

②核查监控视频，再次确认电离辐射区域无人、无异常；

③开启配电柜上“充电模块通电”按钮；

④旋开主控台“高压出束”钥匙，确认声光报警启动；

⑤报警结束，按主控台“复位”键；

⑥设定重复频率为 10 次，按主控台“出束”键，加速器出束；

⑦观察示波器速调管高压，调节 PFN 电压旋钮至设定值；

⑧缓慢增加重复频率至设定值，要分次加，每次增加幅度不宜超过 50 次。随时监测出束声音及视频监控的正常；

⑨出束过程中，视水温情况开启二次水系统，以调节控制稳定一次水温，保证恒温水进水温度控制在 $31 \pm 1^\circ\text{C}$ 。

7) 停束

- ①顺序、缓慢降低重复频率至 10 次；
- ②按下主控台“停束”键，加速器停止出束；
- ③旋闭主控台“高压出束”钥匙；
- ④操作软件将各控制电源停止预热，除各离子泵电源外，其他各电源确定关闭；
- ⑤关闭主控台，关闭配电柜的两个按钮；
- ⑥停止二次水，确保二次水能完全回流到储水箱（冬天时一定要确保冷却塔内无存水）。

9.2.4 辐照加工厂房人流物流路径规划

（1）人流路径规划

本项目辐照加工厂房为 2 层建筑，辐照室布置在一楼，主机室和控制室布置在二楼。

辐照室设置有人员出入口，设置门禁，辐射工作人员进入辐照室进行巡检等工作时，刷卡进入，自辐照室入口处进入，检查是否有人员误留并依次有序按下巡检开关，直至辐照室出口处完成巡检复位；辐射工作人员经南北两侧楼梯上二楼，经过二楼平台进入主机室进行巡检等工作，再原路返回进入控制室。

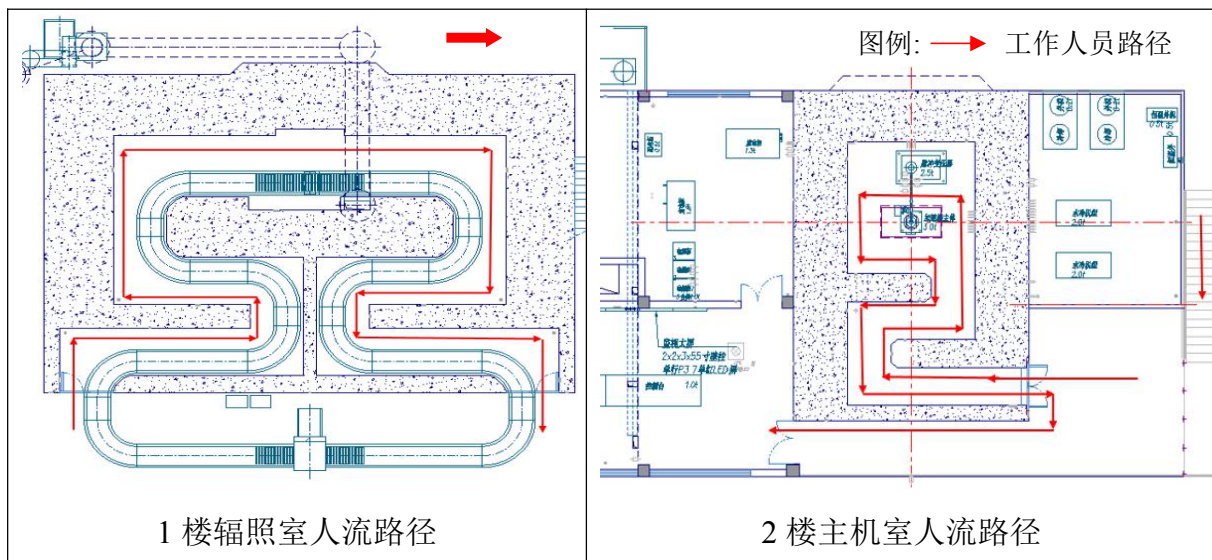


图 9.2-5 工作人员路径示意图

（2）物流路径规划

根据建设单位设计，两座加速器机房均设置货物传送带（束下装置），项目需辐照货物运输到厂后在“研发基地项目”3#厂房外东南侧卸货，由工作人员使用叉车转移至3#厂房内暂存，开展辐照工作时再由工人使用叉车将货物运至辐照加工厂房外，由人工搬运至传输带上，货物自动经迷道入口进入辐照室，辐照完成后由辐照室另一侧出口传

出，再由人工将货物从传输带卸下，转移至辐照加工厂房北部已辐照区暂存，后由工作人员通过叉车将已辐照货物转移至厂房外东南侧装车运出厂外。

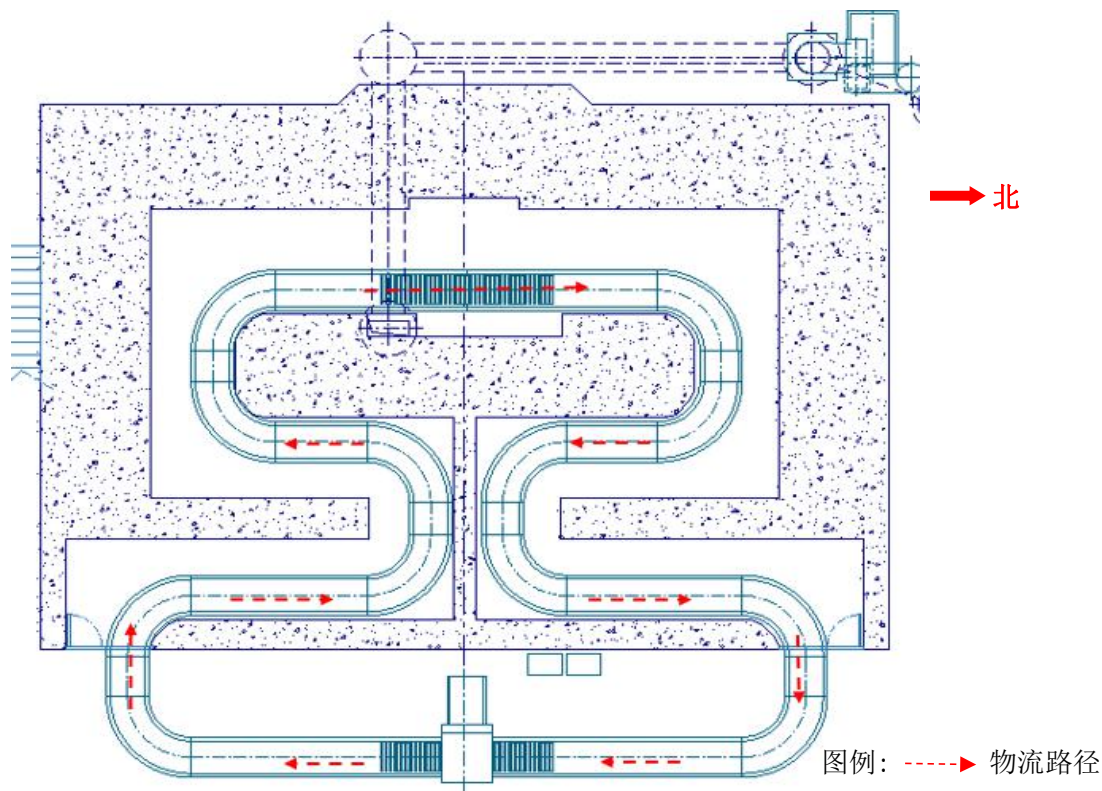


图 9.2-6 物流路径示意图

9.3 污染源项描述

本项目电子直线加速器 X 射线辐射最大标称能量（10MeV），电子直线加速器开机照射时，将产生 X 射线、高能电子束以及非放射性有害气体，此外项目运行期将产生员工生活污水、生活垃圾及设备运行噪声。

（1）X 射线

电子加速器在进行辐照时电子枪发射电子，经加速管加速，在横向扫描磁场的作用下，电子束扩展成为均匀扫描宽度的电子束，利用电子束对产品进行辐照。电子加速过程中，部分电子会丢失，打在加速管壁上，可产生 X 射线。此外，电子束打到高原子序数物质时也会产生高能 X 射线。X 射线的贯穿能力极强，可对周围环境辐射造成辐射污染，但关机后 X 射线影响即消失。此外，在加速器运行过程中，除了由电子束在靶上产生的韧致辐射外，还可能由于其他原因产生某些次级辐射如泄漏辐射、散射、反流电子引起的韧致辐射等。由于电子束轰击靶、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。

本项目电子加速器电子束能量为 10MeV, 根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018) 附录 A 中表 A.1 可知, 10MeV 入射电子在距高 Z (原子序数 $Z > 73$) 厚靶 1 米处侧向 90° 的 X 射线发射率为 $13.5\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

本项目辐照装置最高能量为 10MeV, 在辐射屏蔽设计中不需要考虑所产生的中子防护问题, 因此, 加速器开机辐照期间, X 射线为本项目主要污染因子。

(2) 电子束

电子加速器在运行时可产生高能电子束, 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, 电子束亦能得到足够的屏蔽。因此, 在加速器开机的时间内, 电子束产生的韧致 X 射线为主要污染因素。

另外, 根据《电子加速器辐照装置辐射安全与防护》(HJ979-2018), 能量不高于 10MeV 的电子束, 在辐射屏蔽设计中不需要考虑所产生的中子防护问题。

(3) 放射性废物

本项目不产生放射性废气和放射性固体废物。

电子直线加速器设备中设计有冷却水循环系统, 项目电子直线加速器冷却水为内循环水, 正常运行时在内部不断循环, 不外排, 不会产生放射性废水。因此本项目不涉及排放放射性废水。

(4) 非放射性污染因素分析

①臭氧和氮氧化物

电子加速器开机运行时, 产生的电子束与空气中的氧气相互作用产生少量的臭氧 (O_3) 和氮氧化物 (NO_x), 其中, 臭氧的危害大, 产额高, 毒性大, 而氮氧化物的产率仅为臭氧产率的三分之一, 且国家对空气中臭氧浓度的标准严于氮氧化物, 因此, 在考虑有害气体的影响时仅考虑臭氧的影响。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018) 附录 B.1 可知, 平行电子束所致 O_3 的产生率可以用以下公式进行保守的估算:

$$P=45dIG \quad \text{公式 (9-1)}$$

式中:

P: 单位时间电子束产生 O₃ 质量 (mg/h) ;

I: 电子束流强度, mA;

d: 电子束在空气中的行程 (cm) (应结合电子在空气中的线阻止本领 $s=2.5keV/cm$ 和辐照室尺寸选取; 本项目d取150cm);

G: 空气吸收100eV辐射能量产生的O₃分子数, 保守估算取为10。

根据公式, 可以估算出本项目辐照室臭氧的产生率为 $1.35 \times 10^5 mg/h$, 则氮氧化物 (NO_x) 的产生率为 $0.45 \times 10^5 mg/h$ 。

②废水

本项目加速器冷却水循环装置使用去离子水, 对加速器零部件进行循环冷却, 不外排, 只需定期补加。

本项目辐照工作人员共计 35 人, 根据《建筑给水排水设计标准》(GB50015-2019), 用水定额 50L/d · 人, 则项目用水量为 1.75m³/d (437.5m³/a), 排水系数取 0.9, 则项目生活废水排水量为 1.575m³/d (393.75m³/a)。

③噪声

项目噪声源主要为风机、水冷设备等各类设备运行噪声, 噪声值在 85~95dB (A) 之间, 采用车间隔声、基础减振等措施降噪。

表 9.3-1 项目噪声产生情况

机房	噪声源	数量	源强 (dB (A))	安装位置
1#加速器机房	风机	1 台	85	一层辐照室西侧屏蔽墙外
	水冷设备	2 组	95	二层主机室南侧平台
2#加速器机房	风机	1 台	85	一层辐照室西侧屏蔽墙外
	水冷设备	2 组	95	二层主机室北侧平台

注: 每个加速器机房二层室外平台主要布置水冷机组、冷却塔和空调外机, 主要高噪声设备为 2 套冷却系统配套安装的 2 台冷却塔, 表中“水冷设备”主要是指的是冷却塔。

④固废

拟建项目员工 35 人, 生活垃圾产生系数取 0.5kg/人 · d, 则年产生生活垃圾约 4.4t/a, 由环卫部门统一收集, 送城市垃圾填埋场处理。

综上所述, 本次环境影响评价的评价因子为 X 射线、高能电子束、非放射性有害气

体、生活污水、生活垃圾及噪声，本项目产生的污染因子情况见表 9.3-2。

表 9.3-2 项目污染源强一览表

污染物	源强
电离辐射 (X)	10MeV 电子辐照加速器 X 射线发射率为 $13.5\text{Gy}\cdot\text{m}^2\text{ mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$
废气 (O_3 、 NO_x)	0MeV 电子辐照加速器所致 O_3 的产生率为 $1.35\times 10^5\text{ mg/h}$ 10MeV 电子辐照加速器所致 NO_x 的产生率为 $4.5\times 10^4\text{ mg/h}$
生活污水 (pH、COD、SS、 $\text{NH}_3\text{-N}$ 等)	污水量 $393.75\text{m}^3/\text{a}$
固体废物	生活垃圾 4.4t/a ，交环卫部门统一处置
噪声	$85\sim 95\text{dB (A)}$

表 10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 项目选址布局

项目辐照加工厂房选址于渝北区临空前沿科技城（工业园区内），位于宇邦新能源汽车电线研发制造基地新建 3#厂房内，拟建场址的环境辐射剂量背景监测结果表明，其辐射环境质量现状良好，能满足项目的需求。

拟建项目辐照室、主机室位于辐照加工厂房 1 楼、2 楼，远离厂区北侧等公众成员停留时间较长的区域，辐照室周边区域主要为待辐照、已辐照货物储存区域、厂房内外过道，便于辐照货物转运及辐照工作的开展，辐照室周围活动人员较少，有利于减少对公众成员的辐射影响。

项目两座辐照室、主机室结构布局相同，均为两层建筑，1 楼主要为辐照室，2 楼为主机室、控制室、电源间、水冷设备与风冷系统等辅助系统设备，其上方为厂房内空间、无其他建筑物；辐照设备正下方设有束下吸收靶（盛水托盘），吸收靶内设有 20cm 深水用于吸收辐照射线，辐照室下方为筏板和实土层。1 楼辐照室内部均拟设置迷道墙，辐照货物通过自动传输带系统进行收发，并通过迷道进出辐照室；货物进出口旁设置人员进出小门，用于工作人员进入辐照室巡检、维修等工作；2 楼主机室设计迷道墙，迷道口拟设防护铅门；辐照室四周人员较少，主机室上方无法到达。

综上所述，本评价从环保角度来看，该项目的选址与平面布局是合理可行的。

10.1.2 分区原则

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，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。

控制区：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，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

监督区：这种区域未被确定为控制区，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。

10.1.3 项目区域划分情况

根据《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)要求,项目拟将辐射工作场所划分为控制区和监督区,实行辐射安全分区管理,并采取相应的辐射防护安全措施。

项目拟将辐照室(含迷道)、主机室(含迷道)及各自辐照货物、人员出入口以内的区域设置为控制区,在此区工作的人员应当严格遵守防护规定和安全操作规程,辐照室、主机室的出入口处设置醒目的声光报警、工作状态指示器及电离辐射警告标志,以及门机联锁等防止人员误入辐照室、主机室的控制措施;辐照室、主机室屏蔽墙体外的相邻区域为监督区,包括1楼上下货物区、厂内通道等,以及2楼控制室、电源间、辅助系统设备等,在监督区边界处拟设置电离辐射警示标志,按要求定期检查辐射剂量水平,进行经常性监督和评价。

本项目辐射工作场所分区管理示意图见附图2.4~附图2.5。本项目控制区和监督区划分表见表10.1-1。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于辐射工作场所的分区规定。

表 10.1-1 本项目辐射工作场所控制区和监督区划分

分区	控制区	监督区
区域划分	辐照室、迷道和主机室迷道至防护门出入口	控制室、辐照室周边 30cm 范围内、二楼电源间、二楼室外平台

项目分区情况见下图。

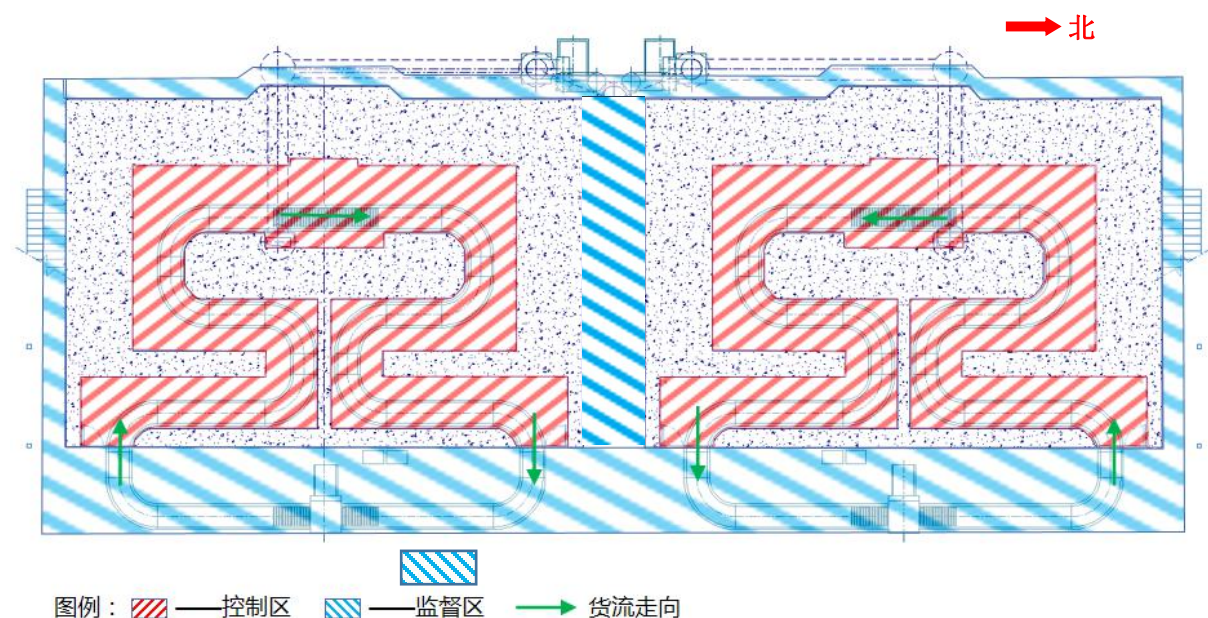


图 10.1-1 辐照室分区情况图

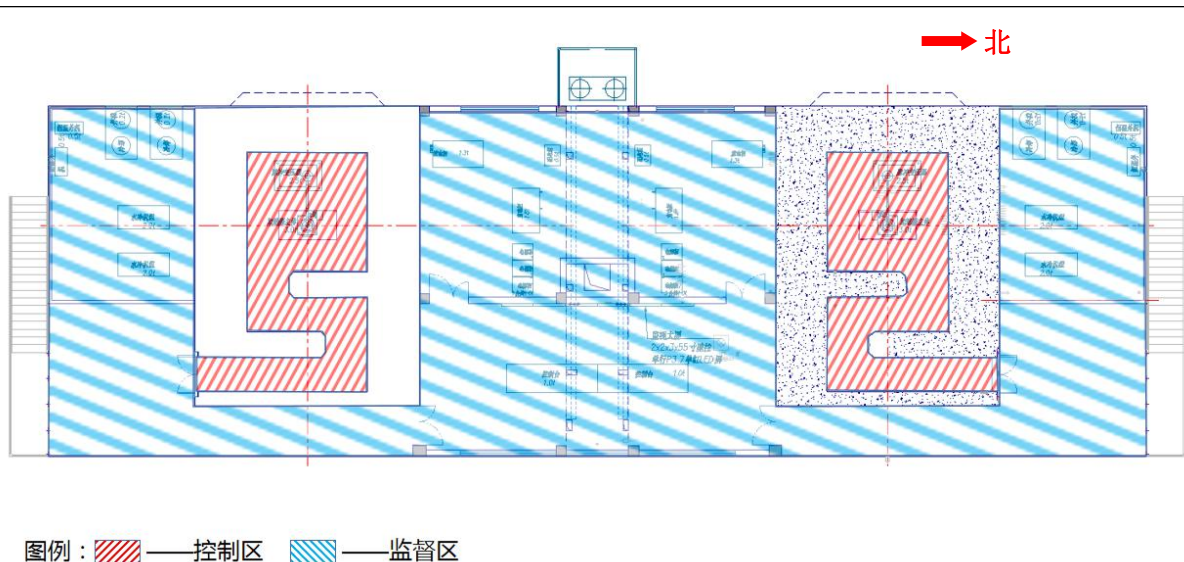


图 10.1-2 主机室分区情况图

10.2 项目工作场所辐射屏蔽设计

2 座加速器机房结构布局相同，均为两层建筑，屏蔽体材质、厚度等设计均一致。

10.2.1 辐照室辐射防护屏蔽设计

一层辐照室内西部为辐照区域，东部为迷道。辐照室（含迷道）内长 14.8m，宽 11.2m，高 2m，净面积约 125m²，净容积 250m³。辐照室各墙体及迷道墙均为混凝土（密度 $\rho \geq 2.35\text{g/cm}^3$ ）结构。室内设计有“T”型迷道墙，室内呈“弓”型环形通道，“弓”型顶部为出束辐射区，位于扫描孔正下方。辐照室西墙厚度为 2600mm（中间厚度 2800mm），南墙和北墙厚度为 2600mm，东墙厚度为 750mm，迷道内墙厚度为 1000mm，室顶厚度为 1400mm（1300mm 厚混凝土+100mm 瓷砖）。“T”型迷道墙“—”厚度为 2000mm，迷道墙“|”厚度为 500mm。

10.2.2 主机室辐射防护屏蔽设计

项目二层主机室内净长 4.65m，净宽 4.6m，净高 5m，四周墙体及室顶均为混凝土结构（密度 $\rho \geq 2.35\text{g/cm}^3$ ）；南北两侧墙厚度 2000mm，西墙厚度为 1800mm，东墙厚度为 560mm；迷道内墙与迷道中墙厚度均为 1000mm，室顶厚度为 1100mm。主机室迷道设置防护铅门，为 3mm 厚铅铅板（防护门尺寸为 1300mm×2400mm，材料为 3mm 铅板+不锈钢装饰板架构）。

本项目新建加速器机房屏蔽防护方案见图 10.2-1~图 10.2-4 以及详见表 1.2-2。

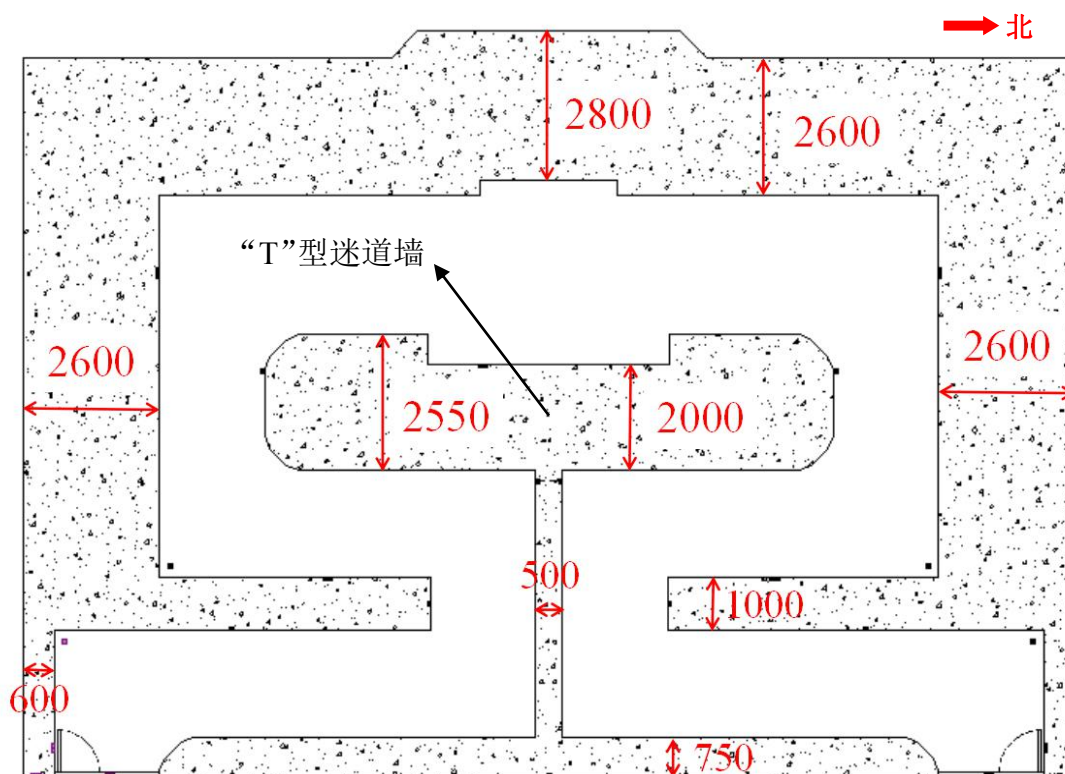


图 10.2-1 辐照室墙体屏蔽设计平面图

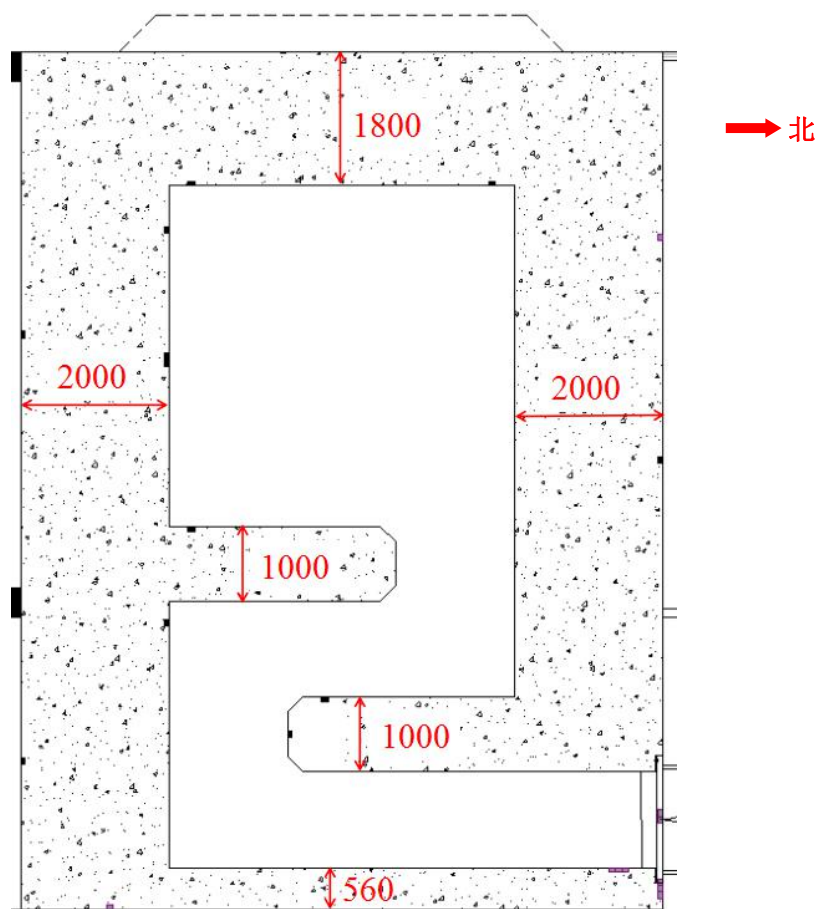


图 10.2-2 主机室墙体屏蔽设计平面图

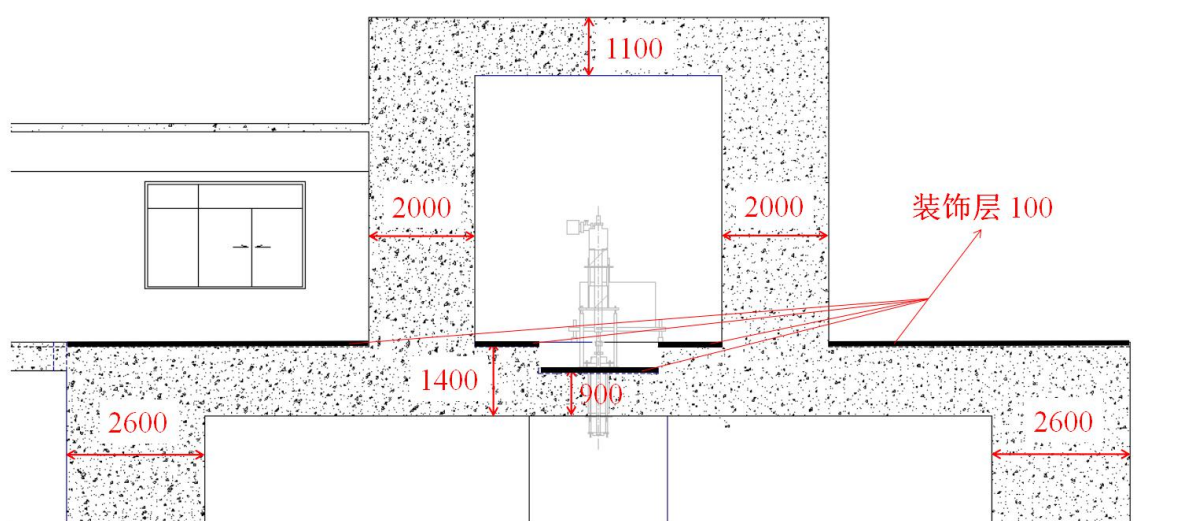


图 10.2-3 辐照室及主机室墙体屏蔽设计横剖面图

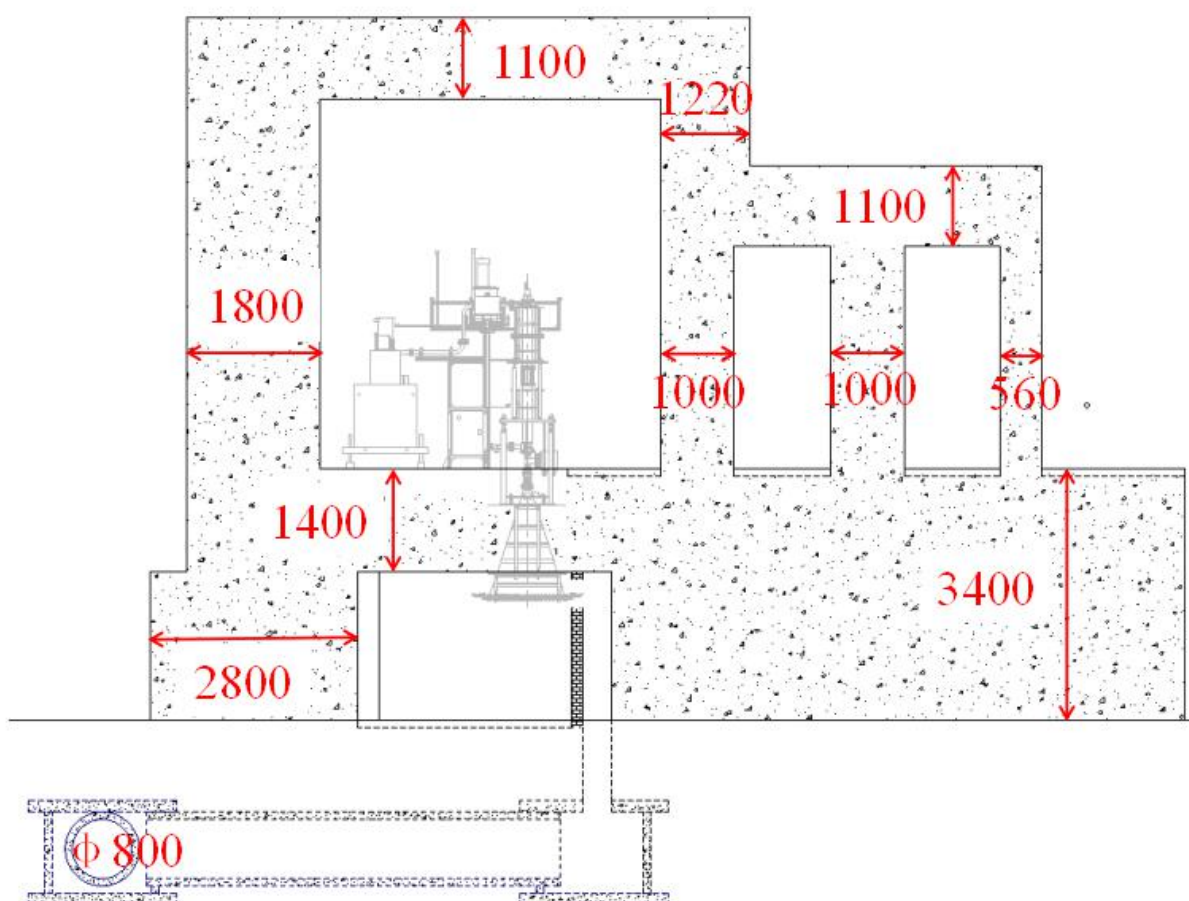


图 10.2-4 辐照室及主机室墙体屏蔽设计纵剖面图

10.2.3 其他辐射防护屏蔽设计

1、穿线管、水管等辐射防护屏蔽设计

根据建设单位提供的资料，项目主机室及水冷系统等供电、控制、测量的电气管线均采用 $\text{Ø}110$ （壁厚 5）的 PVC 管，光纤管采用 DN40（壁厚 3.5）的 SUS304 不锈钢管；加速器管冷却水管采用 DN40（壁厚 3.5）的 SUS304 不锈钢管，加速器管及速调管附近设备、调制器、外部供水给水管等均采用 DN25（壁厚 3.25）的 SUS304 不锈钢管；二层屋面排水平台引出管采用 $\Phi 110$ （壁厚 5）SUS304 不锈钢管。

项目穿墙管线遵循入墙即拐弯，出墙前拐弯原则，采用 L、C、S、Z 型走管方式；任意管道直线段中心线不对准射线产生的主要区域，无法回避时需保证此管段长度不大于主墙体厚度的 10%，或采用等效厚度金属板补足防护层厚度；辐照室和主机室内壁、地板、天花板内走管时，平行于壁面管道埋深不少于 300mm，基本不影响辐照室和主机室的屏蔽墙体防护效果。

另外，二楼主机室内地板设置电缆沟，电缆沟尺寸 250mm（宽） $\times$ 300mm（深），主机室内以及主机室屋顶均无人员到达。根据辐射屏蔽估算结果，电缆沟不影响加速器机房整体屏蔽效果，能满足 HJ979-2018 辐射屏蔽要求。

拟建项目电缆沟及水电管线走向布置见图 10.2-5、图 10.2-6 及图 10.2-7。

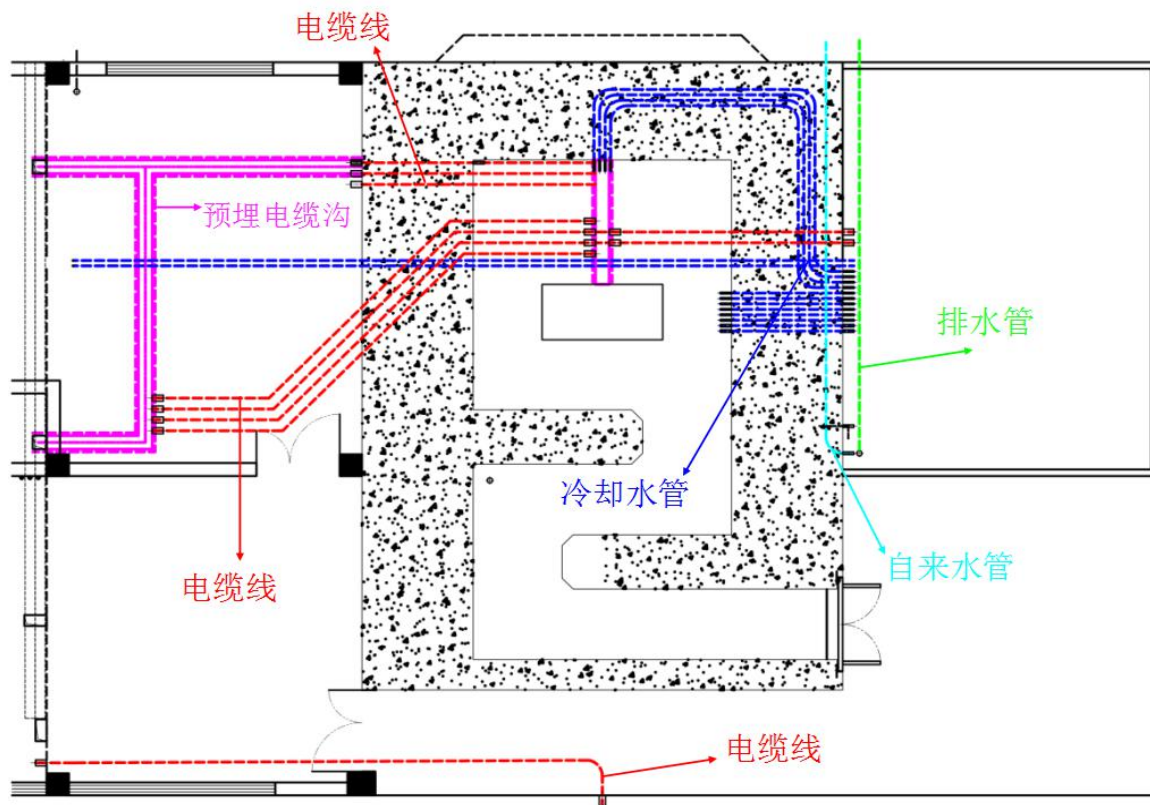


图 10.2-5 二层水电管线走线示意图

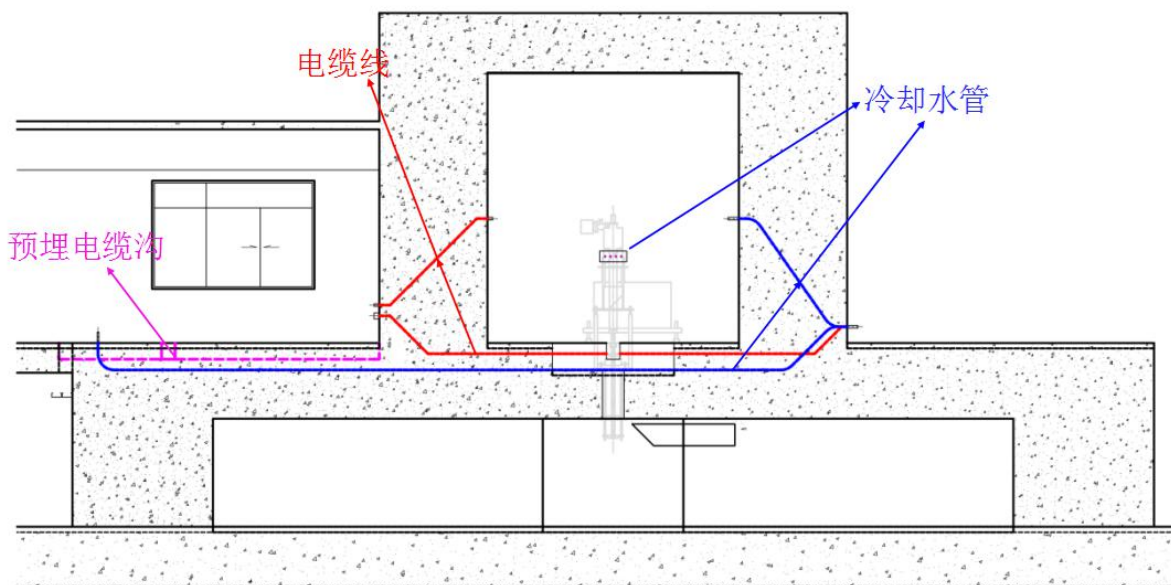


图 10.2-6 水电管线走线横剖面示意图

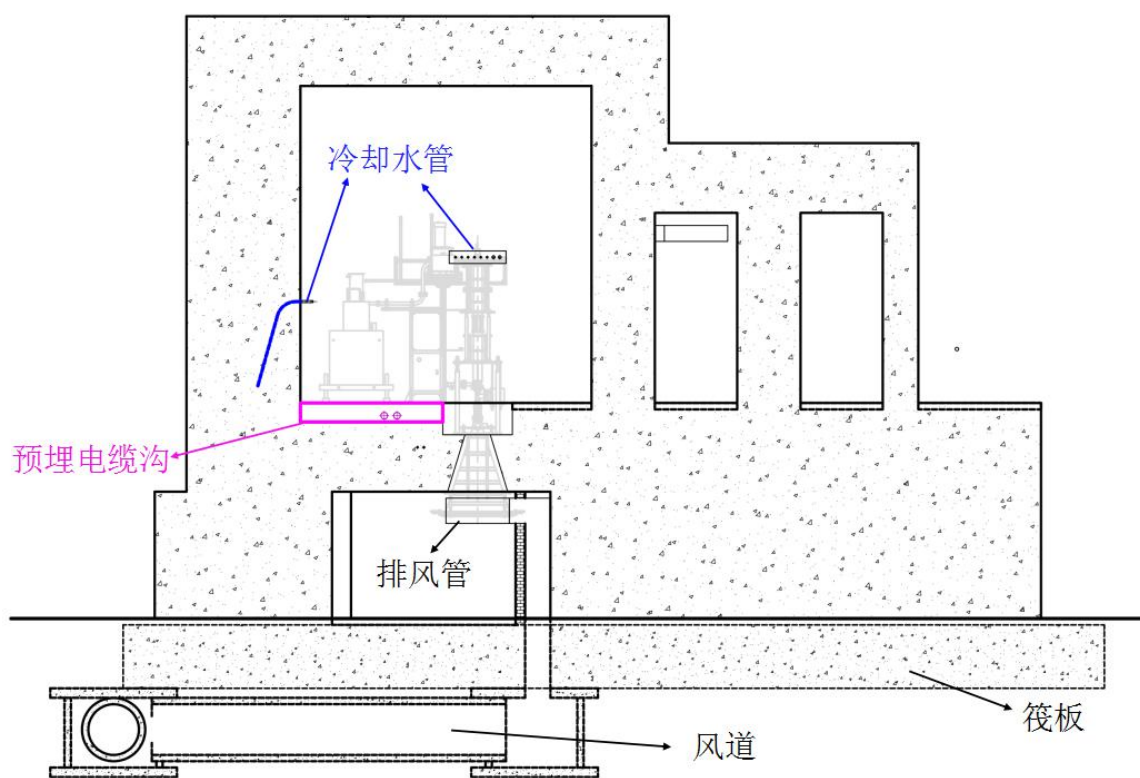


图 10.2-7 水电管线走线纵剖面示意图

2、排风风道辐射防护屏蔽设计

按照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)的规定,本项目拟设置机械排风系统,辐照室设置 1 个臭氧排风口,吸风口位于扫描窗旁,风管室内空尺

寸 400×1000mm，采用 SUS304 不锈钢；地下排风管位于筏板（1000mm 厚混凝土）下，内径为Φ800，采用钢筋混凝土管，排风管道由辐照室内地面向下以“U”型穿越，引至辐照室外，然后经抽风机抽排，经约 20m 高的不锈钢排气筒高空排放。

项目加速器辐照装置场所、设施的屏蔽防护能力符合 GB18871-2002、HJ979-2018 等标准要求，亦满足辐射防护安全要求。

拟建项目排风风道辐射防护屏蔽设计见图 10.2-1、图 10.2-4、图 10.2-7 及图 10.2-8。

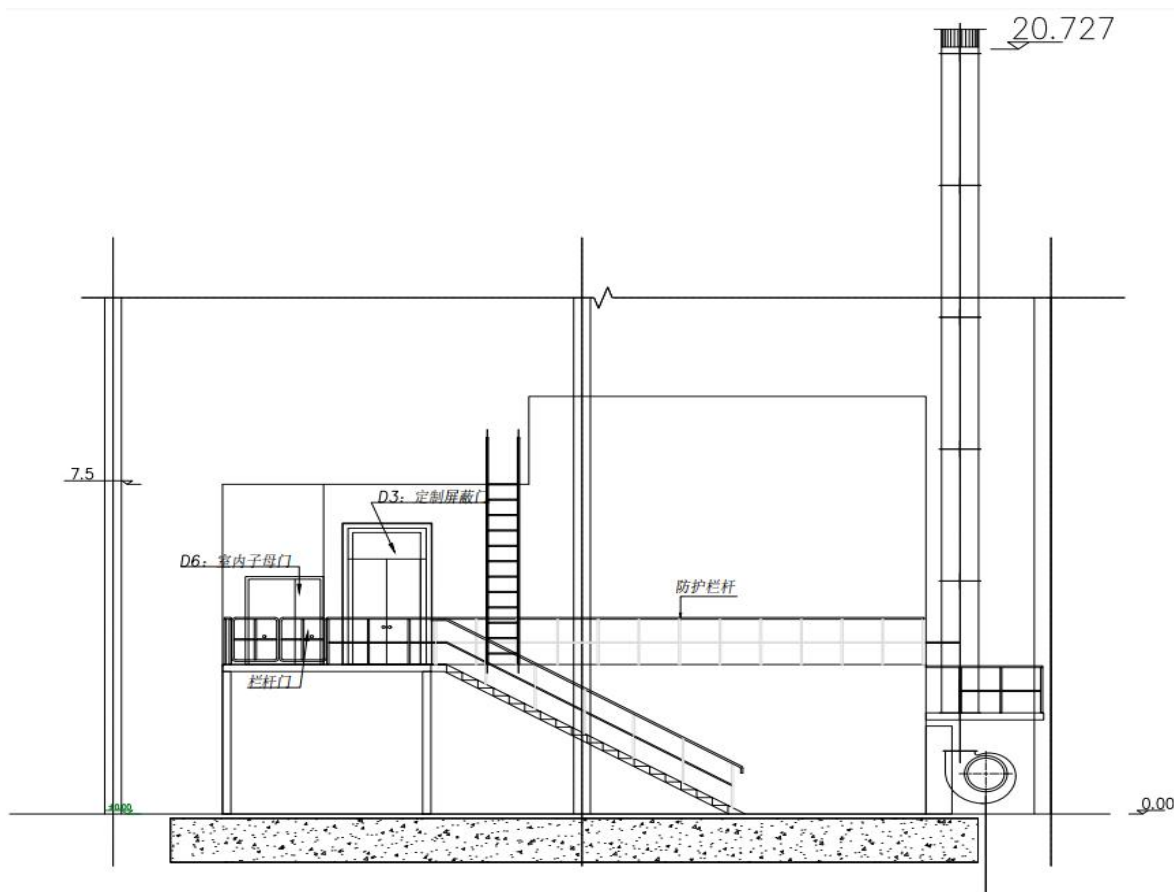


图 10.2-8 项目辐照废气排放设计图

10.3 辐射安全和防护措施

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的规定，在电子加速器辐照装置的设计中必须设置功能齐全、性能可靠的安全联锁保护装置，对控制区的出入口门、加速器的开停机和束下装置等进行有效联锁和监控。安全联锁引发加速器停机时必须自动切断高压。安全联锁装置发生故障时，加速器不能运行。安全联锁装置不得旁路，维护与维修后必须恢复原状。

辐射安全与防护设施设计包括联锁系统、急停系统等内容，安全联锁系统见图 10.3-1 所示。

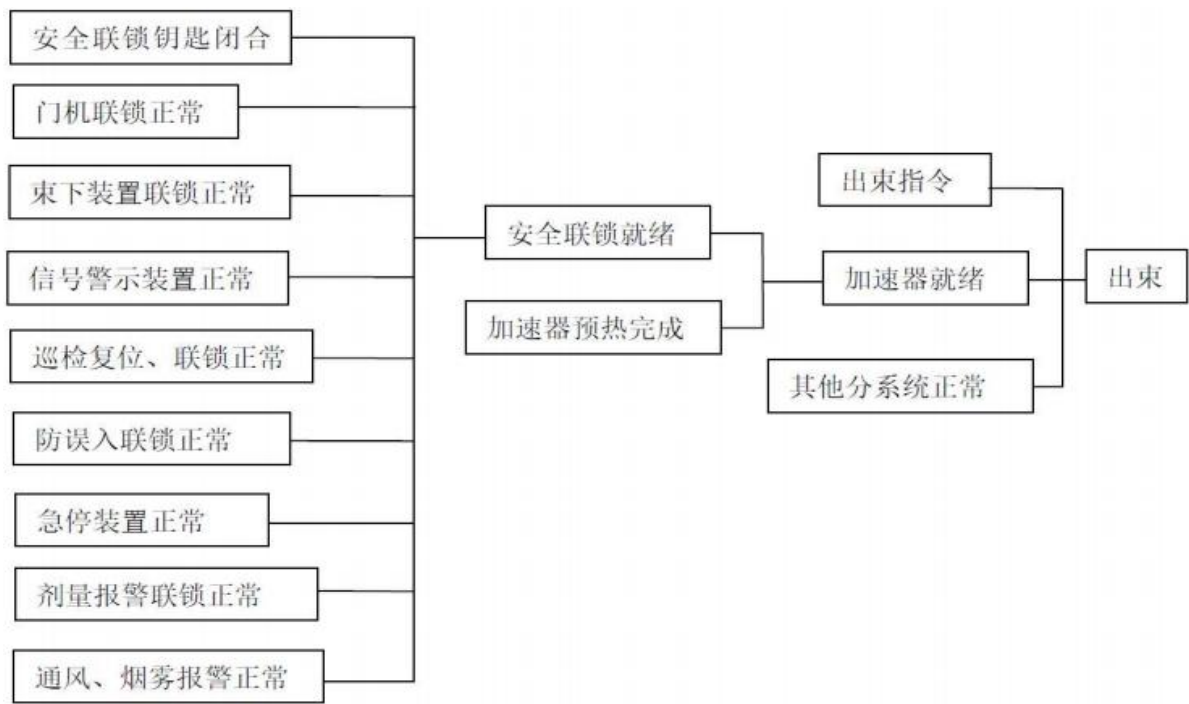


图 10.3-1 安全联锁设施逻辑示意图

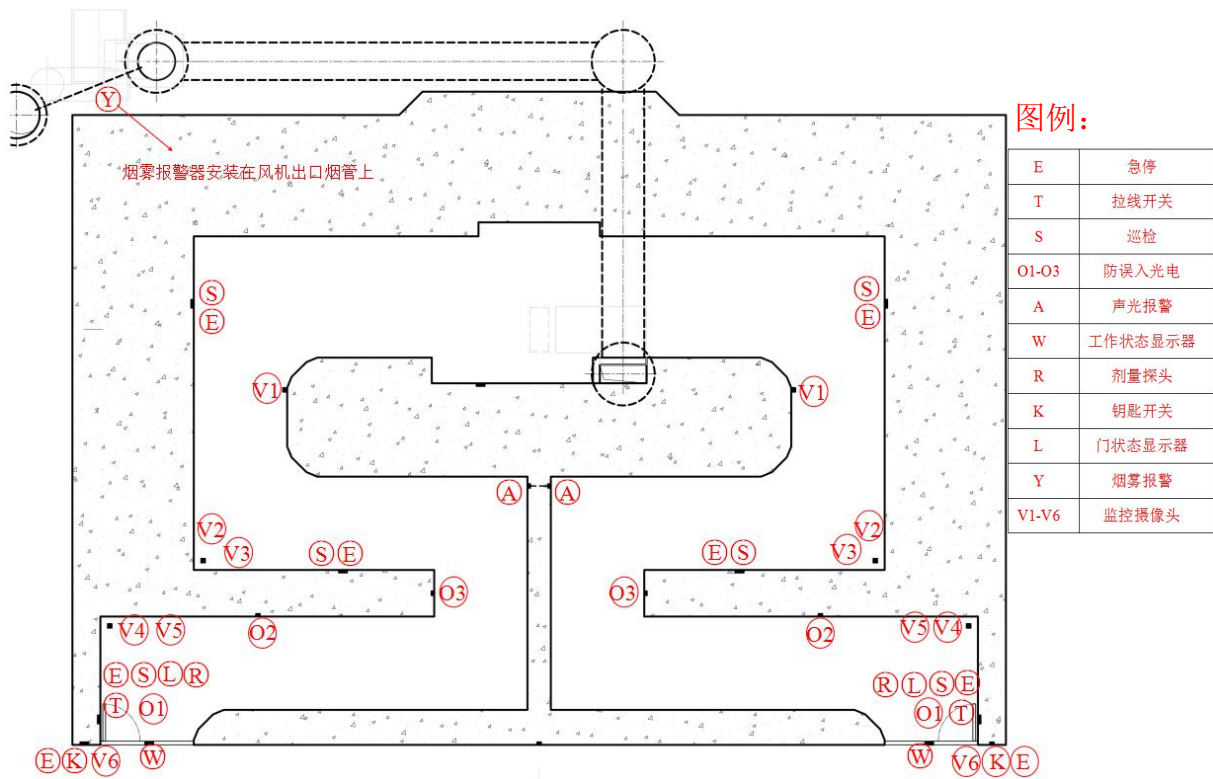


图 10.3-2 辐照室辐射安全与防护设施布置示意图

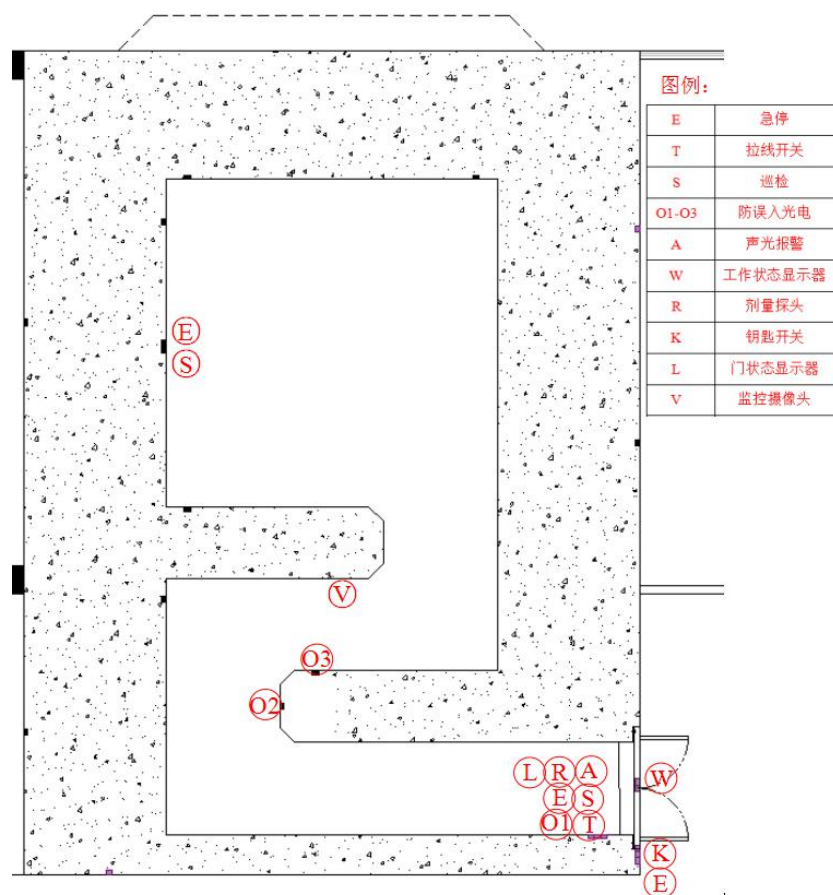


图 10.3-3 主机室辐射安全与防护设施布置示意图

①钥匙控制：加速器的主控钥匙开关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。在运行过程中该钥匙是唯一的且只能由运行值班长或值班长授权使用。

②门机联锁：辐照室和主机室的门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自动停机。主机室门口设计有门机联锁装置 1 个，辐照室出入口各设置门机联锁装置 1 个。

另外，一层辐照室出入口和二层主机室防护门各配置触点联锁装置 1 套，如果某一防护门关闭不到位，无法开机。

③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的接口和协议文件。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运行时，加速器自动停机。

④信号警示装置：每座加速器机房在辐照室出入口及内部、主机室出入口拟设置共

3个声光报警装置，加速器开机前相应房间内的警铃会响30s，用于开机前对辐照室和主机室内人员警示，以提示滞留人员尽快离开。主机室和辐照室出入口设置“开机、关机、准备”工作状态指示装置（LED危险警示装置），并与电子加速器辐照装置联锁，实时指示当前工作状态。

⑤巡检开关：项目辐照室和主机室内拟设置“巡检开关”，并与控制台联锁。加速器开机前，操作人员进入辐照室和主机室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留。本项目每座加速器机房均设有8个巡检开关。其中辐照室设巡检开关6个，主机室设置巡检开关2个。加速器每次开机前，工作人员均须进入相应编号的辐照室和主机室内巡视是否清场并按下所有巡检开关，否则相应加速器无法开启。

巡检系统应设置如下：A. 只有每个巡检按钮分别被按下和拨起，安全联锁系统才能被建立，安全系统无法建立时，加速器无法启动，整个巡检系统采用PLC控制，必须按照程序设定流程进行巡检，各输入点具有自诊断功能，各输出联锁点具有防短接检测功能。B. 巡检操作时，巡检人拿下钥匙开关的钥匙，拿下钥匙后安全系统就被破坏，巡检完成后，插入钥匙，才能启动安全系统；钥匙上相连一台有效的剂量报警仪。C. 当开始巡检时，警铃开始报警，当安全联锁系统建立好后，警铃声消失，红色警灯开始闪烁；加速器开机时，有开机声音警示。

⑥防人误入装置：每座加速器机房的辐照室迷道内设置6道防人误入安全联锁装置，主机室的迷道内设置3道防人误入安全联锁装置，该安全联锁装置采用光电开关装置，安装距离地面1米高，并与加速器的开、停机联锁，有人员经过时，安全联锁系统动作，加速器无法启动，或者已启动的加速器立即停机。

⑦急停装置：每座加速器机房控制柜上设有急停按钮和中文标识，辐照室出入口各设置1个急停按钮，距地面高度1.4米；在辐照室迷道出入口设置拉线开关各1个，距地面高度1.2米，在辐照室迷道内设置急停按钮6个，沿迷道设置。主机室出入口设置急停按钮一个，距二楼地面高度1.4米；主机室内迷道出入口设置拉线开关1个，距二楼地面高度1.2米，沿迷道内设置急停按钮2个，距二楼地面高度1.4米。拉线开关拉线沿内部墙体围绕一圈布置，在辐照室与主机室内任何位置均可立即拉动拉线开关；当急停按钮或拉线开关动作时，切断加速器主电源断路器，整个加速器系统立即停机。

⑧剂量联锁：在辐照室、主机室的迷道出入口设置3个剂量监测探头，其中辐照室

迷道出入口各设置1个，主机室迷道出入口设置1个；剂量监测探头与固定式辐射剂量监测仪绑定，与辐照室和主机室的出入口门等进行联锁，在线进行环境辐射检测，设定报警阈值和停机阈值，当主机室和辐照室内的辐射水平高于仪器设定的阈值（一般为2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ）并有人经过时，安全联锁系统动作，切断加速器主接触电源，加速器停机；当剂量报警装置未打开时，加速器无法启动；且如果辐照室内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，并发出报警提示信号，确保员工及周围环境的安全。

⑨通风联锁：辐照室的通风装置与控制系统进行了联锁，风机不开，加速器无法启动；当加速器停机后，只有达到预设的5min后，辐照室的门才能打开，以保证臭氧浓度降到允许值才能入内，同时与门口的工作状态显示器进行联锁。

⑩烟雾报警：拟在风机出口烟道内设置烟雾报警装置，遇有火险时，加速器立即停机并停止通风。

⑪监控装置：辐照室和主机室出入口及室内各区域均安装监控探头（各加速器机房的一层辐照室安装12处，二层主机室安装4处），确保控制区无死角实时监控，视频显示终端设置在控制室内，可有效对控制区内各区域情况进行实时监控。

⑫异常停机后须人工复位才能重启加速器

加速器工作中出现任何异常停机，都必须查明原因。且当故障消除后必须采用人工进行复位确认后才能开机。

综上所述，本项目的安全联锁装置配置情况见表10.3-1。

表10.3-1 本项目安全联锁装置

设备	钥匙控制	门机联锁	束下装置联锁	信号警示装置	防人误入装置	急停装置	剂量联锁	通风联锁	烟雾报警
1#电子直线加速器	有	有	有	有	有	有	有	有	有
2#电子直线加速器	有	有	有	有	有	有	有	有	有

项目辐射安全设施数量及位置布局见图10.3-2、图10.3-3。

警告标志

每台加速器的辐照室迷道出入口外、加速器主机室防护门外进出口设置电离辐射警告标志。

具体要求如下：①加速器控制台的急停开关按钮位置应醒目；辐照室及主机室内的

拉线开关应设置醒目标识并有中文标识；②电离辐射警告标志须符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）附录 F 要求（见下图）。



图 10.3-4 电离辐射警告标志示意图

以上设计能够满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的相关要求及辐射安全防护的要求。

人员保护

①防护器材配备

本项目拟配备 35 名工作人员，其中：生产部 12 人、质量管理部及运行维护部 8 人，共计 20 人，均属于辐射工作人员，拟配备个人剂量计 20 枚（每名职业人员 1 枚）。辐射工作人员防护主要考虑个人剂量检测及职业健康检查；工作时佩带个人剂量计，每季度检测一次；如遇辐照事故，应马上送检。测量结果长期保存；同时，职业人员从事项目辐射工作前进行职业健康检查，此后 1-2 年应进行一次体检，体检结果长期保存。

公司根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条第五款的要求：配备便携式 X- γ 剂量监测仪 1 台，用于工作场所剂量监测；配备便携式辐射剂量监测报警仪 4 台（加速器控制台各 1 台，2 台用于人员进入控制区时随身佩戴）。

②人员培训

辐射工作人员（包括加速器操作人员和辐射管理人员）应在上岗前参加辐射安全与防护培训，并考核合格持证上岗。

③公众的安全防护

周边公众主要依托辐照加工厂房的屏蔽墙体和防护门等屏蔽射线。同时，辐射工作

场所严格实行辐射防护“两区”管理，在辐照室迷道出入口外、加速器主机室防护门外设置电离辐射警告标志，禁止无关人员进入，以增加公众与射线源之间的防护距离，避免受到不必要的照射。

综上所述，本项目辐照装置安全联锁系统拟按照 GB18871-2002、HJ979-2018 等标准要求的纵深防御、冗余性、多元性、独立性等安全原则进行设计实施，拟设置钥匙控制、门机联锁、束下装置联锁、巡检开关、防人光电、急停装置(拉线开关、急停按钮)、视频监控与辐照信号警示装置、固定式辐射监测仪(剂量联锁)以及冷却、通风设施、烟雾报警等安全设施与联锁装置；辐照室通风系统拟采用机械通风装置(风机速率为 $12000\text{m}^3/\text{h}$ 、与控制系统联锁)，以保证辐照室通风换气及辐照产生的臭氧等有害气体达标排放。

辐照装置设计的辐射安全保护措施和联锁系统符合相关标准规范，满足辐射安全要求。

10.4 安全操作及管理措施

公司拟建 10MeV 直线电子加速器属于 II 类射线装置，其辐射安全防护应参照执行《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)。加速器的运行既是一项技术性较强的工作，又是一项严肃的科学管理工作，它的安全状况不仅取决于各类人员的技术水平，也取决于安全机构的管理水平。

(1) 制定各项规章制度、操作规程、应急处理措施，并张贴上墙，严格按照相关制度进行管理。

(2) 公司配置有相应的管理人员及操作技术人员，上述工作人员经过考核合格后方可上岗。对辐射工作人员进行管理，定期开展辐射防护知识培训、个人剂量监测和职业健康体检。辐射工作人员需正确佩戴个人剂量计。

(3) 公司配置固定式剂量报警仪和便携式剂量报警仪，进行环境辐射常规日常监测。

(4) 操作人员应遵守各项操作规程，认真检查安全联锁，禁止任意去除安全联锁，严禁在去除可能导致人员伤亡的安全联锁的情况下开机。

(5) 在辐照完成后，利用剂量报警仪对辐照室进行检测，再次确定加速器是否处

于非照射状态，同时加强对剂量报警仪的维护。

重庆市宇邦汽车电线有限公司成立了辐射安全与环境保护工作领导小组，项目尚在拟建中，建设单位承诺在项目运行前，制定辐射安全与环境管理措施，建立辐射安全责任制，职责落实到人，并制定相应的安全操作规程、人员培训计划、辐射监测方案、设备检修与安全设施检查等制度，以及加速器事故应急措施与辐射事故应急预案；基本有满足从事辐射活动的能力。因此，严格执行规定的辐射安全和管理制度，项目的运行安全是有保障的。

环评提出建设单位应组织辐射工作人员参加辐射安全与防护考核，合格后方可上岗；建设单位应加强核安全文化建设，建立并落实年度评估、辐射监测与安全设施检查制度；进一步补充、完善环评提出的防护措施和管理制度后，能满足辐射环境管理要求。

10.5 防护用品

根据重庆市宇邦汽车电线有限公司提供的资料可知，公司拟新增相关辐射防护用品及辐射防护措施，详见表 10.5-1

表 10.5-1 拟新增防护用品及防护措施清单一览表

说明	防护用品名称	单位	数量
拟新增防护用品	便携式辐射剂量监测报警仪	台	4
	个人剂量计	枚	20
	便携式X-γ 剂量监测仪	台	1
拟配备防护措施	辐射警示标识	张	若干
	巡检按钮	个	16
	拉线开关	个	6
	门机联锁开关	套	6
	光电开关	套	6套（18道）
	声光报警装置	个	6
	开关机状态显示屏	个	6
	监控摄像头	个	32
	急停按钮	个	22

10.6 项目措施与相关要求的符合性分析

项目拟采取的辐射防护措施与相关标准和规范的相关要求对比情况见表 10.3-2 所示。

根据表 10.3-2 可知，本项目采取的辐射安全与防护措施满足《辐射加工用电子加速

器工程通用规范》（GB/T25306-2010）、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018)的要求。

10.7 放射性三废的治理

本项目为工业电子加速器应用，在加速器运行过程中不产生放射性废气、放射性固体废物及放射性废水。

表 10.3-2 项目辐射安全与防护设施与标准要求对比情况表

标准名称	标准要求		项目情况	符合性
《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》 (HJ979-2018)	6.1 联锁要求	在电子加速器辐照装置的设计中必须设置功能齐全、性能可靠的安全联锁保护装置，对控制区的出入口门、加速器的开停机和束下装置等进行有效联锁和监控。安全联锁引发加速器停机时必须自动切断高压。安全联锁装置发生故障时，加速器不能运行。安全联锁装置不得旁路，维护与维修后必须恢复原状。	本项目电子加速器辐照装置设计中设置功能齐全、性能可靠的安全联锁保护装置，对控制区的出入口门、加速器的开停机和束下装置等进行有效联锁和监控。安全联锁引发加速器停机时能自动切断高压。安全联锁装置发生故障时，加速器不能运行。安全联锁装置不得旁路，制定维修制度，要求维修后必须恢复原状。	符合
	6.2 安全设施	(1) 钥匙控制。加速器的主控钥匙开关必须和主机室门和辐照厅门联锁。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；	加速器主控柜钥匙开关与设备联锁，钥匙开关唯一，只能由当班辐射工作人员使用或授权他人使用，并妥善保管，辐射工作人员离开控制室时，要求拔下钥匙开关，防止人员误操作。	符合
		(2) 门机联锁。辐照厅和主机室的门必须与束流控制和加速器高压联锁。辐照厅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；	辐照室与主机室的门与束流控制和加速器高压联锁。辐照室与主机室门打开时，加速器不能开机。防护门采用限位开关与电磁锁装置，加速器运行时电磁锁会产生强大吸力达到锁门的效果，若加速器运行中门被强行打开则加速器自动停机。	符合
		(3) 束下装置联锁。电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制必须建立可靠的接口和协议文件。束下装置因故障偏离正常运行状态或停止运行时，加速器应自动停机；	电子加速器的控制与束下装置的控制建立可靠的接口和协议文件，束下装置与加速器设联锁保护，当束下停止或故障后，通过联锁电路立即停止加速器，或当设定的产品剂量超出一定的误差范围，立即停止加速器。	符合
		(4) 信号警示装置。在控制区出入口处及内部应设置灯光和音响警示信号，用于开机前对主机室和辐照厅内人员的警示。主机室和辐照厅出入口设置工作状态指示装置，并与电子加速器辐照装置联锁；	在辐照室、主机室内部均设置声光报警装置，巡检启动时，通过语音告知室内人员离开”，工作状态显示器与电子加速器联锁。	符合

	(5) 巡检按钮。主机室和辐照厅内应设置“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厅按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留。	辐照室、主机室设置巡检系统，并与控制台联锁。加速器开机前，操作人员进入辐照室、主机室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留。	符合
	(6) 防人误入装置。在主机室和辐照厅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；	每个辐照室内安装光电开关，6 处，安装距离地面 1 米高；主机室内安装光电开关 3 处，安装距离地面 1 米高。有人员经过时，安全联锁系统动作，加速器无法启动，或者已启动的加速器立即停机。	符合
	(7) 急停装置。在控制台上和主机室、辐照厅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。辐照厅及其迷道内的急停装置应采用拉线开关并覆盖全部区域。主机室和辐照厅内还应设置开门机构，以便人员离开控制区；	在加速器控制柜上设有急停按钮，拟在辐照室外出口、入口设急停按钮各 1 个，辐照室内设急停拉线开关 2 个，急停按钮 6 个，沿迷道分段布置；主机室外出入口设急停按钮 1 个，主机室内设急停拉线开关 1 个，急停按钮 2 个，沿迷道分段布置。拉线沿辐照室、主机室内部墙体四周布置覆盖全部区域。当急停按钮或急停拉线开关动作时，切断加速器主电源断路器，整个加速器系统立即停机。辐照室及主机室防护门采用限位开关与电磁锁模式，便于人员离开控制区。	符合
	(8) 剂量联锁。在辐照厅和主机室的迷道内设置固定式辐射监测仪，与辐照厅和主机室的出入口门等联锁。当主机室和辐照厅内的辐射水平高于仪器设定的阈值时，主机室和辐照厅门无法打开；	拟在辐照室内迷道出入口与主机室内迷道口各安装 1 个固定式剂量报警仪探头，并与入口门联锁，显示面板安装在控制室，到达设定阈值后，入口门无法打开。	符合
	(9) 通风联锁。主机室、辐照厅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；	主机室防护门门楣设置有进气孔，利用主排风吸风口产生的负压，二层主机室内废气通过扫描孔进入辐照室由吸风口收集排出，辐照室的通风装置与控制系统进行了联锁，风机不开，加速器无法启动；当加速器停机后，只有达到预设的时间（5min）辐照室的门才能打开，以保证臭氧浓度降到允许值才能入内，同时与门口的“关机”工作状态显示器进行联锁。	符合

		(10) 烟雾报警。辐照厅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。	辐照室风机出口烟管上安装有烟雾报警器, 发生火灾时, 加速器立即停机, 并停止通风。	符合
	6.3.3 通风系统	主机室和辐照室应设置通风系统, 以保证辐照分解产生的臭氧等有害气体浓度满足 GBZ2.1 的规定。有害气体的排放应满足 GB3095 的规定。	因主机室及迷道内设置有空调和除湿机, 不便设置独立强排风设施, 故拟在主机室防护门门楣设置进气孔, 利用主排风吸风口产生的负压, 二层主机室内废气通过扫描孔进入辐照室由吸风口收集排出, 辐照室拟设置机械通风系统, 经过估算, 臭氧等气体经过通风系统处理后, 室内浓度和排放均满足满足有关要求。	符合
		辐照室内的主排气口应设置在易于排放臭氧的位置, 例如扫描窗下方的位置。	辐照室内排风口拟设置在扫描窗下方位置, 满足要求。	符合
		排风口的高度应根据 GB3095 的规定、有害气体排出量和辐照装置附近环境与气象资料计算确定。	排风管道最终排放口位于辐照加工厂房西侧, 离地高度约 20m。	符合
		辐照装置营运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。	运行前, 拟制定加速器检修制度, 定期对设备进行检测和维护。	符合
	6.3.4 防火系统	辐照室和主机室的耐火等级应不低于二级, 并设置火灾报警装置和有效的灭火设施。	辐照室和主机室的耐火等级为二级, 辐照室风机出口烟管上安装有烟雾报警器, 辐照室墙体采用混凝土材料, 耐火等级满足要求, 发生火灾时使用 3#厂房内配备的消防栓、灭火器等设施。	符合
《辐射加工用电子加速器工程通用规范》GB/T253	8.1.3 辐射防护安全要求	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 ;	本项目辐照室墙体拟采用标准混凝土浇筑, 强度不低于 C30, 密度不低于 2.35g/cm ³ 。	符合
		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;	辐照加工厂房的整体设计按照厂家提供的要求进行。	符合
		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的要求; 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	根据后文核算, 本项目辐照加工厂房周围剂量当量率和工作人员、公众年受照剂量均满足标准规定的要求。	符合

06-2010		为 5mSv；公众成员个人年有效剂量限值为 0.1mSv；		
		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、紧急停机开关等设施；	辐照室及主机室拟设置有门机联锁、急停开关、监控等安全装置	符合
		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；	辐照室出入口、主机室入口处拟设置加速器工作状态显示器和电离辐射警示标志。	符合
		剂量监测设备、个人剂量计等应配置齐备；	拟配置个人剂量报警仪、固定式报警仪等设备并为辐射工作人员配备个人剂量计。	符合

表 11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目施工期主要为辐照加工厂房建设和电子直线加速器设备安装等施工内容，主要污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

扬尘：本项目工程量小，施工过程中的施工扬尘产量很少，施工场地位于现有厂区范围内，主要采取塑料布围封施工区域，洒水抑尘等措施，减少扬尘的扩散，施工扬尘对周围环境影响小。

噪声：项目位于工业园区内且施工场地位于现有厂区范围内，施工机械主要为小型机械设备，施工噪声较小，采取合理安排施工时间，选择低噪声设备和工艺等措施后施工噪声对周围环境影响较小。

废水：本项目工程量小，废水产生量也很少，少量施工废水用于施工场地洒水抑尘，施工人员产生的少量生活污水依托厂区现有污水处理设施处理，废水对周围环境影响较小。

固体废物：本项目加速器辐照室建设过程中基础开挖产生的少量土方运至园区指定弃土场，少量建筑垃圾运至建筑垃圾消纳场处置，少量生活垃圾由市政环卫部门收运处理，固体废物均能得到妥善处置，对周围环境影响小。

综上所述，本项目工程量小，施工范围位于现有厂区范围内，周围环境保护目标少，项目施工期短，施工期产生的影响随着施工的结束而消失，环境可以接受。

11.2 运行阶段对环境的影响

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 可知，电子辐照加速器运行中电子束轰击靶、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中的主要辐射源，电子束影响较小。

11.2.1 电子束环境影响分析

根据《辐射防护技术与管理》（第一卷）（P123）可知，电子在物质中的最大射程采用如下公式计算：

$$d = \frac{1}{2p} E_{\beta\max}$$

公式（11-1）

式中：

d —— β 射线射程, cm;

ρ ——屏蔽材料密度, g/cm³;

$E_{\beta \max}$ —— β 粒子最大能量, MeV。

本项目采用 C30 型混凝土进行建设, 混凝土密度为 2.35g/cm³, 项目加速器电子束最大为 10MeV, 经上式计算, 本项目加速器电子在钢筋混凝土中最大穿透厚度约为 2.13cm。本项目机房屏蔽厚度远超过电子射程, 完全可屏蔽 10MeV 电子, 因此, 电子对机房外的环境影响可忽略不计。

11.2.2 X 射线辐射环境影响分析

本项目 X 射线 (轫致辐射) 影响主要包括辐照室 1#、辐照室 2#、主机室 1#、主机室 2#外的剂量率水平和相关人员所受年有效剂量两个方面的内容, 先根据所使用高能电子加速器的性能参数和辐照室、主机室的屏蔽情况对关注点处的辐射剂量率进行预测分析, 然后根据相关人员活动情况和电子辐照加速器的年出束时间估算相关人员所受年有效剂量, 并与剂量约束值进行比较, 得出是否满足要求的结论。

本项目共涉及 2 台 10MeV 高能电子加速器, 所处的工作场所紧邻且呈对称式结构, 其型号性能参数、用途以及布局和辐射防护设施等完全相同, 因此, 本评价以 2#加速器为例进行计算, 并考虑 2 台加速器同时运行时的叠加影响。

(1) 一层辐照室对外环境辐射影响

一层辐照室屏蔽墙体外辐射环境受轫致辐射初级 X 射线和一次散射 X 射线影响, 由于轫致辐射初级 X 射线一次散射 X 射线能量为 0.5MeV, 因此屏蔽墙体外辐射环境主要考虑初级 X 射线, 忽略一次散射 X 射线的影响。辐照室迷道口的辐射防护屏蔽评价考虑初级 X 射线贯穿屏蔽墙体后的透射以及经迷道多次散射后到达迷道口的散射线的叠加影响。

(2) 二层主机室对外环境辐射影响

二层主机室室内的辐射场由三部分叠加: 一层辐照室内与入射电子束约成 120° 至 180° 方向的轫致辐射初级 X 射线, 经辐照室屋顶 (主机室地板) 不完全屏蔽的贯穿辐射场; 一楼辐照室内的 0° 方向上产生的轫致辐射初级 X 射线, 经地面 180° 方向散射后的次级 X 射线, 通过辐照室屋顶上的孔洞直接照射入主机室内形成的散射辐射场; 尚未加速到最高能量的电子在加速过程中束流损失而与钢桶作用产生的束流损失辐射场。

由于沿与电子束入射方向成 180° 方向的次级 X 射线能量较低，且会受到加速器底部钢桶屏蔽，因此为简化计算，二楼主机室辐射防护屏蔽评价，仅考虑辐照室内的贯穿辐射场和束流损失辐射场。

与一层辐照室相同，二层主机室屏蔽墙体处防护评价考虑贯穿辐射场和束流损失辐射场的透射叠加影响，迷道口处防护评价考虑贯穿辐射场、束流损失辐射场的透射以及经迷道多次散射后到达迷道口的散射线。

11.2.2.1 电子加速器机房墙体屏蔽计算

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混凝土地面及吸收靶水面（水面位于辐照装置正下方，深度约 20cm）；②电子扫描器下方的辐照产品传输装置（不锈钢材料）；③辐照产品：主要为待消毒医疗器械、中药材、化妆品、食品等。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。对同一种靶材料，不同方向上韧致 X 射线的发射率也不相同。本项目被轰击物质中不锈钢 Z 值最大，X 射线发射率最高，因此本节保守选取以不锈钢为轰击靶，来进行辐射防护评价。

（1）辐射室四周墙体直射 X 射线屏蔽计算

本项目 2 台高能电子加速器出束方向均朝下，出束过程中会产生韧致辐射（X 射线），出束点距地面约 1.5m，出束位置（钛窗）与辊道上面相距 80cm，由于辐照室 1 及辐照室 2 均位于一层，且无地下室，底部剂量率不再考虑，主要分析与电子束发射方向成某角度的韧致辐射（X 射线）通过直射方式对周围环境的影响。

①预测公式

依据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 中公式 A-1、A-2、A-3 和 A-4 可以推导得出本次计算相关公式如下：

X 射线透射至墙外参考点处当量剂量率：

$$H_M = 1 \times 10^6 \times \frac{D_{10}}{d^2} B_x T$$

公式（11-2）

式中：

H_M —屏蔽体外关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

d—X 源与参考点的距离，m；

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

D₁₀—辐射源距离标准参考点 1m 远处的吸收剂量率，Gy/h。

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

式中：

Q—X射线发射率 (Gy·m²·mA⁻¹·min⁻¹)；

I—电力束流强度 (mA)；

f_e—X射线发射率修正系数；

B_x—屏蔽墙对 X 射线的透射系数，计算方法为：

$$B_x = 10^{-n} \quad \text{公式 (11-4)}$$

计算屏蔽体厚度，可以保守的估算为：

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

式中：

S：屏蔽体厚度 (cm)；

T₁：在屏蔽厚度中，朝向辐射源的第一个十分之一值层 (cm)；

T_e：平衡十分之一值层，该值近似于常数 (cm)；

n：为十分之一值层的个数。

②电子加速器辐照室屏蔽计算结果

辐照室屏蔽墙辐射影响主要考虑轫致辐射所致、与电子束入射方向呈 90° 的初级 X 射线，此时应将等效入射电子能量作为侧向入射电子的能量，然后按等效入射电子能量的特性参数，根据直射 X 射线屏蔽的方法进行计算。

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 13.5Gy·m²·mA⁻¹·min⁻¹。

加速器运行时，电子束照射方向朝下，当被辐照的靶材料为“铁、铜”时，90 度方向上修正系数为 0.5，当被辐照材料为“铝、混凝土”时，90 度方向上的修正系数为 0.3。本项目辐照的物品种类较多，射线的方向角也存在多样性（即影响修正因子取值的参量不确定），

因此，本评价保守考虑 X 射线发射率修正因子均取 0.5。

本项目 10MeV 电子加速器束流强度为 2mA，根据公式，辐照室距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率 $D_{10}(90^\circ)$ 为 $810\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

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 和表 A.3：入射光子能量为 6MeV，对应的混凝土的 T1 和 Te 值分别为 $T1=34.22\text{cm}$ 、 $Te=34.22\text{cm}$ 。

辐照室屏蔽计算关注点见图 11.2-1、图 11.2-2，辐射影响核算结果见表 11.2-1。

由表 11.2-1 可知，项目运行过程中，单台高能电子加速器运行时，对一层辐照室四周屏蔽墙外直接透射所致辐射剂量率最大值为南北两侧走廊（关注点 B1、D1），为 $0.1927\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ；对二层主机室四周屏蔽墙外直接透射所致辐射剂量率最大值为南北两侧关注点 A12 电源间及 A12 室外平台，为 $0.4378\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 。关注点 B1 及 A12 电源间位于 2 台加速器之间，当 2 台高能电子加速器同时运行时，需考虑 2 台加速器剂量率的叠加影响，最不利情况关注点 B1 为 $0.3854\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ ，A12 电源间为 $0.8756\mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

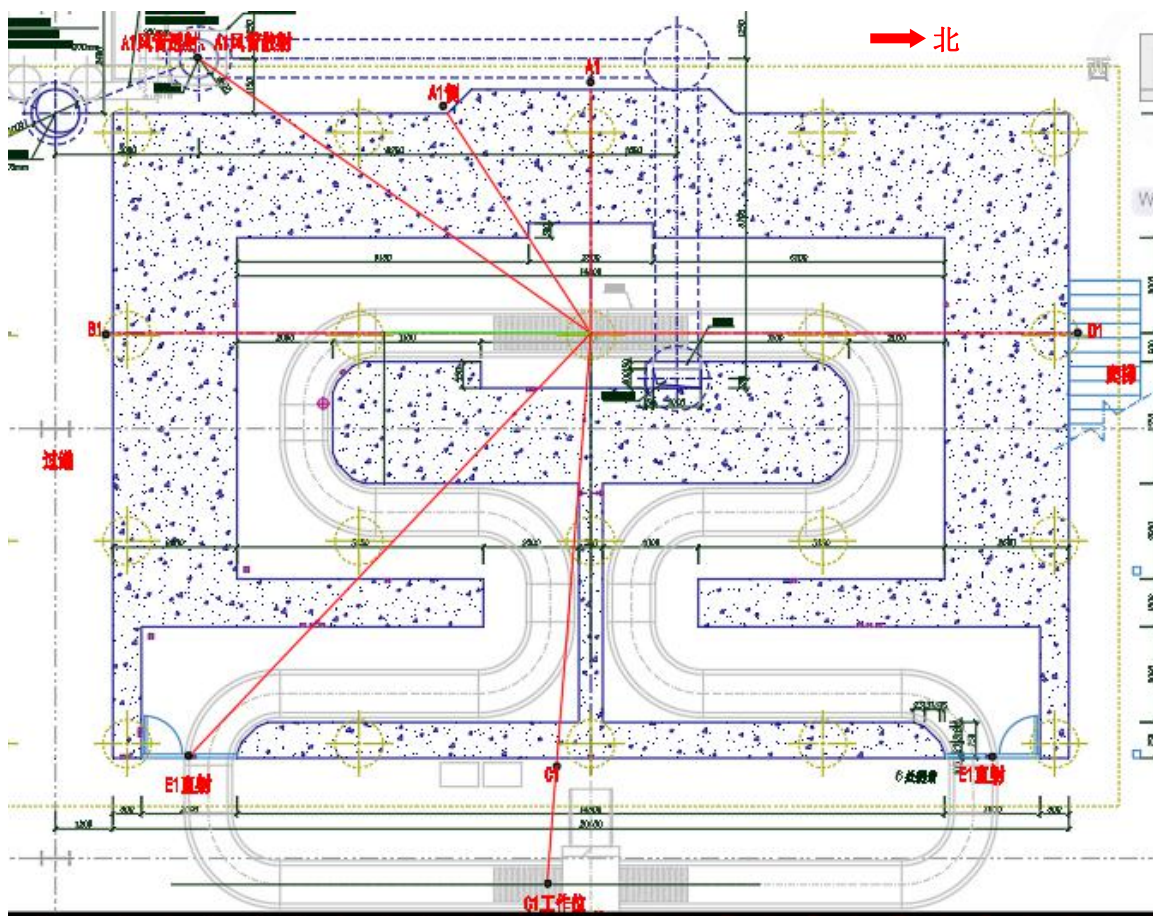


图 11.2-1 辐照室预测点位示意图

表 11.2-1 电子加速器辐照室屏蔽效果核算一览表

楼层	参考点	设计厚度 S(混凝土 cm)	T1 (cm)	Te (cm)	十分之一值层 数 n	透射比 Bx	距离 d (m)	D ₁₀ (Gy·h ⁻¹)	居留 因子 T	年工作 时间 t (h/a)	H _M (μSv·h ⁻¹)	H _{全年单班} (mSv/a)	是否满 足要求
一层 辐照室	A1 (辐照室西侧正后方)	280	34.22	34.22	8.18	6.57E-09	5.4	810	1/16	6000	0.1825	2.28E-02	满足
	A1 侧 (辐照室西侧侧后方)	310	34.22	34.22	9.06	8.73E-10	5.8	810	1/16	6000	0.0210	2.63E-03	
	A1 风管透射, 辐照室西侧侧后方)	452.8	34.22	34.22	13.23	5.86E-14	10	810	1/16	6000	4.75E-07	5.93E-08	
	B1 (走廊, 辐照室南侧)	260	34.22	34.22	7.60	2.52E-08	10.3	810	1/16	6000	0.1927 (0.3854)	2.41E-02 (4.82E-02)	满足
	C1 (空地, 辐照室东侧正前方)	275	34.22	34.22	8.04	9.20E-09	9.2	810	1/4	6000	0.0880	4.40E-02	满足
	C1 工作位 (产品上下)	281.5	34.22	34.22	8.23	5.94E-09	11.8	810	1	6000	0.0346	6.91E-02	满足
	D1 (爬梯及走廊, 辐照室北侧)	260	34.22	34.22	7.60	2.52E-08	10.3	810	1/4	6000	0.1927	9.64E-02	满足

	E1 透射 (迷道出入口, 辐照室南侧)	413	34.22	34.22	12.07	8.53E-13	12.5	810	1/16	6000	4.42E-06	5.53E-07	满足
二层 主机 室及 室外 平台	A12 电源 间 (辐照 室贡献 值)	267	34.22	34.22	7.80	1.58E-08	5.4	810	1/4	6000	0.4378	2.19E-01	满足
	A12 室外 平台	267	34.22	34.22	7.80	1.58E-08	5.4	810	1/4	6000	0.4378 (0.8756)	2.19E-01 (0.438)	满足
	F12 控制 室	307	34.22	34.22	8.97	1.07E-09	6.22	810	1	6000	0.0224 (0.0448)	4.47E-02 (8.94E-02)	满足

注：①对于 10MeV 电子，X 射线射线能量和 X 射线发射率 Q 均在 0° 方向最大，然后沿 90°、180° 方向逐渐降低，关注点“A12 电源间”及“A12 室外平台”、“F12 控制室”为一层辐照室对二层剂量率的贡献值，韧致辐射射线方向相对于电子束大于 90°，本评价保守考虑发射率 Q 和十倍减弱层厚度按 90° 取值；②关注点“E1 透射”为透射照射贡献值；③建设单位全年工作 250d，每天三班，每班 8h，全年工作 6000h，每班 2000h；④关注点位“B1（走廊，辐照室南侧）”所在走廊两端安装栅栏，严禁无关人员进入，居留因子取 1/16；⑤关注点“B1（走廊，辐照室南侧）”及“A12 电源间”、“F12 控制室”位于 2 台加速器之间，括弧内的值为 2 台加速器同时运行时的叠加值。

③电子加速器主机室屏蔽计算

根据加速器厂家提供的数据，本项目电子加速器束流损失为 5%（即电子束流强度为 0.1mA），束流损失点的能量为 3MeV。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.1，3MeV 入射电子在距靶 1m 处侧向 90° 的 X 射线发射率分别为 $3.2\text{Gy}\cdot\text{m}^2\cdot\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ 。

加速器运行时，电子束照射方向朝下，束流损失的电子束可能轰击的物质有不锈钢材料、辐照室混凝土地面等，上述几种物质不锈钢 Z 值最大，X 射线发射率最高，本项目保守考虑，90° 方向的修正系数 f_e 为 0.5，则加速器损失束流强度为 0.1mA，

根据公式 11-3 计算，辐照室距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率 $D_{10}(90^\circ)$ 为 $9.6\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。根据附录 A 表 A.4，3MeV 电子在侧向 90° 屏蔽能量取相应等效能量为 1.9MeV；根据附录 A 表 A.2 和表 A.3：入射光子能量为 1.9MeV，混凝土的 T1 和 Te 值分别为 $T1=21.76\text{cm}$ 、 $Te=19.74\text{cm}$ 。

主机室屏蔽计算关注点见图 11.2-3，主机室束流损失辐射影响核算结果见表 11.2-2。

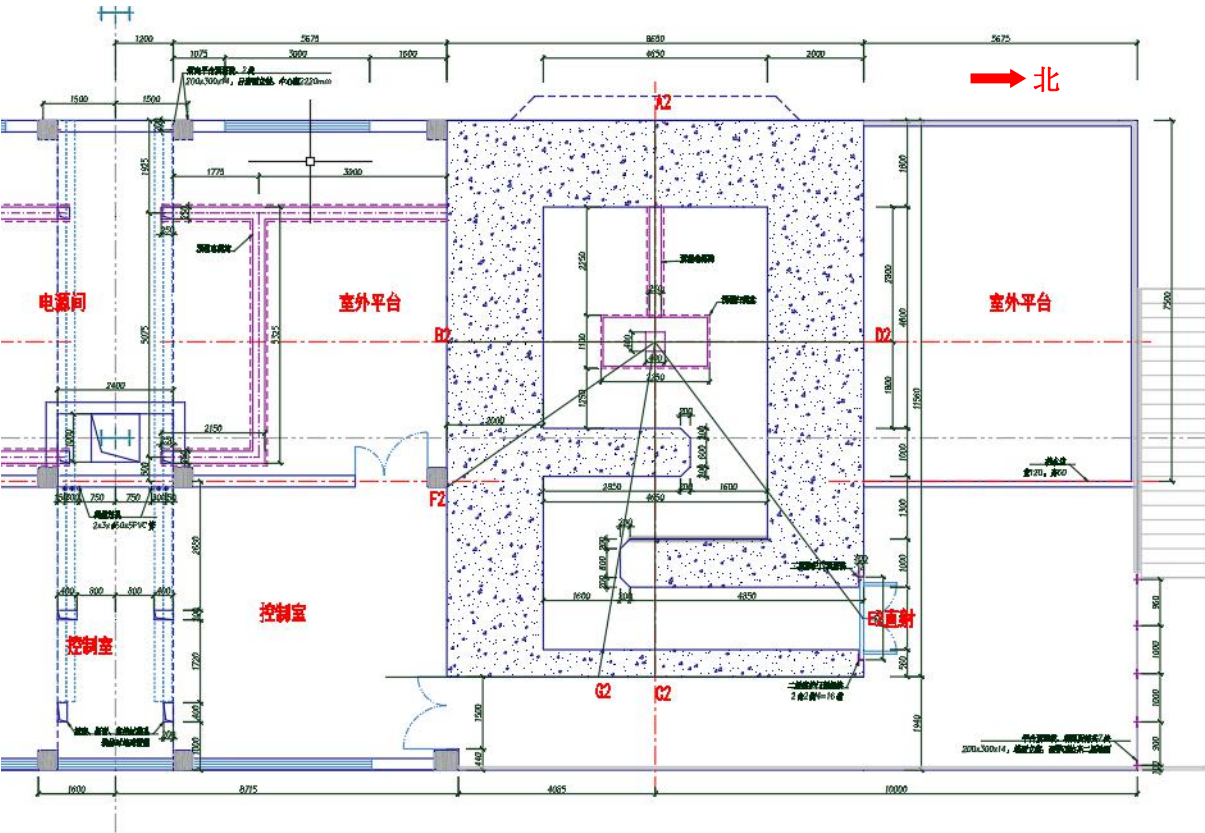


图 11.2-3 主机室预测点位示意图

表 11.2-2 电子加速器主机室屏蔽效果核算一览表

楼层	参考点	设计厚度 S(混凝土 cm)	T1 (cm)	Te (cm)	十分之一值层 数 n	透射比 Bx	距离 d (m)	D_{10} (Gy·h ⁻¹)	居留 因子 T	年工作 时间 t (h/a)	H_u (μ Sv·h ⁻¹)	$H_{全年单班}$ (mSv/a)	是否满足要 求
二层 主机 室	A2(空坝, 主机室西侧 正后方)	180	21.76	19.74	9.02	9.63E-10	4.9	9.6	1/4	6000	3.85E-04	1.93E-04	满足
	B2(电源间, 主机室南侧)	200	21.76	19.74	10.03	9.35E-11	4.62	9.6	1/4	6000	4.20E-05 (4.38E-01)	2.10E-05 (2.19E-01)	满足
	C2(走廊, 主机室东侧)	256	21.76	19.74	12.87	1.36E-13	7.26	9.6	1/4	6000	2.48E-08	1.24E-08	满足
	D2(室外平 台,主机室 北侧)	200	21.76	19.74	10.03	9.35E-11	4.62	9.6	1/4	6000	4.20E-05 (4.38E-01)	2.10E-05 (2.19E-01)	满足
	E2透射(迷 道进出口)	250	21.76	19.74	12.56	2.74E-13	7.5	9.6	1/4	6000	4.68E-08	2.34E-08	满足
	F2(控制室, 主机室东南 侧)	244	21.76	19.74	12.26	5.52E-13	5.5	9.6	1	6000	1.75E-07 (2.24E-02)	3.50E-07 (4.47E-02)	满足
	G2(走廊, 主机室东南 侧)	158	21.76	19.74	7.90	1.25E-08	7.36	9.6	1/4	6000	2.22E-03	1.11E-03	满足

注：①建设单位全年工作 250d，每天三班，每班 8h，全年工作 6000h，每班 2000h；②关注点“B2 电源间”、“D2 室外平台”以及“F2 控制室”的辐射剂量率主要考虑二层主机室的贯穿辐射分别与一层辐照室的贯穿辐射“A12 电源间”及“A12 室外平台”、“F12 控制室”叠加，括弧内为二者叠加结果。

由表 11.2-2 可知，项目运行过程中，单台高能电子加速器运行时，束流损失辐射对主机室四周屏蔽墙外直射所致辐射剂量率均远小于控制限值（ $2.5 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ）要求，最大值为迷道外侧走廊（关注点 G2），为 $2.22 \times 10^{-3} \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

另外，关注点“B2 电源间”、“D2 室外平台”以及“F2 控制室”的辐射剂量率应为二层主机室束流损失辐射分别与一层辐照室的贯穿辐射“A12 电源间”及“A12 室外平台”、“F12 控制室”叠加影响的结果。根据表 11.2-1 及表 11.2-2 可知，二层主机室关注点 B2、D2、f2 处的辐射剂量率主要受一层辐照室的贯穿辐射影响，叠加后的剂量率分别为 $4.38\text{E-}01 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 、 $4.38\text{E-}01 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 、 $2.24\text{E-}02 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ，远小于标准限值（ $2.5 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ）要求。

11.2.1.2 电子加速器机房迷道和防护门辐射影响分析

①估算模式

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 公式（A-5）可计算得出迷道外入口处的剂量当量率 H（Sv/h）：

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

公式（11-6）

式中：

$H_{1, rj}$ 迷道外入口处辐射剂量率，Sv/h；

α_1 ：入射到第一个散射体的 X 射线的散射系数；查《辐射防护导论》图 6.4；

α_2 ：从以后的物质散射出来的 0.5MeV 的 X 射线的散射系数；

A_1 ：X 射线入射到第一散射物质的散射面积（ m^2 ）；

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

d_1 ：X 射线源与第一散射物质的距离（m）；

$d_{r1}, d_{r1} \dots d_{rj}$ ：沿着迷道长轴的中心线距离（m）。

②计算结果

辐照室对于加速器产生的 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 取值为 5×10^{-3} ，对于一次散射后的 X 射线散射系数 α_2 （假设一次散射后的反射过程一样， $E=0.5\text{MeV}$ ）取值为 2×10^{-2} 。加速器辐照室迷道散射计算的

$D_{10}(90^\circ)$ 取值 $810\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ ，加速器辐照室迷道散射计算的 $D_{10}(90^\circ)$ 取值 $9.6\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ 。

本项目 X 射线在电子加速器机房的散射路线见图散射预测路径详见图 11.2-4~图 11.2-6,辐照室及主机室的迷道散射计算结果见表 11.2-3。

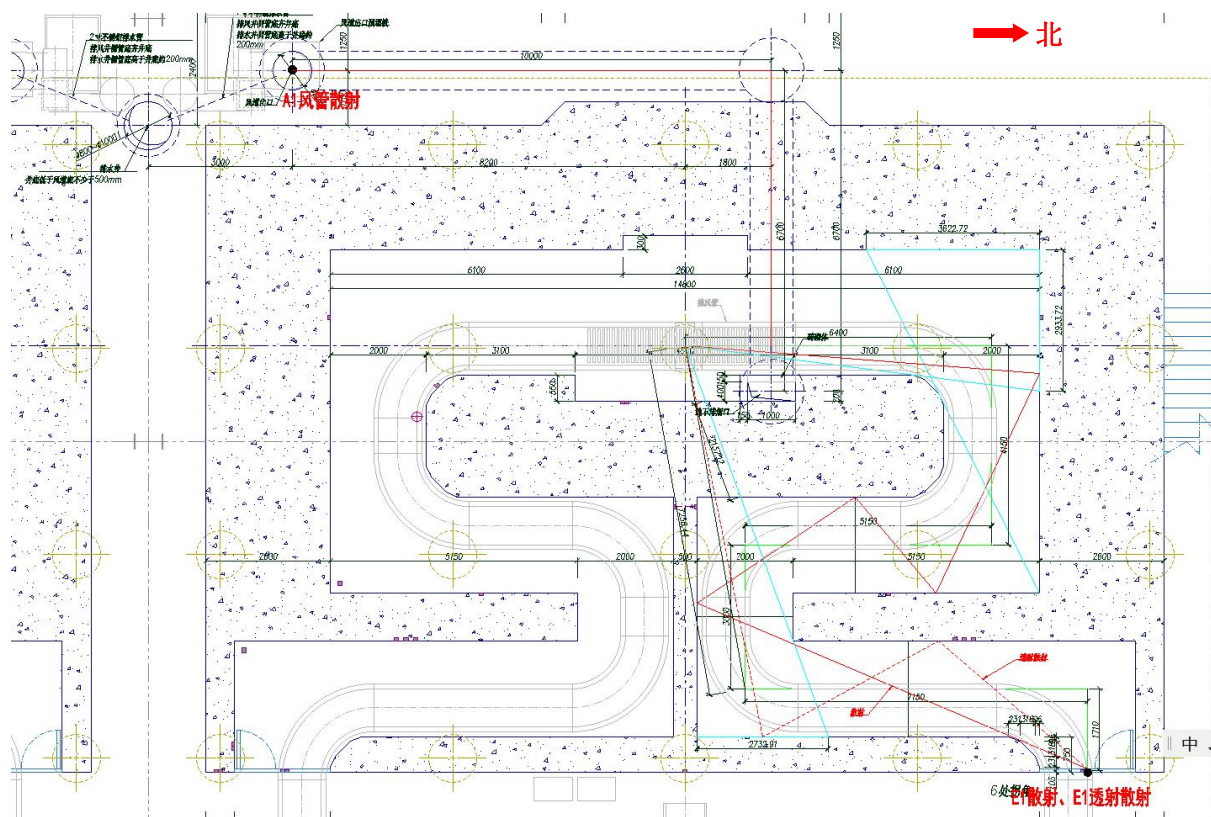


图 11.2-4 辐照室迷道及排风管道散射预测点位示意图

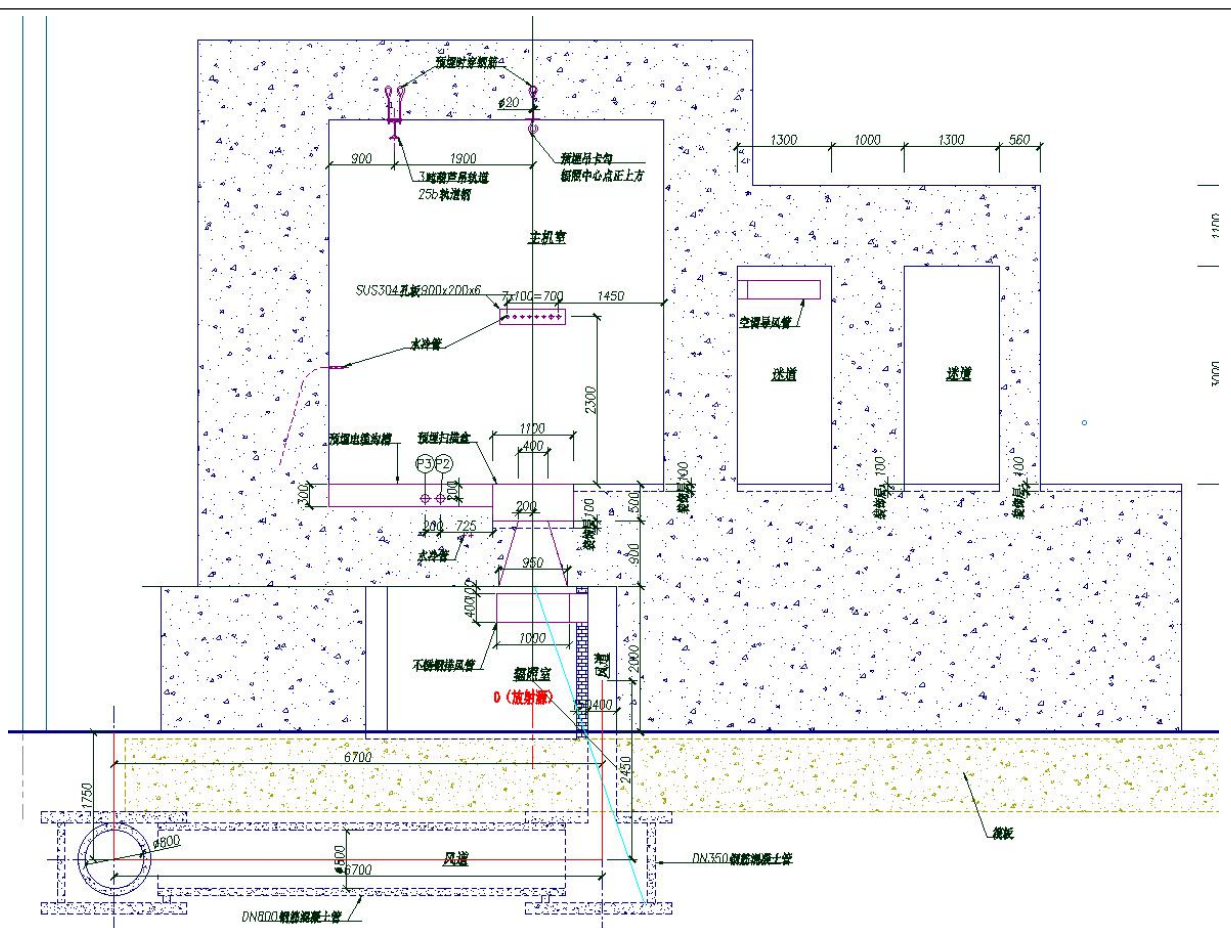


图 11.2-5 辐照室排风管道散射预测路径示意图

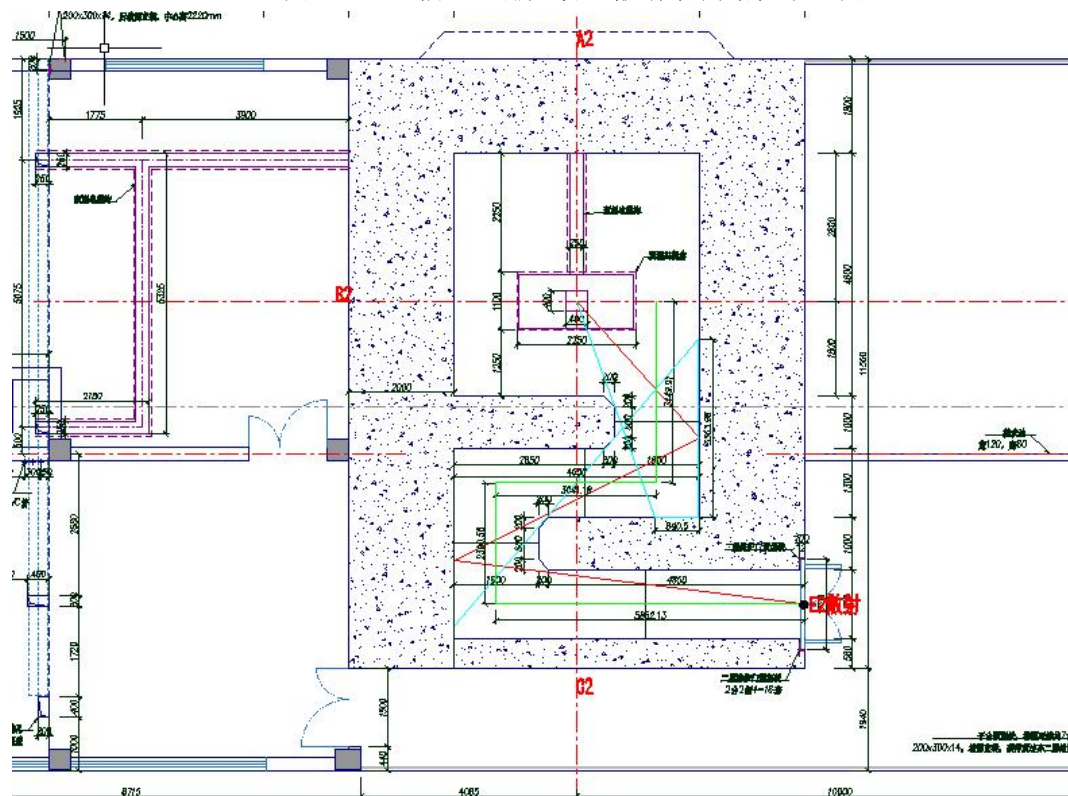


图 11.2-6 主机室迷道散射预测点位示意图

表 11.2-3 辐照室和主机室迷道及排风管道散射计算结果一览表

楼层	参考点	散射次数	散射面积 A1 (m ²)	迷道截面积 A2, A3, A4 (m ²)	路径 d ₁ , d _{r1} ...d _{rj}	D ₁₀ (Gy · h ⁻¹)	居留因子 T	年工作时间 t (h/a)	透射比 Bx	辐射剂量率 (μSv · h ⁻¹)	H _{全年单班} (mSv/a)	辐射防护是否满足要求
辐照室 (1F)	E1 散射	4	13.1 (2*3.62+2*2.93)	4, 4, 4, 4	6.4, 4.15, 5.15, 3.0, 7.15	810	1/4	6000	/	6.31E-03	3.16E-03	满足要求
	E1 透射散射	2	5.46 (2*2.73)	4, 4	7.26, 7.15, 1.71	810	1/4	6000	5.691E-7	2.56E-04	1.28E-04	
	小计									6.57E-03 (6.57E-03)	3.28E-03 (3.28E-03)	
辐照室 (1F)	A1 风管散射	4	3.13 (1.13*1+2*1)	0.4, 0.5, 0.5, 0.5	2.45, 6.7, 10, 2.05	9.6	1/16	6000	/	1.98E-06 (2.46E-06)	2.48E-07 (3.07E-07)	满足要求
主机室 (2F)	E2 散射	2	13.02 (3.1*3.36+3.1*0.84)	4.03, 4.96	3.45, 3.04, 2.3, 5.85	9.6	1/4	6000	/	1.91E-01 (1.91E-01)	9.57E-02 (9.57E-02)	

注：①建设单位全年工作 250d，每天三班，每班 8h，全年工作 6000h，每班 2000h；②关注点“E1”的辐射剂量率主要考虑辐照室的直接贯穿辐射“E1 直射”分别与射线贯穿主屏蔽墙后经外迷道散射的辐射“E1 透射散射”及直接经迷道散射的辐射“E1 散射”叠加，括弧内为三者叠加结果；③关注点“A1 风管”的辐射剂量率主要考虑辐照室的直接贯穿辐射“A1 风管透射”与射线经风管散射的辐射“A1 风管散射”叠加，括弧内为二者叠加结果；④关注点“E2”主要考虑主机室的直接贯穿辐射“E2 透射”与射线经迷道散射的辐射“E2 散射”叠加，括弧内为二者叠加结果。

由表 11.2-3 可知，散射辐射致使一层辐照室入口处周围剂量当量率为 $6.57 \times 10^{-3} \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ，排风管出口处的周围剂量当量率为 $1.98 \times 10^{-6} \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ，二层主机室入口处周围剂量当量率最大为 $1.91 \times 10^{-1} \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ，均远小于最大允许周围当量剂量率 $2.5 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 。因此，本项目辐照室和主机室迷道的设计是合理的。

由表 11.2-3 可知，在考虑辐照室的直接贯穿辐射“E1 直射”分别与贯穿主屏蔽墙后经外迷道散射的辐射“E1 透射散射”以及及直接经迷道散射的辐射“E1 散射”叠加后，关注点“E1”的辐射剂量率为 $2.56 \times 10^{-4} \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ；关注点“A1 风管”的辐射剂量率在考虑辐照室的直接贯穿辐射“A1 风管透射”与射线经风管散射的辐射“A1 风管散射”叠加后，其辐射剂量率为 $2.46 \times 10^{-6} \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ；关注点“E2”主要考虑主机室的直接贯穿辐射“E2 透射”与射线经迷道散射的辐射“E2 散射”叠加，叠加后的辐射剂量率为 $1.91 \times 10^{-1} \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 。因此，关注点“E1”、“A1 风管”、“E2”辐射剂量率均小于控制限值要求。

综上所述，关注点“E1”、“A1 风管”、“E2”辐射剂量率均远小于控制限值（ $2.5 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ ）要求，因此本项目辐照室和主机室迷道外安装普通钢门可满足辐射防护的要求。根据建设单位提供的资料，本项目辐照室迷道外安装普通钢门，主机室迷道外安装 3mm 厚铅门，均是可行的。

11.2.1.3 主机室顶及天空反散射辐射影响

电子加速器产生的辐射源通过屋顶泄漏，再经过天空中大气的反散射，返回至加速器周围的地面附近，形成附加的辐射场，这种现象称为天空反散射。对于天空反散射，要综合考虑辐照室和主机室辐射对参考点的剂量贡献。计算时，发射率常数保守取 90° 方向的发射率常数。

（1）X 射线剂量率

根据相关资料，主机室室顶应能防护 $150^\circ \sim 180^\circ$ 方向的韧致辐射及其产生的天空反散射、 0° 方向的韧致辐射经地面散射以及加速管漏射产生的 X 射线影响。主机室周围墙体则主要考虑加速管漏射产生的 X 射线影响。

HJ979-2018 未给出与 10MeV 入射电子束成 $150^\circ \sim 180^\circ$ 方向电子的相应等效能量，参照 NCRP Report No51 及其他相关资料， $150^\circ \sim 180^\circ$ 方向韧致 X 射线的最大能量保守

按照 3MeV 考虑，对应的混凝土 T1 为 26.1mm，Te 为 24.7mm，初始剂量率保守取最大值 810Gy/h。加速管漏射点产生的电子线最大能量为 3MeV，根据 HJ979-2018 附录 A 示例计算，150° ~180° 方向韧致 X 射线的最大能量按照 1.9MeV 考虑，对应的混凝土 T1 为 21.76mm，Te 为 19.74mm，初始剂量率保守取最大值 9.6Gy/h。

（2）对主机室顶的影响

①辐照室 150° ~180° 方向的韧致辐射

根据设计资料，10MeV 电子加速器束下装置到地面的距离约为 70cm，因此束下装置距主机室室顶外考察点 H（室顶上方 30cm）的距离约 9.5m，辐照室楼顶设计厚度为 1400mm（其中：扫描盒厚度 500mm，屏蔽厚度设计取值 900mm），主机室室顶设计屏蔽厚度为 1100mm，本评价计算屏蔽厚度均为射线在屏蔽体中穿行的距离。根据式 11-2 等，计算结果详见表 11.2-4。

由表 11.2-4 可知，主机室室顶上方 30cm 处的 X 剂量率约为 $3.57 \times 10^{-2} \mu \text{Gy/h}$ 。

②束流损失辐射对主机室顶的影响

根据设计资料，二层辐射源距离主机室地板 1m，泄漏电子束产生的 X 射线吸收剂量率在 1m 处为 9.6Gy/h，源点距考察点的距离约 6.1m，根据式 11-2，计算结果详见表 11.2-4。

根据表 11.2-4，在主机室室顶混凝土的屏蔽作用下，主机室室顶上方 30cm 处的 X 剂量率约为 $1.71 \times 10^{-1} \text{Gy/h}$ 。

③0° 韧致 X 射线被地面散射后穿过辐照室室顶的孔洞对主机室室顶的辐射影响

根据联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）—2000 年报告附录 A，X 射线产生的散射线最大能量的计算公式如下：

$$E_s = \frac{E_0}{1 + \frac{E_0}{0.511}(1 - \cos \theta_s)} \quad \text{公式 (11-7)}$$

其中：E：散射光子的能量，MeV；

E0：为入射光子的最大能量，10MeV；

θ_s ：散射角。

环境影响分析

续表 11

表 11.2-4 电子加速器主机室屋顶屏蔽效果核算一览表

楼层	参考点	设计厚度 S (混凝土 cm)	T1 (cm)	Te (cm)	十分之一 值层 数 n	透射比 Bx	距离 d (m)	D ₁₀ (Gy·h ⁻¹)	居留 因子 T	年工作 时间 t (h/a)	H _M (μSv·h ⁻¹)	H _{全年单班} (mSv/a)	辐射防 护是否 满足要 求
二层 主机 室顶 部	H (辐照 室影响)	208.9	26.1	24.7	8.40	3.97E-09	9.5	9.6	1/16	6000	3.57E-02	4.46E-03	满足
	H (主机 室影响)	124	21.76	19.74	6.18	6.61E-07	6.05	9.6	1/16	6000	1.71E-01	2.13E-02	
	小计										2.06E-01	2.58E-02	

注：①主机室地面（包括扫描盒安装位置）铺装有 100mm 厚瓷砖，由于瓷砖质地致密、且勾缝饱满，其密度为 2350~2450 kg/m³，与混凝土相当，其对射线的辐射防护效果亦与混凝土相当，本评价在进行辐射屏蔽估算时，全部按照混凝土计，不在单独考虑瓷砖；②辐照室顶板设计厚度为 1400mm，扫描盒安装尺寸 2250×1100×500mm，扫描盒安装位置混凝土（包括瓷砖）屏蔽厚度 900mm，本评价在进行辐照室对主机室屋顶屏蔽效果估算时，按照最保守情况即取辐照室顶板防护厚度 900mm 进行估算；③设计厚度为射线在防护墙体中穿行的距离。

根据式 11-7, 当入射光子能量为 10MeV 时, 不同散射角对应的散射能量见表 11.2-5。

表 11.2-5 不同散射角对应的散射能量

散射角 (度)	15	30	45	60	90	120	135	150	180
散射能量 (MeV)	6.0	2.76	1.49	0.93	0.48	0.33	0.29	0.27	0.25

由上表可知, 0° 韧致 X 射线被地面散射后与电子束成 180° 方向的散射能量较低 (不到 0.3MeV), 同时, 散射线受到加速器钢筒屏蔽, 故最终散射到主机室室顶和周围墙体的 X 射线极少, 在受到主机室各墙体的进一步屏蔽后, 对主机室周围的辐射影响基本可以忽略。

因此, 加速器开机运行时, 主机室室顶上方 30cm 处 (关注点 H) 的辐射剂量率约为 $2.06 \times 10^{-1} \mu\text{Gy/h}$, 小于最大允许周围当量剂量率 $2.5 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$ 。

(3) 天空反散射

由于本项目屏蔽设计中对所有经过屏蔽体的孔道均采用 “S、L、C、Z” 型穿越, 不影响屏蔽体的屏蔽能力, 项目辐照加工厂房楼顶设计保守且无法直接到达, 根据核算本项目辐照加工厂房顶棚外的剂量均低于 $2.5 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$, 经天空散射后在地面的贡献值非常低, 可忽略不计, 因此本次评价不考虑及天空反散射辐射影响。

综合以上分析可知, 由此可知, 本项目电子加速器产生的辐射源通过屋顶泄漏产生的天空反散射对机房周围的辐射环境影响微小, 辐照室顶板 (主机室地板) 厚度和主机室顶板厚度的设计是合理的, 能够满足辐射防护要求。

11.2.1.4 X 射线通过屋顶的侧向散射辐射影响

根据现场调查, 本项目辐照加工厂房周围临近无高层建筑, 无需考虑 X 射线通过屋顶后侧向散射对周围环境的辐射影响。

11.2.2 人员受照剂量估算

(1) 估算公式

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

$$H_{E,r} = D_r \times t \times T \times 10^{-3} (mSv) \quad \text{公式 (11-10)}$$

式中： $H_{E,r}$ ：射线外照射人均年有效剂量当量；

D_r ：射线空气吸收剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

t ：射线照射时间，h；

T ：居留因子。

(2) 照射时间

本项目各电子辐照加速器年生产 250d，每天最多 24h，年工作均为 6000h；辐射工作人员和装卸等工人均为 3 班制，每班 8h，年有效工作时间均为 2000h。

(3) 估算结果

工业电子加速器运行时，仅有设备操作人员和设备维修人员能够到达二层区域，公众成员等均不能到达，因此，控制室操作人员及电源间等维修辅助人员全部作为辐射工作人员，对有关人员的管理按照辐射工作人员（5mSv/a）进行控制；同时，考虑到辐射工作人员在加速器运行时可能会前往机房周围进行巡视，为保守估计，除二层外的其他区域全部为按照公众成员（0.1mSv/a）要求进行管理。

①辐射工作人员

工业电子加速器运行时，对工作人员影响的区域主要在二层控制室内控制台处，但考虑到工作人员在加速器运行时可能会前往机房周围进行巡视，为保守估计，本次取机房周围及控制室理论计算结果中的最大值 $0.438\mu\text{Sv/h}$ 作为工作人员受照剂量率进行估算，加速器年开机时间 6000h/a，工作人员三班倒，每班年工作时间 2000h，居留因子取 1，由公式 11-10 估算出该区域活动的辐射工作人员的年有效剂量为：

$$H = 0.438\mu\text{Sv/h} \times 6000/3 \times 1 = 0.876\text{mSv/a}$$

由以上估算结果可以看出，本项目职业人员的年有效剂量最大为 0.876mSv/a，低于本次评价提出的 5mSv/a 的剂量限值。

②公众成员

A. 本项目公众活动区域位于机房一层周围，根据估算结果，电子加速器运行状态下辐照室周围 x 剂量率取理论计算结果中最大值 $0.1927\mu\text{Sv/h}$ ，该区域为辐照室南北两侧（1#、2#辐照室之间的过道封闭，严禁人员进出）空地，属于人员部分逗留区域，因此，公众成员居留因子取 1/4。由公式 11-10 估算出该区域活动的公众成员的年有效剂量为：

$$H=0.1927\mu\text{Sv/h}\times 6000/3\times 1/4=0.096\text{mSv/a}$$

B. 生产作业区传送带搬运工处年有效剂量（停留因子保守取 1，三班倒）：

$$H=0.0346\mu\text{Sv/h}\times 6000/3\times 1=0.069\text{mSv/a}$$

综上所述：本项目工业加速器处于正常运行状态时，辐照室周围 30cm 处的 X 剂量率为 $4.75\times 10^{-7}\sim 0.1927\mu\text{Sv/h}$ ，迷道外口处的 X 射线空气吸收剂量率约 $6.57\times 10^{-3}\mu\text{Sv/h}$ ，通风口外的辐射水平为 $2.46\times 10^{-6}\mu\text{Sv/h}$ ；主机室迷道外口处的 X 射线空气吸收剂量率约 $0.191\mu\text{Sv/h}$ ，四周墙外 30cm 处的剂量率为 $2.48\times 10^{-8}\sim 0.438\mu\text{Sv/h}$ ；辐照室及主机室周围的空气吸收剂量率均满足 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的剂量率限值要求。

在开机时间 6000h/a 及三班倒的条件下，职业工作人员的年有效剂量最大为 0.219mSv/a ，远小于 5mSv/a 的管理剂量约束限值；公众成员年有效剂量最大为 0.096mSv/a ，低于本次评价提出的 0.1mSv/a 的管理剂量约束值。

11.2.3 环境保护目标影响分析

辐照加工厂房各屏蔽体外 0.3m 处的瞬时剂量率满足国家相关标准要求，根据 X 射线随距离的增加而快速减弱的特性可知，距离 X 射线辐照加工厂房更远的各环境保护目标的辐射影响也满足相应标准和要求。

本项目辐照加工厂房环境保护目标预测结果见表 11.2-9。

表 11.2-9 环境保护目标处周围剂量当量率预测结果表

序号	名称	方位	与环境保护目标的最近水平距离	保护目标除仅考虑距离衰减理论预测值（ $\mu\text{Sv/h}$ ）
1	石龙路	西	35m	3.85E-04
2	装卸工人及其他工作人员	东	3.1m	3.46E-02
3	控制室	辐照加工厂房 2 楼	紧邻	4.48E-02
4	电源间	辐照加工厂房 2 楼	紧邻	0.4378

根据表 11.2-9 可知，本项目辐照加工厂房邻近的各环境保护目标处周围剂量当量率均低于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ，且预测结果只考虑了距离的衰减，未考虑除本项目辐照加工厂房屏蔽体外的其他建筑

墙体屏蔽作用。因此，项目辐照加工所致周围 50m 范围内环境保护目标的影响不大，对环境可以接受。

11.2.4 其他影响分析

11.2.4.1 废气环境影响

(1) 臭氧

①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的变化为：

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

式中：

C (t)：辐照室空气中在 t 时刻臭氧的浓度 (mg/m³)；

P：单位时间电子束产生 O₃ 的质量 (mg/h)；

V：辐照室体积（含迷道，250m³）；

T_e：对臭氧的有效清除时间 (h)

$$T_e = \frac{T_v \times T_d}{T_v + T_d} \quad \text{公式 (11-12)}$$

式中：

T_v：辐照室换气一次所需时间 (h)；

T_d：臭氧的有效化学分解时间 (h)，约为 50 分钟。

此种情况下，T_v (0.02h) « T_d (0.83h)，因此 T_e ≈ T_v。当长时间辐照时，则辐照室内臭氧平衡浓度为：

$$C_s = \frac{PT_e}{V} \quad \text{公式 (11-13)}$$

本项目加速器机房通风系统排风速率 12000m³/h，加速器辐照室换气一次所需时间 T_v 为 0.02h。

由上述公式和参数，则本项目辐照室 C_s 分别为 10.8mg/m³，该浓度值大于《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) 中工作场所空气中 O₃ 的最高容许浓度为 0.3mg/m³，对工作人员是危险的。

②臭氧的排放：

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

$$dc/dt = -C/T_e \quad \text{公式 (11-14)}$$

当 t=0 时，

$$C = C_s \quad \text{公式 (11-15)}$$

得到浓度随时间的变化公式为：

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

由此可得：

关闭加速器后风机运行的持续时间公式为：

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

式中：

C₀：GBZ2.1-2019 规定的臭氧的最高容许浓度，C₀=0.3mg/m³；

T：为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间 (h)。

计算得，本项目加速器停止工作后，辐照室内通风系统以通风速率不低于 12000m³/h 继续工作，加速器机房通过约 0.072h (4.3min) 的通风排气，辐照室内的臭氧浓度可低于《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素 (一)》(GBZ2.1-2019) 规定的臭氧的最高容许浓度 (0.3mg/m³)，此时工作人员进入辐照室是安全的。

本项目加速器辐照室均拟设置通风联锁装置，机房内通风系统与控制系统联锁，加速器停机后，只有达到预先设定的时间后才能开门，为保险起见，建设单位要求在停机 5min 后操作人员方可被允许进入加速器辐照室内。因此，辐射工作人员在允许条件下进入辐照室是安全的。

本项目加速器机房拟配备的排臭氧风机排风速率为不低于 12000m³/h，排风管道直径为 800mm，出风口位于辐照加工厂房外，排气筒高度约 20m，室内臭氧通过排风系统排入外环境，臭氧在常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小；

（2）氮氧化物

根据工程分析可知，氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，根据估算，10MeV 辐照室内氮氧化物的浓度约为 3.6mg/m³，氮氧化物能满足《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部分：化学有害因素（一）》（GBZ2.1-2019）的氮氧化物浓度限值（5mg/m³）要求，满足重庆市地方标准《大气污染物综合排放标准》（DB50/418-2016）中的排放浓度限值（200mg/m³）要求。而按照臭氧要求在关闭加速器后风机持续运行 5min，辐照室内的氮氧化物浓度将更小，氮氧化物产生和排放对工作场所大气环境的影响很小。

综上所述，本项目运行时所产生的有害气体不会对公众人员造成影响，对周边环境空气影响很小。

11.2.4.2 废水环境影响

生活污水产生量为 1.575m³/d，生活污水依托宇邦新能源汽车电线研发制造基地项目新建污废水处理设施，达标后排入污水管网，经石坪污水处理厂处理后达标排放。因此，项目生活污水对地表水环境影响较小。

11.2.4.3 噪声影响分析

①预测模式

评价采用《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ2.4-2009）推荐的噪声户外传播衰减计算的替代方法，即用 A 声级计算，其计算公式如下：

$$LA(r) = LA(r_0) - (A_{div} + A_{atm} + A_{bar} + A_{gr} + A_{misc}) \quad \text{公式 (11-18)}$$

式中：LA(r) ——距离声源 r 处的 A 声级；

LA(r₀) ——参考位置 r₀ 处的 A 声级；

A_{div} ——几何发散引起的 A 声级衰减量 dB， $A_{div} = 20 \lg(r/r_0)$ ；

A_{atm} ——空气吸引起的 A 声级衰减量 dB， $A_{atm} = \alpha(r - r_0)/1000$ ；

A_{bar} ——地面效应引起的 A 声级衰减量，取 0；

A_{gr} ——遮挡物引起的 A 声级衰减量 dB，在此取值为 15dB(A)；

A_{misc} ——其他多方面效应引起的衰减量，取 0。

根据声音的叠加方法，得到声级叠加公式为：

$$L = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0.1 L_i}$$

公式 (11-19)

式中： L_A (总) —叠加后的总声级值，dB(A)；

L_i —第 i 个声源对某点的声级值，dB(A)；

n —声源个数。

②厂界噪声预测结果

本项目工作制度为 3 班制，昼夜 24h 均进行生产。建设单位对高噪声设备拟采取隔声、减震等措施，预计隔声量 10dB(A)，隔声后预测结果见表 11.2-10。

表 11.2-10 隔声后厂界昼间噪声预测结果表

设备名称	单台设备降噪后声级 (dB(A))	设备与厂界距离 (m)				厂界噪声贡献值 dB (A)			
		东	南	西	北	东厂界	南厂界	西厂界	北厂界
2#加速器机房 冷却塔 (2 台)	75	181.3	75.8	21.5	220.7	28	35	46	26
1#加速器机房 冷却塔 (2 台)	75	181.3	42.5	35.2	254.7	38	50	52	35
风机 (2 台)	85	181.3	57.6	25.7	238.5	28	38	45	25
本项目贡献值小计 dB (A)						39	51	54	36
《宇邦新能源汽车电线研发制造基地项目环境影响报告表》 厂界噪声估算值						35	50	32	44
本项目+原项目贡献值合计 dB (A)						40	54	54	45

注：①2 个加速器机房一层均安装有一台辐照室排风机，且距离较近、与厂界四周边界距离基本相同，评价将 2 台风机作为一个噪声源考虑；②每个加速器机房二层室外平台均布置 2 台冷却塔，且布置较近、与厂界四周边界距离基本相同，本评价将同一个加速器机房配置的 2 台冷却塔按照一个噪声源考虑。

由上分析可知，1#和 2#加速器风机等高噪声设备采取隔声措施后，厂界噪声可达《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB12348-2008) 中的 3 类标准 (昼间限值为 65dB (A)、夜间限值 55dB (A))。另外，拟建项目周边 50m 范围的居民均已搬迁，本项目营运期对周围声环境保护目标影响微小。

11.2.4.4 固废影响分析

项目生活垃圾产生量约 4.4t/a，集中收集至公司垃圾桶后由环卫部门清运处理，项目固废得到合理处置，对环境的影响较小。

11.3 产业政策符合性

项目建设旨在为农副食品、医药制品等企业提供加速器辐照保鲜、辐照灭菌服务。

加速器辐照装置应用满足国家法律法规与相关标准的要求，运行时无生产废水和固体废物产生，符合清洁生产和环境保护的总体要求。根据国家发改委《产业政策结构调整指导目录》（2019 年本），项目属于第一类“鼓励类”中“六 核能”中的第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业政策。

同时，拟建项目已进行了备案，渝北区发展和改革委员会于 2020 年 4 月以《重庆市企业投资项目备案证》（项目代码：2020-500112-36-03-120133）对拟建项目进行了投资备案登记。

11.4 实践正当性

项目利用辐照加工技术开展对农副食品、医药器具的再加工，通过对食品、中药材及医药制品等产品进行杀菌保鲜、消毒灭菌，为产品生产企业提高产品质量提供服务。加速器辐照加工具有效率高、工艺过程简单、操作方便、低耗能、高效益、高度机械化、自动化、无污染公害、无残留等特点，项目在采取切实可行的辐射安全与环保措施后，不仅可以减少污染物排放量，而且可以产生一定的社会效益和经济效益。通过环评分析、预测和评价，项目拟采取的辐射安全与防护措施符合要求，对环境的辐射影响在可接受范围内。项目建设严格执行“三同时”，保证环保投资和环保设施正常投入与运行，确保项目在取得经济效益和社会效益的同时，具备环境效益。

项目对受电离辐射照射个人、企业和社会带来利益远大于其对环境的辐射影响及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）中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

11.5 事故影响分析

11.5.1 电离辐射引起的生物效应

电离辐射引起生物效应的作用是一种非常复杂的过程。目前仍不清楚，但是大多数学者认为放射损伤发生是按一定的阶梯进行的。生物基质的电离和激发引起生物分子结构和性质的变化，由分子水平的损伤进一步造成细胞水平、器官水平的损伤，继而出现相应的生化代谢紊乱，并由此产生一系列临床症状。

这类症状存在阈值效应，其严重程度取决于剂量大小，只有在剂量超过一定的阈值时才能发生，我们称之为确定性效应，该效应是高水平辐射照射导致细胞死亡，细胞延缓分裂的各种不同过程的结果。确定性效应常出现在短时间间隔内的高剂量照射的情况

（急性照射）。除了受控制的医学照射外，高剂量照射一般不会出现在工作场所。因此，确定性效应一般也不会出现在常规的工作场所，仅在事故情况下被观察到。

确定性效应定义为通常情况下存在剂量阈值的一种辐射效应，超过阈值时，剂量越高则效应的严重程度越大。同时不同个体不同组织和器官对射线照射的敏感度差异较大。在非正常情况下，急性大量辐射照射可以造成人或者生物的死亡。成人全身受到不同照射剂量的损伤估计情况见表 11.5-1 所示。

表 11.5-1 不同照射剂量对人体损伤的估计

剂量（Gy）	类型		初期症状和损伤程度
1.0~2.0	骨髓型急性放射病	轻度	乏力，不适，食欲减退；
2.0~4.0		中度	头昏，乏力，食欲减退，恶心，1h~2h 后呕吐，白细胞短暂上升后下降；
4.0~6.0		重度	1h 后多次呕吐，可有腹泻，腮腺肿大，白细胞数明显下降；
6.0~10		极重度	1h 内多次呕吐和腹泻、休克、腮腺肿大，白细胞数急剧下降；
10~20	肠型急性放射病	轻度	受照射后 1h 内出现严重恶心、呕吐;1d~3d 内出现腹泻稀便、血水便：经 3d~6d，假愈期后上述症状加重为极期开始，可伴有水样便或血水便，发热；
20~50		重度	受照射后 1d 内出现频繁呕吐，难以忍受的腹痛，严重血水便，脱水，全身衰竭，低体温。继之剧烈呕吐胆汁样或咖啡样物，严重者于第二周在血水便或便中混有脱落的肠黏膜组织，大便失禁，高热；
50~100	脑型急性放射病		病程为 2d 左右，受照射后出现站立不稳、步态蹒跚等共济失调现象，定向力和判断力障碍，肢体或眼球震颤，强直抽搐，角弓反张等征象；
>100	脑型急性放射病		受照射后意识丧失，瞳孔散大，大小便失禁，休克，昏迷，很快死亡，病程经过仅为数小时；
备注：来自《职业性外照射急性放射病诊断》（GBZ 104-2017）。			

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，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，见表 11.5-2。

表 11.5-2 辐射事故等级分级一览表

事故等级	危害后果
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。
--------	--

根据《实用辐射安全手册》（第二版）（丛慧玲，北京：原子能出版社）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 11.5-3。

表 11.5-3 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	20
1.00	20	2.80	20
1.05	30	3.00	30
1.10	40	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

11.6.2 电子加速器辐照事故风险、后果及预防措施分析

电子加速器是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，关机时没有射线发出。因此断电状态下是安全的。在意外情况下，可能出现的辐射事故如下：

（1）人员误照射风险

①由于管理不善或安全联锁失效，在系统出束时，现场工作人员或周围公众成员误入辐射防护区，给上述工作人员或公众成员造成不必要的照射。

②如果在系统工作前有人进入辐照室，而操作人员又没有仔细巡检就开始操作加速器出束则有可能造成人员的误照射。

（2）臭氧事故风险

①由于管理不善或安全联锁失效，辐照室内通风速度或通风时间不够导致加速器停机后，工作人员进入臭氧浓度超标的辐照室造成意外。

②如果加速器工作期间通风系统出现故障导致通风速度降低或停止工作则有可能导致经排气筒排入大气的臭氧浓度升高，同时也可能导致停机后即使等待足够的时间辐照室内的臭氧浓度仍然高于限值水平，从而使进入辐照室的人员吸入过量的臭氧。

（3）误照射剂量估算

根据前文分析，辐射事故主要是在电子加速器出束过程中人员误入或误留在辐照室

内受到误照射。相较之下，工作人员或其他人员（如维修人员）在辐照室、主机室内时，距离电子加速器最近，受到的误照射最大。

本项目在辐照室、主机室内墙四周均设置有探测和报警装置，在辐照室、主机室迷道内均设有拉线开关以及急停按钮，加速器控制柜上也设有急停按钮，事故时受照人员拉下急停开关的反应时间以 5s 为间隔计算，则根据电子加速器相关参数，则工作人员或其他人员（如维修人员）受到的误照射剂量见表 11.5-4 所示。

表 11.5-4 误照射人员所受辐射剂量情况表

设备	距靶 1m 处的吸收剂量率 (Gy/h)	受照时间 (S)	受到的有效剂量当量 (Gy)
10MeV 电子加速器	810	5	1.125
	810	10	2.25
	810	15	3.375
	810	20	4.5
	810	30	6.75

根据上表核算，电子加速器运行时，滞留人员受到误照射，照射剂量最大约为 1.125Sv。对比表 11.5-1 可知，在误照射 5~30S 的情况下，可能导致轻度~极重度骨髓型急性放射病，5S 可导致轻度骨髓型急性放射病，初期症状表现为乏力，不适，食欲减退；10~15S 可导致中度骨髓型急性放射病，初期症状为头昏，乏力，食欲减退，恶心，1h~2h 后呕吐，白细胞短暂上升后下降；20S 可导致重度骨髓型急性放射病，初期症状为 1h 后多次呕吐，可有腹泻，腮腺肿大，白细胞数明显下降；30S 可导致极重度骨髓型急性放射病，初期症状为 1h 内多次呕吐和腹泻、休克、腮腺肿大，白细胞数急剧下降。

假定事故时受照人员拉下急停开关的反应时间在 30s 以内，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中的事故等级划分可知，本项目可能发生的最严重辐射事故等级为“特别重大辐射事故”。

（4）辐照室臭氧超标事故

臭氧的强氧化性对人体健康有危害作用，一般认为臭氧吸入体内后，能迅速转化为活性很强的自由基-超氧基，主要使不饱和脂肪酸氧化，从而造成细胞损伤。臭氧可使人的呼吸道上皮细胞脂质过氧化过程中花生四烯酸增多，进而引起上呼吸道的炎症病变，研究表明接触 0.09ppm 臭氧 2 小时后肺活量、用力肺活量和第一秒用力肺活量显著下降；浓度达 0.15ppm 时，80%以上的人感到眼和鼻粘膜刺激，100%出现头疼和胸部不

适。由于臭氧能引起上呼吸道炎症、损伤终末细支气管上皮纤毛，从而削弱了上呼吸道的防御功能，因此长期接触一定浓度的臭氧易于继发上呼吸道感染。臭氧浓度在 2ppm 时，短间接接触即可出现呼吸道刺激症状、咳嗽、头疼。

根据前文预测模式，加速器辐照结束后若不继续通风则辐照室内的臭氧浓度为最大为 $10.8\text{mg}/\text{m}^3$ ($1\text{ppm}\approx 1.96\text{mg}/\text{m}^3$)，如果工作人员立即进入辐照室，短间接接触即可出现呼吸道刺激症状、咳嗽、头疼。

(5) 工作场所火灾风险

货物辐射期间，剂量估算错误或传输系统异常，可能导致货物接受过剂量辐射，导致温度升高，引发火灾事故。设备运行期间，辐照加工厂房内无人员驻留，火灾主要对辐照加工厂房内设备造成损伤，燃烧产生的废气和废渣可能对环境造成影响。

(6) 事故风险预防措施

针对可能发生的风险事故，该项目采取的风险防范措施如下：

①人员误照射

通过技术手段要求操作人员在启动加速器前必须巡视辐照室、主机室，同时通过规范的操作制度要求操作员在启动加速器前以及加速器工作过程中通过监控系统实时查看辐照室、主机室内的情况，要求工作人员每次上班时首先要检查安全联锁装置和急停开关是否正常；如果联锁装置和急停开关失灵，应立即修复，并严格按照电子加速器操作程序进行生产作业。此外，工作人员进出辐照加工厂房必须携带个人剂量报警仪。加强通道出入口的管理并加强员工安全教育和培训，尽可能避免人员误照射事故的发生。

②臭氧事故

加速器工作前必须检查臭氧通风系统能否正常工作，若不能正常工作则不能开展辐照加工工作，待维修能正常工作后方可开展。加速器停机后辐照室继续排风 4.3min 后室内臭氧浓度可降至要求的 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。实际工作中，工作人员必须在加速器停机后继续排风 5min 后方可进入。

③火灾

辐照加工厂房设计的防火等级不低于 2 级，墙体和顶棚均采用混凝土材料，耐火性能良好。项目辐照加工厂房设置有烟雾报警器，发生火灾时，及时报警并切断加速器电源，阻止火灾的扩大。

11.6 环保投资估算

本项目总投资 5000 万元，环保投资 320 万元，占总投资的 6.4%。本项目环保投资估算见表 10.6-1、表 10.6-2。

表 11.6-1 项目电子直线加速器辐射防护措施与投资一览表

序号	防护措施	措施情况及位置	数量	投资金额 (万元)	备注	
1	工程屏蔽	由上下两层构成，建筑全部采用混凝土防护设计，具体设计见上文	2 座 (各自独立)	270	新建	
2	防护门	二层主机室进出口设置 3mm厚铅板防护门	2 道(2×1 道)	18	新建	
3	钥匙控制	主控钥匙开关必须和主机室门和辐照室门联锁；每台加速器 1 套	2 套(2×1 套)			
4	安全联锁装置	门机联锁：一层辐照室出入口和二层主机室防护门各配置门机联锁装置 1 套；每台加速器 3 套	6 套(2×3 套)			
		触点联锁：一层辐照室出入口和二层主机室防护门各配置触点联锁装置 1 套；每台加速器 3 套	6 套(2×3 套)			
		信号警示装置	声光报警装置：拟在辐照室迷道内、主机室迷道内设置声光报警装置，其中：辐照室 2 个，主机室 1 个			6 个(2×3 个)
			LED危险警示装置：主机室和辐照室出入口设置工作状态指示装置，辐照室 2 个，主机室 1 个			6 个(2×3 个)
		防人误入装置：拟在辐照室迷道内设置防人误入光电开关，共 6 处，安装距离地面 1 米高，主机室迷道内设置防人误入光电开关，共 3 处，安装距离地面 1 米高。	18 个(2×9 个)			
		剂量联锁：在辐照室、主机室的出入口设置剂量监测探头，并与固定式辐射剂量监测仪绑定，与辐照室和主机室的出入口门等进行联锁，每台加速器设置剂量监测探头 3 个	2 套(2×3 个剂量监测探头)			
		通风联锁：辐照室通风系统与控制系统联锁，每台加速器设置 1 套	2 套(2×1 套)			
		束下装置联锁：每个辐照室建立 1 套束下装置联锁	2 套(2×1 套)			

			套)		
		巡检按钮：辐照室设巡检开关 6 个，主机室设置巡检开 关 2 个	16 个 (2×8 个)		
		烟雾报警：在辐照室内风机出口烟管上安装烟雾报警装 置一套	2 套 (2×1 套)		
5	急停 装置	辐照加工厂房共设置急停按钮 28 个，其中：辐照室设急 停按钮 8 个，拉线开关 2 个；主机室设置急停按钮 3 个， 拉线开关 1 个	28 个 (2×14 个)		
6	监控 装置	辐照室和主机室内各区域均安装监控探头，共 16 个，其 中：一层辐照室安装 12 处，二层主机室安装 4 处	32 个 (2×16 个)		
7	电离 辐射 警示 标志	辐照室迷道出入口外、加速器主机室防护门外和 3 号 厂房进出口设置电离辐射警告标志	若干	0.5	新建
合计			——	288.5	——

表 11.6-2 营运期三废治理、辐射监测及环保投资一览表

环保措施			投资金额（万元）	备注
废气治理	排风系统	每台加速器辐照室配备 1 套臭氧排风系统：风机风量为 12000m³/h,废气直接引至约 20m 高排气筒排放。	20	新建
噪声治理	加装消声器、安装减振装置等		4.5	新建
废水治理	本项目工作人员生活污水依托厂区生活污水处理设施处理。		0	依托 厂区 已有
固废处置	本项目工作人员生活垃圾依托公司厂区生活垃圾统一处理。		0	
防护及监测用品	每个职业人员配备个人剂量计 1 枚，拟配置 20 枚；便携式 X-γ 剂量监测仪 1 台；便携式辐射剂量监测报警仪 4 台。		7.0	新购
合计			31.5	/

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

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条要求：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。

重庆市宇邦汽车电线有限公司已成立了辐射安全领导小组，负责辐射安全与环境保护管理领导工作，指导和督促从事辐照工作的人员做好辐射安全和放射防护工作。从公司目前配置的领导小组学历构成看，专职管理人员为本科学历，有一定的管理的能力。本项目开展后，目前公司的管理人员也能满足配置要求。

12.2 辐射安全管理

(1) 规章制度

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于“营运管理”的要求，建设单位必须培植和保持良好的安全文化素养，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生。为此，重庆市宇邦汽车电线有限公司成立了辐射安全与环境保护工作领导小组，由于项目尚在拟建中，故建设单位承诺在项目运行前，制定辐射安全与环境管理措施，建立辐射安全责任制，职责落实到人，并制定相应的安全操作规程、人员培训计划、辐射监测方案、设备检修与安全设施检查等制度，以及加速器事故应急措施与辐射事故应急预案，并在项目运营前将上述措施等制作后悬挂于辐射工作场所。

另外，建设单位将在工作中认真落实相关制度，并不断更新和完善。

(2) 工作人员

本项目劳动定员 35 人，其中 20 名辐射工作人员，目前具体人员未定。

①人员配置

本项目营运期工作制度为三班制，其中辐射工作人员 20 人（每班 6 人，其中 2 人负责控制室的工作，2 人负责两个辐照室的工作，另外 2 人负辐照责管理工作），辐照室外设置装卸工人设 9 人（每班 3 人）；

②辐射安全培训

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十五条有修改过的规定：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。同时，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》（2019年第57号），各级生态环境部门不再对从事辐射安全培训的单位进行评估和推荐，不再要求从事放射性同位素与射线装置生产、销售、使用等辐射活动的人员参加以上单位组织的辐射安全培训。有相关培训需求的人员可通过生态环境部组织开发的国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称培训平台，网址：<http://fushe.mee.gov.cn>）免费学习相关知识。从事辐射活动的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。

本项目拟配置辐射工作人员20人，目前具体人员待定，均在公司内部调配，在本项目辐射工作人员到岗后，公司拟按照要求组织辐射工作人员报名参加辐射安全与防护培训，经过培训考核合格后上岗，定期安排辐射工作人员复训，并建立培训档案。

③个人剂量管理

按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准，项目单位拟对辐射工作人员进行个人剂量监测；发现个人剂量监测结果异常的，立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。项目单位拟安排专人负责个人剂量监测管理，建立辐射工作人员个人剂量档案。内容包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，个人剂量档案终生保存。

另外，要求辐射工作人员上岗期间，必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，不允许将个人剂量计相互传借，不允许将个人剂量计带出项目建设单位。

④职业健康检查

辐射工作人员上岗前，按要求进行岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。从事辐射工作期间，辐射工作人员按要求定期进行职业健康检查，必要时可增加临时性检查。对不适宜继续从事辐射工作的，将脱离辐射工作岗位，并进行离岗前的职业健康检查。项目单位拟建立和保存辐射工作人员的健康档案。

（3）射线装置台账管理

项目建设单位拟制定射线装置台帐管理制度，记载射线装置的名称、型号、射线种

类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置的说明书建档保存，确定台帐的管理人员和职责，建立台帐的交接制度。建立射线装置使用登记制度，每次进行辐照加工均进行基本信息记录。

（4）档案管理

建设单位拟按照相关要求建立健全档案制度，对企业的档案进行分类归档。

公司辐射类档案主要分为：“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“射线装置台账”、“监测和检查纪录”、“个人剂量档案”、“培训档案”和“辐射应急资料”等。

另外，建设单位项目建成运行后，将及时组织验收并办理辐射安全许可证，在许可范围内从事辐射活动。

（5）年度评估

根据环境保护部令第18号第十二条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的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。

建设单位拟建立“年度评估”制度，按照规定向生态环境主管部门提交《年度评估》文件，年度评估报告包括射线装置及防护用品台账、辐射安全和防护设施的运行与维护、辐射安全和防护制度及措施的建立和落实、辐射工作人员管理情况、事故应急等方面的内容，符合要求。建设单位将在规定时间内完成《年度评估》文件的编制和上报工作。

（6）核安全文化建设

核安全文化是从事核安全相关活动的全体工作人员的责任心，对于核技术利用项目核安全文化的建设要求建设单位树立并弘扬核安全文化。核安全文化表现在从事企业核技术利用工作的相关领导与员工及最高管理者具备核安全文化素养及基本的放射防护与安全知识。建立安全管理体系，明确核技术利用单位各层次人员的职责、不断识别企业内部核安全文化的弱化处并加以纠正。将核安全文化的建设贯彻在核技术利用项目的各个环节，确保项目的辐射安全。

具体操作参考如下：

①在公司内开展核安全文化宣贯推进专项培训，严格落实岗位职责，对隐瞒虚报“零

容忍”，对违规操作“零容忍”。

②建设单位将不断总结、汲取经验教训，培植核技术利用项目领导及员工的全员核安全文化素养。

12.3 从事辐射活动能力评价

依据《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，建设单位从事辐射活动应具备相应的条件，对建设单位从事的辐射活动能力评价如表 12.3-1。

表 12.3-1 从事辐射活动能力的评价

应具备条件	拟落实情况
设有专门的辐射安全与环境保护管理机构或者至少有一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。	项目已成立了辐射安全与环境保护工作领导小组，且满足至少有一名专职人员为本科以上学历
从事放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。	项目所有辐射工作人员均从公司内部调配，且按照规定参加培训并考核合格。
射线装置使用场所所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	设备在辐照室内工作，辐照加工厂房内辐照室和主机室设置有足够厚的混凝土墙以及迷道、防护门等进行屏蔽；拟设置门机联锁、灯机联锁、束下装置联锁、剂量联锁、防误入装置、电离辐射警示标志以及工作状态指示灯、紧急停机按钮、拉线开关等措施。室内外拟安装实时视频监控系统，并连接到控制室。
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，包括个人剂量计。	拟配置固定式剂量率报警仪、便携式辐射监测报警仪、X- γ 剂量监测仪等，对辐射工作人员均拟配备个人剂量计、个人剂量报警仪，定期对监测设备进行年检。
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、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	尚未建立健全的规章制度。建设单位承诺在项目建成运营前，将按照相关规定和要求，完善相关制度，并将相应制度张贴上墙。
有完善的辐射事故应急措施。	尚未制定，建设单位承诺在项目建成运营前，将按照相关规定和要求完成，包括制定辐射事故应急预案和应急人员的培训演习计划等。

根据表 12.3-1 可知，重庆市宇邦汽车电线有限公司成立了辐射安全与环境保护工作

领导小组，项目尚在拟建中，建设单位承诺在项目运行前，制定辐射安全与环境管理措施，建立辐射安全责任制，职责落实到人，并制定相应的安全操作规程、人员培训计划、辐射监测方案、设备检修与安全设施检查等制度，以及加速器事故应急措施与辐射事故应急预案；基本有满足从事辐射活动的能力。因此，严格执行规定的辐射安全和环境管理制度，项目的运行安全是有保障的。

12.4 其他辐射安全管理要求

（1）安全运行管理

①运营期将对辐照装置配备具有专业技术资格的人员，负责辐照装置在使用和运行过程中的安全。

②辐射安全与防护管理机构将定期巡视检查（检验）每台加速器的主要安全设备并评价辐射防护大纲的适宜性与执行状况。

③运营期将建立严格的使用运行记录制度，运行人员在值班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。记录事项一般不少于下列内容：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；其它。

（2）人员资质和培训

①加速器辐照装置的操作人员、维修人员必须取得监管部门认可的辐射防护安全培训合格证书，并按规定接受再培训。

②加速器辐照装置的操作人员、维修人员必须通过相关技术培训。

（3）日常管理

①操作人员必须佩带适用的个人剂量计，个人剂量计应定期送有资质的单位测读；按照有关规定建立工作人员的个人剂量档案，并有效保存。

②做好装置运行日志的记录。记录应包括所完成的辐照产品的有关情况，装置的运行状况，对故障和维修的细节应按专项进行记录。

③未经许可，外来人员不得进入辐照室和控制室。确实有必要进入的一定要经过登记，并有专人带领，按照进出辐照室的有关规定办理。

④对装置进行改造或对影响安全性能的参数进行修改，须上报监管部门批准后才能

进行。对所有改动必须详细准确地加以记录，并对记录作永久保存。

⑤接受有关部门依法对辐照装置进行日常监督。

（4）装置的维护与检修

①日检查

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正常。常规日检查项目应至少包括以下内容：工作状态指示灯、报警灯和照明灯；辐照装置安全联锁控制显示状况；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

加速器辐照装置上的重要安全设备或安全程序应每月定期进行检查，发现异常情况时必须及时修复正常或改正。月检查项目至少应包括：辐照室内固定式辐射监测仪设备运行状况；控制台及其他所有紧急停止按钮；通风系统的有效性；验证安全联锁功能的有效性；烟雾报警器功能正常。

③半年检查

加速器辐照装置上的安全状况应每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：配合年检修的检测；全部设备和控制系统。

（5）检查记录

所有的监测、维护作业、修改和改变与辐照装置安全的内容都安全应记录并保存工作日志档案。

12.5 辐射环境监测

根据《放射性同位素与射线装置放射安全和防护条例》等相关法规和标准，必须对射线类装置使用单位进行个人剂量监测、辐照室工作场所外的环境监测，开展常规的防护监测工作。

建设单位可配备相应的监测仪器，或委托有资质的单位定期对辐照室周围环境（包括监督区）进行监测，按规定要求开展各项目监测，做好监测记录，存档备查。辐射监测内容包括：

（1）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正确

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。

监测频率：3 个月测读一次个人剂量计；如发现异常可加密监测频率。

（2）工作场所外环境监测

建设单位在项目建成后拟对辐照加工厂房外周围剂量当量率进行监测，监测包括验收监测和日常监测，发现问题及时整改。验收监测委托有资质的单位进行。

监测计划应包括以下内容：

监测频度：验收时监测一次；公司定期巡测，年度评估委托有资质单位每年监测一次；涉及设备或者防护设施维修后等也应进行监测；

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：辐照加工厂房辐照室、主机室周围屏蔽体外、防护门外 30cm 处、屏蔽体搭接处，以及屏蔽体穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置，并根据实际建成后的情况适当调整位置、增减监测点位。

12.6 辐射事故应急

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》及《重庆市环境保护局关于印发《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》的通知》（渝环〔2017〕242 号）要求，申领辐射安全许可证的辐射工作单位应建立完善的辐射事故应急方案或具有针对性与操作性的应急措施。

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年 3 月 2 日修订）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。

本项目使用 II 类射线装置，可能发生的辐射事故主要是在电子加速器出束过程中人员受到误照射，事故等级为较大辐射事故。

12.6.1 事故应急方案与措施

（1）辐射事故应急处置措施

本项目设备发生辐射事故时，应立即切断设备电源或者就近按下急停按钮、拉线开关等，迅速控制事故发展，消除事故源。

（2）辐射事故处理

启动并组织实施应急方案，将事故受照人员撤离现场，检查人员受危害程度，并采取救护措施，保护事故现场，配合相关部门作好事故调查处理，并作好事故的善后工作。对可能受到辐射伤害人员，应当立即将其送至当地卫生部门指定的医院或者有条件救治辐射伤病人的医院，进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。查找事故原因，排除事故隐患，总结事故发生、处理事故、防止事故的经验教训，杜绝事故的再次发生。

（3）事故报告程序

项目一旦发生辐射事故，应迅速电话向内部管理机构、区生态环境局、市生态环境局报告，并在事故发生后 2 小时内填写《辐射事故初始报告表》，向区生态环境部门报告。造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生健康委员会报告。

报告联系电话如下：

公司联系电话：13508348692

环境保护 24 小时举报热线电话：12369

重庆市辐射环境监督管理站：15998981300

重庆市卫生健康委员会电话：023-67706707

重庆市渝北区卫生健康委员会电话：023-67821062

重庆市渝北区生态环境局：023-86006699

12.7 竣工验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，项目建设应执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应进行自主竣工环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见表12.7-1。

表12.7-1 本项目环保设施竣工验收要求一览表

序号	验收内容	本项目验收要求	备注
1	环保文件	环评报告、环评批复、验收监测报告等齐全	/
2	建设内容	2 台 10MeV 电子辐照加速器（II 类射线装置）	不发生重大变动
3	剂量控制	辐射工作人员年有效剂量 $\leq 5\text{mSv}$ 公众成员年有效剂量 $\leq 0.1\text{mSv}$	GB18871-2002 HJ979-2018 等

4	人员要求	按照要求组织辐射工作人员参加培训及复训，持证上岗。	环境保护部令第 18 号等
5	剂量率控制	屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$	HJ979-2018 等
6	噪声	四周厂界噪声达标	GB12348-2008 中 3 类标准：昼间 65dB (A)，夜间 55dB (A)
7	辐射安全防护措施	警示标志、工作状态指示灯设置位置合理，正常工作；安全联锁（钥匙控制、门机联锁、束下装置联锁、信号警示装置、巡检按钮、防人误入装置、急停装置、剂量联锁、通风联锁、烟雾报警、监控系统等）正常运行。配备满足要求个人剂量计、剂量报警仪、剂量率监测仪等。	
8	通风要求	设置通风系统以保证以保证辐照分解产生的臭氧等有害气体浓度满足 GBZ2.1 的规定	
9	管理	有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等。	

表 13 结论与建议

13.1 结论

13.1.1 项目概况

为满足业务开展需要，重庆市宇邦汽车电线有限公司拟在渝北区唐家沱组团 N 标准分区 N2-2-4/02 号地块（部分）建设宇邦新能源汽车电线研发制造基地项目（宇邦辐照基地一期项目），新建辐照加工厂房 1 栋，包括 2 座电子加速器辐照装置及其配套控制室、电源间等，并拟配置 2 台电子加速器（II 类射线装置、以下简称加速器，其最大电子束能量、最大电子束流强与最大功率均分别为 10MeV、2mA 与 20kW），开展医疗器械灭菌、化妆品、中药材与食品等杀菌保鲜辐照加工。通过开展本项目的分析、对周围环境质量现状调查以及项目的主要污染物对环境的影响分析等工作，得出以下结论：

13.1.2 产业政策符合性

本项目的建设是为了对医疗器械、化妆品、中药材、食品等进行辐照杀菌消毒，提高产品保存期。公司使用辐照装置满足相关国家法律、法规和标准的要求，根据《产业结构调整指导目录（2019 年本）》，本项目属于第一类“鼓励类”中“六核能”中的第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业政策。

13.1.3 实践正当性评价

本项目使用辐照装置的目的是为了对医疗器械灭菌、化妆品、中药材与食品等杀菌保鲜，提高产品保存期，目的明确、理由正当，通过本环评的分析、预测和评价可知该项目实施后对周围环境的影响均远远低于国家相关标准，为企业、社会带来利益远大于辐射危害的代价，有利于发展社会经济，符合国家产业政策及辐射防护“实践的正当性”原则。因此，本环评认为该项目的实施是正当可行的。

13.1.4 环境质量现状

根据监测可知，本项目拟建位置及周围环境的地表 γ 辐射剂量率的监测值在 74n~80nGy/h 之间（未扣除宇宙射线），与重庆市 2020 年环境地表 γ 辐射空气吸收剂量率测量值 70.1~88.8nGy/h（未扣除宇宙射线）相比无明显差异。

13.1.5 环境影响分析

(1) 施工期

本项目施工期主要为辐照加工厂房建设和电子直线加速器设备安装等施工内容，主要污染因子有：噪声、扬尘、废水、固体废物等。

施工期产生的废气和扬尘，通过采取塑料布围封施工区域，洒水抑尘等措施，减少扬尘的扩散，对环境空气的影响不大。

项目位于工业园区内且施工场地位于现有厂区范围内，施工机械主要为小型机械设备，施工噪声较小，采取合理安排施工时间，选择低噪声设备和工艺等措施后施工噪声对周围环境影响较小。

施工期废水主要有少量施工废水用于施工场地洒水抑尘以及施工人员产生的少量生活污水，依托厂区现有污水处理设施处理，废水对周围环境影响较小。

项目建设过程中基础开挖产生的少量土方运至园区指定弃土场，少量建筑垃圾运至建筑垃圾消纳场处置，少量生活垃圾由市政环卫部门收运处理，固体废物均能得到妥善处置，对周围环境影响小。

综上所述，本项目工程量小，施工范围位于现有厂区范围内，周围环境保护目标少，项目施工期短，施工期产生的影响随着施工的结束而消失，环境可以接受。

(2) 营运期

1) 电离辐射

①辐照加工厂房的屏蔽防护

辐照加工厂房中辐照室及主机室四周墙体、顶棚、底板均设置足够厚的屏蔽体进行屏蔽防护，并设置迷道及各种辐射安全与防护设施，在严格按照设计厚度和辐射安全与防护设施建设的情况下，并以既定的 10MeV 电子加速器进行运行，加速器辐照室的各屏蔽体均能满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的屏蔽防护的要求，屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率小于 2.5 μ Sv/h，所有穿越防护墙的管道（电缆线管、水管、排风管等）均采用了特殊处理。

建设单位拟对本项目工作场所进行分区管理，划分为控制区和监督区。拟将辐照室(含迷道)、主机室(含迷道)及各自辐照货物、人员出入口以内的区域设置为控制区，在

此区工作的人员应当严格遵守防护规定和安全操作规程，辐照室、主机室的出入口处设置醒目的声光报警、工作状态指示器及电离辐射警告标志，以及门机联锁等防止人员误入辐照室、主机室的控制措施；辐照室、主机室屏蔽墙体外的相邻区域为监督区，包括1楼上下货物区、厂内通道等，以及2楼控制室、电源间、2楼室外平台等，在监督区边界处拟设置电离辐射警示标志，按要求定期检查辐射剂量水平，进行经常性监督和评价。

本项目辐照加工运行由计算机控制系统管理，监控加速器的正常运行，实施安全联锁，并与束下装置联动配合。只有当联锁系统正常的情况下，加速器才能正常启动。辐照室与主机室内外安装紧急停机按钮和急停拉线，设置门机联锁装置、灯机联锁装置、声光警示装置、视频监控系统，安装安全巡检按钮、触点联锁、限位开关与电磁锁防护门、光电开关、拉线开关，烟雾报警器等，在防护门外张贴电离辐射警告等标志，配备符合开展项目要求的个人防护用品及监测仪器设备。

②剂量估算结果

通过核算，本项目辐射工作人员和公众人员的年附加有效剂量均满足本环评的剂量管理目标的要求（辐射工作人员 5mSv/a，公众人员 0.1mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）及《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T 25306-2010）相关标准的要求。

③环境保护目标影响

根据预测，拟建辐照加工厂房周围环境保护目标的周围剂量当量率均满足《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。

2) 废气影响

本项目加速器工作时会产生臭氧和氮氧化物等有害气体，辐照室设计有 U 型地下通风管道，工作期间应保证机械通风系统的正常运行，降低室内臭氧和氮氧化物浓度。此外，工作人员应在电子辐照加速器停机后继续排风约 5min 后方可进入辐照室。臭氧和氮氧化物等有害气体通过排风机引至辐照室外经高 20m 排气筒高空排放，对周围环境影响可接受。

3) 废水影响

本项目营运期废水主要为生活污水，污水依托“宇邦新能源汽车电线研发制造基地项目”新建生化池收集处理后接入市政污水管网，经石坪污水处理厂处理达标后排放，对地表水环境影响很小。

4) 噪声影响

本项目拟使用低噪声设备，采用车间隔声、基础减振、距离衰减等措施后设备噪声对厂界噪声的贡献微小，对项目所在区域声环境影响轻微。

5) 固废环境影响

项目运营期产生的固体废物主要为员工生活垃圾，在厂区内设置垃圾桶收集，交市政环卫部门统一收集处理，对周围环境影响很小。

13.1.6 选址合理性分析

项目辐照加工厂房选址于渝北区临空前沿科技城(工业园区)，位于“研发基地项目”新建3#厂房内，拟建场址的环境辐射剂量背景监测结果表明，其辐射环境质量现状良好，能满足项目的建设需求。拟建项目辐照室、主机室设置于辐照加工厂房1楼、2楼，辐照室周围活动人员较少，有利于减少对公众成员的辐射影响。

项目2座辐照室、主机室结构布局相同，均为两层建筑，1楼主要为辐照室，2楼为主机室、控制室、电源间、水冷设备与风机等辅助系统设备，其上方为厂房内空间、无其他建筑物；辐照室下方为实土层。1楼辐照室内部均拟设置迷宫墙，辐照货物通过自动传输系统进行收发，并通过迷道进出辐照室；货物进出口旁拟设置人员进出小门，用于工作人员进入辐照室巡检、维修等工作；2楼主机室设计迷道墙，迷道口拟设防护铅门；辐照室四周活动人员较少，主机室上方人员无法到达。

上述设置布局利于辐射防护安全控制,从辐射防护与环境保护角度，项目的选址可行、布局较合理。。

13.1.7 辐射与环境保护管理

重庆市宇邦汽车电线有限公司成立了辐射安全与环境保护工作领导小组，项目尚在拟建中，建设单位承诺在项目运行前，制定辐射安全与环境管理措施，建立辐射安全责任制，职责落实到人，并制定相应的安全操作规程、人员培训计划、辐射监测方案、设

备检修与安全设施检查等制度，以及加速器事故应急措施与辐射事故应急预案；基本有满足从事辐射活动的的能力。因此，严格执行规定的辐射安全和管理制度，项目的运行安全是有保障的。

环评提出建设单位应组织辐射工作人员参加辐射安全与防护考核，合格后方可上岗；建设单位应加强核安全文化建设，建立并落实年度评估、辐射监测与安全设施检查制度；进一步补充、完善环评提出的防护措施和管理制度后，能满足辐射环境管理要求。

13.1.8 综合结论

综上所述，重庆市宇邦汽车电线有限公司拟开展的“宇邦新能源汽车电线研发制造基地项目（宇邦辐照基地一期项目）”在严格按照环评要求进行建设后，电子加速器运行时对周围环境产生的辐射影响符合环境保护的要求；该项目对环境的辐射影响是可接受的。建设单位在落实了本环评提出的各项环境保护及污染防治措施的前提下，从环境保护的角度来看，本环评认为该建设项目是可行的。

13.2 建议和承诺

（1）加强对辐射工作人员专业知识和业务工作的定期培训，提高操作熟练程度，从而最大程度地降低受照剂量、避免辐射事故的发生。

（2）根据新的法律法规和行业标准并结合实际工作，不断对规章制度进行补充完善。

附图 1 地理位置图

