

核技术利用建设项目
湖南雷大辐照科技有限公司电子加速
器辐照装置建设项目
环境影响报告表
(送审稿)

湖南雷大辐照科技有限公司
2024年11月

核技术利用建设项目

湖南雷大辐照科技有限公司电子加速器辐 照装置建设项目 环境影响报告表 (送审稿)

建设单位名称:

建设单位法人代表:

通讯地址: 湖南省常德市安乡县大鲸港镇西城社区创新创业园双创大
楼 701-15

邮政编码: 415600

电子邮箱: 3301309821@qq.com

联系人: 杨联庆

联系电话: 15277714452

打印编号: 1722580743000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	064gu4		
建设项目名称	湖南雷大辐照科技有限公司电子加速器辐照装置建设项目		
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）	湖南雷大辐照		
统一社会信用代码	91430721MA		
法定代表人（签章）	吴维杰		
主要负责人（签字）	杨联庆		
直接负责的主管人员（签字）	杨联庆		
二、编制单位情况			
单位名称（盖章）	湖南贝可辐射		
统一社会信用代码	914301005765		
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
王春霞	12354343511430313	BH030069	王
2 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	
杨思思	项目基本情况，放射源，非密封放射性物质，射线装置，废弃物（重点是放射性废弃物），评价依据，附图，附件	BH051108	杨
王春霞	保护目标与评价标准，环境质量和辐射现状，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	BH030069	王

目 录

表 1	项目基本情况.....	1
表 2	放射源.....	10
表 3	非密封放射性物质.....	10
表 4	射线装置.....	11
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物）.....	12
表 6	评价依据.....	13
表 7	保护目标与评价标准.....	15
表 8	环境质量和辐射现状.....	23
表 9	项目工程分析与源项.....	27
表 10	辐射安全与防护.....	33
表 11	环境影响分析.....	44
表 12	辐射安全管理.....	61
表 13	结论与建议.....	67
表 14	审批.....	71

附图：

- 附图 1 项目地理位置图
- 附图 2 公司厂区平面布置图
- 附图 3 加速器机房平面布置图及屏蔽防护设计图
- 附图 4 加速器机房防护设施图
- 附图 5 通风管道图

附件：

- 附件 1 委托书
- 附件 2 辐射安全与环境保护领导小组
- 附件 3 公司相关制度
- 附件 4 本底监测报告
- 附件 5 辐射事故应急预案
- 附件 6 关于年有效剂量管理目标值的说明

附件 7 关于人员配置和工作负荷的说明

附件 8 免罚轻罚告知承诺书

表 1 项目基本情况

建设项目名称		湖南雷大辐照科技有限公司电子加速器辐照装置建设项目			
建设单位		湖南雷大辐照科技有限公司			
法人代表		联系人		联系电话	
注册地址		湖南省常德市安乡县大鲸港镇西城社区创新创业园双 701-15			
项目建设地点		湖南省常德市安乡县大鲸港镇西城垸社区安乡汽摩零部件智能制造产业园湖南雷大辐照科技有限公司 1#厂房			
立项审批部门		/		批准文号 /	
建设项目总投资 (万元)		项目环保投资 (万元)		投资比例(环保 投资/总投资)	
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其他		占地面积 (m ²) /	
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售		<input type="checkbox"/> I类 <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类	
		<input type="checkbox"/> 使用		<input type="checkbox"/> I类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类 <input type="checkbox"/> IV类 <input type="checkbox"/> V类	
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产		<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物	
		<input type="checkbox"/> 销售		/	
		<input type="checkbox"/> 使用		<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙	
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产		<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类	
		<input type="checkbox"/> 销售		<input type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类	
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用		<input checked="" type="checkbox"/> II类 <input type="checkbox"/> III类	
	其他				

一、公司简介

“雷大辐照”是主推以高能电子加速器辐照中心为主营辐照加工业务的品牌，目前在全国已设置多处辐照中心且运行良好，如广东揭阳辐照中心、浙江舟山辐照中心、连云港辐照中心、山东巨野辐照中心、湖南平江辐照中心、宁波辐中心。各辐照中心采用 10MeV/20-25KW 高能电子加速器辐照装置，性能达到国内先进水平，剂量准确、加工速度快，年无故障工作时间达 7000 小时，可保障稳定的加工能力，加工范围涉及食品、药品、水果蔬菜、卫生材料、保健品、宠物饲料、化工材料等。

湖南雷大辐照科技有限公司，成立于 2023 年 05 月 24 日，是一家从事工程发展，技术研究，试验发展等业务的公司。企业的经营范围为：一般项目：工程和技术研究和试验发展；软件开发；人工智能应用软件开发；信息技术咨询服务；信息咨询服务（不含许可类信息咨询服务）；科技中介服务；计算机系统服务；软件销售；普通机械设备安装服务；技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；电子专用设备销售；农业科学研究和试验发展；自然科学研究和试验发展。

湖南雷大辐照科技有限公司厂区位于湖南省常德市安乡县大鲸港镇西城垸社区安乡汽摩零部件智能制造产业园。根据公司规划，厂区分分为两期建设，一期建设 1#厂房、门卫室及设备用房等，现正在开展建设；二期建设 2#厂房（位于 1#厂房的东南侧），用于存储，现为预留场地。

二、项目由来

公司因业务发展需要，拟在湖南省常德市安乡县大鲸港镇西城垸社区安乡汽摩零部件智能制造产业园湖南雷大辐照科技有限公司 1#厂房新建 2 间电子加速器辐照机房及其配套辅助用房，机房内各安装 1 台 DZ10/20（LA-III）型电子加速器辐照装置，利用电子加速器开展食品、医疗耗材、无纺布等产品的委托辐照加工业务。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会 公告 2017 年第 66 号），本项目拟新增的电子加速器辐照装置为工业辐照用加速器，属于 II 类射线装置，按照《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021 年版）等有关规定，本项目应编制环境影响报告表。为此，湖南雷大辐照科技有限公司委托湖南贝可辐射环境科技有限公司对本项目开展环境影响评价工作（见附件 1）。我公司接受委托后，成立工作小组，工作组人员通过现场勘察、收集资料等工作，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制完成了《湖南雷大辐照科技有限公司电子加速器辐照

装置建设项目环境影响报告表》（送审稿）。

2024年10月12日，常德市生态环境局执法人员对公司电子加速器辐照装置建设项目的现场进行检查，发现该项目存在未取得环评批复，已于2024年7月开工建设的违法行为。常德市生态环境局下达了《责令改正违反行为决定书》（常环安责改字【2024】10号），责令公司停止建设，报批的建设项目环评报告表未取得环评批复前，不得擅自开工建设。鉴于建设单位属初次违法且没有造成危害后果，2024年10月16日常德市生态环境局下达了《常德市生态环境局生态环境违法行为免罚轻罚告知承诺书》（见附件8）。公司已停止该项目的建设，建设情况为机房混凝土浇筑基本完成。

三、目的与任务

1、对辐射活动场所周边进行辐射环境背景水平监测，以掌握辐射活动场所的辐射环境背景水平；

2、对辐射活动进行辐射环境影响分析，从而评价职业人员及公众成员在该项目使用过程中可能受到的辐射照射及照射的程度；

3、满足国家和地方生态环境部门对建设项目环境管理规定的要求，为本项目的辐射环境管理提供科学依据。

4、针对该核技术利用项目，提出了具有针对性的辐射安全防护措施和管理措施。

四、项目建设规模

1、项目名称：湖南雷大辐照科技有限公司电子加速器辐照装置建设项目

2、建设单位：湖南雷大辐照科技有限公司

3、建设性质：新建

4、建设地点：湖南省常德市安乡县大鲸港镇西城垵社区安乡汽摩零部件智能制造产业园湖南雷大辐照科技有限公司1#厂房

5、建设内容：湖南雷大辐照科技有限公司拟在厂区1#厂房新建2间电子加速器辐照机房及其配套用房，两间机房相邻，布局相同，均为地上二层建筑，其中一层为辐照室，二层为主机室及其配套设施。拟在机房内各安装1台DZ10/20（LA-III）型电子加速器辐照装置，利用电子加速器对委托单位的食品、医疗耗材、无纺布等产品开展辐照加工业务。

本次新增射线装置一览表见表1-1。

表 1-1 本次新增射线装置一览表

射线装置名称	数量	电子束最大能量	最大束流强度	类别	工作场所名称	活动种类	备注
DZ10/20 (LA-III) 型电子加速器	2 台	10MeV	2mA	II类	电子辐照加速器机房	使用	束流损失率为 3%；束流损失点能量为 3MeV

6、工作人员及工作负荷

(1) 人员配置：本项目建成投产后，拟配置工作人员 9 人，其中辐射工作人员 5 名，搬运工 4 名，均为新增人员，人员名单暂未确定。5 名辐射工作人员中有 1 名为管理人员，其余 4 名每台设备各 2 名，负责设备的操作和日常维护；4 名搬运工，每台设备各 2 名，负责已辐照/未辐照产品的装卸、搬运。

(2) 工作负荷：根据公司提供的资料，本项目单台设备每天最大出束时间约为 8h。年工作时间 250d，则单台设备最大年出束时间约为 2000h。

7、本项目辐照产品基本情况

本项目利用电子加速器对食品、医疗耗材、无纺布等辐照产品进行辐照加工业务，辐照产品无固定尺寸。

8、项目基本组成

根据项目特点，本工程主要由主体工程、辅助工程、公用工程、环保工程三部分组成。项目组成见下表 1-2。

表 1-2 项目基本组成情况一览表

序号	类别	项目名称	建设内容	备注
1	主体工程	设备专用房间	新建 2 间电子加速器机房，加速器机房占地面积约为 310m ² ，配备 2 台电子加速器。加速器机房为两层混凝土结构，一层为辐照室，为辐照灭菌场所；二层为主机室、微波机房、调制器机房及控制机房，无地下室。	新建
		设备	DZ10/20 (LA-III) 型电子加速器 2 台。	新购
2	辅助工程	休息室	位于加速器机房的西侧。	新建
		工人休息区	位于加速器机房的西侧。	
3	公用工程	供配电系统	依托园区供配电系统，用电来源于市政供电。	依托
		给水系统	依托园区给水管网供项目工作人员生活用水。	依托
		排水系统	园区排水实行“雨污分流、污废分流”，本项目工作人员生活污水依托厂区化粪池处理后排入市政管网。	依托

4	环保工程	污水处理	本项目无生产废水、放射性废水产生，设备冷却水循环用，不外排。工作人员产生的生活污水依托厂区化粪池处理后排入市政管网。	依托
		有害气体	两间加速器机房内均拟设置机械通风装置，分别设置排气管道和排气口。排气筒离地 15m，高出厂房顶部约 5.5m（厂房高度 9.5m），排风机设计风量为 8000m ³ /h。	新建
		固体废物	本项目工作人员产生的生活垃圾、办公垃圾收集后交由环卫部门统一处理。	依托

五、地理位置和周边保护目标关系

1、地理位置

本项目位于湖南省常德市安乡县大鲸港镇西城垸社区安乡汽摩零部件智能制造产业园湖南雷大辐照科技有限公司 1#厂房。本项目所在地理位置见附图 1，本项目所在区域用地规划为工业用地，公司厂区平面布置图见附图 2，土地利用规划图见附图 3。

2、工作场所周围环境及保护目标

湖南雷大辐照科技有限公司东侧为湖南金牛铝业有限公司，南侧为常德昇牛包装公司，西侧、北侧均为厂区外空地。本项目位于湖南雷大辐照科技有限公司厂区 1#厂房内，1#厂房东侧为厂区道路，南侧为预留二期厂房和厂区道路，西侧为装卸车位、厂区道路、门卫室及设备用房，北侧为厂区道路和停车位。

本项目拟在 1#厂房内东侧中部建设两间电子加速器辐照机房及其配套用房，厂房内北部和南部拟设置货物暂存区，西侧拟设置卸货区域、休息室、工人休息区。

本项目两间机房相邻，布局相同，均为两层混凝土结构，一层为辐照室（北侧为 1#辐照室，南侧为 2#辐照室），为辐照灭菌场所；二层为主机室（北侧为 1#主机室，南侧为 2#主机室）、微波机房、调制器机房及控制机房，无地下室。机房南侧、北侧拟设置货物暂存区，西侧拟设置卸货区域、休息室、工人休息区。周围保护目标具体情况见本报告表第 7 章“保护目标”。

湖南雷大辐照科技有限公司厂区平面布置图见附图 2、加速器机房平面布置图见附图 4。

本项目周边环境见图 1-1 至图 1-2。

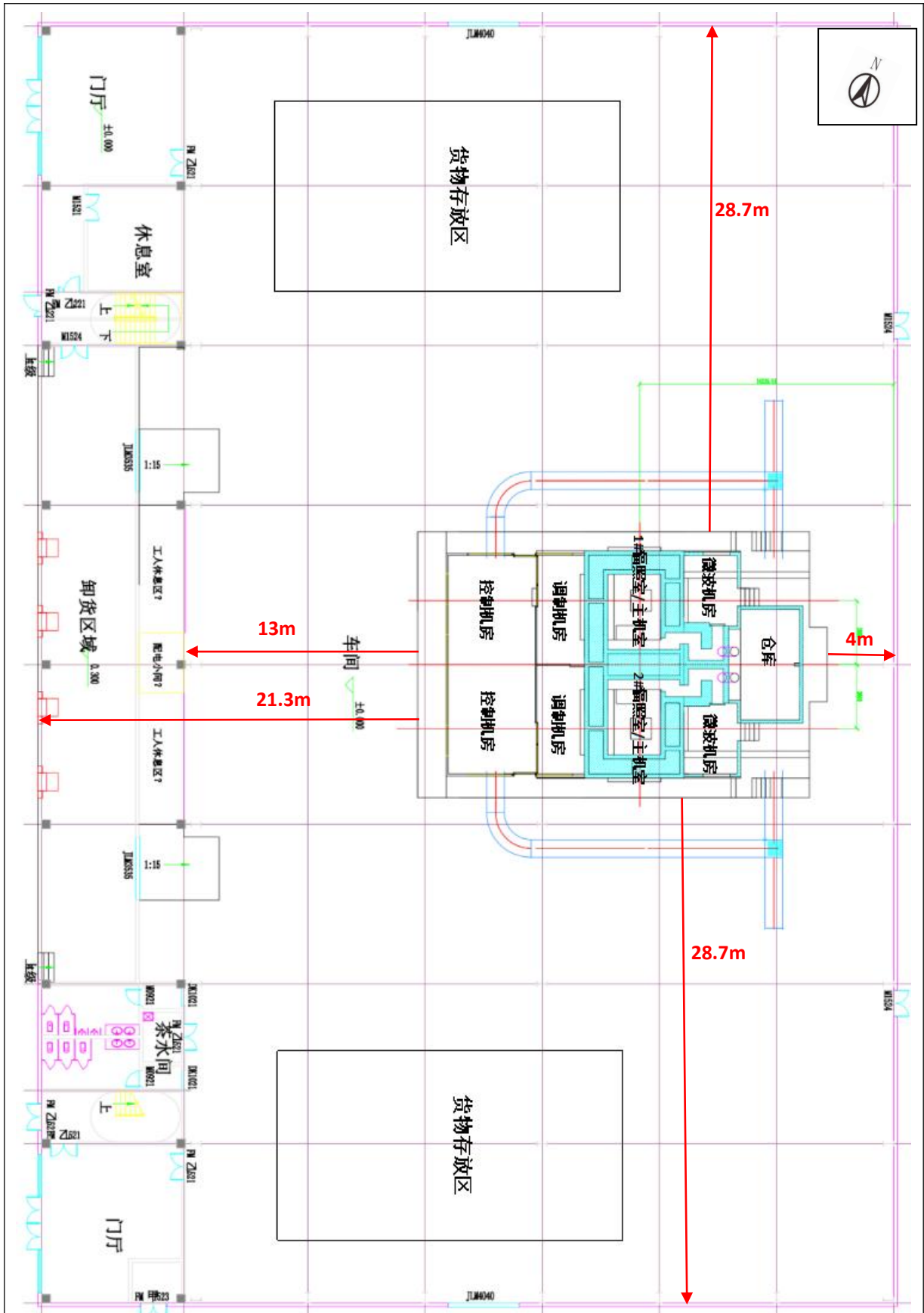


图 1-3 本项目机房周围环境示意图

本项目周边环境描述见表 1-3 至表 1-5。

表 1-3 公司周围环境概况

周边环境		与公司的方位和距离	
湖南雷大辐照科技有 限公司	湖南金牛铝业有限公司	东侧	邻近
	常德昇牛包装公司	南侧	邻近
	公司厂区外空地	西侧	邻近
	公司厂区外空地	北侧	邻近

表 1-4 本项目所在厂房周围环境概况

周边环境		与公司的方位和距离	
湖南雷大辐照科技有 限公司 1#厂房	公司厂区道路, 湖南金 牛铝业有限公司	东侧	邻近-50m
	公司预留二期厂房(2# 厂房), 公司厂区道路, 常德昇牛包装公司	南侧	邻近-50m
	公司装卸车位、厂区道 路、门卫室及设备用 房, 公司厂区外空地	西侧	邻近-50m
	公司厂区道路、停车 位, 公司厂区外空地	北侧	邻近-50m

表 1-5 本项目机房周围环境概况

周边环境		与公司的方位和距离	
湖南雷大辐照科技有 限公司 1#厂房电子辐 照加速器机房	1#厂房	东侧	邻近-约 4m
	公司厂区道路		约 4m-约 15m
	公司厂区外空地		约 15m-50m
	1#厂房	南侧	邻近-约 28.7m
	1#厂房与 2#厂房间的 过道		约 28.7m-约 33.2m
	2#厂房		约 33.2m-约 48.2m
	公司厂区道路		约 48.2m-50m
	1#厂房内	西侧	邻近-约 21.3m
	公司装卸车位、厂区道 路、门卫室及设备用房		约 21.3m-约 42m
	公司厂区外空地		约 42m-50m
	1#厂房	北侧	邻近-约 28.7m
	公司厂区道路、停车位		约 28.7m-约 49m
	公司厂区外空地		约 49m-约 50m
	主机室、微波机房、调 制机房、控制机房、仓 库	辐照室上方	邻近-约 5.9m
	土层	辐照室下方	/

注：为方便描述，本项目方向描述近似采用正东侧、正西侧、正南侧、正北侧方向。

六、项目合理性分析

1、项目选址合理性分析

本项目新增加速器位于厂房内，不新增占地，用地性质为工业用地。项目周围 50m

范围内大部分区域为厂区内部，小部分区域为厂区外空地，保护目标主要为厂区内工作人员、流动人员及厂区外流动人员。本项目辐射工作场所集中布置，方便集中统一管理，运行阶段产生的电离辐射经有效屏蔽后对周围环境的影响较小，因此本评价认为项目选址是合理的。

2、平面布置合理性分析

本项目加速器机房位于湖南雷大辐照科技有限公司 1#厂房东侧中部，两间机房相邻，布局相同，均为两层混凝土结构，一层为辐照室（北侧为 1#辐照室，南侧为 2#辐照室），为辐照灭菌场所；二层为主机室（北侧为 1#主机室，南侧为 2#主机室）、微波机房、调制器机房及控制机房，无地下室。卸货区域、休息室、工人休息区均位于机房的西侧，距离机房最近距离约 13m。

本项目电子加速器工作时，辐射工作人员位于二层的控制机房进行操作，设置机器参数并监控加速器运行情况，辐照产品通过传送装置输送，无需人员搬运至辐照室，电子加速器出束时，辐照室、主机室内无人停留，同时控制机房与辐照室、主机室分开单独设置，电子加速器有用线束（定向向下）的照射方向避开了控制区，区域划分合理，布局合理。且加速器机房位置固定，场所位置相对独立，且明确划分了监督区和控制区，方便集中统一管理。因此，本评价认为项目平面布置是合理的。

3、产业政策符合性

本项目的建设属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展改革委令 第 7 号）中第六项“核能”中第 4 款“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

4、实践正当性

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

辐照加工指利用 γ 射线或能量低于 5MeV 的 X 射线或 10MeV 及以下的电子束等电离辐射装置对物质作用所产生的生物效应、化学效应及物理效应，对食品、药品、医疗器械、化妆品进行杀毒、灭菌、降解有害物质、改善材料性能。建设单位主要利

用电子加速器辐照装置对食品、医疗耗材、无纺布等辐照产品进行辐照灭菌，辐照灭菌法与化学灭菌法、高压蒸汽灭菌法相比，具有节约能源、污染小、操作安全，可对包装物品和热敏材料进行杀菌，可实现连续自动化生产的特点。本项目拟使用 2 台 10MeV 电子加速加速器用于食品、医疗耗材、无纺布等产品的辐照加工，在运行期间将会产生电离辐射，有可能会增加辐射场所周围的辐射水平，射线装置的使用及管理的失误会造成严重的辐射安全事故。但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效的控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求，受照个人的年辐射剂量可满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中的年剂量管理目标值，对受照个人或社会所带来的利益远大于辐射所造成的危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

七、原有核技术利用项目情况

湖南雷大辐照科技有限公司此前未开展核技术利用项目，未持有《辐射安全许可证》，本项目为公司首次开展核技术利用建设项目。

表 2 放射源

序号	核素名称	总活度 (Bq) / 活度 (Bq) × 枚数	类别	活动种类	用途	使用场所	贮存方式与地点	备注
	以下空白							

注：放射源包括放射性中子源，对其要说明是何种核素以及产生的中子流强度 (n/s)。

表 3 非密封放射性物质

序号	核素名称	理化性质	活动种类	实际日最大操作量 (Bq)	日等效最大操作量 (Bq)	年最大用量 (Bq)	用途	操作方式	使用场所	贮存方式与地点
	以下空白									

注：日等效最大操作量和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）。

表 4 射线装置

(一) 加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	电子加速器	II	2	DZ10/20 (LA-III)	电子	10MeV	2mA	辐照加工	电子辐照加速器机房	使用
	以下空白									

(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
	以下空白								

(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	
	以下空白												

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
		以下空白						

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说明,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

法律文件	<p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2014 年修订）；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2018 年修订）；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年颁布）；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日起施行）；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年修订）；</p> <p>(6) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（部令 第 16 号，2020 年 11 月 30 日发布）；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》（部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日发布）；</p> <p>(8) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日实施）；</p> <p>(9) 《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展改革委令第 7 号公布，2024 年 2 月 1 日起施行）；</p> <p>(10) 关于发布《射线装置分类》的公告（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会 公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日起施行）；</p> <p>(11) 《放射工作人员职业健康管理辦法》（卫生部令第 55 号，2007 年 11 月 1 日起施行）；</p> <p>(12) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》（环发〔2006〕145 号，2006 年 9 月 26 日起施行）；</p> <p>(13) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019 年，生态环境部第 59 号）；</p> <p>(14) 《关于做好 2020 年核技术利用辐射安全与防护培训与考核工作有关事项的通知》（环办辐射函〔2019〕853 号）。</p>
------	--

<p>技术标准</p>	<p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则——总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>(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）；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(4) 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T 25306-2010）；</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) 《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）；</p> <p>(7) 《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）；</p> <p>(8) 《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ158-2003）；</p> <p>(9) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；</p> <p>(10) 《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）；</p> <p>(11) 《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）；</p> <p>(12) 《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-85）；</p> <p>(13) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）；</p> <p>(14) 《辐射加工用电子加速器装置运行维护管理通用规范》（GB/T40590-2021）；</p> <p>(15) 核与辐射安全管理体系（第三层级）《电子辐照加速器监督检查技术程序》（HNSA/HQ-08-JD-IP-002）。</p>
<p>其他</p>	<p>(1) 委托书（见附件1）；</p> <p>(2) 《辐射防护》（第11卷，第2期，湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究，湖南省环境监测中心站，1991年3月）；</p> <p>(3) 《医用电子加速器机房天空反散射估算方法》（中国辐射卫生2007年6月第16卷第2期）；</p> <p>(4) 《RADIATION PROTECTION DESIGN GUIDELINES FOR 0.1-100 MEV PARTICLE ACCELERATOR FACILITIES》（NCRP REPORT NO.51）；</p> <p>(5) 建设单位提供的其他资料。</p>

表 7 保护目标与评价标准

评价范围：

根据《辐射环境保护管理导则-核技术利用项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）中第 1.5 评价范围和保护目标：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质边界外 50m 的范围。结合本项目情况，确定以加速器机房四周墙体边界外 50m 范围作为辐射环境的评价范围。本项目评价范围见图 7-1。



图 7-1 本项目评价范围图

保护目标:

本次辐射环境影响评价的环境保护目标为：本项目从事辐射工作的人员以及评价范围内相邻区域的公众。根据本项目加速器机房布局及外环境特征确定本项目环境保护目标见表 7-1 所示。

表 7-1 环境保护目标一览表

辐射工作场所	方位	保护目标		距离	敏感人数	
		用途	人员		职业人员	公众人员
2 间电子辐照加速器机房	东侧	1#厂房	1#厂房内公众	邻近-约 4m	/	约 2 人
		厂区内部道路	厂区内部道路流动人员	约 4m-约 15m	/	若干
		厂区外空地	厂区外空地流动人员	约 15m-50m	/	若干
	南侧	1#厂房	1#厂房内公众	邻近-约 28.7m	/	约 2 人
		1#厂房与 2#厂房间的过道	1#厂房与 2#厂房间过道流动人员	约 28.7m-约 33.2m	/	若干
		2#厂房	2#厂房内公众	约 33.2m-约 48.2m	/	约 10 人
		厂区内部道路	厂区内部道路流动人员	约 48.2m-50m	/	若干
	西侧	1#厂房内	1#厂房内公众	邻近-约 21.3m	/	约 4 人
		厂区内部装卸车位、厂区内部道路、门卫室及设备用房	厂区内部装卸车位、厂区内部道路流动人员、门卫室及设备用房工作人员	约 21.3m-约 42m	/	若干
		厂区外空地	厂区外空地流动人员	约 42m-50m	/	若干
	北侧	1#厂房	1#厂房内公众	邻近-约 28.7m	/	约 2 人
		厂区内部道路、停车位	厂区内部道路、停车位流动人员	约 28.7m-约 49m	/	若干
		公司厂区外空地	厂区外空地流动人员	约 49m-约 50m	/	若干
	辐照室上方	微波机房、调制机房、控制机房、仓库	微波机房、调制机房、控制机房、仓库内辐射工作人员	邻近-约 5.9m	4 人	/
	辐照室下方	土层	土层	/	/	/

评价标准:

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。

4.3.2.1 应对个人受到的正常照射加以限制,以保证除本标准 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。

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:由审管部门决定的连续 5 年的平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均）, 20mSv 作为职业照射剂量限值。

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超过下述限值:年有效剂量, 1mSv。

根据本项目情况,公司设定放射工作人员年有效剂量管理目标值为不超过 5mSv,公众人员年有效剂量管理目标值为不超过 0.1mSv。

2、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）

本标准规定了电子加速器（电子束和 X 射线）辐照装置的辐射安全和防护原则,包括剂量控制、辐射工作场所的划分、辐射屏蔽、安全设计、日常检修（管理）及记录等要求。

本标准适用于辐射加工用能量不高于 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 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：辐照室和主机室的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。

在电子加速器辐照装置的工程设计中，辐射防护的剂量约束值规定为：

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

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 处及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。

本标准适用的能量不高于 10MeV 的电子束和能量不高于 5MeV 的 X 射线，在辐射屏蔽设计中不需要考虑所产生的中子防护问题。

5 电子加速器辐照装置的辐射屏蔽

5.1 屏蔽设计原则

电子加速器辐照装置在屏蔽设计时，不仅要考虑最大束流功率时的屏蔽要求，在能量和束流强度可调情况下，还要考虑在最大能量和/或最大束流强度组合下的屏蔽差异。

5.2 屏蔽设计计算

5.2.1 屏蔽设计计算应包括：辐照室和主机室及各自迷道、屋顶、孔洞等。

5.2.2 屏蔽设计和计算结果应在设计文件中加以说明

5.2.3 电子加速器辐照装置的屏蔽计算方法可参见附录 A。对于专用 X 射线辐照装置，应根据加速器厂商提供的转换靶参数或 X 射线发射率进行计算。对于即用于电子束辐照也可用于 X 射线辐照的辐照装置，应按照电子加速器辐照装置的屏蔽计算方法计算。

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、性能可靠的安全连锁保护装置，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，维护和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连锁。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) 束下装置连锁。电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制必须建立可靠的接口和协议文件。束下装置应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，以便人员离开控制区；

(8) 剂量连锁。在辐照室和主机室的迷道内设置固定式辐射监测仪，于辐照室和主机室的出入口门等连锁。当主机室和辐照室内的辐射水平高于仪器设定的阈值时，主机室和辐照室门无法打开；

(9) 通风连锁。主机室、辐照室通风系统与控制系统连锁，加速器停机后，只有达到预先设定的时间后才能开门，以保证室内臭氧等有害气体浓度低于允许值；

(10) 烟雾报警。辐照室应设置烟雾报警装置，遇到火险时，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，应设置高压连锁、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 日常检修（管理）及记录

7.1 装置的维护与维修

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。

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，发现异常情况时必须及时修复。常规日检查项目应至少包括下列内容：

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

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，发现异常情况时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，发现异常情况时必须及时采取改正措施。其检查范围至少应包括：

- （1）配合年检修的检测；
- （2）全部安全设备和控制系统运行状况。

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

3、《辐射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

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 GB 18871-2002 和 GB 5172-1985 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) 其他物理因素安全要求应满足 GBZ2.2-2007 规定的标准要求（见附录 C）。

4、《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）

工作场所空气中臭氧的最高容许浓度为 0.3mg/m^3 、氮氧化物的时间加权平均容许浓度为 5mg/m^3 。

5、《辐射加工用电子加速器装置运行维护管理通用规范》（GB/T 40590-2021）

7.2 定期检查

7.2.1 制定电子加速器辐照装置的定期检查计划并实施。

7.2.2 定期检查包括日检查、月检查和半年检查。

a) 日检查项目应包括：

- 1) 工作场所的辐射警示标识；
- 2) 工作状态指示灯、报警灯和应急照明灯的状况；
- 3) 电子加速器辐照装置安全联锁控制的状况；
- 4) 直读式个人剂量（率）监测仪和便携式辐射监测仪器工作状态；
- 5) 电子加速器辐照装置和束下及传输系统操作手册上规定的相关日检查项目。

b) 月检查项目应包括：

- 1) 辐照室内固定式辐射监测仪的工作状况；
- 2) 控制台及其他所有急停按钮的有效性；
- 3) 确认通风系统的有效性；
- 4) 验证安全联锁及程序控制的有效性；
- 5) 确认烟雾报警器的有效性；
- 6) 电子加速器辐照装置和束下及传输系统操作手册上规定的相关月检查项目。

c) 半年检查应包括：

- 1) 电子加速器辐照装置的束流能量，束流强度及束流宽度；
- 2) 剂量测量系统校准；
- 3) 全部安全设备和控制系统的工作状况；
- 4) 电子加速器辐照装置和束下及传输系统操作手册上规定的相关半年检查项目。

目。

8 辐射防护应急管理 with 事故处理

8.1 应急预案

8.1.1 运营单位应制定应急预案，内容应包括：

- a) 应急机构、职责分工及联络方式
- b) 应急人员的组织与培训；
- c) 应急救援装备、资金和物资准备；

- d) 事故分级与应急响应措施；
- e) 事故的调查、报告及处理程序；
- f) 应急预案有效性、适宜性的定期评审。

8.1.2 发生事故时，应根据应急预案立即采取应急措施并向主管部门报告。

8.2 应急培训与演练

8.2.1 相关人员应熟悉应急预案并接受应急培训和复训。

8.2.2 相关人员应定期开展应急演练并具备正确执行应急任务的能力。

8.3 辐射事故应急预案

《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》给出了电子加速器装置的辐射事故应急处理必须遵循的要求。

综合上述标准，结合本项目的实际情况，本项目采用的各项标准和指标见表 7-2。

表 7-2 本项目采用的各项标准和指标一览表

序号	项目	控制值	采用标准
1	年剂量限值	放射工作人员：≤20mSv/a 公众：≤1mSv/a	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002)
2	年剂量管理目标值	放射工作人员：≤5mSv/a 公众：≤0.1mSv/a	《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》 (HJ979-2018)、《辐射加工用电子加速器工 程通用规范》(GBT25306-2010)
2	屏蔽防护要求	屏蔽体外 30cm 处的周围剂量 当量率：≤2.5μSv/h	《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》 (HJ979-2018)
3	辐照室内有害气体 浓度	臭氧浓度：≤0.3mg/m ³	《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)

表 8 环境质量和辐射现状

一、项目地理位置及场所位置

湖南雷大辐照科技有限公司位于湖南省常德市安乡县大鲸港镇西城垅社区安乡汽摩零部件智能制造产业园，公司东侧为湖南金牛铝业有限公司，南侧为常德昇牛包装公司，西侧、北侧均为空地。本项目所在地理位置图见附图 1。

本项目位于湖南雷大辐照科技有限公司 1#厂房东侧中部。厂区平面布置图见附图 2、加速器机房平面布置图见附图 3。

二、辐射环境现状监测

(1) 辐射环境现状监测目的：对项目场所及评价区域进行环境 γ 辐射剂量率本底监测，以掌握场址的辐射环境质量现状水平，为现状评价提供基础数据。详情见监测报告（附件 4）。

(2) 监测对象：本项目新建场址及周围区域辐射环境现状水平。

(3) 监测因子及频次

监测时间：2024 年 5 月 22 日；

监测因子：环境 γ 辐射剂量率；

监测频次：1 次。

监测环境气象情况：环境温度：27℃，相对湿度：66%，天气状况：晴；

监测点位：拟建场址、周边，采取探头距地面 1m 高度，每个监测点读取 10 个数据。监测布点见图 8-1，监测结果见表 8-2。

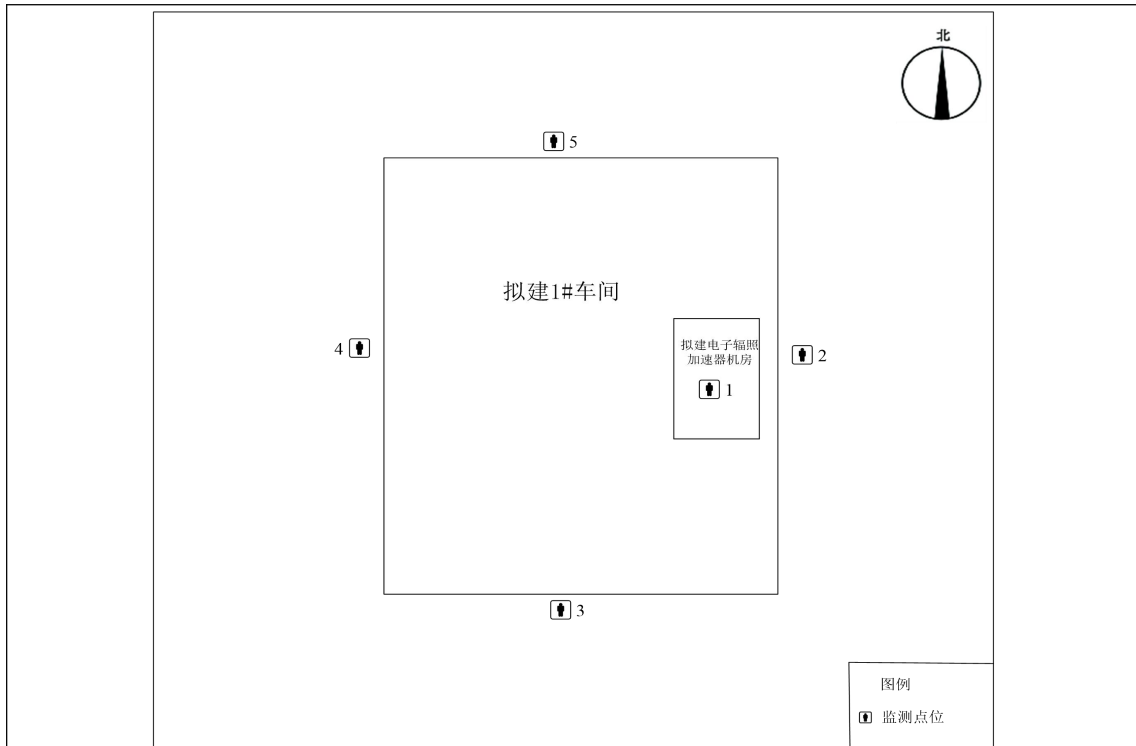


图 8-1 监测点位图

三、监测方案及质量保证

(1) 监测依据

《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）；

《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）。

(3) 质量保证

该项目测量所用的仪器性能参数均符合国家标准方法的要求，有有效的国家计量部门检定的合格证书，并有良好的日常质量控制程序。监测人员均经具有相应资质的部门培训，考核合格持证上岗。数据分析及处理采用国家标准中相关的数据处理方法，按国家标准和监测技术规范有关要求进行处理和填报，并按有关规定和要求进行三级审核。本次监测所使用的仪器情况见表 8-1。

表 8-1 监测所使用的仪器情况

仪器名称	X- γ 剂量率仪
仪器型号	RJ32-2106P
生产厂家	上海仁机仪器仪表有限公司
能量响应	10keV-10MeV，相对基本误差： $\leq \pm 15\%$
量 程	10nSv/h-5mSv/h
检定证书	检定证书编号：2023H21-20-4994308001； 检定单位：上海市计量测试技术研究院；

有效期限：2023 年 12 月 14 日-2024 年 12 月 13 日。

四、监测结果

本项目监测结果见表 8-2。

表 8-2 本项目环境 γ 辐射剂量率监测结果

监测点位	监测点位描述	监测结果 (nGy/h)	标准差 (nGy/h)
1	拟建电子辐照加速器机房位置	47	2
2	拟建电子辐照加速器机房所在厂房东侧	48	2
3	拟建电子辐照加速器机房所在厂房南侧	49	1
4	拟建电子辐照加速器机房所在厂房西侧	48	2
5	拟建电子辐照加速器机房所在厂房北侧	48	2

注：1、依据 HJ1157-2021：监测结果 $\dot{D}_\gamma = k_1 \times k_2 \times R_\gamma - k_3 \times \dot{D}_c$ ，本项目监测结果已扣除宇宙射线响应；

2、本次监测仪器校准因子 k_1 为 0.97，效率因子 k_2 取 1，屏蔽修正因子 k_3 室外取 1；仪器在测点处对宇宙射线的响应值 \dot{D}_c 为 18nGy/h；换算系数取 1.20Sv/Gy（本次检测仪器使用 ^{137}Cs 作为校核参考辐射源）；

3、仪器对宇宙射线的响应通过以下方法获得：在湖南省郴州市东江湖（北纬 25.86°，东经 113.39°，海拔高度为 0.38km，水深大于 3m，距岸边大于 1km）使用辐射检测仪进行宇宙射线响应检测，水面上仪器 10 次读数的平均值经校准后为 19nGy/h。湖南省常德市安乡县大鲸港镇西城垵社区安乡汽摩零部件智能制造产业园湖南雷大辐照科技有限公司 1#厂房北纬 29.40393193°，东经 112.14656182°，海拔高度为 0.031km，根据 HJ61-2021 附录 D 修正公式（D.1）得出仪器在本项目所在地对宇宙射线的响应值为 18nGy/h。

五、环境现状调查结果评价

由表 8-2 可知，本项目拟新建场址及周围区域室外环境 γ 辐射剂量率范围为 47nGy/h~49nGy/h。

根据《辐射防护》（第 11 卷，第 2 期，湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究，湖南省环境监测中心站，1991 年 3 月）中辐射环境结果可知，常德市 X- γ 辐射空气吸收剂量率数据见表 8-3。

表 8-3 湖南省常德市 γ 辐射剂量率（单位：nGy/h）

监测项目	原野	道路	室内
γ 辐射剂量率范围	34.2-121.2	32.4-113.9	32.3-143.4

备注：已扣除宇宙射线响应。

监测时，项目场址为空地，根据表 8-3 湖南省常德市原野 γ 辐射剂量率数据对比可知，本项目拟建场址及周围区域的环境 γ 辐射剂量率处于常德市本底辐射范围内。

表 9 项目工程分析与源项

工程设备和工艺分析：

一、项目所含设备的组成及工作方式

(1) 设备基本情况

本项目拟使用 2 台 DZ10/20 (LA-III) 型电子直线加速器，用于食品、医疗耗材、无纺布等产品的辐照加工。电子加速器主要由加速管、电子枪、脉冲功率调制器及传输系统、扫描系统、控制系统、水冷系统、监控系统等组成。其主要性能参数详见表 9-1，设备控制系统组成见图 9-1，主要组成部分机构如图 9-2 所示。

表 9-1 本项目射线装置性能参数一览表

射线装置名称	射线装置型号	主要参数	
电子加速器	DZ10/20 (LA-III)	电子束最大能量	10MeV
		最大束流强度	2mA
		最大束流功率	20kW
		束流不稳定性	±2%
		扫描宽度	300-800mm 可调
		扫描不均匀度	≤±5%
		电源转化为电子束效率	>17%
		束流损失率	3%
		束流损失点的能量	3MW

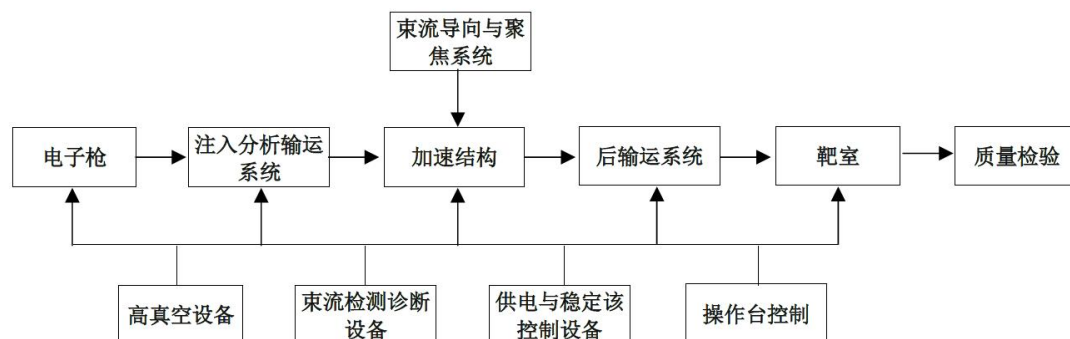


图 9-1 电子加速器控制系统组成示意图

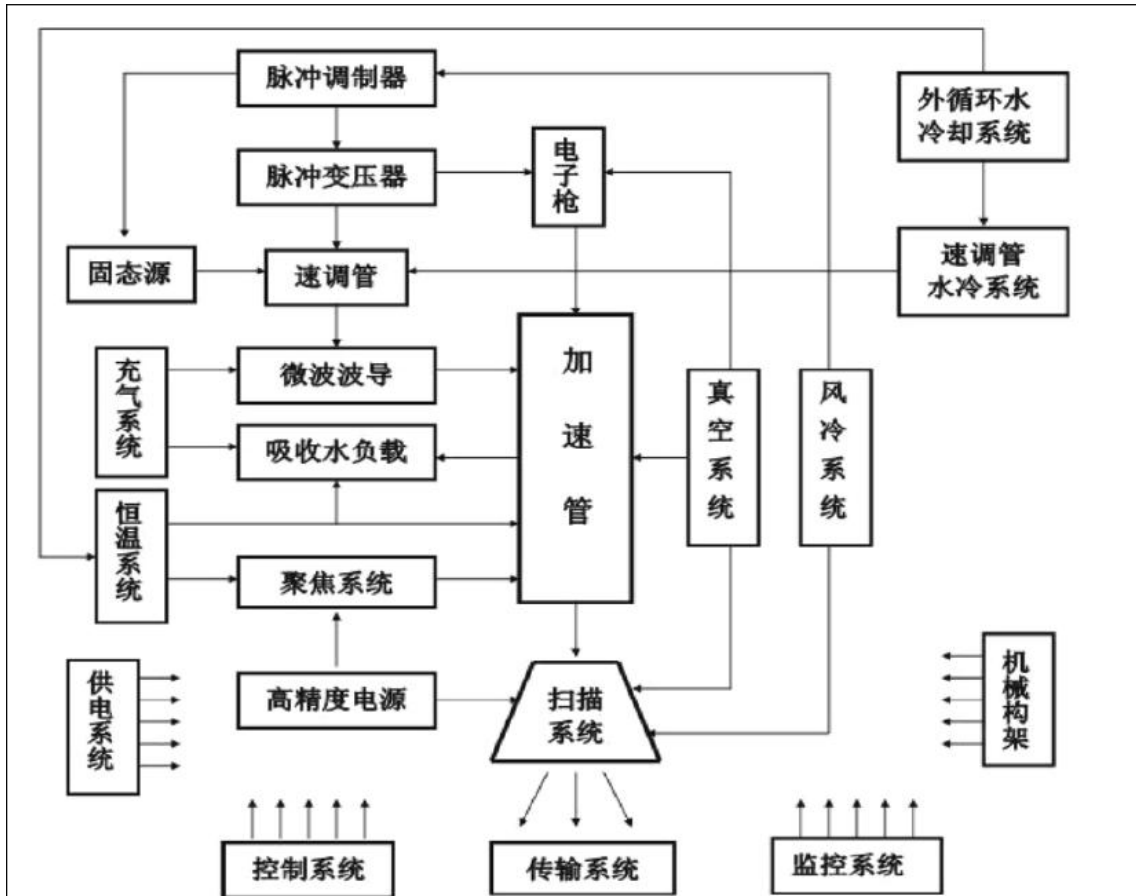


图 9-2 电子加速器主要组成结构框图

(2) 设备组成

本项目电子加速器主要部件及系统如下：

- ①脉冲功率调制器：为整套设备提供功率；
- ②脉冲变压器：速调管工作所需的升压变压器；
- ③速调管：微波功率放大器件，加速器中电子加速所需能量来源；
- ④电子枪：电子直线加速器的粒子源；
- ⑤加速管：在微波下，为电子提供加速的装置；
- ⑥聚焦系统：为加速管内电子提供聚焦磁场；
- ⑦扫描系统：包括扫描电源及其扫描线圈，为出束电子提供偏转磁场；
- ⑧控制系统：包括主控柜、辅助柜、控制台等，为整套设备的稳定运行提供方便及可靠控制；
- ⑨传输系统：包含输送带及其输送带控制柜，为被加工产品提供输送；
- ⑩水冷系统：包括恒温机组、外循环水路及外循环水路控制柜，主要为设备的稳定运行提供冷却；

⑪供电系统：主要为设备的稳定运行提供稳定可靠的电力分配。

⑫监控系统：主要用于设备运行的实时视频监控。

(3) 工作方式

本项目利用电子加速器对食品、医疗耗材、无纺布等产品进行委托辐照加工。加速器开机前，辐射工作人员对辐照室、迷道进行巡视，确认室内无人，确认红外探测、门机联锁、巡视撤离系统、防人误入、紧急停机及拉绳开关等系统及装置无异常；巡视结束，搬运工负责将产品搬运至传送装置上，产品通过传送装置输送至辐照室内，辐射工作人员在控制机房设置加速器工作参数对产品进行辐照并监控加速器运行情况；辐照结束，辐照完成的产品由搬运工卸至货物存放区。

本项目建成投产后，拟配置工作人员 9 人，其中辐射工作人员 5 名，搬运工 4 名，均为新增人员，人员名单暂未确定。5 名辐射工作人员中有 1 名为管理人员，其余 4 名每台设备各 2 名，负责设备的操作和日常维护；4 名搬运工，每台设备各 2 名，负责已辐照/未辐照产品的装卸、搬运。

根据公司提供的资料，本项目单台设备每天出束时间约为 8h。年工作时间 250d，则单台设备年出束时间约为 2000h。

二、工作原理、工作流程、产污环节

(1) 工作原理

辐照电子加速器是使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或 X 射线的设备。

加速器的工作原理可概述为：脉冲调制器将市电转变成高压脉冲，并提供给速调管，速调管在微波激励源激励下产生微波脉冲，该微波功率经过波导、四端环流器以及波导窗馈入到返波加速管中，建立加速电场。脉冲变压器枪压抽头同时给加速器的电子枪提供高压，将电子从电子枪的阴极上拉出来，进入加速管的加速腔中，电子与加速腔中的轴向电场相互作用，并从其中吸收能量，使电子的能量得到提高。电子经过漂移管进入扫描盒，在扫描磁场作用下形成扇形束，透过钛膜打到物品上，进行辐射加工。

辐射加工是指将电子加速器产生的电子线的能量转移给被辐照物质，电离辐射作用到被辐照的物质上，产生电离和激发，释放出轨道电子，形成自由基，通过控制辐射条件，而使被辐照物质的物理性能和化学组成发生变化并能使其成为

人们所需要的一种新的物质，或使生物体（微生物等）受到不可恢复的损失和破坏，达到人们所需要的目标。

本项目计划使用型号为 DZ10/20（LA-III）的电子加速器，该类加速器采用行波加速方式。经速调管放大的微波功率耦合到被称之为盘荷波导的加速管中，行波电场将电子枪注入的电子不断的加速，使其能量逐渐增加，当电子速度接近光速时，从微波功率中获取的能量已达到相当的速度，就可以穿过钛窗进入空气中，能穿透空气或物体到相应的深度；将电子束偏转扫描后用于工业辐照，可以达到杀菌保鲜，材料改性等多种效果。

（2）工作流程

①整体工艺流程

本项目是对委托单位的待辐照的各类产品进行辐照，整体流程包括产品的入厂、辐照、出厂等工艺，具体流程如下：

- a. 入厂：装载待辐照产品的货车通过物流通道入厂；
- b. 验货：在辐照车间进货口卸货、验货、登记、确认；
- c. 参数设置：根据用户要求、产品种类，设置加速器参数、束下传输线的速度；
- d. 照前搬运：把待辐照产品运至束下传输线的入口；
- e. 产品辐照：对待辐照产品进行批量辐照；
- f. 照后搬运：在束下传输线的出口搬运已辐照产品；
- g. 装车：在辐照车间出货口确认、验货、装车；
- h. 出厂：装载已辐照产品的货车通过物流通道出厂。

本工程的整体工艺流程如上，其中产品辐照是产生环境影响最大的阶段，下面对产品的辐照加工工艺，进行展开说明如下。

②辐照工艺流程

加速器辐照加工工艺和主要产污环节示意图见图 9-1。

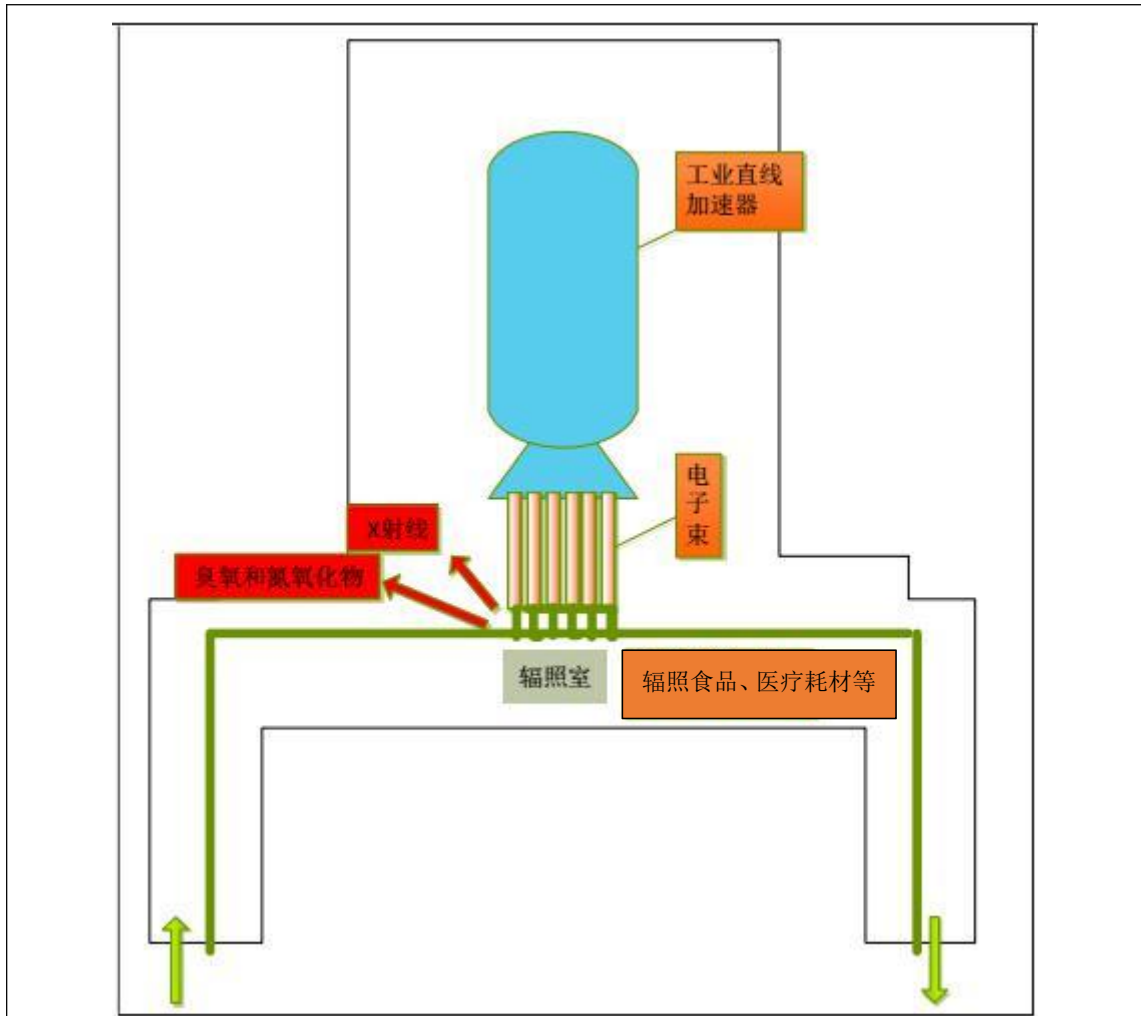


图 9-1 加速器辐照加工工艺流程和主要产污环节示意图

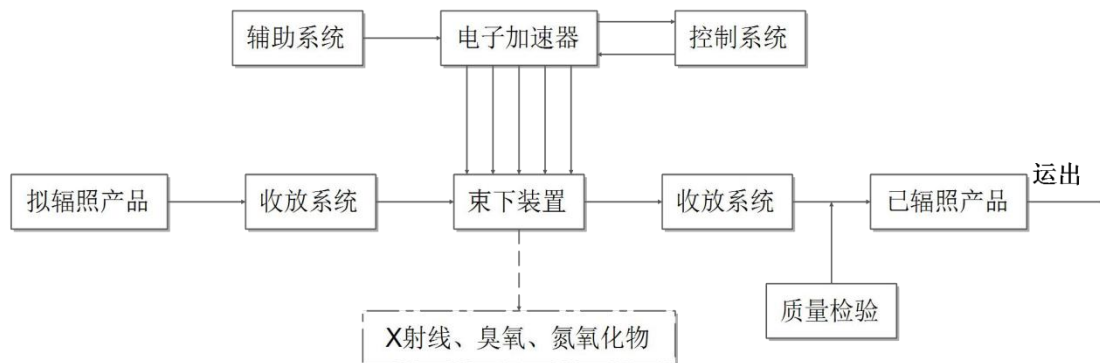


图 9-2 辐照工艺流程图

工艺流程简述：

- a. 根据用户要求、辐照产品种类，设置加速器参数、束下传输线的速度；
- b. 将待辐照产品等放置在束下传输线上；
- c. 工作人员巡视辐照室，确认室内无人；
- d. 确认红外探测、门机联锁、巡视撤离系统、防人误入、紧急停机及拉绳

开关等系统及装置无异常；

- e. 通过视频监控查看辐照室内无人员停留；
- f. 启动加速器出束开关；
- g. 发出的灯光警告信号，提醒现场人员注意并延时 20S~30S；
- h. 开始辐照：束下传输线开始运行，产品开始接收辐照。
- i. 辐照结束，辐照完成的产品由搬运工卸至货物存放区。

客户产品通过物流通道运输至公司辐照车间，卸货入库，等待辐照加工。加工时由工作人员进行辐照场所安全巡视，确认辐照室及迷道内无人员停留及无其他人员和货物安全隐患时开启设备预热，同时由搬运工将产品搬运放置于输送带上，等待设备开启高压。设备预热完成后，工作人员再次确认人员及设备产品安全的情况下，开启设备高压，同时开启输送带，将产品输送至设备正下方进行辐照加工，根据不同产品工艺要求将辐照加工的产品进行单次辐照或翻面多次辐照。辐照完成的产品由搬运工卸货至厂区货物存放区，等待客户提取。

由以上工艺流程图可知，电子加速器在运行过程中会产生 X 射线、臭氧和氮氧化物等污染物，对环境产生危害。辅助系统中的冷却水循环系统中使用去离子水，对加速器零部件进行循环冷却，不外排，只需定期补加。本项目其他工艺环节不产生污染物。

整个辐照灭菌加工过程，正常情况下搬运工不必进入辐照室，均在辐照室外一定距离外的装卸货区进行辐照产品的装、卸，所有需照射加工的货物都是通过输送带输运到辐照区进行辐照加工。

(3) 污染因子

项目污染因子为电子加速器工作时产生的 X 射线，同时产生少量的臭氧、氮氧化物，以及风机运行行噪声、工作人员产生的生活垃圾、办公垃圾等固体废物、生活污水等。

污染源项描述：

一、建设、安装过程污染源项分析

本项目需新建机房，建设过程中，施工产生的污染，特别是扬尘和噪声会对厂区环境带来一定的影响。施工期主要污染物有：噪声、扬尘、废水、固体废物等，以及设备安装及调试过程可能产生的放射性污染。

(1) 扬尘

施工期主要来自于场地开挖基建时、机械敲打、钻洞、车辆运输等产生的粉尘。

(2) 废水

施工期间产生的废水主要表现为施工人员的生活污水及施工废水。

(3) 噪声

施工期噪声主要来自于场地开挖和机房建设过程中的机械噪声、运输车辆产生的噪声、装修时的设备噪声。

(4) 固体废物

主要为建筑垃圾、装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾。施工期产生的固体废物应妥善处理。生活垃圾以及装修垃圾经统一收集后交由市政环卫部门处理。

本项目工程量小，施工期短，对外界的影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应的污染防治措施后，项目施工期对外界的影响小。

(5) 安装调试阶段辐射影响

本项目在新设备安装调试过程中会产生辐射污染，但此时机房已建好，具有足够的辐射屏蔽能力，对环境影响较小。在安装调试阶段，应加强辐射防护管理，保证各屏蔽体屏蔽到位，关闭防护门，设立电离辐射警告标志，禁止无关人员靠近。

本项目建设过程中，公司在施工区域设立围挡，将施工区域与其他区域进行隔离，防止无关人员进入施工区域，并在调试期间加强对辐射工作场所的管理，防止其他施工人员误入辐射工作场所，对施工人员进行安全教育，确保施工期间的辐射安全。

二、运行期间污染源项分析

1、正常工况下污染源项

本项目运行期间正常工况下污染因子主要为电子束、X射线、臭氧、氮氧化物以及风机运行噪声、工作人员产生的生活垃圾、办公垃圾和生活污水。

当电子束能量低于或等于 10MeV 时，在电子加速器的任何部位产生中子很少，因此活化产生感生放射性核素也很少，可忽略不计。本项目电子加速器最大

电子能量为 10MeV，不考虑中子和感生放射性的影响。

(1) 电子束

电子直线加速器加速的电子本身在物质中的射程很短，很容易被加速器的靶件或其他构件所阻止，不会直接造成危害。然而被加速器加速的电子束穿过薄膜窗从加速器中引出来后，成为能量较高的外电子束，它在空气中的射程较长，人员被照射后会造成辐射损伤。

(2) X 射线

电子束受到加速器部件、阻挡板、地板等材料的阻挡后，产生很强的韧致辐射（X 射线），韧致辐射的最大能量为最大可能的电子能量。由于电子的最大射程与所产生的 X 射线的射程相比很小，因此在电子加速器的屏蔽要求上，主要考虑 X 射线的屏蔽。

(3) 臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）

在电子加速器运行过程中，电子束、X 射线会使空气中的氧气产生电离继而产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）。臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）由通风系统排至室外。

(4) 固体废物

本项目运行时产生的固体废物主要有生活垃圾、办公垃圾等，生活垃圾和办公垃圾收集后交由环卫部门统一处理。

(5) 废水

本项目运行时产生的废水主要为生活污水等，生活污水依托厂区化粪池处理后排入市政管网。

(6) 噪声

本项目运行时风机会产生噪声，本项目风机位于辐照室迷道内，建设单位应配备低噪声风机，采取基础减震、建筑隔声等措施使得本项目风机产生的噪声再经厂区内距离衰减后对厂界外声环境影响较小。

2、事故工况下污染源项

本项目使用的电子直线加速器和建设的加速器机房拟配备多重安全连锁装置，包括门机连锁、信号指示灯连锁、剂量连锁、通风连锁、防人误入装置安全连锁，并拟设置紧急停机按钮、拉线开关等安全装置，以上措施满足《电子加速

器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）关于纵深防御、冗余性、多元性、独立性的辐射安全原则，均可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，有效提高装置的安全可靠性，可以降低共因故障。因此正常情况下发生辐射事故的概率很低，但安全联锁部分或全部失效后，装置的纵深防御能力降低，在人员违反操作规程进入辐照室、主机室后，极有可能会发生人员超剂量受照事故。

（1）通风装置联锁失效，电子加速器停机后，未达到预先设定的时间，防护门即开启，检修人员进入臭氧浓度超标的主机室时吸入过量的臭氧、氮氧化物等有害气体。

（2）加速器机房屏蔽结构劳损，导致防护屏蔽能力下降，对周围的辐射工作人员和公众造成超剂量照射。

（3）设备维修或调试时设置临时旁路，维修或调试终止后未及时拆除旁路开关，造成辐射事故发生。

（4）由于设备故障，控制系统失效，人为事故等造成意外照射。

（5）设备检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启加速器，使检修人员受到意外照射。

（6）主机室防护门、辐照室迷道出入口防误入装置、门机联锁及巡检按钮联锁同时失效，辐射工作人员在辐照室和主机室内巡视过程中，意外开启加速器的高压电源，导致工作人员被意外照射。

事故工况下的主要污染因子为电子束、X射线、O₃、NO_x。为防止事故的发生，建设单位在使用过程中要定期检查和维护联锁系统及安全保障系统，辐射工作人员应严格按照操作规程进行运行操作，每次开机前必须要确认辐照室、主机室内无人员后，才能开机运行。

表 10 辐射安全与防护

一、工作场所布局

本项目拟在公司厂区 1#厂房建设两间电子加速器辐照机房及其配套用房。本项目两间机房布局相同，均为两层混凝土结构，一层为辐照室（北侧为 1#辐照室，南侧为 2#辐照室），为辐照灭菌场所；二层为主机室（北侧为 1#主机室，南侧为 2#主机室）、微波机房、调制器机房及控制机房，无地下室。机房东侧、西侧拟设置货物暂存区，南侧拟设置卸货区域、休息室、工人休息区。

本项目加速器机房平面布置图详见附图 4。

二、工作场所分区

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《辐照加工用电子加速器工程通用规范》（GBT25306-2010）的要求，辐射工作场所依据管理的需要，可分为控制区、监督区。其划分原则如下：

（1）控制区：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和防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。

本项目将辐照室屏蔽墙内区域（包括迷道）、主机室屏蔽墙内区域（包括迷道）设置为控制区。

（2）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。

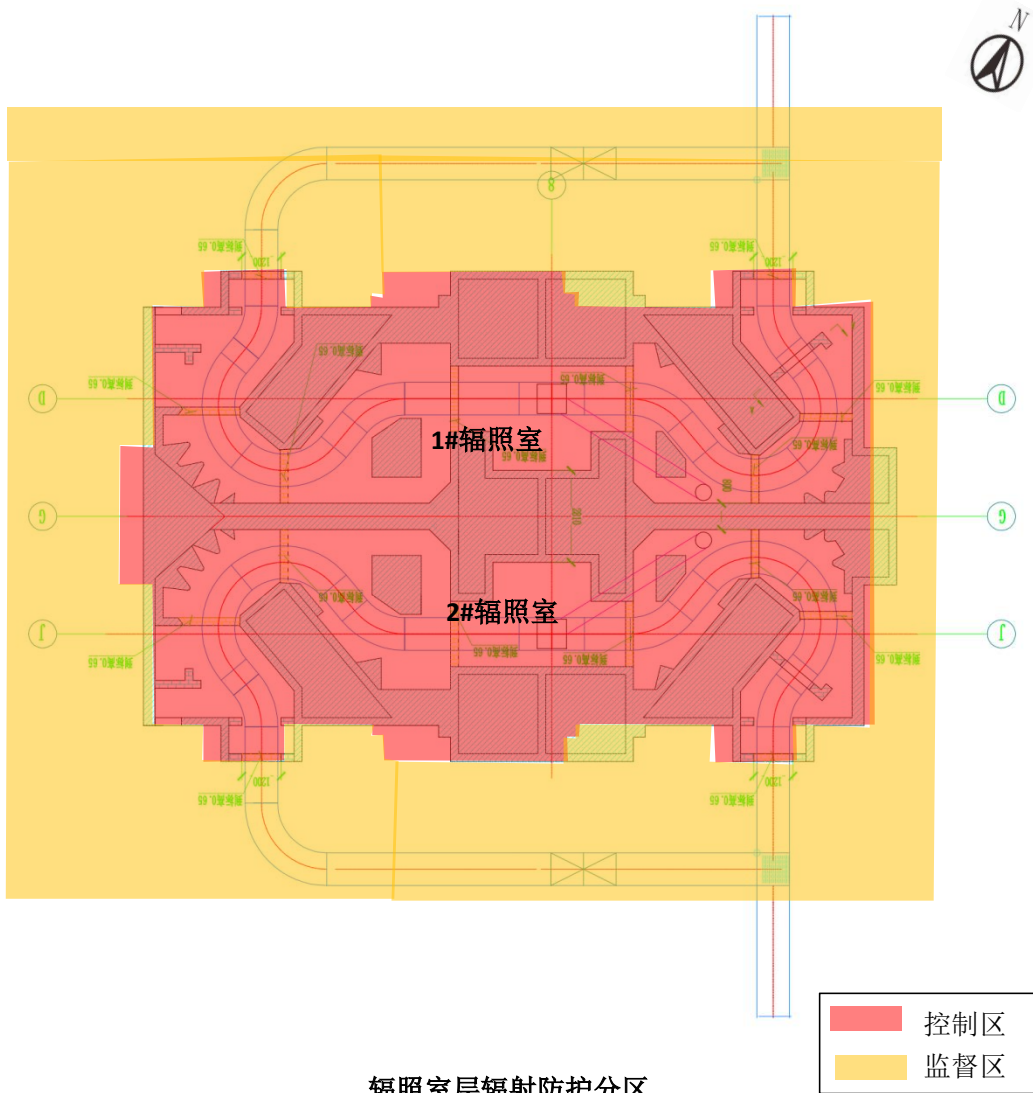
本项目将辐照室屏蔽墙（包含迷道）外邻近区域（1m 范围内）、主机室西侧调制机房、控制机房、主机室东侧微波机房、仓库、楼梯口、主机室南侧、北侧走廊划为监督区，应通过设置警戒线和悬挂电离辐射警告标志来划分监督区。

本项目控制区和监督区划分情况见表 10-1，控制区和监督区划分图见图 10-1。

表 10-1 本项目控制区和监督区划分情况一览表

场所	控制区	监督区
一层	2 间辐照室屏蔽墙内区域（包括迷道）	2 间辐照室屏蔽墙（包括迷道）外邻近区域
二层	2 间主机室屏蔽墙内区域（包括迷道）	2 间主机室西侧调制机房、控制机房、主机室东侧微波机房、

		仓库、楼梯口、主机室南侧、北侧走廊
管理要求	进出口设置醒目的电离辐射警告标志和中文提示说明,进出口门上方安装工作状态指示灯、门机连锁、防人误入装置等	二楼楼梯口处设置电离辐射警告标志和中文提示说明,非辐射工作人员禁止进入二层,在一层监督区边界拟设警戒线或围栏



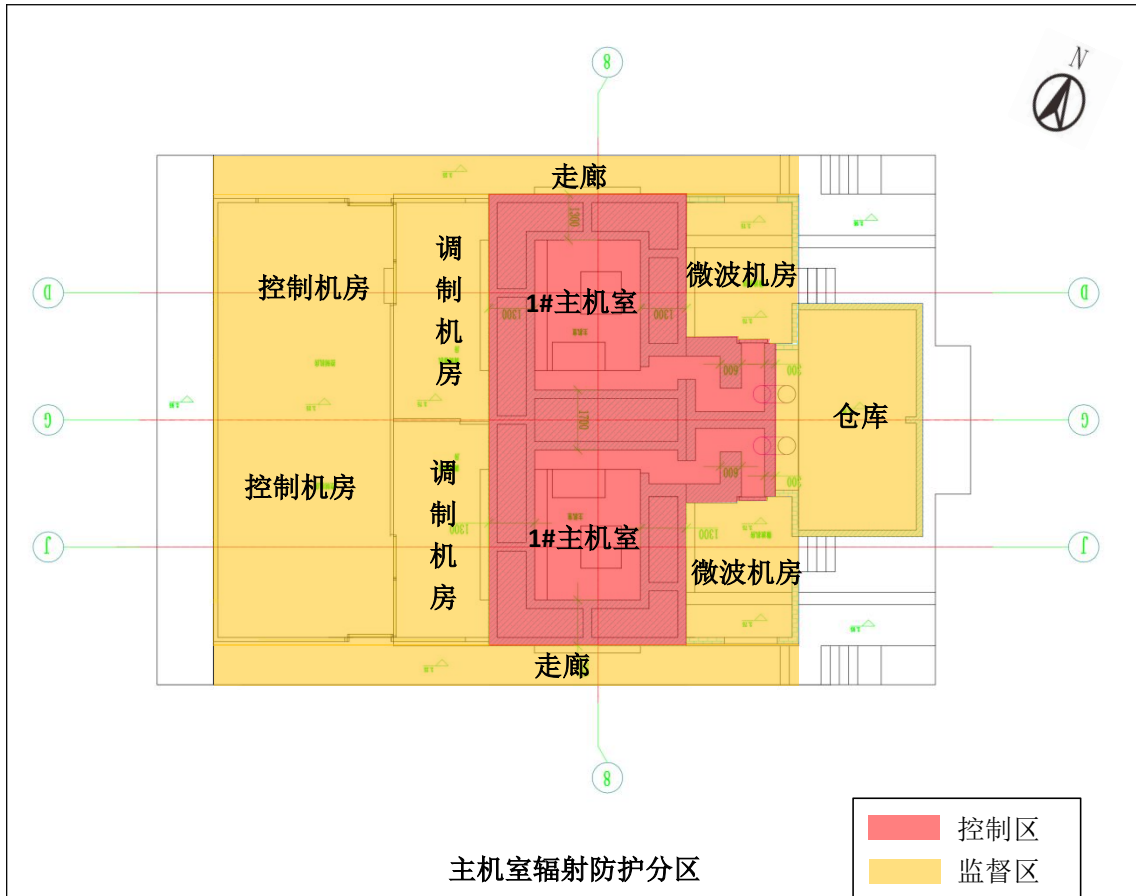


图 10-1 本项目控制区和监督区划分图

三、辐射安全与防护措施

1. 辐射屏蔽设计

本项目使用 2 台 DL-DZ10/20-III 型电子加速器，并配套建设 2 间加速器机房（北侧为 1# 机房，南侧为 2# 机房）。辐射屏蔽主要通过辐照室、主机室的墙体及防护门进行屏蔽，加速器机房的屏蔽防护厚度按运行时的最大电子能量（10MeV）和最大束流（2mA）进行设计。

辐照室、主机室墙体及顶板均采用混凝土结构。辐照室出入口由于货物运输的需要，无法设置铅防护门，采用迷道设计以确保其出入口剂量率满足标准要求，主机室出入口在迷道设计的基础上补充设置 2mm 铁+10mm 混凝土的防护门。

本项目辐射防护屏蔽设计参数见表 10-2，加速器机房辐照室（一层）、主机室（二层）、加速器机房立面屏蔽防护设计见附图 4。

表 10-2 本项目辐射防护屏蔽设计参数

位置		屏蔽厚度参数	
北侧	1#辐照室	长×宽×高(外部尺寸)	23061mm×10100mm×2300mm
		长×宽×高(内部尺寸)	21341mm×3194mm×1900mm (包含迷道)

南侧		东侧屏蔽墙	东墙 1: 2611mm 厚混凝土, 东墙 2: 1968mm 厚混凝土, 东墙 3: 360mm 厚混凝土。
		南侧屏蔽墙	南墙 1: 800mm 厚混凝土, 南墙 2: 5200mm 厚混凝土, 南墙 3: 2810mm 厚混凝土, 南墙 4: 5200mm 厚混凝土, 南墙 5: 800mm 厚混凝土。
		西侧屏蔽墙	西墙 1: 2611mm 厚混凝土, 西墙 2: 2158mm 厚混凝土, 西墙 3: 360mm 厚混凝土。
		北侧屏蔽墙	北墙 1: 240mm 厚混凝土, 北墙 2: 2900mm 厚混凝土, 北墙 3: 1100mm 厚混凝土, 北墙 4: 240mm 厚混凝土。
		顶板	1700mm 厚混凝土
		防护门	辐照产品出入口不设置防护门, 辐照室迷道入口西侧墙体上设置一扇木门供人员进出辐照室内部进行维修、维护等操作
	1#主机室	长×宽×高(外部尺寸)	7250mm×5600mm×5900mm
		长×宽×高(内部尺寸)	4250mm×3000mm×3500mm
		东侧屏蔽墙	东墙 1: 1300mm 厚混凝土, 东墙 2: 240mm 厚混凝土, 东墙 3: 600mm 厚混凝土, 东墙 4: 540mm 厚混凝土, 东墙 5: 300mm 厚混凝土。
		南侧屏蔽墙	南墙 1: 1700mm 厚混凝土, 南墙 2: 2300mm 厚混凝土, 南墙 3: 480mm 厚混凝土。
		西侧屏蔽墙	1300mm 厚混凝土
		北侧屏蔽墙	1300mm 厚混凝土
		顶板	2400mm 厚混凝土
		防护门	2mm 厚铁+10mm 厚混凝土
	2#辐照室	长×宽×高(外部尺寸)	23061mm×8906mm×2300mm
		长×宽×高(内部尺寸)	21341mm×3194mm×1900mm (包含迷道)
		东侧屏蔽墙	东墙 1: 2611mm 厚混凝土, 东墙 2: 1968mm 厚混凝土, 东墙 3: 360mm 厚混凝土。
		南侧屏蔽墙	南墙 1: 240mm 厚混凝土, 南墙 2: 2900mm 厚混凝土, 南墙 3: 1100mm 厚混凝土, 南墙 4: 240mm 厚混凝土。
		西侧屏蔽墙	西墙 1: 2611mm 厚混凝土, 西墙 2: 2158mm 厚混凝土, 西墙 3: 360mm 厚混凝土。
		北侧屏蔽墙	北墙 1: 800mm 厚混凝土, 北墙 2: 5200mm 厚混凝土, 北墙 3: 2810mm 厚混凝土, 北墙 4: 5200mm 厚混凝土, 北墙 5: 800mm 厚混凝土。
		顶板	1700mm 厚混凝土
防护门		辐照产品出入口不设置防护门, 辐照室迷道入口西侧墙体上设置一扇木门供人员进出辐照室内部进行维修、维护等操作	
2#主机室		长×宽×高(外部尺寸)	7250mm×5600mm×5900mm
	长×宽×高(内部尺寸)	4250mm×3000mm×3500mm	
	东侧屏蔽墙	东墙 1: 1300mm 厚混凝土, 东墙 2: 240mm 厚混凝土, 东墙 3: 600mm 厚混凝土, 东墙 4: 540mm 厚混凝土, 东	

		墙 5: 300mm 厚混凝土。
	南侧屏蔽墙	1300mm 厚混凝土
	西侧屏蔽墙	1300mm 厚混凝土
	北侧屏蔽墙	北墙 1: 1700mm 厚混凝土, 北墙 2: 2300mm 厚混凝土, 北墙 3: 480mm 厚混凝土。
	顶板	2400mm 厚混凝土
	防护门	2mm 厚铁+10mm 厚混凝土
备注: 1.各屏蔽墙体的位置和尺寸见附图 4。 2.迷道输送带(高 800mm)下设有 400mm 高的墙体。		

根据表 11 计算结果, 本项目屏蔽设计满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 中人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

2.辐射安全与防护措施

为保障加速器的安全运行, 避免在加速器辐照期间人员误留、误入辐照室或主机室内发生误照事故, 本项目的加速器均设计有相关的辐射安全装置和保护措施。根据建设单位提供的相关材料, 本项目拟采取的辐射安全防护措施如下:

(1) 钥匙控制。本项目两间控制机房的控制台上均设有主控钥匙, 主控钥匙开关与主机室门、辐照室维修门及电子加速器联锁。如从控制台上取出主控钥匙, 加速器将自动停机并切断高压。主控钥匙与便携式辐射监测报警仪相连。在运行中该钥匙是唯一的且由运行值班长保管。

(2) 门机联锁。本项目两间主机室门分别位于两间微波机房内, 均与束流控制和加速器高压联锁。主机室门打开时, 加速器不能开机。加速器运行中辐照室维修门或主机室门被打开则加速器自动停机并切断高压。

(3) 束下装置联锁。本项目 2 台电子加速器的控制系统均与束下装置建立接口和协议文件。束下装置因故障偏离正常运行状态或停止运行时, 电子加速器自动停机并切断高压。

(4) 信号警示装置。本项目两间辐照室迷道出入口(每间辐照室拟各设置 3 个, 分别是辐照室迷道出、入口各 1 个, 检修门入口 1 个)、两间主机室迷道入口(每间主机室迷道入口拟设置 1 个)均拟设置“射线危险, 严禁入内”警示灯, 当加速器开机后, 警示灯常亮, 警示机房周围人员严禁进入机房, 当加速器关机后, 警示灯熄灭。两间主机室内部(每间主机室拟设置 1 个)均设置警示灯和警铃, 并与电子加速器辐照装置联锁。警铃会在加速器开机前响铃, 提醒仍在

迷道内的人员立刻按下急停按钮。一旦加速器开机、运行时，警示灯会亮起。

(5) 巡检按钮。各辐照室迷道内设置 4 个巡检按钮（辐照室东侧、西侧迷道各 2 个）、主机室内设置 3 个巡检按钮，设置高度为 1.4m。巡检按钮与控制台联锁。加速器开机前，须工作人员进入辐照室和主机室内，从迷道入口到迷道出口的行走线路依次按下“巡检按钮”，巡查有无人员误留。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，加速器才能正常启动，如果有一个按钮未按动，加速器都不能正常开启。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。

(6) 防人误入装置（光电开关）。每间辐照室的迷道出、入口、检修门入口及每间主机室的迷道入口拟各设置 1 处防人误入装置，每处防人误入装置由 3 道不同垂直位置的红外线组成，设置高度分别为 0.5m、1m、1.5m，以防止人员以钻爬、跨越等方式使其功能失效。每道防人误入装置均保持独立性，并与加速器的开、停机联锁。当检测到有人员/动物等生物通过时，加速器高压立即切断，停止出束。

(7) 急停装置。本项目每台设备的控制台、辐照室及迷道、主机室内均设置了急停按钮，其中控制台设置 1 个急停按钮，辐照室南北墙各设置 6 个急停按钮，辐照室迷道出、入口外各设置 1 个急停按钮，主机室内设置 4 个急停按钮，设置高度为 1.4m；辐照室迷道内设置 2 个拉线开关，拉线开关与加速器联锁。一旦辐照室、主机室内有人被关时，可迅速按动急停按钮、拉线开关，关闭加速器，离开辐照室和主机室。所有急停开关处设置中文提示说明，每间辐照室的控制台均设有急停后复位确认按钮，在启动加速器前需要巡检确认辐照室及迷道内无人，手动按下复位按钮后，加速器方可启动。主机室和辐照室门内设置紧急开门按钮，无论任何时刻（包括停电）按下主机室或辐照室紧急开关按钮，可开启相应的主机室门或辐照室门，以便人员离开控制区，且主机室门或辐照室门打开，加速器自动停机并切断高压。

(8) 剂量联锁。在各辐照室迷道出入口处内侧设置 1 个固定式辐射监测仪探头、检修门入口内侧设置 1 个固定式辐射监测仪探头，在主机室迷道出入口内侧设置 1 个固定式辐射监测仪探头，固定式辐射监测仪与辐照室门、主机室门联锁，在线进行辐射环境检测。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,设定的阈值应保证人员不会受到超剂量照射。

(9) 通风联锁。每间辐照室设有强制通风系统,并与加速器控制系统联锁,加速器停机后,达到预先设定的时间后才能开门,确保室内 O₃ 等有害气体浓度低于允许值。每间辐照室的排气风机设计风量为 8000m³/h,排风口设置于扫描窗口下方,拟经过直径约为 500mm 管道引至辐照室外排气筒排放,当前厂房高度 9.5m,排气筒引至厂房外,高出厂房高度 5.5m,排放高度约 15m。

(10) 烟雾报警。辐照室内拟各设置 1 个烟雾报警装置。当发生火灾时,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,防止通风状态下火势扩大。

(11) 视频监控。每间辐照室迷道出口外侧、检修门外侧拟各设置 1 个摄像头,安装高度为 2.5m;每间辐照室迷道内设置 6 个摄像头(两侧迷道内各设置 3 个),安装高度为 1.8m;每间主机室迷道内、控制机房内、微波机房内、调制机房内各设置 1 个摄像头,安装高度为 2.5m,可使加速器操作人员有效监控迷道内、各机房内、辐照产品上下货区域的实际情况,正确操纵设备。

(12) 应急照明。主机室、辐照室、调制器机房、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。

(13) 紧急出口指示,设置在电子加速器辐照装置所在厂房内、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),一般为发光(灯光/夜光等)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。

(14) 警告标志。本项目拟在电子加速器辐照装置厂房入口和其他必要的地方(一般为货物进出口、辐照室及主机室门口)设置符合 GB18871-2002 要求的电离辐射警告标志。

本项目辐照室(一层)、主机室(二层)防护设施图见附图 5。

(15) 配备监测设备

本项目 2 台电子加速器辐照装置拟配置辐射工作人员个人剂量计、个人剂量报警仪、固定式辐射监测仪和 X-γ 辐射剂量率仪及个人剂量计,拟配备辐射监测设备见表 10-3。

表 10-3 拟配备辐射监测设备一览表

设备名称	数量	用途及使用频率
个人剂量计	5 个	每个辐射工作人员各配备一枚，工作时佩戴，下班时交回。
个人剂量报警仪	5 个	每个辐射工作人员每人一个，工作期间需佩戴。
固定式辐射监测仪	2 套	固定式辐射监测仪探头分别安装在主机室迷道内侧、辐照室迷道出、入口内侧、辐照室检修门内侧，每间机房共计 4 处监控点，显示面板均位于控制室内，实时监测主机室和辐照室内的辐射剂量率。
X-γ 辐射剂量当量率仪	2 台	对辐射工作场所周围剂量进行监测。

(15) 设备日常检查和维修维护防护措施

参照《电子加速器辐照装置辐射安全与防护》（HJ979-2018）的要求，并且需严格执行下述步骤：

- ①提前制定维修维护计划，并及时告知辐射工作人员；
- ②维修维护人员在控制机房与辐射工作人员确认加速器电源处于关闭状态，加速器已停机，可以开始维修维护；
- ③辐射工作人员通过视频信号等方式，时刻注意维修维护的正常进行；
- ④维修维护人员在控制机房按下对应加速器的急停按钮；
- ⑤维修维护人员佩戴处于开启状态下运行良好的个人剂量报警仪（与钥匙绑定）；
- ⑥打开防护门，维修维护人员拉下主机室、辐照室内的拉线开关；
- ⑦在执行完上述步骤后，维修维护人员方可进行设备维修维护。

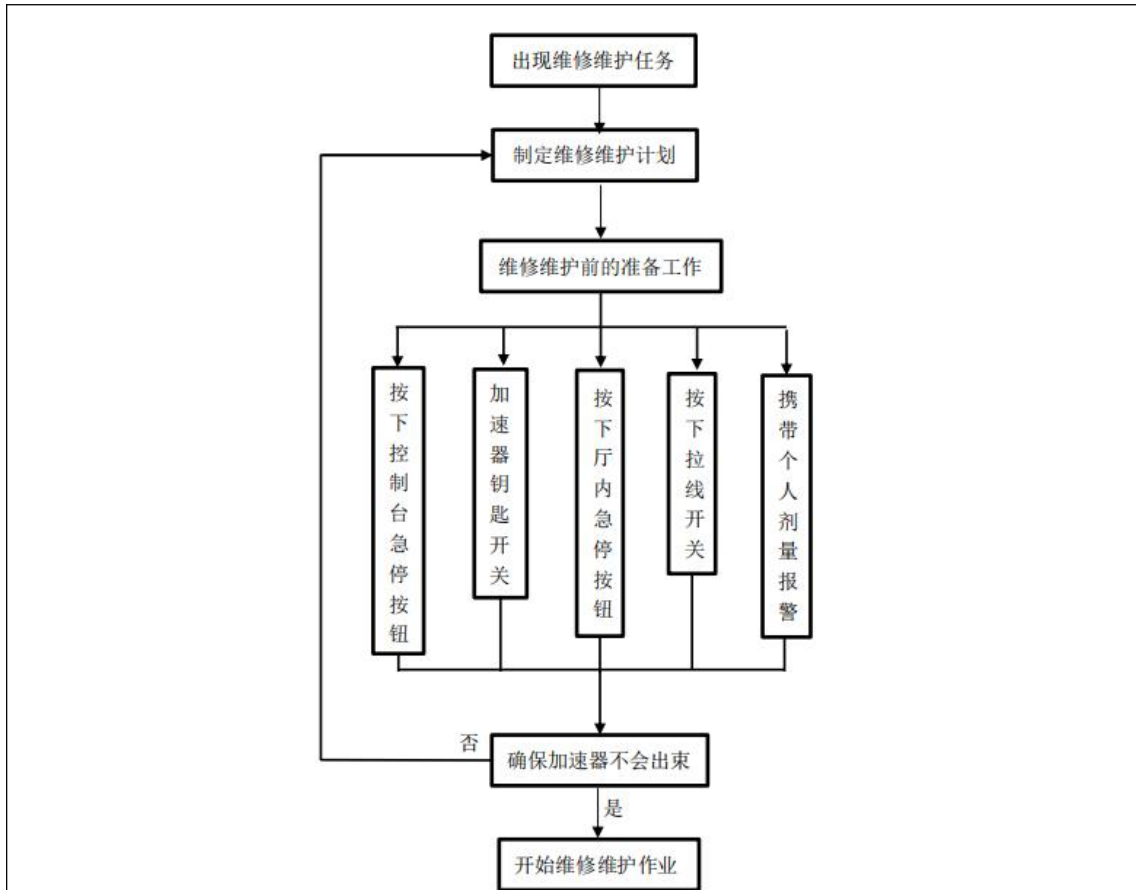


图 10-7 维修维护流程图

在设备的维修维护过程中，需严格执行上述步骤，杜绝维修维护过程中，由于辐射工作人员不知情，维修维护人员未执行安全措施，导致加速器出束误照射的事故。维修维护结束后，进行开机调试时，必须确保辐射工作人员离开控制区，急停按钮和拉开关需于本地复位后，加速器才能正常启动出束。在设备日常使用过程中，要对设备的相关安全设施、功能进行定期检查，发现异常及时修复或改正，并做好相关记录。目前，公司已初步制定日常检修制度，设备投入使用后，将根据实际情况补充细化定期检查的相关内容、明确负责人，在工作中严格落实。

综上所述，本项目 2 台设备的辐照室、主机室拟设置的钥匙控制、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、视频监控等安全联锁装置以及安全设施均符合《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中的相关要求。

四、项目防护措施与相关要求的符合性分析

根据上文介绍，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 10-4 所示。

表 10-4 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

标准名称	标准要求	本项目情况	是否符合
《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)	<p>(1) 连锁要求。在电子加速器辐照装置的设计中必须设置功能齐全、性能可靠的安全连锁保护装置,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连锁和监控。安全连锁引发加速器停机时必须自动切断高压。安全连锁装置发生故障时,加速器不能运行。安全连锁装置不得旁路,维护与维修后必恢复原状。</p>	<p>本项目 2 台电子加速器辐照装置均设计了功能齐全、性能可靠的安全连锁保护装置,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连锁和监控。安全连锁引发加速器停机时将自动切断高压。安全连锁装置发生故障时,加速器不能运行。安全连锁装置无旁路,维护与维修后必须恢复原状。</p>	符合
	<p>(2) 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连锁。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。</p>	<p>本项目 2 台电子加速器的控制台上均设计有钥匙开关,只有该钥匙就位后才能开启电源,启动加速器进行出束作业;如从控制台上取出该钥匙,加速器将自动停机并切断高压,防护门电磁锁解除,此时可手动打开防护门。当操作人员需要打开防护门进入辐照室时,该操作人员必须同时携带该加速器的开关钥匙。如果操作人员不能将钥匙插进控制台并旋转到工作位置,则加速器不能启动,又由于启动连锁钥匙在操作人员手中,若操作人员还在室内,其他人员就不能启动加速器,从而有效的保护操作人员的安全。钥匙开关拟与 1 个人剂量报警仪相连,规定只有运行值班长有权利使用钥匙开关。</p>	符合
	<p>(3) 门机连锁。辐照室和主机室的门必须与束流控制和加速器高压连锁。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。</p>	<p>本项目 2 间电子加速器辐照室和主机室的防护门均为手动门,均安装电磁锁并与加速器装置连锁,在防护门未闭合的状态下,加速器不能启动;在加速器高压启动后,一旦防护门被打开,连锁装置将立即切断加速器的高压电源,使加速器立即停止出束。</p>	符合
	<p>(4) 束下装置连锁。电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制必须建立可靠的接口和协议文件。束下装置因故障偏离正常运行状态或停</p>	<p>本项目 2 台电子加速器均将与辐照产品传送系统进行连锁。在辐照材料未进行传送时,电子加速器无法进行开机出束;在辐照产品的传</p>	符合

	止运行时，加速器自动停机。	送系统出现故障或者线缆全部传送完成后，电子加速器将自动切断高压并停止出束。	
	(5) 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连锁。	本项目两间辐照室迷道出入口(每间辐照室拟共设置3个,分别是辐照室迷道出、入口各1个,检修门入口1个)、两间主机室迷道入口(每间主机室迷道入口拟设置1个)均拟设置“射线危险,严禁入内”警示灯,当加速器开机后,警示灯常亮,警示机房周围人员严禁进入机房,当加速器关机后,警示灯熄灭。两间主机室内部(每间主机室拟设置1个)均设置警示灯和警铃,并与电子加速器辐照装置连锁。警铃会在加速器开机前响铃,提醒仍在迷道内的人员立刻按下急停按钮。一旦加速器开机、运行时,警示灯会亮起。	符合
	(6) 巡检按钮。主机室和辐照室内应设置“巡检按钮”,并与控制台连锁。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。	在开机出束前,辐射工作人员需先进入主机室和辐照室进行巡视,巡查有无人员误留,并按序按下主机室和辐照室内的巡检按钮,加速器方可启动,未按下巡检按钮前,加速器将不能进行出束作业。辐照室或主机室的防护门被打开后,必须重新巡检确认机房内无人员停留后方可重新开机。 整个巡检系统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,各输出连锁点具有防短接检测功能。	符合
	(7) 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连锁装置(一般采用光电装置),并与加速器的开、停机连锁。	每间辐照室的迷道出、入口、检修门入口及每间主机室的迷道入口拟各设置1处防人误入装置,每处防人误入装置由3道不同垂直位置的红外线组成,设置高度分别为0.5m、1m、1.5m,以防止人员以钻爬、跨越等方式使其功能失效。每道防人误入装置均保持独立性,并与加速器的开、停机连锁。当检测到有人员/动物等生物通过时,加速器高压立即切断,停止出束。	符合
	(8) 急停装置。在控制台上和主机	本项目两间控制机房的控制台、两	符合

	<p>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。</p>	<p>间辐照室及迷道、两个主机室内均拟设置急停按钮（每间控制机房的控制台拟设置 1 个，每间辐照室内拟设置 4 个，每间辐照室迷道出入口外拟各设置 1 个，每间辐照室迷道内每侧拟各设置 4 个，每间主机室内拟设置 4 个），设置高度为 1.4m；辐照室迷道内设置 2 个拉线开关，拉线开关与加速器、警铃联锁。一旦辐照室、主机室内有人被关时，可迅速按动急停按钮、拉线开关，关闭加速器，离开辐照室和主机室。所有急停开关处设置中文提示说明，每间辐照室的控制台均设有急停后复位确认按钮，在启动加速器前需要巡检确认辐照室及迷道内无人，手动按下复位按钮后，加速器方可启动。主机室和辐照室门内设置紧急开门按钮，无论任何时刻（包括停电）按下主机室或辐照室紧急开关按钮，可开启相应的主机室门或辐照室门，以便人员离开控制区，且主机室门或辐照室门打开，加速器自动停机并切断高压。</p>	
	<p>（9）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。</p>	<p>本项目两间主机室和辐照室迷道内均拟安装固定式辐射监测仪，并与加速器防护门联锁，显示面板位于控制室内，实时监测主机室和辐照室内的辐射剂量率；当固定式辐射监测仪未打开时，加速器无法启动；且如果辐照室和主机室内辐射水平高于仪器设定阈值（2.5μSv/h）时，主机室和辐照室的门无法打开。</p>	符合
	<p>（10）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。</p>	<p>辐照室和主机室的通风系统正常工作后，加速器才能出束，同时与门口的“关机允许进入”警示牌进行联锁；在通风系统未正常工作时，加速器将无法进行出束作业。在加速器正常运行过程中，当通风系统发生故障时，加速器将立即切断高压并停止出束。 加速器的控制软件设计有正常停</p>	符合

		机后排风系统延迟关闭和防护门延迟开启系统，即：加速器正常停止出束后，排风系统将继续工作 23 分钟以上，在 23 分钟内，即使对排风系统发出停止工作指令，排风系统仍将有效工作 23 分钟；在此期间，即使发出打开防护门的指令，防护门仍然无法打开，直到 23 分钟后方可开启防护门。 若加速器非正常停止出束，排风系统的运行不受限制，同样需要等待 23 分钟后才能开启防护门；若遇到因有人员被困在辐照室等原因而需立即开门的时，可以按下防护门口的紧急开门按钮，加速器将自动停机并切断高压，防护门电磁锁解除，此时可手动打开防护门。	
	(11) 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。	在辐照室内设有烟雾报警置，发生火灾时，加速器立即切断高压停机，并停止通风。	符合
	(12) 辐照室和主机室的耐火等级不低于二级，并设置火灾报警装置和有效的灭火设施。	辐照室和主机室采用混凝土材料，耐火等级不低于二级。辐照室有烟雾报警装置，并与加速器设备连锁。 建设单位将在辐照室入口处放置火灾灭火装置。	符合

根据表 10-4 可知，本项目采取的辐射安全与防护措施满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的要求。

五、三废的治理

本项目运行过程中不产生放射性废气、放射性废水和放射性固体废物。

(1) 废水

本项目运行时产生的废水主要为工作人员生活污水等，生活污水依托厂区化粪池处理后排入市政管网。

(2) 废气

电子加速器出束时加速器机房内空气被部分电离或激发从而产生臭氧和氮氧化物，其中 O₃ 的毒性最大，产额最高（NO_x 的产额约为 O₃ 的三分之一），不仅对人体产生危害，还会使设备材料（如橡胶）加速老化。

本项目拟配置 2 台电子加速器，每台加速器配备独立的通风系统，即本项目

配备 2 套独立的风机、2 个排气筒。每间辐照室内拟设置地下风管，排气管道孔径约为 $\phi 500\text{mm}$ ，计划每间辐照室的排风量为 $8000\text{m}^3/\text{h}$ 左右，即每间辐照室每小时换气次数约为 9 次。本项目地下风管由辐照室扫描窗下方往东侧延伸至机房二楼仓库下方迷道，再往上转弯“S”形穿过仓库底部（即迷道顶板），再依次穿过仓库顶部、1#厂房顶部至 1#厂房顶部上方 5.5m 处（即排放口位于机房所在厂房顶部上方 5.5m 处）。通过排气设施对辐照室进行换气，将辐照室内加速器产生的臭氧排出至大气环境，保护工作人员的安全健康，减少臭氧对设备的腐蚀，运行过程中产生的臭氧及氮氧化物自然扩散后对环境的影响甚微。

(3) 固体废物

本项目运行时产生的固体废物主要有生活垃圾、办公垃圾等，生活垃圾和办公垃圾收集后交由环卫部门统一处理。

六、环保投资估算

项目环保投资估算见表 10-5。

表 10-5 辐射安全防护措施及投资估算一览表

项目	措施	投资金额估算 (万元)
辐射屏蔽措施	两间加速器机房的屏蔽墙体等	
废气处理装置	排风装置 2 套	
安全装置	工作状态指示灯、联锁装置、监控装置、电辐射警告标志、规章制度上墙等	
监测仪器、个人防护用品	便携式 X- γ 监测仪 2 个、个人剂量报警仪、固定式场所辐射探测报警装置 2 套、个人剂量计 5 个	
设备维护	加速器装置及其配件的检查、维护及更换	
辐射工作人员	辐射工作人员辐射防护考核、职业健康体检 个人剂量检测	
应急预案	应急和救援的物资准备	
合计		

本项目总投资 _____ 元，环保投资 _____ ，约占总投资的 _____

表 11 环境影响分析

建设阶段对环境的影响

本项目施工建设期对环境的影响分析主要为施工噪声、扬尘、废水、固体废物及设备在安装、调试过程中产生的辐射影响。

1、建设阶段对环境的影响分析

(1) 施工噪声

施工噪声主要来源于场地开挖和机房建设过程中施工机具的机械噪声、材料运输车辆产生的噪声、装修时的设备噪声，其声源强度一般为 70-90dB（A），而混凝土浇灌时振捣噪声可高达 100dB（A）以上。所以施工噪声对建设项目本身及周围声环境影响较大。施工单位应按有关规定合理安排进度和工序，夜间停止使用高噪声机具，减小施工噪声对周围环境的影响。

(2) 施工扬尘

施工扬尘主要来自场地开挖基建时、机械敲打、钻洞和建筑材料运输，对周围环境空气质量有一定影响。建材和渣土运输要尽量减少撒漏，及时清扫场地路面渣土，适时洒水降尘，减少施工扬尘对周边环境空气质量的影响。

(3) 施工废水

施工废水主要表现为施工人员的生活污水及施工工艺废水。项目施工时，应设置临时沉淀池，施工废水经沉淀后用于洒水降尘，不对外排放，减少施工废水对周边环境的影响。

(4) 施工固体废物

施工固体废物主要为建筑垃圾、装修垃圾以及施工人员产生的生活垃圾。施工过程中，对暂时堆放在工地上的建筑垃圾、装修垃圾，应集中存放，并加以覆盖，定期采用专用车运输至指定的地点进行处置，严禁随意倾倒。生活垃圾以及装修垃圾经统一收集后交由市政环卫部门处理。

因此，施工期间的固体废弃物不会对周围环境产生影响。

2、设备在施工调试过程中的影响分析

设备安装及调试过程会产生 X 射线、臭氧及氮氧化物。设备在进入调试期时，机房已具有足够的屏蔽能力以及通风能力，不会对环境产生明显的影响。且调试过程主要由设备供应商操作，一般认为调试过程中出现事故工况几率极小，

屏蔽墙和防护门足以保证人员安全。

运行阶段对环境的影响

本项目运行阶段使用 2 台 DL-DZ10/20-III 型电子加速器（电子束最大能量为 10MeV，最大束流强度为 2mA），用于食品、医疗耗材、无纺布等产品的委托辐照加工，主要环境影响是电子加速器工作过程中产生的韧致辐射（X 射线）对周围环境的影响，其次为臭氧和氮氧化物等有害气体对环境的影响。

1、辐射环境影响分析

（1）源项分析

电子加速器的主射线束垂直向下，辐照室位于一层，主机室位于二层，因此一层辐照室的屏蔽主要考虑加速器的 90° 方向发射 X 射线；二层主机室屏蔽主要考虑在加速过程中损失的束流撞击在加速器管壁上所产生的低能 X 射线，该处散射 X 射线照射到主机室的屏蔽墙上，因此加速器机房四侧墙体的防护性能主要考虑上述散射线的影响。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 公式（A-2）对距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率进行计算，计算结果见表 11-1。

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

式中：

D_{10} —距离 X 射线辐射源 1m 处的吸收剂量率，Gy/h；

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。

①辐照室 X 射线发射率

对于辐照室，10MeV 电子侧向（90° 方向）X 射线发射率，根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 表 A.1，10MeV 入射电子在距靶 1m 处侧向 90° 的 X 射线发射率为 $13.5 \text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

在本项目辐照室内电子轰击的物质有三类：A.混凝土地面；B.电子扫描器下方的辐照产品传输带（辊道为钢材料制成，主要元素组成为 Fe、C）；C.本项目辐照灭菌的辐照产品为食品、化妆品、医疗器械等产品。食品主要元素组成为 C、

H、O、N、P 等，均为低 Z 元素；化妆品主要元素组成为 C、H、O 等，均为低 Z 元素，部分含有 Ca、Si、Ti 等；医疗器械主要为金属材料，元素组成为 Fe、C、Co、Cr、Mo、Ti、Ni 等。

由于辐照的靶材料很少为高 Z 材料，X 射线发射率需乘以对应入射电子能量的修正系数进行修正。根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018），被辐照的靶材料为“铁、铜”时，90° 方向的修正系数 f_e 为 0.5，被辐照的靶材料为“铝、混凝土”时，90° 方向的修正系数 f_e 为 0.3。本次评价，辐照室入射电子 90° 方向的 X 射线发射率修正系数 f_e 保守取 0.5。

当束流强度为 2mA，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-2），辐照室距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率为：

$$D_{10}(90^\circ) = 60 \times 13.5 \times 2 \times 0.5 \text{ (Gy/h)} = 810 \text{ Gy/h.}$$

②主机室加速器束流损失所致 X 射线发射率

对于主机室，本项目加速器束流损失率为 3%（即主机室电子束流强度为 2mA \times 3%=0.06mA），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 侧向 90° 的 X 射线发射率为 $3.2 \text{ Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。在本项目主机室内电子轰击的物质主要有混凝土地面、加速器和加速器外壳等不锈钢材料，根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018），被辐照的靶材料为“铁、铜”时，90° 方向的修正系数 f_e 为 0.5，被辐照的靶材料为“铝、混凝土”时，90° 方向的修正系数 f_e 为 0.3。保守计算考虑，X 射线发射率修正系数取值为 0.5。

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-2），主机室距离 X 射线辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率为：

$$D_{10}(90^\circ) = 60 \times 3.2 \times 0.06 \times 0.5 \text{ (Gy/h)} = 5.76 \text{ Gy/h.}$$

表 11-1 电子加速器辐射源项计算结果

辐射源类型	最大电子能量 (MeV)	最大电子束流强度 I (mA)	方向	修正系数 f_e	距离辐射源 1m 处的 X 射线发射率 Q ($\text{Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)	距离辐射源 1m 处吸收剂量率 D_{10} (Gy/h)
辐照室辐射源	10	2	90°	0.5	13.5	810
主机室束流损失	3	0.06	90°	0.5	3.2	5.76

(2) 侧向 90° X 射线的屏蔽

①机房屏蔽墙体防护计算

依据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 公式（A-1），X 射线的透射比 B_x 为：

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

至少需要的十分之一值层个数 n 为：

$$n = \log_{10}(1/B_x) \quad (\text{式 11-3})$$

所需的屏蔽体厚度 S 为：

$$S = T_1 + (n-1) T_e \quad (\text{式 11-4})$$

式中：

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

T —居留因子，在预测目标点的剂量率水平时保守取 1；

d —X 射线源与参考点之间的距离，m；

S —屏蔽体厚度，cm；

T_1 —在屏蔽厚度中，朝向辐射源的第一个值层，cm；

T_e —平衡十分之一值层，cm；

n —为十分之一值层的个数；

B_x —X 射线的屏蔽透射比；

H_M —关注点的辐射剂量率， μ Sv/h。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 表 A.4 可知，加速器的辐照室、主机室等效入射电子能量见表 11-2。

表 11-2 加速器辐照室、主机室 90° 方向电子的相应等效能量

位置	电子加速器电子能量	
	辐照室	入射电子能量 (MeV)
等效入射电子能量 (MeV)		6
主机室	束流损失入射电子能量 (MeV)	3
	束流损失等效入射电子能量 (MeV)	1.9

由表 11-2 可知，本项目加速器辐照室 90° 方向等效电子能量为 6MeV，加速器主机室 90° 方向束流损失等效电子能量为 1.9MeV。根据等效入射电子能量和《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 表 A.2、A.3 通过内插法得出不同入射电子能量对应的 T_1 和 T_e 值，如表 11-3 所示。

表 11-3 混凝土、铅、铁对相应能量的 X 射线的什值层数值

射线	材质	第一个十分之一值层厚度 T1 (cm)	平衡十分之一值层厚度 Te (cm)
1.9MeV 宽束 X 射线	混凝土	21.76	19.74
	铁	7.52	6.84
	铅	3.2	4.09
6MeV 宽束 X 射线	混凝土	34.22	34.22
	铁	9.94	9.94
	铅	5.42	5.58

为预测加速器机房设计方案的屏蔽效果，拟在加速器机房外选取较有代表性的预测目标点进行评价分析，其中机房外预测点均位于距离墙体 30cm 处（迷道口处均为防护门内）；屋顶厚度首先应考虑直射的防护，加速器开机时主机室内及其屋顶上方均无人到达，因此，对屋顶直射的防护主要应考虑从一层辐照室 X 射线源直射到二层主机室周围辅助房间的剂量。

本项目拟建 2 间电子加速器辐照机房，两间机房南北方向对称布置且屏蔽厚度一样。由于辐照室、主机室内 X 射线经南北侧辐照室、主机室中间共用屏蔽墙体到达其隔壁辐照室、主机室后还需再经同侧墙体屏蔽后才能到达关注点，其屏蔽体总厚度及距离远大于同侧辐照室、主机室，因此在计算机房南、北侧关注点的合计辐射剂量率时只考虑关注点最近加速器机房的影响，不考虑另一间加速器机房的影响，计算机房东、西侧关注点的合计辐射剂量率时考虑两间加速器机房的共同影响。由于设备开机期间，控制机房、上下货操作位、工人休息区域人员停留时间长，故控制机房、上下货操作位、工人休息区域也考虑两间加速器机房的共同影响。

关注点位置详见图 11-1~11-7。

(

(

(

图 11-1 主机室直射辐射计算点



图 11-2

1#主机室直射辐射计算点剖面图

图 11-3 2#主机室直射辐射计算点剖面图

1W

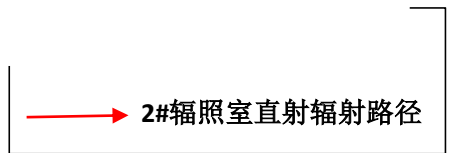
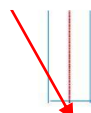


图 11-4 辐照室直射辐射计算点

8轴剖面图



图 11-5 1#辐照室直射辐射计算点剖面图

8轴剖面图



图 11-6 2#辐照室直射辐射计算点剖面图

图 11-7 一层平面布置图及直射关注点

机房屏蔽厚度计算结果见表 11-4。

表 11-4 侧向 90° X 射线屏蔽墙体厚度计算结果

机房	关注点	D ₁₀ (Gy/h)	T ₁ (cm)	T _e (cm)	距离 d (m)	居留 因子 T	关注 点剂 量率 (μ Sv/h)	屏蔽 体厚 度 S (cm)	设计屏 蔽厚度 (cm)
1	2A	5.76	21.76	19.74	3.016	1	2.5	108.7	165.9
	2B	5.76	21.76	19.74	3.161	1	2.5	107.9	153.0
	2C	5.76	21.76	19.74	3.580	1	2.5	105.7	162.1
	2D	5.76	21.76	19.74	5.989	1	2.5	96.9	448.6
	2E	5.76	21.76	19.74	4.683	1	2.5	101.1	138.7
1	1A	810	34.22	34.22	4.200	1	2.5	248.6	290.0
	1B	810	34.22	34.22	9.860	1	2.5	223.2	297.1
	1C	810	34.22	34.22	12.800	1	2.5	215.5	297.1
	1D	810	34.22	34.22	7.968	1	2.5	229.5	340.9
	1E	810	34.22	34.22	9.829	1	2.5	223.3	392.8
	1M	810	34.22	34.22	5.306	1	2.5	241.6	281.0
	1O	810	34.22	34.22	4.302	1	2.5	247.9	257.3
	1V	810	34.22	34.22	11.441	1	2.5	218.8	243.5
	1H	810	34.22	34.22	12.210	1	2.5	216.9	320.3

II	810	34.22	34.22	14.687	1	2.5	211.4	381.0
1U	810	34.22	34.22	13.300	1	2.5	214.3	388.9
1S	810	34.22	34.22	4.751	1	2.5	244.9	286.2
2A	810	34.22	34.22	3.951	1	2.5	250.4	261.1
2B	810	34.22	34.22	3.636	1	2.5	252.9	256.3
2C	810	34.22	34.22	4.157	1	2.5	248.9	301.9
2D	810	34.22	34.22	6.190	1	2.5	237.0	444.5
2E	810	34.22	34.22	5.179	1	2.5	242.3	261.1
2K	810	34.22	34.22	6.392	1	2.5	236.1	470.5
2F	5.76	21.76	19.74	5.989	1	2.5	96.9	448.6
2G	5.76	21.76	19.74	4.683	1	2.5	101.1	138.7
2H	5.76	21.76	19.74	3.016	1	2.5	108.7	165.9
2I	5.76	21.76	19.74	3.161	1	2.5	107.9	153.0
2J	5.76	21.76	19.74	3.580	1	2.5	105.7	162.1
1G	810	34.22	34.22	7.968	1	2.5	229.5	340.9
1H	810	34.22	34.22	9.860	1	2.5	223.2	297.1

1I	810	34.22	34.22	12.800	1	2.5	215.5	297.1
1J	810	34.22	34.22	4.200	1	2.5	248.6	290.0
1L	810	34.22	34.22	9.829	1	2.5	223.3	392.8
1N	810	34.22	34.22	5.306	1	2.5	241.6	281.0
1P	810	34.22	34.22	4.302	1	2.5	247.9	257.3
1B	810	34.22	34.22	12.210	1	2.5	216.9	320.3
1V	810	34.22	34.22	11.441	1	2.5	218.8	243.5
1T	810	34.22	34.22	4.751	1	2.5	244.9	286.2
1U	810	34.22	34.22	13.300	1	2.5	214.3	388.9
1C	810	34.22	34.22	14.687	1	2.5	211.4	381.0
2F	810	34.22	34.22	6.190	1	2.5	237.0	444.5
2G	810	34.22	34.22	5.179	1	2.5	242.3	261.1
2H	810	34.22	34.22	3.951	1	2.5	250.4	261.1
2I	810	34.22	34.22	3.636	1	2.5	252.9	256.3
2J	810	34.22	34.22	4.157	1	2.5	248.9	301.9
2L	810	34.22	34.22	6.392	1	2.5	236.1	470.5

位计划，本项目2台加速器不同时安装，故对1M、1N两处关注点进行预测分析。

由上表可知，辐照室及主机室直射辐射屏蔽墙体（包括辐照室楼板）的设计

厚度均大于计算结果，满足防护要求。

②侧向 90° X 射线的影响

根据建设单位提供的机房屏蔽厚度，根据式 11-2~11-4 可倒推出关注点的辐射剂量率计算公式：

$$H_M = 10^6 D_{10} \bullet T \bullet d^{-2} \bullet 10^{-(S-T_1+T_e)/T_e} \quad (\text{式 11-5})$$

式中：

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

T—居留因子，在预测目标点的剂量率水平时保守取 1；

d—X 射线源与参考点之间的距离，m；

S—屏蔽体厚度，cm；

T_1 —在屏蔽厚度中，朝向辐射源的第一个值层，cm；

T_e —平衡十分之一值层，cm；

n—为十分之一值层的个数；

H_M —关注点的辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ 。

各预测点位的参数与计算结果见表 11-5。

表 11-5 各关注点侧向 90° X 射线辐射剂量率估算结果

机房	关注点	设计屏蔽厚度 (cm)	D_{10} (Gy/h)	T_1 (cm)	T_e (cm)	距离 d (m)	居留因子 T	关注点剂量率 ($\mu\text{Sv/h}$)
	A	165.9	5.76	21.76	19.74	3.016	1	3.16E-03
	B	153.0	5.76	21.76	19.74	3.161	1	1.30E-02
	C	162.1	5.76	21.76	19.74	3.580	1	3.49E-03
	D	448.6	5.76	21.76	19.74	5.989	1	3.82E-18
	2E	138.7	5.76	21.76	19.74	4.683	1	3.13E-02
	K	402.1	5.76	21.76	19.74	6.131	1	8.28E-16
	2L	602.6	5.76	21.76	19.74	9.457	1	2.42E-26
	Q	297.1	5.76	21.76	19.74	25.584	1	9.91E-12
	R	308.666	5.76	21.76	19.74	26.578	1	2.38E-12

290.0	810	34.22	34.22	4.200	1	1.54E-01	
297.1	810	34.22	34.22	9.860	1	1.73E-02	
297.1	810	34.22	34.22	12.800	1	1.03E-02	
340.9	810	34.22	34.22	7.968	1	1.39E-03	
392.8	810	34.22	34.22	9.829	1	2.78E-05	
281.0	810	34.22	34.22	5.306	1	1.77E-01	
257.3	810	34.22	34.22	4.002	1	1.53E+00	
290.0	810	34.22	34.22	7.700	1	4.58E-02	
335.2	810	34.22	34.22	13.520	1	7.10E-04	
297.1	810	34.22	34.22	25.584	1	2.57E-03	
308.666	810	34.22	34.22	26.578	1	1.09E-03	
243.5	810	34.22	34.22	11.441	1	4.74E-01	
320.3	810	34.22	34.22	12.210	1	2.37E-03	
381.0	810	34.22	34.22	14.687	1	2.76E-05	
388.9	810	34.22	34.22	13.300	1	1.98E-05	
286.2	810	34.22	34.22	4.451	1	1.77E-01	
261.1	810	34.22	34.22	3.951	1	1.22E+00	
256.3	810	34.22	34.22	3.636	1	1.98E+00	
301.9	810	34.22	34.22	4.157	1	7.06E-02	
444.5	810	34.22	34.22	6.190	1	2.17E-06	
261.1	810	34.22	34.22	5.179	1	7.08E-01	
470.5	810	34.22	34.22	6.392	1	3.53E-07	
708.7	810	34.22	34.22	9.628	1	1.70E-14	
448.6	5.76	21.76	19.74	5.989	1	3.82E-18	

138.7	5.76	21.76	19.74	4.683	1	3.13E-02
165.9	5.76	21.76	19.74	3.016	1	3.16E-03
153.0	5.76	21.76	19.74	3.161	1	1.30E-02
162.1	5.76	21.76	19.74	3.580	1	3.49E-03
402.1	5.76	21.76	19.74	6.131	1	8.28E-16
602.6	5.76	21.76	19.74	9.457	1	2.42E-26
308.666	5.76	21.76	19.74	26.578	1	2.38E-12
297.1	5.76	21.76	19.74	25.584	1	9.91E-12
340.9	810	34.22	34.22	7.968	1	1.39E-03
297.1	810	34.22	34.22	9.860	1	1.73E-02
297.1	810	34.22	34.22	12.800	1	1.03E-02
290.0	810	34.22	34.22	4.200	1	1.54E-01
392.8	810	34.22	34.22	9.829	1	2.78E-05
281.0	810	34.22	34.22	5.306	1	1.77E-01
257.3	810	34.22	34.22	4.002	1	1.53E+00
290	810	34.22	34.22	7.700	1	4.58E-02
335.2	810	34.22	34.22	13.520	1	7.10E-04
308.666	810	34.22	34.22	26.578	1	1.09E-03
297.1	810	34.22	34.22	25.584	1	2.57E-03
320.3	810	34.22	34.22	12.210	1	2.37E-03
243.5	810	34.22	34.22	11.441	1	4.74E-01
286.2	810	34.22	34.22	4.451	1	1.77E-01
388.9	810	34.22	34.22	13.300	1	1.98E-05

381.0	810	34.22	34.22	14.687		2.76E-05
444.5	810	34.22	34.22	6.190	1	2.17E-06
261.1	810	34.22	34.22	5.179	1	7.08E-01
261.1	810	34.22	34.22	3.951	1	1.22E+00
256.3	810	34.22	34.22	3.636	1	1.98E+00
301.9	810	34.22	34.22	4.157	1	7.06E-02
470.5	810	34.22	34.22	6.392	1	3.53E-07
708.7	810	34.22	34.22	9.628	1	1.70E-14

表 11-6 各关注点侧向 90° X 射线辐射剂量率汇总估算结果

室贡 v/h)	1#辐照室贡 献 (μSv/h)	2#主机室贡 献 (μSv/h)	2#辐照室贡 献 (μSv/h)	合计 (μSv/h)
E-03	1.22E+00	/	/	1.22E+00
E-02	1.98E+00	/	/	1.99E+00
E-03	7.06E-02	/	/	7.41E-02
E-18	2.17E-06	/	/	2.17E-06
E-02	7.08E-01	/	/	7.39E-01
E-16	3.53E-07	2.42E-26	1.70E-14	3.53E-07
E-26	2.57E-03	2.38E-12	1.09E-03	3.66E-03
E-12	1.09E-03	9.91E-12	2.57E-03	3.66E-03
	1.54E-01	/	/	1.54E-01
	1.73E-02	/	2.37E-03	1.97E-02
	1.03E-02	/	2.76E-05	1.03E-02
	1.39E-03	/	/	1.39E-03
	2.78E-05	/	/	2.78E-05
	1.77E-01	/	/	1.77E-01

/	1.53E+00	/	/	1.53E+00
/	4.58E-02	/	/	4.58E-02
/	7.10E-04	/	/	7.10E-04
/	4.74E-01	/	4.74E-01	9.48E-01
/	2.37E-03	/	1.73E-02	1.97E-02
/	2.76E-05	/	1.03E-02	1.03E-02
/	1.98E-05	/	1.98E-05	3.96E-05
/	1.77E-01	/	/	1.77E-01
/	/	3.82E-18	2.17E-06	2.17E-06
/	/	3.13E-02	7.08E-01	7.39E-01
/	/	3.16E-03	1.22E+00	1.22E+00
/	/	1.30E-02	1.98E+00	1.99E+00
/	/	3.49E-03	7.06E-02	7.41E-02
4.85E-26	1.70E-14	8.28E-16	3.53E-07	3.53E-07
/	/	/	1.39E-03	1.39E-03
/	/	/	1.54E-01	1.54E-01
/	/	/	2.78E-05	2.78E-05
/	/	/	1.77E-01	1.77E-01
/	/	/	1.53E+00	1.53E+00
/	/	/	4.58E-02	4.58E-02
/	/	/	7.10E-04	7.10E-04
/	/	/	1.77E-01	1.77E-01

注点辐射剂量率均小于 2.5 μ Sv/h，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）“电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 μ Sv/h”的要求。

(3) 防护门的屏蔽计算

本项目拟建两间加速器机房，机房南北方向对称布置，即辐照室出口 1D 点和 1G 点对称，辐照室入口 1E 点和 1L 点对称，主机室 2E 点和 2G 点对称。由于本项目两间机房内拟安装的辐照装置型号、参数均相同，且两间机房的布局和屏蔽厚度完全相同，本项目迷道散射计算示意图以 1#辐照室、1#主机室示意。

①迷道内入口防护计算

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 中的公式（A-5），可以保守的估算迷道外入口的剂量率：

$$H_{1, ij} = \frac{D_{10} \cdot \alpha_1 \cdot A_1 \cdot (\alpha_2 \cdot A_2)^{j-1}}{(d_1 \cdot d_{r1} \cdot d_{r2} \dots d_{rj})^2} \quad (\text{式 11-6})$$

式中：

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

α_1 —入射到第一个散射体的 X 射线的散射系数，本项目 α_1 取 5×10^{-3} ；

α_2 —从以后的物质散射出来的 0.5MeV 的 X 射线的散射系数（假设对以后所有散射过程是相同的），本项目 α_2 取 2×10^{-2} ；

A_1 —X 射线入射到第一散射物质的散射面积， m^2 ；

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

d_1 —X 射线源与第一散射物质的距离，m；

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

j —指第 j 个散射过程。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A 中的公式（A-5），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 0.005，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， $E=0.5\text{MeV}$ ）值为 0.02。

辐照室迷道散射计算的 $D_{10}=810\text{Gy/h}$ 。辐照室迷道散射面积的确定： A_1 为第一次散射宽度和高度的乘积；由于本项目辐照室迷道为不规则迷道，故之后的散射面积保守取射线入射到散射面上的最大散射面积，即为散射面宽度与高度的乘积。

根据上式计算可知，因迷道散射引起的迷道内入口的剂量率（未考虑防护门的屏蔽）估算结果见表 11-7，散射路径图见图 11-8~11-9。

0

9

f

8

图 11-8 主机室迷道散射计算示意图

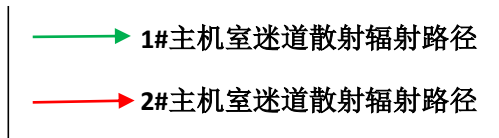




图 11-9 辐照室迷道散射计算示意图

表 11-7 迷道散射对关注点贡献值计算（不考虑屏蔽门）

关注点	D_{10} (Gy/h)	α_1	A_1 (m ²)	$\alpha_{2\cdots j}$	A_2 (m ²)	A_3 (m ²)	A_4 (m ²)	d_1 (m)	d_{r1} (m)	d_{r2} (m)	d_{r3} (m)	d_{r4} (m)	H 迷道 (μ Sv/h)	H 侧向 (μ Sv/h)	合计 (μ Sv/h)
	810	0.005	5.0925	0.02	3.1095	1.218	1.2015	4.233	2.4	3.967	3.887	2.123	6.79E-03	1.39E-03	8.18E-03
	810	0.005	3.192	0.02	3.6345	1.125	4.4415	6	2.533	4.06	3.858	2.291	6.31E-03	2.78E-05	6.34E-03
	5.76	0.005	11.351	0.02	2.450	2.310	2.310	1.580	1.540	0.945	1.280	1.620	1.50E+00	7.39E-01	2.24E+00

- , 从辐射源到关注点（迷道内入口）经过数次散射后，辐照室和主机室迷道内入口的散射辐射剂量率分别为 6.79E-03 μ Sv/h、6.31E-03 μ Sv/h 和 1.50E+00 μ Sv/h，与侧向 90° X 射线的辐射剂量率叠加后，辐射剂量率分别为 8.18E-03 μ Sv/h、6.34E-03 μ Sv/h 和 2.24E+00 μ Sv/h，辐照室、主机室迷道设计合理。

②防护门外剂量率水平计算

对于主机室，当入射电子能量为 1.9MeV 时散射一次后 X 射线的能量为 0.5MeV。根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A，屏蔽门的屏蔽厚度的计算可采用曲线图解法和十分之一值层法核算，本项目采用 2mm 铁+10mm 混凝土的防护门，不适用十分之一值层法，经查 NCRP-51 报告图 E.8，入射电子能量为 0.5MeV、混凝土厚度为 10mm 时，无法查出该条件下对应的透射因子，在不计入主机室防护门的防护能力的情况下主机室防护门外剂量率为 2.24E+00 μ Sv/h，满足屏蔽门外侧最大允许周围剂量当量率 2.5 μ Sv/h 的要求，故主机室防护门外剂量率取 2.24E+00 μ Sv/h。

(3) 侧向散射和天空反散射

由于加速器辐照室靠近周边厂房，这些区域均有相关人员长期居留，因此需考虑侧向散射和天空反散射。

①天空反散射的影响

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录 A.3.2.1，在现有屏蔽条件下，天空反散射造成的 X 射线周围剂量当量率为：

$$H = \frac{2.5 \times 10^{-2} (B_{xs} \cdot D_{10} \cdot \Omega^{1.3})}{(d_i \cdot d_s)^2} \quad (\text{式 11-7})$$

式中：

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

d_i —在屋顶上方 2m 处离靶的垂直距离，m；

屋顶的屏蔽透射比 B_{xs} 为：

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

式中：

H_M —P 点所在位置的最大允许周围剂量当量率， μ Sv/h

考虑天空反散射，本项目与屋顶的散射面呈现倒金字塔形，立体角计算公式参考《医用电子加速器机房天空反散射估算方法》（中国辐射卫生 2007 年 6 月第 16 卷第 2 期）提供的计算方法，如下：

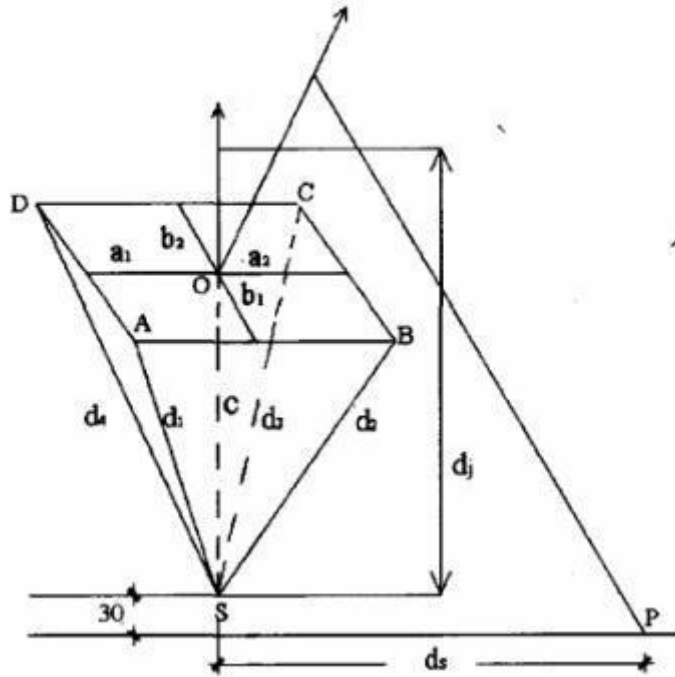


图 11-10 棱锥立体角天空反散射示意图

将靶点 S 当作向 2π 方向出束的裸源。靶向 S 为顶点，而除迷路外机房顶层 ABCD 平面为棱锥底面，该校锥顶点向底平面所张的立体角计算公式：

$$\Omega = \sum_{i=1}^4 \operatorname{tg}^{-1} \left[\frac{a_i b_i}{c_i d_i} \right] = \operatorname{tg}^{-1} \left[\frac{a_1 b_1}{c d_1} \right] + \operatorname{tg}^{-1} \left[\frac{a_2 b_1}{c d_2} \right] + \operatorname{tg}^{-1} \left[\frac{a_2 b_2}{c d_3} \right] + \operatorname{tg}^{-1} \left[\frac{a_1 b_2}{c d_4} \right] \quad (\text{式 11-9})$$

本项目 a_1 、 b_1 、 a_2 、 b_2 分别是束轴中心至主机室顶部内表面边界的距离； C 为靶点至主机室顶部内表面距离。

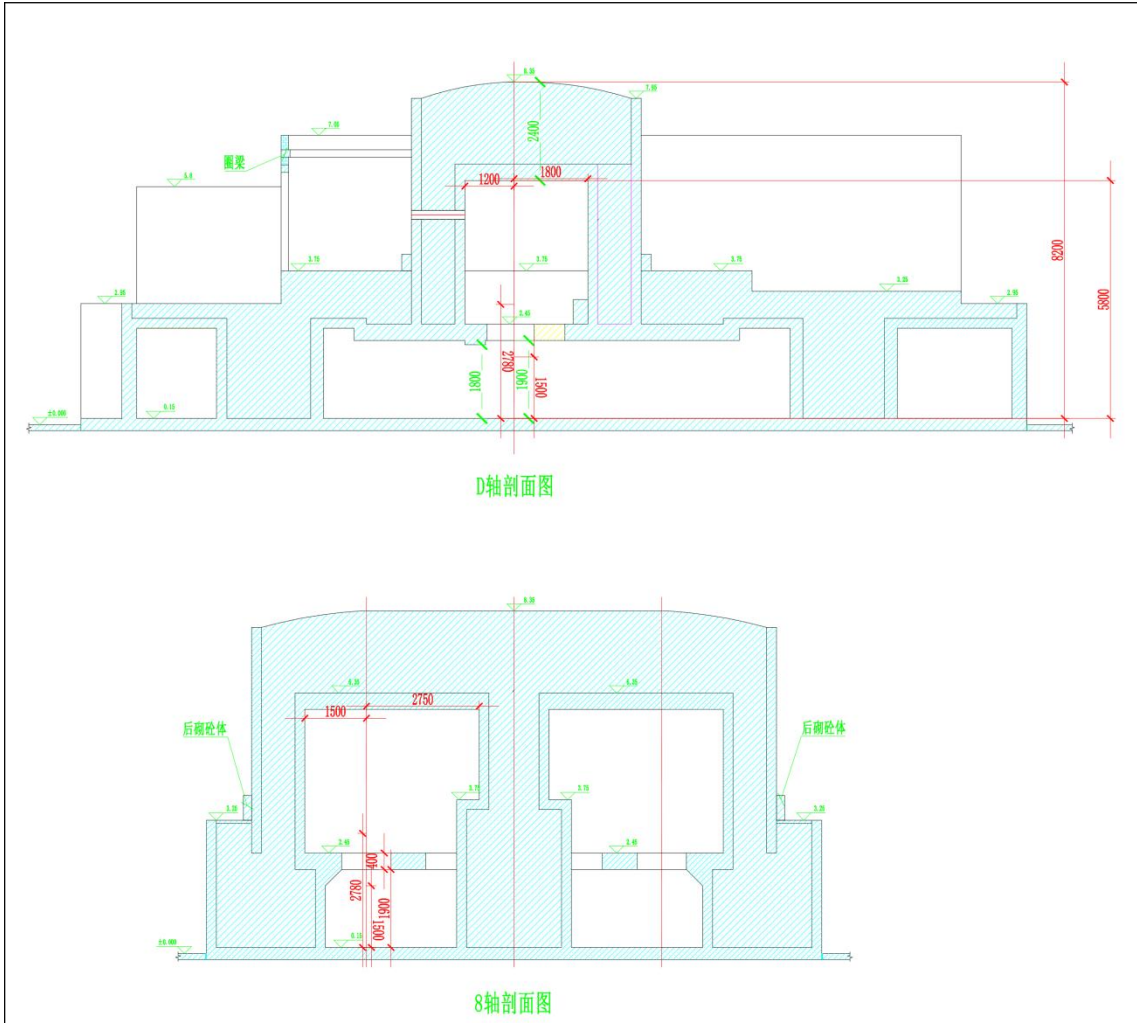


图 11-11 天空反散射计算参数示意图

对于天空反散射，综合考虑辐照室和主机室辐射对参考点 P 的剂量贡献。加速器机房西侧设有办公区域，故 P 点居留因子取 1，则 P 点最大允许周围剂量当量率为 $H_M=0.1\text{mSv}/(2000\text{h}\times 1)=0.05\ \mu\text{Sv/h}$ 。

表 11-10 屋顶天空反散射计算结果

源项	关注点	d_s (m)	H_M ($\mu\text{Sv/h}$)	d_i (m)	D_{10} (Gy/h)	Ω	T_1	T_e	最低混凝土厚度 (cm)	设计混凝土厚度 (cm)
辐照室					0	0.57	34.22	34.22	130.3	240
主机室					6	1.00	21.76	19.74	43.8	240

从上，，，，机室楼顶设计厚度大于计算值，满足防护要求。

②周围剂量当量率计算结果

主机室屋顶厚度设计为 240cm 混凝土，屋顶的屏蔽透射比计算如下：

表 11-11 屋顶屏蔽透射比计算

关注点	屏蔽厚度	T ₁	T _c	B _{xs}
辐照室 (6MeV)	240	34.22	34.22	9.70E-08
主机室 (6MeV)	240	21.76	19.74	8.80E-13

天空反散射计算结果见下表：

表 11-12 天空反散射计算结果

源项	D ₁₀ (Gy/h)	d _i (m)	d _s (m)	Ω	设计混凝土厚度 (cm)	B _{xs}	H (μSv/h)
辐照室				0.57	240	9.70E-08	3.12E-05
主机室				1.00	240	8.80E-13	5.75E-12
量率							3.12E-05

根据以上计算结果可知，主机室楼顶设计厚度大于计算值。且 1 台加速器运行时由于天空反，散射引起地面剂量率水平为 3.12E-05 μSv/h，2 台加速器同时运行时保守按单台的 2 倍估算，由天空反散射引起地面剂量率水平为 6.24E-05 μSv/h，故 P 点的辐射剂量率为 6.24E-05 μSv/h，小于 P 点的最大允许周围剂量当量率 0.05 μSv/h，满足对应区域周围剂量当量率的要求。

③X 射线通过屋顶的侧向散射

当加速器近邻有高层建筑时，通过混凝土屋顶 X 射线的侧向散射可用以下经验公式计算：

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

式中：

H—X 射线侧向散射周围剂量当量率，Sv/h；

D₁₀—靶上方 1 米处 X 射线的吸收剂量率，Gy/h；

F—靶上方 1 米处照射野的面积，m²；

f(θ)—由表 A.5 中给出的 X 射线的角度分布函数；

d_R—从屋顶上方束流中心到关注点的距离，m，d_R=X 水平/cos θ；

T—屋顶厚度，m；

T₁、T_c分别为屋顶屏蔽材料的第一个和平衡十分之一值层，m。

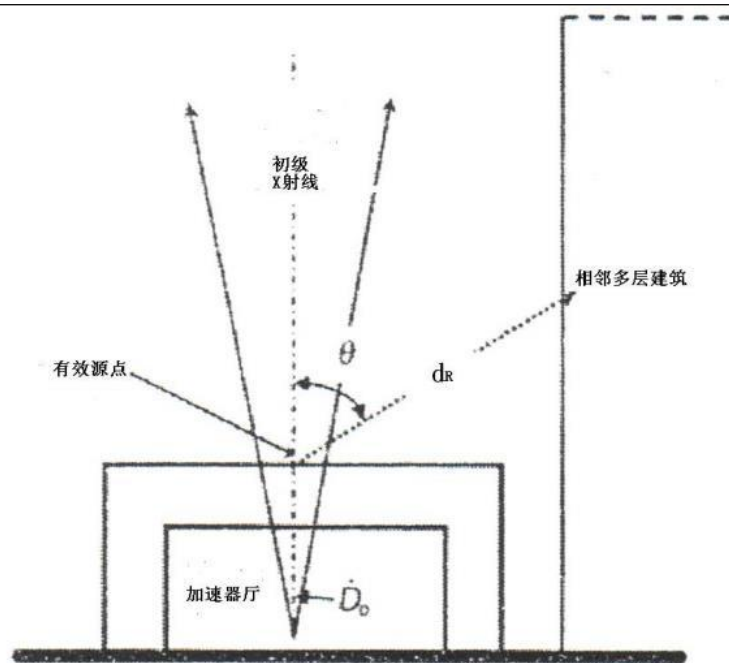


图 11-12 X 射线侧向散射示意图

根据设计文件，机房所在厂房高度 9.35m，本项目建设完成后，加速器主机室屋顶的高度为 8.35m。在 50m 评价范围内现有高层建筑为本项目机房所在厂房（1#厂房，为钢架结构建筑，估算过程不考虑 1#厂房的屏蔽作用），机房南侧 33.2m 处规划建设一栋多层建筑（2#厂房），该栋多层建筑位于建设单位用地红线内，属于建设单位规划建筑物，高度为 23.7m，距离本项目机房约 33.2m。当加速器近邻有高层建筑时，则 X 射线通过屋顶后侧向散射对建筑物造成辐射影响。故本次评价计算关注点 J 距离加速器机房屋顶上方束流中心的水平距离为 33.2m，J 高度按 9~24m 评价。

本项目主机室屋顶混凝土厚度为 240cm。对于辐照室，其 $D_{10}=810\text{Gy/h}$ ，主机室屋顶屏蔽透射因子根据前文计算结果为 $9.70\text{E}-08$ ，根据设计文件，在辐照室靶上方 4.3m 处照射野 F 面积为 12.75m^2 ，计算在靶上方 1m 处照射野面积为 0.69m^2 。对于主机室，其 $D_{10}=5.76\text{Gy/h}$ ，其屋顶屏蔽透射因子根据前文计算结果为 $8.80\text{E}-13$ ，根据设计文件，在主机室靶上方 3.02m 处照射野面积为 12.75m^2 ，计算在上方 1m 处照射野面积为 1.40m^2 。

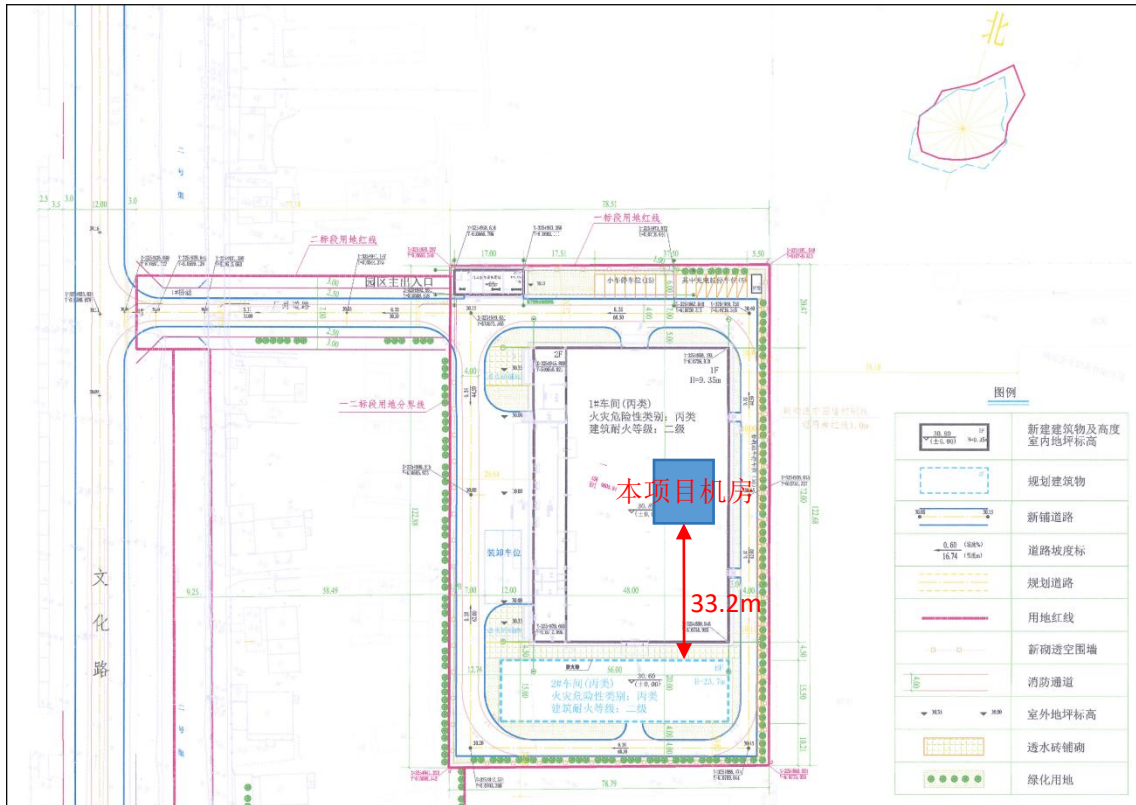


图 11-13 加速器机房屋顶上方束流中心周边环境距离示意图

表 11-15 周边高层建筑保护目标与本项目屋顶上方束流中心的距离及高度

序号	关注点高度	距本项目束流中心的垂直距	距本项目束流中心的水平距	d_R (m)	夹角 θ
				33.21	88.88
				33.40	83.73
				34.57	73.79
				35.53	69.14
				36.58	65.19
				36.70	64.76

X 射线的侧向散射计算结果见下表:

表 11-16 辐照室和主机室 X 射线的侧向散射计算结果

源项	序号	D_{10} (Gy/h)	F(m ²)	f (°)	d_R (m)	t (cm)	T_i (cm)	T_e (cm)	H (μ Sv/h)
	1	240	34.22	34.22	2.46E-04				
	0	240	34.22	34.22	6.80E-04				
	7	240	34.22	34.22	1.59E-03				
	3	240	34.22	34.22	1.50E-03				
	8	240	34.22	34.22	2.63E-03				
	0	240	34.22	34.22	2.62E-03				
	1	240	21.76	19.74	3.22E-11				
	0	240	21.76	19.74	8.90E-11				
	7	240	21.76	19.74	2.08E-10				

240	21.76	19.74	1.97E-10
240	21.76	19.74	3.45E-10
240	21.76	19.74	3.42E-10

》（HJ979-2018）附录 A 表 A.5 取值。当关注保守取表 A.5 角度对应的 $f(\theta)$ 较大值；当关注保守取表 A.5 角度对应的 $f(\theta)$ 。

布置且屏蔽厚度一样。由于表 11-16

中侧向散射的 X 射线周围剂量当量率计算值很小，2#辐照室、2#主机室内的 X 射线到达关注点 J 的距离更远，因此在计算关注点 J 的合计辐射剂量率时只考虑关注点最近加速器机房的影响，不考虑另一间加速器机房的影响。

表 11-17 X 射线的侧向散射计算结果对关注点剂量贡献值

关注点名称	辐照室贡献值 ($\mu\text{Sv/h}$)	主机室贡献值 ($\mu\text{Sv/h}$)	总计 ($\mu\text{Sv/h}$)
J1	2.46E-04	3.22E-11	2.46E-04
J2	6.80E-04	8.90E-11	6.80E-04
J3	1.59E-03	2.08E-10	1.59E-03
J4	1.50E-03	1.97E-10	1.50E-03
J5	2.63E-03	3.45E-10	2.63E-03
J6	2.62E-03	3.42E-10	2.62E-03

根据上表，在机房南侧建设高度为 9~24m 的高层建筑时，J1-J6 关注点剂量率小于公众的允许剂量水平。

(4) 关注点剂量率汇总

根据前文计算结果，汇总得到本次环评各关注点剂量率：

表 11-18 关注点辐射剂量贡献值

关注点	侧向 90°X 射线 ($\mu\text{Sv/h}$)	迷道散射 ($\mu\text{Sv/h}$)	天空反散射 ($\mu\text{Sv/h}$)	通过屋顶的侧向散射 ($\mu\text{Sv/h}$)	总贡献值 ($\mu\text{Sv/h}$)
	1.22E+00	/	/	/	1.22E+00
	1.99E+00	/	/	/	1.99E+00
	7.41E-02	/	/	/	7.41E-02
	2.17E-06	/	/	/	2.17E-06
	7.39E-01	1.50E+00	/	/	2.24E+00
	3.53E-07	/	/	/	3.53E-07
	3.66E-03	/	/	/	3.66E-03
	3.66E-03	/	/	/	3.66E-03
	1.54E-01	/	/	/	1.54E-01

.97E-02	/	/	/	1.97E-02
.03E-02	/	/	/	1.03E-02
.39E-03	6.79E-03	/	/	8.18E-03
.78E-05	6.31E-03	/	/	6.34E-03
.77E-01	/	/	/	1.77E-01
53E+00	/	/	/	1.53E+00
.58E-02	/	/	/	4.58E-02
.10E-04	/	/	/	7.10E-04
.48E-01	/	/	/	9.48E-01
.97E-02	/	/	/	1.97E-02
.03E-02	/	/	/	1.03E-02
.96E-05	/	/	/	3.96E-05
.77E-01	/	/	/	1.77E-01
.17E-06	/	/	/	2.17E-06
.39E-01	1.50E+00	/	/	2.24E+00
22E+00	/	/	/	1.22E+00
99E+00	/	/	/	1.99E+00
.41E-02	/	/	/	7.41E-02
.53E-07	/	/	/	3.53E-07
.39E-03	1.36E+00	/	/	1.36E+00
.54E-01	/	/	/	1.54E-01
.78E-05	7.20E-01	/	/	7.20E-01
.77E-01	/	/	/	1.77E-01
53E+00	/	/	/	1.53E+00
.58E-02	/	/	/	4.58E-02
.10E-04	/	/	/	7.10E-04
.77E-01	/	/	/	1.77E-01
			/	6.24E-05
			.46E-04	2.46E-04
			.80E-04	6.80E-04
			.59E-03	1.59E-03

||

1.50E-03	1.50E-03
2.63E-03	2.63E-03
2.62E-03	2.62E-03

0cm 周围剂量当量率

及以外区域满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979—2018）中的要求，即“电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 μSv/h”标准要求。

2、项目运行对周围保护目标可能造成的辐射影响

(1) 计算公式

X-γ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量计算公式如下：

$$He=Dr \times t \times 10^{-3} \quad (\text{式 11-11})$$

式中：

He —— X、γ 射线外照射人均年有效剂量当量，mSv/a；

Dr —— X、γ 射线空气吸收剂量率，μSv/h；

t —— X、γ 射线照射时间，h/a。

(2) 估算结果

根据屏蔽计算结果，本项目运行过程中对人员可能产生的年有效剂量见表 11-19。

表 11-19 项目运行过程中对人员可能产生的年有效剂量

人员	计算参数			计算结果	年剂量管理目标值 (mSv/a)
	r (μSv/h)	t (h/a)	居留因子	He (mSv/a)	
	1.22E+00	2000	1/40	6.10E-02	5
	1.99E+00	2000	1/40	9.95E-02	0.1
	7.41E-02	2000	1/40	3.71E-03	5
	2.17E-06	2000	1/40	1.09E-07	0.1
	2.24E+00	2000	1/40	1.12E-01	5
	3.53E-07	2000	1	7.06E-07	5
	3.66E-03	2000	1	7.32E-03	0.1

3.66E-03	2000	1	7.32E-03	0.1
1.54E-01	2000	1/40	7.70E-03	0.1
1.97E-02	2000	1/40	9.85E-04	0.1
1.03E-02	2000	1/40	5.15E-04	0.1
8.18E-03	2000	1/40	4.09E-04	0.1
6.34E-03	2000	1/40	3.17E-04	0.1
1.77E-01	2000	1/40	8.85E-03	0.1
1.53E+00	2000	1/40	7.65E-02	0.1
4.58E-02	2000	1	9.16E-02	0.1
7.10E-04	2000	1	1.42E-03	0.1
9.48E-01	2000	1/40	4.74E-02	0.1
1.97E-02	2000	1/40	9.85E-04	0.1
1.03E-02	2000	1/40	5.15E-04	0.1
3.96E-05	2000	1/40	1.98E-06	0.1
1.77E-01	2000	1/40	8.85E-03	0.1
2.17E-06	2000	1/40	1.09E-07	0.1
2.24E+00	2000	1/40	1.12E-01	5
1.22E+00	2000	1/40	6.10E-02	5
1.99E+00	2000	1/40	9.95E-02	0.1
7.41E-02	2000	1/40	3.71E-03	5
3.53E-07	2000	1	7.06E-07	5
1.36E+00	2000	1/40	6.80E-02	0.1
1.54E-01	2000	1/40	7.70E-03	0.1
7.20E-01	2000	1/40	3.60E-02	0.1
1.77E-01	2000	1/40	8.85E-03	0.1
1.53E+00	2000	1/40	7.65E-02	0.1
4.58E-02	2000	1	9.16E-02	0.1
7.10E-04	2000	1	1.42E-03	0.1

1.77E-01	2000	1/40	8.85E-03	0.1
6.24E-05	2000	1	1.25E-04	0.1
2.46E-04	2000	1	4.92E-04	0.1
6.80E-04	2000	1	1.36E-03	0.1
1.59E-03	2000	1	3.18E-03	0.1
1.50E-03	2000	1	3.00E-03	0.1
2.63E-03	2000	1	5.26E-03	0.1
2.62E-03	2000	1	5.24E-03	0.1

由上表可知，本项目辐射工作人员可能受到的最大年有效剂量为 1.12E-01mSv，公众可能受到的最大年有效剂量为 9.95E-02mSv，均满足公司设定的年有效管理目标值（辐射工作人员年有效剂量管理目标值 $\leq 5\text{mSv/a}$ ，公众人员年有效剂量管理目标值 $\leq 0.1\text{mSv/a}$ ），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和公司设定的年有效剂量管理目标值的要求。

3、有害气体、固体废物、废水的环境影响分析

1) 有害气体影响评价

空气在辐射照射下产生臭氧（O₃）和氮氧化物（NO_x）等有害气体。氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，且以臭氧的毒性最高，所以本项目主要考虑臭氧的产生及其防护。

本项目每间辐照室内拟设置地下风管，排气管道孔径约为φ500mm，计划每间辐照室的排风量为8000m³/h左右，即每间辐照室每小时换气次数约为9次。本项目地下风管由辐照室扫描窗下方往东侧延伸至机房二楼仓库下方迷道，再往上转弯“S”形穿过仓库底部（即迷道顶板），再依次穿过仓库顶部、1#厂房顶部至1#厂房顶部上方5.5m处（即排放口位于机房所在厂房顶部上方5.5处），辐照室内产生的臭氧和氮氧化物可直接排出至厂房外，臭氧在空气中可自行分解为氧气，对周围环境空气质量影响较小。

①臭氧的产生

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979—2018）附录B，臭氧产额估算方法如下：

$$P = 45dIG \quad (\text{式 11-12})$$

式中：

P—单位时间电子束产生的 O₃ 的质量，mg/h；

—

G—空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O₃ 分子数，保守值取 10。

②辐照室臭氧的平衡浓度

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979—2018）附录B，辐照室臭氧的平衡浓度估算方法如下：

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

$$T_e = \frac{T_v \times T_d}{T_v + T_d} \quad (\text{式 11-14})$$

式中：

C_s—辐照室内臭氧平衡浓度，mg/m³；

P—单位时间电子束产生 O₃ 的质量，mg/m³；

T_e —对臭氧的有效消除时间, h;
 T_v —辐照室换气一次所需的时间, h;
 T_d —臭氧的有效化学分解时间, 约为 50 分钟;
 V —辐照室容积, m^3 。

③臭氧的排放

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979—2018)附录 B, 关闭加速器后风机运行的持续时间估算方法如下:

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

式中:

C_0 —GBZ2.1 规定的臭氧的最高容许浓度, $C_0=0.3\text{mg}/\text{m}^3$;

T —为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间。

具体的计算参数和结果见表 11-20。

表 11-20 机房臭氧饱和浓度及换气所需时间预测

I (电子束强度, mA)
d (电子在空气中的行程, cm)
G (空气吸收 100eV 辐射能量产生的 O_3 分
P (单位时间电子束产生的 O_3 的质量, mg/h
V (辐照室容积, m^3)
T_v (辐照室换气一次所需的时间, h)
T_d (臭氧的有效化学分解时间, 约为 50 分
C_s (辐照室内臭氧平衡浓度, mg/m^3)
T (为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所需

由上表可知, 本项目电子加速器停止工作后, 加速器机房内通风系统继续工作 24min 后, 机房内的臭氧浓度可降低至《工作场所有害因素职业接触限值第 1 部门化学有害因素》(GBZ2.1—2019)中“工作场所空气中化学有害因素的职业照射限值: $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ ”, 此时工作人员进入辐照室是安全。氮氧化物的产生量约为臭氧的 1/3, 臭氧的平衡浓度为 $9.84\text{mg}/\text{m}^3$, 则氮氧化物平衡浓度为 $3.28\text{mg}/\text{m}^3$ 。

2) 固体废物的环境影响评价

本项目运行时产生的固体废物主要有生活垃圾、办公垃圾等，生活垃圾和办公垃圾收集后交由环卫部门统一处理。故本项目产生的固体废物对周围环境影响较小。

3) 废水环境影响评价

本项目运行时产生的废水主要为生活污水等，生活污水依托厂区化粪池处理后排入市政管网。故本项目产生的废水对周围环境影响较小。

4) 噪声环境影响分析

本项目运行时辐照室的风机会产生噪声，建设单位应配备低噪声风机，采取基础减震、建筑隔声等措施使得本项目风机产生的噪声再经厂区内距离衰减后对厂界外声环境影响较小。

事故影响分析：

一、事故分级

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 第 709 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 11-9。

表 11-9 辐射事故等级划分表

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

二、可能发生的事故

该电子加速器辐照项目可能发生的辐射事故主要是误照射，即对辐射工作人员或公众造成不必要的剂量照射。事故类型包括以下情况：

(1) 通风装置联锁失效，电子加速器停机后，未达到预先设定的时间，防

护门即开启，检修人员进入臭氧浓度超标的主机室时吸入过量的臭氧、氮氧化物等有害气体。

(2) 加速器机房屏蔽结构劳损，导致防护屏蔽能力下降，对周围的辐射工作人员和公众造成超剂量照射。

(3) 设备维修或调试时设置临时旁路，维修或调试终止后未及时拆除旁路开关，造成辐射事故发生。

(4) 由于设备故障，控制系统失效，人为事故等造成意外照射。

(5) 设备检修时，没有采取可靠的断电措施导致意外开启加速器，使检修人员受到意外照射。

(6) 主机室防护门、辐照室迷道出入口防误入装置、门机联锁及巡检按钮联锁同时失效，辐射工作人员在辐照室和主机室内巡视过程中，意外开启加速器的高压电源，导致工作人员被意外照射。

三、事故预防措施

为防止辐射事故的发生，本项目设计了实体屏蔽和一系列有效的辐射安全设施，为本项目的安全运行提供了基础条件。作为使用者和管理者，建设单位还应通过加强安全管理进一步防止辐射事故的发生。

(1) 每次使用前检查辐照室、主机室的联锁装置、紧急停机开关、报警灯、通风系统和冷却水系统等安全设施及其它各项辐射安全与防护设施，保证各项辐射安全与防护设施的正常运行。相关辐射安全与防护设施若出现故障或失效时，应停止辐照装置的运行并及时维修，严禁设备带故障运行。

(2) 制定的安全管理制度和安全操作规程，严格按照操作规程进行作业，确保安全。

(3) 加强辐射工作人员的辐射安全教育和培训，确保辐射工作人员具备良好的辐射安全文化素质和专业知识。

四、应急方案的启动

(1) 一旦发生辐射事故，即时启动《辐射事故应急预案》。发生辐射事故时，当事人应即刻报告科室负责人，科室负责人随即通知辐射事故应急处理领导小组有关成员采取应急相应救助措施。

(2) 发生辐射事故时，应急处理小组各成员应认真履行各职责，各相关部

门应积极协调配合，以便能妥善处理所发生的辐射事故。

(3) 各应急救助物质应准备充分、调配及时。

(4) 发生事故后应在 2 小时内报告生态环境、卫生行政部门。

表 12 辐射安全管理

一、辐射安全与环境保护管理机构的设置

1、辐射安全与环境保护领导小组

湖南雷大辐照科技有限公司成立了由法人/总经理担任主任的“辐射安全管理委员会”（见附件 2），该委员会由 5 名人员组成，负责公司的辐射安全管理工作。

辐射安全管理委员会的职责主要为：

- （1）制定辐射安全与防护管理制度；
- （2）开展辐射安全与防护管理工作，履行确保辐射安全的工作职责；
- （3）定期发布关于辐射防护等相关国家标准和指南。

2、辐射工作人员管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，使用Ⅱ类射线装置的单位，其辐射工作人员应当接受由省级以上人民政府环境保护主管部门评估并推荐的辐射安全培训的单位组织的初级辐射安全培训。根据生态环境部2019年12月24日印发的《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》（生态环境部公告第57号，2019年）的规定，自2020年1月1日起，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通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台自行学习相关知识，并通过培训平台报名参加考核，2020年1月1日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。

本项目电子直线加速器为公司首次申请使用，计划配置5名辐射工作人员，具体辐射工作人员名单暂未确定，待名单落实后，公司应组织本项目5名辐射工作人员通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台学习辐射安全与防护知识，并参加考核，确保在本项目建成前所有辐射工作人员持证上岗，另外，公司制定了《人员培训计划》，按照每五年一次复训，对从事放射性工作的人员按时复训。

公司应在本项目运行前安排新增的辐射工作人员进行上岗前体检，且体检结果为可从事放射岗位工作，并为新增放射工作人员配备个人剂量计。

综上，本项目新增的放射工作人员均需进行岗前体检、配备个人剂量计，且取得辐射安全与防护知识考核成绩合格单后方能上岗操作。

二、辐射安全管理规章制度

为保障放射性同位素和射线装置正常运行时周围环境的安全，确保公众、操作人员避免遭受意外照射和潜在照射，公司针对辐射情况制定了以下管理制度：制定了《辐射防护与安全管理制度》、《辐射防护和安全保卫制度》、《监测方案》、《辐射事故/事件应急预案》、《电子直线加速器安全操作规程》、《电子加速器系统设备检修维护制度》、《人员岗位职责》等相关制度（详见附件3、5）。

建设单位在日常工作中应认真执行相关操作规程和制度，在开展射线装置工作时，应从以下几个方面加强管理：

①建设单位应加强对辐照装置安全和防护状况的日常检查，发现安全隐患应当立即整改；当安全隐患可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染时，应立即停止辐射作业并报环境保护主管部门，经环境保护主管部门检查核实安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

②为确保放射防护的可靠性，维护辐射工作人员和周围公众的权益、履行放射防护职责，避免事故的发生。建设单位应培养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，编制安全和防护状况评估报告，并于每年1月31日前上传至“全国核技术利用辐射安全申报系统”中。

③建设单位在今后工作中，应不断总结经验，根据实际情况，加以完善和补充，并确保各项制度的落实，并根据环境保护管理部门对辐射环境管理的要求对相关内容进行补充和修改。

建设单位应在今后工作中，不断总结经验，根据实际情况，根据环境保护管理部门对辐射环境管理的要求，对各项制度加以完善和补充，确保各项制度的落实。

三、辐射监测

1、监测计划

（1）验收监测

本次评价项目正式投入使用前，公司将委托有相关资质的监测机构对辐照工作场所进行全面的辐射屏蔽监测，确认其外围环境辐射水平满足相关国家标准的要求；确认辐照系统在额定工作条件下，周围辐射水平应满足致受照人员的个人年有效剂量符合《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）对个人

剂量约束的要求——辐射工作人员个人年有效剂量不超过 5mSv；公众成员个人年有效剂量不超过0.1mSv。

(2) 日常自行监测

本项目的辐照系统配备有固定式辐照剂量率监测仪，分别监测辐照室、主机室内的辐射水平，当其中一个超过设定阈值，即发出声光报警信号。同时，公司拟为本项目配备个人剂量报警仪5台、便携式X-γ监测仪2台和个人剂量计 5个等，用于辐射工作场所的常规辐射水平自行检测及个人剂量监测，并将监测结果记录存档。

公司已制定《监测计划》，本项目运行过程中按照制度要求，每月由辐射工作人员使用辐射剂量率监测设备对辐照室外环境进行辐射水平监测，确认其辐射水平处在合理的正常水平范围内，并将巡测结果记录存档。

(3) 辐射工作人员个人剂量监测

便携式X-γ监测仪与加速器钥匙相连，辐射工作人员使用过程中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。

公司将为每名辐射工作人员配置个人剂量计，辐射工作人员必须佩戴个人剂量计上岗，个人剂量计每3个月送有资质单位检测一次，建立个人剂量档案并长期保存。

(4) 年度监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令 第18号）第九条规定：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，可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。

本项目建设完成后，公司应按要求严格执行监测计划，每年委托有资质的单位对辐照工作场所进行监测，并将年度监测数据将作为公司放射性同位素与射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分，每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

(5) 监测异常处理

验收监测时，一旦发现辐射水平异常（如加速器机房四周屏蔽墙外30cm处、防护门缝处周围剂量当量率大于2.5 μ Sv/h、通风管道破损等）时，应查找原因，进行整改。整改完成后委托有资质的第三方机构对辐射工作场所重新进行辐射环境监测，经检测合格后，方可通过竣工环境保护验收；年度辐射检测及日常检测时，一旦发现辐射水平异常应立即停止工作，查找原因，进行整改。整改完成后委托有资质的第三方机构对辐射工作场所进行辐射环境监测，经检测合格后，方可继续开展工作。

验收监测、年度监测、日常监测及个人剂量监测具体计划详见下表。

表 12-1 监测计划表

监测类别	监测因子	监测频率	监测方案	监测方式	控制水平	超标处理方案
验收监测	X- γ 辐射剂量率	竣工环境保护验收时期监测一次	加速器机房四周屏蔽墙外 30cm 处、操作位、防护门门缝处、辐照产品出入口、周围人员易活动区域等	委托有资质单位	不大于 2.5 μ Sv/h	立即停止相关辐射工作，查找原因，整改完成后委托有资质的第三方机构进行复核，经检测合格后方可继续开展工作。
年度检测		每年一次				
日常监测		每月一次		自行监测并备档		
个人剂量监测	个人剂量当量	每三个月一次	辐射工作人员佩戴个人剂量计，并定期送检	委托有资质的单位	年有效剂量不超过 5mSv	暂停该名辐射工作人员工作，查明原因，规范管理

2、日常检修（管理）及记录

公司制定了辐照装置的维护检修制度，定期巡视检查（检验）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。

（1）日检查

电子加速器辐照装置上的常用安全设备应每天进行检查，发现异常情况时必须及时修复。常规日检查项目包括下列内容：

- a、工作状态指示灯、报警灯和应急照明灯；
- b、辐照装置安全联锁控制显示状况；

c、个人剂量报警仪和便携式辐射监测仪器工作状况。

(2) 月检查

电子加速器辐照装置上的重要安全设备或安全程序应每月定期进行检查,发现异常情况时必须及时修复或改正。月检查项目包括:

- a、辐照室内固定式辐射监测仪设备运行状况;
- b、控制台及其他所有紧急停止按钮;
- c、通风系统的有效性;
- d、验证安全联锁功能的有效性;
- e、烟雾报警器功能正常。

(3) 半年检查

电子加速器辐照装置的安全状况应每6个月定期进行检查,发现异常情况时必须及时采取改正措施。其检查范围包括:

- a、配合年检修的检测;
- b、全部安全设备和控制系统运行状况。

(4) 记录

公司建立了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:

- a、运行工况;
- b、辐照产品的情况
- c、发生的故障及排除方法;
- d、外来人员进入控制区情况;
- e、个人剂量计佩戴情况;
- f、个人剂量、工作场所和周边环境的辐射监测结果;
- g、检查和维修维护的内容与结果;

四、辐射事故应急预案

为建立健全辐射事故应急机制,及时处置突发辐射事故,提高应急处置能力,最大程度地减少辐射事故及其可能造成的人员伤害和财产损失,公司已制定了《辐射事故/事件应急预案》:

(1) 公司根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等法规的有关规定，开展辐射事故预防与应急处置。

(2) 公司对其辐射活动中辐射事故的应急准备与响应负首要责任，必须遵照国家和地方政府有关规定，依据所操作的射线装置以及潜在事故的特性和可能后果，考虑制定辐射事故应急计划或应急程序，并按规定报当地政府有关部门审查批准或备案。

(3) 发生辐射事故时，公司将立即启动本单位的辐射事故应急方案，采取必要防范措施，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门和公安部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，还应同时向当地卫生行政部门报告。

(4) 公司将切实执行并落实辐射安全管理规章制度，加强实体保卫，切实有效地防止辐射事故（件）的发生。应急领导小组职责如下：

①组织制定公司辐射事故应急处理预案。

②负责组织协调辐射事故应急处理工作。

③组织辐射事故应急人员的培训。

④负责与当地生态环境局、卫生局的联络、报告应急处理工作，配合做好事故调查和审定。

⑤辐照辐射事故应急处理期间的后勤保障工作。

(5) 应急报告程序

一般报告程序为：发现者报告给公司辐射事故应急工作小组成员，由其向市公安局、市生态环境局，并同时向省生态环境厅报告，设备被损应同时向公安机关报告，造成人员受到超剂量照射应同时向卫生部门报告。各部门联系方式如下：

常德市公安局：110；常德市生态环境局电话：0736-7222562；湖南省生态环境厅电话：0731-85698110；医疗救护电话：120。

五、竣工环境保护验收

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号），公司是建设项目环境保护验收的责任主体，本项目竣工后，公司应按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）和《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）中规定的程序和标准，组织对配套建设

的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

竣工环境保护验收项目见表12-2。

表 12-2 竣工环境保护设施验收一览表

序号	验收内容	验收要求	依据
1	环保文件	建设项目的环评评价文件及环评批复。	《中华人民共和国环境影响评价法》
2	环境管理制度及应急措施	成立专门的辐射领导机构，制定相应的规章制度和事故应急预案，具有可操作性，有相应的操作规程及制度上墙。	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修订）
3	辐射工作人员管理	①公司每季度安排辐射工作人员进行个人剂量监测； ②每两年安排辐射工作人员进行职业健康体检，并将资料存档管理； ③从事本项目辐射工作人员需在国家核技术利用辐射安全与防护培训平台进行学习考核，成绩合格后，并且通过职业健康体检后方可上岗； ④辐射工作人员需在全国核技术利用网站进行备案，建立个人档并终身保存； ⑤本项目辐射工作人员应具备相应的岗位技能。	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021年修订）、《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57号）、《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（生态环境部公告（2021年第9号）
4	监测仪器、安全防护设备	监测仪器和安全防护设备按报告中要求落实。	《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）
5	辐射安全防护措施	①安全联锁装置 钥匙控制：从控制台上取出主控钥匙，加速器将自动停机并切断高压。主控钥匙与便携式辐射监测报警仪相连。 联锁：应设置联锁装置，触发联锁装置时，射线不能产生或出束。 紧急停机装置：在控制室控制台、辐照室及迷道、主机室内均应设置标识清晰的紧急停机按钮，可在紧急情况下切断加速器高压停止出束，并只有通过就地复位才可重新启动加速器。 ②其他安全装置 声光报警安全装置：工作场所应设有声光报警安全装置以指示工作状态，至少应包括出束及待机状态。当系统出束时，红色警灯闪烁，警铃示警。 监视装置：加速器辐射工作场所应设置监视用摄像装置，以观察辐射工作场所内人员驻留情况和设备运行。 辐射监测仪表：个人剂量报警仪、便携式X-γ监测仪、固定式场所辐射探测报警装置等。	《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》（HJ 979-2018）

6	辐射监测	①每年委托有资质的单位对辐射工作场所周围环境进行常规监测，并提交年度评估报告； ②公司配备相应的自检设备 X- γ 剂量率测量仪，定时进行自检。	《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》 （2021 年修订）
7	工作场所辐射剂量率	屏蔽体外周围剂量当量率不大于 2.5 μ Sv/h。	《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979- 2018）
8	年有效剂量管理	① 辐射工作人员剂量管理目标值为 5.0mSv/a； ②公众剂量管理目标值为 0.1mSv/a。	《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 （GB18871-2002）、公司要求
9	通风	辐照室安装了机械排风装置	《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979- 2018）

表 13 结论与建议

一、结论：

1、项目概况

项目名称：湖南雷大辐照科技有限公司电子加速器辐照装置建设项目

建设单位：湖南雷大辐照科技有限公司

建设性质：新建

建设地点：湖南省常德市安乡县大鲸港镇西城垅社区安乡汽摩零部件智能制造产业园湖南雷大辐照科技有限公司 1#厂房

建设内容：湖南雷大辐照科技有限公司拟在厂区 1#厂房新建 2 间电子加速器辐照机房及其配套用房，两间机房相邻，布局相同，均为地上二层建筑，其中一层为辐照室，二层为主机室及其配套设施。拟在机房内各安装 1 台 DZ10/20 (LA-III) 型电子加速器辐照装置，利用电子加速器对委托单位的食品、医疗耗材、无纺布等产品开展辐照加工业务。

2、本项目产业政策符合性、实践正当性分析

(1) 产业政策符合性

本项目的建设属于《产业结构调整指导目录（2024 年本）》（国家发展改革委令 7 号）中第六项“核能”中第 4 款“核技术应用：同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，属于国家鼓励类产业，符合国家产业政策。

(2) 实践正当性

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当的。

辐照加工指利用 γ 射线或能量低于 5MeV 的 X 射线或 10MeV 及以下的电子束等电离辐射装置对物质作用所产生的生物效应、化学效应及物理效应，对食品、药品、医疗器械、化妆品进行杀毒、灭菌、降解有害物质、改善材料性能。建设单位主要利用电子加速器辐照装置对食品、医疗耗材、无纺布等辐照产品进行辐照灭菌，辐照灭菌法与化学灭菌法、高压蒸汽灭菌法相比，具有节约能源、污染小、操作安

全，可对包装物品和热敏材料进行杀菌，可实现连续自动化生产的特点。本项目在运行期间将会产生电离辐射，有可能会增加辐射场所周围的辐射水平，射线装置的使用及管理的失误会造成严重的辐射安全事故。但采取各种屏蔽措施和管理措施后可得到有效的控制，其对周围环境的辐射影响能够满足标准要求，受照个人的年辐射剂量可满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中的年剂量管理目标值，对受照个人或社会所带来的利益远大于辐射所造成的危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准（GB18871-2002）“实践的正当性”的原则。

3、本项目选址、平面布置合理性分析

本项目新增加速器位于厂房内，不新增占地。周围 50m 范围内主要为厂区内部，保护目标主要为厂区内工作人员。项目选址城市基础配套设施较完善，给排水等市政管网较完善，电力、电缆等埋设较齐全，为项目建设提供良好条件。本项目辐射工作场所集中布置，方便集中统一管理，运行阶段产生的电离辐射经有效屏蔽后对周围环境的影响较小，因此，本评价认为项目选址是合理的。

本项目 2 间加速器机房位于湖南雷大辐照科技有限公司 1#厂房东侧中部，机房为两层混凝土结构，一层为辐照室（北侧为 1#辐照室，南侧为 2#辐照室），为辐照灭菌场所；二层为主机室（北侧为 1#主机室，南侧为 2#主机室）、微波机房、调制器机房及控制机房，无地下室。卸货区域、休息室、工人休息区均位于机房的西侧，距离机房最近距离约 13m。

本项目电子加速器工作时，辐射工作人员位于二层的控制机房进行操作，设置机器参数并监控加速器运行情况，电子加速器出束时，辐照室、主机室内无人停留，同时控制机房与辐照室、主机室分开单独设置，电子加速器有用线束（定向向下）的照射方向避开了控制区，区域划分合理，布局合理。且加速器机房位置固定，场所位置相对独立，且明确划分了监督区和控制区，方便集中统一管理。因此，本评价认为项目平面布置是合理的。

4、环境影响评价结论

（1）建设期

本项目在建设阶段产生的环境影响主要是施工时产生的扬尘、噪声、固体废物、废水及设备安装及调试过程可能产生的 X 射线、臭氧和氮氧化物。本工程工程量小，施工期短，影响是暂时的，随着施工期的结束，影响也将消失。通过采取相应

的防治措施后，对外界的影响小。

(2) 营运期

a) 辐射环境影响分析

根据报告表的预测，本项目投入运行后，2间加速器机房屏蔽体外表面30cm周围剂量当量率及以外区域满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979—2018）中的要求，即“电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面30cm处及以外区域周围剂量当量率不能超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”标准要求。

根据报告表的预测，本项目辐射工作人员可能受到的最大年有效剂量为 $1.12\text{E-}01\text{mSv}$ ，公众可能受到的最大年有效剂量为 $9.95\text{E-}02\text{mSv}$ ，均满足公司设定的年有效管理目标值（辐射工作人员年有效剂量管理目标值 $\leq 5\text{mSv/a}$ ，公众人员年有效剂量管理目标值 $\leq 0.1\text{mSv/a}$ ），满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和公司设定的年有效剂量管理目标值的要求。

b) 有害气体的环境影响分析

本项目拟配置2台电子加速器，每台加速器配备独立的通风系统，即本项目配备2套独立的风机、2个排气筒。每间辐照室内拟设置地下风管，排气管道孔径约为 $\phi 500\text{mm}$ ，计划每间辐照室的排风量为 $8000\text{m}^3/\text{h}$ 左右。通过排气设施对辐照室进行换气，将辐照室内加速器产生的臭氧排出至大气环境，保护工作人员的安全健康，减少臭氧对设备的腐蚀，运行过程中产生的臭氧及氮氧化物自然扩散后对环境的影响甚微。

c) 固废的环境影响评价

本项目产生的固体废物主要是工作人员产生的少量生活垃圾、办公垃圾。工作人员产生的生活垃圾、办公垃圾依托环卫部门进行回收处理。故本项目产生的固体废物对周围环境影响较小。

d) 废水环境影响评价

本项目产生的废水主要是工作人员产生的生活污水。工作人员产生的生活污水依托厂区化粪池处理后排入市政管网。故本项目产生的废水对周围环境影响较小。

5、事故风险与防范

建设单位已制定了相关制度和辐射事故应急预案，应认真贯彻实施，以减少和避免发生辐射事故与突发事件。

6、环保设施与保护目标

建设单位将按本报告环评要求配备齐全、效能良好的环保设施，确保保护目标所受的辐射剂量，保持在合理的、可达到尽可能低的水平。

7、辐射安全管理的综合能力

建设单位已成立了辐射安全领导小组，有领导分管、人员落实、责任明确，辐射工作人员配置合理，辐射事故预防措施及应急处理预案与安全规章制度合理可行。拟采用的环保设施和措施合理可行，可满足防护的实际需要，经一一落实后，建设单位可具备辐射安全管理的综合能力。

综上所述，湖南雷大辐照科技有限公司电子加速器辐照装置建设项目，对周围环境产生的辐射影响满足相关标准的要求；辐射防护措施和事故应急措施可行；规章制度健全；该项目对环境的辐射环境影响是可接受的。建设单位应加强管理，在工作过程中不断补充完善。从环境保护和辐射安全的角度来看，该项目是可行的。

二、建议和要求

(1) 在本项目竣工投入使用前向相关部门办理《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》做好竣工环境保护验收工作，按时在全国建设项目竣工环境保护验收信息平台填报验收相关信息。

(2) 一旦发生辐射安全事故，立即启动应急预案并逐级报告上级主管单位；

(3) 认真学习贯彻国家相关的环保法律法规及相关标准规范，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；

(4) 定期对工作场所及其周围环境的辐射监测，据此对所用射线装置编制安全和防护状况评估报告，并于每年1月31日前将上一年度的评估报告上传至“全国核技术利用辐射安全申报系统”中。

表 14 审批

生态环境部门预审意见:

公章

经办人

年月日

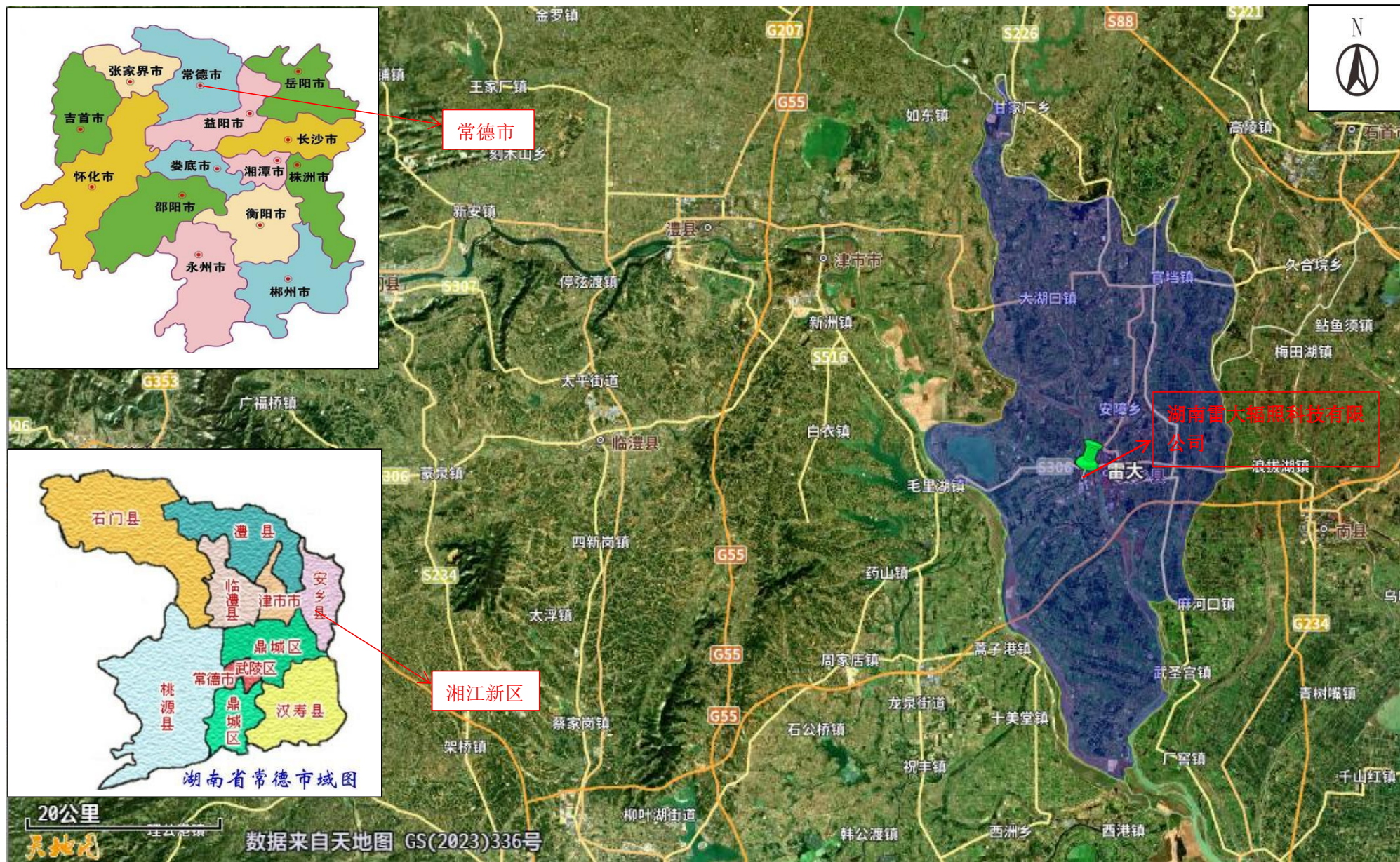
审批意见:

公章

经办人

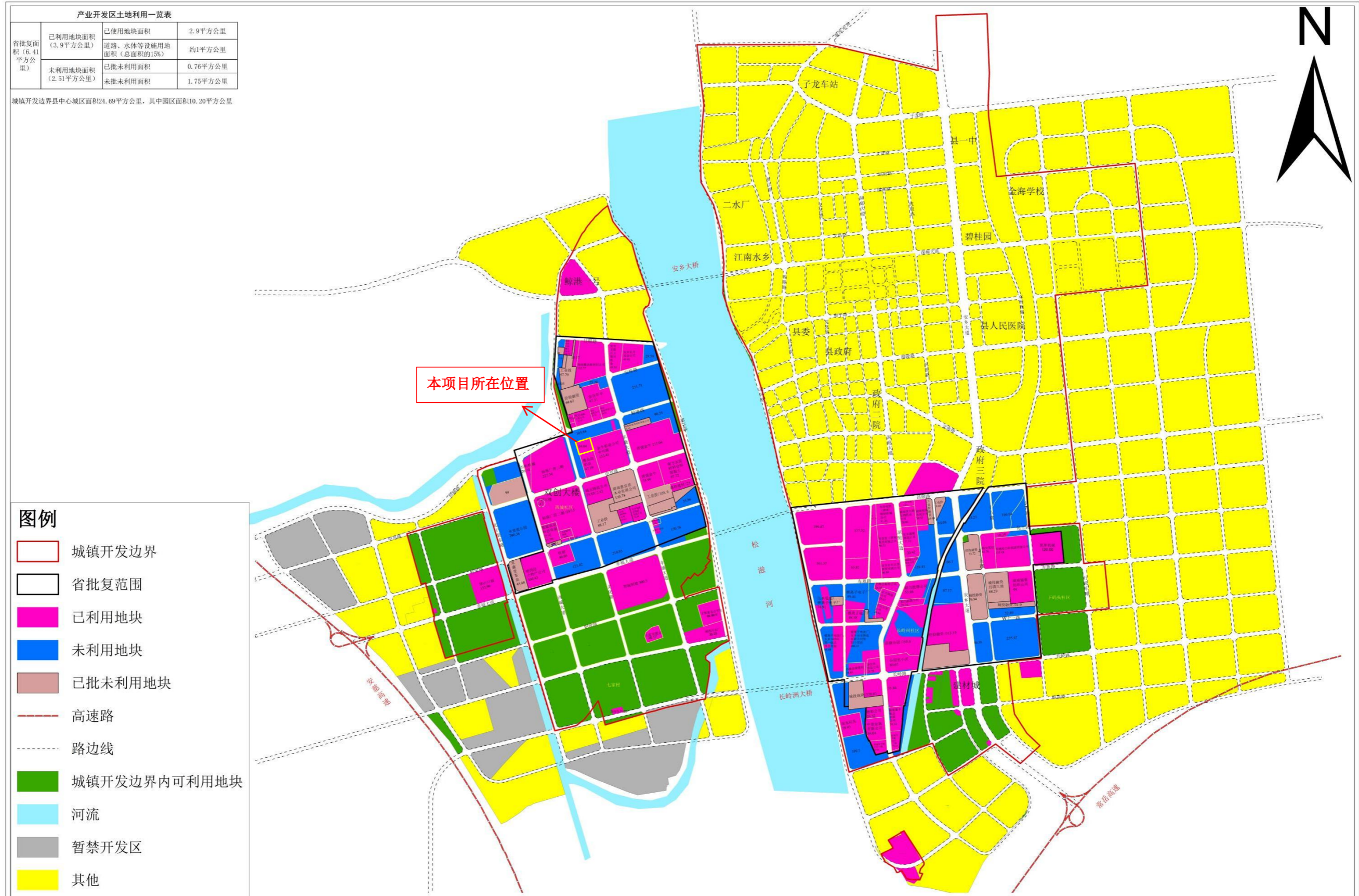
年月日

附图 1：项目地理位置图



附图 3：土地利用规划图

安乡产业园区土地利用规划图



安乡产业园区
2023年2月

附图 4：加速器机房平面布置图及屏蔽防护设计图





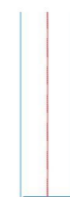
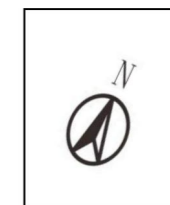
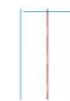
3

4

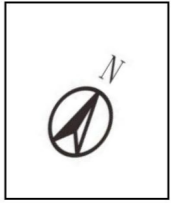
5

8轴剖面图

附图 5：加速器机房防护设施图

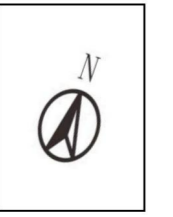


 拉线开关	 剂量检测探头	 巡视撤离	 门机联锁	 光电开关	 警示灯
 监控摄像	 急停按钮	 防护门开关	 应急照明	 警示灯	 电铃

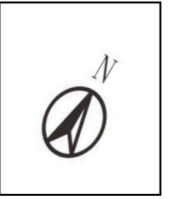


 拉线开关	 剂量检测探头	 巡视撤离	 门机联锁	 光电开关	 警示灯
 监控摄像	 急停按钮	 防护门开关	 应急照明	 警示灯	 电铃

附图 6: 通风管道图



8



{

{

{

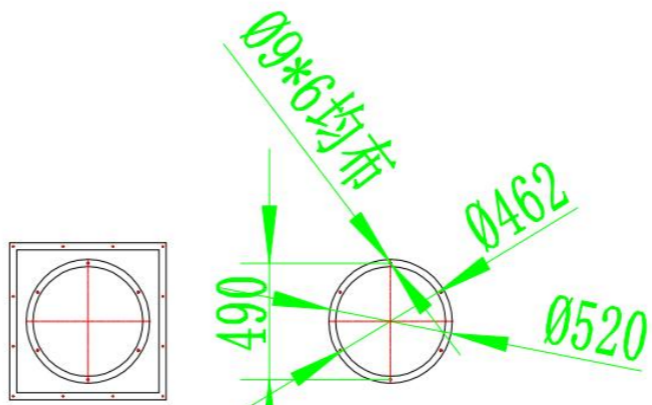
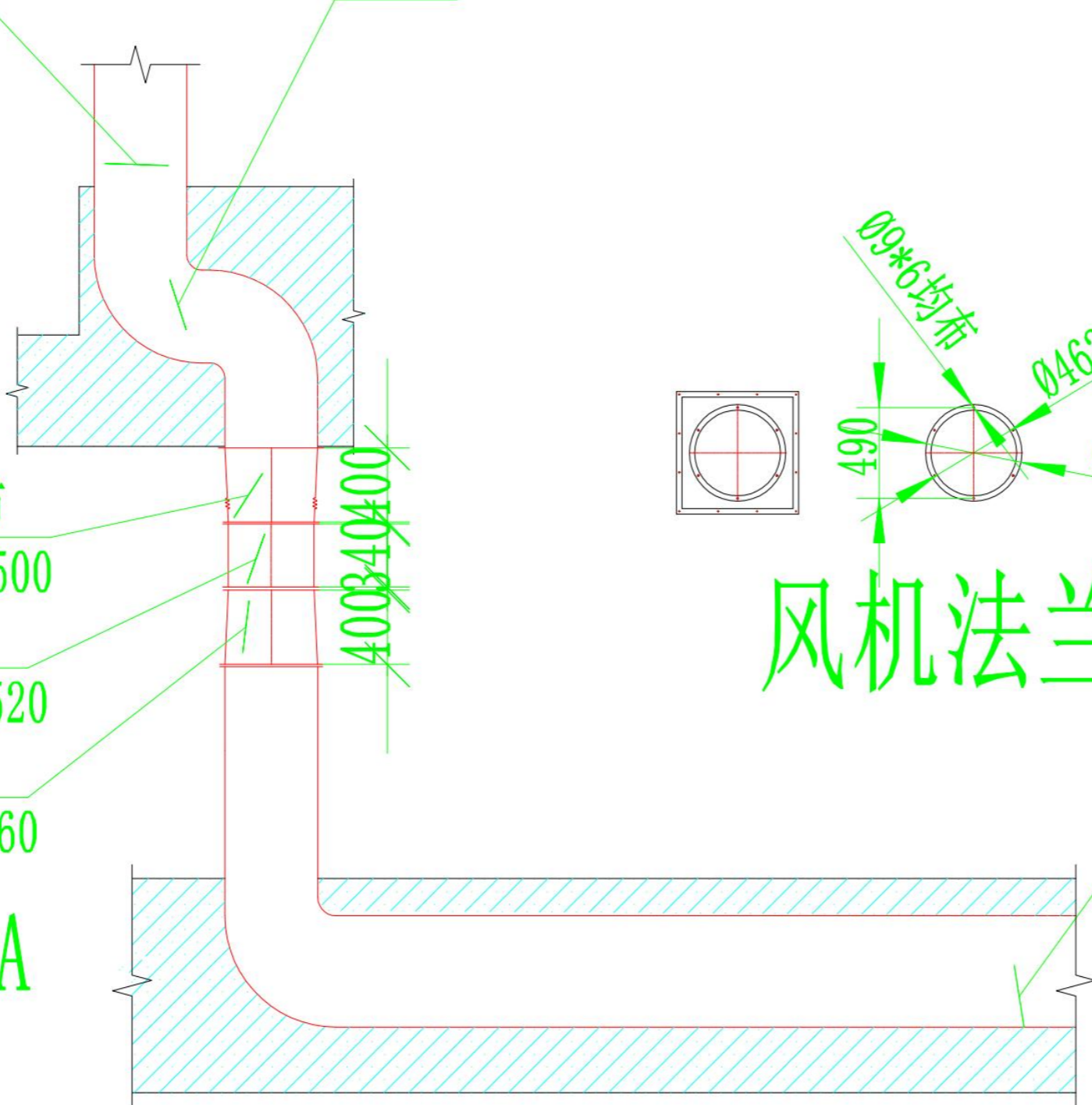
8

直通屋顶

排风管

伸缩节
Ø460转Ø500
风机
法兰直径520
下转接
Ø500转Ø460

A-A



中心离地面0.4m

风机法兰

附件 1：委托书

委托书

湖南贝可辐射环境科技有限公司：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》及《建设项目环境保护管理条例》和相关法律法规的要求，委托贵环评单位承担湖南雷大辐照科技有限公司电子加速器辐照装置建设项目环境影响评价工作，按照有关规定及合同要求编制环境影响报告表。

特此委托！

湖南雷大辐照科技有限公司

2024年4月11日



湖南雷大辐照科技有限公司文件

关于成立辐射安全管理委员会的通知

各部门：

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》规定，切实做好我单位辐射安全管理工作，特成立辐射安全管理委员会，成员名单如下：

主任：法人/总经理

副主任：副总经理

成员：技术部，总控室，车间主管

请各成员切实履行职责。

特此通知！

湖南雷大辐照科技有限公司

二〇二四年五月



附件 3：公司相关制度

辐射防护和安全保卫制度

一、辐射安全与防护工作领导小组负责辐射源的安全防护与保卫工作，积极接受生态环境、公安等部门的监督检查。

二、辐射工作场所入口应按照国家有关规定设置明显电离辐射警示标志和工作指示灯。

三、辐射工作现场不得存放易燃、易爆、腐蚀性等危险物品。

四、检修或停产期间，指定专人进行闲置射线装置的安全保卫和巡视。加强夜间和节假日巡逻，做好防盗、防火等措施。

五、定期对射线装置检查，对工作场所进行环境监测。巡查巡测至少由两名以上工作人员构成。

六、严禁未经培训考核合格的人员上岗从事辐射工作活动。工作人员要严格按照操作规程和规章制度进行操作。

七、发生辐射事故后，立即启动单位辐射安全事故应急预案，并按要求向生态环境、公安、卫生等部门报告。



湖南雷大辐照科技有限公司

二〇二四年五月

电子直线加速器安全操作规程

电子加速器是电离射线强辐射源，全体员工务必牢固树立“安全第一”的思想，严防辐射事故和其他安全事故的发生。为确保安全，特制定本规程。

1、人员培训要求

(1) 设备操作人员必须接受辐射安全与防护培训，经考核合格后方可正式上岗操作。

(2) 实习期的新员工不能独立操作电子加速器，必须在带帮教师傅或指定人员的监护与指导下学习操作技能。

2、严格遵守加速器操作程序

(1) 预备程序

加速器准备启动时，必须对辐照室进行巡检工作。首先确认个人剂量报警仪及开机钥匙是否随身携带，确认辐照室内无易燃易爆物品，重点关注钛窗下方。其次，关闭辐照室防护门之前，必须由主操作员或授权巡检人员进入辐照室内（包括主机室、迷道内）巡检、观看、呼喊，确认室内无人，确认红外探测、门机联锁、巡视撤离系统、防人误入、紧急停机及拉绳开关等系统及装置无异常，再通过控制室监控系统确认辐照室内无人逗留。

(2) 加速器启动程序

必须由授权开机启动的操作员按照加速器作业指导书启动加速器。

(3) 加速器关闭程序

首先应按公司加速器作业指导书规定要求将束流、能量、高压、阳极电压、阳极电流归零，把电脑的工作程序退出工作状态，确认加速器变频器、高频振荡器已停止工作，确认警示灯熄灭，加速器完全

退出工作状态已停止工作。

(4) 进入辐照室准备程序

每次停机以后，工作人员不能立即进入辐照室，必须等待辐照室内臭氧减少到允许程序，确认加速器已停止工作，操作人员方可进入辐照室按要求进行巡检和登记。

(5) 进出辐照室内要求

进出辐照室应随身携带个人剂量报警仪及钥匙开关，遵循先进后出的原则：第一个进入辐照室人员使用随身携带个人剂量报警仪以及钥匙对辐照室内迷道、辐照室内进行射线环境检测，以预防出现误照射事故。

一旦发现个人剂量报警仪发出警告提醒，应究竟按下紧急开关同时立即退出到辐照室外，马上向上级汇报情况，在原因未查清和问题未排除之前，禁止任何人员再次进入辐照室内。

(6) 特殊操作

特殊操作必须事先计划，经过辐射安全与防护领导小组批准，然后在其监督下进行。

2、注意事项和必备的安全措施

(1) 辐照室内不准存放任何物品。

(2) 进入辐照室后必须检查辐照室内红外探测、门机联锁、巡视撤离系统、防人误入、紧急停机及拉绳开关等系统及装置无异常。

(3) 防护门要能够从内往外推开。

(4) 因故进入主机室、辐照室和迷道的如听到警铃声响，看到警灯闪亮时，必须立即就近按下标有“STOP”的蘑菇状急停按钮，关闭加速器的“高压开”功能。

(5) 高压开期间，不能进入主机室、辐照室内，平时不得在机房门口和迷道口长时间停留。

(6) 调制器工作时有 120KV 的脉冲高压，技术维护时，必须要有两人在场，并养成单手操作习惯。

(7) 加速器关闭期间，真空泵和泵电源仍有 3-7kV 高压，不得随便触摸。

(8) 安全连锁系统在任何情况下不得短路出束。

(9) 外来人员无本公司工作人员陪同一律不得进入射线场所。

湖南雷大辐照科技有限公司



二〇二四年五月

电子加速器系统设备检修维护制度

一、电子加速器系统技术维护工作事关安全生产、人员健康、设备稳定和生产效率，技术维护人员要树立“预防为主”的指导思想，防患于未然，有计划地做好设备检修维护工作，划分检修区域，明确检修任务，做到人人有专责，事事有人管。

二、日检查

电子加速器辐照装置上的常用安全设备应每天进行检查，发现异常情况时必须及时修复。常规日检查项目包括下列内容：

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

三、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，发现异常情况时必须及时修复或改正。月检查项目包括：

- a、辐照室内固定式辐射监测仪设备运行状况；
- b、控制台及其他所有紧急停止按钮；
- c、通风系统的有效性；
- d、验证安全联锁功能的有效性；
- e、烟雾报警器功能正常。

四、半年检查

电子加速器辐照装置的安全状况应每 6 个月定期进行检查，发现

异常情况时必须及时采取改正措施。其检查范围包括：

- a、配合年检修的检测；
- b、全部安全设备和控制系统运行状况。

五、如果需要更换电子枪、大型电子管、机械泵抽真空、设备技术改造，必须制订详细计划并报公司主要领导批准。

六、每周一召开技术例会和“安全问题查找会”，分析查找人身安全和设备安全隐患，严防事故发生。

七、设备维护工作人员工作安排采用“值检合一”的方式，专业维护人员参与值机，值机人员要学习并参与维护；检修完毕必须认真清理工作现场，搞好卫生并查找有无遗漏器件。

八、值机人员如发现设备有异常现象或出现故障，必须立即报告维修工程师，维修工程师必须立即做出响应，或指示采取应急措施，或立即组织抢修，确保设备正常工作。检修后，要认真做好维修记录，积累各种技术资料。

九、检修设备时带电或高空作业，要有两人以上在场，并有完善的安全保护措施。

十、检修设备有可能造成停产时，除紧急情况外，应按程序报告公司领导批准。

十一、通过规范的技术维护工作，要达到设备、仪器运转和使用良好，连接器件接触可靠，运转器件动作灵活，仪表指示准确，设备无灰尘污垢；机房及周边环境整洁、卫生，各种工具、用具齐全摆放有序。

十二、技术维护工作中要节约各种器件，爱护仪器、工具，提倡修旧利废，反对铺张浪费。

湖南雷大辐照科技有限公司



辐射防护和安全管理制

一、为加强本公司电子直线加速器的辐射安全防护管理工作，保障公司从事辐照工作人员的健康安全，保护环境，特制定本制度。

二、本制度适用于本公司从事工业辐照工作，使用电子直线加速器的各个部门及其工作人员。

三、从事工业辐照工作的各个部门及其工作人员要认真学习 and 贯彻执行《中华人民共和国辐射污染防治法》、《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》等国家有关法律、法规。

四、从事工业辐照工作的各个部门要确定一名具有专科以上学历的技术员担任辐射安全管理员负责辐射安全管理与环境保护管理工作。

五、从事工业辐照工作的各个部门要健全电子直线加速器的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全管理制、使用登记制、辐射事故应急预案等规章制度。

六、依据国家有关射线装置安全和防护的规定，从事辐射工作的相关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，持证上岗。

七、配备便携式监测仪，定期（每季度）对辐照室及主机厅周围X-γ射线空气吸收剂量进行检测，建立台账做好监测记录，并配合相关部门检查。

八、严格按照国家关于个人剂量监测和健康管理规定，对辐照工作人员进行个人剂量监测（1次/3个月）和职业健康检查（2年/次），建立个人剂量档案和职业健康监护档案，并为工作人员保存职业照射

记录。

九、在工业辐照工作场所明显处放置放射性标志，如标志牌、指示灯等。有关电子直线加速器安全操作规程的制度要上墙。

湖南雷大辐照科技有限公司



辐射防护安全管理机构及岗位职责

第一条，为了加强对射线装置安全和防护的监督管理，促进射线装置的安全应用，保障人体健康，保护环境；按照《中华人民共和国放射性污染防治法》、《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》的有关规定，本公司成立辐射防护安全管理机构：辐射防护安全管理委员会。

第二条，公司辐射防护安全管委会辐射防护、环境保护的目标为本公司从事电子直线加速器技术维护和辐照加工的工作人员、辐照车间周围的其他工作人员和公众成员。

第三条，辐射防护安全管理委员会主要职责：

一、制定辐射防护管理制度，制订安全操作规程及紧急事故处置措施。

二、加强对辐射防护设施和措施的监督管理，切实保证各项规章制度实施，避免辐射事故的发生。

三、承办主管机关要求呈报的辐射防护相关报告及纪录。

四、其他有关电子加速器辐射防护管理事项。

第四条，辐射防护安全管理委员会由公司负责人、设备检修部门负责人、总控室负责人、辐照操作区负责人组成，必要时邀请相关人员列席。由公司负责人担任主任委员。

第五条，本公司辐照防护安全组织网络由辐射防护安全管委会主任、公司安全管理员、各部室安全管理员、各部门相关工作人员四

部分成员构成。各成员职责如下：

一、辐射防护安全管委会主任职责。

1、主持公司辐射防护安全管理委员会工作。

2、组织公司辐照防护安全工作人员认真学习和贯彻执行《中华人民共和国放射性污染防治法》、《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》。

3、制定和完善公司辐射防护安全管理制度、辐射防护安全措施和安全事故的应急处理预案。

4、当发生防护安全事故时，负责公司辐射防护安全事故的应急处理。

二、公司设辐射防护安全管理员一名。公司辐射防护安全管理员的职责为：

1、熟悉国家和上级主管部门制定的有关电子直线加速器辐射防护的法规、条例、管理办法，强化辐射防护安全意识。

2、协助辐射防护安全管委会主任做好公司辐射防护安全管理委员会的日常管理工作。

3、负责督促、检查辐射工作场所防护安全管理制度、辐射防护安全措施的执行情况。发现问题及时处理、及时汇报。

4、负责对本公司辐射剂量的监测，定期对公司辐射防护设施进行检查，确保公司辐射防护设施可靠无误。

5、负责公司辐射防护安全的台账、表报工作。

6、完成辐射防护安全管委会交给的其它工作。

三、各部门从事设备维护及辐照加工相关工作人员的职责

1、熟悉国家和上级主管部门制定的有关电子直线加速器辐射防护的法规、条例、管理办法，强化辐射防护安全意识。

2、认真执行防护安全管理制度、辐射防护安全措施。严格按安全操作规程开机关机，不得违法操作。发现问题及时处理、及时汇报。

3、认真接受培训、体格检查。

4、完成公司辐射防护安全管委会交给其它工作。

湖南雷大辐照科技有限公司

二〇二四年五月



辐射工作人员个人剂量（健康）管理制度

为了确保本公司射线装置的辐射防护效果优于国家相关标准，保障工作人员及周围群众的健康和安全，必须认真做好射线装置电离辐射对工作人员个人剂量的日常监测工作，以便及时发现异常，采取更完善的辐射防护措施，为此，特拟定本制度：

一、公司为每个辐射工作人员配备个人剂量计，工作期间必须按个人剂量计携带要求随身携带，辐射防护安全管理委员会不定期对工作人员的个人剂量计携带情况实施抽查。

二、个人剂量计每季度更换一次，公司委托有资质单位对个人剂量吸收剂量进行检测。

三、辐射工作人员发现个人剂量计遗失或损坏，及时向领导汇报。

四、根据个人剂量报告数据，在年度评估报告中做好辐射工作人员的个人剂量分析。

五、辐射工作人员每两年进行一次职业健康体检，发现体检结果异常的，立即向公司领导汇报，并上报环保、卫生等主管部门。

六、辐射防护安全管理委员会如发现个人剂量报告数据异常，必须立即向公司主要领导汇报。

湖南雷大辐照科技有限公司

二〇二四年五月



台帐管理制度

- 1、台账管理人员必须认真填写射线装置的基本技术参数和状态。建立一一对应的射线装置明细台账。
- 2、射线装置台账应做到一装置一卡，技术参数准确无误，不能私自涂改，划改参数，做到物帐相符。
- 3、射线装置的大中小维修，都能在台账上显示，做到有据可查。
- 4、射线装置的定期检定工作由台账管理人员提前报告送检，检定报告也应按时归档。
- 5、台账管理人员应定期核对台账，使每台设备检修维护记录都能与台账相符合。
- 6、台账不允许私自外借，如果外借必须经主管领导同意办理登记手续，因私自外借，使台账资料丢失的，须追究台账管理人员的责任。造成严重后果的，责任自负。



湖南雷大辐照科技有限公司

二〇二四年五月

监测方案

为加强对射线装置管理与辐射工作人员健康管理，控制辐射源的照射，规范放射工作防护管理，保障相关员工健康和环境安全，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》要求，结合我单位实际，特制定本方案。

一、个人剂量监测

1、单位辐射环境监测工作由辐射安全与防护管理领导小组组织实施，负责联系有剂量监测资质的机构对我单位参与射线装置操作、管理人员进行个人剂量监测。

2、个人剂量监测期内，个人剂量计每三个月检测一次。佩戴周期第三个月份的月底各部门收齐本部门放射工作人员的个人剂量计后交至管理领导小组更换佩戴个人剂量计，管理领导小组统一将个人剂量计送至有资质机构检测并领取新的个人剂量计。

3、剂量监测结果一般每季度由管理领导小组向各有关部门通报一次；当次剂量监测结果如有异常，通知具体放射工作人员及部门分管领导。

4、管理领导小组负责建立我院放射工作人员的个人剂量档案。

二、放射工作人员健康检查

管理领导小组联系有放射人员体检资质的医院，组织相关放射工作人员每两年进行一次健康检查，并建立健康档案。未经体检和体检不合格者，不得从事放射性工作。

三、工作场所监测

管理领导小组负责联系有监测资质的机构对我单位各辐射工作场所进行每年一次的辐射环境监测。

1、外部监测：根据需要联系有监测资质的机构对我单位辐射工作场所辐射防护进行监测或环境评价。

2、内部监测：由管理领导小组每季度初指定专人对单位辐射工作场所进行监测，并记录档案。

3、应急监测：应急情况下，为查明放射性污染情况和辐射水平进行必要的内部或外部监测。



湖南雷大辐照科技有限公司

二〇二四年五月

总控室人员岗位职责

1、严格执行专职人员上岗制度，明确岗位职责，不得授权非专职人员代值班、开机以及触动任何机房设备和装置。

2、熟练掌握设备操控技能，熟悉电子加速器系统组成、工作原理和性能，一般性故障能即时排除。

3、熟记并严格执行安全操作规程；熟记事故应急处理程序；设备上高压前先确认射线区域无人员出入和停留；出束期间，严禁人员进入主机厅、辐照区，不得陪同外人进入机房，不得在总控室和机房会客。

4、严格按操作规程操控设备，杜绝一切可能发生的事故。保证“风”、“水”、“气”、“温”达到设备安全运行要求。

5、认真监视设备仪表和监控图像，认真观察出束情况与输送机货物运行状态；开、关高压，启、停输送机以及发现货物运行情况异常时必须与操作区工作人员进行语音沟通。

6、定期维护设备，检查辐射防护设施与装置，做好机房防火、防盗、防潮、防尘工作，确保设备完好和机房的整洁，关机后离开机房必须关窗锁门。

7、严格遵守劳动纪律，不得擅离职守。值班时不准做与本岗位无关的任何事情，不得同意非值班人员进入总控室闲聊。

8、完成领导交办的其它工作任务。

湖南雷大辐照科技有限公司

二〇二四年五月



操作区人员岗位职责

1、严格遵守安全操作规程。操作人员必须经培训上岗，严禁私自找人代班，严禁违章操作。

2、熟练掌握设备操控技能，熟悉输送机械性能，清楚各种紧急按钮的位置和作用。

3、严格执行操作规程。对每一批加工的货物必须严格按加工通知单的工艺规定操作，未经批准不得改变工艺参数。

4、装卸、搬运货物必须小心轻放，不得摔、碰、损坏包装箱。

5、注意监视输送机与货物的运行情况，发现问题按操作规程及时处理，与总控室保持语音联络，重大问题及时向领导报告。

6、不同批次货物的加工、堆放必须严格区分；上货、下货、翻转绝不允许发生差错。按规定填写各类工艺流程单和当班日志，交接班手续清楚，交接单填写完整。

7、严格遵守劳动纪律，不得擅离职守。设备运转时不准做与本岗位无关的任何事情。

8、要保持操作区整洁有序，随时整理区域内无用杂物，货物码放整齐，手推车有序停放，下班前打扫完操作区及全部堆货区卫生，用湿拖把拖抹地坪。

9、完成领导交办的其它工作任务。

湖南雷大辐照科技有限公司



检修维护人员岗位职责

- 1、坚持“安全第一”，严格遵守辐射防护安全规定和各项规章制度、操作规程，严禁违章操作，杜绝事故发生。
- 2、平时反复阅读、研究本公司各类设备的技术资料，核对系统中各设备、元器件、线路的实际位置、走向，故障发生时能快速判断故障所在部位并及时排除。
- 3、按技术维护规程要求做好每周、月、季的设备维护保养工作并做好记录，使本公司所有在用设备均处于完好状态。
- 4、每天不少于2次巡查设备工作状态，发现故障隐患必须尽快找出原因并解决；设备发生故障时必须以最快速度抢修，一时无法修复的及时向领导汇报，修复后及时填写设备维修记录。
- 5、每周开一次技术讨论会，根据抄表记录与平时观察的设备工作状态，分析设备性能变化趋势，提出应对措施与零部件备件计划，由技术负责人汇总后撰写技术报告报公司领导。
- 6、每天监测机房工作环境条件使符合设备工作条件，做好辐射防护、防火、防盗、防潮、防尘、防静电工作，低温天气做好管道防冻工作，升温天气注意除湿防止水汽在高压侧凝结。
- 7、严格遵守劳动纪律，不得擅离职守。临时性突发性的工作随叫随到。
- 8、保持机房和维修室环境整洁，仪表、工具摆放有序；妥善保管、利用维修备件和材料，节约维修成本。定期测试、维护电子管等大型备附件和测量仪表，使其始终处于完好状态。
- 9、完成领导交办的其它工作任务。

湖南雷大辐照科技有限公司

二〇二四年五月



关于人员上岗培训的规定

为保障工作人员人身安全和健康，保证设备正常可靠运行及提高生产效率，本公司对技术维护人员和操作人员实行上岗培训制度，具体规定如下：

一、根据实际情况，组织新进员工自行在“国家核技术利用辐射安全与防护培训平台”网站学习辐射安全防护及本专业相关知识，并参加线下考试，获得资格证书后方可转为公司正式职工，从事设备操作工作，未取得资格证书的不得独立从事设备操作工作。

二、总控室技术值班人员和设备维护工程师必须经有资质的培训单位培训并取得辐射工作安全资格证书，否则不得单独从事设备维护工作。

湖南雷大辐照科技有限公司

二〇二四年五月



附件 4：本底监测报告



湖南贝可辐射环境科技有限公司

监测报告



报告编号： HS2024-2111

项目名称： 核技术利用建设项目现状监测

委托单位： 湖南雷大辐照科技有限公司

报告日期： 二〇二四年八月十六日

湖南贝可辐射环境科技有限公司 监测报告

编号: HS2024-2111

第 1 页 共 2 页

1、辐射环境监测项目执行依据、使用仪器

项目名称	湖南雷大辐照科技有限公司电子加速器辐照装置建设项目		
监测因子	环境 γ 辐射剂量率		
委托单位	湖南雷大辐照科技有限公司		
委托单位地址	湖南省常德市安乡县大鲸港镇西城社区创新创业园双创大楼 701-15		
监测日期	2024年05月22日		
监测类别	环评委托	监测方式	现场监测
联系人			
监测依据	《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021);		
监测仪器	仪器名称	便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪	
	仪器型号	RJ32-2106P 型	
	仪器编号	211114E004	
	证书编号	2023H21-20-4994308001 (上海市计量测试技术研究院)	
	有效期限	2023年12月14日-2024年12月13日	
监测结论	根据监测结果,本次监测区域内的环境 γ 辐射剂量率为47.49nGy/h。		
备注	本报告仅对本次监测数据负责。		

报告编制人 李信彬 审核人 吴根松 签发人 吴根松 签发日期 2024-8-16

湖南贝可辐射环境科技有限公司 监测报告

编号：HS2024-2111

第 2 页 共 2 页

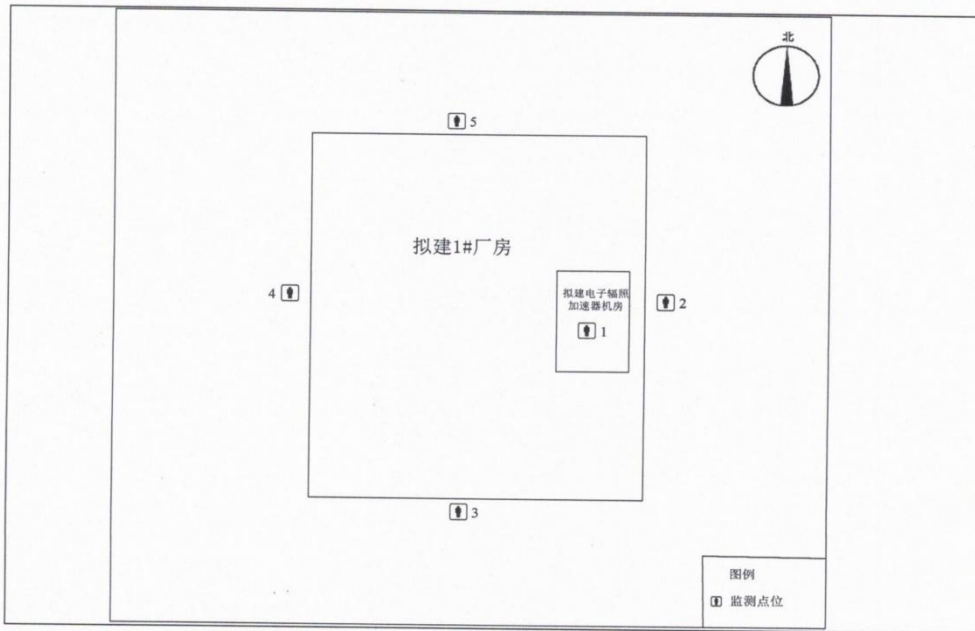
2、监测结果

表 1 辐射环境监测数据表

监测点位	监测点位描述	监测结果 (nGy/h)	标准差 (nGy/h)
1	拟建电子辐照加速器机房位置	47	2
2	拟建电子辐照加速器机房所在厂房东侧	48	2
3	拟建电子辐照加速器机房所在厂房南侧	49	1
4	拟建电子辐照加速器机房所在厂房西侧	48	2
5	拟建电子辐照加速器机房所在厂房北侧	48	2

备注：1、依据 HJ1157-2021：监测结果 $\bar{D}_\gamma = k_1 \times k_2 \times R_\gamma - k_3 \times \bar{D}_c$ ；
2、本次监测仪器校准因子 k_1 为 0.97，效率因子 k_2 取 1，屏蔽修正因子 k_3 室内取 0.8，室外取 1；仪器在测点处对宇宙射线的响应值 \bar{D}_c 为 18nGy/h。
3、以上所测环境 γ 辐射剂量率均扣除宇宙射线的响应值。

3、监测点位图



科技
7章
37

附件：资质证书



检验检测机构 资质认定证书

证书编号：231812052611

名称：湖南贝可辐射环境科技有限公司

地址：湖南省长沙市芙蓉区韭菜园街道八一路 399-19 号领峰大厦 1220

经审查，你机构已具备国家有关法律、行政法规规定的基本条件和能力，现予批准，可以向社会出具具有证明作用的数据和结果，特发此证。资质认定包括检验检测机构计量认证。

你机构对外出具检验检测报告或证书的法律責任由湖南贝可辐射环境科技有限公司承担。

许可使用标志



231812052611

发证日期：2023 年 10 月 19 日

有效期至：2029 年 10 月 18 日

发证机关：湖南省市场监督管理局

本证书由国家认证认可监督管理委员会监制，在中华人民共和国境内有效。



湖南雷大辐照科技有限公司文件

辐射事故/事件应急预案

为提高本公司对突发辐射事故的处理能力，最大程度的预防和减少突发辐射事故的损害，保护环境，保障工作人员和公众的生命安全，维护社会稳定，特制定本预案。

1 编制依据

《中华人民共和国污染防治法》、《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》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》等。

2 辐射事故/事件类型

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令 449 号）第四十条规定：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。

根据《关于发布〈射线装置分类〉的公告》，本项目中的电子辐照加速器属于 II 类射线装置，可能发生的事故是指射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

电子辐照加速器是使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或 X 射线的设备，受开机和关机的控制，关机时无射线产生，因此检修方便，断电状态下也较为安全。本项目可能发生的事故是工作人员误操作或设备门机联锁装置等安全系统失灵，造成工作人员误入或滞留在高辐射区内，发生人员超剂量照射事故。

为预防上述辐射事故的发生，公司应加强管理，建立并严格按操作规程操作，在每次辐照作业前检查各项门机联锁等安全装置的有效性，定期监测加速器机房周围的辐射水平，确保工作安全有效运转。

3 应急管理机构及职责

3.1 应急管理机构

公司以红头文件的形式任命了辐射安全管理小组，并明确了本单位辐射防护负责人和其他兼职成员。

3.2 组成人员

组长：法人/总经理

副组长：副总经理

成员：技术部，总控室，车间主管。

3.3 职责划分

3.3.1 应急领导小组职责

①组织制定公司辐射事故应急处理预案。

②负责组织协调辐射事故应急处理工作。

③组织辐射事故应急人员的培训。

④负责与当地生态环境部局、卫生局的联络、报告应急处理工作，配合做好事故调查和审定。

⑤辐照辐射事故应急处理期间的后勤保障工作。

3.3.2 职责分工：

组长：全面负责小组工作，现场指挥工作。

成员：具体负责小组工作，收集有关工作信息，各科室之间的协调，管理辐射工作人员的健康工作，辐射事故应急处理期间的后勤保障工作。指挥事发现场安全保卫工作，负责对辐照操作人员和维修人员的日常管理，人员培训工作。

第一责任部门（主控室）职责：主控室作为射线装置的直接使用部门，负责应急预案的修订、落实演练，以及事故时向环保、公安和卫生主管部门的报告等工作。同时负责日常辐射工作场所的定期巡测工作。主控室还负责射线装置的辐射安全许可证管理，使用过程中的年度检测、设备的更换及退役均应有账可查。

其他责任部门职责：

设备检修部门负责射线装置的维护及保养，当射线装置维修过程中发生更换电子枪、速调管及控制电缆等可能影响辐射安全的维修行为时，应及时通知使用科室对维修后工作场所的辐射环境进行巡测，避免发生射线泄漏。

安保部门负责射线装置安保措施，防止射线装置及其机房被破坏。

4 辐射事故/事件应急处理程序

第一责任部门应严格遵守射线装置的操作规程，一旦发现闭门装置失效导致门口人员长时间受照，或者射线出束按钮不能复位等其他情况导致射线持续出束时：

- ①立即按下应急开关或切断主控电源，保护好事故现场，及时上报。
- ②主控室启动应急预案。
- ③控制现场，积极主动调查事故原因。
- ④及时报告当地环保部门和卫生部门，并在2小时内填写《辐射事故初始报告表》。
- ⑤协助环保、卫生部门调查事故原因。
- ⑥协助卫生专业人员对受照射人员进行受照剂量估算，并进行身体检查和医学观察。
- ⑦及时向公众发布信息，消除公众疑虑。

5 事故报告

发生辐射事故或者发生可能引发辐射事故的运行故障时，事故单位按照本单位事故应急预案采取应急措施的同时，应尽快将事故情况电话告知当地环保部门，并在两小时内填写《辐射事故初始报告表》，向当地环境保护部门报告。发生辐射事故的，事故单位还应当向公安部门和卫生主管部门报告。

应急电话：

湖南雷大辐照科技有限公司值班电话：15277714452

湖南省生态环境厅电话：0731-85698110

常德市生态环境局电话：0736-7222562

常德市公安局电话：110

医疗救护电话：120

6 应急终止程序与后续整改

6.1 应急终止

一般辐射事故（级）的应急响应终止，由常德市生态环境局决定。

应急行动终止后，辐射事故应急领导小组应继续环境辐射的巡测、采样和评

价工作，直到自然过程或其他补救措施无需继续为止。

6.2 后续整改

应急响应终止，辐射事故应急领导小组应协调环保、公安、卫生等部门对事故的辐射污染作进一步的监测和处置。参与辐射事故应急工作的各部门应分别提供单项报告，由辐射事故应急领导小组组织汇总，编制报告，上报环保局。

7 预案管理

7.1 应急培训

辐射事故应急领导小组应加强辐射环境保护知识的宣传和教肓，普及辐射安全基本知识和辐射事故预防常识，增加公众的自我防范意识和相关心理准备，提高公众防范辐射事故能力。

7.2 演练计划

各科室、部门应按照预案要求，定期组织辐射事故应急演习，提高防范和处置突发辐射事故的技能，不断提高应急救援综合能力，确保在紧急情况下按照预案要求，有条不紊地开展事故应急救援。

针对辐射事故的培训和演习，做好相应的记录和总结报告。

7.3 预案修订

本预案每年更新一次，各相关责任部门要根据条件和环境的变化及时修改、补充和完善预案的内容。

公司机构设置变动和人员变动以后，及时对本预案进行修订和完善。

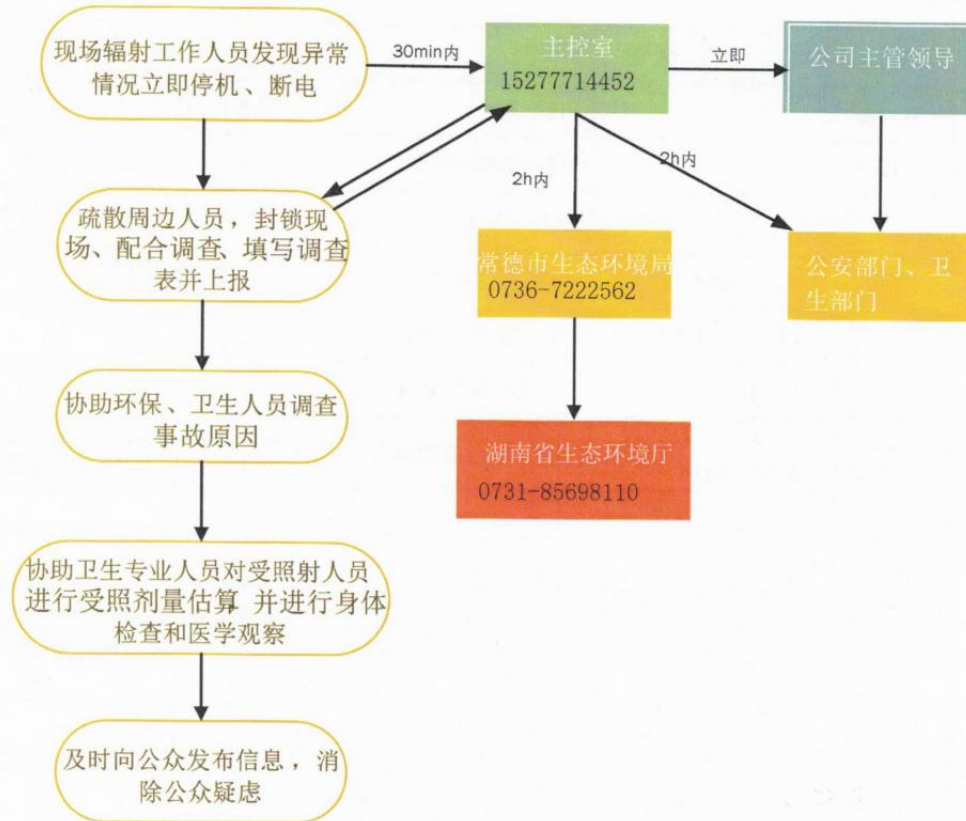
湖南雷大辐照科技有限公司

二〇二四年五月



附件 1

(1) 应急处置流程图（内容包括事故/事件处置基本流程，本单位应急管理部门及电话，外部救援单位如设备生产/维护单位联系电话，政府有关部门联系电话等），本流程图应在辐射工作场所明显位置张贴；



(2) 针对不同辐射事故/事件类型详细描述应急处理程序，包括具体处理方法；



(3) 辐射事故初始报告表。

辐射事故初始报告表

事故单位名称	(公章)					
法定代表人		地址				邮编
电话			传真			联系人
许可证号			许可证审批机关			
事故发生时间			事故发生地点			
事故类型	<input type="checkbox"/> 人员受照 <input type="checkbox"/> 人员污染		受照人数		受污染人数	
	<input type="checkbox"/> 丢失 <input type="checkbox"/> 被盗 <input type="checkbox"/> 失控		事故源数量			
	<input type="checkbox"/> 放射性污染		污染面积(m ²)			
序号	事故源核素名称	出厂活度(Bq)	出厂日期	放射源编码	事故时活度(Bq)	非密封放射性物质状态(固/液态)
序号	射线装置名称	型号	生产厂家	设备编号	所在场所	主要参数
事故经过情况						
报告人签字			报告时间	年 月 日 时 分		

注：射线装置的“主要参数”是指 X 射线机的电流 (mA) 和电压 (kV)、加速器线束能量等主要性能参数。

附件 6：关于年有效剂量管理目标值的说明

关于我单位射线装置所致辐射工作人员和 公众年有效剂量管理目标值的说明

为保证我单位射线装置的正常运行，加强对辐射工作人员剂量的管理，按国家相关法律法规和标准的要求，结合我院放射诊疗工作实际的情况，明确我院放射工作人员和公众的年有效剂量管理目标值如下：

辐射工作人员年有效剂量管理目标值取 5.0mSv/a；公众成员的年有效剂量管理目标值取 0.1mSv/a。

特此说明。

湖南雷大辐照科技有限公司



附件 7：关于人员配置和工作负荷的说明

湖南雷大辐照科技有限公司电子加速器辐照装置建设项目关于使用参数的确认

湖南雷大辐照科技有限公司因业务发展需要，拟在湖南省常德市安乡县大鲸港镇西城垵社区安乡汽摩零部件智能制造产业园湖南雷大辐照科技有限公司 1#车间新建 2 间电子加速器辐照机房及其配套辅助用房，机房内各安装 1 台 DZ10/20 (LA-III) 型电子加速器辐照装置，利用电子加速器对食品、医疗耗材、无纺布等辐照产品进行辐照加工业务。

1. 射线装置参数

表 1 本项目射线装置一览表

射线装置名称	数量	电子束最大能量	最大束流强度	类别	工作场所名称	活动种类	备注
DZ10/20 (LA-III) 型电子加速器	2 台	10MeV	2mA	II类	电子辐照加速机房	使用	束流损失率为 3%；束流损失点能量为 3MeV

2. 屏蔽措施

详见图纸。

3. 工作人员及工作负荷

(1) 人员配置：本项目建成投产后，拟配置工作人员 9 人，其中辐射工作人员 5 名，搬运工 4 名，均为新增人员，人员名单暂未确定。5 名辐射工作人员中有 1 名为管理人员，其余 4 名每台设备各 2 名（1 名负责设备操作、1 名负责设备维修）；4 名搬运工，每台设备各 2 名，负责已辐照/未辐照产品的装卸、搬运。

(2) 工作负荷：根据公司提供的资料，本项目单台设备每天出

束时间约为 8h。年工作时间 250d, 则单台设备年出束时间约为 2000h。



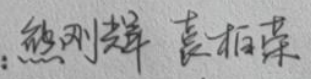
湖南雷大辐照科技有限公司

二〇二四年五月



附件 8：免罚轻罚告知承诺书

常德市生态环境局 生态环境违法行为免罚轻罚告知承诺书

执法告知	<p>湖南雷大辐照科技有限公司：</p> <p>对于《责令改正违法行为决定书》（常环安责改字〔2024〕10号）中载明你公司的生态环境违法行为，我局执法人员已向贵公司进行了告知并宣传了相关法律法规之规定。现告知如下：</p> <p>初步判断你公司的违法行为，属初次违法且没有造成危害后果，依据《行政处罚法》第三十三条第一款之规定，你公司按要求及时改正并作出遵守相关法律法规承诺后，符合轻微违法行为依法免于处罚的适用条件。免于处罚后，若你公司违反承诺，或者再次发生生态环境违法行为，将严格依法处罚。</p> <p style="text-align: right;"></p>
当事人的承诺	<p>常德市生态环境局：</p> <p>执法人员已向贵公司进行了相关告知和法律法规宣传教育，并要求予以改正。本公司对以上情况确认无误，并自愿承诺：</p> <ol style="list-style-type: none">1. 立即予以改正；2. 在未取得环评批复前，不再开工建设；3. 按规定申请报批建设项目的环境影响报告表。 <p>同时，本公司承诺将严格遵守生态环境保护相关法律法规之规定，若未履行上述承诺或再有同一类型环境违法行为发生的，愿依法承担相应的法律责任。</p> <p style="text-align: right;">签字或盖章： 年 月 日</p>
践诺情况	<p>2024年10月16日，我局执法人员对湖南雷大辐照科技有限公司电子加速器辐照装置建设项目工地进行复查，发现该公司项目工地处于停止建设状态，未对周边环境造成影响。符合《中华人民共和国行政处罚法》第三十三条第一款：“违法行为轻微并及时改正，没有造成危害后果的，不予行政处罚。初次违法且危害后果轻微并及时改正的，可以不予行政处罚”的规定，建议对该公司“未批先建”的违法行为，作出免于行政处罚的处理意见。</p> <p style="text-align: right;">执法人员签字： 2024年10月16日</p>

