核技术利用建设项目

鑫宏业科技（湖南）有限公司

新建使用II类射线装置（6台电子加速器）项目

环境影响报告表

鑫宏业科技（湖南）有限公司

2024年11月

环境保护部监制

核技术利用建设项目

鑫宏业科技（湖南）有限公司

新建使用Ⅱ类射线装置（6台电子加速器）项目

环境影响报告表

建设单位名称：鑫宏业科技（湖南）有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：

通讯地址：湖南省株洲市天元区马家河街道仙月环路899号新马动力创新园2.1期研发厂房118-R

邮政编码：412000　　联系人：徐德智

电子邮箱：124843940@qq.com　联系电话：15292198955

打印编号：1727083040000

编制单位和编制人员情况表

项目编号	2rv856
建设项目名称	鑫宏业科技（湖南）有限公司新建使用Ⅱ类射线装置（6台电子加速器）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）	鑫宏业科技（湖南）有限公司
统一社会信用代码	91430211MA7J59AX2L
法定代表人（签章）	卜晓华
主要负责人（签字）	徐德智
直接负责的主管人员（签字）	徐德智
二、编制单位情况	
单位名称（盖章）	中皓生态环境有限公司
统一社会信用代码	91430100MA4RC8KL53
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
胡劲梅	2013035430350000003511430237	BH006514	

2. 主要编制人员

姓名	主要编写内容	信用编号	签字
胡劲梅	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、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、结论和建议	BH006514	

目　录

附件：

附件1：委托书

附件2：企业营业执照

附件3：质量现状监测报告

附件4：项目放射工作人员及公众年剂量管理目标值确定文件

附件5：关于成立辐射安全与防护领导小组的通知

附件6：辐射防护和安全保卫制度

附件7：电子加速器辐照装置操作规程

附件8：辐照中心工作人员健康管理制度

附件9：辐照中心工作人员培训管理制度

附件10：加速器设备检修维护及连锁检查验证制度

附件11：加速器装置使用登记及台账管理制度

附件12：辐照中心辐射事故应急预案

附件13：辐照中心辐射监测方案

附件14：环境质量现状监测仪器使用说明书（部分）

附件15：株环天环评表[2023]15号

附件17：产品说明书（部分）

附图：

附图1：项目地理位置图

附图2：加速器机房与企业总平面布置位置关系示意图

附图3-1：辐照室一层平面设计图

附图3-2：二层设备平台平面设计图

附图3-3：辐照室西-东方向剖面设计图

附图3-4：辐照室南-北方面剖面设计图

附图4：关注点位示意图

附图5：6座加速器机房辐照室散射路径示意图

附图6-1：一层辐照室安全联锁示意图

附图6-2：二层设备平台安全联锁示意图

附图7-1：排风走向平面示意图

附图7-2：排风走向剖面示意图

附图8：人流、物流示意图

附图9：现场照片

表1 项目基本情况

<table>
<tr><td colspan="2">建设项目名称</td><td colspan="5">鑫宏业科技（湖南）有限公司新建使用II类射线装置（6台电子加速器）项目</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设单位</td><td colspan="5">鑫宏业科技（湖南）有限公司</td></tr>
<tr><td colspan="2">法人代表</td><td>卜晓华</td><td>联系人</td><td></td><td>联系电话</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">注册地址</td><td colspan="5">湖南省株洲市天元区马家河街道仙月环路899号新马动力创新园2.1期研发厂房118-R</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目建设地点</td><td colspan="5">湖南省株洲高新技术产业开发区新马东路以东、株洲大道南辅道以南、月塘路以西、月丰路以北鑫宏业科技（湖南）有限公司厂区电缆生产车间内</td></tr>
<tr><td colspan="2">立项审批部门</td><td colspan="2">/</td><td>批准文号</td><td colspan="2">/</td></tr>
<tr><td colspan="2">建设项目总投资（万元）</td><td>1500</td><td>项目环保投资（万元）</td><td>555</td><td>投资比例（环保投资/总投资）</td><td>37.00%</td></tr>
<tr><td colspan="2">项目性质</td><td colspan="3">☑新建□改建□扩建□其它</td><td>占地面积（m^2）</td><td>2000</td></tr>
<tr><td rowspan="9">应用类型</td><td rowspan="2">放射源</td><td>☐销售</td><td colspan="4">□I类 □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="4">□I类（医疗使用） □II类 □III类 □IV类 □V类</td></tr>
<tr><td rowspan="3">非密封放射性物质</td><td>□生产</td><td colspan="4">□制备PET用放射性药物</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="4">/</td></tr>
<tr><td>□使用</td><td colspan="4">□乙 □丙</td></tr>
<tr><td rowspan="3">射线装置</td><td>□生产</td><td colspan="4">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>□销售</td><td colspan="4">□II类 □III类</td></tr>
<tr><td>☑使用</td><td colspan="4">☑II类 □III类</td></tr>
<tr><td>其它</td><td colspan="5">/</td></tr>
</table>

1.1 建设单位简介及项目概述

1.1.1 建设单位情况

鑫宏业科技（湖南）有限公司（以下简称“鑫宏业”）成立于2022年03月14日，公司注册地址为湖南省株洲市天元区马家河街道仙月环路899号新马动力创新园2.1期研发厂房118-R，生产经营地址为湖南省株洲高新技术产业开发区新马东路以东，株洲大道南辅道以南，月塘路以西，月丰路以北地块。公司主要从事电线电缆、线束组件、插头连接线、塑胶粒料、橡塑制品的研发、制造、销售；辐照线缆工控设备、新能源辐照交联电线电缆设备的研发、制造、销售。公司《新能源特种线缆智能化生产基地项目环境影响报告表》于2023年3月9日取得株洲市生态环境局天元分局审批，批复文号：株环天环评表[2023]15号（详见附件15）。

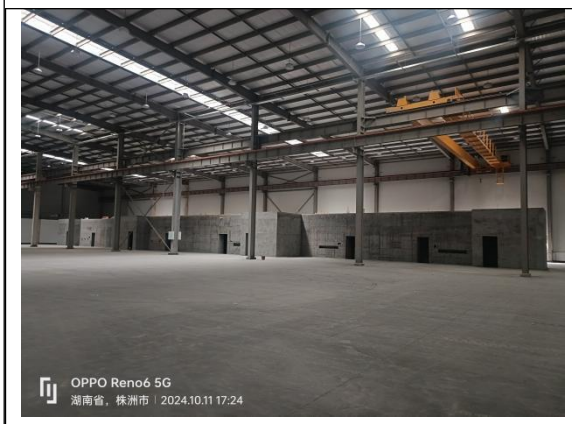
1.1.2 任务由来

鑫宏业拟投资1500万元在企业电缆生产车间内辐照区域建设6座加速器机房（编号：1#、2#、3#、4#、5#、6#），并于每座机房内各配备1台电子辐照加速器（共6台，其中2台型号为DD_{LH}2.5/40-1400，4台型号为DD_{LH}2.0/50-1600）。用于对公司电缆产品辐照交联改性，通过对已上胶皮的电线电缆进行辐照，使胶皮分子结构发生改变，改善其物理性能和化学性质，使其具有更高的耐久性、耐热性、耐辐射性以及优异的电学性能，提高其质量和可靠性，使得辐照后的电线电缆可以适用多种工作环境，具备更强的市场竞争力。

项目拟分两期，考虑车间布局和地基基础设计，同时避免反复开挖地基等情况，本项目主体建设工程（6座加速器机房）拟在一期全部建设，分两期配备设备：一期配备3台电子辐照加速器（1台型号为DDLH2.5/40-1400，2台型号为DDLH2.0/50-1600），分别位于1#、2#、3#加速器机房内，计划2024年年底前完成安装，并经验收合格后投入使用；二期配备3台电子辐照加速器（1台型号为DDLH2.5/40-1400，2台型号为DDLH2.0/50-1600），分别位于4#、5#、6#加速器机房内，计划2026年年底前完成安装，并经验收合格后投入使用。本次评价包括一期、二期工程内容。

根据调查可知，企业已开始该项目进行建设，目前6座加速器机房已按设计施工图纸基本完成基建内容的建设，暂未引入设备

现场建设情况如下图：



加速器机房西侧

加速器机房南侧

加速器机房防护门及线缆进出孔洞

加速器机房东侧（暂未封闭）

	
加速器机房内	加速器机房内迷道
说明：本项目生产车间非正北方位，评价按厂区外月塘路位于企业电缆生产车间的东面描述方位。	

图1-1　加速器机房现状照片

根据《中华人民共和国环境影响评价法》（2018年修正）、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（生态环境部令第7号，2019年修改）：辐射工作单位在申请领取辐射安全许可证前，应当组织编制或者填报环境影响评价文件，并依照国家规定程序报环境保护主管部门审批。对照《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号），本项目拟建的电子辐照加速器属II类射线装置。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版），本项目属于“五十五、核与辐射”中“172、核技术利用建设项目—使用II类射线装置”，应编制环境影响报告表。

为保护环境和保障公众健康，鑫宏业委托中皓生态环境有限公司对“鑫宏业科技（湖南）有限公司新建使用II类射线装置（6台电子加速器）项目”进行辐射环境影响评价。评价单位在充分收集了有关资料，完成辐射环境质量现状监测、污染源分析等工作的基础上，依照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）的相关要求编制完成了《鑫宏业科技（湖南）有限

公司新建使用II类射线装置（6台电子加速器）项目环境影响报告表》。

1.1.3 项目建设概况

（1）项目名称：鑫宏业科技（湖南）有限公司新建使用II类射线装置（6台电子加速器）项目；

（2）建设单位：鑫宏业科技（湖南）有限公司；

（3）建设性质：新建；

（4）建设地点：湖南省株洲高新技术产业开发区新马东路以东，株洲大道南辅道以南，月塘路以西，月丰路以北鑫宏业科技（湖南）有限公司厂区电缆生产车间内；

（5）建设内容：在电缆生产车间东北角设置辐照区域，占地2000m^2，辐照区域内建设6座加速器机房（编号：1#、2#、3#、4#、5#、6#），并于每座机房内各配备1台电子辐照加速器（共6台，其中2台型号为DD_{LH}2.5/40-1400，4台型号为DD_{LH}2.0/50-1600），用于对公司产品电缆进行辐照交联改性。其中设备分两期配备，一期配备3台电子辐照加速器（1台型号为DDLH2.5/40-1400，2台型号为DDLH2.0/50-1600），二期配备3台电子辐照加速器（1台型号为DDLH2.5/40-1400，2台型号为DDLH2.0/50-1600）。

本项目组成见表1-1，射线装置明细见表1-2，每台加速器拟配备的辅助设备情况见表1-3。

表1-1　项目基本组成情况一览表

序号	类型	项目名称	建设内容	备注
1	主体工程	加速器机房1#	一层为辐照室，混凝土结构，建筑面积54.6m^2；二层为设备平台，加速器主体位于二层	1#~6#加速器机房由北至南依次并排布置，电缆车间为钢架结构，1F，高度h=14.93m
2		加速器机房2#	一层为辐照室，混凝土结构，建筑面积63.7m^2；二层为设备平台，加速器主体位于二层	
3		加速器机房3#	一层为辐照室，混凝土结构，建筑面积64.155m^2；二层为设备平台，加速器主体位于二层	
4		加速器机房4#	一层为辐照室，混凝土结构，建筑面积64.155m^2；二层为设备平台，加速器主体位于二层	
5		加速器机房5#	一层为辐照室，混凝土结构，建筑面积63.7m^2；二层为设备平台，加速器主体位	

				于二层	
6		加速器机房6#		一层为辐照室，混凝土结构，建筑面积54.6m²；二层为设备平台，加速器主体位于二层	
7	辅助工程	操作区		位于各加速器机房西面	新建
		电器设备区	仪表柜	位于各加速器机房西面控制室内，共4间控制室（1#~4#）：其中加速器机房1#配套控制室为控制室1#、加速器机房2#、3#配套控制室为控制室2#、加速器机房4#、5#配套控制室为控制室3#、加速器机房6#配套控制室为控制室4#	
			加速器控制柜		
			冷却水循环系统	把变压器散发的热量带走，并对钢桶内的其他部件进行冷却，采用去离子水（外购），循环使用，位于机房二层设备平台，定期外排	
			气体系统	①加速器检修时回收气体；②通过气体的循环去除其中的水分和运行中因放电生成的有毒有害分解产物，位于机房二层设备平台	
			储气罐	为加速器检修时储存SF6干燥绝缘气体用，共2个，每三台设备合用1个，位于机房二层设备平台	
8	公用工程	供配电系统		依托厂区供配电系统，厂房用电来源于市政用电	依托
9	环保工程	废气		机械通风系统，每个辐照室配备1台排风量为10000m³/h的风机，辐照室通风机排口位于辐照室东侧，距离地面的高度15m，每两个辐照室共用一根排气筒，共设3根排气筒，单根排气筒排风量为20000m³/h	新建
		废水		本项目无放射性废水产生；设备冷却水循环使用，定期外排至市政污水管网；电缆车间外东侧拟建循环水池一座，电缆喷淋冷却水汇入东侧拟建的循环水池，循环使用，定期外排至市政污水管网；员工生活污水依托企业现有化粪池处理后，纳入市政污水管网	依托企业现有化粪池
		噪声		主要是风机和水泵运行噪声，拟选用低噪声设备，采取基础减振等措施降低噪声影响	新建
		固废		本项目无放射性固废产生；员工生活垃圾依托企业生活垃圾收集桶收集后交由城市环卫部门清运处理	依托企业现有生活垃圾收集桶

表1-2　本项目射线装置明细表

序号	装置名称	装置型号	装置类别	数量	工作场所	装置用途
一期工程						
1	电子辐照加速器	DD_{LH}2.0/50-1600	II类	1台	加速器机房1#	电缆辐射改性
2	电子辐照加速器	DD_{LH}2.0/50-1600	II类	1台	加速器机房2#	电缆辐射改性
3	电子辐照加速器	DD_{LH}2.5/40-1400	II类	1台	加速器机房3#	电缆辐射改性
二期工程						
4	电子辐照加速器	DD_{LH}2.5/40-1400	II类	1台	加速器机房4#	电缆辐射改性
5	电子辐照加速器	DD_{LH}2.0/50-1600	II类	1台	加速器机房5#	电缆辐射改性
6	电子辐照加速器	DD_{LH}2.0/50-1600	II类	1台	加速器机房6#	电缆辐射改性
说明：本项目拟设置的电子辐照加速器主体采用自屏蔽结构，无需建设主机室，仅需建设加速器辐照室。						

加速器拟配备的辅助设备情况详见下表。

表1-3　辅助设备一览表

序号	设备名称	数量	备注
1	SF6储气罐	2台	每3台加速器合用一台SF6储气罐及SF6气体处理机，为加速器开罐检修时使用
2	SF6气体处理机	2台	
3	冷水机组	6台	每台加速器配备1台冷水机组，为加速器主钢桶及高频机提供冷却水，采用外购纯水作为冷却介质，间接冷却，冷却废水定期外排
4	高频机	6台	每台加速器配备1台高频机，为加速器提供高压电源
5	收放卷系统	12套	每台加速器配备2套收放卷系统，用于输送电缆进出辐照室
6	风机	6台	单台风机风量为2000m^3/h，位于机房东墙和生产车间东墙之间的过道
7	排气筒	3根	15m/根，辐照室废气排气筒，每两个相邻辐照室共用一根排气筒
8	冷却喷淋系统	6套	每个辐照室内一套，用于辐照电缆降温
9	循环水池	1个	池容30m^3，收集线缆冷却喷淋废水，循环回用，定期（半年）外排
10	水泵	7台	1台排污泵，6台离心泵

图1-2　加速器机房设备平台层布置示意图

1.1.4 劳动定员及工作时间

（1）工作制度

两班制，每班12h（中间休息1h，每班实际工作时间11h），年工作300天。

（2）劳动定员

本项目每台设备拟新增配备4名辐射工作人员（2人/台·班），一期3台设备配备12名辐射工作人员，二期3台设备配备12名辐射工作人员，两期共配置24名辐射工作人员；项目涉及的非辐射性工作人员（如材料搬运工、管理人员等）已纳入企业“新能源特种线缆智能化生产基地项目”中。因此，本项目新增员工24名。

1.1.5 计划工作量

每台电子辐照加速器每天出束时间22h，年出束时间6600h。

根据业主方集团公司生产统计数据，每台电子辐照加速器按计划工作量，可以辐照8~12万千米线缆，不同规格线缆，辐照时间不同。根据《新能源特种线缆智能化生产基地项目环境影响报告表》（报批稿）及批复文件：鑫宏业主要产品产能为年产工

业线缆2万km、光伏线缆5万km、电动汽车充电线缆36万km、充电线束2万km，因此，项目拟建6台电子辐照加速器设计是合理的。

1.2 项目地理位置及周围环境概况

1.2.1 项目地理位置

鑫宏业科技（湖南）有限公司生产经营地址位于湖南省株洲高新技术产业开发区新马东路以东，株洲大道南辅道以南，月塘路以西，月丰路以北，中心坐标：E113.0451°，N27.8096°，企业地理位置详见附图1，企业四至情况详见图1-1。

图1-1 企业四至情况图

1.2.2 加速器机房位置

本项目拟建加速器机房位于该公司生产经营场地电缆生产车间内东北角，加速器机房与企业总平面位置关系见附图2，根据附图2可知，加速器机房南面依次为电缆车间内成品仓库、厂区卸货区，西面依次为电缆车间内电缆生产区、厂区内过道、2#厂房（线束生产车间）及综合办公楼，北面依次为电缆车间内卫生间及配电间、厂区内过道、3#厂房（材料车间），东面依次为厂区内过道、北侧出入口门卫室；地基为夯

实土层。

加速器机房一层为辐照室，采用混凝土结构；二层为设备平台，布置有循环冷却系统、气体系统、储气罐、加速器主体等。加速器机房平面布置见附图3。

1.3 项目环境可行性分析

（1）产业政策符合性

本项目建设的电子辐照加速器属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》及其修改单中鼓励类第六项“核能”中“4.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）选址合理性分析

本项目拟设置的电子辐照加速器位于专用的加速器机房内，加速器机房（1#~6#）位于鑫宏业厂区电缆生产车间预留的辐照区内，无需新增占地。本项目加速器机房外50m范围主要是本公司生产车间、厂区内外道路、园区规划的工业用地（现状为未开发的空地），无居民与学校等环境敏感点。厂区外部未开发的空地规划为工业用地，后期建设中不得用于建设厂区职工宿舍。经辐射环境影响预测，本项目运行过程中产生的电离辐射，经采取一定的辐射防护措施后对周围环境与公众健康的影响是可接受的。因此，本项目的选址合理。

（3）平面布局合理性分析

本工程拟在企业内电缆车间东北角预留的辐照区建设6间加速器机房，最大程度远离企业员工生活区，减轻对企业员工影响；本项目拟配备的6台电子加速器主体采用自屏蔽结构，将主电源与加速器分成两体成直角联接，无需建设主机室，仅需建设加速器辐照室，加速器主体、冷却水循环系统、气体系统等辅助设备均位于加速器辐照室顶部的设备平台，地基为夯实土层，操作室位于各机房西面。机房相对独立，在加速器机房内进行辐照工作可减轻对周围公众的辐射影响，也有利于射线装置的安全管理；加速器机房建设完成后将在辐照室外设置固定的辐射警示标识和工作状态指示灯。因此，从辐射安全和环境保护的角度考虑，本项目的辐射工作场所平面布局是合理可行的。

（4）实践正当性分析

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。

本项目加速器机房边界50m范围内主要是厂区生产车间、车间内卫生间及配电间、产品仓库、厂区内道路、园区规划的工业用地（现状为未开发的空地）等，无自然保护区、风景名胜区、饮用水源保护区、学校、居民区等环境保护目标。加速器电子束流方向向下，对企业产品电缆进行辐照交联改性，辐照室下方为混凝土地面，无地下层。在做好各项辐射管理工作和采取必要的防护措施后，项目对受照个人的年辐射剂量可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）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，项目符合辐射防护“实践正当性”原则。

因此，该项目的建设是正当可行的，满足社会经济发展的需要，符合国家产业政策。

1.4现有核技术利用项目基本情况

建设单位尚未开展过核技术利用项目，本次为新建项目。

表2 放射源

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

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

表3 非密封放射性物质

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

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

表4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速粒子	最大能量（MeV）	额定电流（mA）	用途	工作场所	备注
1	电子加速器	II类	1台	DD_{LH}2.0/50-1600	电子	2.0	50	电缆辐射改性	加速器机房1#	/
2	电子加速器	II类	1台	DD_{LH}2.0/50-1600	电子	2.0	50	电缆辐射改性	加速器机房2#	/
3	电子加速器	II类	1台	DD_{LH}2.5/40-1400	电子	2.5	40	电缆辐射改性	加速器机房3#	/
4	电子加速器	II类	1台	DD_{LH}2.5/40-1400	电子	2.5	40	电缆辐射改性	加速器机房4#	/
5	电子加速器	II类	1台	DD_{LH}2.0/50-1600	电子	2.0	50	电缆辐射改性	加速器机房5#	/
6	电子加速器	II类	1台	DD_{LH}2.0/50-1600	电子	2.0	50	电缆辐射改性	加速器机房6#	/
合计			6台	/	/	/	/	/	/	/

（二）X射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数量	型号	最大管电压（kV）	最大管电流（mA）	用途	工作场所	备注
无									

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

名称	状态	核素名称	活度	月排放量	年排放总量	排放口浓度	暂存情况	最终去向
臭氧、氮氧化物	气态	/	/	少量	少量	极低	不暂存	通过3根15m高排气管道排放（每两个辐照室共用一根排气筒），对环境影响较小
/	/	/	/	/	/	/	/	/

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/m^3；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/m^3）和活度）（Bq）。

表6 评价依据

法规文件	（1）《中华人民共和国环境保护法》，2014年修订，2015年1月1日施行； （2）《中华人民共和国环境影响评价法》，2018年修正，2018年12月29日起施行； （3）《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号），2003年10月1日起施行； （4）《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院第449号令），2019年3月18日施行； （5）《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； （6）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（总局令第31号），2021年1月4日修正； （7）《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环保部令第18号)，2011年5月1日起施行； （8）《建设项目环境影响评价分类管理名录》（2021年版）（部令 第16号），2021年1月1日起施行； （9）《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； （10）《关于建立放射性同位素与射线装置事故分级处理报告制度的通知》（环发[2006]145号），2006年9月26日发布； （11）《产业结构调整指导目录》（2024年本）（中华人民共和国国家发展和改革委员会令第7号），2024年2月1日起施行； （12）《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），2019年12月24日印发； （13）《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），2021年3月15日起实施； （14）《放射工作人员职业健康管理办法》（卫生部令第55号），2007年11

	月1日起施行。
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）《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）； （5）《粒子加速器辐射防护规定》（GB5172-85）； （6）《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）； （7）《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）； （8）《工作场所职业病危害警示标识》（GBZ158-2003）； （9）《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）； （10）《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）； （11）《职业性外照射个人监测规范》（GBZ128-2019）； （12）《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）； （13）《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）。 （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）。
其他	与项目有关的文件 （1）委托书（见附件1）； （2）检测报告（见附件3）； （3）《湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究》［《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）］P132-133表7； （4）建设单位提供的与本项目有关的资料。

表7 保护目标与评价标准

7.1 评价范围

本项目污染为能量流污染，根据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，中“第1.5评价范围和保护目标：放射性药物生产及其他非密封放射性物质工作场所项目的评价范围，甲级取半径500m的范围，乙、丙级取半径50m的范围。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（无实体边界项目视具体情况而定，应不低于100m的范围），对于I类放射源或I类射线装置的项目可根据环境影响的范围适当扩大。”

本项目使用II类射线装置，具有实体屏蔽，因此，本项目的评价范围取电子加速器机房（1#~6#）组成的辐照区墙体边界外50m的范围，见下图7-1项目评价范围示意图。

图7-1　项目评价范围示意图

7.2 保护目标

加速器机房墙体外50m范围内无居民住宅、学校等长期居留的敏感目标，加速器机房为一层混凝土结构，顶部为敞开式平台（无混凝土墙体），设置循环冷却机组、储气罐等设备，地基为夯实土层，确定本项目环境保护目标为加速器机房周围50m范围内活动的辐射工作人员以及公司内的其他非辐射工作人员和公众成员。

表7-1　环境保护目标分布一览表

机房名称	机房位置	方位②	距离（m）	环境敏感点名称	环境保护人群	影响人数
加速器机房1#-6#	企业线缆生产车间东北	东	0~1.96	车间内过道	公众人员（检修人员）	仅风机检修时有检修人员
			1.96~9.33	厂区内绿化带	/	/
			9.33~16.33	厂区内道路	公众人员	流动人员，约

	角					300人
			16.33~23.93	厂区内停车位及门卫室	企业员工	流动人员，约300人
			23.93~39.93	月塘路（市政道路）	公众人员	流动人员，不固定
			39.93~50	园区空地（地块暂未出售，规划为工业用地）	公众人员	流动人员
		南	0-50	已辐照区	辐射工作人员	24人
		西	0~3.1①	控制室（1#~4#）	辐射工作人员	24人
			0~16.65①	线缆收放线区域	辐射工作人员	24人
			16.65~32.65	待辐照区	辐射工作人员	24人
			32.65~50	线缆生产车间	公众人员	线缆生产车间内工作人员，约150人
		北	0~8.1	线缆生产车间内过道	公众人员	线缆生产车间内工作人员，约150人
			8.1~20.7	线缆生产车间内洗手间	公众人员	流动人员，约200人
			20.7~27.7	厂区内道路	公众人员	流动人员，约300人
			27.7~50	材料及拉丝车间	公众人员	材料及拉丝车间工作人员，约50人
		二层设备平台		循环冷却机组检修人员（设置循环冷却机组等）	公众人员（检修人员）	仅检修时有检修人员
		楼下		无（夯实土层，人员不可达）	无	0

注：①控制室（1#~4#）与线缆收放线区域并排布置。
②本项目生产车间非正北方位，评价按厂区外月塘路位于企业电缆生产车间的东面描述方位。

7.3 评价标准

7.3.1 《电离辐射防护与辐射源安全的基本标准》（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性。

（1）基本剂量标准

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

不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

B1剂量限值

B1.1职业照射

B1.1.1剂量限值

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

a)由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv。

b)任何一年中的有效剂量，50mSv；

c)眼晶体的年当量剂量，150mSv；

d)四肢（手和足）或皮肤的年当量剂量，500mSv。

B1.2公众照射

B1.2.1剂量限值

实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值：

a)年有效剂量，1mSv。

b)特殊情况下，如果5个连续年的年平均剂量不超过1mSv，则某一单一年份的有效剂量可提高到5mSv；

c)眼晶体的年当量剂量，15mSv；

d)皮肤的年当量剂量，50mSv。

（2）年有效剂量管理目标值

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），确定项目加速器辐射工作人员个人年有效剂量为5mSv/a，公众成员个人年有效剂量为0.1mSv/a。

7.3.2《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）

工作场所空气中化学因素的职业接触限值为：臭氧最高容许浓度（MAC）接触限值：0.3mg/m^3；氮氧化物（一氧化氮和二氧化氮）的时间加权平均容许浓度（PC-TWA）接触限值：5mg/m^3，短时间接触容许浓度为10mg/m^3。

7.3.3《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C_{20}，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；

g）其他物理因素安全要求应满足GBZ 2.2-2007规定的标准要求。

7.3.4《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。

4.1.2 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。

4.2.1 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的屏蔽设计必须以加速器的最高能量和最大束流强度为依据。

电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面30cm处以外区域周围剂量当量率不能超过2.5μSv/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。对于既可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 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况；

（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）其它。

7.3.5《辐射加工用电子加速器装置运行维护管理通用规范》（GB/T40590-2021）

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况；

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。

8 辐射防护应急管理与事故处理

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、报告和处理程序；

f）应急预案有效性、适宜性的定期评审。

8.1.2 发生事故时，应依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辐射事故应急处理

《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。

7.3.6《湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究》［《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）］。

根据《湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究》［《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）］P132-133表7可知，株洲市天然贯穿辐射剂量率数据见表7-3。

表7-3　湖南省株洲市天然贯穿辐射水平调查结果（单位：nGy/h）

项目	室外	室内
范围	64.1~181.7	87.1~204.3
均值	97	134.5
标准差s	17.4	17.9

7.3.7本项目管理目标汇总

根据以上所列标准，综合考虑本项目各方面要素以及实际的可操作性，本环评采用以下各项标准和剂量控制值，见表7-4。

表7-4　本环评采用的各项标准和指标

序号	项目	控制值	采用的标准
1	年剂量管理目标值	辐射工作人员：≤5mSv/a 公众成员：≤0.1mSv/a	GB18871－2002、HJ979-2018、GBT25306-2010
2	屏蔽防护要求	电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面30cm处以外区域周围剂量当量率不能超过2.5μSv/h	HJ979-2018
3	气体浓度	臭氧的最高允许浓度0.3mg/m^3 氮氧化物最高允许浓度5mg/m^3	GBZ2.1-2019

表8 环境质量和辐射现状

8.1项目地理和场所位置

本项目位于湖南省株洲高新技术产业开发区新马东路以东、株洲大道南辅道以南、月塘路以西、月丰路以北鑫宏业科技（湖南）有限公司厂区电缆生产车间（1#厂房）内，在该车间内东北角建设加速器机房1#~6#及其配套用房。

8.2 辐射环境现状监测情况

为了解项目所在场所及其周围的辐射环境本底水平，根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中有关布点原则，中皓生态环境有限公司委托湖南宝宜工程技术有限公司于2024年7月3日对项目拟建场址周围的γ辐射空气吸收剂量率进行了监测，同时于2024年10月12日进行了补充监测，监测报告详见附件3。

监测因子：X、γ辐射剂量率。

监测点位：为反映项目所在位置及项目建成后周边人员易达区域的辐射本底情况，本次共设29个监测点位，详见下图，项目现址情况详见附图9。

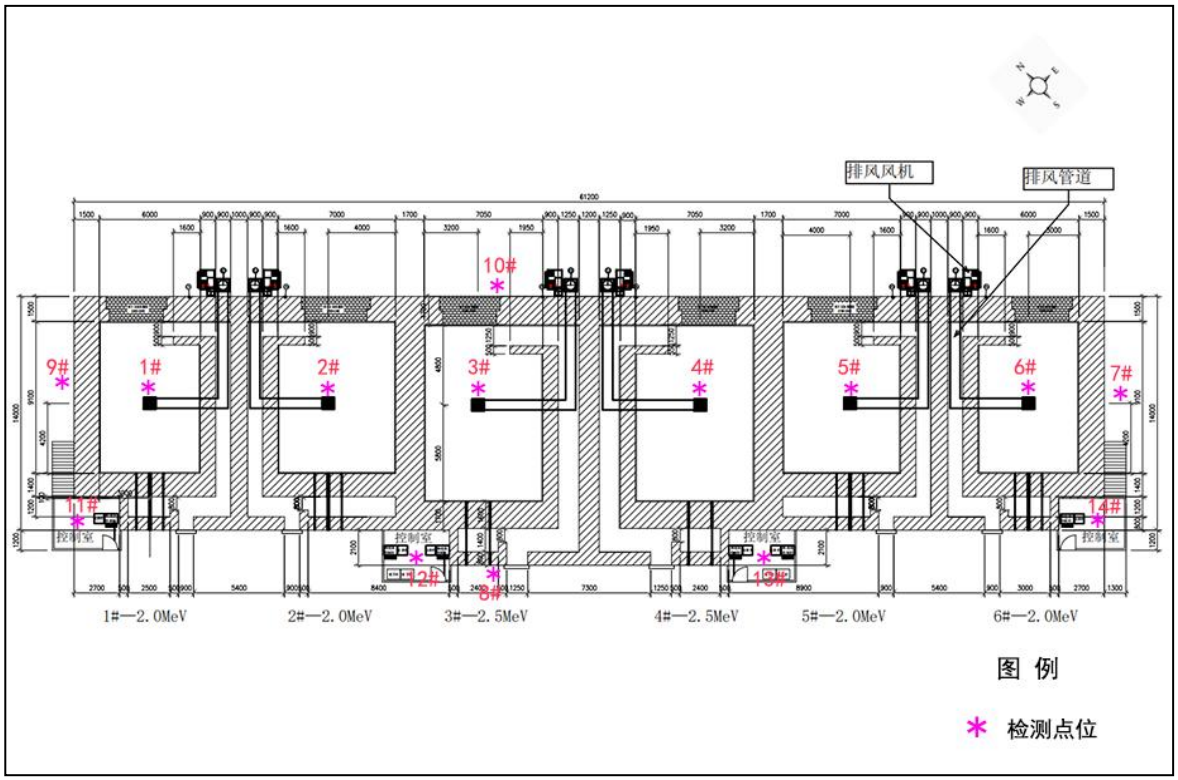


图8-1（1） 监测点位（1#-14#）示意图

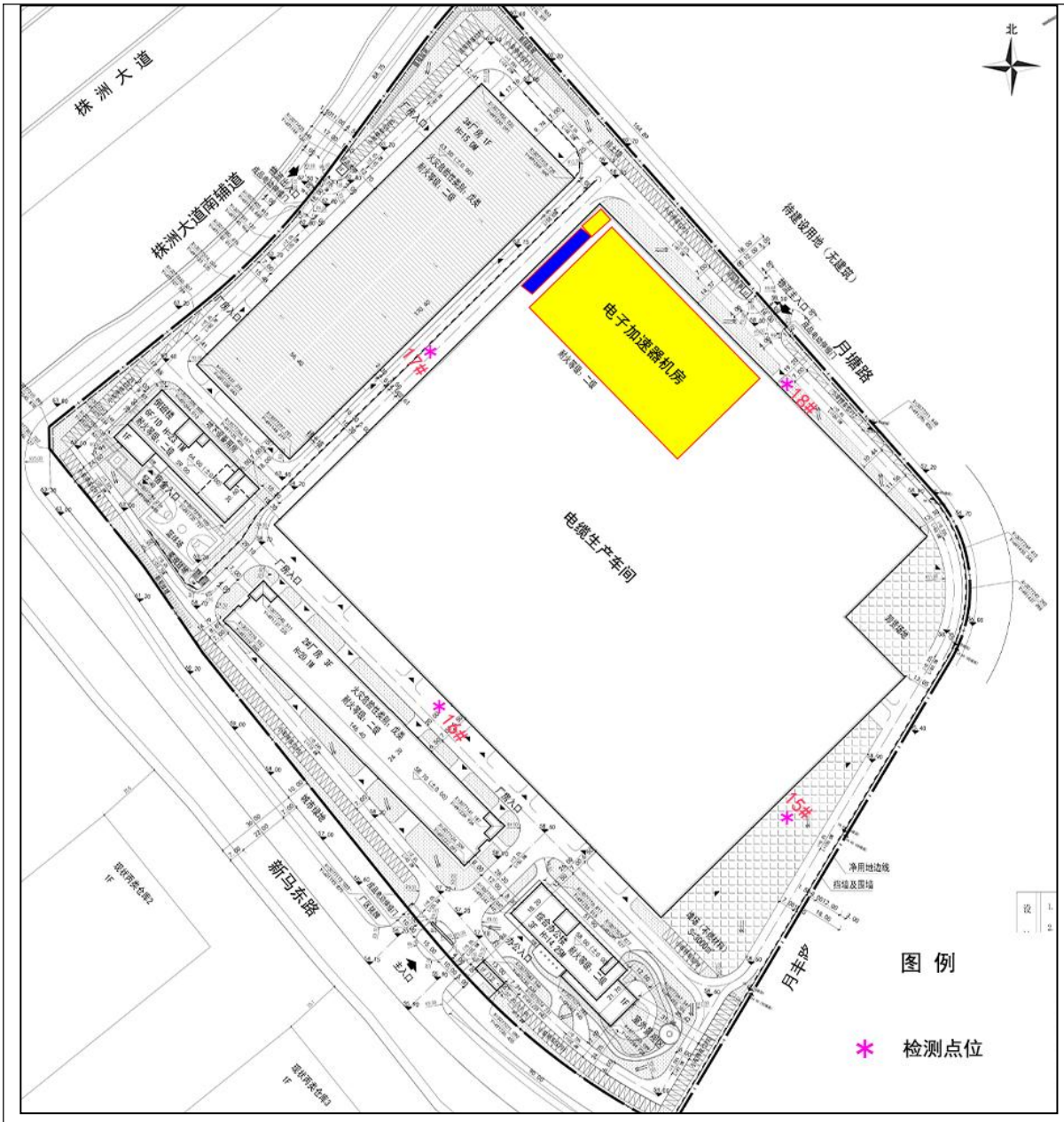


图8-1（2） 监测点位（15#-18#）示意图

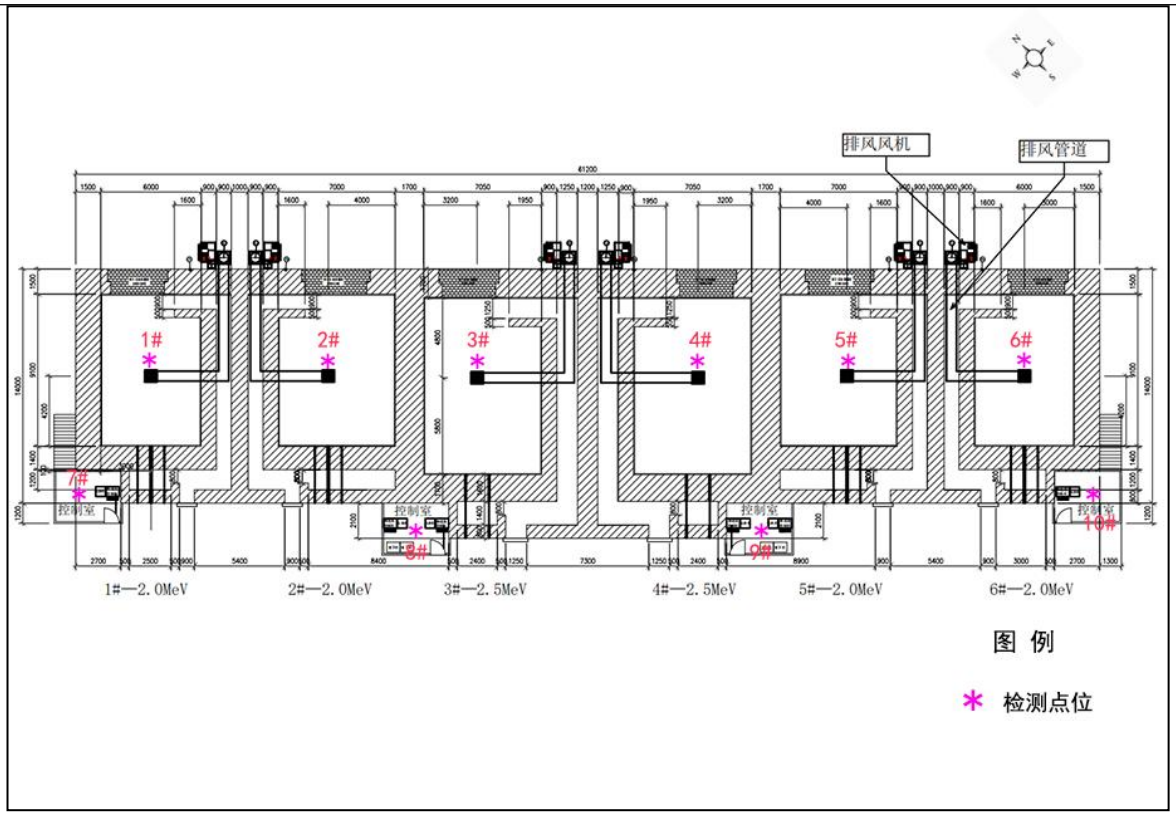


图8-1（3） 补充监测点位（1#-10#）示意图

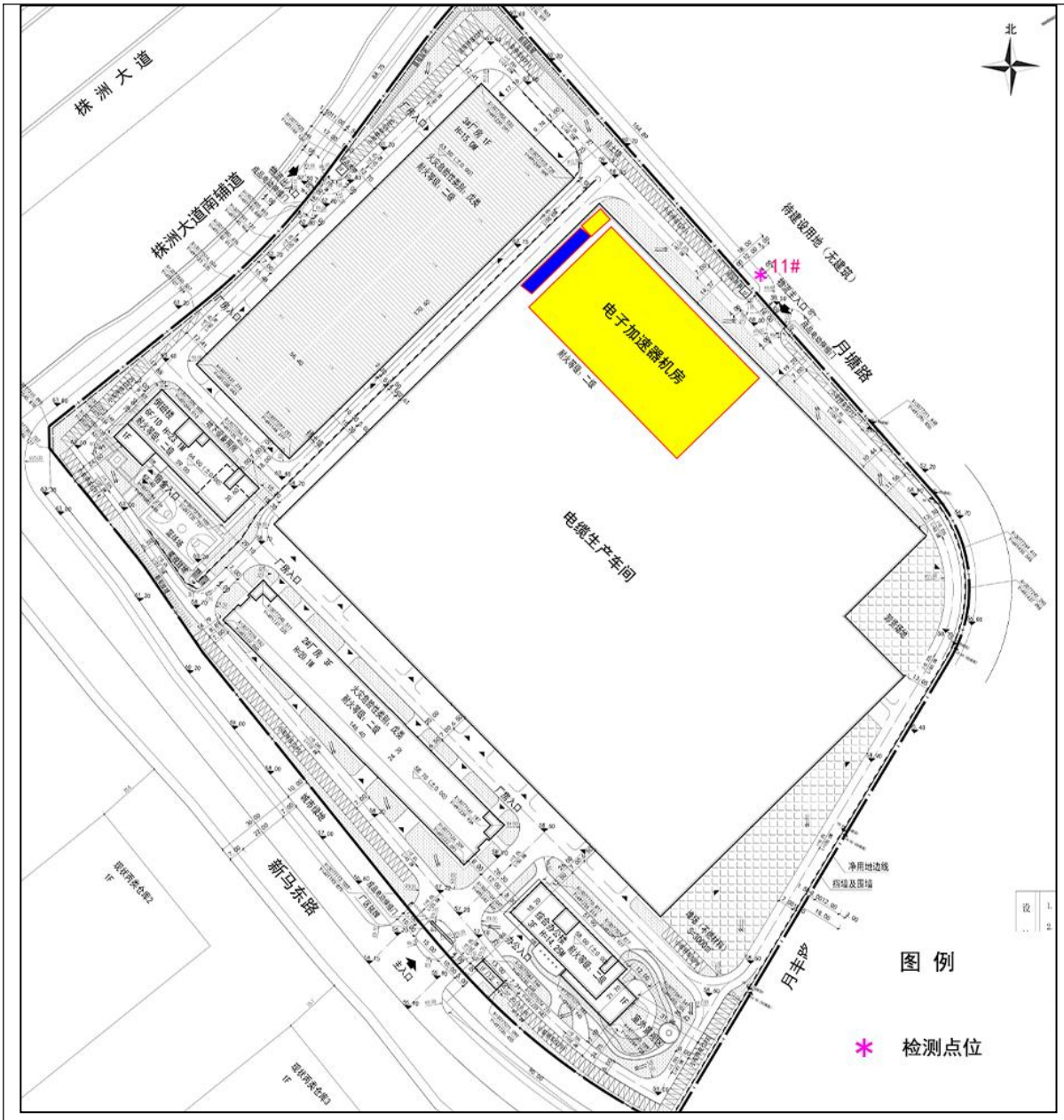


图8-1（4）　补充监测点位（11#）示意图

监测日期和现状：

2024年7月3日：企业正在进行辐照室、控制室地基分区，辐照室主体墙体未建；

2024年10月12日：企业辐照室及控制室已建成，暂未引进设备。

监测仪器：两次监测期间所使用的监测仪器具体参数见下表。

表8-1　检测项目、依据及仪器情况一览表

监测日期	主要检测仪器	仪器主要技术参数
2024年7月3日	仪器名称及型号：辐射检测仪/RJ38-1103 仪器编号：BYGC/YQ-08 校准单位：湖北省计量测试技术研究院	测量范围0.01~600.00μSv/h； 能量响应范围48keV~3MeV，≤±30%（相对于^{137}Cs）；

	校准证书编号：2023YD039601112 校准有效期：2023.10.9~2024.10.8	相对基本误差≤±10%。
2024年10月12日	仪器名称及型号：多功能辐射剂量率仪/RJ32-3602 仪器编号：BYGC/YQ-14 校准单位：上海市计量测试技术研究院 校准证书编号：2024H21-20-5412770001 校准有效期：2024.7.31~2025.7.30	测量范围10nSv/h~1.5mSv/h；能量响应范围20keV~3MeV；相对固有误差≤±15%（相对于^{137}Cs）。

根据上表可知，本项目两次监测所使用的检测仪器在有效期内，同时根据《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021），测量的检测仪器应满足该文件中“5.2仪器指标通用要求”相关要求，本次检测使用的检测仪器主要技术参数（见附件14）与标准要求对照详见下表：

表8-2 《环境地表γ辐射剂量率测定规范》相关内容

内容	标准要求	本次检测所使用仪器实际情况		是否满足要求
		2024年7月3日	2024年10月12日	
量程	量程下限应不高于1×10^{-8}Gy/h；量程上限按照辐射源的类型和活度进行选择，应急测量情况下，应确保量程上限符合要求，一般不低于1×10^{-2}Gy/h。	0.01~600.00μSv/h	10nSv/h~1.5mSv/h	是
相对固有误差	＜±15%	≤±10%	±15%	是
能量响应	50keV～3MeV，相对响应之差＜±30%（相对^{137}Cs参考γ辐射源）	48keV～3MeV，相对响应之差≤30%（相对于^{137}Cs）	20keV~3MeV相对固有误差≤±15%（相对于^{137}Cs）	是

根据上表分析可知，本次检测使用的检测仪器满足《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021）中5.2仪器指标通用要求。

监测方法：采取γ外照射测量探头（探测器灵敏体积中心）距地面1m高度，每个测点读取10个数据求平均值。

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每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常，是否处于检定有效期内。④由专业

人员按操作规程操作仪器，并做好记录。⑤监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术总负责人审定。

8.3 监测结果及评价

监测数据详见下表。

表8-3　项目现状监测结果

监测日期	检测点位编号	检测点位名称	检测结果（μGy/h）
2024.07.03	1#	拟建加速器机房1#处	0.145±0.007
	2#	拟建加速器机房2#处	0.145±0.007
	3#	拟建加速器机房3#处	0.128±0.007
	4#	拟建加速器机房4#处	0.132±0.010
	5#	拟建加速器机房5#处	0.128±0.007
	6#	拟建加速器机房6#处	0.143±0.009
	7#	辐照区6#加速器机房东南面墙外30cm处	0.139±0.011
	8#	辐照区3#加速器机房西南面墙外30cm处	0.128±0.007
	9#	辐照区1#加速器机房西北面墙外30cm处	0.128±0.007
	10#	辐照区3#加速器机房东北面墙外30cm处	0.130±0.009
	11#	拟建加速器机房外控制室1#处	0.128±0.007
	12#	拟建加速器机房外控制室2#处	0.134±0.011
	13#	拟建加速器机房外控制室3#处	0.132±0.010
	14#	拟建加速器机房外控制室4#处	0.130±0.009
	15#	电缆生产车间东南墙外30cm处	0.132±0.010
	16#	电缆生产车间西南墙外30cm处	0.139±0.011
	17#	电缆生产车间西北墙外30cm处	0.134±0.011
	18#	电缆生产车间东北墙外30cm处	0.139±0.011
2024.10.12	1	加速器机房1#内	0.128±0.007
	2	加速器机房2#内	0.132±0.010
	3	加速器机房3#内	0.128±0.007
	4	加速器机房4#内	0.130±0.009
	5	加速器机房5#内	0.134±0.011
	6	加速器机房6#内	0.136±0.011
	7	加速器机房外控制室1#内	0.141±0.010
	8	加速器机房外控制室2#内	0.145±0.007

	9	加速器机房外控制室3#内	0.151±0.009
	10	加速器机房外控制室4#内	0.153±0.014
	11	厂区东北侧围墙外月塘路	0.111±0.010
备注：未扣除宇宙射线响应值。			

根据表8-3检测结果表明：项目拟建址的室外X、γ辐射剂量率在111～145nGy/h之间，室内X、γ辐射剂量率在128～153nGy/h之间，与《湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究》［《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）］中株洲市天然贯穿辐射剂量率——室外64.1~181.7nGy/h、室内87.1~204.3nGy/h相比，项目所在地辐射环境质量现状在正常浮动范围内。

表9 项目工程分析与源项

9.1 工程设备和工艺分析

9.1.1 工程设备

企业本次拟在厂区内电缆车间西北角建设6座工业辐照加速器机房（1#、2#、3#、4#、5#、6#加速器机房），并拟于1#、2#、5#、6#加速器机房内各配备1台DD_{LH}2.0/50-1600型电子辐照加速器，拟于3#、4#加速器机房内各配备1台DD_{LH}2.5/40-1400型电子辐照1加速器，6台加速器均用于对企业内电缆产品辐照交联改性。本项目拟配备的6台电子加速器主体采用**自屏蔽结构**，将主电源与加速器分成两体成直角联接，无需建设主机室，仅需建设加速器辐照室，加速器主体、冷却水循环系统、气体系统等辅助设备均位于加速器辐照室顶部的设备平台，本项目加速器主体钢桶外观见图9-1。

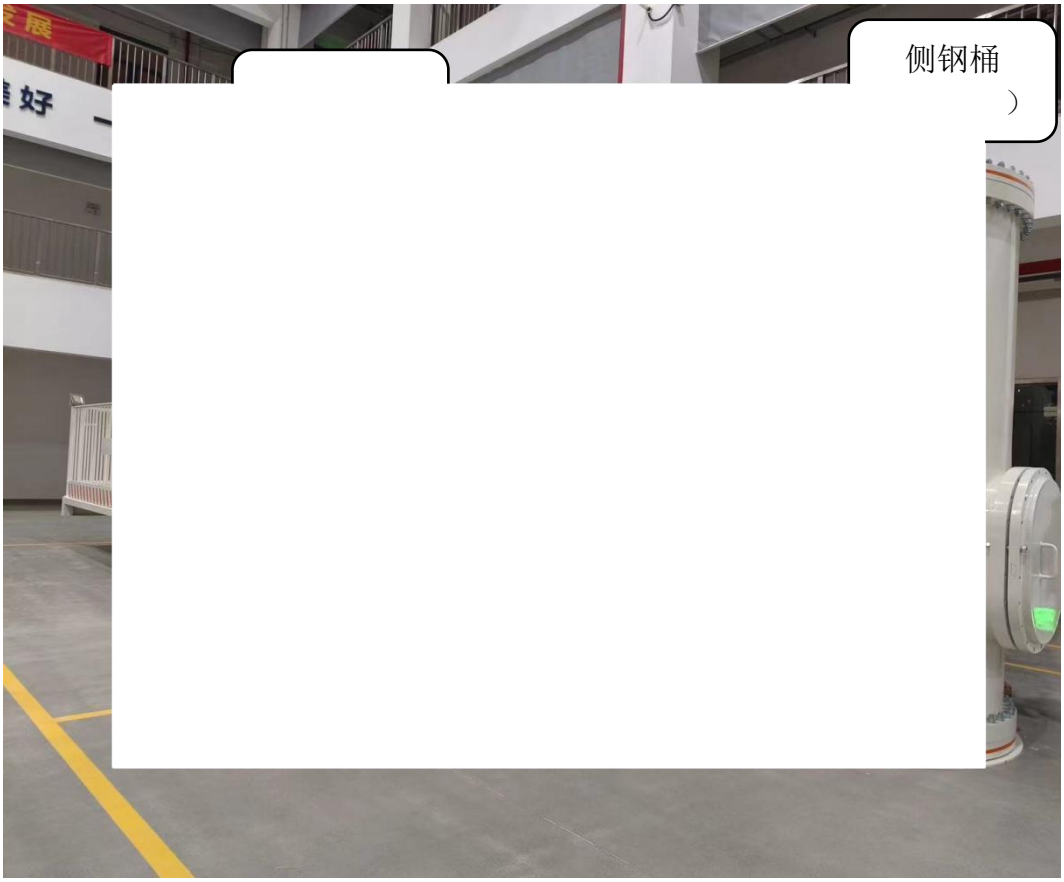


图9-1　本项目电子加速器主体钢桶外观图

本项目电子加速器辐照装置均由电子加速器、辐照室、传输设备、安全设施、控制系统以及其他辅助设施组成，其中电子加速器主要由扫描器、加速管、高频变压器、真空机组等组成。工业电子加速器的主要组成部分包括：**直流高压发生器（主钢桶）、**

束流加速系统（侧钢桶）、扫描引出系统、冷却系统、绝缘气体系统、真空系统、安全连锁系统、通风系统、控制系统等组成。本项目工业电子加速器的结构示意图见图9-2，加速器主体、电子枪和加速器管示意图见图9-3，真空系统与扫描引出系统结构图见图9-4，加速器整体结构示意图见图9-5。

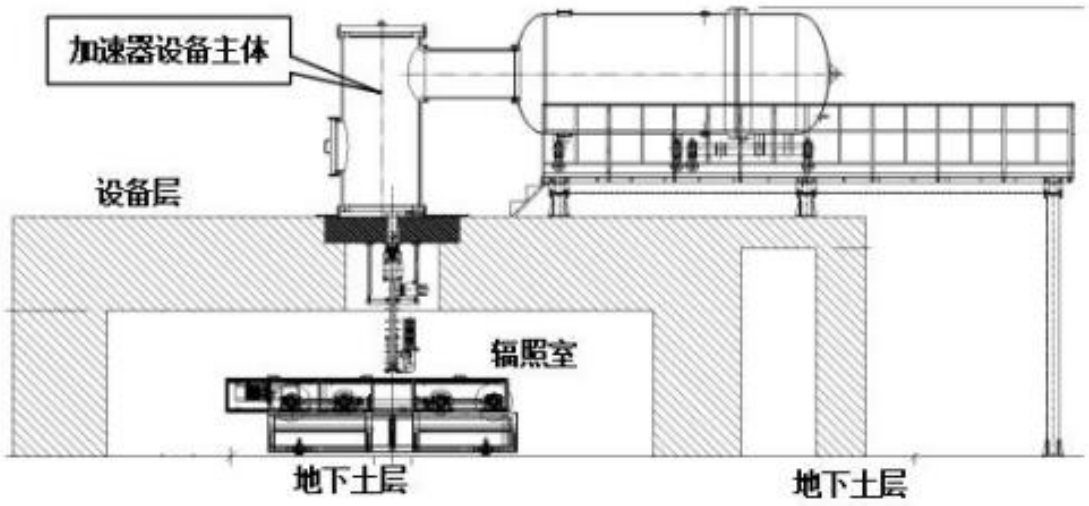


图9-2　加速器整体结构示意图

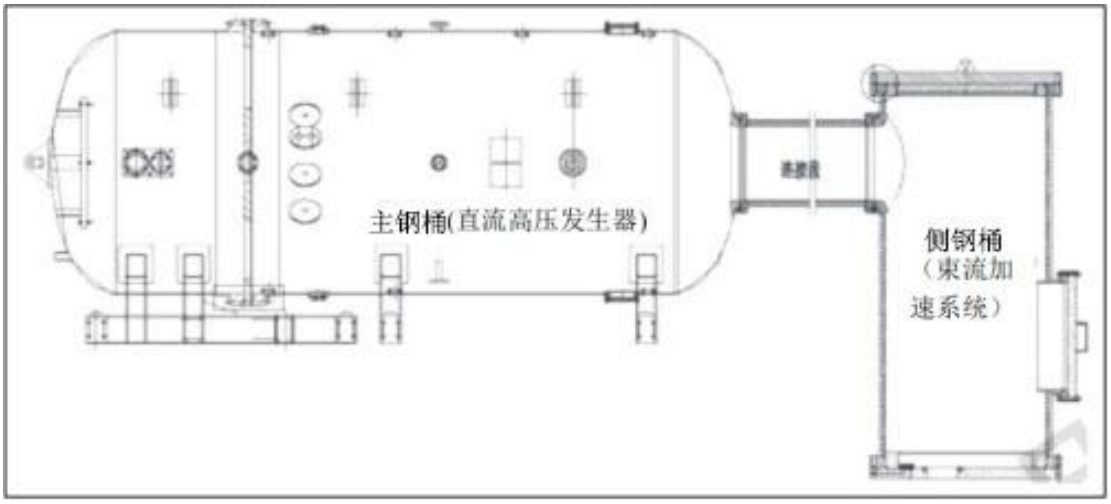


图9-3　加速器主体结构示意图

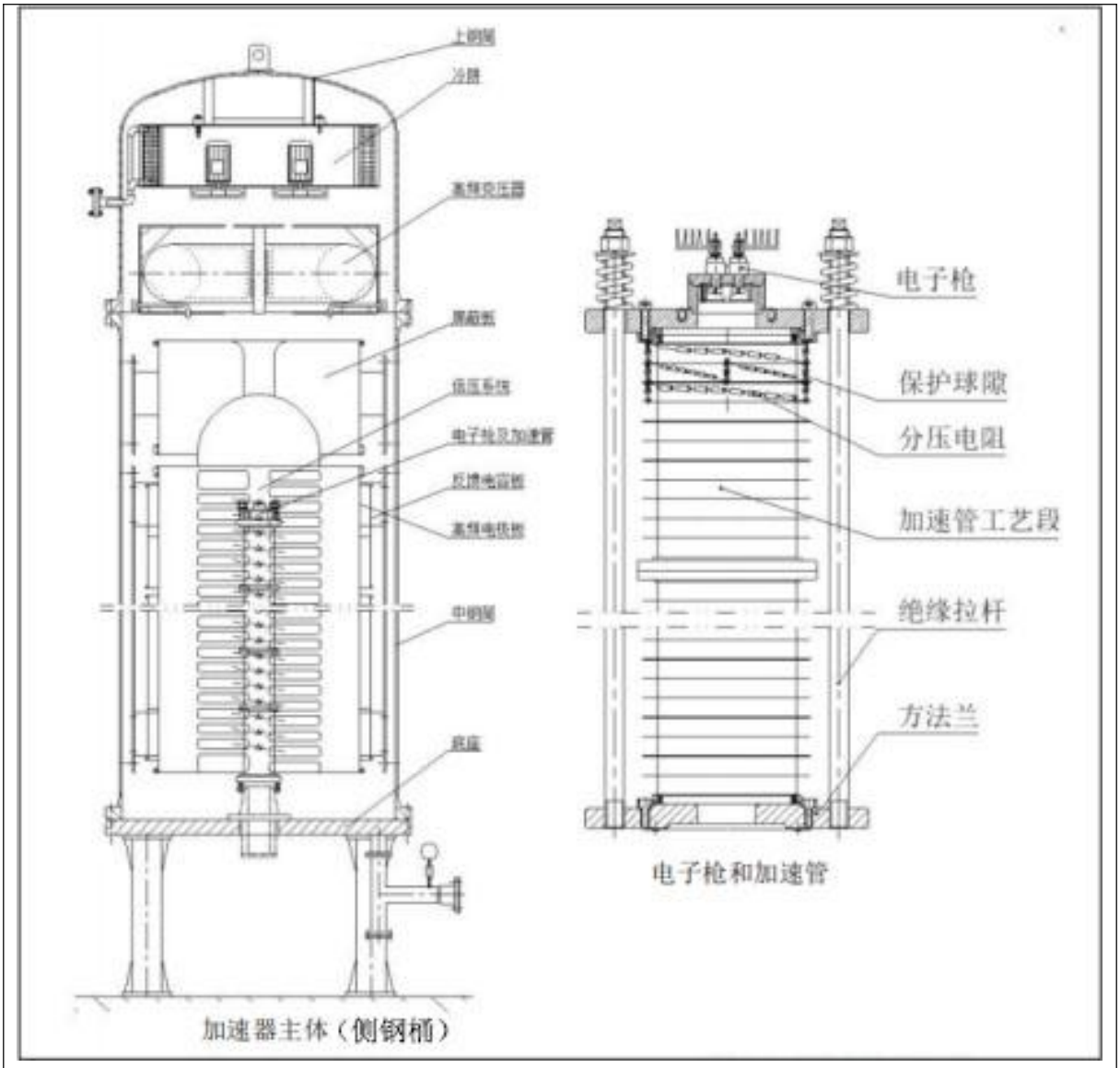
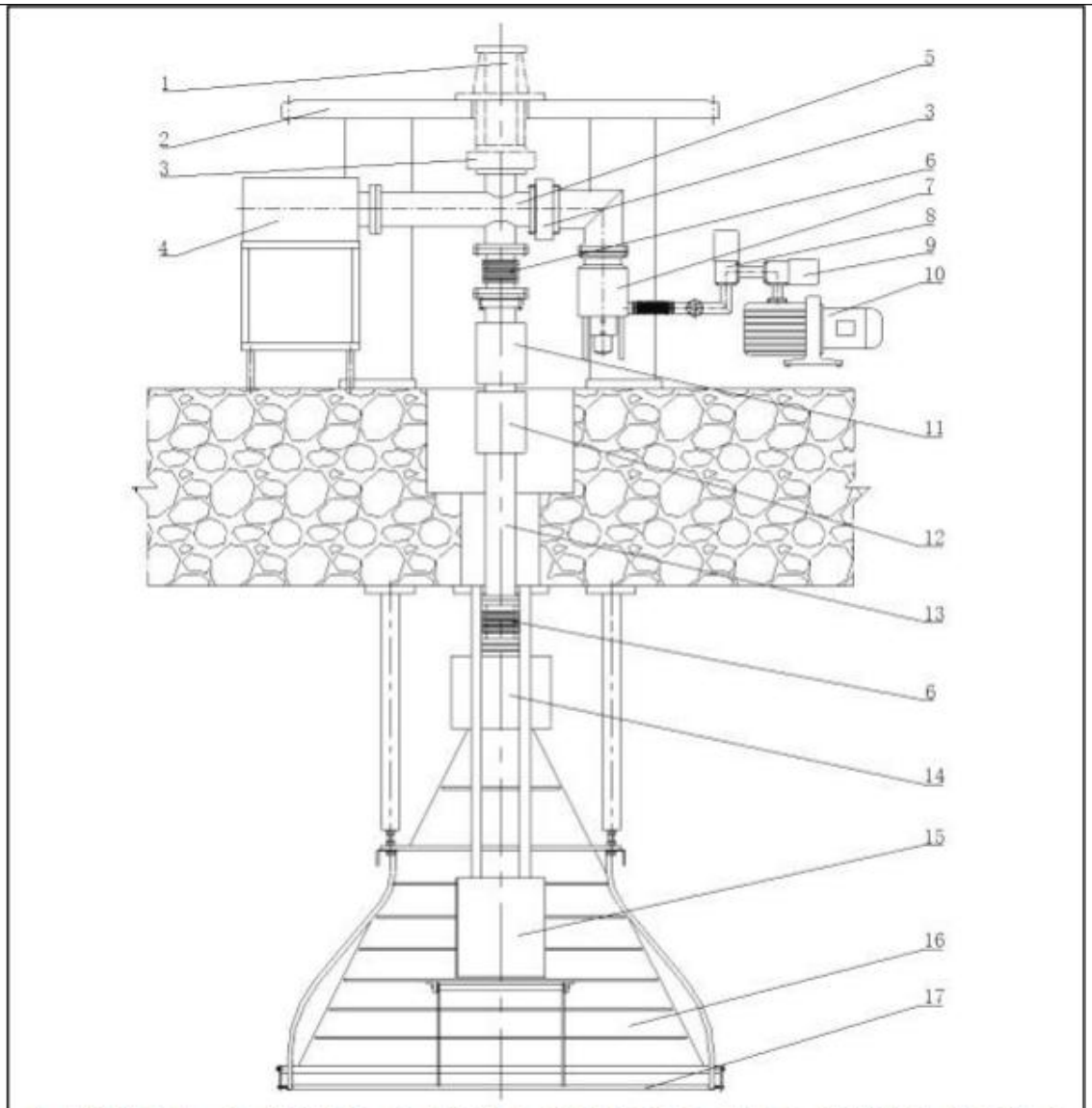


图9-4　加速器主体（侧钢桶）、电子枪和加速管示意图



1、加速管支架　2、钢筒底座　3、插板阀 4、溅射离子泵 5、四通 6、波纹管 7、分子泵　8、电磁真空截至阀　9、电磁真空带充气阀　10、机械泵　11、聚焦线圈　12、导向线圈　13、漂移管　14、芯管及扫描线圈　15、气动箱　16、扫描盒　17、束流挡板

图9-5　加速器真空系统与扫描引出系统结构示意图

（1）直流高压发生器

直流高压发生器由高频振荡器和倍压整流芯柱组成。

高频振荡器其作用是把电网的电能由工频转换为高频，其性能决定着加速器的最大束功与束功转换效率。

整流倍压系统是以两块垂直地固定在钢桶底板上的绝缘板为骨架，在两块绝缘板上间隔均匀地从下至上各安装一排硅堆，两排硅堆彼此依次联接组成一条螺旋上升的硅堆整流链。硅堆是加速器的关键部件之一。它由整流芯子和带保护球隙的金属屏蔽

盒组成，每个硅堆的平均输出电压为50kV。整流芯子由数百只硅二极管串联而成，其电路设计采取了均压和限流措施。所有高频高压和直流高压的部件都安装在压力钢桶内，充以SF6干燥绝缘气体，使得加速器具有足够安全的绝缘强度。

（2）束流加速系统

束流加速系统由加速器管和电子枪组成。

加速器管是电子在其中成束并被加速的部件。它需要在高真空里（10^{-5}～10^{-6}Pa）稳定可靠地建立一个均匀的高梯度直流加速电场（0～20kV/cm）。加速管安装在整流芯柱的中心，顶端与高压球帽相接，底端接地。其电位分布大体与整流柱中的电位分布一致。加速管外侧装有均压电阻链，使其具有独立分压，每个绝缘环还装有保护放电球隙，以防止过电压冲击。

电子枪加速管的顶端安装电子枪，电子枪采用由钨合金丝绕制的直热式盘香形阴极，钨丝直径0～0.8mm。阴极加热后发出的电子被加速管上端的引出极（也称吸极）引出成束进入加速管加速。

（3）扫描引出系统

电子束离开加速管后经漂移管进入辐照室。穿过扫描磁铁组件时，在三角波磁场的作用下，进行X和Y相互垂直两个方向的扫描。最后经长条形的钛窗引出。钛箔的厚度既要有足够的强度以抵抗真空压力，又要尽量减少电子束在穿越时的能量损耗。即使如此，钛箔上的能耗仍旧相当可观，因此沿钛窗安装了一把风刀，针对钛箔进行强风冷却。另外，在加速管出口至扫描磁铁之间的漂移管外面，还安装有聚焦线圈和导向线圈，用以调节束流的聚焦和方向。

（4）冷却系统

每台加速器配备1套冷却系统，其作用是把变压器散发的热量带走，并对钢桶内的其他部件进行冷却，确保加速器达到额定的技术指标。项目外购纯水作为冷却介质，冷却方式为间接冷却。该部分冷却水循环回用，定期（半年）外排，纳入市政污水管网。

（5）绝缘气体系统

绝缘气体处理系统的功能有二：1）加速器检修时回收气体，2）通过气体的循环

去除其中的水分和运行中因放电生成的有毒有害分解产物。

该系统的主要部件如下：

①储气筒，为加速器检修时储存SF6干燥绝缘气体用。

②压缩机机组，由无油压缩机、干燥塔、过滤器及相应的管道部件组成，用于将气体向加速器钢筒或向储气筒进行压缩。

③真空泵机组

由真空泵、油过滤器及相应的管道部件组成，用于对钢筒和储气筒抽气。

在加速器检修打开钢筒前，它必须把钢筒内的SF6干燥绝缘气体抽尽并输送到压缩机的入口以便压入储气筒；在加速器检修完毕灌气之前，它必须将钢筒内的空气抽尽，以保证纯度。

上述各部件被紧凑地集成在一个带有控制面板的机箱中，整个系统采用电动执行元件和程序控制，通过面板上的按钮操作，即可按规定自动完成相应的流程步骤，避免误动作。每个SF6储气罐分别安装泄露报警装置。

（6）真空系统

主要用于维持加速管和扫描盒内的高真空状态，控制系统设有监测真空度的传感器。在扫描漂移管的一侧设置有用于加速器正常工作时，维持真空的机械泵、分子泵、闸板阀和真空硅等。

（7）安全连锁系统

主要包括屏蔽室的防护门连锁、紧急按钮、剂量监测连锁和故障报警指示组成。

主控制器执行数据采集并控制加速器设备各项功能。

（8）通风系统

项目每座加速器机房配备独立的通风系统，即本项目配备6套独立的风机、3根15m排气筒（每相邻两座机房共用1根排气筒）。在每个辐照室在扫描窗下方接近于地面处设置1个通风口（600mm×600mm），与排气管道连接（排气管道孔径为Φ600mm），辐照室废气经辐照室排风口进入排风管道，排风管道经辐照室地下预埋风道至辐照室墙外风机处，最终经15m排气筒排放。排气筒连接至风机（风机设计风量为10000m^3/h），辐照室产生的O_3和NO_x在风机作用下引至加速器机房外排气筒排放。排气筒位于加速

器机房及1#厂房外。辐照室排风系统设计见附图7-1及附图7-2。

（9）控制系统

上述各部件被紧凑地集成在一个带有控制面板的机箱中，整个系统采用电动执行元件和程序控制，通过面板上的按钮操作，即可按规定自动完成相应的流程步骤，避免误动作。

本项目拟配备的6台工业电子加速器相关技术参数详见下表。

表9-1　本项目电子辐照加速器主要技术参数表

装置名称	1#加速器	2#加速器	3#加速器	4#加速器	5#加速器	6#加速器
设备型号	DD_{LH}2.0/50-1600	DD_{LH}2.0/50-1600	DD_{LH}2.5/40-1400	DD_{LH}2.5/40-1400	DD_{LH}2.0/50-1600	DD_{LH}2.0/50-1600
电子束能量（MeV）	2.0	2.0	2.5	2.5	2.0	2.0
束流损失率	1%	1%	1%	1%	1%	1%
最大束流功率（Kw）	100	100	100	100	100	100
最大电子束流（mA）	50	50	40	40	50	50
主射束方向	0°	0°	0°	0°	0°	0°
加速器工作方式（连续/间断）	连续	连续	连续	连续	连续	连续

（10）其他辅助系统

线缆喷淋系统：每个辐照室布置两根喷淋管，采用喷淋水冷却以降低线缆辐照过程中线缆温升。该部分喷淋水采用自来水，喷淋废水经机房内导流管收集至辐照室东侧循环水池（1个，地埋式，池容30m^3）沉淀冷却后，采用水泵泵入喷淋系统，循环回用。

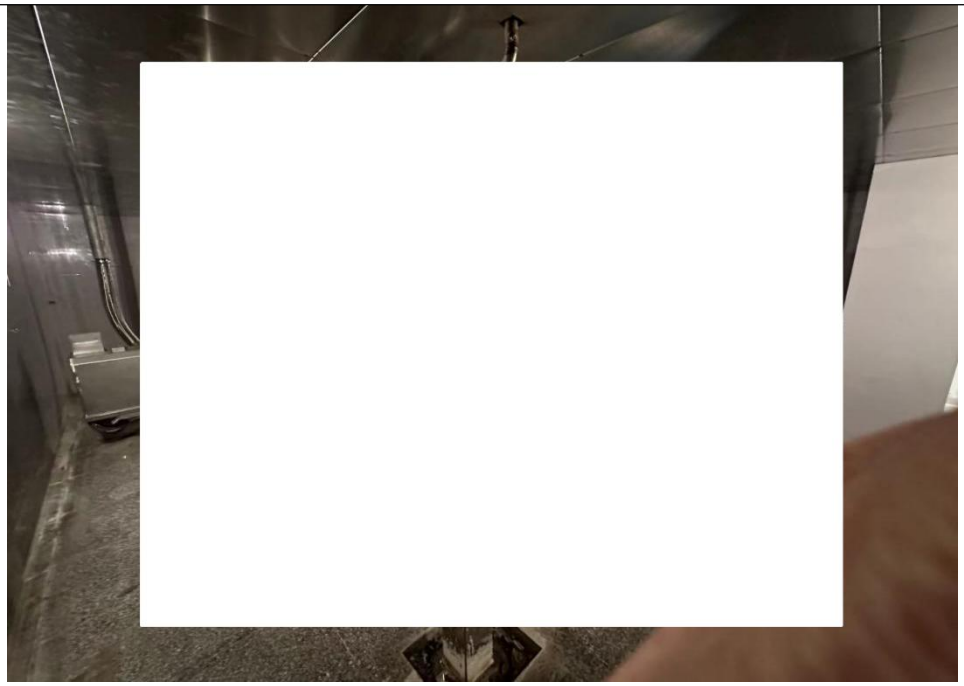


图9-6　辐照室内线缆喷淋系统参照示意图（非本公司）

9.1.2 工作原理

工业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。

本项目所使用的工业辐照加速器工作原理可概括为：首先，将低压工频电能，用高频振荡器变成高频电能，输送给高压发生器；经过高压发生器内高频变压器的作用，变成升压的高频电压；再将此升压的高频电压加在空间耦合电容上，通过该耦合电容分别加到主体上的各个整流盒上，此时每一个耦合环上得到几十千伏的直流高压，由于各级串联，电压叠加，从而在高端获得很高的电压。加速器电子枪中的灯丝产生的电子云，引入到加了高压的加速管，最终形成高能电子束。

本项目被辐照的产品为电线电缆。利用电子束辐照高分子材料发生辐射交联反应可改变材料性质，如电线电缆被辐照后，其绝缘性、耐高温性、抗强度等均提高，进而提高其质量和可靠性。

9.1.3 工艺流程及产污环节

本项目在电子加速器开机出束进行辐照交联时，辐射工作人员位于辐照室外隔室操作。出束进行辐照交联时，辐照室可为辐射工作人员以及墙外停留或通过的人员提供足够的屏蔽防护，并可防止在开机过程中，无关人员误入辐照室。

本项目使用电子加速器进行辐照交联的操作流程是：

（1）检测相关记录，确认机器无异常故障记录。

（2）开机出束前，辐射工作人员取下钥匙，携带X-辐射剂量率仪，对辐照室进行巡检，巡检过程中佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪，依次按下辐照室的巡检按钮，确认无异常情况后，关闭好防护门，巡检需要按照预先设定顺序进行，巡检顺序错误，未按照设定的工作路线进行巡检，按下第一个巡检按钮后在设定时间内未完成巡检，均为巡检未完成，无法加载高压。

（3）开启辅助系统：冷却系统、通风系统等；

（4）确认相关辅助系统运行正常并再次确认无异常情况后，开启传送系统，并开机出束，进行辐照交联。

需要辐照的线缆由放卷系统通过滚轴自动送入加速器辐照室，在扫描系统下接受电子束辐照，辐照过程中会产生X射线、电子束、臭氧、氮氧化物及噪声等。**辐照完成后通过收卷系统自动连续地输出辐照室，达到产品辐照要求。**整个辐照工艺流程流水线为自动运行，辐射工作人员在加速器控制柜前设置、监控加速器各项指标运行参数，在收放卷系统控制台处控制线缆的收放及设置线缆辐照所需的加速器辐照剂量。

本项目正常情况下，电子加速器会长时间处于开启状态，进行辐照交联。在进行辐照交联过程中，只需在机房西侧收放卷系统操作台处进行产品收放线工作，异常情况下会进入控制室查看，无需进入辐照室进行任何操作。

（5）辐照工作结束，关闭加速器。同时对已辐照产品进行检查检验，可能会产生不合格产品，不合格产品分为低剂量辐照线缆及超剂量辐照线缆。对于辐照剂量偏低的线缆，可进行补照以满足产品需求；对于超剂量辐照的线缆，将无法挽救，作为固废处理。

（6）由于操作软件自带通风延迟关闭系统（加速器断高压后，操作软件默认通风系统继续运行5分钟），辐射工作人员发出加速器断高压指令后，通风系统继续运行分钟后，方可关闭通风系统。

本项目使用电子加速器的电子束进行辐照交联的工作流程示意图见图9-6，使用电子加速器的电子束进行辐照交联的主要产污环节示意图见图9-7。

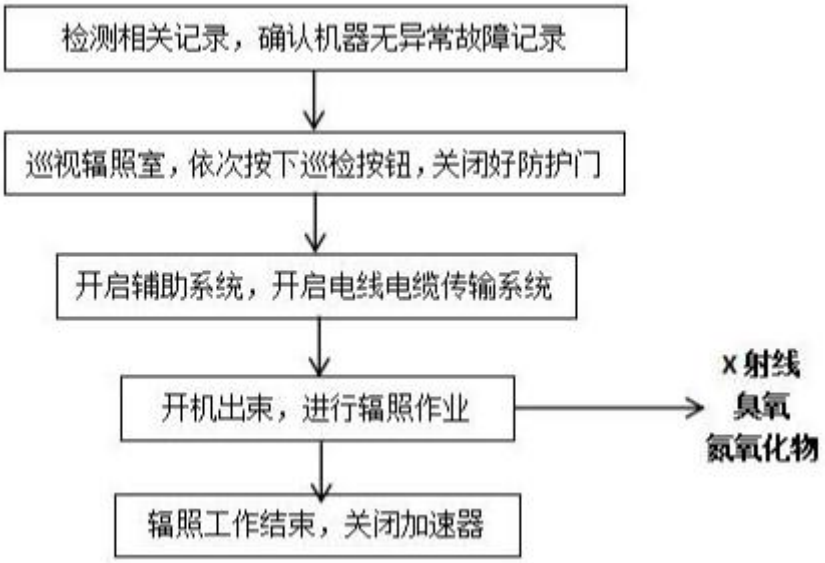


图9-7　本项目辐照加工工艺流程示意图

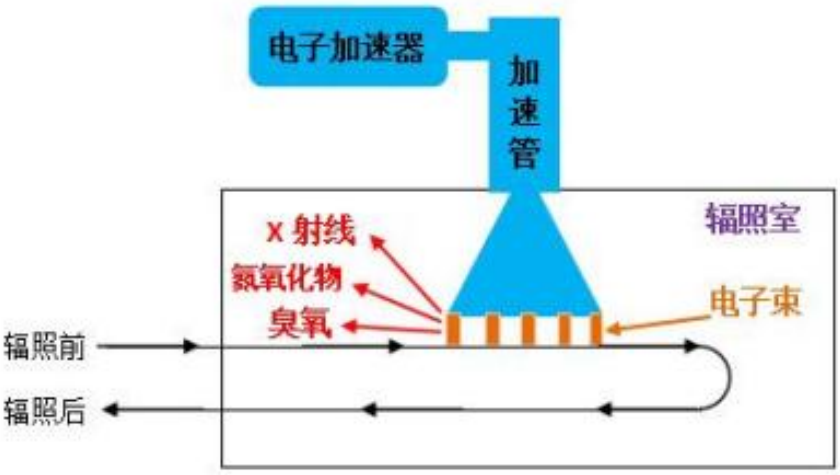


图9-8　电子加速器运行时主要产污环节示意图

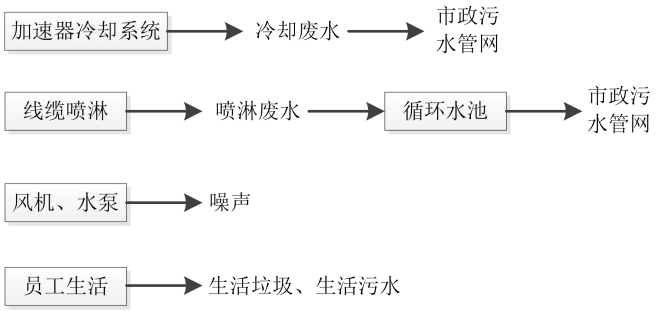


图9-9　辅助工程主要产污环节示意图

9.1.4 工作负荷

本项目电子辐照加速器主要用于对公司电缆产品辐照交联改性。

根据建设单位介绍：需辐照线缆线径越粗，绝缘和护套层厚度越大，需要加速器能量（MeV）越高；产品产量里程（km）越大，需要加速器加工能力越大，加速器束流（mA）越大；线缆材料满足性能要求所需辐照吸收剂量越大，线缆在电子束扫描窗下累计停留时间就得越长，线缆走线速度越慢。

实际工作时间与辐照任务量有关，本次评价按年最大工作时间进行计算。

表9-2　加速器工作量及工作时间相关参数

设备名称	位置	工作班制	每班时间	加速器年工作时间	每名工作人员年受辐射影响时间	辐照工件材质
电子辐照加速器	加速器机房1#~6#内	两班制	12h（工作时间11h，休息1h）	6600h	3300h	电线电缆（主要为聚乙烯、聚氯乙烯、铜等）

9.1.5 人流与物流途径

人流：巡检——从防护门进入辐照室内进行巡更检查后沿原路返回。

正常情况下，加速器会长时间处于开启状态，进行辐照交联。在进行辐照交联过程中，工作人员只需在机房西侧收放卷系统操作台处进行产品收放线工作，异常情况下会进入控制室查看，仅故障停机检维修状态下会进入辐照室内及二层设备平台。

物流：电线电缆通过线束输送盘传输进出辐照室，其辐照材料进出辐照室剖面示意图见下图9-8。

人流物流路径示意图见附图8。

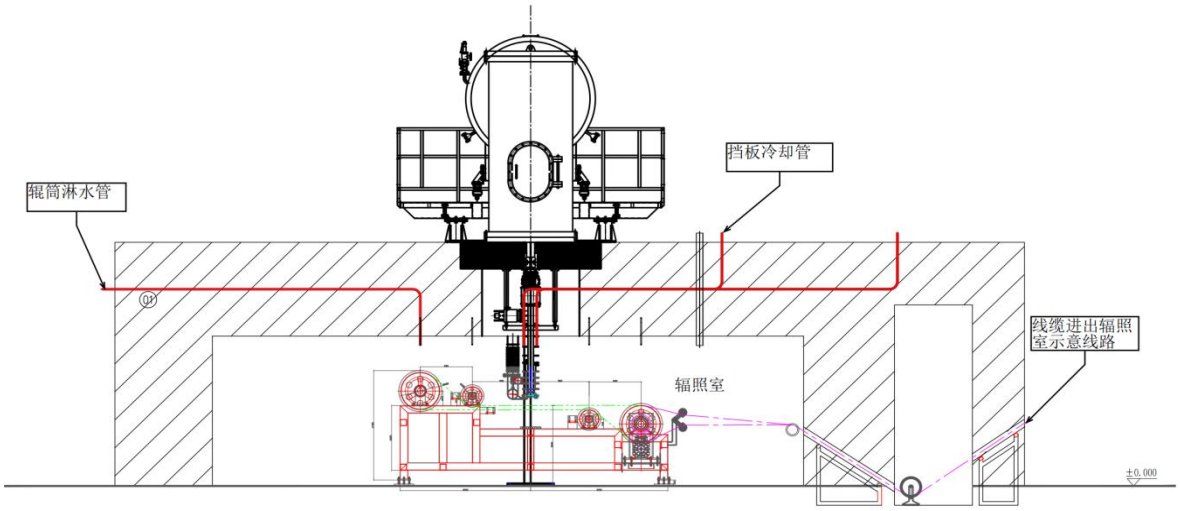


图9-8（1）　2.0MeV加速器线缆进出辐照室示意图

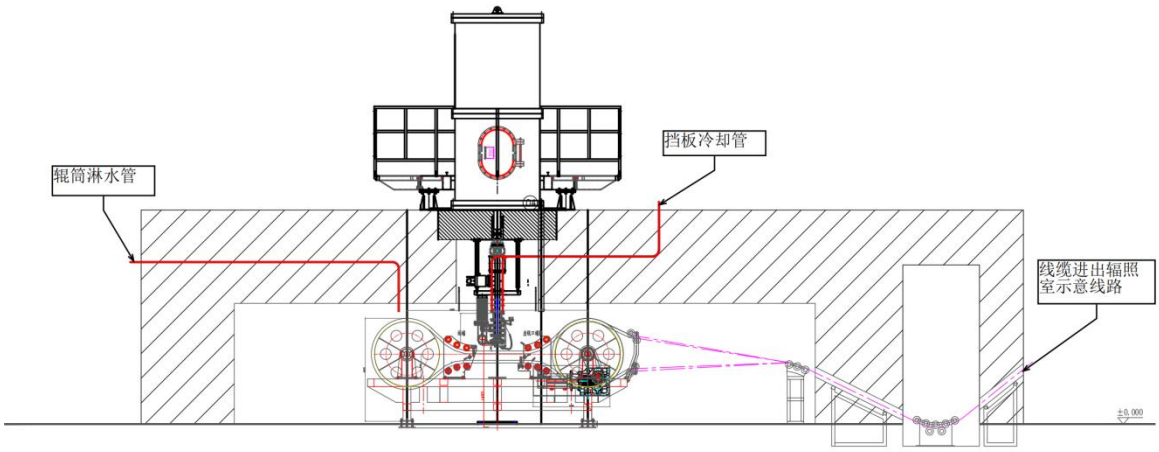


图9-8（2）　2.5MeV加速器线缆进出辐照室示意图

9.2 污染源项描述

9.2.1 施工期污染源

本项目加速器机房建设阶段及加速器安装阶段不产生放射性废物、放射性废水和放射性气体，根据现场调查可知，本项目电子加速器机房建筑主体目前已基本建成，后续施工期工作内容主要是线路、防护设施设备、电子加速器设备安装等，施工期产生的环境影响主要是以上施工过程产生的噪声、废气、废水、固体废物等环境影响。同时设备调试过程中会产生辐射污染，调试在机房内进行，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。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，确保施工期间和设备调试的辐射安全。

9.2.2 营运期污染源

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它构件所阻止，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

加速器在进行辐照时电子枪发射电子，电子经加速管加速并经扫描扩展成为均匀的有一定宽度的电子束。电子束打到机头及其他高Z物质时会产生高能X射线，X射线的贯穿能力极强，会对加速器机房周围环境造成辐射污染。此外，加速器在开机出束期间产生的电子束在加速器辐照室内照射到辐照野内的金属部件或混凝土建筑时，产生韧致辐射（X射线），X射线具有较强的穿透能力，对加速器机房周围的放射工作人员和周围公众造成外照射影响。

加速器在运行时产生的高能电子束，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，在加速器开机辐照期间，X射线辐射为项目主要的污染因素。由电子加速器工作原理可知，X射线是随机器的开、

关而产生和消失。因此，电子加速器在开机出束期间才会产生X射线。

本项目1#、2#、5#、6#加速器机房内拟分别配备一台DD_{LH}2.0/50-1600型电子加速器，其电子束最大能量为2.0MeV，最大束流强度为50mA，最大束流功率为100kW；3#、4#加速器机房内拟分别配备1台DD_{LH}2.5/40-1400型电子加速器，其电子束最大能量为2.5MeV，最大束流强度为40mA，最大束流功率为100kW。

①DD_{LH}2.0/50-1600型电子加速器源强核算

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：能量为2.0MeV电子束流产生的X射线在距靶1m处90°方向的X射线发射率为1.6Gy•m^2•mA^{-1}•min^{-1}。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A.2.1可知，被辐照的靶材料为“铁、铜”时（本项目线缆主要材料为铜），X射线发射率在90°方向的修正因子为0.5。能量为2.0MeV的加速器的最大电子束流强度为50mA，则束流侧向（90°方向）距靶1m处的X射线吸收剂量率为2.4×10^3Gy/h。

距靶1m处的X射线吸收剂量率（Gy/h）计算公式如下：

) （A-2）

；

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录A.2.3 表A.4 90°方向电子的相应等效能量：2.0MeV入射电子能量可侧向等效为1.3MeV。

②DD_{LH}2.5/40-1400型电子加速器源强核算

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：能量为2.5MeV电子束流产生的X射线在距靶1m处90°方向的X射线发射率为2.5Gy•m^2•mA^{-1}•min^{-1}。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A.2.1可知，被辐照的靶材料为“铁、铜”时（本项目线缆主要材料为铜），X射线发射率在90°方向的修正因子为0.5。能量为2.5MeV的加速器的最大电子束流强度为40mA，根据（A-2）公式计算，束流侧向（90°方向）距靶1m处的X射线吸收剂量率为3×10^3Gy/h。

距靶1m处的X射线吸收剂量率（Gy/h）计算公式如下：

) （A-2）

）；

e 。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录A.2.3 表A.4 90°方向电子的相应等效能量：2.5MeV入射电子能量可侧向等效为1.6MeV。

3、感生放射性

作为电子辐射源的电子直线加速器，由于能量不大于10MeV，不考虑感生放射性。

4、废气

电子加速器开机运行时，空气在辐射照射下产臭氧（O_3）和氮氧化物（NOx）。氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，所以本项目主要考虑辐照室内产生的臭氧对停机后进入机房的工作人员的影响，需保证机房内有害气体浓度满足GB/T25306-2010规定的职业接触限值的要求。

5、固体废物

本项目为电子辐照加工，没有打靶，不会有废靶产生，故本项目无放射性固体废物产生。本项目辐射工作人员会产生一定量的生活垃圾圾依托企业现有生活垃圾收集桶收集后，交由环卫部门统一清运处理。辐照过程中产生的超剂量辐照线缆作为固体废物处置。

6、废水

本项目无放射性废水产生。项目运行过程中，存在两股冷却废水：①主钢桶及高频机冷却废水：采用外购纯水间接冷却，冷却水循环使用，定期（半年）外排，纳入市政污水管网；②辐照线缆冷却废水：采用自来水直接喷淋冷却，冷却水经机房内导流管汇入辐照室东面的循环水池（地埋式，1个，池容30m^3）收集沉淀降温后，再经水泵打入线缆冷却喷淋管道，循环使用，定期（半年）外排，纳入市政污水管网。本项目新增员工生活污水依托企业现有化粪池处理后，纳入市政污水管网。

7、噪声

本项目6座加速器机房均拟分别配备1台低噪声风机，拟配备的风机声功率级均约80dB（A）；拟在线缆车间东侧冷却循环水池配备1台排污泵、每台加速器机房内冷却循环水系统配备1台离心泵（共6台），单台水泵声功率级均为65dB（A）；风机及水泵在运行过程中会产生噪声，对周围声环境产生一定的影响。

9.2.3 运行期事故工况下污染源分析

本项目使用的电子直线加速器和建设的加速器机房配备了多重安全联锁装置，包括门机联锁、信号指示灯联锁、剂量联锁、通风联锁、防人误入装置安全联锁，并设置了紧急停机按钮、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辐照室时吸入过量O_3。

（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）辐照室迷道出入口防误入装置、门机连锁及巡检按钮联锁同时失效，辐射工作人员在辐照室内巡视过程中，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、O_3、NOx。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内无人员后，才能开机运行。

表10 辐射安全与防护

10.1 项目安全设施

10.1.1 工作场所布局及分区

本项目6座辐照加速器机房并列建设，由北至南分别为1#、2#、3#、4#、5#、6#加速器机房。公司拟建6座加速器机房的辐照室均为地面一层混凝土结构，线缆收放区及控制室均拟设于地面一层，加速器主体均采用自屏蔽结构，加速器主体、冷却水循环系统、气体系统、储气罐等辅助设备均位于相应辐照室楼顶的二层设备平台上。6座加速器机房的辐照室入口处均设有迷道，控制室均位于辐照室西面，加速器工作时，辐射工作人员在收放卷系统操作台负责电线电缆的收放等工作，出现异常情况时进入控制室内查看。加速器出束时，辐照室内无人员停留。

为了便于加强管理，切实做好辐射安全防护工作，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）相应的要求，对辐照工作场所划分为控制区、监督区，并实行两区管理制度。

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或防止污染扩散#并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。**本项目拟将每座加速器机房一层辐照室边界、二层平台的加速器高压桶及主体钢桶边界作为辐射防护控制区边界**，在防护门外及机房周围醒目位置处设置电离辐射警告标志及中文警示说明等，在加速器开机情况下，任何人不得进入控制区；

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。**将一层控制室、加速器机房周围辅助设施区域（包括收放线区域、排风机等）及已辐照区、二层设备平台除加速器高压桶及主体钢桶外区域及通往二层平台的楼梯作为辐射防护监督区边界，**在该区域显著位置设置电离辐射标志，在加速器开机情况下，其他公众人员禁止进入监督区。

表10-1　工作场所分区

场所	控制区	监督区
一层	辐照室边界	控制室、加速器机房周围辅助设施区域（包括收放线区域、排风机等）及已辐照区

二层设备平台	加速器主钢桶和侧钢桶边界	除加速器高压桶及主体钢桶外区域及通往二层平台的楼梯
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	二层楼梯口处设置中文警示，非辐射工作人员禁止进入二层，在监督区边界地面拟划定红色警示线
注：控制区以辐照室边界及加速器主钢桶和侧钢桶边界为界线，与监督区进行分隔。 划分依据：《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《辐照加工用电子加速器工程通用规范》（GBT25306-2010）。		

分区防控图如下图所示：

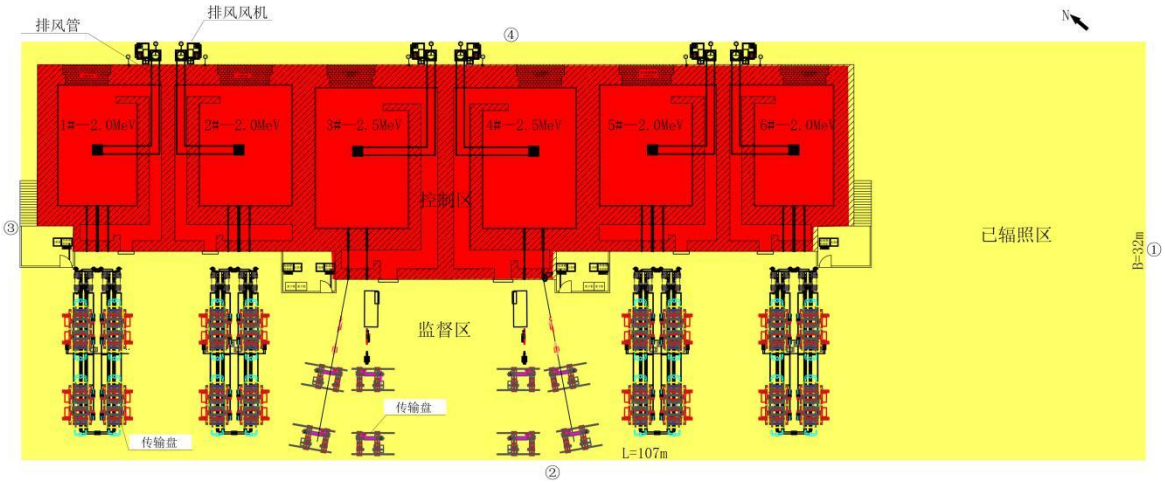


图10-1　一层辐照室控制区和监督区划分示意图（红色为控制区，黄色为监督区）

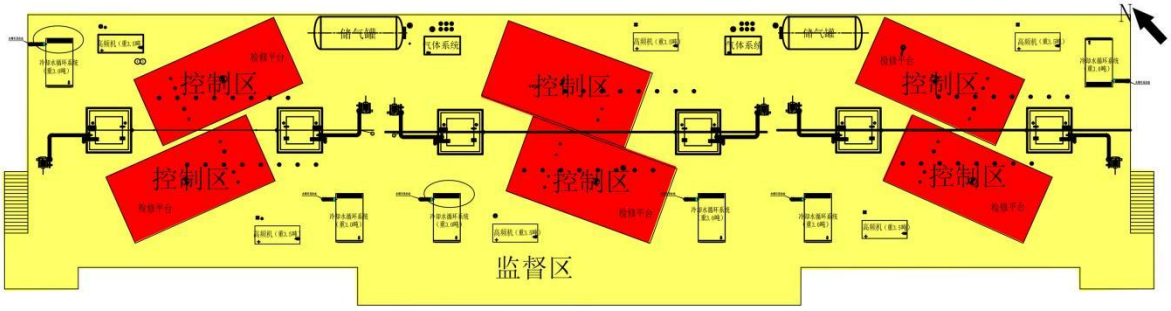


图10-2　二层设备平台控制区和监督区划分示意图（红色为控制区，黄色为监督区）

10.1.2 项目工作场所辐射防护屏蔽设计

本项目各加速器机房辐射防护屏蔽设计见下表10-2，各加速器机房平面设计图见附图3，剖面设计图见下图10-3。

表10-2　本项目各加速器机房屏蔽设计表

机房		屏蔽墙厚度	屋顶厚度	防护门
1#加速器	辐照室			包不锈钢的钢质防护门

<table>
<tr><td rowspan="7">机房</td><td colspan="2" rowspan="2"></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">加速器钢桶</td><td>侧钢桶</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>联接段</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>主钢桶</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">线缆空洞设置</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">通风口</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">机房</td><td>屏蔽墙厚度</td><td>屋顶厚度</td><td>防护门</td></tr>
<tr><td rowspan="6">2#加速器机房</td><td colspan="2" rowspan="2">辐照室</td><td></td><td></td><td>包不锈钢的钢质防护门</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">加速器钢桶</td><td>侧钢桶</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>联接段</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>主钢桶</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">线缆空洞设置</td><td colspan="3"></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">通风口</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">机房</td><td>屏蔽墙厚度</td><td>屋顶厚度</td><td>防护门</td></tr>
<tr><td rowspan="7">3#加速器机房</td><td colspan="2" rowspan="2">辐照室</td><td></td><td></td><td rowspan="2">包不锈钢的钢质防护门</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">加速器钢桶</td><td>侧钢桶</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>联接段</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>主钢桶</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">线缆空洞设置</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">通风口</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">机房</td><td>屏蔽墙厚度</td><td>屋顶厚度</td><td>防护门</td></tr>
<tr><td rowspan="2">4#加速器机房</td><td colspan="2" rowspan="2">辐照室</td><td></td><td></td><td rowspan="2">包不锈钢的钢质防护门</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="5"></td><td rowspan="3">加速器钢桶</td><td>侧钢桶</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>联接段</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>主钢桶</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">线缆空洞设置</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">通风口</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="3">机房</td><td>屏蔽墙厚度</td><td>屋顶厚度</td><td>防护门</td></tr>
<tr><td rowspan="7">5#加速器机房</td><td colspan="2" rowspan="2">辐照室</td><td></td><td></td><td>包不锈钢的钢质防护门</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">加速器钢桶</td><td>侧钢桶</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>联接段</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>主钢桶</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">线缆空洞设置</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">通风口</td><td colspan="3"></td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td></td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">机房</td><td>屏蔽墙厚度</td><td>屋顶厚度</td><td>防护门</td></tr>
<tr><td rowspan="7">6#加速器机房</td><td colspan="2" rowspan="2">辐照室</td><td></td><td></td><td>包不锈钢的钢质防护门</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td rowspan="3">加速器钢桶</td><td>侧钢桶</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>联接段</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td>主钢桶</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">线缆空洞设置</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="2">通风口</td><td colspan="3"></td></tr>
<tr><td colspan="5">补偿屏蔽措施：</td></tr>
</table>

本项目加速器主体钢桶与辐照室连接处设有钢板基座，基座位于辐照室顶部的凹槽中，其中，1#、2#、5#、6#加速器主体钢桶的基座为420mm钢板，3#、4#加速器主

体钢桶的基座为540mm钢板。1#、2#、5#、6#加速器主体钢桶底部为80mm钢板，使加速器主体钢桶与辐照室连接处的钢板厚度达到500mm；3#、4#加速器主体钢桶底部为90mm钢板，使加速器主体钢桶与辐照室连接处的钢板厚度达到630mm。本项目加速器主体钢桶与辐照室连接处的结构设计见图10-3。

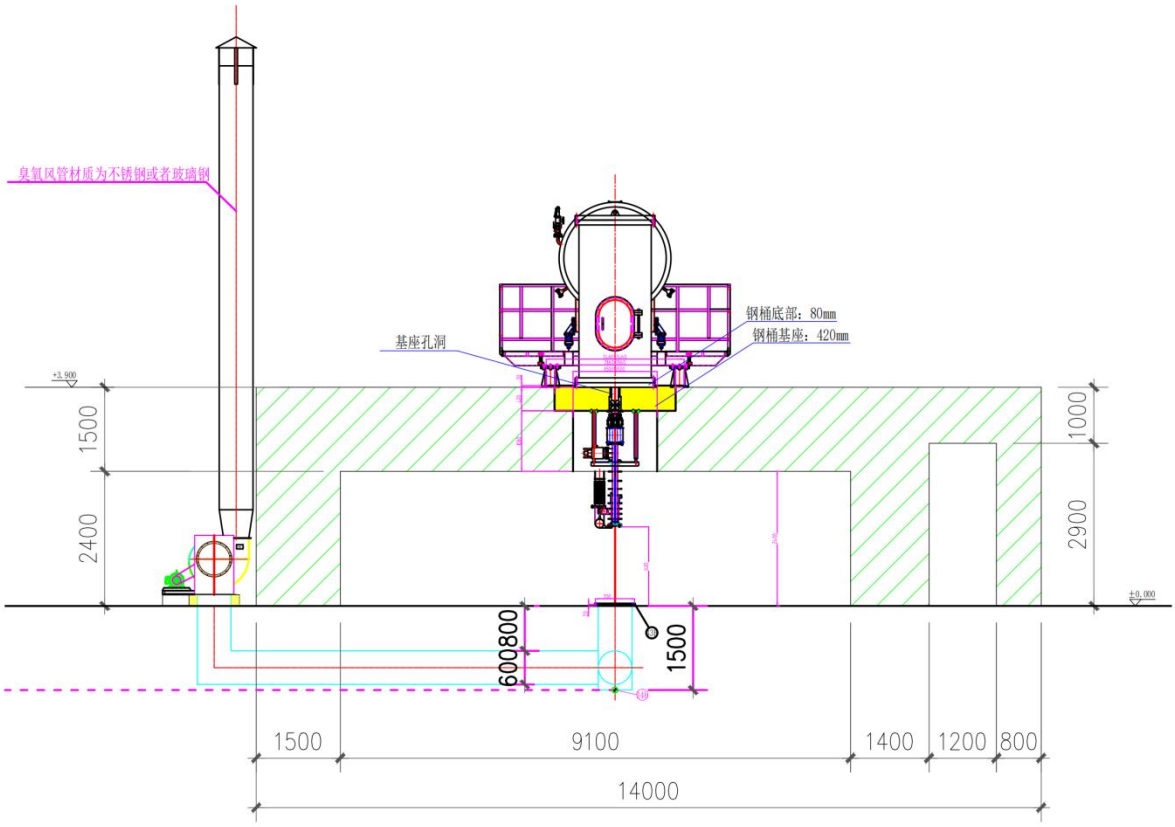


图10-3（1）　本项目2.0MeV加速器主体钢桶与辐照室连接处的结构设计示意图

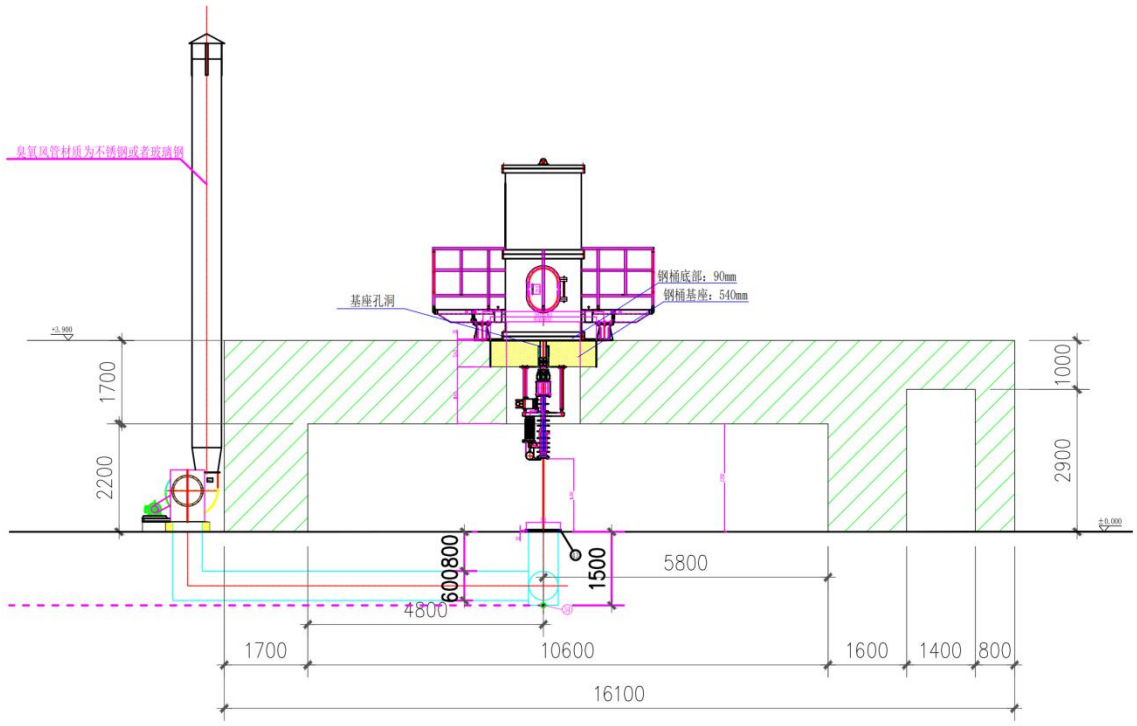


图10-3（2）　本项目2.5MeV加速器主体钢桶与辐照室连接处的结构设计示意图

10.2 辐射安全措施描述及评价

10.2.1辐射安全措施

为保障本项目安全运行，本项目6座加速器机房拟设相应的辐射安全措施（见附图7），主要有：

（1）**钥匙控制：**本项目的加速器机房均设有控制室，控制室内将设置控制柜。控制柜上设计有电子加速器的钥匙开关，只有该钥匙就位后才能开启电源，启动电子加速器进行出束作业；钥匙开关未闭合状态时，电子加速器无法开机出束。同时，电子加速器的开关钥匙也是该加速器机房辐照室的防护门开关钥匙，并且辐照室防护门上的钥匙在防护门未关闭上锁的情况下，钥匙是无法取出的。当工作人员需要打开防护门进入辐照室时，该工作人员必须携带该电子加速器的开关钥匙。因此，电子加速器在开机出束时，由于没有开关钥匙，防护门无法打开；在防护门打开的情况下，由于开关钥匙在防护门上，此情况下电子加速器必然无法开机出束。每台工业电子加速器的开关钥匙是唯一的且由运行值班长保管使用。

（2）门机联锁：6座加速器机房辐照室防护门均拟与束流控制和加速器高压联锁。辐照室防护门打开时，不能开机。加速器运行中门被打开则加速器能自动断开高压，停止出束。

（3）束下装置联锁：6台电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制均必须建立可靠的接口和协议文件，用于将辐照货物送至辐射束下的传输系统若发生故障，将通过PLC反馈至主机，主机束流将自动停止、加速器自动停机。

（4）信号警示装置：辐照室迷道入口防护门处设置醒目的“当心电离辐射警告标志”和工作状态显示器（每座加速器机房辐照室防护门处各设1个）及音响警示信号，工作状态显示器与电子加速器高压连锁，当电子加速器启动时，显示器将亮起并发出闪烁信号（屏幕显示开机、关机、准备状态），音响警示装置启动伴有蜂鸣，以提醒周围人员勿靠近。

（5）巡检按钮：拟在每座加速器机房辐照室内各设置4个“巡检按钮”，每座加速器机房辐照室迷道内设置2个“巡检按钮”，离地高度均为1.2m，“巡检按钮”均与控制台联锁。每台加速器共设有6个巡检按钮。加速器开机前，操作人员进入辐照室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员逗留。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：拟在每座加速器机房辐照室入口内侧分别设置连续3道光电联锁装置（高度分别为0.4m、0.85m、1.3m），3道光电联锁装置采用不同生产厂家不同品牌的产品，3道光电联锁装置均能保持其独立性，每道防人误入装置探头位置安装在不同水平、垂直位置，防止人员以钻爬、跨越等方式使其功能失效。3道光电联锁装置均与加速器的开、停机联锁，当有人通过光电联锁装置被检测到时，加速器高压立即自动切断。

（7）急停装置：每台加速器设有8个急停开关，分别位于加速器控制柜1个、迷道内2个、辐照室内墙面4个（每面墙1个），同时在线缆输送盘设置1个紧急停机开关。紧急停机开关距地面高度约1.2m。所有紧急停机开关均有明显的标志，供应急停止使用。当出现紧急情况时，只需按下任一紧急停机开关，则该辐照室内的电子加速器将

立即切断高压，停止出束。在紧急情况、事故处理完毕后，需将紧急停机开关复位后，电子加速器才能重新启动。

（8）拉线开关：在迷道及辐照室内的四面墙壁上，距离地面高度约1.2m处，拟安装拉线开关（开关按键位于迷道入口处）。当拉线开关正常时，电子加速器方可启动进行出束作业；电子加速器正常启动出束作业过程中，若拉拽拉线开关，则该辐照室内的电子加速器将立即切断高压，停止出束。在紧急情况、事故处理完毕后，需将拉线开关本地复位，电子加速器才能重新启动。在辐照室内靠近防护门处设置紧急开门装置，便于人员在紧急情况下撤离辐照室。

（9）剂量联锁：在每座加速器辐照室迷道内、控制室内及二层设备平台主机处均拟设置固定式辐射监测系统探头（每台加速器共配3个），显示面板位于控制室内。当显示面板上的辐射剂量率大于预设值时，将发出警告信号。通过固定式辐射监测系统，辐射工作人员可以及时了解电子加速器的工作情况以及辐照室中的辐射水平。

（10）通风联锁：辐照室通风系统正常工作后，加速器才能出束，在通风系统未正常工作时，加速器将无法加载高压出束作业。在加速器正常运行过程中，当通风系统发生故障时，加速器将立即断高压，停止出束。加速器的控制软件设计有正常停机后排风系统延迟关闭和防护门延迟开启系统，即加速器正常关机后，排风系统将继续工作5分钟，在5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5分钟；正常停机后5分钟内，即使发出打开辐照室防护门的指令，辐照室防护门仍然无法打开，直到5分钟后方可开启防护门。

（11）烟雾报警：每个辐照室内天花板设置1个烟雾报警装置，遇有火险时，烟雾报警装置自动发出报警，加速器能立即停机并停止通风。

（12）监控系统：每台加速器拟配套设3台摄像监视系统，1台位于迷道入口处，2台位于迷道与辐照室入口处（为了保证摄像头不被辐照损坏，摄像头设在迷道内，配套不锈钢镜面板，通过反射镜来获取辐照室内图像），监控图像实时显示在控制室的监控电视上，使控制室的工作人员可清楚地观察到辐照室内电子加速器的工作情况，如发生意外情况可及时处理。

本项目辐射安全措施装置详细情况见下表。具体布置见附图6。

表10-3　单台设备辐射安全措施一览表

序号	名称	图标	数量（单台）	高度	作用	位置
1	状态显示器		1个		工作状态中屏幕显示（开机、关机、准备），带报警装置	位于机房防护门上方
2	钥匙开关		1个		进入迷道需要插上钥匙方可打开门	位于机房防护门西侧墙上
3	光电		3道		加速器运行时，有人、动物经过红外线开关，即会立刻停止加速器运行	位于迷道入口处，高度分别为0.4m，0.85m，1.3m
4	急停		8个		人员触发任意一处紧停设备都无法开启	分别位于辐照室内四周墙壁、迷道内及迷道入口处、控制室操作台及收房盘操作台
5	剂量探头		3个		显示当前位置剂量情况。	分别位于迷道入口墙壁、控制室内墙壁及二层设备平台侧钢桶桶壁
6	光/电报警		1个		开机关门前巡检语音提示	位于迷道与辐照室拐角处
7	摄像头		3个		实时监控束下装置运作状态。	分别位于迷道入口处、迷道与辐照室入口处两侧，迷道与辐照室入口处两侧通过反射镜来获取辐照室内图像，要求做到全方位监视机房、迷道、各出入口内情况
8	拉线开关		1套（3个）		听到警铃声、仍停留在加速器机房内的人员拉下可以终止设备开启	一根线在四周墙壁绕一圈，拉动任何一个地方都能关闭设备
9	烟雾报警		1个		烟雾报警响起，设备紧急停机	位于辐照室内天花板
10	门内开关		1个		突发紧急情况，停止加速器运行，强制打开防护门	位于迷道入口处

11	巡检		6个		开机前须工作人员进入迷道内巡视是否清场，并按顺序按下开关，否则无法开启加速器。	分别位于迷道入口处、迷道内、辐照室内四周墙壁上
①6台加速器机房安全设施设置一致，故不重复罗列； ②本次环评要求进一步优化摄像头的布置，通过合理设置摄像头位置及不锈钢镜面板，确保辐照室、密道及各出入口内的区域无死角。						

（13）监测设备配备

本项目电子加速器辐照系统拟配备个人剂量报警仪、在线剂量报警仪和X-γ辐射剂量率仪和个人剂量计，拟配备辐射监测设备见表下表。

表10-4　个人防护用品及监测仪器

序号	名称	数量	用途
1	个人剂量计		工作期间辐射工作人员佩戴，对个人受到的照射剂量进行记录
2	个人剂量报警仪		每班辐射工作人员每人一个，工作时佩戴，X射线和γ射线辐射防护监测
3	便携式X-γ辐射剂量巡测仪		检测室屏蔽体外定期进行周围剂量当量率的监测保证屏蔽体的屏蔽结果

（14）电气系统：各加速器进行供电设计，采取专线供电；同时拟在每座辐照室迷道以及配套控制室内设置应急照明系统和发光路线指示标识；各供电系统及相关设备将严格按照工程要求合理布线，相关辅助设备接线将按照厂家要求连接，电路线装漏电保护，建筑内的接地保护干线、电气装置等地级的接地干线作总等电位联结。高压位置均设置高压联锁和高压放电保护。

（15）通风系统：本项目每座辐照室均设有通风系统，可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。

10.2.2 项目辐射安全措施分析

项目辐射防护措施与标准对比情况见表10-5。根据下表分析可知：本项目采取的辐射安全与防护措施均能满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的要求。

表10-5　辐射安全措施分析对照表

HJ979-2018	本项目加速器的辐射安全措施	评价结果
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。	建设单位拟进行分区管理，按照标准要求，将每座加速器机房辐照室边界、二层平台的加速器高压桶及主体钢桶边界作为辐射防护控制区边界；将一层控制室、加速器机房周围辅助设施区域（包括收放线区域、排风机等）及已辐照区、二层设备平台除加速器高压桶及主体钢桶外区域及通往二层平台的楼梯作为辐射防护监督区边界。	满足要求
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。	建设单位拟在辐照室进出口张贴满足标准要求的电离辐射标识。	满足要求
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。	建设单位将与加速器生产厂家确认，保证设备使用手册和操作规程为中文，所有标识将使用中文。	满足要求
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2.5uSv/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。	建设单位根据加速器的最高能量和最大束流强度，对机房进行了辐射屏蔽设计，根据表11分析可满足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2.5uSv/h。通过进一步估算可知，辐射工作人员和公众年受照剂量可满足评价报告设定的剂量约束值。	满足要求
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。	（1）本项目设置的各项联锁设施均安全可靠，控制区出入口，加速器开停机及束下装置等均进行联锁和监控； （2）安全联锁均与高压联锁，发生意外情况，设备首先切断高压； （3）本项目加速器安全联锁未设计旁路，安全联锁发生故障时，设备无法正常加载高压，需要恢复原状后才可运行。	满足要求
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	本项目的加速器机房均设有控制室，控制室内将设置控制柜。控制柜上设计有电子加速器的钥匙开关，只有该钥匙就位后才能开启电源，启动电子加速器进行出束作业；钥匙	满足要求

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；	开关未闭合状态时，电子加速器无法开机出束。同时，电子加速器的开关钥匙也是该加速器机房辐照室的防护门开关钥匙，并且辐照室防护门上的钥匙在防护门未关闭上锁的情况下，钥匙是无法取出的。当工作人员需要打开防护门进入辐照室时，该工作人员必须携带该电子加速器的开关钥匙。因此，电子加速器在开机出束时，由于没有开关钥匙，防护门无法打开；在防护门打开的情况下，由于开关钥匙在防护门上，此情况下电子加速器必然无法开机出束。每台工业电子加速器的开关钥匙是唯一的且由运行值班长保管使用。	
（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；	6座加速器机房辐照室防护门均拟与束流控制和加速器高压联锁。辐照室防护门打开时，不能开机。加速器运行中门被打开则加速器能自动断开高压，停止出束。	满足要求
（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；	6台电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制均必须建立可靠的接口和协议文件，用于将辐照货物送至辐射束下的传输系统若发生故障，将通过PLC反馈至主机，主机束流将自动停止、加速器自动停机。	满足要求
（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；	辐照室迷道入口防护门处设置醒目的“当心电离辐射警告标志”和工作状态显示器（每座加速器机房辐照室防护门处各设1个）及音响警示信号，工作状态显示器与电子加速器高压连锁，当电子加速器启动时，显示器将亮起并发出闪烁信号（屏幕显示开机、关机、准备状态），音响警示装置启动伴有蜂鸣，以提醒周围人员勿靠近。	满足要求
（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。	拟在每座加速器机房辐照室内各设置4个“巡检按钮”，每座加速器机房辐照室迷道内设置2个“巡检按钮”，离地高度均为1.2m，“巡检按钮”均与控制台联锁。每台加速器共设有6个巡检按钮。加速器开机前，操作人员进入辐照室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员逗留。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	满足要求

	器都不能正常开启。只要辐照室门被打开过，必须重新巡检后才能开机。	
（6）防人误入装置。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；	拟在每座加速器机房辐照室入口内侧分别设置连续3道光电联锁装置（高度分别为0.4m、0.85m、1.3m），3道光电联锁装置采用不同生产厂家不同品牌的产品，3道光电联锁装置均能保持其独立性，每道防人误入装置探头位置安装在不同水平、垂直位置，防止人员以钻爬、跨越等方式使其功能失效。3道光电联锁装置均与加速器的开、停机联锁，当有人通过光电联锁装置被检测到时，加速器高压立即自动切断。	满足要求
（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；	每台加速器设有8个急停开关，分别位于加速器控制柜1个、迷道内2个、辐照室内墙面4个（每面墙1个），同时在线缆输送盘设置1个紧急停机开关。紧急停机开关距地面高度约1.2m。所有紧急停机开关均有明显的标志，供应急停止使用。当出现紧急情况时，只需按下任一紧急停机开关，则该辐照室内的电子加速器将立即切断高压，停止出束。在紧急情况、事故处理完毕后，需将紧急停机开关复位后，电子加速器才能重新启动。（详见附图6）。 在迷道及辐照室内的四面墙壁上，距离地面高度约1.2m处，拟安装拉线开关（开关按键位于迷道入口处）。当拉线开关正常时，电子加速器方可启动进行出束作业；电子加速器正常启动出束作业过程中，若拉拽拉线开关，则该辐照室内的电子加速器将立即切断高压，停止出束。在紧急情况、事故处理完毕后，需将拉线开关本地复位，电子加速器才能重新启动。在辐照室内靠近防护门处设置紧急开门装置，便于人员在紧急情况下撤离辐照室。	满足要求
（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值时，主机室和辐照室门无法打开；	在每座加速器辐照室迷道内、控制室内及二层设备平台主机处均拟设置固定式辐射监测系统探头（每台加速器共配3个），显示面板位于控制室内。当显示面板上的辐射剂量率大于预设值时，将发出警告信号。通过固定式辐射监测系统，辐射工作人员可以及时了	满足要求

	解电子加速器的工作情况以及辐照室中的辐射水平。	
（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；	辐照室通风系统正常工作后，加速器才能出束，在通风系统未正常工作时，加速器将无法加载高压出束作业。在加速器正常运行过程中，当通风系统发生故障时，加速器将立即断高压，停止出束。加速器的控制软件设计有正常停机后排风系统延迟关闭和防护门延迟开启系统，即加速器正常关机后，排风系统将继续工作5分钟，在5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5分钟；正常停机后5分钟内，即使发出打开辐照室防护门的指令，辐照室防护门仍然无法打开，直到5分钟后方可开启防护门。	满足要求
（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。	每个辐照室内天花板设置1个烟雾报警装置，遇有火险时，烟雾报警装置自动发出报警，加速器能立即停机并停止通风。（详见附图6）。	满足要求
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。	（1）各加速器进行供电设计，采取专线供电，可确保电压和电流稳定度； （2）拟在每座辐照室迷道以及配套控制室内设置应急照明系统和发光路线指示标识； （3）建设单位各供电系统及相关设备将严格按照工程要求合理布线，相关辅助设备接线将按照厂家要求连接，电路线装漏电保护，建筑内的接地保护干线、电气装置等地级的接地干线作总等电位联结。 （4）高压位置均设置高压联锁和高压放电保护。	满足要求
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。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。	本项目每座辐照室均设有通风系统，可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。辐照室内的主排气口设置在扫描窗下方的位置。	满足要求

除了上表辐射安全措施外，本项目还具有如下辐射安全措施：

1、实时摄像监视

建设单位在辐照室内设有摄像监视系统，拟在迷道入口及辐照室入口两侧分别安装1个视频摄像头（共3个摄像头，为了避免强辐射场对视频信号的干扰，辐照室入口两侧安装的视频摄像头通过反射镜来获取辐照室内图像），监控图像实时显示在控制室的监控电视上，使控制室的工作人员可清楚地观察到辐照室内电子加速器的工作情况，如发生意外情况可及时处理。摄像头位置见附图6。摄像监测系统要求做到全方位监视机房、迷道及各出入口以内情况。

2、加速器的各控制信号联锁

电子加速器将与该加速器的各控制信号进行联锁。在加速器未加载高压时，只有当所有控制信号均正常时，加速器方可启动进行高压加载；在加速器正常运行后，将对各控制信号时时监控，若任意控制信号出现异常，则系统将立即切断该台加速器高压，使得该辐照室内的加速器断高压无法出束。

所有安全联锁装置均需正常使用，所有安全联锁装置不得旁路。当设备进行维修维护后，所有安全联锁必须恢复原状。

10.3 三废的治理

（1）臭氧处理

本项目工业辐照加速器在工作状态时，产生的X射线会使机房内空气电离产生一定量的臭氧和氮氧化物。加速器输出的直接致电离粒子束流越强，臭氧和氮氧化物的产额越高。由于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，因此本次评价主要考虑辐照室臭氧的产生和排放影响。

本项目各加速器机房辐照室均拟安装通风装置，辐照室内的排风量均拟设计为10000m^3/h。本项目1#、6#加速器机房辐照室体积约为131.04m^3，每小时换气次数约为76次；2#、5#机房辐照室体积为152.88m^3，每小时换气次数约为65次；3#、4#机房辐照室体积为164.406m^3，每小时换气次数约为60次。

各加速器辐照室中心设置600mm×600mm通风口一个，通过地下预埋风道（混凝土浇筑）到东侧外墙排风机处，经15m高排气筒排放。其中加速器机房1#、加速器机房2#共用一根排气筒1#；加速器机房3#、加速器机房4#共用一根排气筒2#；加速器机房5#、加速器机房6#共用一根排气筒3#。

（2）固体废物处理

本项目运行期间辐射工作场所仅生活垃圾及超剂量辐照线缆产生，生活垃圾依托厂区生活垃圾收集桶收集后交由城市环卫部门清运处理，辐照过程中产生的超剂量辐照线缆作为固体废物处置。营运期固体废物均可妥善处置，不会对外环境造成不良环境影响。

（3）废水处理

①生活污水：本项目运行期间辐射工作场所内产生生活废水依托厂区化粪池处理后，经市政污水管网排入河西污水处理厂处理，达标后外排至湘江，对地表水环境影响小。

②循环冷却水系统废水：项目运行过程中，存在两股冷却废水：A、主钢桶及高频机冷却废水：采用外购纯水间接冷却，冷却水循环使用，定期（半年）外排，纳入市政污水管网；B、辐照线缆冷却废水：采用自来水直接喷淋冷却，冷却水经机房内导流管汇入辐照室东面的循环水池（地埋式，1个，池容30m^3）收集沉淀降温后，再

经水泵打入线缆冷却喷淋管道，循环使用，定期（半年）外排，纳入市政污水管网。本项目新增员工生活污水依托企业现有化粪池处理后，纳入市政污水管网。

（4）噪声治理

本项目建成后高噪声设备主要为风机及水泵，单台风机的声功率级约为80dB(A)，单台水泵声功率级均约65dB（A）。为减少噪声对厂界的影响，建设单位采用以下防噪措施：

①从声源上降噪

在设备选型时选用先进的低噪声风机，在满足工艺设计的前提下，尽量选用满足标准的低噪声、低振动型号的设备，降低噪声源强。

②从传播途径上降噪

采用建筑物隔声。为控制噪声，公司拟设置风机房，风机房拟采用钢结构夹芯板隔音措施，风机房四周的墙体壁可以消减部分噪声，公司厂区边界设有实体围墙，围墙也可消减部分噪声。

③强化生产管理

确保各类防治措施有效运行，各设备均保持良好运行状态，防止突发噪声。

表11 环境影响分析

11.1 建设阶段对环境的影响

本项目为新建项目，根据现场调查可知，本项目电子加速器机房主体目前已基本建成，后续施工期工作内容主要是设备安装及调试，主要环境影响是设备安装调试过程中的辐射影响：设备安装及调试过程会产生X射线放射性污染。设备在进入调试期时，屏蔽工程已经完工，人员培训完毕，预计屏蔽效果与设计相符，人员操作符合预设流程，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。

综上所述，建设工程在施工期的环境影响是短暂的、可逆的，随着施工期的结束而消失。施工单位应严格按照有关规定采取上述措施进行污染防治，并加强监管，使本项目施工对周围环境的影响降低到最小。

11.2 运行阶段对环境的影响

11.2.1辐射环境影响分析

一、电子束对环境的影响

根据《辐射防护技术与管理》，电子在物质中最大射程可由下式计算：

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

（公式11-1）

式中：

d—最大射程，cm；

ρ—防护材料的密度，g/cm^3；本项目防护材料混凝土的密度取值2.35g/cm^3；

$E_{\beta max}$—电子最大能量，MeV；

项目电子加速器能量分别为2.5MeV和2.0MeV，由上述公式计算得到：在混凝土（2.35g/cm^3）的最大射程分别约0.53cm和0.43cm。项目拟建辐照室混凝土墙四周最薄厚度为150cm，且电子束方向朝向地面，因此加速器发射的电子束对辐照室外环境的影响可忽略。

二、X射线辐射对环境的影响

本次评价拟使用的工业电子加速器最大电子束能量分别为2.5MeV（2台），2.0MeV（4台）。其中2.5MeV加速器最大电子束流强度为40mA，最大功率为100kW；2.0MeV加速器最大电子束流强度为50mA，最大功率为100kW。由于本项目目前处于设计阶段，尚未投入运行，因此本次评价采用理论计算方法预测工业电子加速器运行产生的X射线影响。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的要求，在本项目工业电子加速器机房的辐照室外设定关注点。在工业电子加速器机房辐照室设计的尺寸厚度基础上，假定工业电子加速器以最大功率运行并针对关注点最不利的情况进行预测计算。

1、辐射源项

本项目电子加速器运行时，出束方向朝向地面，在辐照室内电子束可能轰击的物质主要为：①辐照产品，即电线电缆（主要为聚乙烯、聚氯乙烯、铜等）；②电子扫

描器下方的产品传输装置（不锈钢材料）；③辐照室混凝土地面。以上几种物质中铜原子序数Z值最大，X射线发射率最高，故本评价**以铜为靶材**进行评价。

2、关注点

6座加速器机房辐照室电子束均朝下，主要考虑与电子束入射方向呈90°的初级X射线。选择剂量关注点为6座机房辐照室四周屏蔽墙外0.3m处、迷道出口处及二层设备平台侧钢桶外0.3m处。预测目标点的选取见附图4。

3、辐照室辐射影响估算

辐照加速器机房屏蔽效果依据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中提供的计算模式及相关参数计算。

屏蔽墙外剂量预测可利用以下公式：

$$H_M = \frac{B_X D_{10} T}{d^2} \quad (1 \times 10^6)$$

（公式11-2）

$$B_X = 10^{-\left\{1+\left[\frac{S-T_1}{T_e}\right]\right\}}$$

（公式11-3）

式中：H_M—距离X射线源d米处，屏蔽条件下的当量剂量率，μSv/h；

Bx—屏蔽体对应的透射因子；

d—X射线源与参考点之间的距离，m；

T—居留因子，当参考点位置为人员全居留时取值1，部分居留时可取1/4，偶然居留时可取1/16。本次计算各关注点居留因子取值见下表；

表11-1　不同场所与环境条件下的居留因子

点位名称	居留因子取值	取值原因
A1~A6	1/16	东墙外0.3m处，布置辐照室配套的风机，一般情况下人员不可达，按照偶然居留考虑
B1~B5	1/16	辐照室内，设备正常运行时，人员不可达，按照偶然居留考虑
B6	1/4	南墙外0.3m处，为已辐照区，仅搬运产品时停留，按照部分居留考虑
C1~C6	1	西墙外0.3m处，为收放线盘操作区，辐照工作人员停留区域，按照全居留考虑
D1~D6	1	防护门外，为辐射工作人员停留区域，按照全居留考虑
E1	1/4	北墙外0.3m处，为线缆生产车间内过道及洗手间，按照部分居留考虑

E2~E6	1/16	辐照室内，设备正常运行时，人员不可达，按照偶然居留考虑
F1~F6	1	控制室内，为辐射工作人员停留区域，按照全居留考虑
G1~G6	1/16	二层设备层，设备正常运行时，人员不可达，按照偶然居留考虑

S—屏蔽体的厚度，cm；

T1、Te—分别为第一个十分之一值层厚度和平衡时的十分之一值层厚度，cm；T1取值根据HJ979-2018附录A表A.2，采用插值法计算得出；Te取值根据HJ979-2018附录A表A.3，采用插值法计算得出；对于2.0MeV电子加速器，查表A.4得90°方向的初级X射线等效能量为1.3MeV，混凝土的T1和Te值分别为19.6cm和17.0cm；对于2.5MeV电子加速器，可查表A.4得90°方向的初级X射线等效能量为1.6MeV，混凝土的T1和Te值分别为20.7cm和18.7cm。

D_{10}—距离X射线辐射源1m处的吸收剂量率，Gy/h；

$$D_{10}=60\cdot Q\cdot I\cdot f_e \qquad \text{（公式11-4）}$$

式中：

Q——X射线发射率（$Gy\cdot m^2\cdot mA^{-1}\cdot min^{-1}$）；本项目加速器电子束朝下，不直接射向四周墙体，因此辐照室辐射影响主要考虑X射线侧向屏蔽。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：能量为2.0MeV电子束流产生的X射线在距靶1m处90°方向的X射线发射率为1.6Gy·m^2·mA^{-1}·min^{-1}；能量为2.5MeV电子束流产生的X射线在距靶1m处90°方向的X射线发射率为2.5Gy·m^2·mA^{-1}·min^{-1}。

I——电子束流强度（mA）。2.5MeV加速器最大电子束流强度为40mA、2.0MeV加速器最大电子束流强度为50mA。

f_e——X射线发射率修正系数。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A.2.1，本项目以“铜”为靶材进行评价时X射线发射率在90°方向的修正因子参照以“铁、铜”为靶材的取值，取0.5。

A、DD_{LH}2.0/50-1600型电子加速器

2.0MeV电子加速器束流强度为50mA，根据公式11-4计算得出，2.0MeV电子加速器辐照室（1#、2#、5#、6#）距离X射线辐射源1m处的标准参考点的吸收剂量率D_{10}=2.4×10^3Gy/h。

B、DD_{LH}2.5/40-1400型电子加速器

2.5MeV电子加速器束流强度为40mA，根据公式11-4计算得出，2.5MeV电子加速器辐照室（3#、4#）距离X射线辐射源1m处的标准参考点的吸收剂量率$D_{10}=3\times10^{3}$Gy/h。

本次理论预测根据拟建加速器的技术参数（满功率条件下）及拟建辐照室的设计方案进行辐射屏蔽评价。本项目各加速器机房辐照室屏蔽墙剂量预测参数及结果详见下表。

表11-2　加速器机房辐照室屏蔽效果计算

加速器机房	加速器机房1#					
预测点位	东墙A1	南墙B1	西墙D1	北墙E1	1#控制室F1	顶部G1
S①（cm）						
T1（cm）						
Te（cm）						
d②（m）						
D_{10}（Gy/h）						
T						
Bx						
H_M（μSv/h）						
加速器机房	加速器机房2#					
预测点位	东墙A2	南墙B2	西墙D2	北墙E2	2#控制室F2	顶部G2
S①（cm）						
T1（cm）						
Te（cm）						
d②（m）						
D_{10}（Gy/h）						
T						
Bx						
H_M（μSv/h）						
加速器机房	加速器机房3#					
预测点位	东墙A3	南墙B3	西墙D3	北墙E3	2#控制室F3	顶部G3

S①（cm）						
T1（cm）						
Te（cm）						
d②（m）						
D_{10}（Gy/h）						
T						
Bx	1.					
H_M（μSv/h）						
加速器机房	加速器机房4#					
预测点位	东墙A4	南墙B4	西墙D4	北墙E4	3#控制室F4	顶部G4
S①（cm）						
T1（cm）						
Te（cm）						
d②（m）						
D_{10}（Gy/h）						
T						
Bx						
H_M（μSv/h）						
加速器机房	加速器机房5#					
预测点位	东墙A5	南墙B5	西墙D5	北墙E5	3#控制室F5	顶部G5
S①（cm）						
T1（cm）						
Te（cm）						
d②（m）						
D_{10}（Gy/h）						
T						
Bx						
H_M（μSv/h）						
加速器机房	加速器机房6#					
预测点位	东墙A6	南墙B6	西墙D6	北墙E6	4#控制室F6	顶部G6

S①（cm）						
T1（cm）						
Te（cm）						
d②（m）						
D_{10}（Gy/h）						
T						
Bx						
H_M（μSv/h）						

注：①S——屏蔽体厚度，根据建设单位提供加速器机房设计资料获得，详见前文表10-1及附图3-1。
②d——射线源与参考点之间的距离，根据建设单位提供加速器机房设计资料获得，详见附图5。

由上表11-2可知，本项目加速器机房1#辐照室四周屏蔽墙外30cm处剂量率最大为0.056μSv/h，辐照室顶部外30cm处剂量率最大为0.041μSv/h，西侧屏蔽墙外30cm处1#控制室内剂量率最大为0.050μSv/h；加速器机房2#辐照室四周屏蔽墙外30cm处剂量率最大为0.007μSv/h，辐照室顶部外30cm处剂量率最大为0.041μSv/h，西侧屏蔽墙外30cm处2#控制室内剂量率<0.001μSv/h；加速器机房3#辐照室四周屏蔽墙外30cm处剂量率最大为0.007μSv/h，辐照室顶部外30cm处剂量率最大为0.026μSv/h，西侧屏蔽墙外30cm处2#控制室内剂量率最大为0.030μSv/h；加速器机房4#辐照室四周屏蔽墙外30cm处剂量率最大为0.005μSv/h，辐照室顶部外30cm处剂量率最大为0.026μSv/h，西侧屏蔽墙外30cm处3#控制室内剂量率<0.001μSv/h；加速器机房5#辐照室四周屏蔽墙外30cm处剂量率最大为0.007μSv/h，辐照室顶部外30cm处剂量率最大为0.041μSv/h，西侧屏蔽墙外30cm处3#控制室内剂量率<0.001μSv/h；加速器机房6#辐照室四周屏蔽墙外30cm处剂量率最大为0.056μSv/h，辐照室顶部外30cm处剂量率最大为0.041μSv/h，西侧屏蔽墙外30cm处4#控制室内剂量率<0.001μSv/h。均满足屏蔽体外剂量当量率不能超过2.5μSv/h要求。

4、辐照室屏蔽防护效能分析

（1）确定X射线的透射比B_X

$$B_x = \left(1\times10^{-6}\right)\left[\frac{H_M d^2}{D_{10}T}\right]$$

（公式11-5）

式中：

B_x—X射线的屏蔽透射比，指在屏蔽体入射面的吸收剂量率，经屏蔽厚度按该透射比减弱，使屏蔽体的出射面剂量率达到所要求的水平；

H_M—参考点最大允许周围剂量当量率（μSv・h^{-1}）；

d—X射线源与参考点之间的距离（m）；

T—居留因子，当参考点位置为人员全居留时取值1，部分居留时可取1/4，偶然居留时可取1/16。参照前文11-1取值。

常数（1×10^{-6}）—单位转换系数。

D_{10}—距离X射线辐射源1m处的标准参考点的吸收剂量率（Gy·h^{-1}），同前文。

各参数取值介绍：

H_M—参考点最大允许周围剂量当量率（μSv・h^{-1}），根据第七章可知，取2.5；

d——X射线源与参考点之间的距离（m），根据建设单位提供的图纸测量结果叠加参考点0.3m得出，具体数值见下表。

计算结果详见下表。

表11-3　直射辐射屏蔽透射比计算结果

位置	参考点	编号	距离d（m）	D_{10}（Gy・h^{-1}）	H_M（μSv・h^{-1}）	T	Bx
1#加速器辐照室周围	东墙						
	南墙						
	西墙						
	北墙						
	控制室						
	屋顶						
2#加速器辐照室周围	东墙						
	南墙						
	西墙						
	北墙						
	控制室						
	屋顶						
3#加速器辐照室周	东墙						
	南墙						

围	西墙						
	北墙						
	控制室						
	屋顶						
4#加速器辐照室周围	东墙						
	南墙						
	西墙						
	北墙						
	控制室						
	屋顶						
5#加速器辐照室周围	东墙						
	南墙						
	西墙						
	北墙						
	控制室						
	屋顶						
6#加速器辐照室周围	东墙						
	南墙						
	西墙						
	北墙						
	控制室						
	屋顶						

（2）屏蔽厚度的求解

用屏蔽材料的十分之一值层来表示屏蔽厚度：

$$B_x=10^{-n} \text{或} n=\log10(1/B_x) \quad \text{（公式11-6）}$$

计算屏蔽体厚度，可以估算为：

$$S=T_1+(n-1)T_e \quad \text{（公式11-7）}$$

式中：

S——屏蔽体厚度(cm)；

T_1——在屏蔽厚度中，朝向辐射源的第一个十分之一值层（cm）；

T_e——平衡十分之一值层，该值近似于常数（cm）；

n——为十分之一值层的个数。

各参数取值介绍：

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.2和表A.3查出混凝土的T1和Te值：对于2.0MeV电子加速器，等效入射能量1.3MeV，混凝土的T1和Te值分别为19.6cm和17.0cm；对于2.5MeV电子加速器，等效入射能量16MeV，混凝土的T1和Te值分别为20.7cm和18.7cm。计算结果见下表。

表11-4　辐射屏蔽墙厚度计算结果

位置	参考点	编号	Bx	十分之一值层的个数n	屏蔽体厚度S（cm/混凝土）	屏蔽体设计厚度（cm/混凝土）	是否满足要求
1#加速器辐照室周围	东墙	A1					是
	南墙	B1					是
	西墙	D1					是
	北墙	E1					是
	控制室	F1					是
	屋顶	G1					是
2#加速器辐照室周围	东墙	A2					是
	南墙	B2					是
	西墙	D2					是
	北墙	E2					是
	控制室	F2					是
	屋顶	G2					是
3#加速器辐照室周围	东墙	A3					是
	南墙	B3					是
	西墙	D3					是
	北墙	E3					是
	控制室	F3					是
	屋顶	G3					是
4#加速器辐照室周围	东墙	A4					是
	南墙	B4					是
	西墙	D4					是
	北墙	E4					是
	控制室	F4					是

	屋顶	G4					是
5#加速器辐照室周围	北墙	A5					是
	东墙	B5					是
	南墙	D5					是
	西墙	E5					是
	控制室	F5					是
	屋顶	G5					是
6#加速器辐照室周围	东墙	A6					是
	南墙	B6					是
	西墙	D6					是
	北墙	E6					是
	控制室	F6					是
	屋顶	G6					是

根据上表计算结果，对照屏蔽设计参数分析，本项目6台电子加速器辐照室直射辐射屏蔽墙的设计厚度均大于计算需要的屏蔽体厚度S，满足防护要求。

5、设备层辐射影响估算

设备层的辐射场由三部分叠加构成：第一部分：辐照室内轫致辐射初级射线，经过辐照室屋顶不完全屏蔽的贯穿辐射场；第二部分：辐照室内的轫致辐射初级X射线，经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设备平台侧钢桶内形成的散射辐射场；第三部分：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筒作用产生的束流损失辐射场。

（1）第一部分

对于第一部分，已经在侧向X射线辐射剂量率中进行了计算（见表11-1顶部G关注点数据），结果显示，1#、2#、5#、6#加速器在顶部G关注点的辐射剂量率为0.041μSv/h，3#、4#加速器该在顶部G关注点的辐射剂量率为0.026μSv/h。

（2）第二部分

对于第二部分，由于沿与电子束入射方向成180方向的次级散射X射线能量较低，即使对于2.5MeV的电子束造成该方向的散射线，能量也不超过0.25MeV，当穿过孔洞后，将直接照射到孔洞上方的加速器侧钢桶内，对于0.25MeV的散射X射线，30mmPb的衰减因子即可达到10^{-1}量级，因此散射线受到加速器侧钢桶的进一步屏蔽后对钢桶

外的辐射影响很小。

（3）第三部分

对于第三部分，加速器主体束流加速系统内的束流损失，当加速管内真空度良好的时候，可以忽略不计，即使在不利工况下，束流损失也仅为数十微安，加速管中电子束在加速过程中是朝下进入辐照室，因此束流加速过程中的损失主要在加速管末端，但加速器末端有大量的钢结构材料部件，如钢结构支架、底座、真空泵、电磁阀、各种线圈等，经过钢桶的进一步屏蔽后，束流损失对钢桶外的辐射影响很小。

束流损失辐射场辐射屏蔽计算如下：

根据厂家提供数据，本项目1#、2#、5#、6#加速器机房内电子直线加速器束流损失率为1%（即电子束流强度为0.5mA），束流损失点的能量为0.2MeV；3#、4#加速器机房内电子直线加速器束流损失率为1%（即电子束流强度为0.4mA），束流损失点的能量为0.25MeV。

通过查表A.1，采用外推法得出0.2MeV入射电子在距靶1m处侧向90°的X射线发射率取0.028Gy·m^2·mA^{-1}·min^{-1}，0.25MeV入射电子在距靶1m处侧向90°的X射线发射率取0.035Gy·m^2·mA^{-1}·min^{-1}。对0.2MeV入射电子能量可查表A.4通过外推法得90°方向的初级X射线等效能量为0.14MeV，对0.25MeV入射电子能量可查表A.4通过外推法得90°方向的初级X射线等效能量为0.18MeV。T1取值通过查表A.2采用外推法得出，Te取值通过查表A.3采用外推法得出。估算时采用公式（11-1）~公式（11-3）进行估算，各加速器主体钢桶束流损失屏蔽效果估算结果见下表。

表11-5　各加速器主体钢桶束流损失屏蔽效果计算

加速器机房编号	1#加速器机房			
预测点位	桶身	侧面桶盖	联接段	上桶盖
S①（cm）				
$T1_{(Pb)}$（cm）				
$Te_{(Pb)}$（cm）				
$Bx_{(Pb)}$				
$T1_{(Fe)}$（cm）				
$Te_{(Fe)}$（cm）				
$Bx_{(Fe)}$				

d②（m）				
D_{10}（Gy/h）				
H_M（μSv/h）	6			
加速器机房编号	2#加速器机房			
预测点位	桶身	侧面桶盖	联接段	上桶盖
S①（cm）				
$T1_{(Pb)}$（cm）				
$Te_{(Pb)}$（cm）				
$Bx_{(Pb)}$				
$T1_{(Fe)}$（cm）				
$Te_{(Fe)}$（cm）				
$Bx_{(Fe)}$				
d②（m）				
D_{10}（Gy/h）				
H_M（μSv/h）				
加速器机房编号	3#加速器机房			
预测点位	桶身	侧面桶盖	联接段	上桶盖
S①（cm）				
$T1_{(Pb)}$（cm）				
$Te_{(Pb)}$（cm）				
$Bx_{(Pb)}$				
$T1_{(Fe)}$（cm）				
$Te_{(Fe)}$（cm）				
$Bx_{(Fe)}$				
d②（m）				
D_{10}（Gy/h）				
H_M（μSv/h）				
加速器机房编号	4#加速器机房			
预测点位	桶身	侧面桶盖	联接段	上桶盖
S①（cm）				
$T1_{(Pb)}$（cm）				
$Te_{(Pb)}$（cm）				
$Bx_{(Pb)}$				
$T1_{(Fe)}$（cm）				

$Te_{(Fe)}$（cm）				
$Bx_{(Fe)}$				
d②（m）				
D_{10}（Gy/h）				
H_M（μSv/h）				
加速器机房编号	5#加速器机房			
预测点位	桶身	侧面桶盖	联接段	上桶盖
S①（cm）				
$T1_{(Pb)}$（cm）				
$Te_{(Pb)}$（cm）				
$Bx_{(Pb)}$				
$T1_{(Fe)}$（cm）				
$Te_{(Fe)}$（cm）				
$Bx_{(Fe)}$				
d②（m）				
D_{10}（Gy/h）				
H_M（μSv/h）				
加速器机房编号	6#加速器机房			
预测点位	桶身	侧面桶盖	联接段	上桶盖
S①（cm）				
$T1_{(Pb)}$（cm）				
$Te_{(Pb)}$（cm）				
$Bx_{(Pb)}$				
$T1_{(Fe)}$（cm）				
$Te_{(Fe)}$（cm）				
$Bx_{(Fe)}$				
d②（m）				
D_{10}（Gy/h）				
H_M（μSv/h）				

注：①S——屏蔽体厚度，根据建设单位提供加速器机房设计资料获得，详见前文表10-1。
②d——射线源与参考点之间的距离，1#、2#、5#、6#加速器钢桶直径1.3m，故桶身及侧面桶盖参考点距离d保守取半径0.65m+0.3m=0.95m，3#、4#加速器钢桶直径1.55m，故桶身及侧面桶盖参考点距离d保守取半径0.775m+0.3m=1.075m。连接段及上桶盖参考点距离d取1m。

（4）设备层辐射影响分析

表11-6　6台加速器机房设备层辐射影响结果表

关注点位置		H_M（μSv/h）		
		第一部分	第三部分	叠加值
1#、2#、5#、6#加速器机房设备层	桶身			
	侧面桶盖			
	联接段			
	上桶盖			
3#、4#加速器机房设备层	桶身			
	侧面桶盖			
	联接段			
	上桶盖			

根据上表计算结果可知，设备正常运行时，加速器钢桶外辐射剂量率为0.026~0.041μSv/h，小于2.5μSv/h，钢桶屏蔽可满足辐射安全管理要求。

因此，本项目加速器钢桶外辐射剂量率满足本项目辐射安全管理要求。

6、X射线通过屋顶的侧向散射影响估算

本项目加速器机房位于厂区电缆生产车间内，四周50m范围内无高层建筑，因此，本次评价不考虑X射线通过屋顶的侧向散射。

7、迷道及防护门屏蔽防护估算

辐照室迷道入口处的辐射剂量率依据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中提供的计算公式计算：

（公式11-8）

式中：

α_1——入射到第一个散射体的X射线的散射系数；

α_2——从以后的物质散射出来的0.5MeV的X射线的散射系数（假设对以后所有散射过程是相同的）；

A_1——X射线入射到第一散射物质的散射面积（m^2）；

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

之间）；

d1——X射线源与第一散射物质的距离（m）；

dr_1，dr_2…drj——沿着迷道长轴的中心线距离；$d_{rj}/A_2^{1/2}$ 的比值应在1～6之间；

j——指第j个散射过程。

在任何迷道的设计中，沿X射线源方向的线路，所设计迷道墙厚度的总和应不小于直射所需屏蔽墙的厚度。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录A，对于能量大于3MeV的X射线其散射一次后能量为0.5MeV，本项目6台加速器能量均小于3MeV，则X射线其散射一次后能量均小于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取值为2×10^{-2}；辐照室迷道入口处的散射主要考虑90°方向出射的X射线的散射。1#、2#、5#、6#加速器机房辐照室迷道散射计算的$D_{10}=2.4\times10^3$Gy/h，3#、4#加速器机房辐照室迷道散射计算的$D_{10}=3\times10^3$Gy/h。

本项目估算时，1#、2#、5#、6#加速器机房辐照室均按照2.0MeV的X射线的散射进行估算，辐照室均散射4次，辐照室散射路径示意图见附图5；3#、4#加速器机房辐照室按照2.5MeV的X射线的散射进行估算，辐照室散射4次，辐照室的散射路径示意图见附图5。

根据附图5，确定各预测迷道散射面积如下：

本项目6座加速器机房辐照室迷道入口辐射剂量率预算结果见下表。

表11-7　无屏蔽时迷道入口辐射剂量率预测表

位置		参考点	散射次数j	路径 d1，dr1，dr2，dr3，dr4	辐射剂量率μSv/h
1#加速器机房	辐照室				

2#加速器机房	辐照室				
3#加速器机房	辐照室				
4#加速器机房	辐照室				
5#加速器机房	辐照室				
6#加速器机房	辐照室				

从上表预测结果可以看出，未采取屏蔽措施时，1#加速器机房辐照室迷道入口处的周围剂量当量率约为0.039μSv/h，2#加速器机房辐照室迷道入口处的周围剂量当量率约为0.047μSv/h，3#加速器机房辐照室迷道入口处的周围剂量当量率约为0.029μSv/h，4#加速器机房辐照室迷道入口处的周围剂量当量率约为0.029μSv/h，5#加速器机房辐照室迷道入口处的周围剂量当量率约为0.047μSv/h，6#加速器机房辐照室迷道入口处的周围剂量当量率约为0.039μSv/h，均远小于2.5μSv/h控制剂量，因此本项目6座加速器机房辐照室迷道设计合理。**同时为防止人员误入机房，拟在6座辐照室迷道入口设置普通不锈钢防护门。**

8、天空反散射

由于本项目辐射室周围为电线电缆生产车间，有工作人员长期居留，因此需要注意天空反散射。

①估算公式

$$H=\frac{2.5\times10^{-2}\left(B_{xs}D_{10}\Omega^{1.3}\right)}{\left(d_i d_s\right)^2} \qquad \text{（公式11-9）}$$

式中：H—在距离X射线辐射源ds处地面，天空反散射的X射线周围剂量当量率(Sv・h-1)；

B_{XS}—X射线屋顶的屏蔽透射比；

Ω—由X射线源与屏蔽墙对向的立体角(Sr)；

d_i—在屋顶上方2m处离靶的垂直距离(m)；

d_s—X射线源至P点的距离(m)，计算天空反射线参考点为屏蔽体外20~250m处，本项目取最小值20m(数据来自辐射防护手册(第一分册)辐射源与屏蔽，第416页第8.3.1)；

考虑天空反散射，本项目靶点与屋顶的散射面呈现倒金字塔形，立体角计算公式

图11-1　放射源对屋顶屏蔽墙所张立体角示意图

各辐射室立体角Ω的计算参数取值和Ω值如下表 11-8。

表11-8　辐射源对屋顶屏蔽墙所张立体角计算表

1						
1						
1						
1						
2						
2						
2						
2						
3						

天空反散射剂量率计算参数及计算结果见表 11-9。

表11-9　天空反散射剂量率计算参数及计算结果一览表

辐源									屏蔽	设计
1#速机										
2#速机										
3#速机										
4#速机										
5#										

6 机房											

根据上表计算结果可知，本项目6台加速器穿透顶部屏蔽体后的X射线在经大气散射返回地面后的辐射剂量率远小于2.5μSv/h。设计屏蔽体厚度均满足天空反散射所需屏蔽体厚度。

9、线缆进出口辐射防护分析

本项目6座加速器机房的辐照室西墙均拟设置线缆进出通道，设置孔径（其中加速器机房1#、2#、5#、6#线缆孔径Φ102mm，加速器机房3#、4#线缆孔径Φ159mm），用于被辐照线缆的进出。通道由内至外均为斜坡设计，均与地面呈30°穿过辐照室西侧迷道内墙，与地面呈30°穿过辐照室西侧迷道外墙。6座加速器机房线缆通道均避开主射线方向，做斜坡设计且长度比孔径大得多，射线经2次以上散射后才能出线缆出口处，能满足辐射防护的要求。

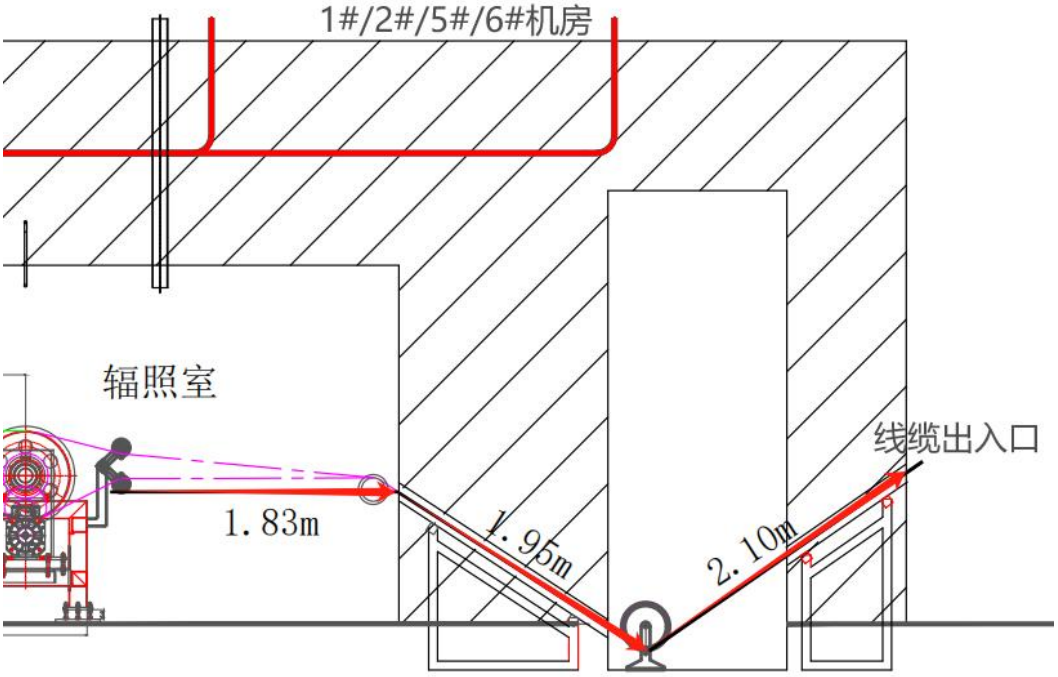


图11-2（1）　1#/2#/5#/6#机房线缆出入口散射路径示意图

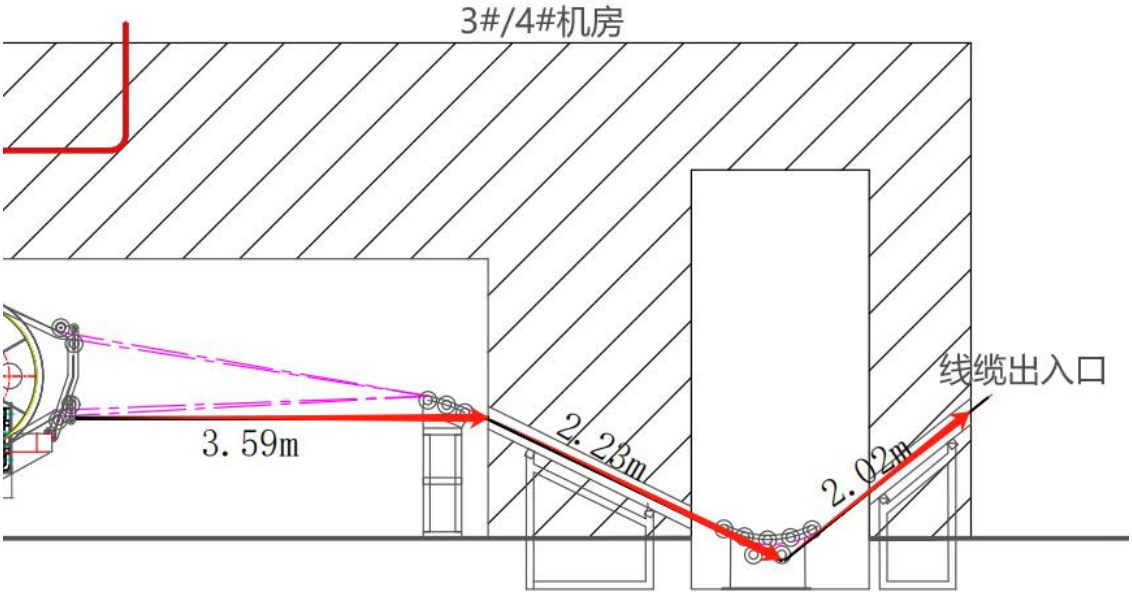


图11-2（2）　3#/4#机房线缆出入口散射路径示意图

参照HJ979-2018中X射线在迷道中的计算方法，线缆口散射辐射剂量率水平：

表11-10　线缆出入口辐射剂量率预测参数

位置	D_{10}（Gy/h）	散射次数j	路径 d1，dr1，dr2	A1，A2	辐射剂量率 μSv/h
1#加速器机房线缆出入口处					
2#加速器机房线缆出入口处					
3#加速器机房线缆出入口处					
4#加速器机房线缆出入口处					
5#加速器机房线缆出入口处					
6#加速器机房线缆出入口处					
注：对于1#、2#、5#、6#辐照室线缆出入口散射路径对应A1=1.1*1.8=1.98，A2=1.2*1.8=2.16；对于3#、4#辐照室线缆出入口散射路径对应A1=1.2*1.6=1.92，A2=1.4*1.6=2.24。					

根据上表预测结果可知，本项目1#、2#、5#、6#辐照室线缆出入口辐射剂量率为0.018μSv/h，3#、4#辐照室线缆出入口辐射剂量率为0.005μSv/h，均远小于2.5μSv/h控制剂量，因此本项目6座加速器机房辐照室线缆进出口设计合理。

10、通风口辐射防护影响分析

本项目6座加速器机房辐照室内均拟安装机械通风装置，拟设排风管道，各加速器机房排风管道直径均为600mm，采用埋地方式经辐照室外北侧烟道排放，烟道排放口标高15m，其中1#、2#加速器机房共用1根排气筒1#，3#、4#加速器机房共用1根排气筒2#，5#、6#加速器机房共用1根排气筒3#。

建设单位排风管道在穿过屏蔽墙体时，采用“U”型路径设计：管道在辐照室内首先下沉到地下0.8m，经地下管道到达辐照室外后，在上升至地面。排风管进出辐照室线路示意详见附图7。

参照HJ979-2018中X射线在迷道中的计算方法，线缆口散射辐射剂量率水平：

表11-11　通风管道辐射剂量率预测参数

位置		D_{10}（Gy/h）	散射次数j	路径 d1，dr1，dr2，dr3，dr4	A1，A2	辐射剂量率μSv/h
排气筒1#	1#加速器机房					
	2#加速器机房					
排气筒2#	3#加速器机房					
	4#加速器机房					
排气筒3#	5#加速器机房					
	6#加速器机房					

注：通风管道散射路径对应A1=0.8*0.6=0.48，A2=3.14*0.6*0.6=1.13。
d1：管道在辐照室内下沉高度，0.8m；dr1：辐照室底部管道长度；dr2：管道延伸至辐照室外长度；dr3管道接入排气筒长度；dr4：管道下沉高度+排气筒高度。

根据上表预测结果可知，本项目1#、2#辐照室共用排气筒1#出口处辐射剂量为1.764E-07μSv/h，3#、4#辐照室共用排气筒2#出口处辐射剂量为1.380E-07μSv/h，5#、6#辐照室共用排气筒3#出口处辐射剂量为1.764E-07μSv/h。均远小于2.5μSv/h控制剂量，因此本项目6座加速器机房辐照室通风口设计合理。

11、关注点剂量率汇总

根据前文计算结果，各关注点天空反散射剂量贡献值小于0.00001μSv/h，汇总得到本次环评各关注点剂量率：

表11-12　关注点辐射剂量贡献值（单位：μSv/h）

编号	关注点	侧向90°X射线	迷道散射	天空反散射	通过屋顶的侧向散射	总贡献值
A1	加速器机房1#东墙外30cm处					
B1	加速器机房1#南墙外30cm处					
C1	加速器机房1#防护门外30cm处					
D1	加速器机房1#西墙外30cm处					
E1	加速器机房1#北墙外30cm处					
F1	控制室1#					
G1	加速器机房1#辐照室屋顶离地30cm处					
A2	加速器机房2#东墙外30cm处					
B2	加速器机房2#南墙外30cm处					
C2	加速器机房2#防护门外30cm处					
D2	加速器机房2#西墙外30cm处					
E2	加速器机房2#北墙外30cm处					
F2	控制室2#					
G2	加速器机房2#辐照室屋顶离地30cm处					
A3	加速器机房3#					

	东墙外30cm处					
B3	加速器机房3#南墙外30cm处					
C3	加速器机房3#防护门外30cm处					
D3	加速器机房3#西墙外30cm处					
E3	加速器机房3#北墙外30cm处					
F3	控制室2#					
G3	加速器机房3#辐照室屋顶离地30cm处					
A4	加速器机房4#东墙外30cm处					
B4	加速器机房4#南墙外30cm处					
C4	加速器机房4#防护门外30cm处					
D4	加速器机房4#西墙外30cm处					
E4	加速器机房4#北墙外30cm处					
F4	控制室3#					
G4	加速器机房4#辐照室屋顶离地30cm处					
A5	加速器机房5#东墙外30cm处					
B5	加速器机房5#南墙外30cm处					
C5	加速器机房5#防护门外30cm处					
D5	加速器机房5#西墙外30cm处					

E5	加速器机房5#北墙外30cm处					
F5	控制室3#					
G5	加速器机房1#辐照室屋顶离地30cm处					
A6	加速器机房6#东墙外30cm处					
B6	加速器机房6#南墙外30cm处					
C6	加速器机房6#防护门外30cm处					
D6	加速器机房6#西墙外30cm处					
E6	加速器机房6#北墙外30cm处					
F6	控制室4#					
G6	加速器机房6#辐照室屋顶离地30cm处					

由上表可知，项目运行时，加速器机房屏蔽墙体外表面30cm处、防护门外的周围剂量的当量率最大为0.056μSv/h，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2.5μSv/h的标准要求”。

二、年有效剂量评价

1、估算公式

辐射工作人员和公众年有效剂量的年有效剂量按下列公式计算：

$$E_{eff} = \dot{D} \cdot t \cdot T \cdot U \cdot 10^{-3}$$

（公式11-12）

其中：E_{eff}——人均年有效当量剂量，mSv/a；

D——参考点处辐射剂量率，μSv/h；

t——年受照射时间，h；

T——居留因子，参照前文表11-1取值；

U——使用因子，本项目U取1。

2、工作人员剂量估算结果

本项目6台加速器辐照装置年工作时间均为6600h，辐射工作人员采取两班制，每班12h（实际工作时间11h），每名工作人员每班工作（受照射）时间11h，年受照射时间为3300h/a。

辐射工作人员及周围公众的剂量估算，计算结果见下表。

表11-13　各加速器机房辐射工作人员年有效剂量计算结果一览表

加速器机房名称	加速器机房1#				
预测点位/人员					
C1					
D1					
F1					
注					
加速器机房名称	加速器机房2#				
预测点位/人员					
C2					
D2					
F2					
注					
加速器机房名称	加速器机房3#				
预测点位/人员					
C3					

D3					
F3					
注 ；					
加速器机房名称	加速器机房4#				
预测点位/人员					
C4					
D4					
F4					
注： ；					
加速器机房名称	加速器机房5#				
预测点位/人员	D（μSv/h）	t（h）	T	U	E_{eff}（mSv/a）
C5					
D5					
F5					
注					
加速器机房名称	加速器机房6#				
预测点位/人员	D（μSv/h）	t（h）	T	U	E_{eff}（mSv/a）
B6					
C6					
D6					
F6					

注	；

根据上表计算可知，本项目加速器机房1#四周的辐射工作人员年有效剂量最大为0.165mSv/a；加速器机房2#四周的辐射工作人员年有效剂量最大0.155mSv/a；加速器机房3#四周的辐射工作人员年有效剂量最大0.099mSv/a；加速器机房4#四周的辐射工作人员年有效剂量最大为0.099mSv/a；加速器机房5#四周的辐射工作人员年有效剂量最大为0.155mSv/a；加速器机房6#四周的辐射工作人员年有效剂量最大为0.165mSv/a；均能够满足辐照职业工作人员年剂量约束值5mSv/a的要求。

3、公众人员剂量估算结果

本项目拟将加速器机房周围一定区域作为辐射防护监督区，在加速器正常运行过程中，无关人员不得进入监督区。因此公众人员所受年有效剂量为监督区外的关注点位。由于剂量率与距离的平方成反比，根据距离平方反比公式：

$$\frac{H_1}{H_2}=\frac{R_2^2}{R_1^2}$$

（公式11-13）

式中：H_1—距射线源点R_1处的剂量率，μSv/h；

H_2—距射线源R_2处的剂量率，μSv/h；

R_1—加速器机房屏蔽墙外30cm处距射线源的距离，m；

R_2—监督区外参考点位距射线源的距离，m。

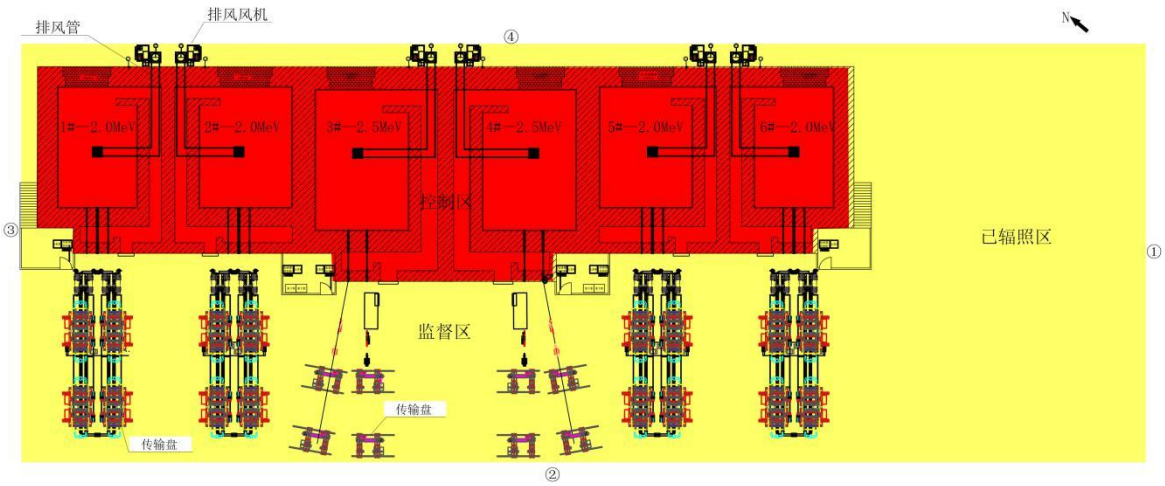


图11-3　监督区边界剂量率计算点位图

将表11-2中加速器机房各侧墙体外辐射剂量率带入公式11-13中，可计算得出监督区外参考点处的辐射剂量率（其中②及④点位为剂量叠加点位），计算点位图见图11-3，计算结果见下表。

表11-14　6座加速器机房监督区外辐射剂量率预测表

预测点位	H_1（μSv/h）	R_1（m）	R_2（m）	H_2（μSv/h）	
				计算值	叠加剂量率
监督区南侧①					
辐照区西侧②					
监督区北侧③					
辐照区东侧④					

将上述计算结果代入公式11-12中，计算得到公众人员年有效剂量值见下表。

表11-15　公众人员年有效剂量计算结果一览表

预测点位	D（辐射剂量率，μSv/h）	t（年工作时间，h）	T（居留因子）	U（使用因子）	Eeff（年有效剂量，mSv）
监督区南侧①					
检测区西侧②					
监督区北侧③					
检测区东侧④					

注：周边工作人员年工作时间与本项目辐照工作人员年工作时间一致，均为3300h/a

根据上表计算结果可知，项目6座加速器机房四周公众人员年有效剂量最大为0.031mSv/a，能够满足公众年剂量约束值0.1mSv/a的要求。

4、叠加剂量评价

由于本项目6座加速器机房相邻而建，因此对本项目辐射工作人员所受年有效剂量进行叠加分析。

由表11-2可知，辐射工作人员所受辐射剂量率叠加值取2#加速器机房对2#控制室内的辐射剂量率0.001μSv/h及3#加速器机房对2#控制室内的辐射剂量率0.030μSv/h相加，即0.031μSv/h，则辐射工作人员所受年有效剂量叠加值计算如下：

表11-16　辐射工作人员年有效剂量叠加计算参数取值及计算结果一览表

参考点处辐射剂量率（μSv/h）	年受照射时间（h）	居留因子	使用因子	人均年有效当量剂量（mSv/a）

根据上表计算可知，辐射工作人员所受年有效剂量叠加值为0.102mSv/a，能够满足辐照职业工作人员年剂量约束值5mSv/a。

三、臭氧的环境影响分析

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）中附录B，平行电子束所致O_3的产生率可以用以下公式进行估算：

$$P=45\times d\times I\times G \qquad \text{（公式11-14）}$$

式中，P—单位时间电子束产生O_3的质量，mg/h；

I—电子束流强度，mA；

G—空气吸收100eV辐射能量产生的O_3分子数，可取为10；

d—电子束在空气中的行程，cm，应结合电子在空气中的线阻本领s=2.5keV/cm和辐照室尺寸选取，本项目取d=10cm（取值理由：根据设计方案，辐照材料位于出束口下方10cm处）。

由上式计算结果可得，本项目1#、2#、5#、6#加速器机房内臭氧产额均为2.25×10^5mg/h，3#、4#加速器机房内臭氧产额均为1.8×10^5mg/h。

②加速器机房臭氧的平衡浓度

照射时间很长（即照射时间t远远大于O_3的有效清除时间$\overline{T}$）情况下O_3饱和浓度：

$$C_s = {P \cdot T_e}/{V} \qquad \text{（公式11-15）}$$

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O_3的质量，mg/h；

V—辐照室体积，m³，**1#、6#**机房辐照室体积为131.04m³，**2#、5#**机房辐照室体积为152.88m³，**3#、4#**机房辐照室体积为164.406m³；

Te—臭氧的有效清除时间，h，按下式计算。

$$T_e = \frac{T_v \times T_d}{T_v + T_d} \qquad \text{（公式11-16）}$$

式中，Td—臭氧的有效分解时间，h，约为0.83h；

Tv—辐照室通风换气周期，h，根据建设单位提供的资料，各机房辐照室配备1台风量为10000m³/h的风机，则各机房辐照室通风换气周期分别为**1#、6#**机房辐照室0.013h，**2#、5#**机房辐照室0.015h，**3#、4#**机房辐照室0.016h；

根据上式计算得到各机房辐照室臭氧有效清除时间分别为**1#、6#**机房辐照室0.013h，**2#、5#**机房辐照室0.015h，**3#、4#**机房辐照室0.016h；

则由上式公式11-9计算可得**1#、6#**机房辐照室内臭氧平衡浓度为22.15mg/m³，**2#、5#**机房辐照室内臭氧平衡浓度为22.09mg/m³，**3#、4#**机房辐照室内臭氧平衡浓度为17.65mg/m³。

③臭氧的排放

关闭加速器后风机运行的持续时间为：

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

式中，C_0—GBZ2.1规定的臭氧的最高容许浓度，C_0=0.3mg/m³；

T—为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所须时间，h；

经计算得6座机房内加速器停止工作后，每座辐照室内通风系统均以通风速率10000m³/h继续工作。**1#、6#**加速器机房通过3.33min的通风排气，辐照室内的臭氧浓度可低于GBZ2.1规定的最高容许浓度：0.3mg/m³；**2#、5#**加速器机房通过3.87min的

通风排气，辐照室内的臭氧浓度可低于GBZ2.1规定的最高容许浓度：0.3mg/m^3；**3#**、**4#**加速器机房通过3.94min的通风排气，辐照室内的臭氧浓度可低于GBZ2.1规定的最高容许浓度：0.3mg/m^3。此时工作人员进入辐照室是安全的，公司应加强对辐射工作人员的管理和培训，明确6座加速器机房内加速器停机至少5min后方可打开辐照室防护门进入辐照室。本项目6座机房辐照室采用排风装置通过排气管道向外界排放，辐照装置防护门等部位处于负压状态，辐照室内的含臭氧气体不会通过防护门、线缆收放口扩散到控制室、线缆收放区等区域。

④臭氧和氮氧化物的影响分析

本项目每座辐照室内通风系统排风量均为10000m^3/h，每相邻两座加速器机房共用1根排气筒，共3根排气筒，排气筒直径均为0.6m，高度均为15m。辐照室内NOx的产生量约为臭氧的1/3，根据前文计算可知，**1#**、**6#**机房辐照室内臭氧平衡浓度为22.15mg/m^3，**2#**、**5#**机房辐照室内臭氧平衡浓度为22.09mg/m^3，**3#**、**4#**机房辐照室内臭氧平衡浓度为17.65mg/m^3；则**1#**、**6#**机房辐照室内氮氧化物平衡浓度为7.38mg/m^3，**2#**、**5#**机房辐照室内臭氧平衡浓度为7.36mg/m^3，**3#**、**4#**机房辐照室内臭氧平衡浓度为5.88mg/m^3。经计算得6座机房内加速器停止工作后，每座辐照室内通风系统均以通风速率10000m^3/h继续工作，6座加速器机房内加速器停机至少5min后方可打开辐照室防护门进入辐照室，辐照室内的臭氧和氮氧化物浓度可低于GBZ2.1规定的最高容许浓度。因此，本项目营运期排放的O_3、NOx对周围大气环境影响较小。

四、声环境影响分析

为降低噪声，本项目6座加速器机房均拟分别配备1台低噪声、低振动型号的风机（位于加速器机房外、线缆生产车间内），拟配备的风机声功率级均为80dB（A），同时拟在线缆车间东侧冷却循环水池配备1台排污泵（位于线缆生产车间外）、每台加速器机房冷却循环水系统配备1台离心泵（共6台，位于线缆生产车间内），单台水泵声功率级均为65dB（A）。项目产噪设备主要通过厂房隔声、距离衰减等措施进行处理，建筑物插入损失按20dB（A）计。

采用《环境影响评价技术导则 声环境》（HJ 2.4-2021）中的噪声预测方法，预测项目拟配备的风机声环境影响如下表11-17。

设第i个室外声源在预测点产生的A声级为L_{Ai}，在T时间内该声源工作时间为t_i，第

j个等效室外声源在预测点产生的A声级为L_{Aj}，在T时间内该声源工作时间为t_j，则拟建工程声源对预测点产生的贡献值（L_{eqg}）为：

$$L_{eqg}=10\lg\left(\frac{1}{T}\right)\left[\sum_{i=1}^{N}t_i10^{0.1L_{Ai}}+\sum_{j=1}^{M}t_j10^{0.1L_{Aj}}\right]$$

式中：Leqg—建设项目声源在预测点产生的噪声贡献值，dB；

T—用于计算等效声级的时间，s；

N—室外声源个数；

t_i—在T时间内i声源工作时间，s；

M—等效室外声源个数；

t_j—在T时间内j声源工作时间，s。

表11-17　项目噪声预测结果一览表（单位：dB（A））

预测点位	距厂界距离	厂房墙体隔声量	贡献值		标准限值		是否达标
			昼间	夜间	昼间	夜间	
厂界东侧外1m	24	15	51.36	51.36	65	55	是
厂界南侧外1m	174		47.33	47.33			是
厂界西侧外1m	230		42.79	42.79			是
厂界北侧外1m	110		49.88	49.88			是

根据上表预测结果可知，在选用低噪声风机前提下，经厂房墙体隔声、距离衰减等措施后，本项目拟配备的风机产生的噪声在厂界四周均可达到《工业企业厂界噪声排放标准》（GB12348-2008）3类区标准限值要求，本项目低噪声风机的噪声对厂界外声环境影响较小。

11.3 事故影响分析

1、可能发生的辐射事故

电子直线加速器在开机出束状态下才会产生轫致辐射，关闭电源后就不再产生。对本项目电子直线加速器而言，可能发生的事故主要如下：

（1）在工作状态误入辐照室工作人员误入控制区，公众人员可能忽视警示标志误入监督区和控制区，由X射线直接或散射照射对人体造成潜在的照射伤害。

（2）工作人员进入辐照室后未全部撤离，仍有人滞留在机房内，造成有关人员被误照；

（3）因各种原因（如检修、调试、改变照射角度等）可能无意中将电子加速器的屏蔽块、机架上的屏蔽物等移走，或随意加大照射野，使设备丧失自身屏蔽作用，人员受到不必要的照射。

（4）检修时，误开机，维修人员受到潜在的照射伤害。

2、事故防范措施

电子加速器辐照装置辐射源强较大，如果在工作中忽视安全管理，或安全管理制度和安全操作规程不健全，违章操作，机械失灵，安全装置发生故障，导致工作人员或其他人员误入正在辐照中的辐照室，就有可能受到大剂量的射线照射，出现急性外照射放射损伤，在短时间内酿成重大伤亡事故。这种事故对人员构成的危害较大，严重地损害工作人员的身体健康。防护原则要求一是减少其发生概率，二是减轻其后果。为防止此种事故的发生，本项目采取以下事故防范措施：

（1）辐射安全管理

①定期认真地对本公司加速器的安全和防护措施、设施的安全防护效果进行检测或者检查，核实各项管理制度的执行情况，对发现的安全隐患立即进行整改，避免事故的发生；

②凡涉及对电子加速器进行操作，必须有明确的操作规程，辐照作业时至少有2名操作人员同时在场，操作人员按照操作规程进行操作，并做好个人的防护，并将操作规程张贴在操作人员可看到的显眼位置；

③每月检查每台加速器辐照室的安全联锁装置（如门机、门灯联锁等），确保安

全联锁装置正常运行；

④每月对加速器的安全装置进行维护、保养，对可能会引起操作失灵的关键零配件定期进行更换，确保安全装置正常运行。

（2）辐射防护措施

①清场巡更系统：在加速器电源启动前，工作人员应进入辐照室内进行全场巡查、清场，以确保辐照室内无人员停留，方可开启设备电源。

②安全联锁系统：设置了束下传输线安全联锁、加速器紧急停止安全联锁、视频监控等。

③急停开关联锁系统：由辐照室急停开关和防护门开关等措施共同组成对加速器联锁，即每个组成部分都可以停止加速器的准备或运行状态，所有组成互为冗余系统，以增加加速器紧急停止安全联锁的可靠性。

④钥匙开关：每台加速器控制台上均有钥匙开关，钥匙由加速器操作人员管理，只有当电源钥匙就位后，加速器才能启动出束。

⑤视频监控、声光报警：在辐照室内和迷道内设视频监控系统。在辐照室内及迷道入口处设声光报警装置。

⑥剂量监测：每台加速器辐照室内和加速器主机设固定式剂量监测探头。工作人员进入辐照室内时随身携带个人剂量报警仪。辐射工作人员（包括加速器操作人员和收放线工作人员）在岗从事作业时，须佩戴个人剂量计。辐射工作场所配便携式剂量监测仪，用于工作场所剂量监测。

综上，公司应加强加速器的安全装置和设施的检查，确保装置安全运行，防止事故发生。并制定周密的应急计划，以便在一旦发生事故时，及时采取有效的安全措施，保证安全。公司必须严格执行相关工作管理制度和规章，杜绝此类事故的发生。

3、事故应急及措施

（1）编制辐射应急预案

企业已依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第449号）第四十条、原国家环保总局《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）及《突发环境事件信息报告办法》（环保部令

第17号）的有关规定，制定本单位辐射事故应急预案，主要内容包括辐射事故应急组织、辐射事故应急处置预案、应急保障等内容。

（2）事故报告程序

发生事故时，根据应急预案立即采取应急措施并向主管部门报告。

辐射事故一般报告程序为：发现者报告给公司辐射事故应急工作小组成员，由其向市生态环境局，并同时向湖南省生态环境厅报告，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。公司拟成立辐射事故应急小组，总指挥由总经理担任，副总指挥由辐射中心主任（经理）担任，成员由公司行政部负责人、财务部负责人、辐照中心安全员、加速器运行主管等人员组成。各部门联系方式如下：

株洲市生态环境局电话：12345（24小时）、0731-28682676

湖南省生态环境厅电话：12345（24小时）、0731-85698110

株洲市公安局电话：110

株洲市卫生和健康委员会：0731-12320（24 小时）

（3）辐射事故应急措施

事故发生后，除按应急预案采取的针对性应急措施外，还应包括以下内容：

①关闭直线加速器电源，使其停止运行。

②应尽可能记录现场有关情况，对工作人员可能受到的事故照射剂量，可针对事故实际情况进行评估，并对工作人员进行健康检查和跟踪，按照国家有关放射卫生防护标准和规范以及相关程序，评估事故对工作人员健康的影响。

③事故处理后必须组织有关人员进行讨论，分析事故发生的原因，从中吸取经验和 教训，必须采取措施防止类似事故再次发生。以上各种事故的防范与对策措施，可减少或避免放射性事故的发生率，从而保证项目的正常运营，也保障了工作人员、公众的健康与安全。

（4）应急预案演练

企业应根据需要，定期组织本单位工作人员，参与应急培训，开展辐射事故应急预案演练。

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

目前，公司成立了辐射安全与防护领导小组（详见附件5），小组包括组长1名，副组长1名，组员5名，负责对辐射防护相关工作进行控制和管理，辐射防护和安全管理领导小组具体组成见下表：

表12-1　辐射防护安全管理机构管理人员表

序号	管理人员	姓名	职务或职称	学历	专/兼职
1	组长	卜晓华	公司董事长	本科	兼职
2	副组长	徐德智	副总经理	本科	兼职
3	成员	郭文勇	高工、顾问	本科	专职
4		沈伟	辐射防护安全员	本科	专职
5		彭林	运行主管	大专	专职
6		熊凡	计划与统计	大专	专职
7		袁鑫	业务经理	本科	专职

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2008）修订》，环境保护部令第3号第十六条要求：“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，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作**”。从公司目前配置的辐射领导小组人员信息看，小组成员有一定的管理能力，能满足文件规定的配置要求。

公司设置的辐射安全与防护领导小组职责包括：

①组织学习和贯彻执行《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》，以及其它各项射线装置相关法律法规，建立健全辐射防护和安全保卫制度、加速器操作规程、人员岗位职责和培训计划、设备检修维护制度、射线装置使用记录制度、环境监测方案等内部规章，制定完善的辐射事故应急措施，合法取得辐射安全许可证，确保公司辐射加工装置依法依规安全运营，确保工作人员安全和健康，确保公众人员安全和健康，确保环境安全。

②健全公司辐照中心组织机构，协调内外相关部门，完成相关人员安全培训、个人剂量监管和健康档案等管理工作。负责日常辐射安全管理监督和环境辐射监测发现

异常或安全隐患应及时报告和整改。根据辐射事故应急预案，组织人员演习，负责辐射事故应急和事故调查、事故报告处理等工作。

③主动接受、积极配合政府监管机构监管，完成本公司辐射安全与防护状况年度评估报告并及时递交。

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2008）修订》，环境保护部令第3号第十六条要求：“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”。公司目前拟配备的工作人员部分已取得核技术利用辐射安全与防护考核合格证书，未取得合格证书的也已安排参加相应的辐射安全与防护培训，本次环评要求公司按时组织取得辐射安全培训合格证书的人员，每5年接受一次再培训。

12.2 辐射安全管理规章制度

为保障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，公司制定了以下管理制度（详见附件 6~13）：

1、辐射防护和安全保卫制度

2、电子加速器辐照装置操作规程

3、辐照中心工作人员健康管理制度

4、辐照中心工作人员培训管理制度

5、加速器设备检修维护及连锁检查验证制度

6、加速器装置使用登记及台账管理制度

7、辐照中心辐射事故应急预案

8、辐照中心辐射监测方案

且公司将按照国务院令第 449 号（2005）《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》、国家环境保护部令第 3 号（2008）《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等现行要求全面完善和健全各项规章制度并从以下几个方面加强管理：

（1）对电子加速器的安全防护和维修要落实到个人，明确管理人员、操作人员、维修人员的岗位责任，使每一个相关的工作人员明确自己所在岗位具体责任，层层落实。

（2）在本项目运行前，各项规章制度、操作规程必须齐全，并张贴上墙；辐射工作场所均必须有电离辐射警示标识，辐照室屏蔽门上方必须要有工作指示灯，同时警告标识的张贴必须规范。

（3）确操作人员的资质条件要求、操作过程中采取的具体防护措施及步骤，重点是工作前的安全检查工作，工作人员佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪或检测仪 器，避免事故发生。

（4）加强对辐射装置的安全和防护状况的日常检查，发现安全隐患应当立即整改；安全隐患有可能威胁到人员安全或者有可能造成环境污染的，应当立即停止辐射作业，安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

（5）公司需制定射线装置台帐制度，记载射线装置的名称、型号、射线种类、用途、来源和去向等事项，确定台帐的管理人员和职责，建立台帐的交接制度。

（6）档案管理公司应建立完整的辐射安全档案。需要归档的材料应包括以下内容：①环保部门现场检查记录及整改要求落实情况。②辐照作业活动期间的相关记录和日志：包括设备检查记录等。③辐照活动期间异常情况说明以及其它需要记录的有关情况。

（7）为确保放射防护可靠性，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，公司应培育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，公司应对本项目的辐射装置的安全和防护状况进行年度评估，每年向发证机关提交上一年度的评估报告。

（8）公司应在今后工作中，不断总结经验，根据实际情况，对各项制度加以完善和补充，并确保各项制度的落实。应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。

12.3 辐射工作人员管理

①配置数量合理可行性

本项目拟配置6台电子加速器，拟采用两班制，每台设备每班配置2名辐射工作人员，共配置24名辐射工作人员，人员配备数量可行。

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《关于进一步优化辐射安全考核的公告》（2021年，第9号），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。新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。为满足建设单位放射工作和安全的需要，建设单位拟配置24名辐射工作人员，上岗前必须通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（网址：http：//fushe.mee.gov.cn）核技术利用辐射安全与防护考核，做到所有从事辐射工作的人员均持证上岗。且建设单位后期根据工作需要拟增加或者调用其他普通工作人员进行放射工作时，应按照上述要求，安排新增人员通过生态环境部培训平台报名并参加考核。

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，项目单位应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，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告辐射安全许可证发证机关。项目单位应当安排专人负责个人剂量监测管理，建立并终生保存个人剂量监测档案，内容应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料。个人剂量档案应当终生保存。外照射个人剂量监测周期一般为1个月，最长不应超过3个月；内照射个人剂量监测周期按照有关标准执行建设单位拟在辐射工作人员上岗期间，为工作人员配备个人剂量计，委托有监测资质的单位进行定期的个人剂量监测，监测周期最长不超过3个月。要求工作人员工作期间必须正确佩戴个人剂量计，并对个人剂量计严格管理，防止个人剂量计遗失和监测结果异常。

④职业健康检查

按照《放射工作人员职业健康管理办法》（中华人民共和国卫生部令第55号，2007年11月1日）要求，放射工作人员上岗前，应当进行上岗前的职业健康检查，符合放射工作人员健康标准的，方可参加相应的放射工作；对已经从事放射工作的职业人员进行的经常性医学检查，放射工作单位应当组织上岗后的放射工作人员定期进行职业

健康检查，两次检查时间间隔不应超过2年，必要时增加临时性检查；放射工作人员脱离放射工作岗位时，放射工作单位应当组织脱脱岗人员进行离岗前的职业健康检查。建设单位应当为放射工作人员建立个人健康档案，档案中详细记录历次医学检查的结构及其评价处理意见，放射工作单位应当为放射工作人员建立并终生保存职业健康监护档案。

（3）档案管理

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第二十三条规定：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。个人剂量档案应当包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，个人剂量档案应当终生保存。建设单位拟在项目运行后，建立放射工作人员个人剂量档案，包括个人基本信息、工作岗位、剂量监测结果等材料，并且组织上岗后的放射工作人员定期进行职业健康检查，两次检查的时间间隔不超过2年。档案信息和保存等按照环境保护令第18号规定执行。档案资料分以下九大类："制度文件"、"环评资料"、"许可证资料"、"射线装置台账"、"监测和检查记录"、"个人剂量档案"、"培训档案"、"年度评估"、"辐射应急资料"。建设单位应根据自身辐射项目开展的实际情况将档案资料整理后分类管理。

（4）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。建设单位拟在项目运行后，每年提交辐射安全年度评估报告，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。

（5）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。建设单位目前已建立安全管理体系，明确核技术利用单位各层次人员的职责，后续应根据自身情况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建设单位应组织核安全文化培训，制定出符合自身发展规划的核安全文化；②建设单位应当建立有关的部门管理，通过专项的管理能够让核安全文化一步步落实到员工的工作过程中，并让核安全文化建设更加有效。

12.4 辐射监测

12.4.1辐射监测计划

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）、《职业性外照个人监测规范》（GBZ128-2016）等要求，须对个人剂量、诊疗设备、工作场所进行监测。辐射监测内容包括个人剂量与工作场所及周围环境的监测。工作人员配发的个人剂量计，定期进行检测。公司自行组织（需具备相关资质）或委托有资质单位每年对工作场所辐射环境进行一次监测，监测结果做为年度评估的内容，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。此外，公司应根据本项目产生的污染因子特点，制定日常防护监测计划，配备 X-γ 剂量率仪进行自主监测。

（1）个人剂量监测

公司应加强辐射工作人员的辐射防护安全管理和教育，提高员工辐射安全防护意识；辐射工作人员工作期间必须按照规定佩戴个人剂量计，未佩戴个人剂量计的工作人员不得上岗，公司需对放射工作人员开展个人剂量监测，监测工作要委托具有相应资质的放射防护技术服务机构承担，个人剂量常规监测周期最长不超过 3 个月，公司需配合委托单位及时收发个人剂量卡。个人剂量监测档案包括放射工作人员姓名、性别、起始工作时间、监测年份、职业类别、每周期受照剂量、年有效剂量、多年累积有效剂量等内容。对放射性工作人员个人剂量档案、个人健康档案的保管，要求终身保存，放射性工作人员调动工作单位时，个人剂量、个人健康档案应随其转给调入单位。

（2）工作场所和周围环境辐射监测

使用放射性同位素与射线装置的单位，应当按照国家环境监测规范，对相关场所进行辐射监测，并对监测数据的真实性、可靠性负责；不具备自行监测能力的，可以委托有资质的单位进行监测。环评要求：①辐射工作场所环境监测结果应记录，并存档备案。②若发现异常情况，立即采取应急措施，停止辐射工作，查找原因。③自查监测结果和工作场所监测结果应作为年度自查评估报告的附件。

（3）防护性能监测

在设备初次投入使用或大修及更换关键组件时，需要委托有资质的单位进行设备防护性能检测，以保证符合有关标准的要求。在使用过程中，需要委托有资质的单位进行设备防护性能检测，检测频次为每年不少一次。

表12-2　监测计划一览表

监测（检查）项目	监测因子	监测点位	监测频次	监测方式	控制水平	超标处理方案
辐射工作人员个人剂量	个人剂量当量	辐射工作人员佩戴的个人剂量计，定期送检	3个月为一周期，一年监测四次	委托有资质单位	年有效剂量不超过5mSv	暂停该辐射工作人员工作，查明原因，规范管理
工作场所及周围环境辐射水平	X、γ辐射剂量率	加速器机房（1#~6#）四周墙外30cm处、加速器机房辐照室（1#~6#）顶部离地30cm处、电缆车间四周墙外30cm处、操作位、防护门缝隙处、辐照品出入口、风机管道出入口、监督区边界、周围人员易活动区域等	每年一次	委托有资质单位	不大于2.5μSv/h	立即停止相关工作，查找原因，整改完成后委托有资质的第三方检测机构进行复核，经检测合格后方能继续开展工作。
			每月一次	自行监测并备档	不大于2.5μSv/h	

12.4.2环境监测仪器配备

本项目6台辐照加速器拟配备24名辐射工作人员，拟配备5台便携式X-γ剂量率测量仪、12台个人剂量报警仪，每人配备1个个人剂量计（共24个），进行辐射工作时随身佩戴。同时每座加速器辐照室迷道内、控制室内及二层设备平台主机处均拟设置固定式辐射监测系统剂量探头（每台加速器共配3个）。

12.5 辐射事故应急

公司已依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（国务院令第 449 号）第四十条、原国家环保总局《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）及《突发环境事件信息报告办法》（环保部令第 17 号）的有关规定，制定本单位辐射事故应急预案，主要内容如下：

1、编制目的

积极防范、及时有效处置意外发生的辐射事故，最大程度减少人员和财产损害，特编制本预案。

2、定义

包括辐射事故定义及辐射事故分级定义。

参照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院第449号令），根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响的范围等因素，将事故分为Ⅰ级(特大)、Ⅱ级(重大)、Ⅲ级(较大)、Ⅳ(一般)四个级别

3、辐射事故应急组织

公司成立辐射事故应急小组，总指挥由总经理担任，副总指挥由辐射中心主任（经理）担任，成员由公司行政部负责人、财务部负责人、辐照中心安全员、加速器运行主管等人员组成。主要职责是：指挥、组织、协调、部署辐射事故应急处置工作。

（1）接到放射事故发生的报告后，立即赶赴现场，迅速、正确判断事件性质；

（2）首先采取措施保护工作人员和公众安全，最大限度控制事态发展；

（3）布置现场警戒，划定紧急隔离区，判别受照人员，维持秩序保护现场；

（4）两小时内向监管机构（环境主管部门）报告辐射事故和应急救援情况；

（5）保障供应，调度人员设备物资，联系医院，开展受照人员紧急救治；

（6）配合上级主管部门（卫生、环保、公安）各项现场处理工作。

辐射事故应急小组的日常办事机构为“公司安委会”下专设的辐射安全与环境保护领导小组，一旦突发辐射事故，应急小组启动。成员职责分工：

辐照中心：事故区域及设备管制，受照人员判别，维护现场秩序；协助其它部门工作；

辐射安全员：与环保、卫生、公安等部门联络、事故调查处理和定性定级；

行政部：治安维护、消防救护等，安排伤员预处置及医疗机构陪同护送；

财务部：应急事故处置的经费保障；

4、辐射事故应急处置预案

（一）预案启动

加速器工作状态下发生人员误入控制区，或发现有人员可能受到超剂量照射，应急小组应立即启动本应急预案。

（1）辐照中心现场人员应立即切断加速器高压电源，迅速撤出伤员，保护现场，并立即向辐射事故应急小组报告。

（2）辐射事故应急小组迅速组织对受照射情况初步判断：查明受照人员所处位置、停留时间，通过个人剂量计或其它方法迅速估算人员受照剂量(估算不准的按最高可能剂量估算)，判断事故等级。

（3）如构成事故，按规定在1小时内上报市、区环保及公安等管理部门，并做好辐射事故档案记录。2小时内填写《辐射事故初始报告表》；同时应迅速安排疑似受照人员接受医学检查或在指定医疗机构救治。

（4）协助监管机构专业人员，对辐射事故受照人员进行受照剂量模拟测定或估算，向医疗救治机构提供医学处理措施依据；应建立并保存相应的事故人员医疗健康档案和剂量档案。

（二）调查和善后处理

（1）应急状态结束前，应急小组应保护事故现场，积极配合环保等监管机构做好事故调查和善后处理工作，并填写辐射事故报告表。

（2）对发生事故的电子加速器装置及设施，邀请专业检测部门进行检测或维修，分析事故发生原因，提出整改意见，限期改正，杜绝类似事故再次发生。应深入总结技术设备和管理方面原因，事故的发生时间、现象、过程、原因分析、处理办法、维修处理(负责)人等均应记录在案备查。

（3）应急结束：应急处置结束并确认危害因素消除后，由应急小组总指挥宣布应急解除。

（4）上述事故发生后，如要恢复辐照装置的正常运行，辐射安全与环境保护领导小组应制订恢复运行的计划和报告，经公司领导批准后报有审批权的监管机构审批。

（5）信息发布：必要时，由应急小组指定人员根据调查结果，及时向员工及公众正确发布事故有关情况，消除公众疑虑和恐慌。

5、应急保障

（1）资金保障

辐射事故应急和救援工作所需经费，应按规定程序审核、批准和拨付。

（2）装备保障

加速器安全防护人员应在指定地点配备适当数量的便携式辐射监测仪表和防护用品、灭火器材，供应急之用。

（3）通信保障

建立健全辐射事故应急通信系统，配备必要的有线和无线通信设备，维持应急联络通讯录，确保通信联络畅通。

（4）应急能力日常维持

为保证辐射事故应急能力，辐射事故应急小组应：

①按照本预案的要求做好日常应急准备工作(人员、物资、知识储备等)；

②制定辐射事故应急人员的应急培训和应急演习计划，并组织实施；

③积极开展辐射事故应急准备、应急响应及应急监测技术学习。

除上述应急措施外，企业应定期进行事故应急演练，对演练效果作出评价，提交演练报告，说明演练过程中发现的问题，列出不符合项，进行整改。采取以上风险防范措施，严格按照相关法律法规的要求进行管理，定期演习辐射事故应急预案，对发现的问题及时进行整改，可使该项目环境风险影响降至最低。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、市环保局，并同时向省环保厅报告，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。

12.6 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，从事辐射活动单位应具备相应的条件，对公司将从事的辐射活动能力评价如下表：

表 12-5　本公司从事辐射活动能力评价

应具备条件	建设单位情况	是否符合
使用Ⅰ类、Ⅱ类、Ⅲ类放射源，使用Ⅰ类、Ⅱ类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；其他辐射工作单位应当有1名具有大专以上学历的技术人员专职或者兼职负责辐射安全与环境保护管理工作；依据辐射安全关键岗位名录，应当设立辐射安全关键岗位的，该岗位应当由注册核安全工程师担任。	建设单位拟设置专门的辐射安全与环境保护管理机构，全面负责辐射安全与环境保护管理工作。	建设单位按承诺落实后符合
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。	承诺安排项目辐射工作人员参加核技术利用辐射安全与防护考核，做到持证上岗。	建设单位按承诺落实后符合
放射性同位素与射线装置使用场所有防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射的安全措施。	建有专用加速器机房，屏蔽能力满足相应辐射防护的要求。加速器机房设有多项安全保护联锁及紧急停机按钮，以防止意外照射的发生。	符合
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，包括个人剂量测量报警、辐射监测等仪器。使用非密封放射性物质的单位还应当有表面污染监测仪。	建设单位拟配备便携式X-γ剂量率仪，以满足对辐射工作场所的常规监测。同时建设单位拟委托有辐射水平监测资质单位每年对工作场所周围的辐射水平进行监测。	建设单位按承诺落实后符合
有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、放射性同位素使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。	建设单位已初步制定一系列辐射安全管理规章制度，满足制度设置要求。	符合
有完善的辐射事故应急措施。	建设单位已初步编制《辐射安全应急预案》，制定辐射事故应急措施，定期组织事故应急演练。	符合

产生放射性废气、废液、固体废物的，还应具有确保放射性废气、废液、固体废物达标排放的处理能力或者可行的处理方案。	本项目运行过程中不产生放射性废气、废液、固体废物，且不涉及使用放射性同位素和射线装置开展诊断和治疗等业务。	不涉及

根据上表分析可知，在各项措施落实完成后公司具备从事辐射活动的能力和条件。

12.7环保投资及竣工环境保护验收

根据《建设项目环境保护管理条例》，项目竣工后，公司需进行该项目竣工环境保护验收工作，具体工作内容及各项措施投资详见下表。

表12-6　竣工环境保护验收一览表

项目	内容	“三同时”措施	要求	投资（万元）
辐射安全管理机构	辐射防护管理	建立辐射安全与防护领导小组，指定专人专职负责辐射安全与环境保护管理工作，并以文件形式明确其管理职责	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用II类射线装置的单位，应设有专门的辐射安全与环境保护管理机构的要求。	/
辐射安全和防护措施	屏蔽措施	满足前文表10-2中的要求	加速器机房周围参考点（包括加速器机房墙体四周及顶部、防护门缝隙处、辐照品出入口、风机管道出入口等点位）的辐射剂量率均能够满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中“电子辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面30cm处及以外区域对周围剂量当量率不能超过2.5μSv/h”标准要求；同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目管理目标限值的要求：职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众年有效剂量不超过0.1mSv。	495
	安全措施	（1）6座加速器机房控制室主控台上均拟设置钥匙开关，6座加速器机房的辐照室出入口处门外均拟设置行程开关，且钥匙开关与行程开关为同一把钥匙。在通过迷道进入辐照室前需要在门口的行程开关上插上该钥匙方可打开	满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）关于辐射安全设施的相关要求。	50

		人员门；钥匙开关拟与辐照室门联锁。如从控制台上取出该钥匙，加速器能自动断开高压，停止出束。该钥匙与一台辐射监测报警仪相连。在运行中该钥匙是唯一且只能由运行班长使用。 （2）6座加速器机房辐照室防护门均拟与束流控制和加速器高压联锁。辐照室防护门打开时，不能开机。加速器运行中门被打开则加速器能自动断开高压，停止出束。 （3）6台电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制均必须建立可靠的接口和协议文件，用于将辐照货物送至辐射束下的传输系统若发生故障，将通过PLC反馈至主机，主机束流将自动停止、加速器自动停机。 （4）拟在6座加速器机房辐照室防护门上方及辐照室迷道内均设置警灯及语音警示装置，用于开机前对辐照室内人员警示。6座加速器机房辐照室出入口均拟设置工作状态指示装置，并与电子加速器辐照装置联锁。 （5）拟在每座加速器机房辐照室内各设置4个“巡检按钮”，每座加速器机房辐照室迷道内设置1个“巡检按钮”，“巡检按钮”均与控制台联锁。加速器开机前，操作人员进入辐照室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员逗留。 （6）拟在每座加速器机房辐照室入口内侧分别设置连续3道光电联锁装置，3道光电联锁装置采用不同生产厂家不同品牌的产品，3道光电联锁装置均能保持其独立性，每道防人误入装置探头位置		

		安装在不同水平、垂直位置，防止人员以钻爬、跨越等方式使其功能失效。3道光电联锁装置均与加速器的开、停机联锁，当有人通过光电联锁装置被检测到时，加速器高压立即自动切断。		
人员配备	辐射防护与安全培训和考核	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；按时组织取得辐射安全培训合格证书的人员，每5年接受一次再培训	满足《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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于人员培训、个人剂量监测及职业健康体检的相关要求	定期投入
	个人剂量监测	拟为本项目24名辐射工作人员开展个人剂量监测，送检周期最长不超过3个月，并拟建立辐射工作人员个人剂量监测档案		
监测仪器防护用品	环境辐射剂量个人剂量报警仪	拟配备X-γ剂量率测量仪5台（一期配备2台，二期配备3台）、个人剂量报警仪4台（一期配备2台，二期配备2台）	满足《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，本项目应配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量报警仪、辐射剂量巡测仪等仪器的要求	5
	个人剂量计	辐射工作人员每人配备1个个人剂量计，共24个（一期配备12个，二期配备12个）		
职业健康监护	人员职业健康监护	拟组织人员进行岗前健康体检，定期组织辐射工作人员参加职业健康检查（两次检查的时间间隔不应超过2年），并建立个人健康档案。在本公司从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时进行健康体检。	满足《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》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中关于职业健康体检的相关要求	定期投入
通风情况	通风口以及排风量	本项目6座加速器机房辐照室内通风系统的排风量均拟设计为10000m^3/h，加速器停机至少5min后方可打开辐照室防护门进入辐照室	满足《工作场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）中“工作场所空气中化学有害因素的职业接触限值，对于臭氧为0.3mg/m^3”的规定。	/
辐射安全管理	辐射安全管理规章制	公司已根据相关标准要求，制定了一系列辐射安全管理制度，包括辐射防护和安全保卫制度、电	满足《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	/

规章制度	度	子加速器辐照装置操作规程、辐照中心工作人员健康管理制度、辐照中心工作人员培训管理制度、加速器设备检修维护及连锁检查验证制度、加速器装置使用登记及台账管理制度、辐照中心辐射事故应急预案、辐照中心辐射监测方案等制度，公司还应根据相关条例、办法以及本报告的要求对制度的内容进行补充，并在今后运行中结合实际工作不断完善，使其具有较强的针对性和可操作性。	全许可管理办法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中的有关要求，使用射线装置的单位要健全操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、台账登记制度、人员培训计划、监测方案等，并有完善的辐射事故应急方案。	
其他	废水	①主钢桶及高频机冷却废水：循环使用，定期（半年）外排，纳入市政污水管网；②辐照线缆冷却废水：经辐照室东面循环水池（地埋式，1个，池容30m^3）收集沉淀降温后，再经水泵打入线缆冷却喷淋管道，循环使用，定期（半年）外排，纳入市政污水管网。③生活污水依托企业现有化粪池处理后，纳入市政污水管网。	循环回用，定期外排，外排废水接入市政污水管网	5
	噪声	选取低噪声设备、厂房隔声、距离衰减	厂界噪声满足《工业企业厂界噪声排放标准》（GB12348-2008）3类要求	/
合计				555

公司严格执行环境保护“三同时”及相关环境管理制度，按规定程序实施竣工环境保护验收，经验收合格后方可正式投入运营。

表13 结论和建议

13.1 结论

13.1.1辐射安全与防护综合结论

1、项目概况

为适应企业生产需要，鑫宏业拟在企业1#厂房（电缆生产车间）内东北角建设6座电子加速器机房（从西至东依次编号为：1#、2#、3#、4#、5#、6#），并于每座机房内各配备1台电子辐照加速器（共6台，其中电子加速器机房1#、2#、5#、6#配备的电子辐照加速器型号为DD_{LH}2.0/50-1600，电子加速器机房3#、4#配备的电子辐照加速器型号为DD_{LH}2.5/40-1400），主要用于对本企业生产产品电缆进行辐照交联改性。

2、实践的正当性

鑫宏业科技（湖南）有限公司使用电子加速器的目的是用于对公司电缆产品辐照交联改性。满足公司生产发展和产品质量控制的要求，符合辐射《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”的原则与要求。

3、选址合理性

本项目拟设置的电子加速器位于专门建设的加速器机房内，加速器机房位于公司电缆车间内东北角辐照区域内，无需新增占地，参照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）评价范围的相关规定，将电子加速器机房（1#~6#）组成的辐照区边界外50m的区域作为评价范围。本项目电子加速器机房（1#~6#）组成的辐照区边界外50m范围主要为本公司生产车间、厂区内外道路、园区规划的工业用地（现状为未开发的空地）等，环境保护目标主要为评价范围内的辐射工作人员和非辐射工作人员。本项目的辐射安全措施和屏蔽设施均符合《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）的要求，充分考虑了对周围环境和人员的安全防护。因此，本项目的选址合理。

4、产业政策符合性

本项目建设的电子辐照加速器属于《产业结构调整指导目录（2024年本）》及其修改单中鼓励类第六项“核能”中“4.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。

5、辐射环境影响现状评价

根据现状监测结果，项目拟建址的室外X、γ辐射剂量率在111～145nGy/h之间，室内X、γ辐射剂量率在128～153nGy/h之间，与《湖南省环境天然贯穿辐射水平调查研究》［《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）］中株洲市天然贯穿辐射剂量率——室外64.1~181.7nGy/h、室内87.1~204.3nGy/h相比，项目所在地辐射环境质量现状在正常浮动范围内。

13.1.2 环境影响分析结论

1、辐射防护

经过对屏蔽防护效能核算结果可知，本项目各加速器机房辐照室设计屏蔽厚度能够满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）屏蔽防护的要求。

2、剂量估算结果

①工作人员年有效剂量

本项目加速器机房1#四周的辐射工作人员年有效剂量最大为0.165mSv/a；加速器机房2#四周的辐射工作人员年有效剂量最大0.155mSv/a；加速器机房3#四周的辐射工作人员年有效剂量最大0.099mSv/a；加速器机房4#四周的辐射工作人员年有效剂量最大为0.099mSv/a；加速器机房5#四周的辐射工作人员年有效剂量最大为0.155mSv/a；加速器机房6#四周的辐射工作人员年有效剂量最大为0.165mSv/a；均能够满足辐照职业工作人员年剂量约束值5mSv/a的要求。

②公众年有效剂量

6座加速器机房四周公众人员年有效剂量最大为0.031mSv/a，能够满足公众年剂量约束值0.1mSv/a的要求。

③叠加剂量评价

根据本环评的预测计算，该项目在运行过程中对辐射工作人员所受年有效剂量叠加值约为0.102mSv/a，能够满足辐照职业工作人员年剂量约束值5mSv/a。

3、关注点的影响

项目运行时，加速器机房屏蔽墙体外表面30cm处、防护门外的周围剂量的当量率最大为0.056μSv/h，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2.5μSv/h的标准要求”。

4、其他影响

经计算得出6座机房内加速器停止工作后，辐照室内通风系统均以通风速率10000m^3/h继续工作，**1#、6#**加速器机房通过3.33min的通风排气，辐照室内的臭氧浓度可低于GBZ2.1规定的最高容许浓度：0.3mg/m^3；**2#、5#**加速器机房通过3.87min的通风排气，辐照室内的臭氧浓度可低于GBZ2.1规定的最高容许浓度：0.3mg/m^3；**3#、4#**加速器机房通过3.94min的通风排气，辐照室内的臭氧浓度可低于GBZ2.1规定的最高容许浓度：0.3mg/m^3。项目产生的臭氧和氮氧化物对环境影响小。

13.1.3 辐射安全管理

管理机构：公司建立了辐射安全与防护领导小组，明确各成员的职责，并将加强监督管理。

规章制度：公司已制定了包括《辐照中心辐射事故应急预案》在内的一系列管理制度。经过补充修订后，能够满足相关要求及日常管理。公司应根据本单位核技术利用项目开展的情况，不断对各项管理制度进行调整、补充和完善，并在以后的实际工作中落实执行。

综上所述，公司的管理机构、规章制度均可满足本项目对辐射安全管理的要求。

13.1.4 人员培训及健康管理

（1）本项目拟配备的辐射工作人员部分已在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训，并取得培训合格证书，未取得证书的辐射工作人员及公司后续新增辐射工作人员需按人员培训制度进行培训，考核合格后方可上岗。

（2）公司应为所有辐射工作人员配备个人剂量计，个人剂量计应定期（一般为

1个月，最长不应超过3个月送检一次）到有资质的单位检测一次，并建立个人剂量档案，加强档案管理。

（3）应对拟配置的辐射工作人员进行岗前健康体检，体检合格才可从事辐射工作；定期组织辐射工作人员参加职业健康检查，并建立个人健康档案；在本公司从事过辐射工作的人员在离开该工作岗位时也要进行健康体检。

13.1.5 可行性分析结论

综上所述，本项目符合实践的正当性原则，采取的辐射安全和防护措施适当，加速器机房周围参考点的辐射剂量率均能够满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中“电子辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面30cm处及以外区域对周围剂量当量率不能超过2.5μSv/h”标准要求；同时满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）剂量限值和本项目管理目标限值的要求：职业人员年有效剂量不超过5mSv，公众年有效剂量不超过0.1mSv。在进一步完善辐射安全与环境保护管理机构和各项制度的前提下，从辐射安全和环境保护的角度而言，本项目是可行的。

13.2 建议和承诺

13.2.1 建议

1）建议设备平台安装门禁系统或门锁，防止无关人员进入设备平台区；同时在设备平台安装监控探头。

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

3）各项环保设施及辐射防护设施必须正常运行，严格按国家有关规定要求进行操作，确保其安全可靠。

4）定期进行辐射工作场所的检查及监测，及时排除事故隐患。

5）不断完善辐射管理相关制度，包括辐射安全管理制度、使用安全程序、人员培训制度、事故应急制度等。

13.2.2 承诺

（1）承诺按照相关法律法规要求严格履行环保验收制度、辐射安全许可制度，加强环保档案管理，由专人或兼职人员负责。

（2）承诺严格按照本报告的屏蔽防护设计方案、辐射安全措施、辐射安全设施及装置、“三废”治理装置及措施等辐射环保内容进行建设。

（3）承诺加强辐射工作人员的管理，监督人员防护用具的使用。严格按照本报告提出的要求进行辐射工作人员的培训、个人剂量监测、健康检查，并按要求建立保管辐射工作人员档案。

（4）承诺制定各项辐射安全管理制度和辐射事故应急预案，并监督执行。

（5）承诺严格执行辐射监测计划，发现问题及时整改。

（6）承诺本项目环评审批后，按要求对机房及工作场所进行建设，机房工作场所达到使用要求后，按照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2008年修订，环保部令第3号）规定的许可证申请程序，申请办理《辐射安全许可证》。

（7）承诺在本项目正式运行前根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号），对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。

表14 审批

下一级环保部门预审意见： 公章 经办人　　年　　月　　日
审批意见 公章 经办人　　年　　月　　日

附件 1：委托书

委托书

中皓生态环境有限公司：

根据《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，我公司特委托贵公司承担 鑫宏业科技（湖南）有限公司新建使用Ⅱ类射线装置（6 台电子加速器）项目 的环境影响评价工作，按相关政策、法规要求编制环境影响评价文件。我公司对环境影响评价工作需要提供的资料的真实性负责。

建设单位（盖章）：鑫宏业科技（湖南）有限公司

2024 年 4 月 18 日

附件 2：企业营业执照

仅供电子辐照装置项目使用

统一社会信用代码
91430211MA7J59AX2L

营业执照

（副 本）

扫描二维码登录"国家企业信用信息公示系统"了解更多登记、备案、许可、监管信息。

名　　称　鑫宏业科技（湖南）有限公司

类　　型　有限责任公司（自然人投资或控股的法人独资）

法定代表人　卜晓华

经营范围　一般项目：汽车零部件研发；技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广；软件开发；新能源汽车电附件销售；汽车零部件及配件制造；汽车零配件批发；机械零件、零部件加工；机械零件、零部件销售；技术进出口；货物进出口（除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动）。许可项目：电线、电缆制造；城市配送运输服务（不含危险货物）（依法须经批准的项目，经相关部门批准后方可开展经营活动，具体经营项目以相关部门批准文件或许可证件为准）。

注册资本　叁仟万元整

成立日期　2022年03月14日

营业期限　长期

住　　所　湖南省株洲市天元区[illegible]仙月环路899号新马动力创新园2.1期A研发厂房118-R

登记机关　株洲市天元区市场监督管理局

2022 年 3 月 14 日

国家企业信用信息公示系统网址：http://www.gsxt.gov.cn

市场主体应当于每年1月1日至6月30日通过国家企业信用信息公示系统报送公示年度报告。

国家市场监督管理总局监制

附件 3：质量现状监测报告

检 测 报 告

报告编号：BYGC2407002

项 目 名 称:	鑫宏业科技（湖南）有限公司电子加速器辐照装置项目环境质量现状检测
检 测 类 别:	委托检测
委 托 单 位:	中皓生态环境有限公司
委托单位地址:	长沙市岳麓区车塘河路 18 号晚安床具工业基地 9 号栋综合楼及传达室 101 号 7 楼 7006 房
报 告 日 期:	2024 年 7 月 8 日

湖南宝宜工程技术有限公司

（检测专用章）

说　明

1、报告无本公司CMA章、检测专用章、骑缝章无效。

2、复制报告未重新加盖检测专用章或公章无效。

3、报告无编制、审核、签发人签章无效。

4、报告涂改、增删无效。

5、对不可复现的检测项目，结果仅对检测所代表的时间和空间负责。

6、本报告未经同意，不得用于广告宣传。

7、对检测报告如有异议，请于收到报告之日起十五日内以书面形式向本公司提出，逾期不予受理。

8.未经本公司批准，不得复制（全文复制除外）本报告。

单位名称：湖南宝宜工程技术有限公司

单位地址：长沙市雨花区环保中路 188 号 14、15 栋 406 号

电　　话：0731-85797599

邮政编码：410000

一、基本信息

表 1 基本信息

检测日期	2024.7.3	检测人员	黄海成、高瑜
备注	1、检测结果的不确定度：评定 2、其他：无		

二、检测内容及项目

表 2 检测内容

检测类别	检测点位编号	检测点位名称	检测项目	检测频次
电离辐射	1#	拟建加速器机房 1#处	X、γ辐射剂量率	检测 1 次
	2#	拟建加速器机房 2#处		
	3#	拟建加速器机房 3#处		
	4#	拟建加速器机房 4#处		
	5#	拟建加速器机房 5#处		
	6#	拟建加速器机房 6#处		
	7#	辐照区 6#加速器机房东南面墙外 30cm 处		
	8#	辐照区 3#加速器机房西南面墙外 30cm 处		
	9#	辐照区 1#加速器机房西北面墙外 30cm 处		
	10#	辐照区 3#加速器机房东北面墙外 30cm 处		
	11#	拟建加速器机房外控制室 1#处		
	12#	拟建加速器机房外控制室 2#处		
	13#	拟建加速器机房外控制室 3#处		
	14#	拟建加速器机房外控制室 4#处		
	15#	电缆生产车间东南墙外 30cm 处		
	16#	电缆生产车间西南墙外 30cm 处		
	17#	电缆生产车间西北墙外 30cm 处		
	18#	电缆生产车间东北墙外 30cm 处		

三、检测方法及仪器

表 3 检测方法及主要仪器

检测类别	检测项目	检测方法	主要检测仪器
电离辐射	X、γ辐射剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》HJ 1157-2021	仪器名称及型号：辐射检测仪/ RJ38-1103 仪器编号：BYGC/YQ-08 校准单位：湖北省计量测试技术研究院 校准证书编号：2023YD039601112 校准有效期：2023.10.9~2024.10.8
备注：检测仪器主要技术参数：测量范围 0.01~600.00μSv/h；能量响应范围 48keV~3MeV ，≤±30%（相对于 ^{137}Cs）；相对基本误差≤±10%。			

四、环境条件

表 4 检测期间气象参数

检测日期	天气	相对湿度%	气温℃
2024.7.3	晴	52.9~73.7	23.6~35.4

五、检测结果

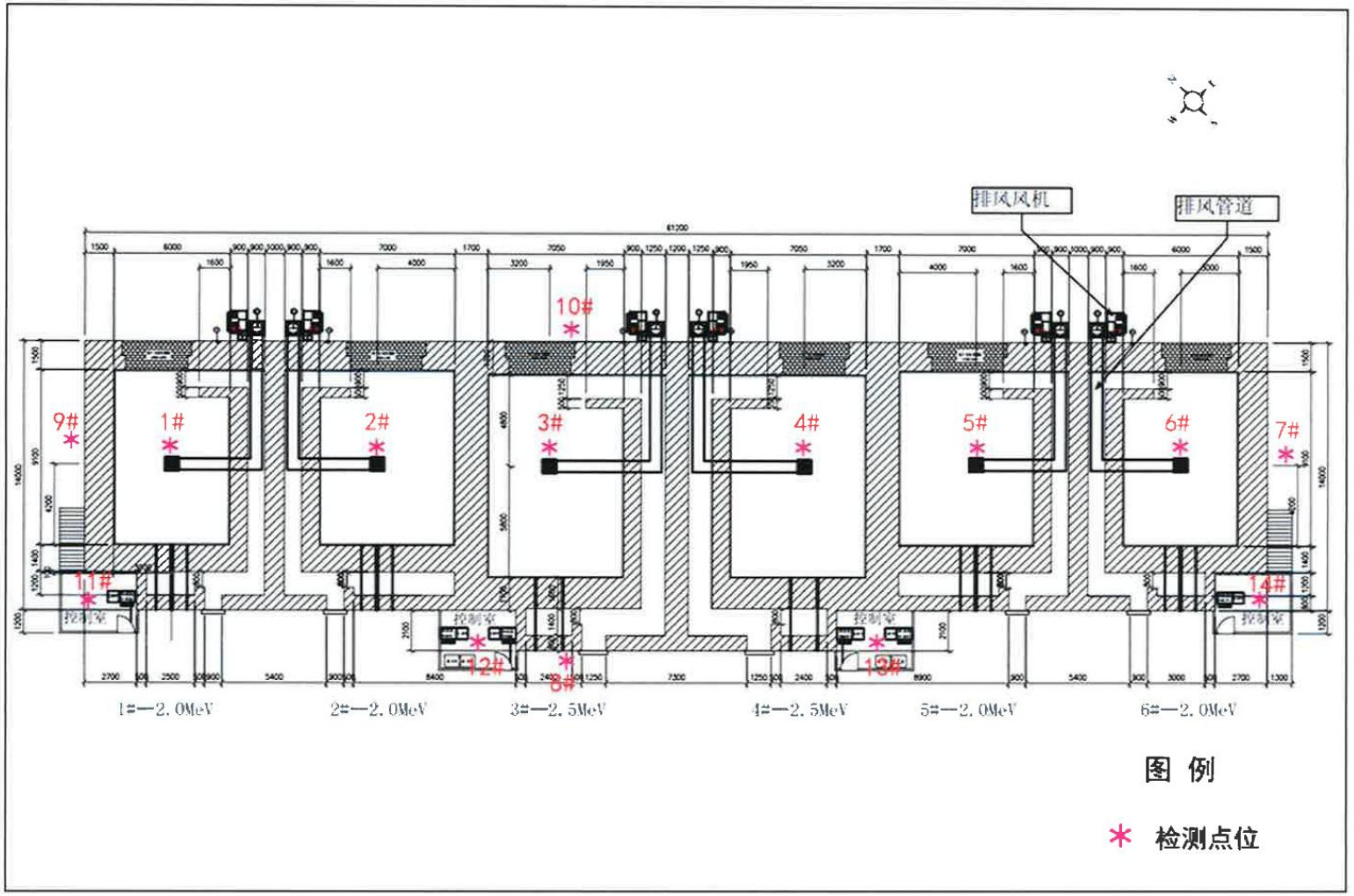
表 5 检测结果

检测点位编号	检测点位名称	检测结果(μGy/h)
1#	拟建加速器机房 1#处	0.145±0.007
2#	拟建加速器机房 2#处	0.145±0.007
3#	拟建加速器机房 3#处	0.128±0.007
4#	拟建加速器机房 4#处	0.132±0.010
5#	拟建加速器机房 5#处	0.128±0.007
6#	拟建加速器机房 6#处	0.143±0.009
7#	辐照区 6#加速器机房东南面墙外 30cm 处	0.139±0.011
8#	辐照区 3#加速器机房西南面墙外 30cm 处	0.128±0.007
9#	辐照区 1#加速器机房西北面墙外 30cm 处	0.128±0.007
10#	辐照区 3#加速器机房东北面墙外 30cm 处	0.130±0.009
11#	拟建加速器机房外控制室 1#处	0.128±0.007
12#	拟建加速器机房外控制室 2#处	0.134±0.011
13#	拟建加速器机房外控制室 3#处	0.132±0.010
14#	拟建加速器机房外控制室 4#处	0.130±0.009
15#	电缆生产车间东南墙外 30cm 处	0.132±0.010
16#	电缆生产车间西南墙外 30cm 处	0.139±0.011
17#	电缆生产车间西北墙外 30cm 处	0.134±0.011
18#	电缆生产车间东北墙外 30cm 处	0.139±0.011

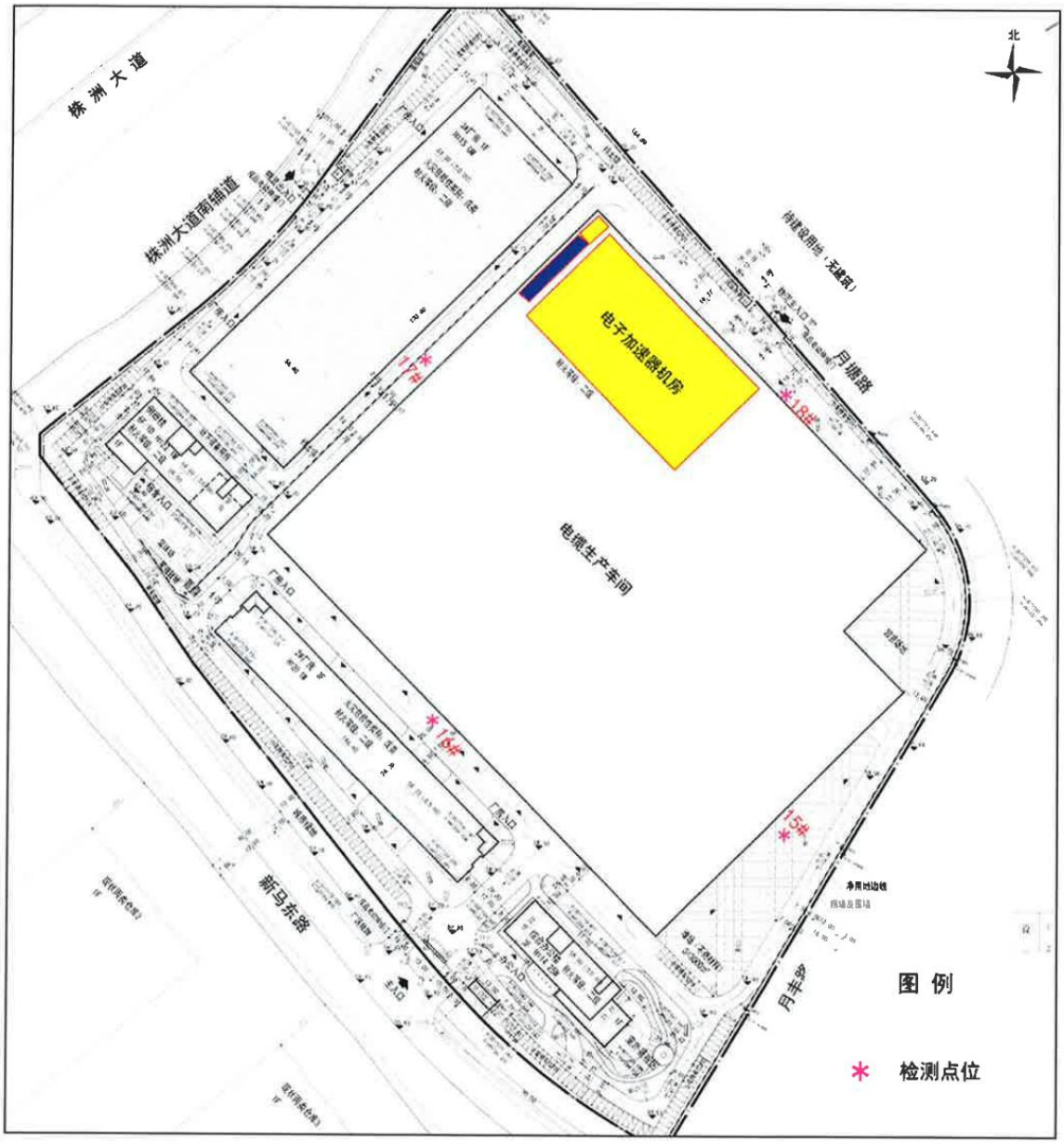
备注：未扣除宇宙射线响应值。

（本页以下内容空白）

附图 1　检测点位示意图（一）



检测点位示意图（二）



附图 2 现场检测照片

******报告结束******

报告编制：黄海平 报告审核：何侠 报告签发：潘庚华

签发日期：2024.7.8

201812052123

检 测 报 告

报告编号：BYGC2407002-B

项 目 名 称:	鑫宏业科技（湖南）有限公司电子加速器辐照装置项目环境质量现状补充检测
检 测 类 别:	委托检测
委 托 单 位:	中皓生态环境有限公司
委托单位地址:	长沙市岳麓区车塘河路 18 号晚安床具工业基地 9 号栋综合楼及传达室 101 号 7 楼 7006 房
报 告 日 期:	2024 年 10 月 14 日

湖南宝宜工程技术有限公司

（检测专用章）

说　明

1、报告无本公司CMA章、检测专用章、骑缝章无效。

2、复制报告未重新加盖检测专用章或公章无效。

3、报告无编制、审核、签发人签章无效。

4、报告涂改、增删无效。

5、对不可复现的检测项目，结果仅对检测所代表的时间和空间负责。

6、本报告未经同意，不得用于广告宣传。

7、对检测报告如有异议，请于收到报告之日起十五日内以书面形式向本公司提出，逾期不予受理。

8.未经本公司批准，不得复制（全文复制除外）本报告。

单位名称：湖南宝宜工程技术有限公司

单位地址：长沙市雨花区环保中路 188 号 14、15 栋 406 号

电　　话：0731-85797599

邮政编码：410000

一、基本信息

表 1 基本信息

检测日期	2024.10.12	检测人员	黄海成、黄星
备注	1、检测结果的不确定度：评定 2、其他：无		

二、检测内容及项目

表 2 检测内容

检测类别	检测点位编号	检测点位名称	检测项目	检测频次
电离辐射	1	加速器机房 1#内	X、γ辐射剂量率	检测 1 次
	2	加速器机房 2#内		
	3	加速器机房 3#内		
	4	加速器机房 4#内		
	5	加速器机房 5#内		
	6	加速器机房 6#内		
	7	加速器机房外控制室 1#内		
	8	加速器机房外控制室 2#内		
	9	加速器机房外控制室 3#内		
	10	加速器机房外控制室 4#内		
	11	厂区东北侧围墙外月塘路		

三、检测方法及仪器

表 3 检测方法及主要仪器

检测类别	检测项目	检测方法	主要检测仪器
电离辐射	X、γ辐射剂量率	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》HJ 1157-2021	仪器名称及型号：多功能辐射剂量率仪/RJ32-3602 仪器编号：BYGC/YQ-14 校准单位：上海市计量测试技术研究院 校准证书编号：2024H21-20-5412770001 校准有效期：2024.7.31~2025.7.30

备注：检测仪器主要技术参数：测量范围 10nSv/h~1.5mSv/h；能量响应范围 20keV~3.0MeV；相对固有误差≤±15%（相对于 ^{137}Cs）。

四、环境条件

表 4 检测期间气象参数

检测日期	天气	相对湿度%	气温℃
2024.10.12	多云	66.4~68.1%	25.8~27.7

五、检测结果

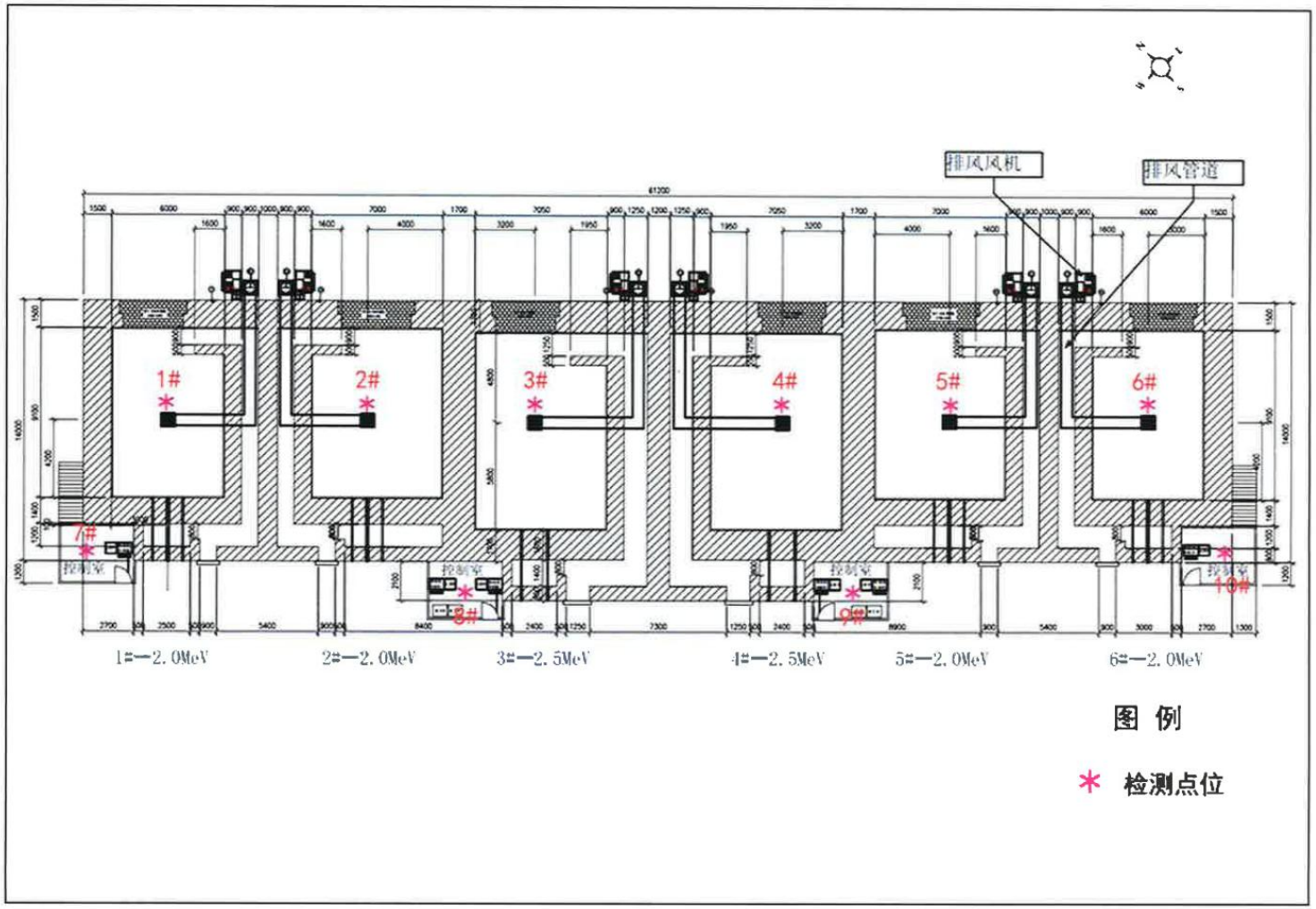
表 5 检测结果

检测点位编号	检测点位名称	检测结果(nSv/h)
1	加速器机房 1#内	59.0±3.2
2	加速器机房 2#内	58.1±2.8
3	加速器机房 3#内	57.7±2.2
4	加速器机房 4#内	58.0±3.3
5	加速器机房 5#内	59.8±3.5
6	加速器机房 6#内	59.6±3.5
7	加速器机房外控制室 1#内	111.4±4.8
8	加速器机房外控制室 2#内	99.9±3.8
9	加速器机房外控制室 3#内	98.1±5.4
10	加速器机房外控制室 4#内	102.9±1.7
11	厂区东北侧围墙外月塘路	68.1±3.4

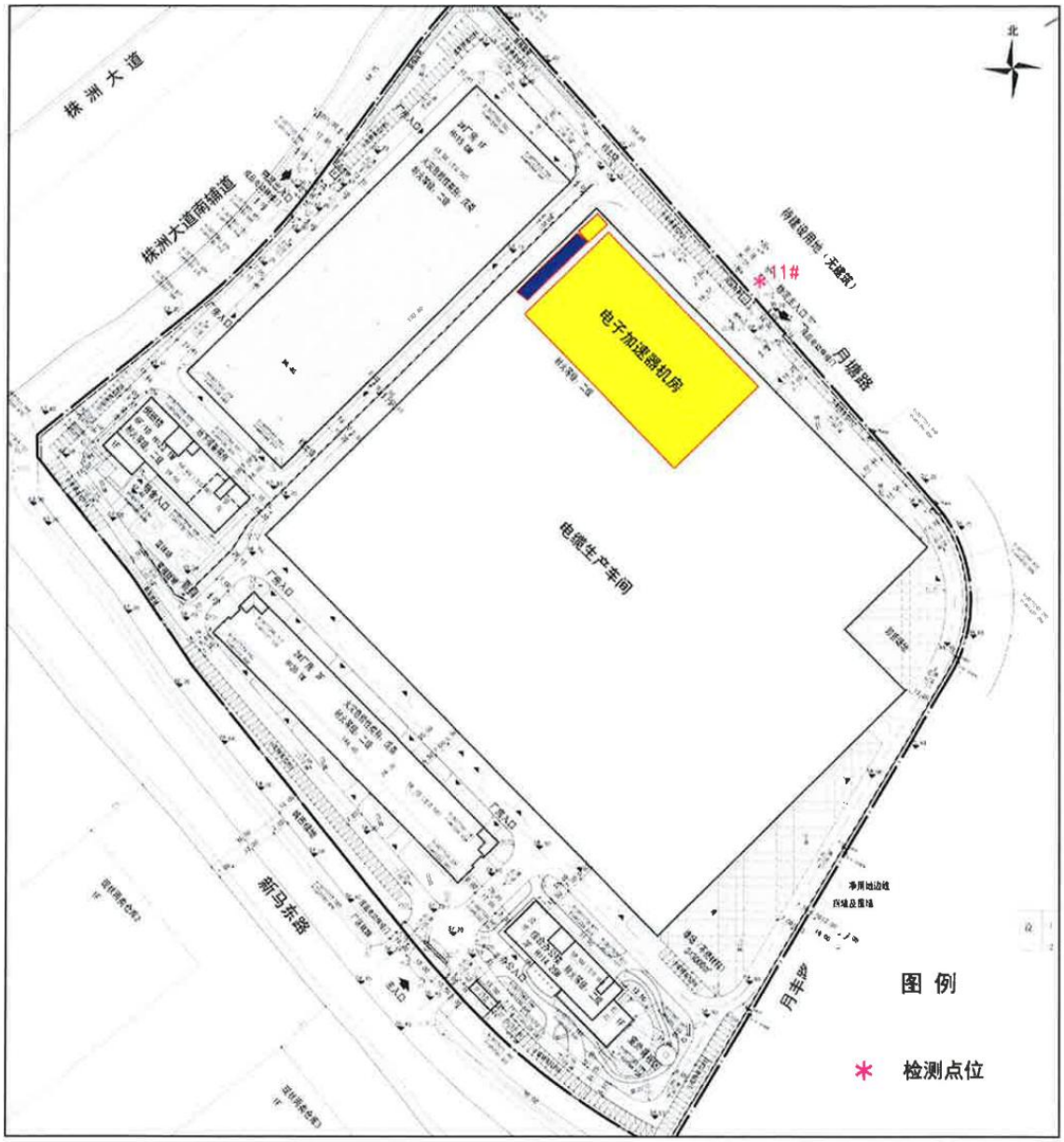
备注：未扣除宇宙射线响应值。

（本页以下内容空白）

附图 1　检测点位示意图（一）



检测点位示意图（二）



附图 2 现场检测照片

******报告结束******

报告编制：黄海舟 报告审核：何伟 报告签发：潘庚华

签发日期：2024.10.14

附件 4：项目放射工作人员及公众年剂量管理目标值确定文件

鑫宏业科技（湖南）有限公司
新建使用II类射线装置（6 台电子加速器）项目
放射工作人员及公众年剂量管理目标值的确定

为保障放射工作人员的职业健康及公众的安全，根据国家相关的标准及公司的工作安排，本项目放射工作人员年受照剂量管理目标值不大于 5mSv，公众人员年剂量管理目标值不大于 0.1mSv。

鑫宏业科技（湖南）有限公司

2024 年 7 月 1 日

附件 5：关于成立辐射安全与防护领导小组的通知

关于成立辐射安全与防护领导小组的通知

公司各部门：

为贯彻执行《中华人民共和国放射性污染防治法》，及各项辐射安全和防护相关法律法规，更好地完成公司电子加速器辐照中心辐射安全和防护等环境保护专业管理工作，今特发布成立“公司辐射安全与环境保护管理领导小组”，小组成员如下：

组内职务	姓名	职务/职称	专职/兼职
组长	卜晓华	公司董事长	兼职
副组长	徐德智	副总经理、辐射防护负责人	兼职
顾问	郭文勇	高工、顾问	专职
成员	沈伟	辐射防护安全员	专职
成员	彭林	运行主管	专职
成员	熊凡	维护主管	专职

领导小组主要职责：

1、组织学习和贯彻执行《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》，以及其它各项射线装置相关法律法规，建立健全辐射防护和安全保卫制度、加速器操作规程、人员岗位职责和培训计划、设备检修维护制度、射线装置使用记录制度、环境监测方案等内部规章，制定完善的辐射事故应急措施，合法取得辐射安全许可证，确保公司辐射加工装置依法依规安全运营，确保工作人员安全和健康，确保公众人员安全和健康，确保环境安全。

2、健全公司辐照中心组织机构，协调内外相关部门，完成相关人员安全培训、个人剂量监管和健康档案等管理工作。负责日常辐射安全管理监督和环境辐射监测，发现异常或安全隐患应及时报告和整改。根据辐射事故应急预案，组织人员演习，负责辐射事故应急和事故调查、事故报告处理等工作。

3、主动接受、积极配合政府监管机构监管，完成本公司辐射安全与防护状况年度评估报告并及时递交。

鑫宏业科技（湖南）有限公司

2024 年 7 月 16 日

附件 6：辐射防护和安全保卫制度

鑫宏业科技（湖南）有限公司	文件编号：XHY/GL-FZ01-2024	版本号：A/0
辐照中心管理文件	辐射防护和安全保卫制度	页　数：1/4

一、目的

依国家法律法规要求及本公司规章制度，规范本公司辐照中心辐射安全及相关工作，确保辐射加工全过程实现安全有序，保障人员安全与健康，设备设施和环境免受损坏。

二、适用范围

与公司辐照中心及辐射防护和安全相关工作。

三、职责

3.1 本公司建设从事线缆辐射交联加工的辐照中心，采用电子加速器作为射线发生装置。公司成立由公司领导、辐照中心主要领导和辐射防护安全员等组成的辐射安全管理专业小组，在公司“安委会”领导下，负责公司辐射防护和安全工作，其主要职责如下：

3.1.1 认真学习和贯彻执行国家射线装置管理相关法律法规和本公司安全生产管理规章制度；依法建设电子加速器辐射加工装置和附属设施，指定辐射防护负责人。

3.1.2 建立健全的辐射防护和安全保卫制度、操作规程、岗位职责、设备检修维护制度、射线装置使用记录、人员培训计划、监测方案等规章制度，制订完善的辐射事故应急措施，取得辐射安全许可证，依法生产运作；

3.1.3 对本公司射线装置安全和辐射防护状况进行年度评估并向主管机构报告，发现安全隐患的，应当立即进行整改；

3.1.4 主动接受、积极配合上级辐射防护与安全管理部门的监督检查，对监督检查中提出的问题及时处理和解决；

3.2 辐照中心主任之下，设立专职或兼职安全员，负责日常辐射安全监督和环境辐射剂量监测，发现异常及时报告，并及时采取安全正确的处理措施。安全员认为不能满足辐射安全的情况下，有权依规章停止射线装置运作。

3.3 人资行政部负责辐照中心人员辐射安全培训、个人剂量和健康档案等管理工作。

四、内容

4.1 场所的安全和防护

4.1.1 控制区

辐照中心防护门以内、有混凝土屏蔽墙的辐照室、主机室（又称加速器室或加速厅，达胜 L 型半自屏蔽加速器已用自屏蔽的侧钢筒替代，并无此室）、迷道等区域为控制区。

控制区出入口，设置醒目的电离辐射警示标识及中文警示牌，配置声光报警和加速器运

行状态指示装置，出入口防护门安装有符合法规要求的门机联锁和剂量联锁等装置，门内有就地强制开门机构、三道以上防人误入光电装置、覆盖全区域的急停拉线开关和巡检按钮(参见 HJ979-2018，6.2 安全设施)。

控制区标识颜色为红色。辐照装置工作时，控制区内射线强烈，严禁任何人员进入。

辐照加工过程中，辐照室可能有超出正常浓度的臭氧和氮氧化物等有害气体，应在加速器停机后，等待排风机继续工作（一般 5 分钟以上）后，人员才能依规开门进入。

加速器内在安全联锁以及控制区人员安全联锁装置，不得旁路，不得带病运行，由辐射防护安全员定期检查验证。所有安全连锁功能正常完好才可运行加速器进行辐照加工。

因工作需要进出控制区的人员及物品严格按照控制区进入管理规定执行：

1、控制区内严禁任何人员吸烟、饮食及嬉闹，并保持清洁。

2、工作需要带入物品，应在工作结束后全部带出控制区。严禁易燃、易爆、腐蚀性或易污染物品进入控制区。

3、确因工作需要进入控制区的,必须有两人以上(含二人)同行，其中一人必须是值班长或安全员。

4、进入控制区的工作人员必须佩戴个人剂量计，并携带至少一台有效的“剂量报警仪”。

5、外来人员进入控制区，须经辐照中心主管批准并登记记录，由值班长带领进入。

6、人员进出控制区必须遵循下列程序：

①当班值班长停止装置运行，拔出控制柜钥匙开关，保持排风继续运行。

②认真核查控制台显示信号（特别是剂量监测信号），确认控制区已处安全状态。

③控制室派人留守或挂“停机/人员进入”警示牌，防止误操作发生。

④检查“剂量报警仪”，确认报警仪工作正常。

⑤控制区入口通道上方警示灯显示“停机”，打开迷道防护门和通道内照明灯。

⑥值班长携带“剂量报警仪”进入通道，按下“急停”按钮。

⑦进入控制区过程中或停留期间，若有异常报警，应立即沿迷道撤离。

⑧工作完毕撤离时，值班长应确认控制区内无人滞留，依次复位“巡检”按钮，最后关闭控制区入口安全门。

4.1.2 监督区

有管、线、通道等与控制区直接相连的控制室、高频机、水处理机、排臭氧风机、SF6 气体储存及处理机、辐照操作间等区域为监督区。控制区之外的所有辐照工作相关场所，均

行状态指示装置，出入口防护门安装有符合法规要求的门机联锁和剂量联锁等装置，门内有就地强制开门机构、三道以上防人误入光电装置、覆盖全区域的急停拉线开关和巡检按钮(参见 HJ979-2018，6.2 安全设施)。

控制区标识颜色为红色。辐照装置工作时，控制区内射线强烈，严禁任何人员进入。

辐照加工过程中，辐照室可能有超出正常浓度的臭氧和氮氧化物等有害气体，应在加速器停机后，等待排风机继续工作（一般 5 分钟以上）后，人员才能依规开门进入。

加速器内在安全联锁以及控制区人员安全联锁装置，不得旁路，不得带病运行，由辐射防护安全员定期检查验证。所有安全连锁功能正常完好才可运行加速器进行辐照加工。

因工作需要进出控制区的人员及物品严格按照控制区进入管理规定执行：

1、控制区内严禁任何人员吸烟、饮食及嬉闹，并保持清洁。

2、工作需要带入物品，应在工作结束后全部带出控制区。严禁易燃、易爆、腐蚀性或易污染物品进入控制区。

3、确因工作需要进入控制区的,必须有两人以上(含二人)同行，其中一人必须是值班长或安全员。

4、进入控制区的工作人员必须佩戴个人剂量计，并携带至少一台有效的“剂量报警仪”。

5、外来人员进入控制区，须经辐照中心主管批准并登记记录，由值班长带领进入。

6、人员进出控制区必须遵循下列程序：

①当班值班长停止装置运行，拔出控制柜钥匙开关，保持排风继续运行。

②认真核查控制台显示信号（特别是剂量监测信号），确认控制区已处安全状态。

③控制室派人留守或挂“停机/人员进入”警示牌，防止误操作发生。

④检查“剂量报警仪”，确认报警仪工作正常。

⑤控制区入口通道上方警示灯显示“停机”，打开迷道防护门和通道内照明灯。

⑥值班长携带“剂量报警仪”进入通道，按下“急停”按钮。

⑦进入控制区过程中或停留期间，若有异常报警，应立即沿迷道撤离。

⑧工作完毕撤离时，值班长应确认控制区内无人滞留，依次复位“巡检”按钮，最后关闭控制区入口安全门。

4.1.2 监督区

有管、线、通道等与控制区直接相连的控制室、高频机、水处理机、排臭氧风机、SF6 气体储存及处理机、辐照操作间等区域为监督区。控制区之外的所有辐照工作相关场所，均

属于监督区（监管机构对职业人员和场所照射条件进行监督和评价）。

监督区标识颜色为黄色。入口处设醒目的电离辐射警示标志及中文警示牌。本公司辐照中心工作人员方可进入监督区并在该区域有控制停留。其余人员未经值班长同意不得随意进入该区域。

4.1.3 辐射安全和防护管理办法

(一)辐照中心各区域出入口，设置醒目的电离辐射警示标识及中文提示牌，配置完善有效的安全联锁等安全硬件和管理措施，防止误操作、防止工作人员和公众受到意外照射。

(二)生产现场闲人免进，采取可靠有效的防火、防水、防盗、防破坏、防射线泄漏等安全防护措施，防止设备故障并避免故障导致次生危害；辐照中心所属区域内严禁吸烟，配备必要的消防器材。控制室等关键部位无人时应关窗锁门。

(三)配备适宜的便携和固定射线监测仪器，按照环境监测规范进行辐射监测和记录，并对数据的真实性、可靠性负责；委托环境辐射监测机构监督检测，每年至少一次。

(四)安全人员保持对射线装置安全和防护状况的日常检查，发现安全隐患应立即整改；安全隐患威胁人员安全或者有可能造成环境污染的，应当立即停止作业并上报，直至报告环境主管部门；经检查核实安全隐患消除后，方可恢复正常作业。

(五)由辐照中心辐射防护负责人对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日前向辐射安全许可证发证机关提交上年度评估报告；评估报告应当包括的内容，参见《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第12条。年度评估过程中发现安全隐患的，应当立即自行整改。

4.2 人员的安全和防护

4.2.1 从事加速器辐照加工的生产人员以及辐射防护负责人，应当按政府监管机构要求，参加辐射安全和防护专业培训并取得考核合格证书；考核不合格的，不得上岗。

4.2.2 取得辐射安全和防护考核合格证书的人员，按证书有效期（5年）接受再培训考核。考核内容包括，核技术利用相关法律法规知识、辐射安全与防护基础知识、工业辐照加速器应知应会，以及辐射事故安全分析与经验反馈等内容。

4.2.3 按照政府监管要求，对加速器操作人员进行个人剂量监测和定期体检等健康管理，并建立个人累积剂量和职业健康监护档案；发现个人剂量监测结果异常的，应当立即核实和调查，并将有关情况及时报告监管机构；公司档案室保存个人剂量监测档案至加速器操

作人员年满七十五周岁或停止辐射工作三十年。

4.2.4 辐照中心现场工作人员，均应熟练掌握辐射防护原理和操作要求，熟悉本辐照中心辐照装置的结构及维护要领，认真学习严格执行辐射安全法律法规和公司安全生产制度及规定，熟悉工作相关区域内安全设施及各类声光信号位置、意义和处理程序，具有高度安全意识和相应安全工作能力。

4.2.5 辐照加工现场实行值班长制，由值班长负责装置运行的现场指挥和管理。

现场工作人员均必须对工作高度负责，坚守岗位，严格履行岗位职责。所有进入现场的人员，包括外来人员，均必须遵守国家有关辐射安全和防护的法律法规等要求，遵守本公司的规章制度，接受本公司安全管理人员的领导和监督。

如有不服现场管理者，安全管理人员可会同行政部门及公安机关采取必要强制措施。

六、相关文件

1、《中华人民共和国放射性污染防治法》（中华人民共和国主席令第六号），2003 年 10 月 1 日起施行；

2、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院第 449 号令），2019 年 3 月 18 日施行；

3、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（总局令第 31 号），2021 年 1 月 4 日修正；

4、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号），2011 年 5 月 1 日起施行；

5、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）；

6、鑫宏业管理文件《GL-XZ16 -12 安全生产管理规章制度》；

七、相关记录

1、B274 电子加速器运行记录

2、B278 工作场所辐射监测记录

3、B277 工作人员辐射监测记录表；（见《辐照中心辐射监测方案》附表 1）

4、鑫宏业加速器辐照中心辐射安全和防护状况年度评估报告；

2024 年 7 月 1 日

附件 7：电子加速器辐照装置操作规程

鑫宏业科技（湖南）有限公司	文件编号：XHY/QW-FZ01-18	版本号：A/0
辐照中心作业指导书	电子加速器辐照装置操作规程	页　数：1/10

一、目的

指导加速器辐照中心值班长及辐照操作人员正确操作辐照装置，确保安全生产。

二、职责

1、辐照中心主任（经理）根据供应商提供的《操作手册》等资料制订修订本规程；

2、辐照中心运行主管负责组织操作人员培训，督促检查并严格执行本操作规程；

3、值班长监督指导本班各机组人员严格按规程操作，进行辐照加工；

三、内容

1、加速器及控制室的操作由当班值班长进行，其它人员不得随意操作控制室的电脑/仪表、设备控制箱。严禁两人以上同时操作同一控制台和工控计算机。值班长（主控操作员）必须熟知《加速器操作手册》，熟练掌握辐照装置各系统操作要领。所有操作人员均须忠于职守，服从值班长指挥，不得在工作场所从事与工作无关的活动。

2、未经辐照中心领导批准授权，任何人不得变动加速器设置，不得修改控制线路，不得修改微机运行程序，不得修改操作规程。外来人员未经许可不得进入辐照室等控制区。

3、在用射线监测仪表、加速器设备必须按《GL-FZ02 加速器设备检修维护及安全连锁检查制度》进行维护保养、定期检修，确保处于良好状态。发现故障或隐患时，必须立即停机检修恢复，确保安全连锁装置及其它设备正常；停机维修应及时记录并向上级报告。

4、产品辐照加工前，值班长及各组机手，应根据辐照生产任务单，详细核对轴装产品跟踪卡上名称、规格、数量、生产者、用料等各项内容；发现产品异常，或实物与跟踪卡不符，或超出《辐照工艺卡》范围，应及时报告，不得开机加工。

5、加速器辐照装置开机操作前，应确保辐射监视设备及人员安全系统正常有效；当班值班长对无关人员清场，打开监控和主控台其他监测仪表，注视设备状态显示及现场人员情况。

6、值班长将加速器主控柜钥匙开关打在“0”位置，拔出钥匙并携带钥匙及剂量报警仪，带领主机手对辐照室（控制区）及二层设备平台（监督区）各处设备进行巡检，巡检情况至少包涵以下诸项：

1）收放线设备及产品线盘安装就绪，张力设置及绕线到位符合工艺要求；

2）辐照室排风启动；喷淋水正常（需要时）；钛窗清洁完好；

3）钛窗冷却风机、束下新风风机工作正常；迷道光电开关正常；

4）辐照室各处巡检无人，巡检按钮复位，防护门关闭；

5）水冷机组工作正常；束流挡板水冷正常，动作气缸压力和开关到位；

6）高频机柜温度和冷却水温度达标，风、水流量正常，机柜门关闭；

7）控制屏显，加速器钢筒 SF6 压力温度正常，风机马达电流、冷却水流量正常；

8）真空泵运行正常；真空度好于 7.5×10^{-5}Pa；

7、值班长发现异常应记录于《电子加速器运行记录表》中；巡检无异常，则复位主控柜开关钥匙到“1”位，按操作手册操作登录主控计算机，设置和监控设备运行参数，依程序启动加速器（见附件2《加速器开关机程序》）

8、开机程序结束，加速器进入正常工作状态。此后，应通过控制台监控界面观察加速器运行参数显示、加速器各控制部件开关状态以及故障提示等。值班长应将开机前及正常运行中的加速器运行数据如实记录于附表《B273 电子加速器运行记录表》中。

9、工艺参数设定、调阅和存取资料、打印等工作应在主控计算机上进行；主控计算机可按“比例控制”要求，自动控制束下装置线速度与加速器束流同步调节，保证不同线速度下产品辐照剂量均匀一致。

束下系统控制台可能位于收放线设备旁或控制室内，可进行束流和线速度调节、显示计米等；设置辐照剂量和工作束流，转“联动”即可与加速器主控计算机对接“束流外控”，由控制计算机实现“比例控制”。

10、正常加工时，机手应根据《辐照工艺卡》要求正确作业，并将生产数据记录在《B275线缆辐照生产原始记录表》中。辐照结束或中断（如断线、故障等），应及时确认束流挡板关闭。如需进入辐照室，值班长必须提前将能量和束流设置归零，拔掉主控柜钥匙开关，通风5分钟后，按规定程序步骤进入辐照室。严禁任何违章操作！

四、附件

附件1 加速器安全联锁系统简介

附件2 加速器开关机程序

附件3 真空系统操作规程

附件4 六氟化硫气体处理系统操作程序

附件5 系统监控和故障排除

五、相关文件

1、DD型加速器操作手册——达胜加速器

2、XHY GL-FZ01 辐射防护和安全保卫制度

3、XHY GL-FZ02 加速器设备检修维护及安全联锁检查制度

4、XHY QW-FZ03 辐照中心辐射加工质量管理规定

5、B314 辐照工艺卡

六、相关记录

B273 电子加速器运行记录表

B275 线缆辐照生产原始记录表

B276 辐照中心生产任务单

附件1　加速器安全联锁（连锁）系统简介

电子加速器辐照装置均采用计算机控制。计算机控制系统的主要功能是：监视和控制加速器各系统正常运行，实施安全联锁，并与束下装置联动配合，实现产品辐照加工目的。

中广核达胜加速器，采用“研华”高可靠工业计算机，PLC 采用德国西门子系列，安全连锁相关信号全部接入加速器主控制PLC，与加速器高压连锁，作为加速器高压启动输出必备条件。运行过程中，联锁信号一旦动作，加速器将立即自动高频封锁停止输出。

（1）加速器启动运行前的安全保护连锁有：

a、符合国家安全标准，满足环境评价要求的人员安全连锁信号。具体包括：

1) 加速器启动与工作时，有声光警示信号（警灯、警铃）；

2) 主控柜安全钥匙开关和急停按钮；

3) 门机联锁（包括迷道光电开关，辐照室防护门、高频柜门的关闭联锁）；

4) 辐照室及迷道均设有急停按钮拉线开关。

5) 固定式剂量监测报警系统（与防护门联锁）；

b、冷却系统风、水工作正常连锁。

c、高频机振荡器电源与水冷却连锁（包括水流量、水压及水温保护连锁）。

d、钢筒温度、高频机柜温度和振荡管冷却水温度保护连锁。

e、钛窗冷却风机、排臭氧风机与高压联锁保护。

f、扫描电流与高压联锁保护（扫描电流可根据能量变化自动调节）。

g、真空度好于5×10^{-3}Pa联锁保护，真空度差于此值，加速器不能开机。分子泵断水报警连锁，机械泵、分子泵在工控机屏显界面上有运行及停机警示。

h、加速器启动加高压准备，电子管预热延时3分钟。

主要联锁举例简介：

1）风机系统：排臭氧风机运行信号与加速器连锁。若风机未开则加速器高压不能输出；运行过程中，如风机异常停止则加速器立即封锁高频停止运行。

2）主控柜钥匙开关、急停按钮：加速器主控柜钥匙开关打在“0”位置（钥匙可以拔出）

时高压不能输出，只有再（插入）转回“1”位置时方可输出高压。在运行过程中，可通过将钥匙开关打到“0”位置立即高频封锁停止输出。主控柜操作面板上急停按钮则与高频机总电源开关连锁，一旦有异常可立即按下该按钮，高频机总电源开关立即切断，加速器立即停止运行。

（2）加速器在运行过程中联锁保护：

a. 钢筒超温、振荡管超温、高频机柜超温、可控硅超温、主变压器超温等都会自动切断高压、停止运行。

b. 高频机内部出现线路过流和阳极过流、加速器过电压等高频过载时自动封闭高频。

（3）加速器与束下状态联锁：运行过程中，束下故障，加速器立即停机、关闭束流挡板；加速器突然急停，束下也立即停止运行。加速器、束下装置均运转正常，可设置系统进入“闭环运行”自动稳定加速器与束下联动。闭环后，当样品移动速度发生变化时，反馈信号立即输入控制系统，实时调整加速器输出束流与束下传输速度变化同步，确保产品辐照剂量均匀，保持“比例控制”（V/I比值，以m/min/mA为单位，主监控界面右下方注明为“剂量设定”值）；当束下减速或暂停换卷时，束流自动同步降低，设定值（2或3mA）下自动关束流挡板，束下停止运动，直至束流归零。

附件 2　加速器开关机程序

1、开机前巡检程序

加速器运行的必要条件是：冷却系统风、水工作正常，辐照室送排风启动，高频机柜门全关闭，钢筒温度、高频机柜温度和振荡管冷却水温度均在规定值以下，真空度好于 7.5×10^{-5}Pa。

开机前，当班值班长应巡检各项开机准备条件，巡检步骤示意如下：

2、开启冷却水系统注意事项

依次开启冷却塔风扇、循环水泵，待运行正常后，开启制冷机。开制冷机时，先按 TD400 人机界面 F4 键，查询故障，若显示水流量 1、2、3、4 故障为正常（制冷机开启后将自动复位），若显示其它故障需按 ENTER 键，手动复位；按 ESC 键返回，系统正常时，启动按 F1 键，停机 F2 键。

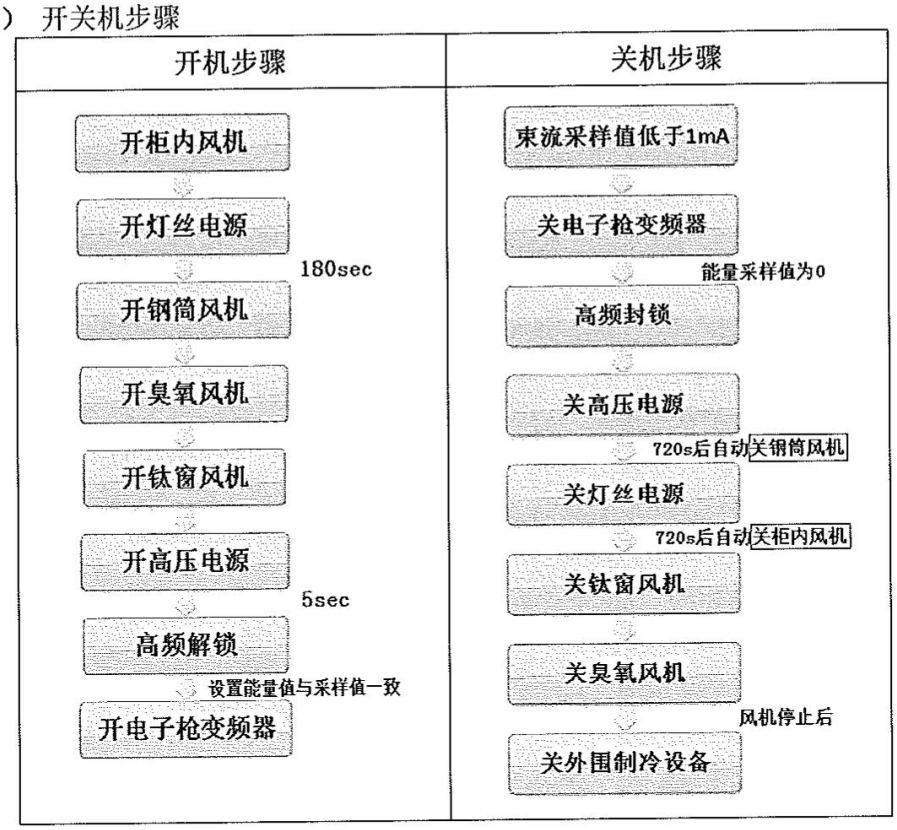
3、加速器开关机程序

（1）　开机准备

① 开启相关电源设备（X/Y 扫描电源，导向电源，聚焦电源等）。

② 开启加速器控制柜上的计算机电源，打开 PLC 控制系统，用鼠标左键单击计算机屏幕上的“监控”图标，进入 PLC 监控主程序。

（2） 开关机步骤



3、注意事项

- 束流挡板为自动开关，也可以手动操作。
- 加速器停机超过 6 小时，需开环锻炼能量至 2.75MeV，并运行 10 分钟以上。
- 正常时，能量与束流都应在闭环方式下工作。
- 束流与束下联动时，需在工作模式下进行。
- 加速器运行与停机 先在故障查询选项里查看加速器外围存在的故障现象（即红色显示）并一一排除；束下急停故障存在于加速器调试模式下，不影响操作。

附件3　真空系统操作规程

1.1 真空系统开机程序

真空泵系统安装在加速器钢筒底座下面的四通管两侧，由机械泵、涡轮分子泵和溅射离子泵机组（配置该泵时）组成。从常压下启动真空系统，应按机械泵、分子泵、离子泵顺序自低真空向高真空进行。真空测量采用数显真空计，可向控制台输出连锁信号，使用应严格遵循真空计使用要求。

（1）两个插板阀全开→启动旋片真空泵→开电磁阀，对系统抽气。切忌：阀门绝不可以在一侧呈大气状态另一侧呈真空状态下开启。检查机械泵转动情况，如声响是否正常、泵体发热程度等。

（2）机械泵运转正常，系统真空度达到5Pa左右，判断系统无大漏，开分子泵冷却水，水温＜18℃，水流量4L/分，水压0.2MPa。

（3）启动分子泵。如噪音很大，泵油变棕黑色混沌时需停机处理。

（4）分子泵运行20分钟或再长一些时间后启动电离规（真空计），否则有可能在低真空下烧坏规管。

（5）如配备有溅射离子泵，当系统真空度达到10^{-5}Pa量级时，可启动离子泵。离子泵正常工作后，可单独使用离子泵维持真空。（切忌：单独使用离子泵时，必须先关闭四通与分子泵之间的插板阀，然后关分子泵，10分钟后停冷却水，关电磁阀和旋片真空泵。）

（6）加速器真空处在正常状态时，真空系统开机可直接启动离子泵。

提示：真空连锁：主控台设置有真空度与加速器高压的连锁。系统真空度低于 5×10-3Pa 时，加速器将不能启动。加速器运行时，真空计必须处在工作状态，向主控制台提供所需控制信号；运行中，如出现真空度差于 5×10^{-3}Pa 情况，控制系统将封闭高频机输出，高压切断，插板阀关闭。

1.2 真空系统关机程序

（1）关电动插板阀

（2）30秒后插板阀关好，再关分子泵。

（3）关分子泵10分钟后，关冷却水和关电磁阀、机械泵。

提示：只有加速器打算长期停机或进行检修时，才关闭抽气系统。否则，真空系统应该连续运行，使加速管内始终保持高真空。在加速器束流系统检修中，可利用插板阀隔离，只单独对系统的某一部分放入大气，而维持其它部分为真空状态。但检修完毕开启插板阀前，必须利用旁抽管道先使两面压力平衡，否则可能会损伤插板阀和分子泵。

当真空系统抽气长久达不到应有真空度时，应使用氦检漏仪对系统检漏。此时可以利用插板阀进行分隔，从下到上，逐区有序进行检漏。

附件4　六氟化硫气体处理系统操作程序

依据供应商提供的《CQ-0.6/30型六氟化硫气体处理系统使用说明和操作规程》操作，具体内容略。

⚠ 危险：不正确操作会导致死亡或严重伤害！
1．安装或操作前请仔细阅读并理解相关的空气压缩机、真空泵及使用说明书。 2．通电或起动与停止之前应关闭安全罩或箱门，不能触摸运转中的转动部件。 3．操作中严密注意各管路有无泄漏，一旦发现，应采取紧急处理措施或人员隔离。

⚠ 警告：不按照使用说明会导致设备损坏！
1．压缩机应空载启动（即在压缩机进、出口阀门关闭时启动压缩机），然后打开出口管路上阀门，再打开进口管路上的阀门，防止压缩机超压。停压缩机时，应先关闭压缩机进口阀门，停压缩机，然后再关压缩机出口阀门。 2．压缩机入口压力低于0MPa时要保持入口压力表指示为0MPa。 3．压缩机停止工作后要卸去干燥塔中气体压力。 4．真空泵启动时注意一定要用冷却水冷却。

⚠ 警告：不按照使用说明会导致SF6气体泄漏！
1．整个系统不工作时要保持比0MPa略高的压力，防止大气漏入降低SF6气体纯度。 2．在运行过程中，如遇外界突然停电或真空泵、压缩机跳闸，为减少SF6气体损失，应立时手动关闭主钢筒和储气筒出口球阀Q11F-32，同时把‘手/自动旋钮拔向中间停’位置。待故障恢复后，确认F1-F11各阀门均在关闭位置，并手动打开钢筒和储气筒出口球阀Q11F-32，方可重新投入运行。 3．电动球阀F9，F11的开关，应按操作流程中的操作步骤进行。

提示：SF6 的绝缘性能与其纯度和含水量有关。当气体湿度太大时，可导致钢筒内绝缘构件受潮而发生放电和击穿，而加速器运行中的放电打火会使 **SF6** 分解生成 **SF4**、**SOF2**、**SO2F2** 和 **HF** 等有毒和腐蚀性成分，它们对人体和加速器内部的零部件有害。因此 **SF6** 气体需要定期进行循环处理，通过吸附塔去除其中积累的水分和放电产物，这对延长加速器的使用寿命和提高其运行的可靠性是十分重要的。

附件5　系统监控和故障排除程序

监控界面中间部位是加速器运行参数的监控显示。包括“能量设定”、“能量采样”、“束流设定”、“束流采样”，以及“分压电流”、“扫描电流”、“导向电流”、和振荡管“阳极电压”、“阳极电流”等。除此之外，还显示加速器各个控制部件的开关状态，以及提示出现故障时相应故障部位等。屏幕上方，有能量趋势图和束流趋势图（显示长度为6分钟）。

1、主监控界面

主监控界面的右上方有11个开关量指示灯，若它们被开启，则灯显示绿色，若被关闭，则显示红色。加速器任何一个故障报警均可在界面中相应位置显示出来，一旦有故障产生，就显示报警字符为红色闪烁，同时给出声音报警，按“报警停止”按钮后声音即可消失，但屏幕上的故障信号需待故障排除后，才能消除。

2、主监控界面右下方其它功能

①单击“故障查询”，进入故障显示界面，故障显示界面有高频机故障，安全保护故障，钢筒故障，束下故障和其它故障。并在此界面的右下方有如下复位按钮：

“可控柜复位”，单击此按钮高频机内可控柜故障可自行复位恢复正常。

“变频器复位”，单击此按钮电子枪变频器故障可自行恢复正常。

“打火复位”，单击此按钮火花探测板故障可自行复位恢复正常状态。

②单击“报警停止”，可解除因故障产生的报警声音。

③单击“消息查询”，进入消息查看界面。界面左面显示从程序启动到当前时间为止的消息。消息分系统消息（前缀“$”）和报警消息（前缀“！”）。界面右下面有2个按钮：“删除消息”——单击则所有消息被清除，区域清空；“返回”，用于返回到监控界面。

④单击“系统退出”，返回登录界面。

3、故障显示

一旦加速器某部件发生故障，监控系统将立即封锁高频机输出，屏幕上提示——相应故障部位红色闪烁，并声音报警。若想取消报警声音，单击“报警停止”按钮，根据发生故障

的部位，加速器控制系统立即切断该部件及与之相关部件的电源，被断开部件的指示灯变成红色。所有故障排除，屏幕故障提示消失，可重新开启加速器。

4、故障排除

在加速器的操作过程中，可能出现的故障有：

①束流挡板不能开关——应先检查束流挡板的“气阀”是否打开、气压是否合适，若束流挡板一直开着或关着，则应检查启动装置以及限位开关是否卡住，检查中间继电器是否动作正常。

②某控制部件不能开关——开机后第一次单击此控制部件的按钮时，如果能在控制柜听见有继电器的开关声音，说明故障在控制柜外，应检查输出连线及相关器件，否则须由专人检修。

③高频解锁不成功——电子枪变频器故障，排风机故障，水系统通信故障，高频机故障等。通知专家维修。

④加速器不能输出能量——成功解锁后，输入能量设定值；按“确认”键，如果加速器能量输出不变，应检查输入设定指示是否正常，集成芯片是否损坏，可测量相关点的电压做出判断。

⑤加速器不能输出束流——应首先检查用于束流控制的电子枪变频器电路是否工作，如果电路工作正常，说明故障不在控制系统，应检查电子枪等其他部分。

⑥主扫描电流不能跟踪加速器能量输出。应检查扫描电源是否为“外控”工作模式，在判断扫描电源在“内控”工作模式下，扫描输出电流是否能随电位器的调节在输出范围内改变，若“内控”模式下正常，则应检查连接导线是否断开，可测量相关点电压加以判断。

2024 年 7 月 1 日

附件 8：辐照中心工作人员健康管理制度

鑫宏业科技（湖南）有限公司	文件编号：XHY/QL-FZ05-2024	版本号：A/0
辐照中心管理文件	辐照中心工作人员健康管理制度	页　数：1/2

一、目的

依法规范加速器辐照中心工作人员健康管理，确保人员健康。

二、范围

日常活动区域经常处于辐照中心的本公司辐照中心工作人员。

依职业健康机构定义，本辐照中心工作人员又可称作“放射工作人员”，即，在放射工作单位从事放射职业活动中，可能受到电离辐射照射的人员。

三、职责

1、辐照中心主任（经理）负责执行本部门人员管理，接受政府环保、卫生等管理机构专业指导和监督，接受本公司人资行政部业务管理。

2、辐照中心安全员或指定文员，负责本部工作人员个人剂量计的发放和常规送检，并协同人资行政部门建立辐照中心工作人员健康管理档案。

四、内容

1、辐照中心工作人员应当年满 18 周岁，并经过职业健康检查合格、符合加速器工作人员的职业要求，参加辐射安全和防护基础知识、相关法律法规知识培训并经考核合格，指定机构颁发《培训合格证书》或《考核合格证书》，自愿遵守辐射安全和防护法律法规，遵守本公司规章制度，接受职业健康监护和个人剂量监测管理的人员方可从事本中心专业工作。

2、职业健康检查：

辐照中心工作人员，试用期满上岗前，必须经过指定医疗机构的专业体检，确认身体状况符合《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）要求；

上岗后应当进行定期的职业健康检查，健康检查每年一次，两次检查时间间隔最长不得超过 2 年，必要时可增加临时性检查。

年检过程中，体检机构判断身体条件不符合岗位要求的，应即调离辐照中心，并按本公司有关规定妥善安置；对需要复查和医学随访观察的人员应当及时予以安排。

辐照中心工作人员脱离工作岗位（辞职或转岗）时，应当进行离岗职业健康检查。

3、职业活动区域：

只有持证上岗的本公司辐照中心工作人员，方可在上班工作期间进入辐照中心工作场所（监督区、控制区），并在这些区域有控制停留。其余人员未经值班人员专门批准，不得随意进出辐照中心区域。

4、本公司辐照中心，负责为持证人员建立个人健康档案并按法规要求进行管理；

健康档案包括个人所有职业健康体检报告及个人剂量监测记录等，包含个人职业史、既往病史、历次体检结果及专业机构的评价处理意见，以及可能的职业疾病诊疗和医学随访观察记录等健康资料。

接受个人剂量检测的放射工作人员，工作期间必须佩带自己专用的个人剂量计。个人剂量计应自行妥善保管，每三个月由安全员或文员收集送相关机构测读，测读数据记录存入个人剂量档案。个人剂量计测读最长间隔不得超过 90 天。

5、非放射工作人员和确认已妊娠的放射工作人员，不得参与“事先计划的照射”或有可能造成“内照射”的工作。授乳妇女在其哺乳期间应避免接受内照射（本公司无此类情况）。

6、对接受计划照射和事故所致异常照射的工作人员，应及时送专门医疗机构治疗，并将诊治情况及时记入本人健康档案。

7、辐照中心工作人员，即放射工作人员，按国家及地方有关规定享受保健津贴。根据工作场所类别与从事放射工作时间长短，在国家规定休假外，放射工作人员每年可享受一定保健假期；从事放射工作时间满 20 年的在岗人员，可利用休假安排 2 - 4 周的健康疗养。

六、相关文件

1、《放射工作人员健康要求及监护规范》（GBZ98-2020）；

2、《放射工作人员职业健康管理办法》（卫生部令第 55 号发布）；

3、辐照中心岗位说明书；

4、XHY GL-FZ01《辐射防护和安全保卫制度》

七、相关记录

1、放射工作人员职业健康体检报告

2、放射工作人员辐射安全与防护培训合格证（知识考核合格证）

3、B277 工作人员辐射监测记录表（个人剂量计）

4、B279 辐射安全与防护培训合格人员登记表

2024 年 7 月 1 日

附件 9：辐照中心工作人员培训管理制度

鑫宏业科技（湖南）有限公司	文件编号：XHY/GL-FZ03-2024	版本号：A/0
辐照中心管理文件	辐照中心工作人员培训管理制度	页　数：1/2

一、目的

不断提高辐照中心全体员工辐射防护知识水平，提高电子加速器工作人员学习能力、业务能力和综合素质，杜绝安全事故，确保人员、设备和产品安全，稳定和提高辐照加工质量。

二、范围

辐射加工和辐射防护专业培训，覆盖辐照中心主管领导及所有员工，按照“培训计划和生产需要相结合”、“理论知识与实际操作相结合”原则，提高技术水平和操作技能，增强岗位职责履行能力，确保生产安全。

三、职责

1、辐照中心主管负责每年度人员培训计划的制定和实施，并报公司人资行政部（人力资源主管）备案，总经理批准。

2、辐照中心主管人员负责根据培训对象实际情况组织培训内容，并主持完成辐射加工和辐射防护培训；必要时，组织指定人员参加委外培训。

四、内容

1、培训方法

岗前培训与再培训结合，授课与实操培训相结合，内培与外培相结合，分期分批安排各级人员参加培训。

2、培训组织

（1）委外培训：①参加有关机构组织的放射工作人员岗前培训和再培训；②参加行业协会或大专院校组织的辐射安全和防护培训班（上岗培训和再培训），或卫生部门组织的放射工作人员安全防护知识与职业健康培训；③参加电子加速器供应商组织的使用操作培训、维护维修技术培训。

（2）内部培训：①辐照中心新员工入职培训；②内部调岗培训；③根据实际运行状况的针对性强化培训；④注重日常工作引导和不断纠正、不断改善的培训培养作用。

3、培训内容

安全生产应知应会；辐射安全和防护基础知识，辐射安全相关法律法规知识（新颁布或新修订动态），现行有效的辐射安全和防护专业标准、规范，国际国内辐射安全事故分析等。

电子加速器线缆辐照装置与辐照工艺，加速器辐照装置使用维护知识，本辐照中心相关管理制度和操作规程（辐射防护和安全保卫制度，加速器辐照装置操作规程，加速器设备检修维护及安全连锁检查制度，辐射加工质量管理规定，辐照中心工作人员健康管理制度，辐射事故应急预

案等）。

4、培训时间

一般首次培训时间累计不得少于 4 天，再培训间隔不超过 2 年且累计时间不少于 2 天；具体以岗前培训合格、在岗考核通过为准。

5、培训考核

外培以培训班要求为准，内部培训根据培训对象和培训内容设置考卷或实际操作训练考核内容，应有培训和考核记录。

六、相关文件

1、XHY GL-XZ12 员工培训方案与指引

2、XHY GL-FZ01 辐射防护和安全保卫制度

3、XHY QW-FZ01 电子加速器辐照装置操作规程

七、相关记录

1、B012-0 培训记录表

2、培训考核试卷

2024 年 7 月 1 日

附件 10：加速器设备检修维护及联锁检查验证制度

鑫宏业科技（湖南）有限公司	文件编号：XHY/GL-FZ02-2024	版本号：A/0
辐照中心管理文件	加速器设备检修维护及连锁检查验证制度	页　数：1/4

一、目的

规范电子加速器辐照装置检修与维护，确保加速器辐照装置的完好适用。

二、适用范围

辐照中心的电子加速器及束下装置、安全连锁及其它附属设备设施。

本文所指加速器设备检修维护，包括日常维护保养、定期维护和试验、设备故障维修、安全连锁检查验证等几个方面。

三、职责

1、加速器辐照装置操作人员负责设备设施的日常使用和维护保养。

2、辐照中心维护主管/维护工程师负责指导和监督加速器辐照装置的日常使用和维护保养，负责故障修复，制订定期维护保养计划并主导实施，必要时邀请设备供应商技术人员到场指导或实施检修维护。重要检修应做好相应检修维护记录。运行记录（包括电脑自动记录）、维修保养记录（设备履历卡）等记录资料应长期保存，不得丢失。

3、指定的专（兼）职辐射安全员负责检查安全连锁系统、报警仪与警示信号灯状况，遵照《辐射安全连锁系统检查验证规定》执行检查验证并记入安全联锁检查表。

四、内容

1、维护检修注意事项

电子加速器辐照装置属于高技术装备，涉及高气压、高电压、高真空、机械传动、制冷水冷、自动控制等多个系统；维护维修人员应依据设备供应商提供的《操作使用手册》《维修手册》等资料，结合具体实践，对设备各系统构成及功能了解透彻，针对故障或异常做详尽分析预判，对维修程序和注意事项要充分回顾，否则不能动手修理或维护。

即使在停机状态下，电源系统、控制系统等关键部位元器件也不得轻易触碰；各安全连锁涉及人员安全和设备安全，不得带病运行，严格禁止任何的随意改动。

2、日常维护保养

做好日常维护保养工作，对加速器及附属装置保持最佳工作状态、保障安全降低故障、保障生产效率和产品质量、延长设备使用寿命极为重要。

2.1 基本内容

按 HJ979-2018，辐射安全和防护上，要求日检查主要包括：1）工作状态指示灯、报警灯和应急照明灯；2）辐照装置安全联锁控制显示状况；3）个人剂量报警仪和便携式监测仪器工作状况；

对辐照装置整体而言，应按设备使用手册对设备各系统运行情况进行日常检查、测量、润滑、紧固和必要的外部清洁。

加速器辐照装置基本处于昼夜连续工作状态，应利用各种停机间歇机会，在保障人机安全前提下，检查工作状态下不能检查的部位（如钛箔的扫描痕迹，束下辊筒状况或高频机内部冷却和清洁状况等）。

钛窗钛箔（常用厚度0.04mm）有使用寿命（一般3-6个月），日常检查和维护保养十分重要；应记录钛窗使用时间，及时发现可能被污染而出现的热斑及其他意外损伤，在寿命终结之前（真空变差为特征）主动更换钛窗，降低“爆窗事件”可能性；一旦钛箔突然“爆窗”，后果可能很严重，如严重污染甚至损坏加速管和分子泵等。

日常维护保养主要包括各系统点检，至少覆盖：

2.1.1 真空系统：真空泵机械声音与冷却，真空度观察，钛箔清洁与钛窗风机风量；

2.1.2 水冷系统：水箱水质，水冷效果，水泵声音、管道渗漏；相关加速器钢筒（大罐）：SF6 气压温度。

2.1.3 高压系统：高频机异味和清洁、风冷水冷，高压电缆清洁，高压锻炼和能量稳定；

2.1.4 束流系统：束流稳定度，束斑和扫描痕迹，扫描磁铁及扫描盒发热点消除。

2.1.5 束下装置：新风风机和传动装置、辊筒轴承发热、束流挡板气缸与水冷管、线材喷淋水、收放线机、线速度与束流比例控制（V/I 比）。

2.2 组织实施

日常维护保养，主要由当班值班长带领操作员实施并记录于点检表，维护人员指导。

3、定期维护和试验

加速器辐照装置经过长时间运行，某些易损件（轴承、钛箔等）应定期更换，还要对能量束流等参数做一些测量试验及调整；必要时需要停机检修维护和试验。加速器维护主管（维护工程师）应制订定期维护保养计划，经批准后执行并记录，每6个月提交一次辐照装置全面检查报告。

3.1 基本内容

3.1.1 钛箔为易损更换件，3-6个月更换一次；大束流使用，更换周期缩短。一般，以真空检漏判断更换必要性，更换钛箔应按《更换钛箔作业指导书》进行。

3.1.2 加速器定期能量锻炼和校正（一般建议半年一次）。采用盖玻片能量标定法。

3.1.3 束流引出系统【电子枪、灯丝、发电机、加速管、各磁铁（导向聚焦扫描）、芯管、扫描盒等】中任一部件更换或拆动后，均必须重新确认电子束中心（束斑大小位置、束条长度位置）。

3.1.4 一般持续使用一年左右，需进行大罐钢筒开罐检查维护维修，开筒后除针对故障部位检查维修外，还应进行以下检查：主体侧板的清洁和绝缘检查，主体各部位安装螺丝有无松动；分压电阻和测量电阻阻值的检查，测量电阻绝缘板绝缘检查；整流硅堆绝缘电阻；电子枪灯丝电流及发电机和传动系统运转输出；初聚电阻阻值检查；仔细检查冷阱有无渗水痕迹；检查射频电极支撑绝缘板绝缘；检查高频变压器（环变）。

3.1.5 在加速器系统良好日常维护保养基础上，按月定期强化检查以下重要部位：安全联锁系统，真空泵（机械泵和分子泵），SF6 气压和气体泄漏；高频机内部元件爬电现象和水渗漏。

3.2 组织实施

3.2.1 具体维护内容及操作程序、注意事项，应严格按照《加速器操作使用手册》指导，由熟练的设备维护主管及维护工程师完成，指定的运行人员加以协助；必要时，应邀请供应商熟练维修技术人员现场指导或实施维护。

3.2.2 维护主管应制订维护计划，辐照中心主任（经理）批准实施；维护主管应将维护实施情况和结果记录于设备履历卡及加速器辐照装置定期检修维护项目一览表等。

3.2.3 易损件应保存有足够数量备件以便维修或保养时更换；

4、设备维修

4.1 修理时机

设备出现故障或异常，影响正常运转或构成隐患的，维护人员应及时修复。

4.2 组织实施

4.2.1 机械部分出现的故障，当班人员可以处理的简单故障，由值班长及时处理；不能处理的，值班长上报维护主管并记录；

4.2.2 对加速器大罐内主体、高频机、真空泵、扫描钛窗、控制台、辐射安全相关连锁等重要部位的维修，必须由加速器维护主管上报辐照中心主任（经理），批准后由维护人员实施。重要故障现象和处理方法过程结果均应记入设备履历卡和维修记录单。

4.2.3 设备维修本公司人员不能独立完成时，可请求设备供应商派人前来修理；

4.2.4 为确保安全，任何时候应有不少于两名本辐照中心员工在场，设备维修才可进行。

五、安全连锁系统检查验证规定

辐射安全员或维护人员负责检查安全连锁系统、报警仪与警示信号灯状况，遵照《辐射安全连锁系统检查验证规定》执行，并记入安全连锁检查表。

5.1 人员安全连锁系统相关数据，必须由辐射安全员或维护人员进行正确设置，或安

装调试人员设置后由本公司维护人员确认，其他人员不得更改；这些数据包括且不限于，辐射剂量报警限值、高压（MeV）限值、最大束流限值等。

安全系统参数无法设置或发现异常时应立即报告辐照中心主任进行处理。

5.2 操作人员每天做一次安全系统点检（见上 2.1），点检结果记录在点检记录表内。

5.3 每月，辐射安全员或维护人员按照安全联锁检查表要求对安全系统所有元件进行全面检查验证，发现工作异常的元件应立即报告并由维护人员维修或更换，恢复正常；对安全系统的全面检查，包括控制柜钥匙开关、防护门口声光报警和状态显示、门机联锁、门内光电开关、各处急停按钮和拉线开关、巡检按钮等，并作相应记录；

5.3.1 安全连锁系统正常才能开机；安全系统有故障时不得开机工作。

任何人不得擅自解除任一安全连锁。辐照装置的安全连锁系统及其它安全设施变动时，应经环境保护主管监管部门审批，办理变更手续后方可实施。

5.3.2 加速器控制台、迷道内光电和急停开关、防护门外工作状态指示灯及音响报警装置、迷道内辐射剂量监测系统、辐照室内的摄像监控系统均应保持完好。

5.3.3 配备的个人剂量计、剂量报警仪，便携式辐射监测仪等保持完好，检测报警功能正常可靠。

六、相关文件

1、WL-067　DD3.0-30 加速器技术资料

2、WL-068　DD 型加速器操作手册

3、XHY GL-FZ01 辐射防护和安全保卫制度

七、相关记录：

1、B285 加速器辐照装置日常维护保养点检表（上）（下）。

2、B286 加速器辐照装置定期检修维护项目一览表。

3、B300 加速器常用备件表。

4、B301 辐照中心常用耗材表。

5、B302 加速器辐照装置专用工具。

6、B308 加速器安全联锁检查表。

7、B348 设备履历卡

2024 年 7 月 1 日

附件 11：加速器装置使用登记及台账管理制度

鑫宏业科技 （湖南）有限公司	文件编号：XHY/GL-FZ04-2024	版本号：A/0
辐照中心管理文件	加速器装置使用登记 及台账管理制度	页　数：1/2

一、目的

依国家法律法规要求及本公司规章制度，为梳理和规范本公司辐照中心加速器装置使用登记及台账管理，特制定本制度。

二、适用范围

公司辐照中心加速器辐照装置及相关台账记录

三、主要依据

1、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院第 449 号令），2019 年 3 月 18 日施行；

2、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（总局令第 31 号），2021 年 1 月 4 日修正；

3、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环保部令第 18 号），2011 年 5 月 1 日起施行；

4、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）。

四、内容

根据国家有关规定，使用放射性同位素和射线装置的单位，应当建立放射性同位素和射线装置管理台帐；其管理台帐应当载明设备的使用、保养、检测、维修等情况并长期保存。根据辐照中心几年来的运行实况，对管理台账梳理如下：

4.1 辐照中心填写并保存当年更新的《设备台账 B052》（公司装备部）；

4.2 辐照中心应保存上一年度的《辐照中心辐射安全与防护状况评估报告》；

经公司批准，辐照中心负责向监管机构提交《辐照中心辐射安全与防护状况评估报告》，并在全国核技术利用辐射安全申报系统（http://rr.mee.gov.cn/）中上传。

该报告包含本公司“辐射安全许可证”、“射线装置明细登记表”等必要台账资料。

4.3 其它应长期保存的档案材料：

根据监管机构要求，以下档案资料应可靠保存、随时备查：

4.3.1 主档资料：

1）通过审批的环境影响评价文件（辐射环境影响评价报告表及批文）；

2）辐射安全许可证申请材料及辐射安全许可证正副本；

3）核技术利用项目竣工验收资料及验收监测报告；

4）辐射工作安全责任书（法人代表签署），及年度辐射安全评估报告；

4.3.2 副档资料：

1）辐射工作单位档案（表）；包括，辐射安全管理机构文件（企业内发）；

2）管理、操作人员辐射安全培训合格证；

3）个人剂量监测合同，个人剂量档案，工作人员健康档案（年度体检报告等）；

4）现场监督检查材料（监管机构整改要求等）；

5）其它日常监管台账（与辐射工作相关的台账资料）；

4.4 加速器使用登记及记录保存

4.4.1 辐照中心电子加速器装置基本连续运行，除非故障停机或倒班需要停机。依据《FZ01 电子加速器辐照装置操作规程》，运行中需认真记录加速器运行状态：

1）B273 电子加速器运行记录表，视同使用登记，各班值班长负责记录，长期保存；

2）加速器操作系统自带运行参数、故障消息等记录（5分钟间隔），长期保存硬盘中；

3）B275 线缆辐照生产原始记录表，机台各班主机手负责填写，长期保存；

4）B309 电子加速器辐照装置开关机检查记录表，遇开关机操作时填写，长期保存；

4.4.2 依据公司设备管理制度及《GL-FZ02 加速器设备检修维护及安全连锁检查制度》，各组操作员及维护人员还应完成以下记录：

1）B285 加速器辐照装置日常维护保养点检表（上）（下），日常点检和维护保养，由操作员（主机手/副机手）逐日实施并记录于点检表，当班值班长监督，维护人员指导。

2）B286 加速器辐照装置定期检修维护项目一览表，作为年度检修维护计划及实施记录，辐照中心经理批准后，加速器维护主管（维护工程师）负责组织实施并记录。

根据 HJ979 要求，加速器维护主管每 6 个月应系统检查“全部安全设备和控制系统运行状况”，“配合年检修的检测”，提交加速器装置半年度全面检查报告。

3）B308 加速器安全联锁检查表，由维护主管（维护工程师）负责组织实施，专用于月度安全联锁检查记录，长期保存。

4）B278 工作场所辐射监测记录表，由辐射安全员负责，依据《辐照中心辐射监测方案》，每月至少监测记录一次，记录长期保存。

5）B348 设备履历卡（装备部），维护主管（维护工程师）负责，分别记录各加速器机台所发生的维修，取代原 B309 辐照中心设备维修保养记录表和 B310 加速器运维日志。该记录电脑中进行，电子表格便于统计分析。

五、相关记录

略，见正文。

2024 年 7 月 1 日

附件 12：辐照中心辐射事故应急预案

鑫宏业科技（湖南）有限公司	文件编号：XHY/QW-FZ05-2024	版本号：A/0
辐照中心作业指导书	辐照中心辐射事故应急预案	页　数：1/4

一、编制目的

依据国家有关辐射安全和防护的有关规定，本公司的加速器辐照装置设计安装有可靠的能保障设备安全和人员安全的安全联锁装置，并依法制订有严格详尽的管理制度和操作规程，经过合规的辐射环境影响专业评价和授权监管机构批准。正常情况下，上述措施完全可以避免辐射事故发生，确保工作人员及公众健康与安全，确保环境安全。

但工业辐照加速器装置束功率较大，属于Ⅱ类射线装置，一旦发生辐射事故，可能使受照人员产生较严重损伤。根据监管机构要求，为积极防范、及时有效处置意外发生的辐射事故，最大程度减少人员和财产损害，特编制本预案。

二、定义

1、**辐射事故：**是指放射源丢失、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意外的异常照射或环境放射性污染的事件。

核技术利用单位发生辐射事故，必须立即上报，由监管机构立案调查处理。

2、**辐射事故的分级：**根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响的范围等因素，将事故分为Ⅰ级(特大)、Ⅱ级(重大)、Ⅲ级(较大)、Ⅳ(一般)四个级别(具体参见《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院第 449 号令），2019 年 3 月 18 日施行)。

按射线装置分类标准，本辐照中心的加速器属Ⅱ类射线装置，辐射事故主要分级内容为：

Ⅰ级(特别重大)：射线装置失控导致 3 人以上(含 3 人)急性死亡；

Ⅱ级(重大)：射线装置失控导致 2 人以下(含 2 人)急性死亡或导致 10 人以上(含 10 人)重度急性放射病、局部器官残疾；

Ⅲ级(较大)：射线装置失控导致 9 人以下(含 9 人)急性放射病、局部器官残疾；

Ⅳ级(一般)：射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值照射。

三、主要依据

1、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（中华人民共和国国务院第 449 号令），2019 年 3 月 18 日施行；

2、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（总局令第 31 号），2021 年 1 月 4 日修正；

3、《放射工作人员职业健康管理办法》（卫生部令第 55 号），2007 年 11 月 1 日起施行；

4、《国家环境保护总局辐射事故应急预案 》（环办（2007）17 号 ）；

5、《卫生部关于印发<卫生部核事故和辐射事故卫生应急预案>的通知》（卫应急发〔2009〕101号）。

四、辐射事故应急组织

公司成立辐射事故应急小组，总指挥由总经理担任，副总指挥由辐射中心主任（经理）担任，成员由公司行政部负责人、财务部负责人、辐照中心安全员、加速器运行主管等人员组成。主要职责是：指挥、组织、协调、部署辐射事故应急处置工作。

(1)接到放射事故发生的报告后，立即赶赴现场，迅速、正确判断事件性质；

(2)首先采取措施保护工作人员和公众安全，最大限度控制事态发展；

(3)布置现场警戒，划定紧急隔离区，判别受照人员，维持秩序保护现场；

(4)两小时内向监管机构（环境主管部门）报告辐射事故和应急救援情况；

(5)保障供应，调度人员设备物资，联系医院，开展受照人员紧急救治；

(6)配合上级主管部门（卫生、环保、公安）各项现场处理工作。

辐射事故应急小组的日常办事机构为“公司安委会”下专设的辐射安全与环境保护领导小组，一旦突发辐射事故，应急小组启动。成员职责分工：

辐照中心：事故区域及设备管制，受照人员判别，维护现场秩序；协助其它部门工作；

辐射安全员：与环保、卫生、公安等部门联络、事故调查处理和定性定级；

行政部：治安维护、消防救护等，安排伤员预处置及医疗机构陪同护送；

财务部：应急事故处置的经费保障；

五、辐射事故应急处置预案

（一）预案启动

加速器工作状态下发生人员误入控制区，或发现有人员可能受到超剂量照射，应急小组应立即启动本应急预案。(超剂量照射——受照剂量超过《粒子加速器辐射防护规定》（GB 5172-1985）、《放射事故管理规定》（中华人民共和国卫生部、中华人民共和国公安部令第16号）附表所列受照部位及所受照射剂量限值)

1、辐照中心现场人员应立即切断加速器高压电源，迅速撤出伤员，保护现场，并立即向辐射事故应急小组报告。

2、辐射事故应急小组迅速组织对受照射情况初步判断：查明受照人员所处位置、停留时间，通过个人剂量计或其它方法迅速估算人员受照剂量(估算不准的按最高可能剂量估算)，判断事故等级。

3、如构成事故，按规定在1小时内上报市、区环保及公安等管理部门，并做好辐射事故

档案记录。2 小时内填写《辐射事故初始报告表》；同时应迅速安排疑似受照人员接受医学检查或在指定医疗机构救治。

4、协助监管机构专业人员，对辐射事故受照人员进行受照剂量模拟测定或估算，向医疗救治机构提供医学处理措施依据；应建立并保存相应的事故人员医疗健康档案和剂量档案。专业医院可选：

湖南省职业病防治院（南华大学附属职业病防治院），曾用名“湖南省劳动卫生职业病防治所”，始建于 1961 年，内部建设有“国家区域性核辐射损伤医疗救治基地”，具备辐射损伤人员紧急医疗救护、辐射损伤人员医学随访等能力，有相关诊断试剂和药物储备；

地址：长沙市新建西路 162 号（南门），长沙市雨花路 21 号（东门）。

（二）调查和善后处理

1、应急状态结束前，应急小组应保护事故现场，积极配合环保等监管机构做好事故调查和善后处理工作，并填写辐射事故报告表。

2、对发生事故的电子加速器装置及设施，邀请专业检测部门进行检测或维修，分析事故发生原因，提出整改意见，限期改正，杜绝类似事故再次发生。

应深入总结技术设备和管理方面原因，事故的发生时间、现象、过程、原因分析、处理办法、维修处理(负责)人等均应记录在案备查。

3、应急结束：应急处置结束并确认危害因素消除后，由应急小组总指挥宣布应急解除。

4、上述事故发生后，如要恢复辐照装置的正常运行，辐射安全与环境保护领导小组应制订恢复运行的计划和报告，经公司领导批准后报有审批权的监管机构审批。

5、信息发布：必要时，由应急小组指定人员根据调查结果，及时向员工及公众正确发布事故有关情况，消除公众疑虑和恐慌。

六、辐射事故之外的其它紧急事件处置

1、如辐照中心区域内出现火灾，值班人员首先应将射线装置关闭，钥匙开关置于安全位置，停止一切设备运行，尽快向消防部门及公司领导报告。

需要进入辐照室灭火时，首先要确认加速器所有电源已关闭，室内安全，而后才可佩戴防护用具（呼吸器等）携个人剂量计+个人剂量报警仪进入室内灭火或抢救设备物资等。

2、如发生地震(以有明显震感为准)、水灾，现场人员应首先关闭加速器高压，停止所有设备的运转，切断电源，封闭所有通向辐照室的通道。

需要进入辐照室或控制区其它地方时，按《辐射防护和安全保卫制度》要求，先确认设备电源已关闭，室内安全，而后再依相关规定进入。险情未解除前，应安排值班人员密切监视装置周边状况，特别是各处水管、电线等，严防漏电漏水，损害计算机或其他精密设备。

七、应急保障

1、资金保障

辐射事故应急和救援工作所需经费，应按规定程序审核、批准和拨付。

2、装备保障

加速器安全防护人员应在指定地点配备适当数量的便携式辐射监测仪表和防护用品、灭火器材，供应急之用。

3、通信保障

建立健全辐射事故应急通信系统，配备必要的有线和无线通信设备，维持应急联络通讯录，确保通信联络畅通。

4、应急能力日常维持

为保证辐射事故应急能力，辐射事故应急小组应：

(1)按照本预案的要求做好日常应急准备工作(人员、物资、知识储备等)；

(2)制定辐射事故应急人员的应急培训和应急演习计划，并组织实施；

(3)积极开展辐射事故应急准备、应急响应及应急监测技术学习。

八、责任与奖惩

依据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》和《放射事故管理规定》，发生辐射事故的单位，由辐射安全许可证发证机构责令限期改正并处罚款，情节严重的，由原发证机关吊销许可证；构成违反治安管理行为的，由公安机关依法予以治安处罚；构成犯罪的，依法追究刑事责任。因辐射事故造成工作人员或他人损害的，单位依法承担民事责任。

（一）在事故应急处置工作中贡献突出的部门或个人，给予适当表彰；

（二）对在辐射事故预防、报告、调查、控制和处置过程中玩忽职守、失职、组织不力或有迟报、瞒报等行为的责任人，依法依纪追究相关责任。

九、相关记录

B280 应急通信联络表；

B281《辐射事故初始报告表》；

B282《辐射事故调查处理报告表》。

十、联系电话

各部门联系方式如下：

6

0

55

2024 年 7 月 1 日

附件 13：辐照中心辐射监测方案

一、目的

为及时准确监测环境辐射和工作人员接受辐射剂量状况，杜绝各类辐射安全事故，确保辐照中心的安全运行，特制定本监测方案。

监测范围覆盖辐照中心控制区外围的所有监督区。

二、职责

辐照中心主任（经理）负责制定批准辐照中心辐射监测方案，并根据年度评估报告和环保监管部门意见进行完善和修订；

辐照中心辐射防护安全员负责实施场所日常月度监测和个人剂量计佩戴监督工作；

三、内容

1、监测仪器。

辐照中心应配置适当的辐射监测设备。根据目前辐照中心实际状况，至少配备一台经定期校验的 X/γ 辐射巡检仪。每台加速器装置配备两台便携 X/γ 个人剂量报警仪，安装固定式射线监测装置且实现对防护门开关的“剂量控制”；

射线监测仪功能基本要求如下：

a. 对辐射响应灵敏，仪器的剂量率测量范围不小于：0.01μSv/h～100mSv/h；

b. 可测 X/γ 射线能量范围不小于：0.05MeV～3MeV。

c. 超过设定阈值（如 0.25μSv/h）能蜂鸣报警；

2、监测方案

（1）辐照中心所有现场工作人员均应正确佩戴个人剂量计（热释光个人剂量计）。

辐射监测要求见下表：

监测对象	监测项目	评价指标	监测频次	管理要求
辐照中心工作人员	个人累积剂量	年累积有效剂量≤5mSv	三个月测读一次，计入个人剂量档案表累积。	测读时间间隔最长不得超过 90 天；累积超过限值或发现剂量读数异常应及时报告处理。

要求：a. 工作人员进入控制区、监督区等工作区域，必须佩戴专属个人剂量计；

b. 射线装置停机后，工作人员进入控制区，除佩戴个人剂量计外，还应携带并打开有报警功能的剂量报警仪。

c. 遇报警仪报警等异常情况下，由辐射安全员根据剂量率读数判定，是否需要立即进行个人剂量计测读和记录；

（2）辐照中心场所（1#、2#、3#、4#、5#、6#辐照室及周边）监测布点见下表：

监测（检查）项目	监测因子	监测点位	监测频次	监测方式	控制水平	超标处理方案
工作场所及周围环境辐射水平	X、γ辐射剂量率	加速器机房（1#~6#）四周墙外30cm处、加速器机房辐照室（1#~6#）顶部离地30cm处、电缆车间四周墙外30cm处、操作位、防护门门缝处、辐照品出入口、监督区边界、周围人员易活动区域等	每年一次	委托有资质单位	不大于2.5μSv/h	立即停止相关工作，查找原因，整改完成后委托有资质的第三方检测机构进行复核，经检测合格后方能继续开展工作。
			每月一次	自行监测并备档	不大于2.5μSv/h	

备注：1.加速器正常运行状态下进行各处剂量率检测，并记入工作场所辐射监测记录表；

2.每年委托辐射监测单位(有资质第三方)对辐射工作场所及周围环境现场监测至少一次。

五、相关记录

B277 工作人员辐射监测记录表

B278 工作场所辐射监测记录表

B279 辐射安全与防护培训合格人员登记表

B603 监测设备、报警仪器和辐射防护用品登记表表

2024年 7月 1 日

附件 14：环境质量现状监测仪器使用说明书（部分）

沪制 02300023 号

地址：上海市浦东新区康桥东路 1365 弄 2 号楼 1F
电话：021—68183030　　传真：021—20786568
邮箱：info@radtek.cn
网址：www.radtek.cn

RJ38-1103 型
智能化 X－γ 辐射仪

使用说明书

ergoDI

上海仁机仪器仪表有限公司

Shanghai Ergonomics Detecting Instrument Co,.Ltd

前言

简介

RJ38-1103 系列智能化 x-γ 辐射仪 是监测各种放射性工作场所 x、γ 射线辐射剂量率的专用仪器。和国内同类仪器相比，该仪器具有更大的剂量率测量范围和能量响应特性。

RJ38-1103 型　　测量上限提高到了 *600μSv/h*；

该系列仪器具有剂量率、累计剂量、CPS 等测量功能，使仪器的用途更为广泛，深受广大用户、特别是卫生监督部门用户的好评。它采用功能较强的新型单片机技术，采用惰性探测器。由于探测器通过有效能量补偿，故该仪器既有较宽的测量范围，又有较好的能量响应特性。

特点与功能

- *仪器灵敏度高，测量范围大；能量响应特性好*
- *单片机控制，LCD 液晶显示；背光功能*
- *液晶显示屏，背光功能；操作简便*
- *内置 800 组剂量率储存数据，可随时查看*
- *剂量率，累计剂量均可测量*
- *具有剂量率阈值报警功能*
- *具有剂量率过载报警功能*
- *具有探测器故障报警功能*
- *具有电池欠压报警功能*
- *全金属外壳，适合野外作业*

主要技术指标

- 探 测 器：*惰性探测器*
- 灵 敏 度：*1μSv/h≥350cps*
- 能 量 阈：*35Kev*
- 测量范围：*RJ38-1103　型剂量率：0.01-600.00μSv/h*
- 累积剂量：*0.00μSv-9999.99μSv*
- 能量范围：*48Kev~3Mev*
- 能量响应：*48Kev~3Mev≤±30%（相对于 ^{137}Cs）*
- 相对基本误差：*≤±10%*
- 测量时间：*6、10、14、20、30、40、60 秒可调节*
- 读数显示：*剂 量 率：μSv/h、μGy/h、μR/h 可选择*

累计剂量：μSv

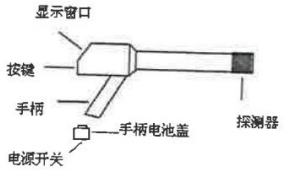
计 数 率：CPS

- 功　　耗：*整机耗电≤160mW（不含显示器背光耗电）*
- 重量与尺寸：*长 45cm　重 1.2kg（包括电池）*

使用须知

- 本仪器为精密仪器，探测器为玻璃制品，使用时应注意轻拿轻放。
- 长时间不使用本仪器，请将电池取出，将仪器放入包装箱中，保存在干燥的地方。
- 注意保持仪器外表面清洁。如仪器外壳有污渍，可用软布擦干净。

结构与面板布置



（图 1）仪器外形结构

面板键有 6 个按键："测量"、"暂停"、"－"、"＋"、"设置"、"背光"。

"背光"	背光键//	用于开启与关闭液晶显示器背光。
"设置"(⊞)	选择键//	用于选择需修改的参数。
"测量"(↵)	启动键//	按该键，仪器开始测量
"暂停"(→)	保持键//	用于停止测量。
"＋"、"－"	修改键//	与"MODE"键配合使用，用于修改仪器参数。

操作方法

用户拿到仪器后，请先检查仪器外观是否有破损，外壳是否松动。参

补充监测仪器说明书：

二 产品概述

1、产品简介

RJ32分体式多功能辐射剂量率仪，具有辐射预警、个人剂量监测和能谱分析功能，可以外接多种专业辐射计量探头，并且可与上位机联机配合分析软件进行专业分析。

2、应用领域

主要用于对放射监测有较高要求的场合，如环保监测（核安全）、放射卫生监测（疾控、核医学）、国土安全监测（出入境、海关）、公共安全监测（公安）、核电站、实验室以及核技术应用等场合。

3、主要技术指标

RJ32-3602 分体式

主探测器：NaI（Tl）闪烁体探测器 闪烁体尺寸：φ30mm×25mmNaI（Tl）

主探测器能量响应：20keV～3.0MeV

主探测器剂量率量程：

环境级：1nGy/h～1.2mGy/h

防护级：10nSv/h～1.5mSv/h（标配）

主机内置探测器类型：GM 管

剂量率范围：0.01uSv/h～150mSv/h

测量方式：实时值、平均值、最大值累积剂量：0.00uSv-999999Sv

相对固有误差：≤±15%（相对 ^{137}Cs）

检测射线类型：X、γ（硬β）

电池使用时间：>24 小时

主机规格：尺寸：170mm×70mm×37mm；重量：250g

工作环境：

温度范围：-40℃～+50℃

湿度范围：0%～98%R.H

包装防护等级：IP65

产品参数随产品更新而更新
可根据客户需求提供定制

附件 15：株环天环评表[2023]15 号

审批意见： **株环天环评表[2023]15 号**

一、鑫宏业科技（湖南）有限公司拟投资 80000 万元，在株洲市天元区株洲高新技术产业开发区新马创新工业片区（新马东路以东，株洲大道南辅道以南，月塘路以西，月丰路以北地块）建设新能源特种线缆智能化生产基地项目。项目用地面积 100124.93m²，总建筑面积 74124.61m²。主要建设内容：新建 2 栋 1F 生产厂房（1#、3#）、1 栋 3F 生产厂房（2#）、1 栋 3F 研发生产检测中心、1 栋 6F 倒班楼及配套工程；1#生产厂房为线缆生产车间，拟设 20 条光伏线生产线、20 条车内线辐照材料生产线、6 条车内线非辐照材料生产线、10 条电动汽车充电线生产线（共计 56 条线缆生产线），2#生产厂房为线束生产车间，拟设 6 条线束生产线，3#生产厂房为材料车间，拟设 4 条铜丝生产线，研发生产检测中心主要用于办公及生产研发，员工食堂拟设在倒班楼一楼；购置和安装一体化拉丝机、束丝机、编织机、绞机、倒轴机、挤塑机、硅胶生产线、喷码机、剪裁机、旋剥机等主要生产设备。项目建成后可达到年产工业线缆 2 万 km、光伏线缆 5 万 km、电动汽车充电线缆 36 万 km、充电线束 2 万 km 的生产规模。本项目涉及的电磁辐射另行环评。

二、项目建设符合株洲高新技术产业开发区总体规划、符合国家产业政策。根据中皓生态环境有限公司编制的环境影响报告表结论及专家审查意见，在建设单位严格执行环保“三同时”制度，切实落实报告表中提出的各项环保措施后，从环境保护角度，同意该项目按环评报告表中确定的地点、内容和规模进行建设。

三、建设单位在项目工程设计、建设和运行管理中应重点做好以下工作:

1.严格加强施工期环境管理。严格落实建设工程施工工地“8个100%”抑尘措施，遵循“全封闭施工、场地出入口硬化、运输车辆管理、施工湿法作业”等规定，施工现场外围设置围挡，加强洒水频次，减少扬尘的污染影响。施工期废水经沉淀池处理后用于项目洒水抑尘,生活污水经化粪池处理后排入新马创新工业片区污水管网,经市政污水管网进河西污水处理厂集中处理。合理布置高噪声施工设备，远离声环境敏感点，对高噪声设备设置临时隔声屏障，确保噪声达标排放不扰民。声敏感点附近禁止在中午(12:00-14:30)、夜间(22:00~次日6:00)施工，确因工艺要求需连续作业，须报有关部门审批，并向周边居民公示。按规定处置弃土和建筑垃圾,生活垃圾交由环卫部门统一处置。

2.严格废水环境管理。厂区必须按照“雨污分流、清污分流”原则建设排水系统。雨水经厂区雨水沟收集后排入新马创新工业片区雨水管网,进入城市雨水管网。设备冷却水循环使用，不外排。生活污水（食堂废水经隔油池预处理）经化粪池处理后排入新马创新工业片区污水管网,经城市污水管网进河西污水处理厂集中处理,执行《污水综合排放标准》（GB8978-1996）表4中三级标准，并满足河西污水处理厂进水水质要求。规范建设污水排口,厂区只设一个污水总排口，禁止将生产废水和生活污水排入雨水管网。

3.严格大气环境管理。按报告表要求严格落实废气收集措施，每台挤塑机产生的废气分别经集气罩收集后通过两套“UV光解+两级活性炭吸附”装置处理后由2根18m排气筒

（DA001-DA002）排放(每10台挤塑机共用1套废气处理装置及1根排气筒)，非甲烷总烃执行《大气污染物综合排放标准》(GB16297-1996)表2中二级标准、臭气浓度执行《恶臭污染物排放标准》（GB14554-93）表2标准;喷码印刷工序产生的废气经“UV光解+活性炭吸附”装置收集处理后由1根18m排气筒（DA003）排放，非甲烷总烃执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表2中二级标准;厂界外无组织排放的非甲烷总烃、颗粒物排放执行《大气污染物综合排放标准》（GB16297-1996）表2中无组织排放监控浓度限值。食堂油烟经油烟净化器处理后由专用油烟道高空排放,执行《饮食业油烟排放标准（试行）》（GB18483-2001）表2标准。

4.严格噪声环境管理。合理布局，尽量选用低噪声设备，对高噪声设备采取隔声、吸音、降噪和减震措施，确保噪声达标。施工期厂界噪声执行《建筑施工场界环境噪声排放标准》（GB12523-2011）中噪声限值标准;营运期厂界噪声执行《工业企业厂界环境噪声排放标准》（GB12348-2008）3类标准,临交通干线一侧执行4类标准。

5.严格固废环境管理。做好工业固体废物和生活垃圾的分类收集、转运、综合利用和无害化处理工作,按照《一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准》（GB18599-2020）和《危险废物贮存污染控制标准》（GB18597-2023）中规定要求，分类规范建设一般固体废物堆场和危险废物暂存间，定期进行综合利用或无害化处置,其中危险废物暂存后按协议送有资质单位处理，危险废物转移须办理转移联单手续。生活垃圾交由环卫部门统一处置。

6.建立健全环境管理制度，按相关规定妥善保管、贮存危险化学物品。加强环境管理，制定环境风险防范措施和应急预案并落实到工作岗位，定期演练。严格执行清洁生产，强化环保设施风险防范措施、泄漏应急处理措施、安全管理措施，防止发生环境污染事故，确保外排污染物长期稳定达标。

四、本项目排污总量：COD0.41t/a、NH_3-N0.07t/a、VOCs4.36t/a，总量指标纳入株洲市生态环境部门总量控制管理。

五、建设单位应在收到本批复后10个工作日内，将批准后的本项目环评报告表送株洲市生态环境局天元分局。项目在启动生产设施或实际排污之前应当申请取得排污许可证，按证排污；按规定程序及时做好竣工验收方可生产，并按相关规范开展自行监测。该项目事中事后监管工作由株洲市生态环境保护综合行政执法支队天元执法大队负责。

六、环境影响报告表经批准后，若项目的性质、规模、地点、生产工艺和环境保护措施等发生重大变动的，须重新报批环境影响报告表。自环境影响报告表批复文件批准之日起，如超过5年方决定工程开工建设的，环境影响报告表应当报我局重新审核。

经办人：

负责人：

株洲市生态环境局

2023年3月9日

附件 17：产品说明书（部分）

中广核 CGN

中广核达胜加速器技术有限公司

DD 型高频高压电子加速器

通用操作手册

（中文版）

目 录

目 录

二、规格

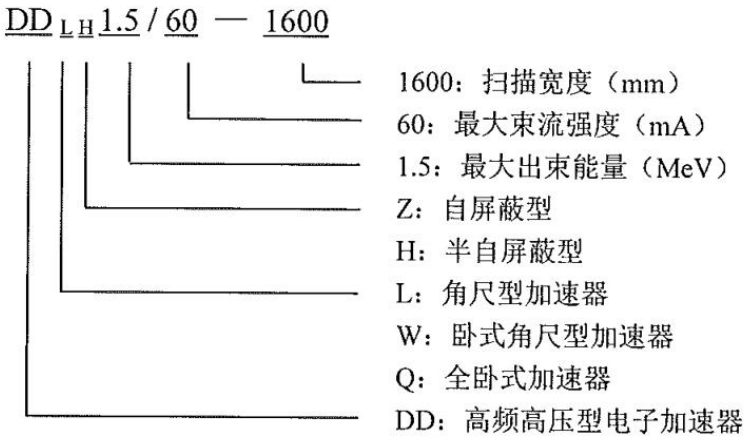
2.1 设备简介

2.1.1 设备概述

高频高压（DD）型加速器是一种直流高压型加速器，与传统的倍压加速器类似，也是用倍压整流电路产生直流高压的。不同的是，传统倍压加速器用的是电容**串联**耦合型级联倍压整流电路，而高频高压型加速器则用的是电容**并联**耦合型级联倍压整流电路。具有束流能量高、输出功率大、高压纹波小等优点，并且静电储能小（打火破坏性小）、内阻低、结构紧凑、工作稳定可靠、检修方便。束流能量为 0.5～5.0MeV，束流功率最大可以达到 150kW。

目前高频高压型加速器是辐射加工领域应用最广泛的加速器类型。其主要工业应用领域有 1.材料改性：如线缆、轮胎、热缩材料、发泡材料、涂层固化、半导体材料等；2.消毒灭菌：如医卫用品、食品等；3.环保应用：如电子束三废处理等。

2.1.2 产品型号规则



（上例实际产品为：1.5MeV60mA 扫描宽度为 1600mm 的半自屏蔽角尺型高频高压型电子加速器）

规格表

技术指标 产品型号	电子束能量	电子束流强（连续可调）	扫描宽度（mm）	加速器结构
DD$_{LZ}$0.5/60 **DD**$_{LZ}$0.5/80 **DD**$_{LZ}$0.5/100	0.5 MeV	60mA 80mA 100mA	1000~1600	立式角尺型自屏蔽
DD$_{LZ}$0.8/60 **DD**$_{LZ}$0.8/80	0.8 MeV	60mA 80mA	1200~1600	立式角尺型自屏蔽
DD$_{WZ}$0.8/60	0.8 MeV	60mA	1200~1600	卧式角尺型自屏蔽
DD$_{/QZ}$0.8/60	0.8 MeV	60mA	1200~1600	立式或 全卧式自屏蔽
DD$_{/L/LH/LZ}$1.0/80	1.0 MeV	80mA	1000~1600	立式/角尺型/半自屏蔽 角尺型/自屏蔽角尺型
DD$_{/L/LH/LZ}$1.5/60 **DD**$_{/L/LH/LZ}$1.5/65 **DD**$_{/L/LH/LZ}$1.5/80	1.5 MeV	60mA 65mA 80mA	1000~1800	立式/角尺型/半自屏蔽 角尺型/自屏蔽角尺型
DD$_{/L/LH/LZ}$ 2.0/50 **DD**$_{/L/LH/LZ}$ 2.0/60	2.0 MeV	50mA 60mA	1000~1600	立式角尺型/半自屏蔽 角尺型/自屏蔽角尺型
DD$_{/L/LH/LZ}$ 2.5/40	2.5 MeV	40mA	1000~1600	立式/角尺型/半自屏蔽 角尺型/自屏蔽角尺型/
DD 3.0/30 **DD** 3.0/33	3.0 MeV	30mA 33mA	1000~1600	立式
DD 3.5/30	3.5 MeV	30mA	1000~1400	立式
DD 4.5/20 **DD** 4.5/30	4.5 MeV	20mA 30mA	1000~1200	立式
DD 5.0/20 **DD** 5.0/30	5.0 MeV	20mA 30mA	1000~1200	立式

2.1.3 高频高压型加速器原理介绍

高频高压型电子加速器的基本结构如图 2.1 所示，它的主体部分由直流高压发生系统（包括高频振荡器、高频变压器、高频电极、电晕环、整流硅堆、高压球帽等）、电子束加速系统（E-beam acceleration system）、扫描引出系统（Beam scan and output system）、钢筒（Pressure Vessel）组成；辅助系统包括计算机控制系统、真空系统（Vacuum Pumping System）、六氟化硫（SF_6）气体处理系统（SF_6 Gas Handling System）、水冷却系统（Water Cooling System）、辐射防

护安全联锁及监测系统、束下传输系统（Under Beam Conveyor）等。

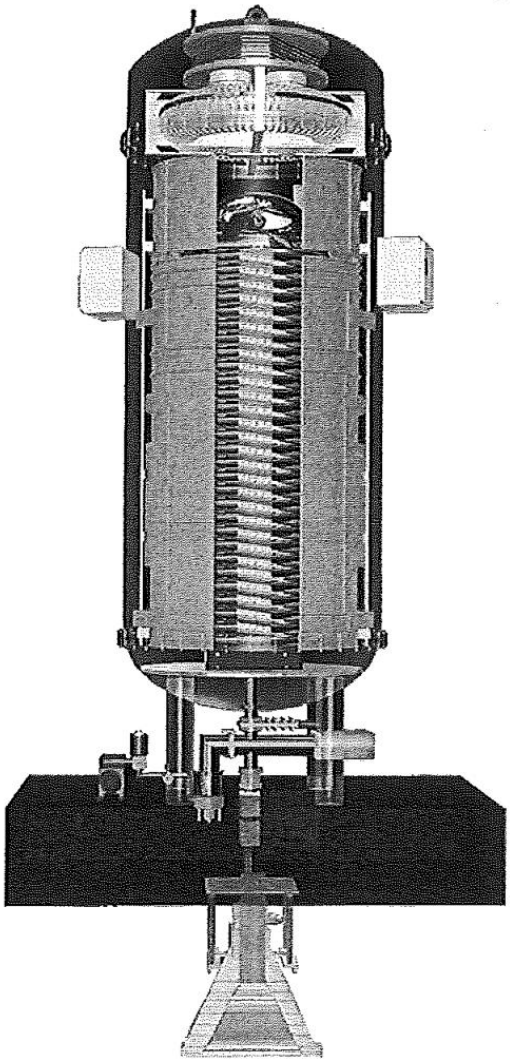


图 2.1 高频高压型电子加速器结构图（直立型）

高频高压型电子加速器的直流高压发生器采用的是电容并联耦合的级联倍压整流电路(Parallel Coupling & Series Voltage Multiplying System Circuit)，它是由 Schenkel 倍加线路发展而来。其高压倍加电路见图 2.2，工作原理为：高频电极与耦合电极（电晕环）之间的构成耦合电容 Cse，整流硅堆（主要元件为二极管）本身及与其并联的分布电容为 Cac，电路的负载为电子束加速系统。所有一侧的耦合电容 Cse 形成并联电路，耦合电容间通过整流硅堆连接。高频振荡器从电网取电后产生的低压高频电压馈入 LC 谐振回路后，经由高频变压器升压后传送到两块半圆弧形电极板（高频电极）上，两个高频电极的电位交替变化，通过耦合电容和整流硅堆，从一侧电晕环向另一侧电晕环充电，位于一侧的各级耦合电容同时充电，由于整流硅堆的单向导电性，充电只能向一个方向前行，这样在

电路中的每个 Cac 上可获得的直流高压 V_0，并从低电位逐级升高直至整流硅堆链的端部高压球帽处，可以获得 NV_0 (N 为电路中整流硅堆的数量)的直流高压，这也决定了电子束加速系统的最终能把电子束流加速到多大能量。

如图 2.1 DD 型加速器基本结构图所示，整个高压倍加电路（图 2.2 中虚线部分）置于充有高气压的绝缘气体的钢筒内，气体介质既对高频高压也对直流高压提供绝缘。钢筒内壁安装有两个半圆筒形状的金属高频电极，两个电极分别连接于谐振线圈（高频变压器）的两端，形成 LC 振荡电路。外设的高频振荡器为 LC 谐振电路提供低压高频电源。高频电极与钢筒外壳电气绝缘。钢筒中心是由电晕环和整流硅堆组成的多级并联耦合的级联倍压整流电路。电晕环也为半圆环，分别与高频电极相对，交替排列分布。电晕环之间串联连接着整流硅堆。整流硅堆链一端接地，另一端接高压球帽。高压球帽是一个较大的半圆球形状的金属电极。高压电极为电子束加速系统提供所需的端电压（负高压）。从高压球帽内的电子枪（Electron Gun）产生的电子束流(Electron Beam)在高压球帽提供的负高压作用下通过在高真空环境下的高电压梯度加速管内（High Gradient Beam Tube）时得到加速，从加速管中出来的高能电子束由扫描磁铁在水平和垂直两个方向进行扫描，然后穿过钛窗钛箔（Scanning Horn）对产品进行辐射加工。

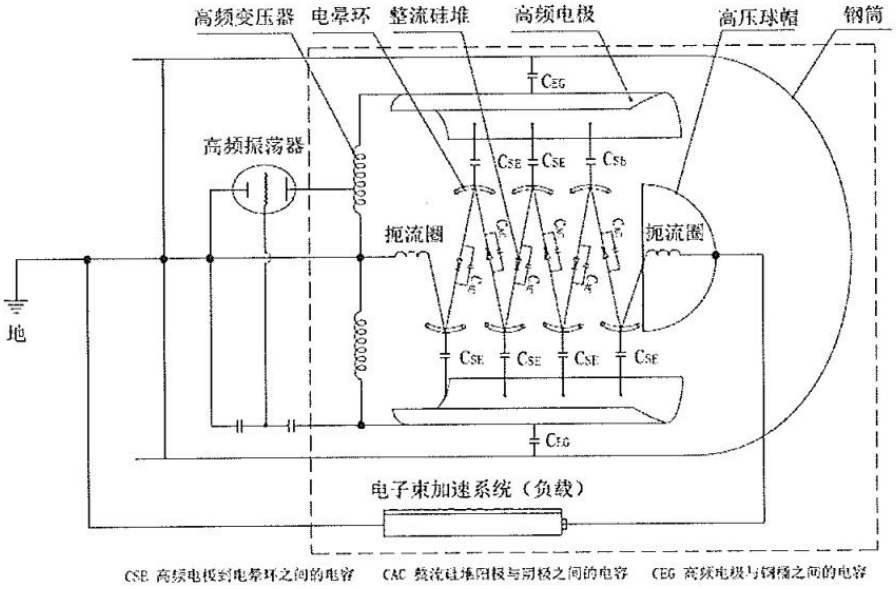
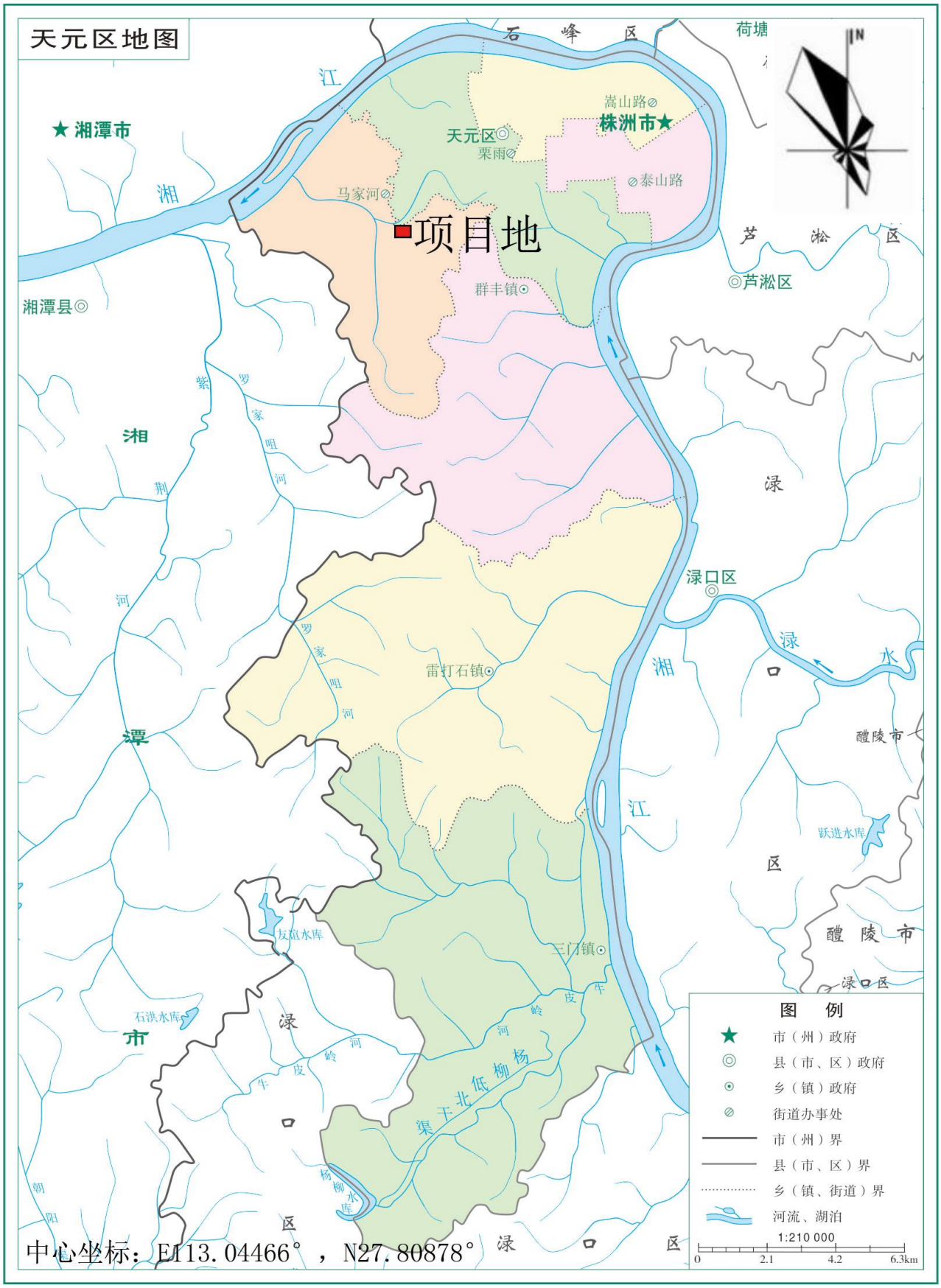


图 2.2　DD 型加速器的高压倍加原理图

2.1.4 加速器设备结构形式

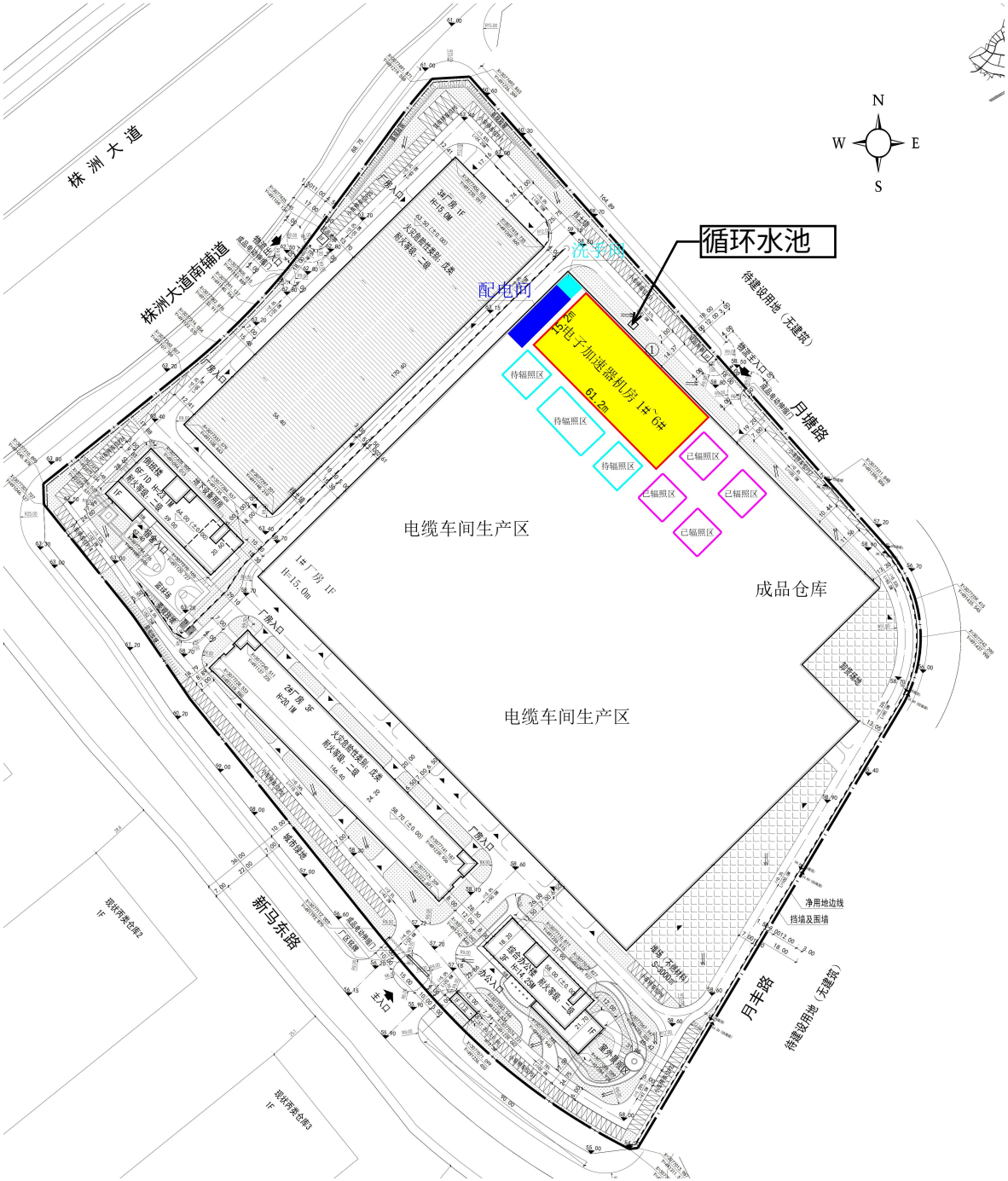
高频高压型加速器按主体结构形式可分为直立型和角尺型。

行政区划示意版

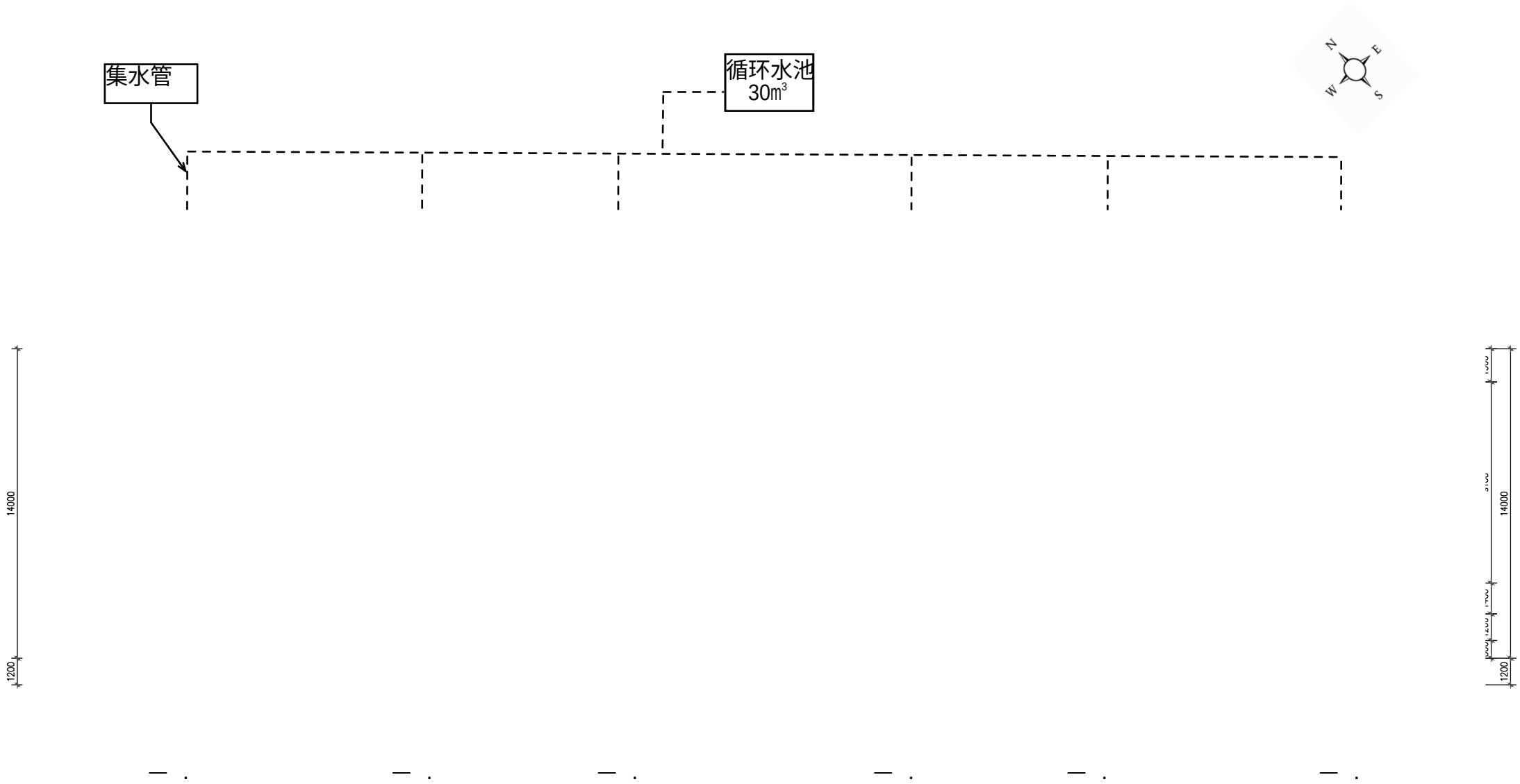


审图号 湘S（2023）273号　　湖南省自然资源厅 监制　湖南省第三测绘院 编制　二〇二三年七月

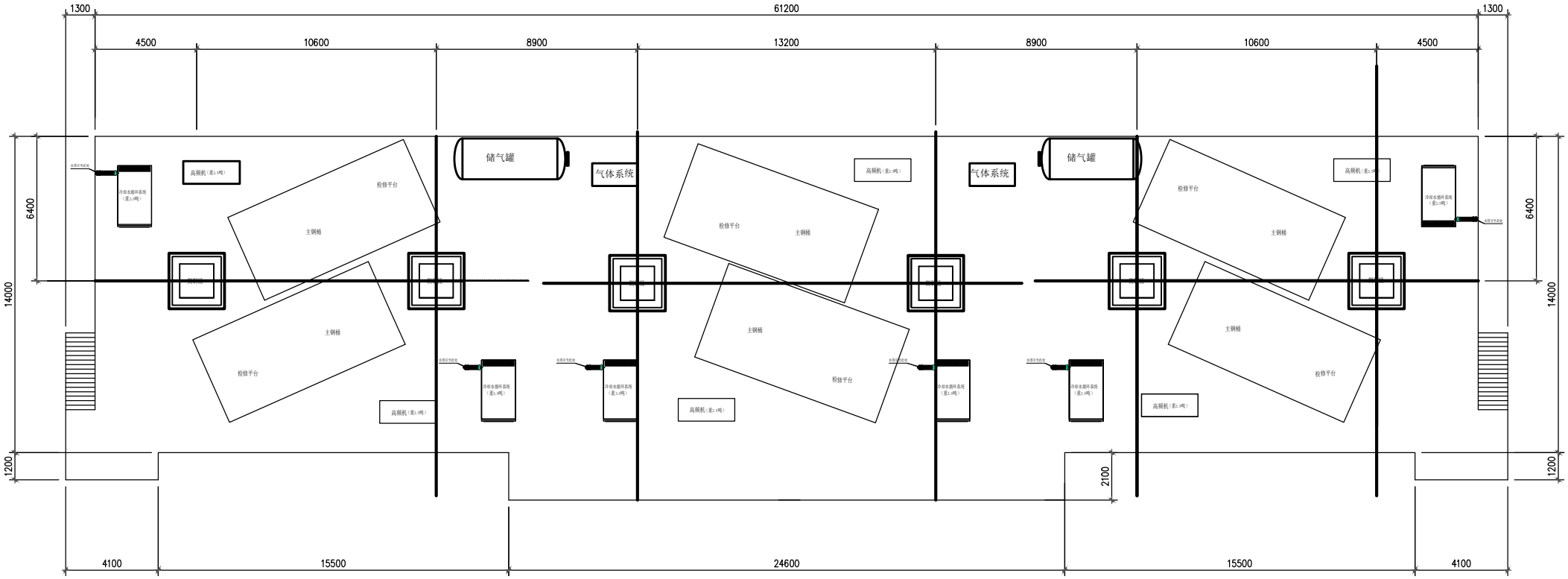
附图1　项目地理位置图



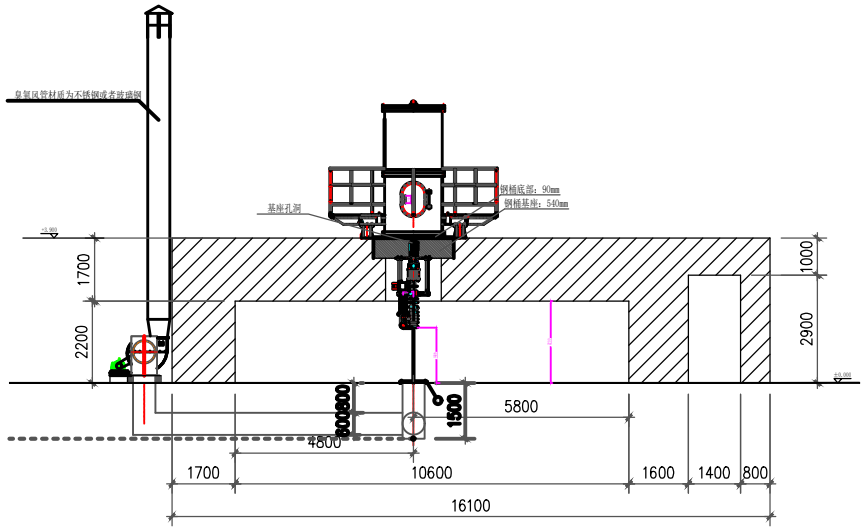
附图2　加速器机房与企业总平面布置位置关系示意图



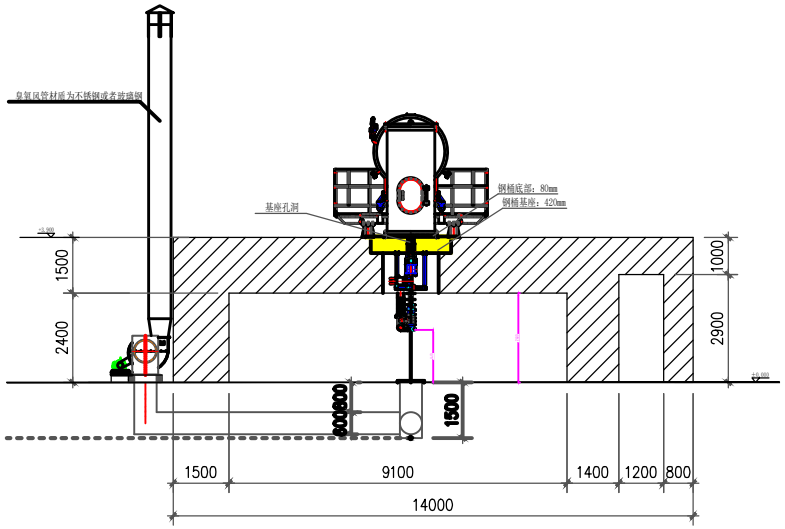
附图3-1 一层辐照室平面设计图



附图3-2 二层设备平台平面设计图

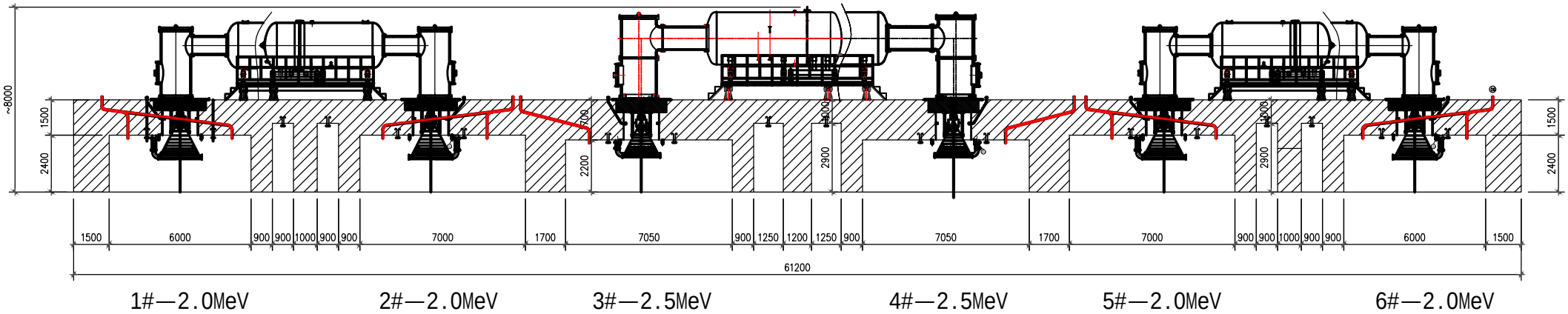


2.5MeV

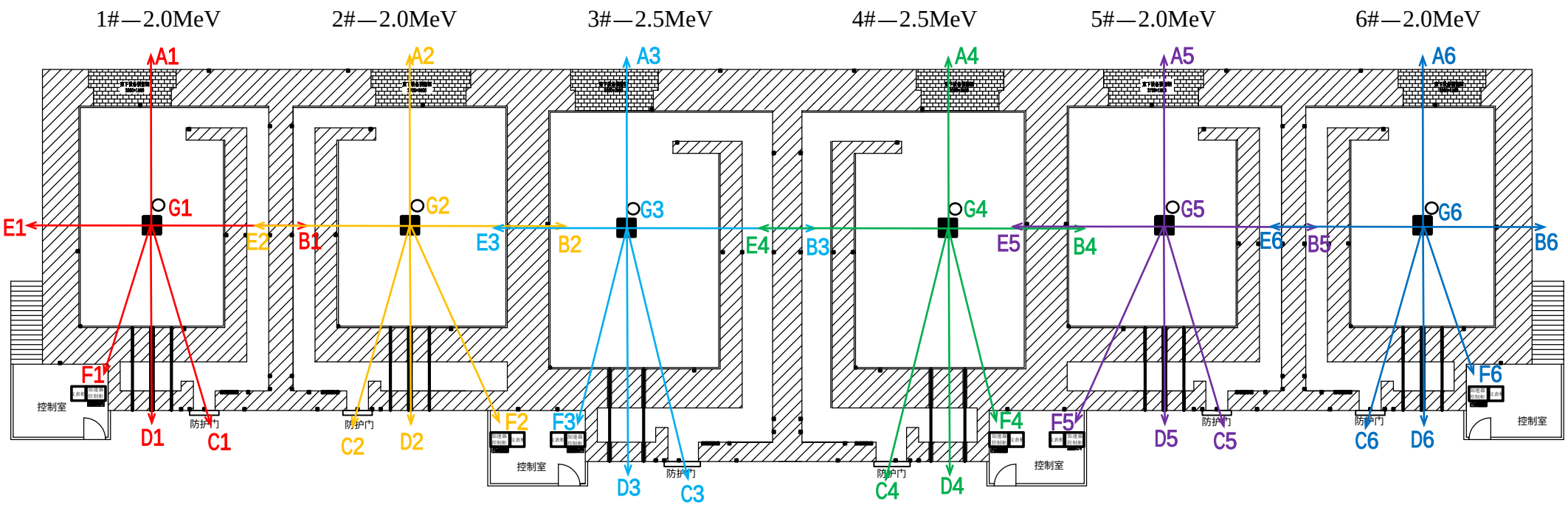


2.0MeV

附图3-3 辐照室西北-东南方向剖面设计图



附图3-4 辐照室西南-东北方面剖面设计图

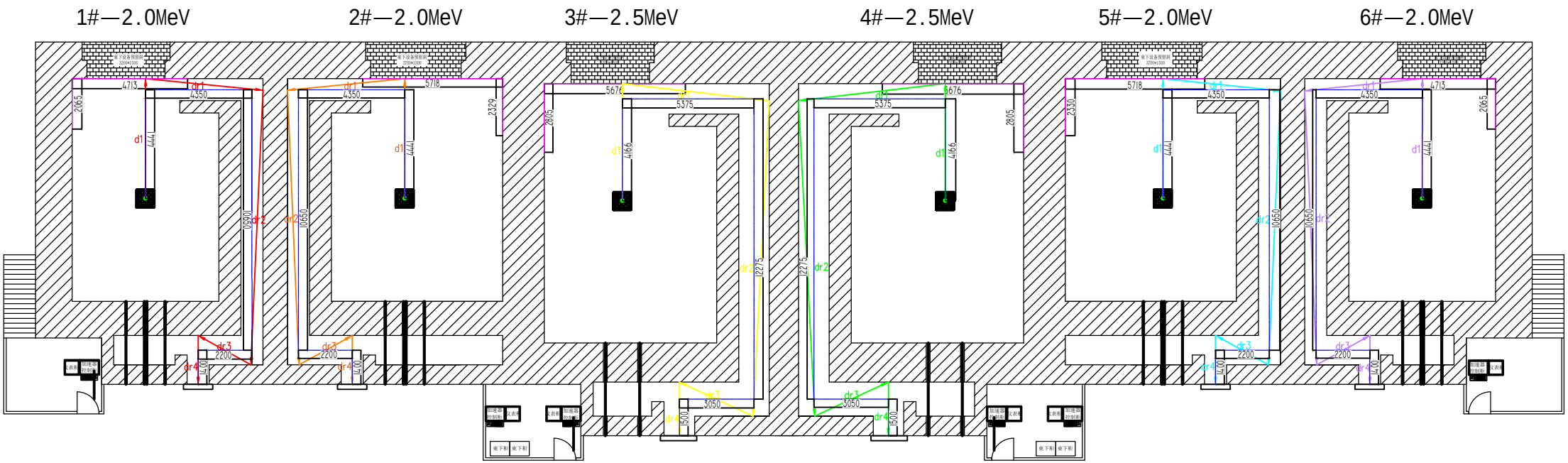


注：

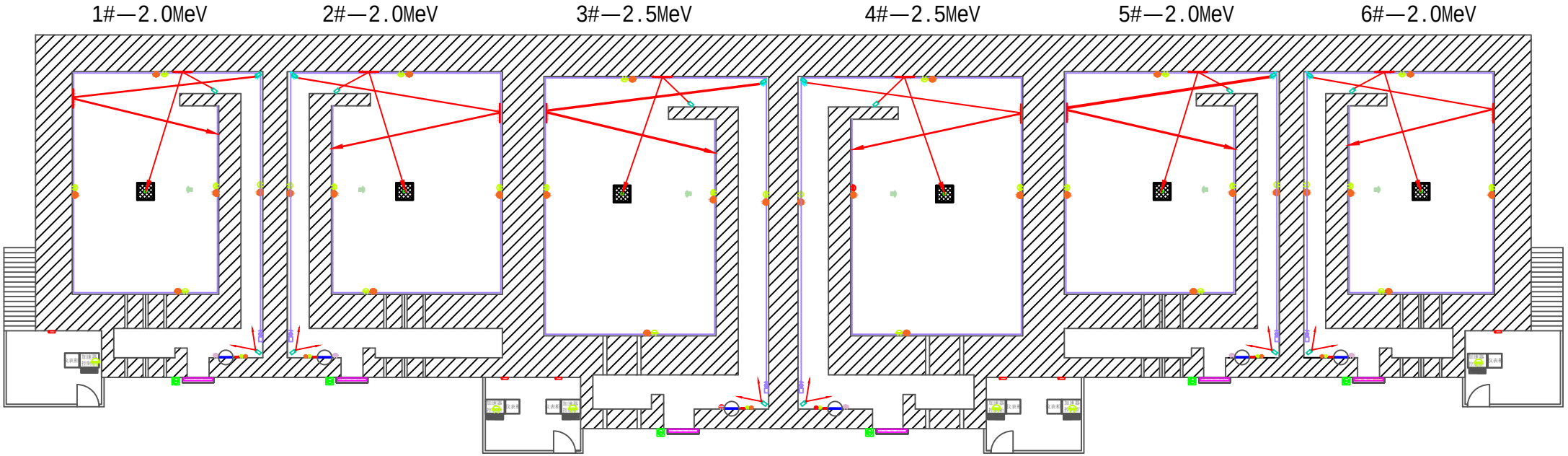
A、B、C、D、E、F表示辐照室四周关注点点位

○ G表示辐照室顶部二层设备平台关注点点位，位于侧钢桶壁外30cm。

附图4 关注点位示意图

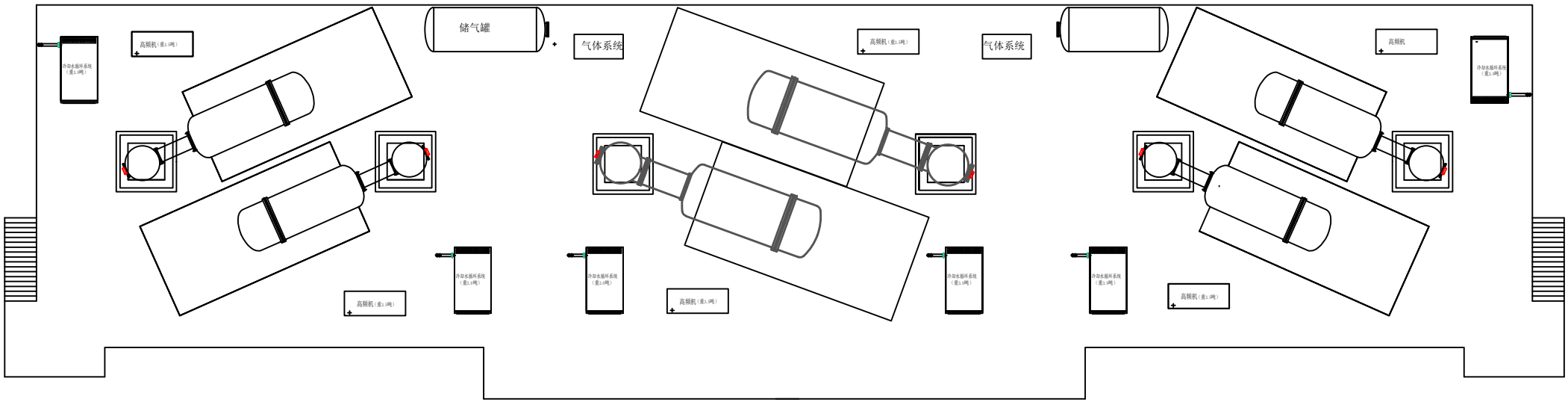


附图5 6座加速器机房辐照室散射路径示意图



序号	名称	图标	数量（单台）	高度	作用
11	巡检		6	1.2m	开机前需工作人员进入迷宫内巡视是否清场，并按照开按下开关，否则无法开启加速器。
10	门内开关		1	1.2m	突发紧急情况，停止加速器运行，强制打开防护门
9	烟雾报警		1	一层天花板	烟雾报警响起，设备紧急停机
8	拉线开关		1	1.3m	听到警铃声，仍停留在加速器机房内的人员拉下可以终止设备开启
7	摄像头		3	2m	实时监控束下装置运作状态。
6	光/电报警		1	2m	开机关门前巡检语音提示
5	剂量探头		3	1.2m	显示当前位置剂量情况。
4	急停		8	1.2m	人员触发任意一处紧停设备都无法开启，图上每个辐照机房仅显示1处，另1处位于线缆桥箱盒操作台，未在图中标注显示
3	光电		3	0.4m、0.85m、1.3m	加速器运行时，有人、动物经过红外线开关，即会立刻停止加速器运行
2	钥匙开关		1	1m	进入迷宫需要插上钥匙方可打开门
1	状态显示器		1	2.7m	工作状态中屏幕显示（开机、关机、准备）带报警装置

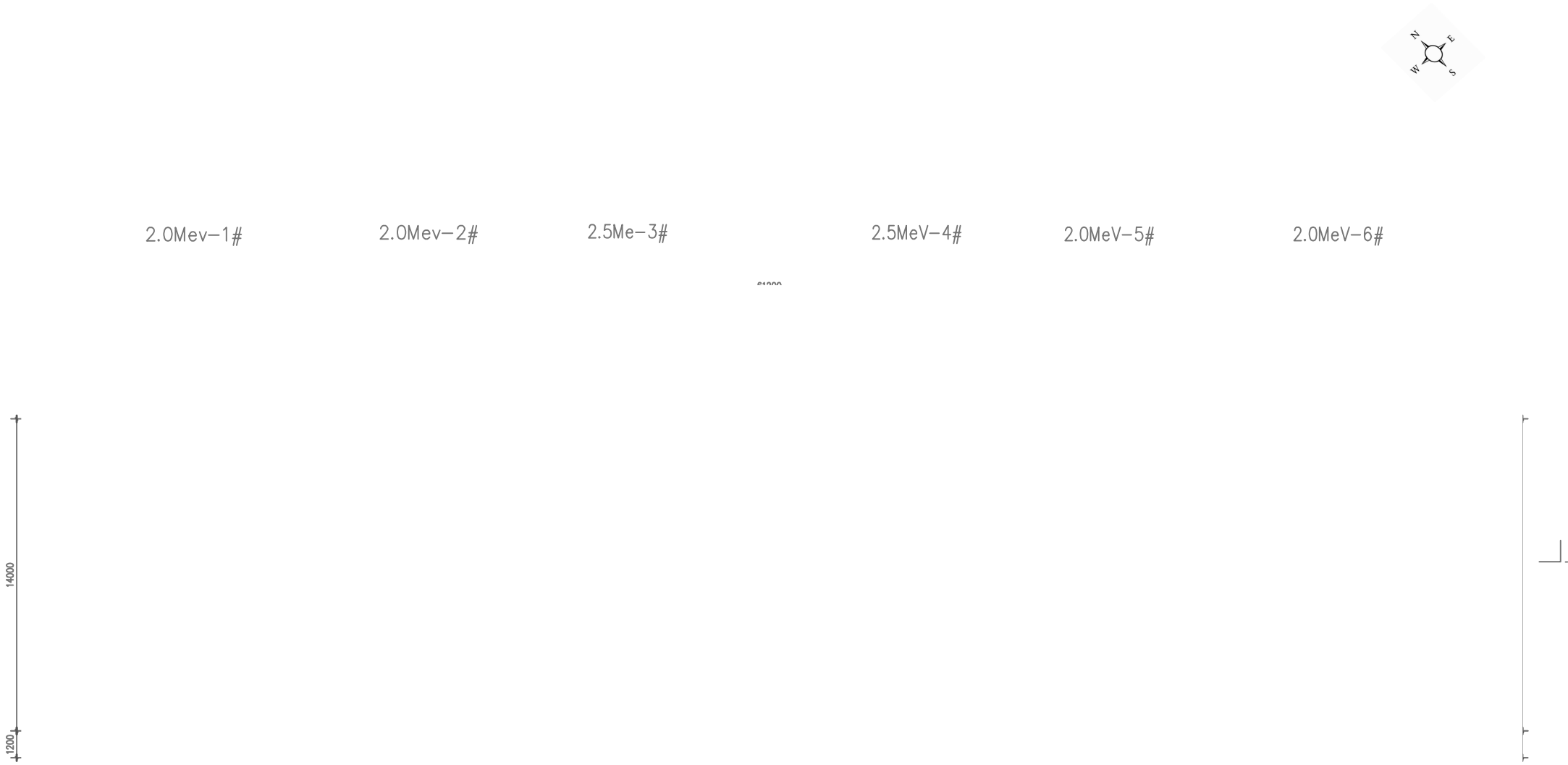
附图6-1　一层辐照室安全联锁示意图



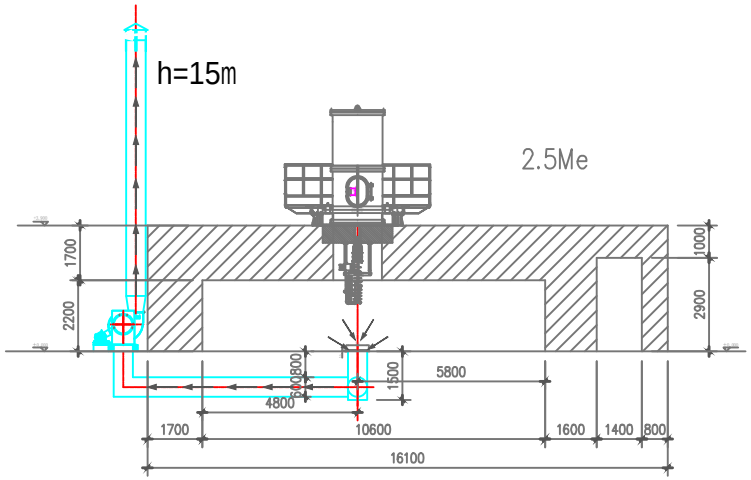
图例

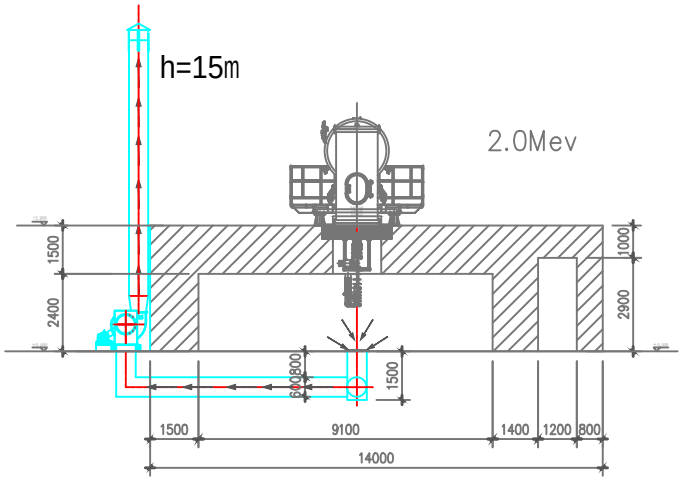
剂量探头

附图6-2　二层设备平台安全联锁示意图

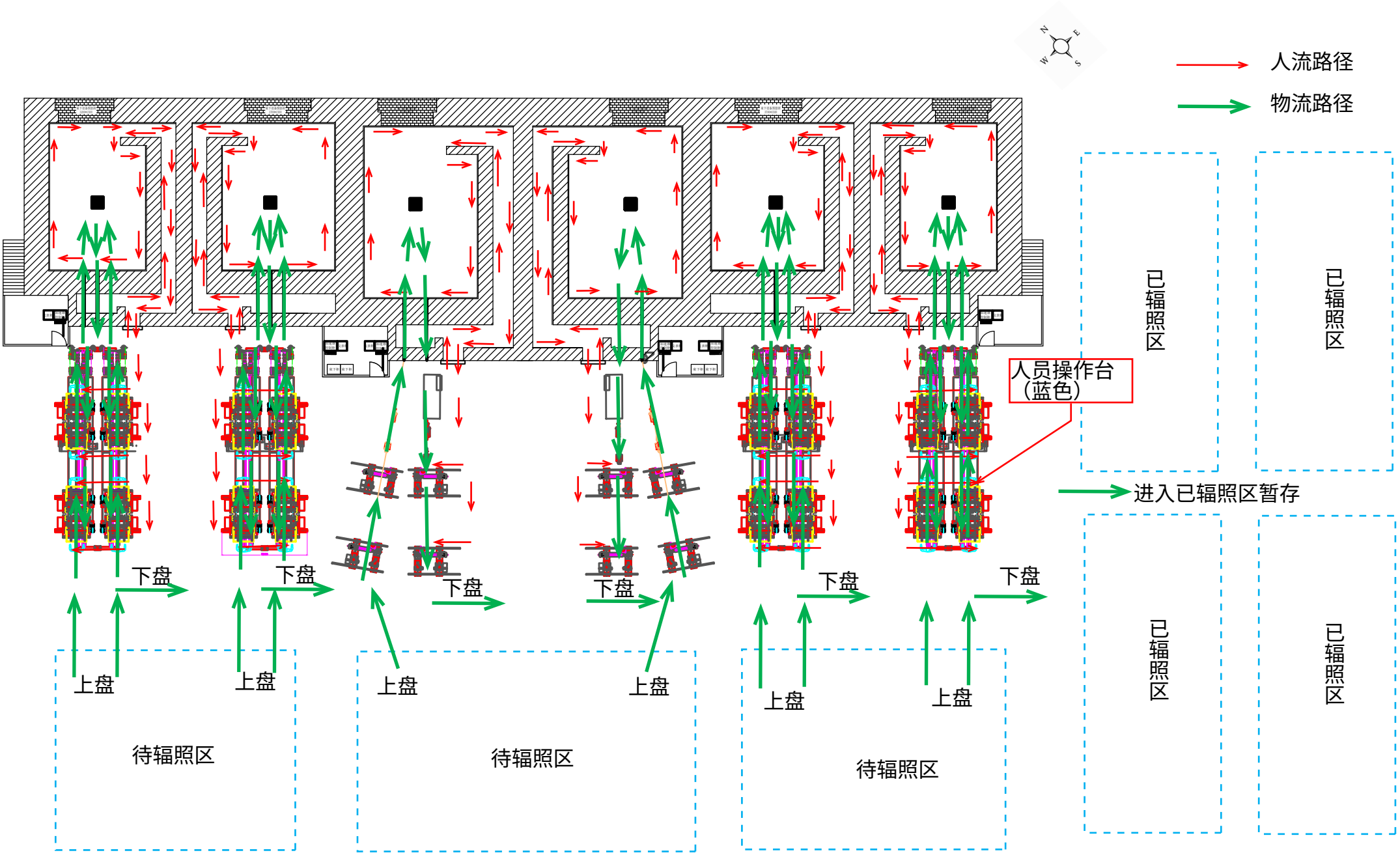


附图7-1 排风走向俯视示意图（排风管经辐照室地下穿越，不穿越辐照室墙体）





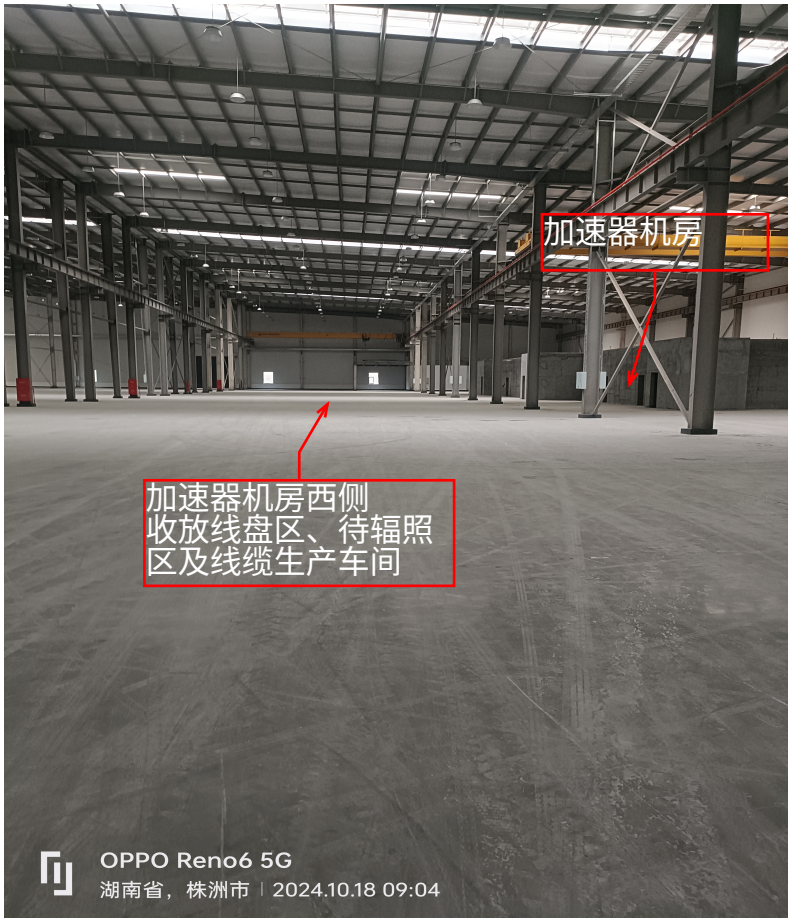
附图7-2 排风走向剖面示意图



附图8　人流、物流路径示意图


加速器机房1#~6#
（从左至右）
1#
2#
3#
4#
5#
6#
西侧收放线盘区
OPPO Reno6 5G
湖南省，株洲市 | 2024.10.11 17:24


加速器机房北侧配
电间及洗手间
加速器机房
（建设中）


加速器机房
加速器机房西侧
收放线盘区、待辐照
区及线缆生产车间
OPPO Reno6 5G
湖南省，株洲市 | 2024.10.18 09:04


加速器机房
加速器机房南侧
已辐照区及成品仓库
OPPO Reno6 5G
湖南省，株洲市 | 2024.10.18 09:03

辐照室现状

辐照室所在线缆生产车间东**墙外**现状

附图9　现场照片