

核利用技术建设项目  
新能源特种线材及高端装备线缆项目  
(电子加速器辐照部分)  
环境影响报告表  
(公示版)

建设单位：重庆平湖金龙电工科技有限公司

编制单位：重庆环科源博达环保科技有限公司

二〇二三年六月

生态环境部监制



核利用技术建设项目  
新能源特种线材及高端装备线缆项目  
(电子加速器辐照部分)  
环境影响报告表



建设单位名称：重庆平湖金龙电工科技有限公司

建设单位法人代表：（签名或盖章）



通讯地址：重庆市万州区经开大道 88 号（万州经开区）

邮政编码：404160

联系人：祁登权

电子邮箱：147701812@qq.com

联系电话：15808051389

**新能源特种线材及高端装备线缆项目**  
**（电子加速器辐照部分）环境影响报告表**  
**环评审批信息公示说明**

重庆市生态环境局：

根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》和《建设项目环境保护管理条例》等有关规定，我单位委托重庆环科源博达环保科技有限公司编制了《新能源特种线材及高端装备线缆项目（电子加速器辐照部分）环境影响报告表》（以下简称“报告表”），我单位已对报告表（公示版）内容进行了审阅，报告表（公示版）不涉及国家秘密、商业秘密和个人隐私，我单位同意对报告表（公示版）全文进行公示，并对公开的环评文件全文负责。

特此说明。

重庆平湖金龙电工科技有限公司

年 月 日



打印编号: 1685089159000

## 编制单位和编制人员情况表

|               |                                                                                                        |          |     |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----|
| 项目编号          | 6516i6                                                                                                 |          |     |
| 建设项目名称        | 新能源特种线材及高端装备线缆项目（电子加速器辐照部分）                                                                            |          |     |
| 建设项目类别        | 55--172核技术利用建设项目                                                                                       |          |     |
| 环境影响评价文件类型    | 报告表                                                                                                    |          |     |
| 一、建设单位情况      |                                                                                                        |          |     |
| 单位名称（盖章）      | 重庆平湖金龙电工科技有限公司                                                                                         |          |     |
| 统一社会信用代码      | 91500101MAAC3Q6YX8                                                                                     |          |     |
| 法定代表人（签章）     | 孙新春                                                                                                    |          |     |
| 主要负责人（签字）     | 雷宇                                                                                                     |          |     |
| 直接负责的主管人员（签字） | 祁登权                                                                                                    |          |     |
| 二、编制单位情况      |                                                                                                        |          |     |
| 单位名称（盖章）      | 重庆环科源博达环保科技有限公司                                                                                        |          |     |
| 统一社会信用代码      | 91500105MA5U5P543L                                                                                     |          |     |
| 三、编制人员情况      |                                                                                                        |          |     |
| 1. 编制主持人      |                                                                                                        |          |     |
| 姓名            | 职业资格证书管理号                                                                                              | 信用编号     | 签字  |
| 李东晓           | 2013035450350000003511450076                                                                           | BH006262 | 李东晓 |
| 2. 主要编制人员     |                                                                                                        |          |     |
| 姓名            | 主要编写内容                                                                                                 | 信用编号     | 签字  |
| 李东晓           | 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、结论与建议 | BH006262 | 李东晓 |

# 建设项目环评文件公开信息情况确认表

|                   |                                                                                                      |              |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 建设单位名称<br>(盖章)    | <br>重庆平湖金龙电工科技有限公司 |              |
| 建设单位联系人<br>及电话    | 祁登权 15808051389                                                                                      |              |
| 项目名称              | 新能源特种线材及高端装备线缆项目(电子加速器辐照部分)                                                                          |              |
| 环评机构              | 重庆环科源博达环保科技有限公司                                                                                      |              |
| 环评类别              | <input type="checkbox"/> 环境影响报告书 <input checked="" type="checkbox"/> 环境影响报告表                         |              |
| 经确认有无不予<br>公开信息内容 | <input type="checkbox"/> 有不予公开内容 <input checked="" type="checkbox"/> 无不予公开内容                         |              |
|                   | 不予公开信息的内容                                                                                            | 不予公开内容的依据和理由 |
| 1                 | 无                                                                                                    | /            |
| 2                 | 无                                                                                                    | /            |
| 3                 | 无                                                                                                    | /            |
| 4                 | 无                                                                                                    | /            |

**表1 项目基本情况**

|                 |                                                                                                                                          |                                                 |                               |                          |             |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|-------------|
| 建设项目名称          |                                                                                                                                          | 新能源特种线材及高端装备线缆项目（电子加速器辐照部分）                     |                               |                          |             |
| 建设单位            |                                                                                                                                          | 重庆平湖金龙电工科技有限公司                                  |                               |                          |             |
| 法人代表            | 孙新春                                                                                                                                      | 联系人                                             | 祁登权                           | 联系电话                     | 158****1389 |
| 注册地址            |                                                                                                                                          | 重庆市万州区经开大道88号（万州经开区）                            |                               |                          |             |
| 项目建设地点          |                                                                                                                                          | 重庆市万州区经开大道88号（万州经开区）重庆平湖金龙电工科技有限公司3#装备线车间厂房内东北侧 |                               |                          |             |
| 立项审批部门          |                                                                                                                                          | 重庆市万州经济技术开发区<br>经济发展局                           | 批准文号                          | 2111-500101-04-05-833598 |             |
| 建设项目总投资<br>（万元） | 1200（辐<br>照部分）                                                                                                                           | 项目环保投资<br>（万元）                                  | 50（辐照部<br>分）                  | 投资比例（环保<br>投资/总投资）       | 4.17%       |
| 项目性质            |                                                                                                                                          | ■新建 □改建 □扩建 □其他                                 |                               | 占地面积（m <sup>2</sup> ）    | 362         |
| 应用<br>类型        | 放射源                                                                                                                                      | □销售                                             | □I类 □II类 □III类 □IV类 □V类       |                          |             |
|                 |                                                                                                                                          | □使用                                             | □I类（医疗使用） □II类 □III类 □IV类 □V类 |                          |             |
|                 | 非密封放射<br>性物质                                                                                                                             | □生产                                             | □制备 PET 用放射性药物                |                          |             |
|                 |                                                                                                                                          | □销售                                             | /                             |                          |             |
|                 |                                                                                                                                          | □使用                                             | □乙 □丙                         |                          |             |
|                 | 射线装置                                                                                                                                     | □生产                                             | □II类                          |                          | □III类       |
|                 |                                                                                                                                          | □销售                                             | □II类                          |                          | □III类       |
|                 |                                                                                                                                          | ■使用                                             | ■II类                          |                          | □III类       |
|                 | 其他                                                                                                                                       | /                                               |                               |                          |             |
|                 | <b>1.1 建设单位简介</b><br><p>重庆平湖金龙电工科技有限公司（以下简称平湖金龙公司）为广东龙丰精密铜管有限公司100%控股子公司，成立于 2021 年11月，注册经营范围是一家从事电线、电缆（各种高、中、低压、特种线缆等）及其配套产品、制造的企业。</p> |                                                 |                               |                          |             |

## 续表1 项目基本情况

### 1.2项目由来

重庆平湖金龙电工科技有限公司为满足业务开展需要，拟在重庆市万州经济技术开发区建设“新能源特种线材及高端装备线缆项目”，该项目租赁3座车间厂房，建筑面积65325m<sup>2</sup>，预计年产电磁线50000 t、建筑用线410000 km和高端装备线缆17400 km。该项目于2022年10月22日取得《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》（渝（万）环准〔2022〕58号，以下简称“环评批复”）。根据建设单位与万州经开区管委会签订的投资协议，经开区负责厂房等土建工程建设，建设单位采取租赁方式依托建成厂房进行设备安装和后期生产。该项目取得环评批复后，厂房部分已由万州经开区委托重庆万州经济技术开发区建设发展有限公司于2022年开工建设，目前厂房主体设施及厂区基础设施已基本建成。

由于该项目部分产品（高端装备线缆中的光伏发电用电缆、新能源汽车用线缆等）需用辐照方式进行交联。为满足生产需要，重庆平湖金龙电工科技有限公司拟在新能源特种线材及高端装备线缆项目厂区3#装备线车间东北侧建设该项目“电子加速器辐照部分”（以下简称“本项目”）。电缆生产工艺及相关产排污的整体内容，已包含在《重庆平湖金龙电工科技有限公司新能源特种线材及高端装备线缆项目环境影响报告书》内容中，本次仅针对电缆辐照交联部分的相关内容进行分析评价。

根据现场调查，本项目辐照用房作为土建工程已随主体工程进度完成设计、施工工作，由于辐照用房作为本项目主要辐射防护屏蔽设施，已构成本项目部分“未批先建”的事实。重庆市万州区生态环境局针对上述情况进行了现场检查，由于电子加速器未安装，辅助设备也已停止安装施工，现场未发现施工废水、施工扬尘及固体废物乱堆乱放等情况，符合免于行政处罚的情形，重庆市万州区生态环境局作出不予处罚的决定（附件7）。

根据关于发布《射线装置分类》的公告（环境保护部、国家卫生计生委公告，2017年12月5日颁布实施）的相关规定，工业辐照用加速器装置属于II类射线装置。根据《中华人民共和国环境保护法》、《中华人民共和国环境影响评价法》以及《建设项目环境保护管理条例》等相关规定，该项目的建设应开展环境影响评价工作。根据《建设项目环境影响评价分类管理名录》中的“五十 核与辐射 191 核技术利用建设项目”，使用II类射线装置的项目应编制环境影响报告表。因此，本项目环境影响评价报告文件形式为编制环境影响报告表。

## 续表1 项目基本情况

为保护环境，保障公众健康，严格执行《中华人民共和国环境影响评价法》，重庆平湖金龙电工科技有限公司委托重庆环科源博达环保有限公司对本项目进行环境影响评价。评价单位组织专业技术人员到现场进行调查、踏勘和资料收集，结合项目特点、性质、规模和环境状况，并按照国家对核技术利用项目环境影响评价技术规范的要求，编制完成了该项目的辐射环境影响报告表。由于本项目辐照用房等土建工程已建设完成，本次评价对施工期环境影响仅进行简单分析，评价重点主要为辐照用房辐射防护屏蔽设施的有效性论证。

### 1.3建设规模及工程内容

#### 1.3.1项目组成

本项目属于重庆平湖金龙电工科技有限公司“新能源特种线材及高端装备线缆项目”的一部分，项目位于重庆市万州区经开区高峰园重庆平湖金龙电工科技有限公司3#装备线车间厂房内东北侧，建设内容包括：依托3#装备线车间（主体1F结构，高12m）东北侧已建的2间电子加速器辐照室（以下简称辐照室）及配套用房，拟配置2台工业辐照用电子加速器（1#加速器电子束能量2.5MeV、电子束流强40mA、扫描宽度1600mm；2#电子束能量2.0MeV、电子束流强50mA、扫描宽度1600mm），用于光伏发电用电缆、新能源汽车用线缆等高端装备线缆辐照交联低烟无卤阻燃聚烯烃电线生产。项目用房包括2间辐照室、2间控制室以及加速器组件安装区域（以下简称设备区2F）等，总建筑面积约362m<sup>2</sup>。本项目与“新能源特种线材及高端装备线缆项目”统一建设及投入使用，本项目建设工期为3个月。

本项目的组成一览表见表 1-1。

表 1-1 项目组成一览表

| 类别   | 项目名称 | 建设内容                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 备注              |
|------|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 主体工程 | 辐照室1 | <p>辐照室1位于3#装备线车间厂房东北侧，为单层混凝土结构，辐照室内净空约为：长9.7m、宽9.0m、高2.2m，辐照室出入口设置迷道，有效使用面积约87.3m<sup>2</sup>（不含迷道），人员进出门洞宽0.9m、高2.0m。在辐照室南侧墙上设置电缆进出孔洞，辐照线缆从迷道外墙以夹角31°斜向下穿进，经管材传动装置进入迷道内，在迷道内墙以夹角26°斜向上穿进（迷道外墙穿进高度高于迷道内墙穿进高度，形似U形，可避免射线直接照射）。</p> <p>新购1台L型高频高压型电子加速器（电子束能量2.5MeV、电子束流强40mA、扫描宽度1600mm），属于II类射线装置。该电子加速器为半自屏蔽式，设备主机部分安装在辐照室顶棚上方。加速器组件外壳采用钢、铅等屏蔽材料，束流加速组件穿过顶棚区域使用540mm厚铁+30mm厚钢板作为局部屏蔽体，孔洞尺寸为2160mm×2160mm，该屏</p> | 土建工程依托主体工程，设备新建 |

续表1 项目基本情况

|      |        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |        |
|------|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
|      |        | 蔽件为设备自屏蔽组件，用于阻挡辐照室内电子与物质发生韧致辐射产生的X射线直接穿过加速器组件穿墙孔洞。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        |
|      | 辐照室2   | 辐照室2位于3#装备线车间厂房东北侧，为单层混凝土结构，辐照室内净空为：长8.9m、宽5.7m、高2.4m，辐照室出入口设置迷道，有效使用面积约50.7m <sup>2</sup> （不含迷道），人员进出门洞宽0.9m、高2m。在辐照室南侧墙上设置电缆进出孔洞，辐照线缆从迷道外墙以夹角31°斜向下穿进，经管材传动装置进入迷道内，在迷道内墙以夹角31°斜向上穿进（迷道外墙穿进高度高于迷道内墙穿进高度，形似U形，可避免射线直接照射）。<br>新购1台L型高频高压型电子加速器（电子束能量2.0MeV、电子束流强50mA、扫描宽度1600mm），属于II类射线装置。该电子加速器为半自屏蔽式，设备主机部分安装在辐照室顶棚上方。加速器组件外壳采用钢、铅等屏蔽材料，束流加速组件穿过顶棚区域使用420mm厚铁+30mm厚钢板作为局部屏蔽体，孔洞尺寸为2160mm×2160mm，该屏蔽件为设备自屏蔽组件，用于阻挡辐照室内电子与物质发生韧致辐射产生的X射线直接穿过加速器组件穿墙孔洞。 |        |
|      | 顶棚设备区  | 电子加速器主要部件安装在辐照室顶棚上方，由于本项目拟购置半自屏蔽设备，因此未设置独立主机室，设备安装区域四周使用1.3m高围栏封闭。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        |
| 辅助工程 | 操作室    | 辐照室1控制室位于1#辐照室西南侧，面积约12.3m <sup>2</sup> ；辐照室2控制室位于2#辐照室东南侧，面积约9.1m <sup>2</sup> 。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 新建     |
| 储运工程 | 线缆传输系统 | 辐照线缆进出通过束下传输系统实现机械化操作，辐照线缆进出口在南侧墙体，1#辐照室辐照线缆穿墙孔为两排布置，上层布置双进双出细线穿墙孔，下层布置单进单出粗线穿墙孔，2#辐照室辐照线缆穿墙孔为双进双出。束下传输系统传输速度最大400m/min。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 新建     |
| 公用工程 | 供配电系统  | 项目所在厂房为已建用房，用电来源于市政供电，厂区配电。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 依托     |
|      | 给水系统   | 依托厂区给水管网，供工作人员生活用。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 依托     |
|      | 排水系统   | 依托厂区排水管网，工作人员生活污水依托厂区污水处理设施处理达标后排入市政污水管网，进入高峰园污水处理厂进一步处理，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级B后排入长江。<br>束下喷淋冷却水经辐照室内地面四周设置的排水沟收集，再经排水管道引至厂房外，接入厂区污水管网围绕辐照室1、2内四周地面上分别设置排水沟（60mm×60mm），然后在辐照室1西北角和辐照室2东北角的集水沟内设置排水管道，管道埋设在地坪下方，由辐照室1西北侧、辐照室2东北侧呈U形穿过屏蔽墙，然后再接入厂区污水管网。总排水量约6m <sup>3</sup> /d（每台约3m <sup>3</sup> /d）。                                                                                                                                       | 依托     |
|      | 循环冷却系统 | 加速器自带冷却水循环系统，设置2台冷却塔，单台循环水量约100m <sup>3</sup> /h，每台冷却塔设置2台循环水泵，1用1备。除束下喷淋冷却水外其余冷却水均循环利用，不外排。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 设备自带   |
| 环保工程 | 生活污水   | 项目工作人员生活污水依托厂区生化池（处理能力为2×50m <sup>3</sup> /d）处理达标后排入市政污水管网，进入高峰园污水处理厂进一步处理，达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级B后排入长江。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 依托     |
|      | 一般固废   | 项目工作人员生活垃圾依托厂区生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 依托     |
|      | 废气     | 辐照室1、2地面中央各设置一个排风口，通过地坪下方U形排风管道，先穿过迷道内墙下方，再穿过辐照室北侧墙体下方后穿出，连接                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | 土建部分依托 |

续表1 项目基本情况

|  |      |                                                                                                                                                                |           |
|--|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
|  |      | 至辐照室外排氧风机后分别引至3#装备线车间厂房顶部外排放，排风口离地高度约15m。排氧风机风量单台为15000m <sup>3</sup> /h。<br>另外辐照室内设置3台新风风机，单台风量1500m <sup>3</sup> /h，加速器配套设置2台钛窗风机，单台风量3000m <sup>3</sup> /h。 | 主体工程，设备新建 |
|  | 辐射防护 | 辐照室墙体和顶棚采用混凝土材料，防护门采用铁和铅进行屏蔽，保证辐照室满足辐射防护要求。设备自屏蔽材料采用钢、铅等。                                                                                                      |           |

(2) 项目依托辐照室建筑设计情况

本项目依托的已建辐照室的建设情况如下表1-2所示。

表 1-2 辐照室建设情况表

| 建筑名称 | 尺寸（长×宽×高）                                   | 设计情况  |                                                                                                                                                                                                            |           |
|------|---------------------------------------------|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 辐照室1 | 9.7m×9.0m×2.3m<br>（地面装修后高度2.2m），迷道高度与辐照室一致。 | 东墙    | 内墙                                                                                                                                                                                                         | 1000mm混凝土 |
|      |                                             |       | 外墙                                                                                                                                                                                                         | 1200mm混凝土 |
|      |                                             | 南墙    | 内墙                                                                                                                                                                                                         | 1600mm混凝土 |
|      |                                             |       | 外墙                                                                                                                                                                                                         | 800mm混凝土  |
|      |                                             | 西墙、北墙 | 1700mm混凝土                                                                                                                                                                                                  |           |
|      |                                             | 顶棚    | 1700mm混凝土                                                                                                                                                                                                  |           |
|      |                                             | 迷道门   | 门板1.3m宽，2.2m高，内外各覆1mm喷涂钢板，内夹2mm厚铅板，铝合金骨架，侧面覆1.0mm厚不锈钢板，门洞宽0.9m、高2m                                                                                                                                         |           |
| 辐照室2 | 8.9m×5.7m×2.5m<br>（地面装修后高度2.4m），迷道高度与辐照室一致  | 设备自屏蔽 | 加速钢管筒筒体采用内层12mm钢板，中间夹层60mm铅板，外层3mm钢板屏蔽；顶盖采用20mm钢板+70mm铅板+70mm钢板屏蔽；底座采用厚度90mm钢板(含30mm厚钢板垫层)+组件穿墙孔处的540mm铁屏蔽；人孔法兰采用10mm钢板屏蔽+40mm铅板屏蔽+70mm钢板屏蔽。<br>连接接管采用内层12mm钢板，中间夹层40mm铅板，外层3mm钢板屏蔽。<br>加速器电源钢筒采用14mm钢板屏蔽。 |           |
|      |                                             | 东墙    | 1500mm混凝土                                                                                                                                                                                                  |           |
|      |                                             |       | 内墙                                                                                                                                                                                                         | 1400mm混凝土 |
|      |                                             | 南墙    | 外墙                                                                                                                                                                                                         | 800mm混凝土  |
|      |                                             |       | 内墙                                                                                                                                                                                                         | 900mm混凝土  |
|      |                                             | 西墙    | 外墙                                                                                                                                                                                                         | 1200mm混凝土 |
|      |                                             |       | 1500mm混凝土                                                                                                                                                                                                  |           |
|      |                                             | 北墙    | 1500mm混凝土                                                                                                                                                                                                  |           |
|      |                                             | 顶棚    | 1500mm混凝土                                                                                                                                                                                                  |           |
|      |                                             | 迷道门   | 门板1.3m宽，2.2m高，内外各覆1mm喷涂钢板，内夹2mm厚铅板，铝合金骨架，侧面覆1.0mm厚不锈钢板，门洞宽0.9m、高2m                                                                                                                                         |           |
|      |                                             | 设备自屏蔽 | 加速钢管筒筒体采用内层12mm钢板，中间夹层40mm铅板，外层3mm钢板屏蔽；顶盖采用20mm钢板                                                                                                                                                          |           |

续表1 项目基本情况

|  |  |  |                                                                                                                                                                         |
|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  | <p>+60mm铅板+80mm钢板屏蔽；底座采用厚度80mm钢板(含30mm厚钢板垫层)+组件穿墙孔处的420mm铁屏蔽；人孔法兰采用65mm钢板屏蔽+40mm铅板屏蔽+3mm钢板屏蔽。</p> <p>连接接管采用内层10mm钢板，中间夹层30mm铅板，外层3mm钢板屏蔽。</p> <p>加速器电源钢筒采用14mm钢板屏蔽。</p> |
|--|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

备注：混凝土 2.35g/cm<sup>3</sup>，铁 7.85g/cm<sup>3</sup>，铅 11.3g/cm<sup>3</sup>。

(3) 设备概况

本项目设备清单见表 1-3。

表 1-3 项目设备一览表

| 序号 | 名称         | 数量       | 规格型号                            | 用途               | 参数                                                        | 放置位置                                    |
|----|------------|----------|---------------------------------|------------------|-----------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1  | 高频高压型电子加速器 | 1套       | DD <sub>LH</sub><br>2.5MeV-40mA | 电线电缆辐照交联         | Ⅱ类射线装置，电子束能量2.5MeV、电子束流强40mA、最大束流功率100kW，扫描宽度1600mm，半自屏蔽式 | 设备主要组件安装在辐照室1顶棚平台，电子束流加速部分穿过顶棚，下接束流引出组件 |
| 2  | 高频高压型电子加速器 | 1套       | DD <sub>LH</sub><br>2.0MeV-50mA | 电线电缆辐照交联         | Ⅱ类射线装置，电子束能量2.0MeV、电子束流强50mA，最大束流功率100kW，扫描宽度1600mm，半自屏蔽式 | 设备主要组件安装在辐照室2顶棚平台，电子束流加速部分穿过顶棚，下接束流引出组件 |
| 2  | 线缆束下传输系统   | 2套       | /                               | 电线电缆自动传输         | 加速器配套系统                                                   | 电线电缆收发器设置在辐照室外                          |
| 3  | 冷却水循环系统    | 2套       | /                               | 加速器各组件冷却         |                                                           | 设备区                                     |
| 4  | 风冷系统       | 1套       | /                               | 主要用于束流引出系统钛窗组件冷却 |                                                           | 设备区                                     |
| 5  | 钛窗风机       | 2台       | 高压离心风机 9-19-5A 7.5 kW -2P       |                  |                                                           | 设备区                                     |
| 6  | 臭氧风机       | 2台       | 离心通风机 4-72c 5.6 7.5kW-2P        | 辐照室1、2臭氧排风       | 单台风量约15000m³/h                                            | 辐照室顶部设备区                                |
| 7  | 新风风机       | 3台       | 中压鼓风机 TB100-21.5kW              | 辐照室新风送风          | 单台风量约1500m³/h                                             | 辐照室顶部设备区                                |
| 8  | 循环冷却塔      | 2台（1用1备） | WJP-80标准型冷却塔                    | 循环冷却             | 单台循环水量100m³/h                                             | 3#装备线车间北侧                               |

(4) 辐照交联电线电缆情况

## 续表1 项目基本情况

根据建设单位提供的资料可知，在满足电子加速器及束下传输系统限制的条件下，公司生产的电线电缆需根据客户需求进行辐照改性，需辐照改性的电线电缆主要为高端装备线缆中的光伏组件用电缆2500km、PV光伏发电系统用电缆400 km、电动汽车用1500V及以下高压电缆3000km，辐照电线电缆产品共约5900km，不同电缆产品根据市场需求进行调整。由于辐照室1为电子束辐照能量约2.5MeV，辐照室2电子束辐照能量约2.0MeV，全年两个辐照室的电缆辐照改性加工量会根据市场环境的需求进行调整，存在一定的不确定性。

### （5）工作制度和劳动定员

本项目每台电子加速器年工作300天，每天最多运行24h，年工作时间约为7200h。

本次拟配置操作人员6人，从事电线电缆辐照工作，3人一班，2班轮休。辐射工作人员由公司现有工作人员调配而来，不新增劳动定员，目前具体人员待定。

厂房内其他生产区域工作人员每天工作8小时，实行三班制，年工作300天。

## 1.4 项目外环境概况

### （1）项目所在厂房周围环境状况

本项目辐照室位于重庆平湖金龙电工科技有限公司新能源特种线材及高端装备线缆项目3#装备线车间东北侧辐照区域内，3#装备线车间厂房为已建的1F钢结构厂房，高12m。厂房四周均为室外道路。

### （2）项目辐照室周围环境状况

本项目辐照室位于3#装备线车间东北侧辐照区域。辐照室东侧为厂房内空地，厂房外为厂区道路及园区绿地和园区道路；南侧为线缆传输区、厂房内其他线缆生产区域，南侧厂房外为厂区道路；西侧为3#装备线车间导体生产区域（含人员通道），西侧厂房外为2#与3#车间厂房间的厂区道路；北侧紧挨厂房围墙，厂房外为厂区道路、一般固废暂存间以及园区道路；辐照室为单层混凝土结构，下方为实土层，辐照室顶棚为设备区，设备区上方为厂房内空间，无其他建筑物。

项目地理位置图见附图1，项目四至环境示意图见附图3，项目环境保护目标分布及所在厂房内人流物流路径图见附图4，项目现场照片见附图7。本项目厂房外环境关系一览表见表1-1，项目辐照室外环境一览表见表1-2。

## 续表1 项目基本情况

表1-1 3#装备线车间厂房外环境一览表

| 序号 | 外环境名称       | 方位 | 与项目厂房最近距离 |
|----|-------------|----|-----------|
| 1  | 厂区道路及园区规划绿地 | 东侧 | 约3m       |
| 2  | 厂区道路及二期场地   | 南侧 | 约3m       |
| 3  | 2#车间        | 西侧 | 约20m      |
| 4  | 厂区道路        | 北侧 | 约9m       |
| 5  | 一般固废间       | 北侧 | 约17m      |

表1-2 项目辐照室外环境一览表（车间内）

| 序号 | 外环境名称             | 方位 | 与辐照室最近距离 |
|----|-------------------|----|----------|
| 1  | 3#车间围墙            | 东侧 | 约8m      |
| 2  | 3#车间内线缆传输区及其他生产区域 | 南侧 | 约5m      |
| 3  | 3#车间内导体生产区域       | 西侧 | 约12m     |
| 4  | 3#车间围墙            | 北侧 | 约2m      |

### 1.5 选址可行性

本项目位于重庆市万州区经开大道 88 号（万州经开区）重庆平湖金龙电工科技有限公司 3#装备线车间厂房内东北侧。

本项目为电子加速器辐照项目，不属于禁止类项目，且已取得重庆市万州经济技术开发区经济发展局下发的项目备案证。

本项目在 3#装备线车间厂房东北侧新建两间并排布置的辐照室，远离办公区等公众成员停留时间较长的区域，辐照室周边区域主要为厂房内线缆传输区、厂房内生产区域，便于辐照工作的开展，辐照室周围活动人员较少，且辐照室以下为实土层，楼上为设备区，正常情况下均无人员活动，有利于减少射线对公众成员的影响。

综上，项目选址可行。

### 1.6 与项目有关的原有核技术应用及污染状况

根据调查，公司现未配置任何与生产活动相关的射线装置和放射源设备，无原有核技术利用项目。

拟建项目所在地为公司厂区内，周围为工业园区。根据现场监测，拟建址的环境 $\gamma$ 辐射剂量率为58~91nGy/h，小于重庆市2021年的环境 $\gamma$ 辐射剂量率平均值。根据调查，拟建址不存在与本项目有关的环境污染情况和环境问题。

## 续表1 项目基本情况

### 1.7本项目依托情况

本项目主要依托厂区给排水及供配电工程、生化池、劳动定员，依托情况详见表1-3。根据分析可知，本项目线缆生产项目主体工程进行了环境影响评价并取得了《重庆市建设项目环境影响评价文件批准书》，各项环保设施已基本建成，正在开展竣工环保验收，本项目依托是可行的。

表 1-3 项目依托可行性分析

| 依托工程 | 依托情况   | 可行性分析                                                                                                                                                                                                                      | 结论 |
|------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 公用工程 | 供电、供水  | 厂区的供电电网、供水管网完善，本项目依托可行。                                                                                                                                                                                                    | 可行 |
| 环保工程 | 污水处理   | 本项目辐射工作人员由公司现有工作人员调配而来，不新增生活污水产生量，仅新增少量束下喷淋冷却水（主要含 SS）约 6m <sup>3</sup> /d，依托厂区生化池处理达《污水综合排放标准》（GB8978-1996）三级标准后排入市政污水管网。生化池位于厂区东北侧，处理能力为 2×50m <sup>3</sup> /d，考虑公司全体工作人员生活污水产生量约 35m <sup>3</sup> /d，尚有余量。因此本项目依托生化池可行。 | 可行 |
|      | 固废处理   | 本项目产生的少量生活垃圾依托现有的生活垃圾收运系统，最终交环卫部门处理，依托可行。                                                                                                                                                                                  | 可行 |
| 劳动定员 | 辐射工作人员 | 项目劳动定员6人，进行辐射安全培训，并考核合格后上岗。因此，本次依托可行。                                                                                                                                                                                      | 可行 |

### 1.8本项目与公司发展的衔接

本项目合理利用厂区内区域，新增辐照设备，适应市场对辐照改性电线电缆的需求，使得公司在电线电缆领域拥有更为广阔的发展空间，帮助公司确立线缆行业的技术领先优势，因此，本项目与公司发展相适宜。

**表2 放射源**

| 序号        | 核素名称 | 总活度 (Bq) /<br>活度 (Bq) ×枚数 | 类别 | 活动种类 | 用途 | 使用场所 | 贮存方式与地点 | 备注 |
|-----------|------|---------------------------|----|------|----|------|---------|----|
| 本项目不涉及放射源 |      |                           |    |      |    |      |         |    |

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<br>名称 | 理化<br>性质 | 活动<br>种类 | 实际日最大操<br>作量 (Bq) | 日等效最大<br>操作量 (Bq) | 年最大用量<br>(Bq) | 用途 | 操作方式 | 使用场所 | 贮存方式与地点 |
|----------------|----------|----------|----------|-------------------|-------------------|---------------|----|------|------|---------|
| 本项目不涉及非密封放射性物质 |          |          |          |                   |                   |               |    |      |      |         |

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

表4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

| 序号 | 名称             | 类别   | 数量 | 型号                               | 加速粒子 | 最大能量<br>(MeV) | 额定电流 (mA) /<br>剂量率 (Gy/h) | 用途           | 工作场所 | 备注 |
|----|----------------|------|----|----------------------------------|------|---------------|---------------------------|--------------|------|----|
| 1  | 高频高压型<br>电子加速器 | II 类 | 1  | DD <sub>LH</sub> 2.5MeV-<br>40mA | 电子   | 2.5MeV        | 40mA (电子束流强)              | 电线电缆辐<br>照交联 | 辐照室1 | 新建 |
| 2  | 高频高压型<br>电子加速器 | II 类 | 1  | DD <sub>LH</sub> 2.0MeV-<br>50mA | 电子   | 2.0MeV        | 50mA (电子束流强)              | 电线电缆辐<br>照交联 | 辐照室2 | 新建 |

| 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 |
|-----|----|----|----|----|------------|------------|----|------|----|
| 不涉及 |    |    |    |    |            |            |    |      |    |

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

| 序号  | 名称 | 类别 | 数量 | 型号 | 最大管电压<br>(kV) | 最大靶电流<br>(mA) | 中子强度<br>(n/s) | 用途 | 工作场所 | 氚靶情况    |      |    | 备注 |
|-----|----|----|----|----|---------------|---------------|---------------|----|------|---------|------|----|----|
|     |    |    |    |    |               |               |               |    |      | 活度 (Bq) | 贮存方式 | 数量 |    |
| 不涉及 |    |    |    |    |               |               |               |    |      |         |      |    |    |

表5 废弃物（重点是放射性废弃物）

| 名称 | 状态 | 核素<br>名称 | 活度 | 月排放<br>量 | 年排放<br>总量 | 排放口<br>浓度 | 暂存情况 | 最终去向 |
|----|----|----------|----|----------|-----------|-----------|------|------|
|    |    |          |    |          |           |           |      |      |
|    |    |          |    |          |           |           |      |      |
|    |    |          |    |          |           |           |      |      |
|    |    |          |    |          |           |           |      |      |
|    |    |          |    |          |           |           |      |      |
|    |    |          |    |          |           |           |      |      |
|    |    |          |    |          |           |           |      |      |
|    |    |          |    |          |           |           |      |      |
|    |    |          |    |          |           |           |      |      |
|    |    |          |    |          |           |           |      |      |
|    |    |          |    |          |           |           |      |      |
|    |    |          |    |          |           |           |      |      |
|    |    |          |    |          |           |           |      |      |
|    |    |          |    |          |           |           |      |      |
|    |    |          |    |          |           |           |      |      |
|    |    |          |    |          |           |           |      |      |
|    |    |          |    |          |           |           |      |      |
|    |    |          |    |          |           |           |      |      |

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<sup>3</sup>；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<sup>3</sup>)和活度(Bq)。

表 6 评价依据

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 法规文件 | <p>(1) 《中华人民共和国环境保护法》，2015 年 1 月 1 日施行修订版；</p> <p>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》，2018 年 12 月 29 日最新修订；</p> <p>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，2003 年 10 月 1 日施行；</p> <p>(4) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第 682 号，2017 年 10 月 1 日施行修订版；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第 709 号，2019 年 3 月 2 日施行修订版；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，生态环境部令第 20 号，2021 年 1 月 4 日施行修订版；</p> <p>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令第 18 号，2011 年 5 月 1 日施行；</p> <p>(8) 关于发布《射线装置分类》的公告，原环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日施行；</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》，生态环境部令第 16 号，2021 年 1 月 1 日施行；</p> <p>(10) 《重庆市环境保护条例》，2022 年 9 月 28 日修正；</p> <p>(11) 《重庆市辐射污染防治办法》，渝府令〔2020〕338 号，2021 年 1 月 1 日起施行；</p> <p>(12) 《重庆市环境保护局关于印发《重庆市放射性同位素与射线装置辐射安全许可管理规定》的通知》，渝环〔2017〕242 号。</p> |
| 技术标准 | <p>(1) 《建设项目环境影响评价技术导则 总纲》（HJ2.1-2016）；</p> <p>(2) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响文件的内容和格式》（HJ10.1-2016）；</p> <p>(3) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）；</p> <p>(4) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）；</p> <p>(5) 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）；</p> <p>(6) 《电子辐射工程技术规范》（GB50752-2012）；</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p>(7) 《粒子加速器辐射防护规定》 (GB5172-85) ;</p> <p>(8) 《<math>\gamma</math>射线和电子束辐照装置防护检测规范》 (GBZ141-2002) ;</p> <p>(9) 《职业性外照射个人监测规范》 (GBZ128-2019) ;</p> <p>(10) 《工作场所有害因素职业接触限值第1部分: 化学有害因素 (一)》 (GBZ2.1-2019) ;</p> <p>(11) 《辐射加工用电子加速器装置运行维护管理通用规范》 (T/CNS 1-2016) ;</p> <p>(12) 《环境空气质量标准》 (GB3095-2012) ;</p> <p>(13) 《大气污染物综合排放标准》 (DB50/418-2016) ;</p> <p>(14) 《污水综合排放标准》 (GB8978-1996) ;</p> <p>(15) 《声环境质量标准》 (GB3096-2008) ;</p> <p>(16) 《工业企业厂界环境噪声排放标准》 (GB12348-2008) ;</p> <p>(17) 《建筑施工场界环境噪声排放标准》 (GB12523-2011) 。</p> <p>(18) 《核应急管理导则——放射源和辐射技术应用应急准备与响应》 国防委、卫生部, 2003年2月21日;</p> <p>(19) 《辐射环境监测技术规范》 (HJ61-2021) ;</p> <p>(20) 《环境 <math>\gamma</math> 辐射剂量率测量技术规范》 (HJ1157-2021) 。</p> |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

续表 6      评价依据

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 其他 | <p>(1) 项目备案证；</p> <p>(2) 评价内容确认函；</p> <p>(3) 厂区环评批复；</p> <p>(4) 项目辐射环境监测报告；</p> <p>(5) 类比监测报告；</p> <p>(6) 厂家电子加速器自屏蔽效能说明；</p> <p>(7) 项目设计等相关资料；</p> <p>(8) 《<math>\gamma</math>射线和电子束辐射装置的辐射安全》（IAEA NO.107，1992年）；</p> <p>(9) 《伽玛、电子束和 X 射线辐照装置的辐射安全》（IAEA SSG-8，2010 年）；</p> <p>(10) NCRP 报告第 51 号、第 151 号等。</p> |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

表 7 保护目标与评价标准

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>7.1 评价范围</b></p> <p>根据本项目射线装置为能量流污染及其能量流的传播与距离相关的特性，结合《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》（HJ10.1—2016）的相关规定，确定以加速器辐照室为边界外 50m 区域作为本项目辐射环境影响的评价范围。</p>                                                                                                                                                                                                                                                |
| <p><b>7.2环境保护目标</b></p> <p>本项目辐照室位于 3#装备线车间厂房内东北侧，辐照室 1、辐照室 2 东西并排紧邻布置。</p> <p>辐照室 1 东侧紧邻辐照室 2，西南侧为辐照室 1 操作室，南侧为厂房内线缆传输区及厂房内其他线缆生产区域，西侧为 3#高端装备线车间内导体区生产区域，北侧为厂区内过道、厂区道路、厂内一般固废间以及园区道路。</p> <p>辐照室 2 东侧为厂区内过道、厂区道路，东南侧为辐照室 2 操作室，南侧为厂房内线缆传输区及厂房内其他线缆生产区域，西侧紧邻辐照室 1，北侧为厂区内过道、厂区道路、厂内一般固废间以及园区道路。</p> <p>辐照室 1、2 均为单层混凝土结构，下方为实土层，顶棚为设备区（除检修情况外，设备运行期间不上人），设备区上方为厂房内空间，无其他建筑物。</p> <p>项目辐照室环境保护目标统计见表 7-1。</p> |

表7-1 项目辐照室环境保护目标一览表

| 序号 | 机房   | 环境保护目标名称        | 方位 | 水平距离   | 高差           | 环境特征及受影响人群                      | 影响因素 |
|----|------|-----------------|----|--------|--------------|---------------------------------|------|
| 1  | 辐照室1 | 辐照室1控制室         | SW | 紧邻     | 0m           | 操作室，1F，辐射工作人员，约1~2人             | 电离辐射 |
| 2  |      | 辐照室2            | E  | 紧邻     | 0m           | 辐照室2，1F，工作时无人在房间内               |      |
| 3  |      | 辐照室1控制室         | SE | 约8.8m  | 0m           | 操作室，1F，辐射工作人员，约1~2人             |      |
| 4  |      | 线缆传输区           | S  | 约5m    | 0m           | 厂房内，公众成员，约5人                    |      |
| 5  |      | 3#车间厂房南侧其他生产区   | S  | 约29m   | 0m           | 厂房内，公众成员，约20人                   |      |
| 6  |      | 3#车间厂房西侧导体区生产区域 | W  | 约12m   | 0m           | 厂房内，公众成员，约30人                   |      |
| 7  |      | 一般固废暂存间         | NW | 约19m   | 0m           | 1F，公众成员，人员不定                    |      |
| 8  |      | 北侧厂区道路          | N  | 约11m   | 0m           | 公众成员，厂内工作人员或车辆                  |      |
| 9  |      | 北侧园区道路          | N  | 约32m   | 0m           | 公众成员，道路车辆或行人                    |      |
| 10 |      | 顶部行车轨道          | 顶部 | /      | 5m（与顶棚设备区高差） | 主要为维修或维护人员，操作人员采用遥控方式作业，不在评价范围内 |      |
| 11 |      | 顶棚设备区           | 顶部 | /      | /            | 主要为电子加速器设备检修人员                  |      |
| 12 | 辐照室2 | 辐照室2操作室         | SE | 紧邻     | 0m           | 操作室，1F，辐射工作人员，约1~2人             | 电离辐射 |
| 13 |      | 辐照室1            | W  | 紧邻     | 0m           | 辐照室1，1F，工作时无人在房间内               |      |
| 14 |      | 辐照室1操作室         | SW | 约10.4m | 0m           | 操作室，1F，辐射工作人员，约1~2人             |      |
| 15 |      | 线缆传输区           | S  | 约5m    | 0m           | 厂房内，公众成员，约5人                    |      |
| 16 |      | 3#车间厂房南侧其他生产区   | S  | 约29m   | 0m           | 厂房内，公众成员，约20人                   |      |
| 18 |      | 一般固废暂存间         | NW | 约23m   | 0m           | 暂存间，1F，公众成员，人员不定                |      |
| 19 |      | 东侧厂区道路          | E  | 约11m   | 0m           | 公众成员，厂内工作人员或车辆                  |      |
| 20 |      | 东侧园区道路          | E  | 约48m   | 0m           | 公众成员，道路车辆或行人                    |      |
| 21 |      | 北侧厂区道路          | N  | 约11m   | 0m           | 公众成员，厂内工作人员或车辆                  |      |
| 22 |      | 北侧园区道路          | N  | 约31m   | 0m           | 公众成员，道路车辆或行人                    |      |
| 23 |      | 顶部行车轨道          | 顶部 | /      | 5m（与顶棚设备区高差） | 主要为维修或维护人员，操作人员采用遥控方式作业，不在评价范围内 |      |
| 24 |      | 顶棚设备区           | 顶部 | /      | /            | 主要为电子加速器设备检修人员                  |      |

备注：辐照室 1、2 为东西布置，由于辐照室采用屏蔽墙体设计，辐照室 1、2 对东西两侧敏感目标叠加影响较小，不再重复统计。

续表7 保护目标与评价标准

### 7.3 评价标准

#### (1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)

本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。

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

#### B1 剂量限值(标准的附录B)

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

a)由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量(但不可作任何追溯性平均), 以20mSv作为职业工作人员的剂量约束限值;

b)任何一年中的有效剂量, 50mSv。

#### 第B1.2款 公众照射

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

#### (2) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018)

本标准适用于辐射加工用能量不高于10MeV的电子束辐照装置和能量不高于5MeV的X射线辐照装置。自屏蔽辐照装置不适用于本标准。

#### 第4.2.1款 辐射防护原则(3) 个人剂量约束

辐射工作人员职业照射和公众照射的剂量限值应满足GB18871的要求。

在电子加速器辐照装置的工程设计中, 辐射防护的剂量约束值规定为:

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。

#### 第4.2.2款 辐射屏蔽设计依据

电子加速器辐照装置的屏蔽设计必须以加速器的最高能量和最大束流强度为依据。电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面30cm处及以外区域周围剂量当量率不能超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。如屏蔽体外为社会公众区域, 屏蔽设计必须符合公众成员个人剂量约束值规定。

续表7 保护目标与评价标准

**(3) 《粒子加速器辐射防护规定》(GB5172—1985)**

本规定适用于加速粒子的单核能量低于100 MeV的粒子加速器(不包括医疗用加速器和象密封型中子管之类的可移动加速器)设施。

**第2条 剂量当量限值**

第2.8条 从事加速器工作的全体放射性工作人员,年人均剂量当量应低于5mSv。

第2.10条 加速器产生的杂散辐射、放射性气体和放射性废水等,对关键居民组中的个人造成的有效剂量当量应低于每年0.1mSv。

第E.2.1 加速器设施内应有良好的通风,以保证臭氧的浓度低于0.3mg/m<sup>3</sup>。

**(4) 《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ 141-2002)**

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

**第3.2条 电子束辐照装置**

按人员可接近辐照装置的情况分为:

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

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

**5.1.4.1 空气比释动能率的测量位置如下:**

① 距辐照厅各屏蔽墙和出入口外30cm处。

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

③ 对于单层建筑的辐照装置,当距其50m内建有高层楼房且高层位于辐射源照射位置至辐照装置室顶所张的立体角区域内时,在辐照装置室顶和(或)相应的建筑物高层测量。

5.1.4.3 测量结果应符合GB17279第5条(对于监督区,在距屏蔽体的可达界面30cm,由穿透辐射所产生的平均剂量率应不大于2.5×10<sup>-3</sup>mGy/h)。

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

**第8.1.3 条 辐射防护安全要求**

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

c) 监督区的辐射剂量水平应符合GB18871-2002及GB5172—1985中职业照射剂量限

## 续表7 保护目标与评价标准

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。

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

室内：臭氧浓度的接触限值：0.3mg/m<sup>3</sup>；氮氧化物的接触限值：5mg/m<sup>3</sup>。

(7) 《环境空气质量标准》（GB3095-2012）

二级标准：臭氧1小时平均限值为200μg/m<sup>3</sup>（0.2mg/m<sup>3</sup>）；二氧化氮1小时平均限值为200μg/m<sup>3</sup>（0.2mg/m<sup>3</sup>）。

(8) 《大气污染物综合排放标准》（DB 50/418-2016）

4 污染物排放控制要求

大气污染物最高允许排放浓度：氮氧化物限值为240mg/m<sup>3</sup>（其他区域）。

5.3 所有排气筒高度应按环境影响评价要求执行，至少不低于15m。

(9) 评价标准及相关参数值

本环评主要是评价和分析电子加速器辐照工作中产生的电离辐射影响，相关评价标准及要求见表7-2所示。

表7-2 项目主要评价标准及相关参数汇总表

| 年有效剂量控制   |                                                                    |                               | 执行依据          |
|-----------|--------------------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------|
| 执行对象      | 辐射工作人员                                                             | 公众成员                          |               |
| 标准限值      | 20mSv/a                                                            | 1mSv/a                        | GB18871-2002  |
| 剂量约束值     | 5mSv/a                                                             | 0.1mSv/a                      | HJ 979-2018 等 |
| 环境剂量控制    |                                                                    |                               | 执行依据          |
| 电子加速器辐照装置 | 电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ |                               | HJ 979-2018 等 |
| 通风要求      |                                                                    |                               | 执行依据          |
| 加速器辐照室    | 室内臭氧浓度的接触限值： $0.3\text{mg/m}^3$                                    | 室内氮氧化物的接触限值： $5\text{mg/m}^3$ | GBZ2.1-2019   |

表 8 环境质量和辐射现状

本项目位于重庆市万州区经开大道88号（万州经开区）重庆平湖金龙电工科技有限公司3#装备线车间厂房内东北侧，为掌握项目所在地辐射环境质量现状，重庆市辐射技术服务中心有限公司于2023年3月23日对本项目所在的辐照室周边环境 $\gamma$ 辐射剂量率背景值进行了监测。监测结果和监测布点见监测报告：渝辐（监）〔2023〕35号（见附件5）。

8.1 监测因子

环境 $\gamma$ 辐射剂量率。

8.2 监测方案

8.2.1 监测方法和依据

监测方法和依据见表8-1。

表8-1 监测方法和依据

| 监测项目              | 监测方法 | 监测依据                                   |
|-------------------|------|----------------------------------------|
| 环境 $\gamma$ 辐射剂量率 | 仪器法  | 《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ1157-2021） |

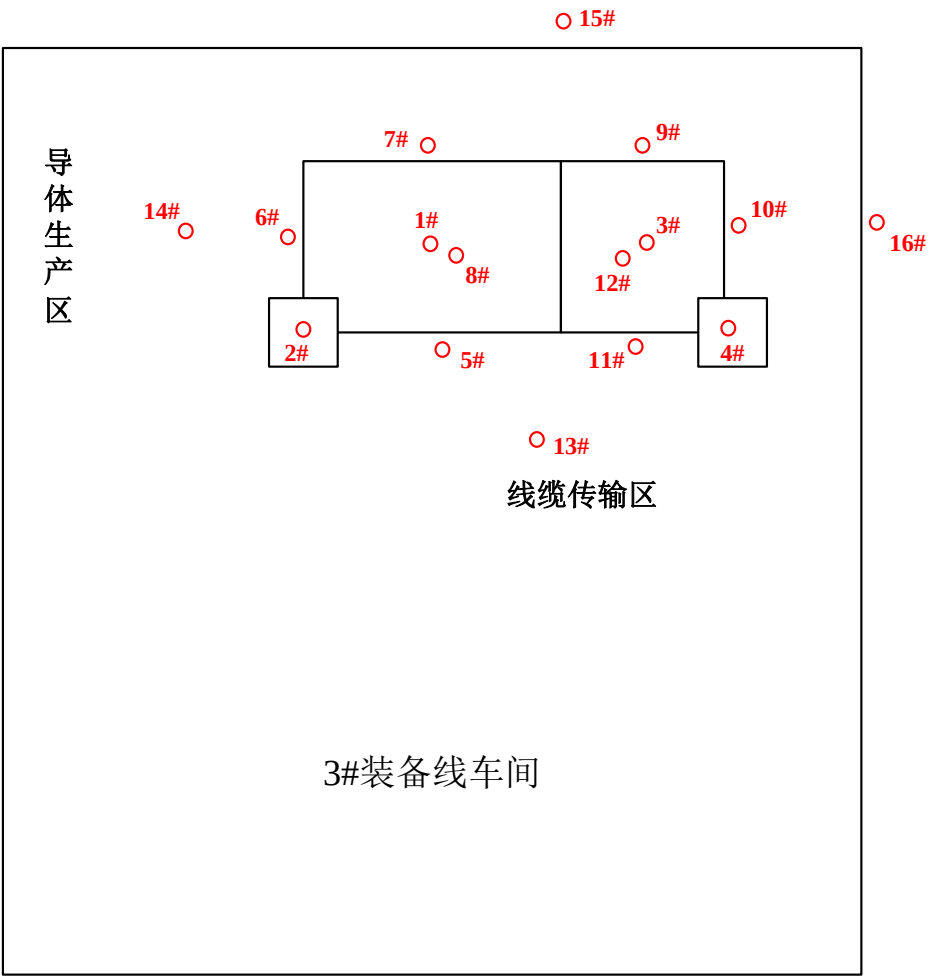


图8-1 项目监测布点示意图

## 续表8 环境质量现状

本项目辐照用房（辐照室及控制室）依托主体工程租赁厂房3#装备线车间东北角已建的辐照房，土建工程已建设完成。根据现场实际情况，进行监测布点，2个监测点位布置在项目所在2个辐照室内，2个监测点位布置在2个控制室内，6个点布置在辐照室四周外墙，2个点布置在辐照室顶部可代表顶棚设备区及行车轨道等环境保护目标处的，2个点分别布置在车间厂房内辐照室南侧和西侧，2个点位布置在车间外，因此，监测布点能够反映本项目所在地及其周围的辐射环境背景水平。

### 8.2.3 测定方式

本项目选取的测定方式为即时测量，即用监测仪器直接测量出点位上的对应监测因子的监测结果。

## 8.3 质量保证措施

### 8.3.1 监测仪器

本项目委托有资质的单位重庆市辐射技术服务中心有限公司进行监测，监测仪器在检定有效期内使用，监测仪器及检定情况见表8-3。

表8-3 监测仪器情况

| 监测仪器名称及型号                   | 仪器编号            | 计量检定/校准证书编号  | 有效期至     | 校准因子 |
|-----------------------------|-----------------|--------------|----------|------|
| 多功能辐射测量仪 MFH40G-L10+FHZ672E | 030923<br>10814 | 202211000494 | 20231102 | 1.03 |

### 8.3.2 监测人员机报告审核制度

监测人员经过培训后上岗，监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由技术负责人审定。

## 8.4 监测结果

监测结果统计见表8-4。

表8-4 拟建项目辐射环境监测结果统计

| 监测点位编号 | 监测点位描述       | $\gamma$ 辐射剂量率（nGy/h） |
|--------|--------------|-----------------------|
| 1      | 拟建1号辐照室几何中心处 | 65.0                  |
| 2      | 拟建1号控制室几何中心处 | 91.0                  |
| 3      | 拟建2号辐照室几何中心处 | 72.1                  |
| 4      | 拟建2号控制室几何中心处 | 91.0                  |
| 5      | 拟建1号辐照室南侧外墙旁 | 65.8                  |

续表8 环境质量现状

|                              |                          |      |
|------------------------------|--------------------------|------|
| 6                            | 拟建1号辐照室西侧外墙旁             | 71.7 |
| 7                            | 拟建1号辐照室北侧外墙旁             | 75.9 |
| 8                            | 拟建1号辐照室上方地面              | 61.4 |
| 9                            | 拟建2号辐照室北侧外墙旁             | 79.2 |
| 10                           | 拟建2号辐照室东侧外墙旁             | 77.5 |
| 11                           | 拟建2号辐照室南侧外墙旁             | 73.6 |
| 12                           | 拟建2号辐照室上方地面              | 58.4 |
| 13                           | 拟建1号、2号辐照室南侧线缆传输区        | 58.0 |
| 14                           | 拟建1号、2号辐照室西侧导体线生产区域      | 58.2 |
| 15                           | 拟建1号、2号辐照室西北侧一般固废间(现为工地) | 61.1 |
| 16                           | 拟建1号、2号辐照室东侧道路内(现为工地)    | 60.3 |
| 备注：项目所在地现场为已建厂房，监测时项目尚未设备安装。 |                          |      |

根据监测统计结果可知，本项目所在位置及周围环境 $\gamma$ 剂量率的监测值在58.0nGy/h～91.0nGy/h之间。

根据《2021年重庆市生态环境质量公报》，重庆市2021年环境地表 $\gamma$ 空气吸收剂量率平均值为94.0nGy/h（未扣除宇宙射线的响应值）。两者相比，项目拟建场址及周边环境 $\gamma$ 辐射剂量率在重庆市本底涨落范围内。

表 9 项目工程分析与源项

9.1 施工期工艺流程及产污环节

本项目为电子加速器辐照项目，项目依托主体工程“新能源特种线材及高端装备线缆项目”厂房建筑及已建辐照用房，购置 2 台电子加速器进行设备安装，因此本项目施工期主要工作包括辐照室及配套用房内部装修、设备安装等。其工艺流程及产污环节见图 9-1。

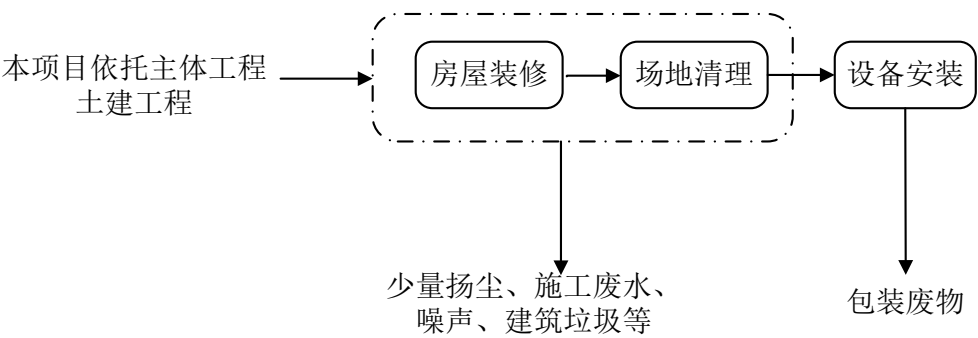


图 9-1 项目施工期工艺流程及产污环节图

施工过程中主要有少量的施工机械噪声、施工粉尘、建筑垃圾、装修垃圾、施工人员生活废物等产生。

(1) 废气

施工期的大气污染源主要为施工扬尘，装修过程中的少量出渣装卸、钻孔、建筑材料（白灰、水泥、沙子、石子、砖等）的现场搬运及堆放等施工活动产生扬尘。

(2) 废水

施工期废水主要为施工人员产生的少量生活污水。

(3) 噪声

本项目不再进行土建工程，施工过程中的噪声主要是少量装修作业产生的噪声。

(4) 固体废弃物

主要为装修过程产生的建筑垃圾，以及施工人员产生的少量生活垃圾。

9.2 营运期工艺流程及产污环节

9.2.1 工作原理

电线电缆辐照交联的工作原理：辐照交联又称为物理交联，是利用电子加速器产生的高能电子束流，轰击绝缘层，将聚乙烯高分子链打断，被打断的每一个断点称为自由基。自由基不稳定，相互之间要重新组合，重新组合后由原来的链状分子结构变成三维网状的分子结构，形成致密层。电线电缆绝缘辐照交联的改性是由其交联密度

决定的，调整辐照剂量可控制绝缘的交联密度，进一步控制材料的改性和提高。主要导致的性能变化：辐照交联导致材料机械强度增加，冷流和抗蠕变性能提高，弹性模量增大；辐射导致绝缘重要的变化是耐热性、耐溶剂性的变化，耐开裂性的变化和提高。

电子加速器工作原理：由高频机柜内高频振荡管和电源钢筒内的高频变压器、高频电极及其对钢筒、倍压芯柱之间形成的分布电容组成一个高频振荡器，它在两个高频电极之间产生高频电压，这一高频电压通过高频电极与芯柱上的半圆电晕环间的分布电容和芯柱内的整流硅堆组成的并联耦合串联升压系统，在高压电极上产生负极性直流高压，在此负极性电压作用下通过加速管时得到加速，然后穿出钛窗对产品进行辐照加工，高气压缸筒内充以SF<sub>6</sub>气体以保证加速器的高电位梯度。

### 9.2.2 设备情况

重庆平湖金龙电工科技有限公司拟配置DD<sub>LH</sub>2.5MeV-40mA、DD<sub>LH</sub>2.0MeV-50mA型高频高压型电子加速器各1台，用于电线电缆的辐照交联。

#### （1）电子加速器设备参数

本项目拟配置高频高压型电子加速器设备参数信息见表9-1。

**表9-1 拟购加速器主要性能参数**

| 设备类型   | DD <sub>LH</sub> 2.5MeV-40mA<br>L型高频高压电子加速器 | DD <sub>LH</sub> 2.0MeV-50mA<br>L型高频高压型电子加速器 |
|--------|---------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 额定射束能量 | 2.5MeV                                      | 2.0MeV                                       |
| 额定电流   | 40mA                                        | 50mA                                         |
| 冷却方式   | 循环水冷、风冷                                     | 循环水冷、风冷                                      |
| 扫描宽度   | 1600mm                                      | 1600mm                                       |
| 最大束流功率 | 100kW                                       | 100kW                                        |
| 工作方式   | 可长时间满功率运行                                   | 可长时间满功率运行                                    |
| 设备结构   | L式半自屏蔽                                      | L式半自屏蔽                                       |

#### （2）电子加速器结构

辐照用电子加速器主要组成部分包括：直流高压发生器、束流加速系统、扫描引出系统、真空抽气系统、绝缘气体处理系统、冷却水循环系统、控制系统组成。高频高压型加速器按主体结构形式可分为直立型、角尺型（卧式）和L型，本项目拟购置的电子加速器主体结构为L型半自屏蔽，其结构特性如下：采用高压电源和电子加速器系统相分离的结构，前者为卧式，后者垂直安放。两者通过高压同轴圆管（即连接管）连接。其特点是：

续表 9 项目工程分析与源项

a) 采用角尺形设计，只需对加速器部分及束流引出部分进行屏蔽，而高频高压电源部分一般不需要屏蔽；

b) 由于电源部分卧置，设备高度大大降低，节省厂房建造成本；

c) 躺下后的卧式高压电源筒内的倍压柱更便于检修；

d) 加速管置于独立的钢筒内，减弱了与倍压柱之间的相互干扰。检修调试时更便于判断故障点所在；

e) 当加速器能量不是很高时，辐射防护可以采用半自屏蔽设计。即以铁和铅构成紧凑的局部屏蔽。拟购加速器设备自屏蔽包括束流加速器组件和高压电源组件外壳屏蔽材料和嵌入顶棚处加速器管穿墙区域的铁屏蔽件。加速器组件穿顶棚处孔洞空隙屏蔽材料为一定厚度的铁，用于封堵设备组件穿墙空隙，阻挡辐照室内射线通过设备周边空隙直接泄露至辐射顶棚设备区，该铁屏蔽区作为辐照室顶棚屏蔽的一部分。加速器组件自屏蔽结构见报告附图6。

本项目拟购加速器的结构如图 9-2 所示。

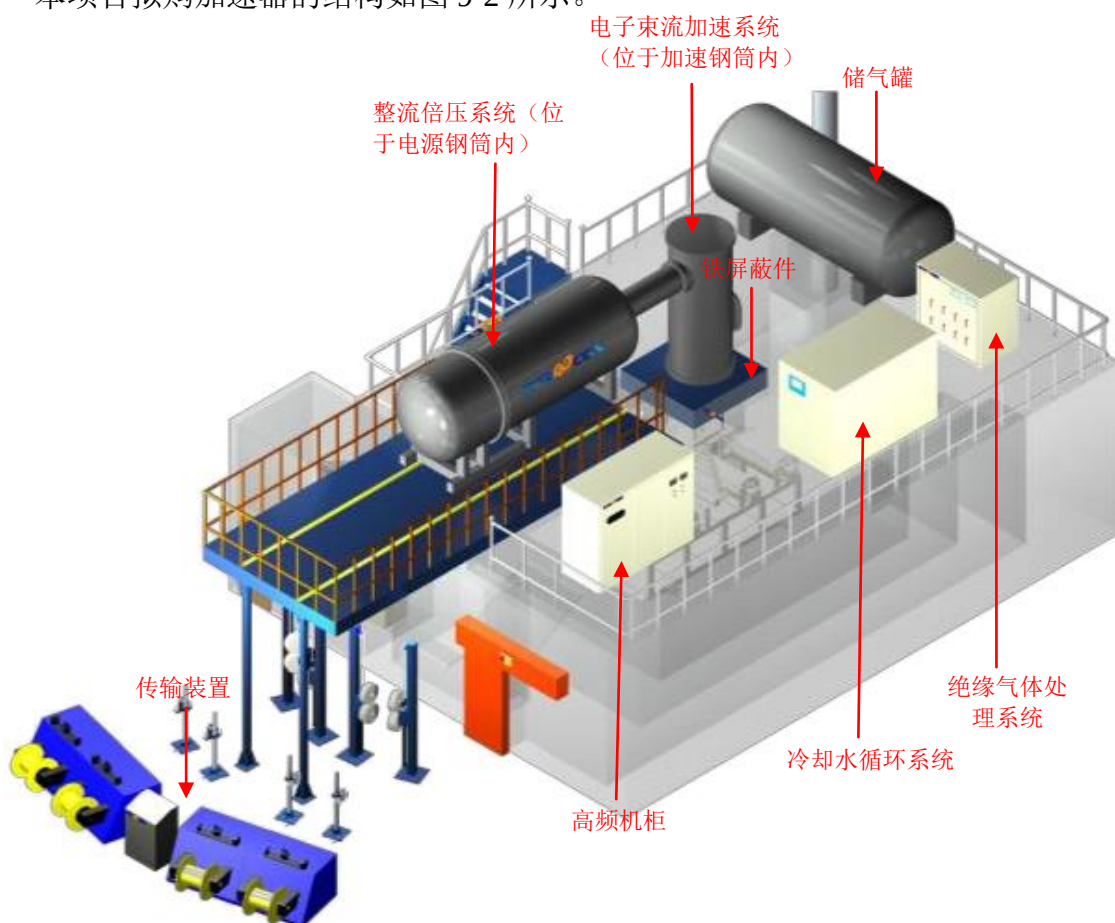


图9-2 L型半自屏蔽电子加速器结构示意图

## 续表 9 项目工程分析与源项

### ①直流高压发生器

由高频振荡器、高频变压器和整流倍压系统组成，高频变压器为高频振荡器的关键部件。高频振荡器的作用是把电网的电能由工频转化为高频，再经倍压电路转换为加速器的直流高压，其性能决定着最大束功和束功转化效率。整流倍压系统是以两块垂直固定在钢筒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。

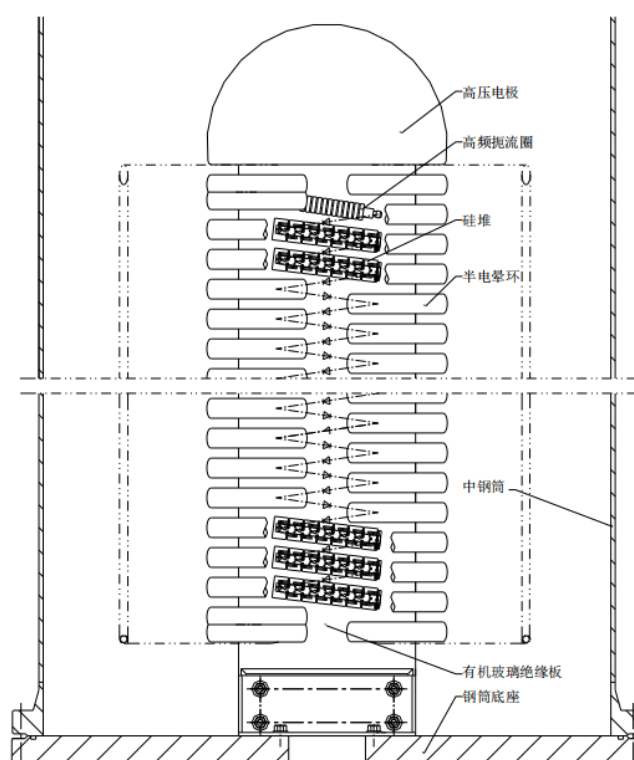


图9-3 整流倍压系统示意图

### ②束流加速系统。

由加速管和电子枪组成。加速管属于等电压梯度、高压型加速管，电子枪由置于高压球帽内的发电机供电。发电机由固定在钢筒底座上的变频电机通过根绝缘轴带动。改变变频电机的工作频率，即可方便快速地改变发电机的转速从而改变电子枪的加热电流，达到调节束流的目的。

续表 9 项目工程分析与源项

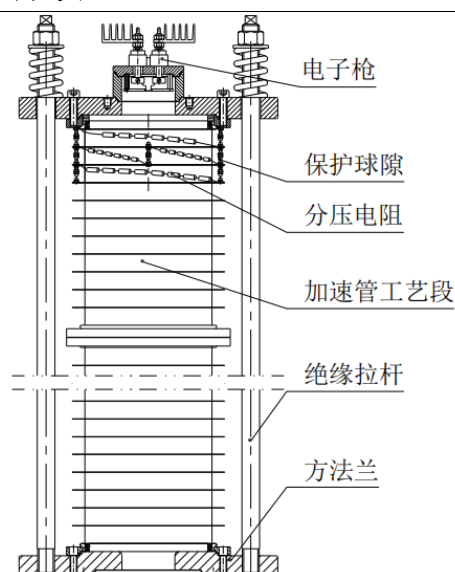


图9-4 束流加速系统示意图

### ③扫描引出系统

电子束离开加速管后进入辐照室。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。因此沿钛窗安装了把风刀，针对钛箔进行强风冷却。



图9-5 束流引出系统示意图

### ④控制系统

续表 9 项目工程分析与源项

计算机控制系统的主要功能是：监控加速器的正常运行，实施安全联锁，并与束下装置联动配合。

⑤真空抽气系统

真空抽气系统安装在主厅钢筒底座下面两侧，由涡轮分子泵和机械泵机机组组成。工作时先启动前级旋片真空泵机组，等到前级真空度达到 5Pa 左右时可启动分子泵机组。真空测量采用 ZDF—V 型系列电阻/电离复合数显式真空计，ZJ-52T 型电阻规用来测量前级真空管路中的低真空度，ZJ-14 型冷规用来测量高真空管路中的真空度，真空计可向控制台输出联锁信号，以实现与真空度有关的联锁控制。

⑥SF<sub>6</sub> 绝缘气体处理系统

绝缘气体处理系统的功能主要为加速器检修时回收气体和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。

⑦加速器冷却水循环装置

加速器水冷却/恒温系统是用于冷却/恒温 DD 型电子加速器工作时关键零部件温度的专用设备。全程采用 PLC 加控制面板方式实现自动控制。并与主控制界面建立通讯，同时能在加速器主控制界面上实现显示、控制及故障报警。本装置主要由二只水箱（常温水箱和低温水箱）、压缩机、冷凝器、蒸发器、水泵、若干阀门、管道、机架和控制系统组成。低温水箱主要冷却加速器钢筒内部和高频机柜内部，常温水箱主要冷却高频机电电子管和束流吸收板。

续表 9 项目工程分析与源项

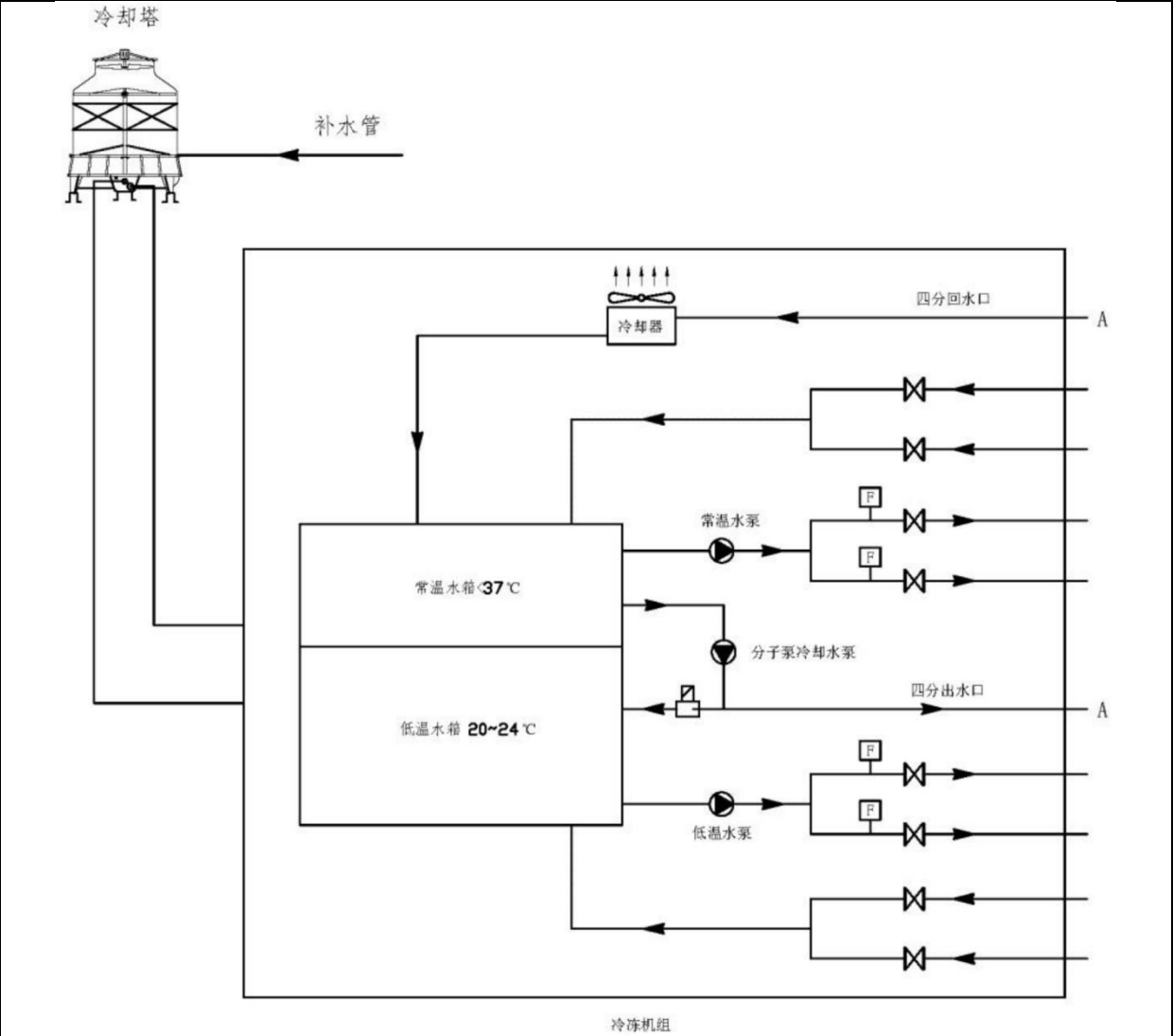


图9-6 冷却流程示意图

⑧束下传输系统

电子束流从窗膜射出后，辐照电线电缆。辐照时为避免辐射对人员的伤害，人员是被限制进入辐照区的，所以需辐照的产品运输必须由一套传输设备来完成，这套系统通称为束下传输系统。

本项目DD<sub>LH</sub>2.5MeV-40mA/DD<sub>LH</sub>2.0MeV-50mA型高频高压型电子加速器各配置束下传输系统 1 套。由放线机、放线夹线器、放线张力（储线）架、过线轮组、束下驱动辊筒装置、收卷张力架、收卷夹线机和收线机组成。辐照室1内采用双排布置，上层布置双进双出细线穿墙孔，下层布置单进单出粗线穿墙孔，辐照室2内采用单排布置，双进双出细线穿墙孔。整机生产线采用先进的计算机控制系统，自动化程度高。拟辐照的电缆放到待辐照区，连接放线机，电缆通过牵引机由产品走线地坑穿墙进入辐照室，缠绕到束下辊筒，经电子束辐照后由产品走线地坑穿墙出辐照室，然后收到收线

## 续表 9 项目工程分析与源项

机上；其中辐照室1内设置2台牵引机，用于不同线径的电缆产品辐照使用，辐照室2内设置1台牵引机。

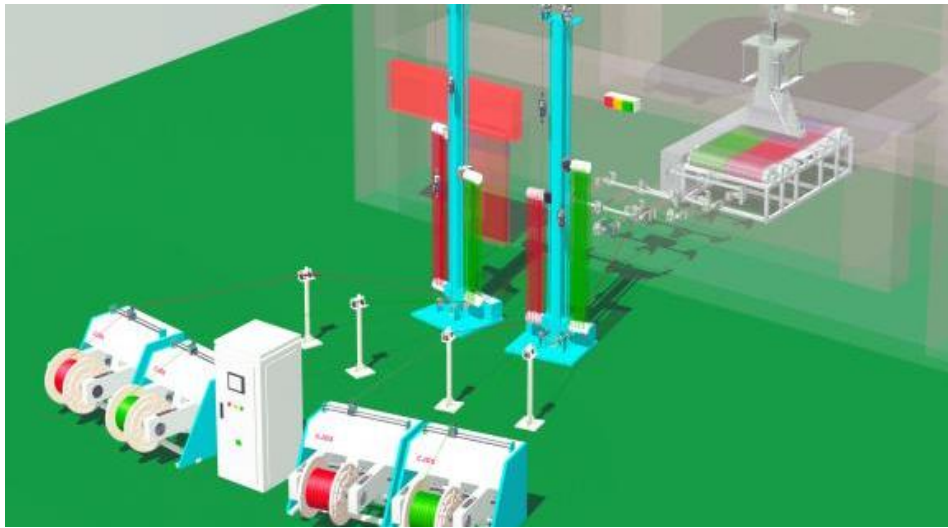


图9-7 束下传输系统示意图

### 9.2.3电子加速器辐照工作原理及污染因子分析

电线电缆辐照工艺流程图见图9-8、图9-9。

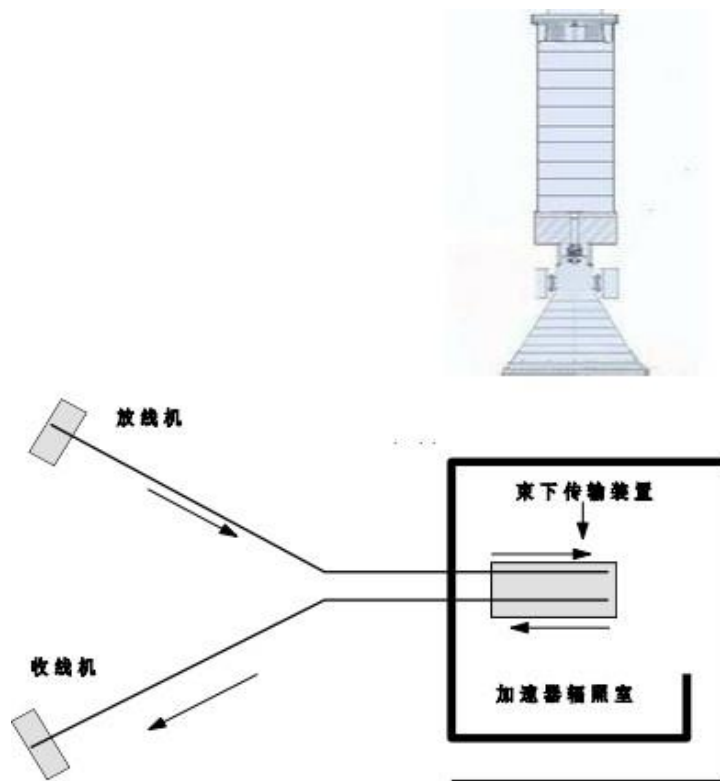
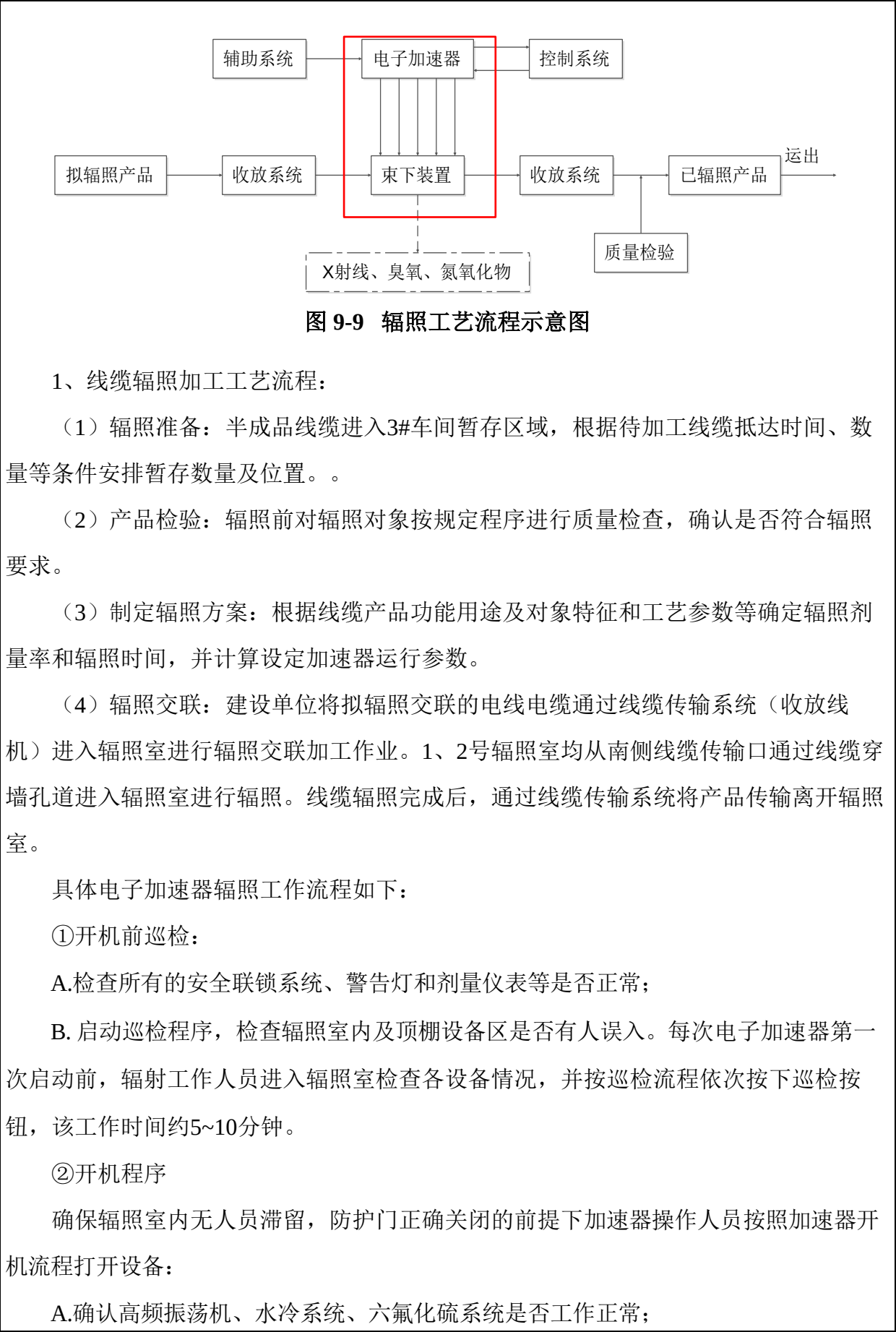


图 9-8 电缆辐照交联工艺示意图

续表 9 项目工程分析与源项



续表 9 项目工程分析与源项

B.开启电源设备；

C.开启加速器控制柜工作站电源，进入操作系统；

D.按操作界面要求，依次启动排氧风机、风冷系统、新风风机、关闭辐照厅门等操作；

③根据线缆辐照要求，设置加速器参数，设定辐照剂量、线径以及束下传输线的速度等；

④对待辐照产品（电线电缆）进行辐照：开启束下传动系统开关，然后启动整个辐照生产线，束下传输装置开始牵引，运转到设定的线速度。电子加速器正常运作，电子束作用于电线电缆进行辐照改性，实现产品的辐照交联。

⑤当一盘产品交联完成后，进行下盘的操作，完成了产品的交联工序。本项目电子加速器配置的束下传输系统相同，当一盘产品交联完成后操作下盘产品时仅需在线缆传输区将电线电缆装于放线机上，无需进入辐照室进行操作。

⑥根据工作安排，辐照工作结束后，按照加速器关机流程关闭电子加速器设备、束下传输装置，而后持续通风（排风时间不少于10分钟），待室内臭氧浓度满足相关标准后关闭臭氧风机等，工作人员方可进入。

总体上，辐照工作人员仅在辐照工作前的准备工作、辐照工作结束后的收尾工作时需进入辐照室。其中，准备工作于加速器开机工作前进行，其主要检查各设备情况，该工作时间在5~10分钟之间；辐照工作结束后，工作人员进入辐照室进行各设备检查，确保各设备处于正确状态，该工作时间在5~10分钟之间。此外，每次进入辐照室的工作人员不得少于2人，尽可能避免因室内监控盲区造成的人员误照射。

（5）辐照交联作业完成后，装卸操作人员将辐照完成的线缆产品从收线架上卸下，运至产品暂存区进行检验后进入包装区进行包装、成缆后外运。

#### 9.2.4辐照室人流物流路径规划

##### （1）人流路径规划

辐照室设置有迷道门，辐射工作人员首先根据工作制度和制定好的检查路线对辐照室四周进行巡检，确保无不相关人员逗留；其次根据工作流程进入辐照室按顺序进行巡检，检查是否有人误留，并依次按下巡检开关，按指定通道依次巡检后，然后离开辐照室；最后再进入紧邻的操作室进行检查，查看设备工作状态。

续表 9 项目工程分析与源项

辐照室位于3#高端装备线车间厂房内，厂房内有人员通道，厂房内其他线缆生产区域工作人员经人员通道流动。

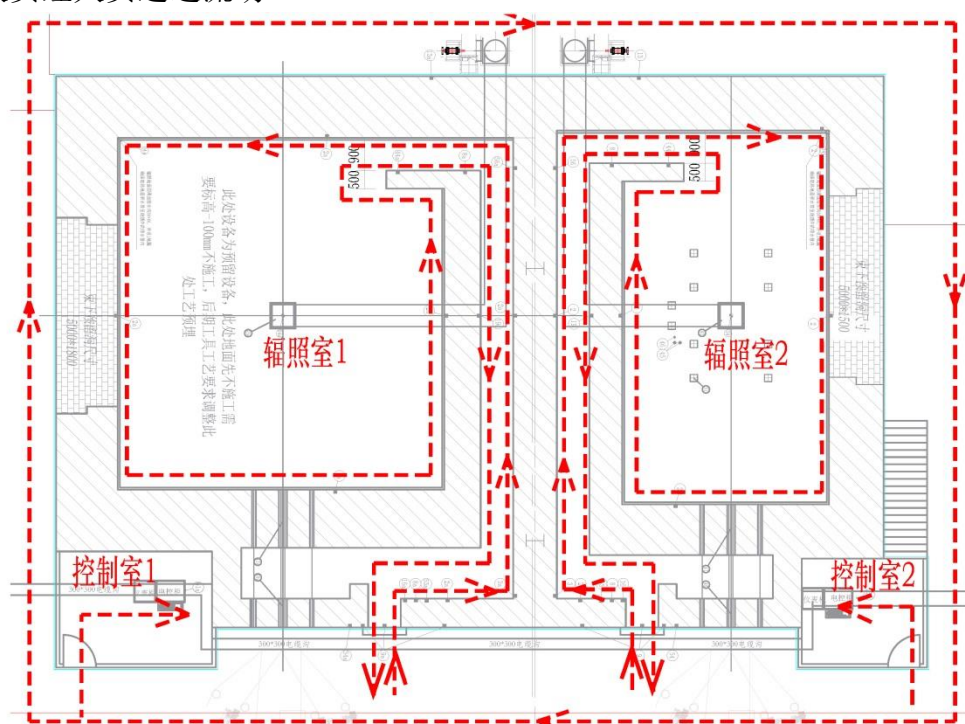


图9-10 辐照区域人员流动路径

## (2) 物流路径规划

根据建设单位设计，两个辐照室均设置有束下传输装置，项目电线电缆运输到辐照室南侧区域后，由工作人员搬运至传输带上，从南侧一端经放线机进入辐照室，辐照完成后由辐照室南侧另一端出口经收线机传出，再由人工将电线电缆从传输带卸下，转移至暂存区。

项目车间内人流物流图见附图4。

## 9.3污染源项分析

### 9.3.1 电离辐射

加速器在进行辐照时电子枪发射电子，电子经过加速管加速并经过扫描扩展成为均匀的一定宽度的电子束。电子运动中受到加速器部件、作为辐照对象的电缆等材料的阻挡后，产生很强的韧致辐射（X 射线）。本项目电子加速器电子束能量分别为 2.5、2.0MeV，根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）附录 A 中表 A.1 可知，2.5、2.0MeV 入射电子在距高 Z（原子序数  $Z > 73$ ）厚靶 1 米处侧向 90° 的 X 射线发射率分别为 2.5、1.6Gy·m<sup>2</sup>mA<sup>-1</sup>·min<sup>-1</sup>。本项目辐照装置最高能量为 2.5MeV，尚

续表 9 项目工程分析与源项

达不到 ( $\gamma$ , n) 的反应阈值, 不会产生中子, 不会产生光核反应和感生放射性。因而, 不存在加速器结构材料、冷却水和空气的感生放射性以及中子等相应的防护问题。所以, 加速器开机辐照期间, X 射线为项目主要污染因子。

### 9.3.2“三废”产生量

#### (1) 废气

空气在辐射照射下产生臭氧 ( $O_3$ ) 和氮氧化物 ( $NO_x$ ), 氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一, 且以臭氧的毒性最高, 所以主要是考虑臭氧的产生及其防护。根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018) 附录 B.4 可知, 在辐射加工中, 有仅利用 X 射线的厂房, 需要考虑 X 射线产生的臭氧。而电子束和 X 射线同时使用的厂房, 只计算电子束产生臭氧就足够了, 因此, 本项目只需要计算电子束产生臭氧。根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018) 附录 B.1 可知, 平行电子束所致  $O_3$  的产生率可以用以下公式进行保守的估算:

$$P=45dIG \quad (\text{公式 9-1})$$

式中:

P——单位时间电子束产生  $O_3$  的质量 (mg/h);

I——电子束流强度 (mA);

d——电子在空气中的行程 (cm), 应结合电子在空气中的线阻止本领  $s=2.5keV/cm$  和辐照厅尺寸选取, 本项目束流引出窗到束下传输带 (不锈钢板) 距离分别约 1.23、1.35m, d 分别取 124、135cm;

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

根据计算可知, 本项目 2.5、2.0MeV 电子辐照加速器所致  $O_3$  的产生率分别为  $2.23 \times 10^6 mg/h$ 、 $3.04 \times 10^6 mg/h$ 。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018) 附录 B 可知, 氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一, 因此本项目电子辐照加速器所致氮氧化物的产生率分别为  $7.43 \times 10^5 mg/h$ 、 $1.01 \times 10^6 mg/h$ 。

#### (2) 废水

本项目加速器冷却水循环装置使用去离子水, 对加速器零部件进行循环冷却, 不外排, 只需定期补加。本项目束下传输系统冷却方式采用喷淋水冷却方式, 根据建设单位

**续表 9 项目工程分析与源项**

提供的资料，每套束下传输系统喷淋冷却水产生量均约 $3\text{m}^3/\text{d}$ ，喷淋水采用自来水。本项目喷淋冷却对象为被辐照的电线电缆产品，电线电缆产品表面较干净，喷淋冷却水喷淋电线电缆后几乎未被污染，因此喷淋冷却水中污染物主要为SS，喷淋冷却水经收集后排入厂区污水管网。本项目辐射工作人员由公司调配而来，不新增工作人员，故不新增生活污水产生量。

**(3) 固废**

本项目营运期各生产工艺环节均无固体废物产生，本项目辐射工作人员由公司调配而来，不新增工作人员，故不新增生活垃圾产生量。

**(4) 噪声**

辐照室共设置 2 台排风风机、3 台新风风机，加速器配套设置 2 台钛窗风机，工作时将产生一定的噪声，建设单位拟使用的通排风系统为低噪声节能排风机，噪声源强一般在 60~75dB（A）。

根据以上分析可知，本项目产生的污染因子情况见表 9-2 所示。

**表9-2 项目污染因子一览表**

| 污染物    | 污染因子                           | 备注                                                                                                                                                                                       |
|--------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 电离辐射   | X射线、电子线                        | 2.5、2.0MeV电子辐照加速器X射线发射率分别为 $2.5$ 、 $1.6\text{Gy}\cdot\text{m}^2\text{mA}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$ ；电子束最大能量分别为2.5、2.0MeV                                                                 |
| 废气     | $\text{O}_3$ 、 $\text{NO}_x$   | 2.5、2.0MeV电子辐照加速器所致 $\text{O}_3$ 的产生率为 $2.23\times 10^6$ 、 $3.04\times 10^6\text{mg/h}$ ；<br>2.5、2.0MeV电子辐照加速器所致 $\text{NO}_x$ 的产生率分别为 $7.43\times 10^7$ 、 $1.013\times 10^6\text{mg/h}$ |
| 喷淋冷却废水 | SS                             | 每套 $3\text{m}^3/\text{d}$ ，共 $6\text{m}^3/\text{d}$                                                                                                                                      |
| 生活污水   | COD、SS、 $\text{NH}_3\text{-N}$ | 不新增                                                                                                                                                                                      |
| 固体废物   | 生活垃圾                           | 不新增                                                                                                                                                                                      |
| 噪声     | 噪声                             | 泵类、风机等设备，源强约60~75dB（A）                                                                                                                                                                   |

**表10 辐射安全与防护**

**10.1布局与分区**

**10.1.1布局合理性**

本项目辐照室位于3#装备线车间厂房内东北侧，辐照室1、辐照室2东西并排紧邻布置，均为单层混凝土结构，控制室分别设置在1#辐照室西南侧和2#辐照室东南侧，加速器设备主体和水冷、排风等辅助系统放置在辐照室顶棚上方。两间辐照室东侧为厂房东墙，南侧为厂房内线缆传输区及其他生产区域，西侧为厂房内导体区生产区域，北侧为厂房北墙，因此，辐照室周围活动人员较少，有利于减少射线对公众成员的影响。

需辐照电线电缆通过线缆传输系统（收放线机）进行收发，线缆传输操作区域位于辐照室南侧，辐照室人员出入口采用多回迷路设计，线缆传输进入辐照室采取专用线缆穿线孔，穿线孔位置分别设置在迷道内外墙。操作室分开布置在两端，减小了相互的影响，辐照室的整体设计能达到良好的屏蔽防护效果，便于辐照交联工作的开展。

综上所述，项目布局较为合理。

**10.1.2分区**

根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的规定，应把辐射工作场所分为控制区和监督区，以便于辐射防护管理和职业照射控制。

控制区：在辐射工作场所划分的一种区域，在这种区域内需要或可能需要采取专门的防护手段和安全措施。

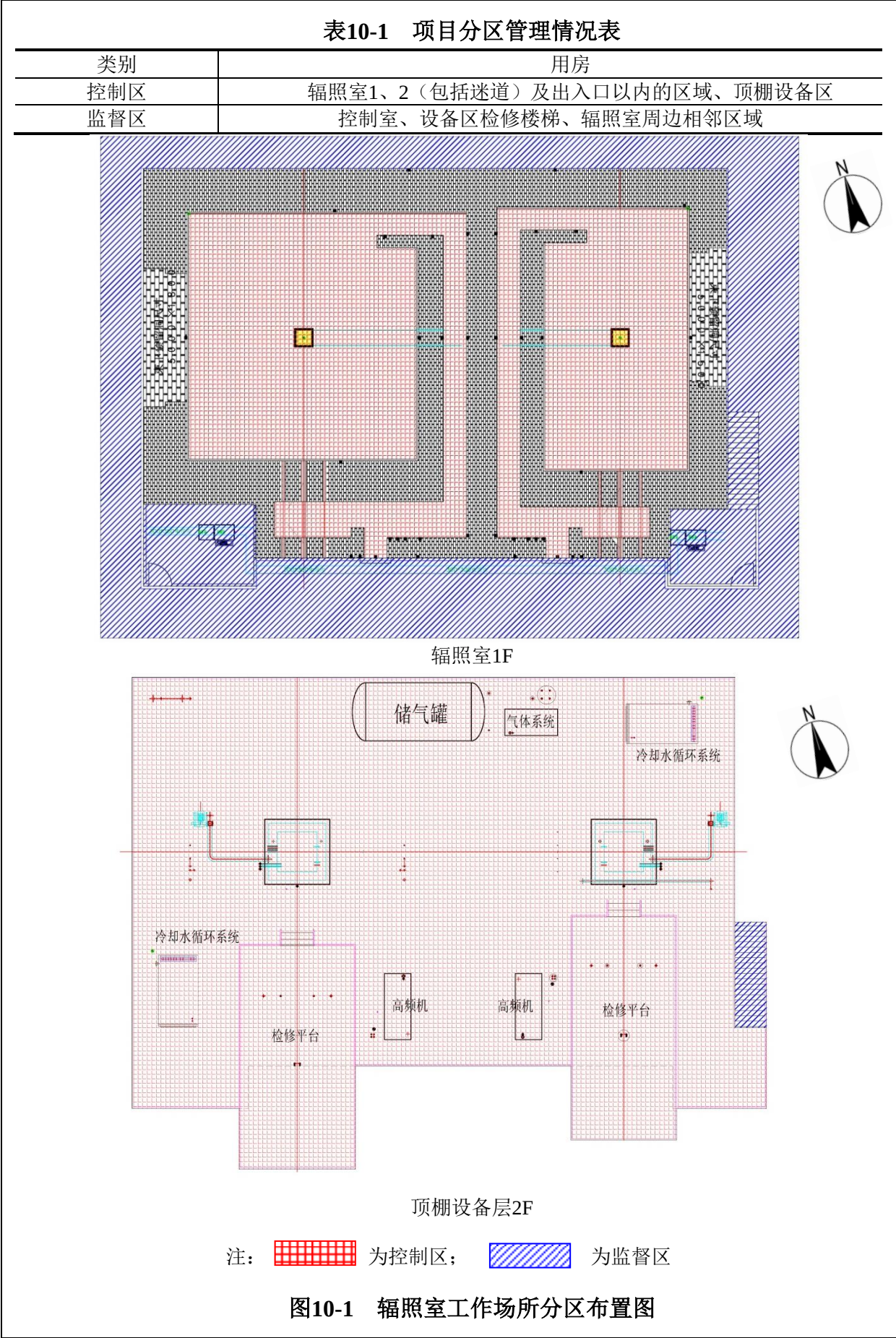
监督区：未被确定为控制区、通常不需要采取专门防护手段和安全措施但要不断检查其职业照射条件的任何区域。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的规定，本项目电子加速器辐照装置的工作场所分为：

控制区，如辐照室（包括辐照大厅和迷道）及出入口以内的区域、顶棚设备区；监督区，如控制室、设备区检修楼梯及辐照室周边相邻区域等其他需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

为了加强管理，拟将本项目工作场所按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）和《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）等规定划分为控制区和监督区，具体分区情况如下表10-1，分区布局示意图见图10-1。

续表10 辐射安全与防护



**续表10 辐射安全与防护**

本项目拟购置带半自屏蔽结构的电子加速器设备，仅需对辐照区域采取屏蔽防护，因此项目设置单独辐照室，加速器主机部分安装在辐照室顶棚上方平台，并使用围栏封闭，本项目将辐照室作为控制区，控制室、顶棚设备区、设备区检修楼梯及辐照室周边相邻区域作为监督区，分区满足要求。

公司拟采取必要的措施加强分区管理，主要措施如下：

①控制区：对控制区进行严格控制，射线装置在运行中严禁任何人进入。在出入口和其他必要的地方设置电离辐射警示标识。辐照室入口处设置工作状态指示灯并带声音报警装置。在顶棚设备区四周设置围栏（高1.3m）、固定式辐射监测仪探头、摄像头等设施，顶棚设备区仅设备检修时由专业维修人员进入，禁止非辐射工作人员进入，设备区入口设置专用门锁，由值班班长保管，根据公司辐照工作制度，设备开机前巡检时应同时检查二层顶棚设备区，确保无人逗留。

②监督区：监督区一般不设置专门管控设施，但需加强周边活动人员管理，控制室为工作人员操作仪器时工作场所，禁止非辐射工作人员进入。

③在控制区边界、控制区与监督区之间的穿墙管线等处开展定期监测工作。

## **10.2辐射安全与防护措施**

### **10.2.1加速器辐照室辐射防护屏蔽设计**

#### **（1）辐照室屏蔽设计**

项目拟购加速器为半自屏蔽设备，加速器组件采用钢和铅屏蔽。

1#辐照室2.5MeV电子加速器设备屏蔽设计具体为：加速钢管筒筒体采用内层12mm钢板，中间夹层60mm铅板，外层3mm钢板屏蔽；顶盖采用20mm钢板+70mm铅板+70mm钢板屏蔽；底座采用厚度90mm钢板(含30mm厚钢板垫层)+组件穿墙孔处的540mm铁屏蔽；人孔法兰采用10mm钢板屏蔽+40mm铅板屏蔽+70mm钢板屏蔽。连接接管采用内层12mm钢板，中间夹层40mm铅板，外层3mm钢板屏蔽。加速器电源钢筒采用14mm钢板屏蔽。

2#辐照室2.0MeV电子加速器设备屏蔽设计具体为：加速钢管筒筒体采用内层12mm钢板，中间夹层40mm铅板，外层3mm钢板屏蔽；顶盖采用20mm钢板+60mm铅板+80mm钢板屏蔽；底座采用厚度80mm钢板(含30mm厚钢板垫层)+组件穿墙孔处的420mm铁屏蔽；人孔法兰采用65mm钢板屏蔽+40mm铅板屏蔽+3mm钢板屏蔽。连接接管采用内层10mm钢板，中间夹层30mm铅板，外层3mm钢板屏蔽。加速器电源钢筒采用14mm钢板屏蔽。

续表10 辐射安全与防护

防护屏蔽设计见附图6，经设备厂商出具的屏蔽说明及后文核算，辐照室1、2屏蔽体外周围剂量当量率均能满足标准限值 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

### （2）穿墙水管等辐射防护屏蔽设计

喷淋水经排水沟收集后，通过排水管引至厂房外接入污水管网。围绕辐照室1、2内四周地面上分别设置排水沟（ $60\text{mm}\times 60\text{mm}$ ），然后在辐照室1西北角和辐照室2东北角的集水沟内设置排水管道，管道埋设在地坪下方，由辐照室1西北侧、辐照室2东北侧呈U形穿过屏蔽墙，然后再接入厂区污水管网。管道埋设在辐照室地坪下方，整体呈Z形结构，管线内径为 $60\text{mm}$ ，外径为 $100\text{mm}$ ，不影响辐照室屏蔽墙体防护效果。

辐照室内水冷系统进水回水管道由辐照室顶棚呈Z形穿过楼板，接入辐照室内，管道内径为 $\Phi 32\times 3\text{mm}$ 。

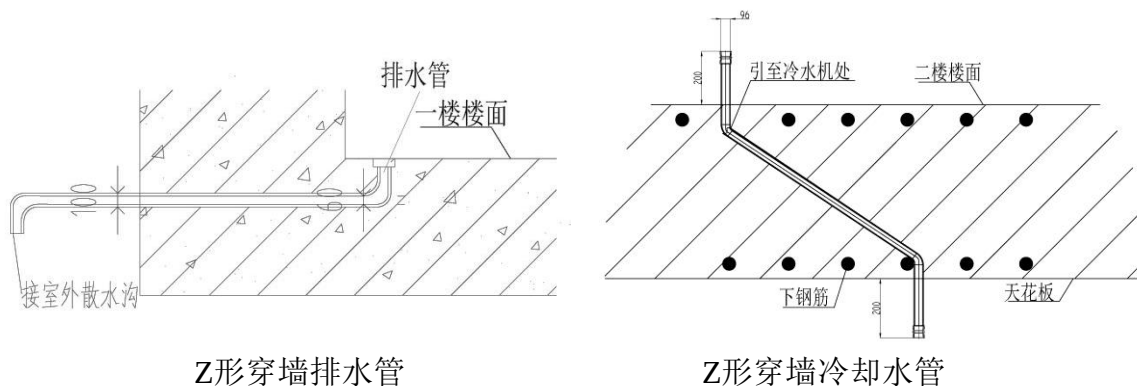
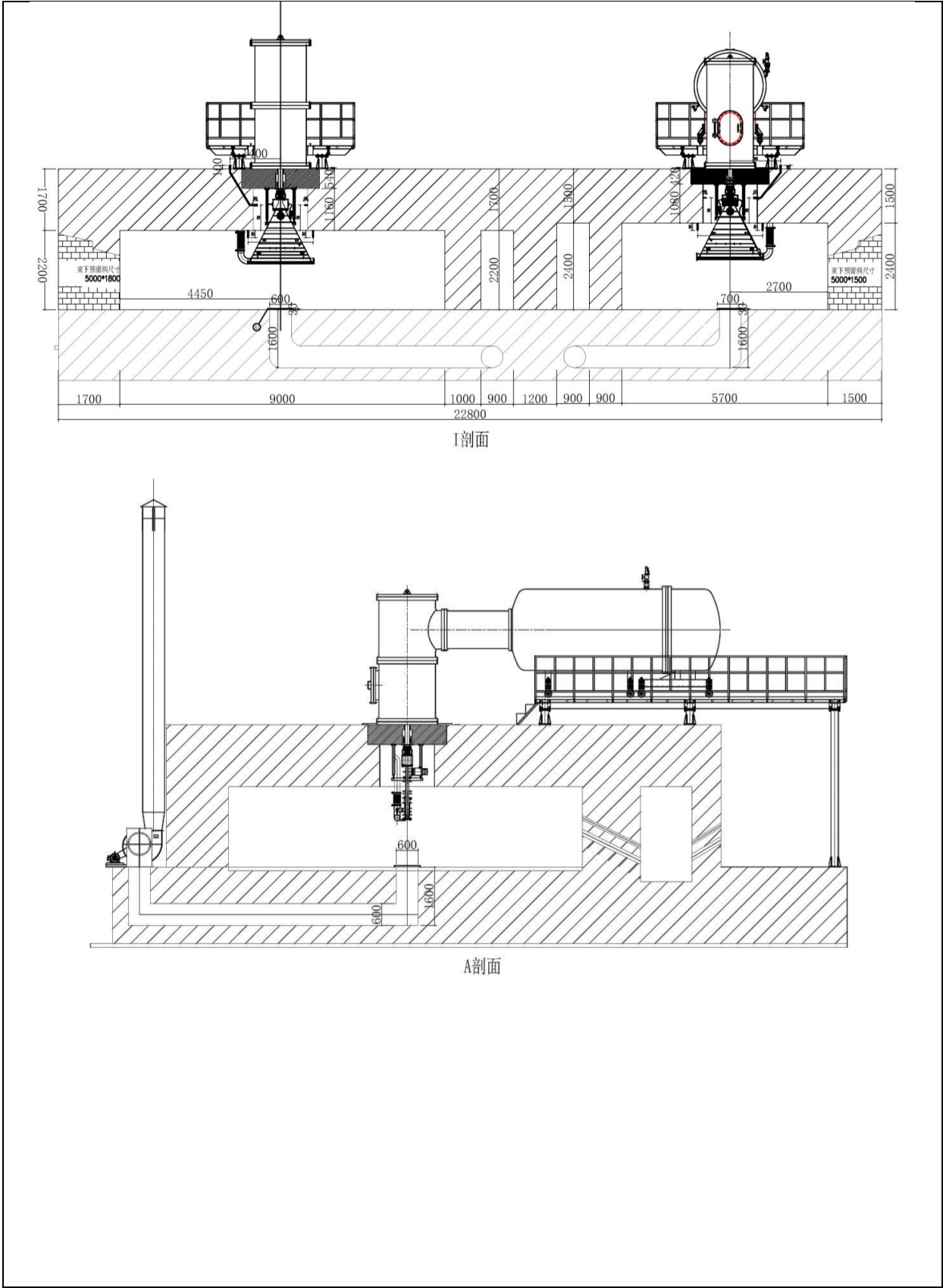


图10-2 穿墙管线辐射防护屏蔽设计示意图

### （3）排风风道辐射防护屏蔽设计

本项目按照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979 - 2018）的规定拟设置机械排风系统，辐照室1、2地面各设置1个臭氧排风口，排风管道为预制混凝土管，排风管道由辐照室内地面向下以“U”型穿越迷道内墙后向北走向，再以“U”型穿越北侧墙体，风道直径为 $600\text{mm}$ ，引至辐照室外，然后设置风机抽排，经约 $15\text{m}$ 高的不锈钢排气筒高空排放。排风风道辐射防护屏蔽设计见图10-3。

续表10 辐射安全与防护



续表10 辐射安全与防护

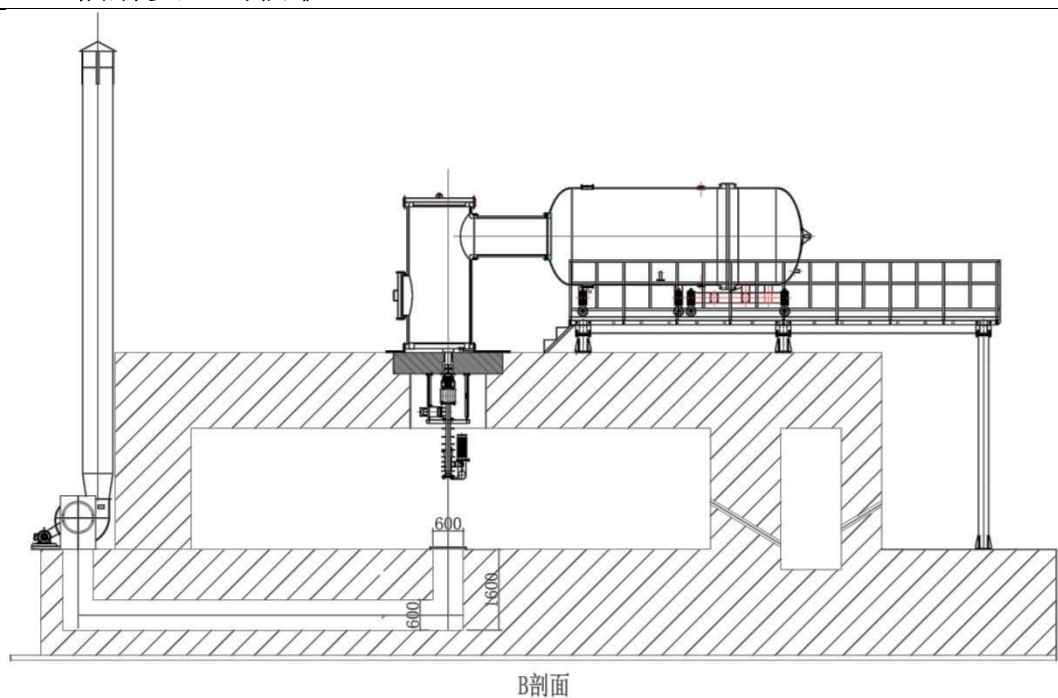
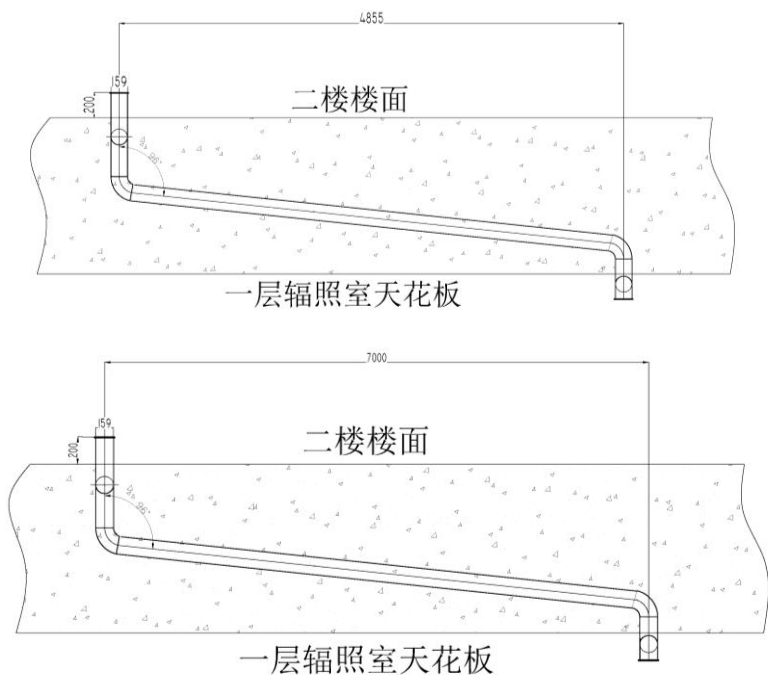


图 10-3 排风风道辐射防护屏蔽设计示意图

(4) 新风风道辐射防护屏蔽设计

本项目按照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的规定拟设置机械送风系统，通过新风风机对辐照室进行送风，新风风机设置在辐照室顶棚地面，顶棚地面设置3个新风风管，新风管道为不锈钢管，新风管道由辐照室顶棚地面向下以“Z”型穿越，风道直径为115mm，引至辐照室内。排风风道辐射防护屏蔽设计见图10-4。



续表10 辐射安全与防护

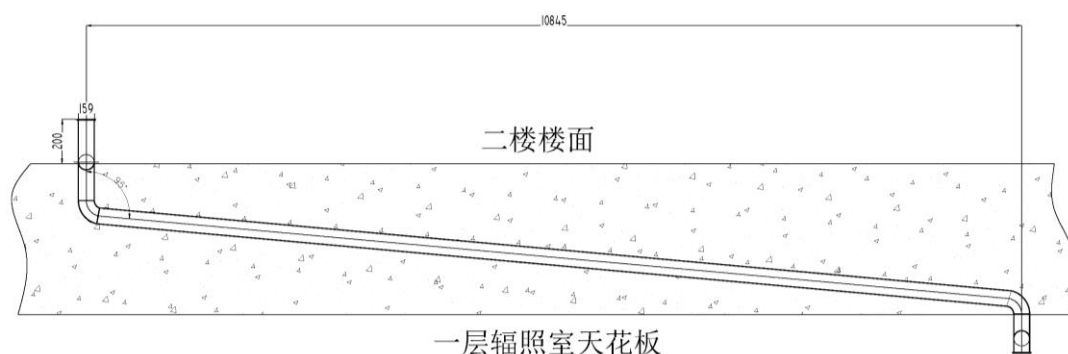
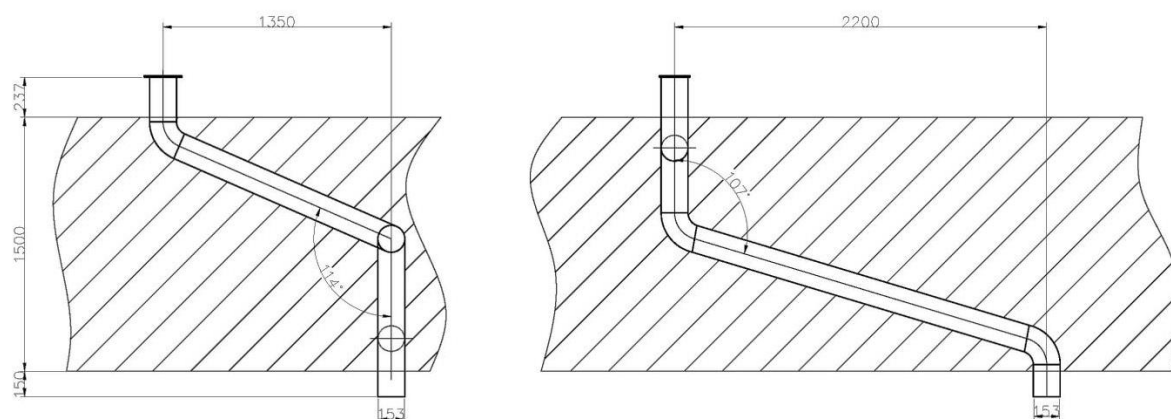


图10-4 新风风道辐射防护屏蔽设计示意图

#### (5) 钛窗风管穿墙处辐射防护屏蔽设计

本项目按照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的规定设置钛窗风冷系统，风机设置在辐照室顶棚地面，顶棚地面设置2个钛窗风管，钛窗风管为不锈钢管，管道由辐照室顶棚地面向下以“Z”型穿越，风管内径为153mm，引至辐照室内钛窗上。



钛窗风管穿墙大样

图10-5 钛窗风道辐射防护屏蔽设计示意图

#### (6) 设备预留洞辐射防护屏蔽设计

根据建设单位提供的设计方案可知，本项目辐照室1西墙及辐照室2东墙设有设备预留洞，辐照室1西墙预留洞尺寸5000mm（宽）×1800mm（高），辐照室2东墙预留洞尺寸5000mm（宽）×1500mm（高），待设备进入辐照室后再浇筑混凝土封堵，预留洞四周错缝设计，防止射线泄漏。

**图10-6 设备预留洞辐射防护屏蔽设计示意图**

(7) 辐照线缆进出口辐射防护屏蔽设计

辐照线缆进出通过束下传输系统实现机械化操作，操作工人距离辐照室外墙约20m，根据辐照室平面布置图及剖面图可知，辐照线缆进出口在同一侧墙体，1#辐照室辐照线缆从迷道外墙以夹角 $31^{\circ}$ 斜向下穿进，经管材传动装置进入迷道内，在迷道内墙以夹角 $26^{\circ}$ 斜向上穿进（迷道外墙穿进高度高于迷道内墙穿进高度，形似U形，可避免射线直接照射），2#辐照室辐照线缆从迷道外墙以夹角 $31^{\circ}$ 斜向下穿进，经管材传动装置进入迷道内，在迷道内墙以夹角 $31^{\circ}$ 斜向上穿进（迷道外墙穿进高度高于迷道内墙穿进高度，可避免射线直接照射）。

进高度，形似U形，可避免射线直接照射）。1#辐照室辐照线缆穿墙孔为双排布置，上层布置双进双出细线穿墙孔，下层布置单进单出粗线穿墙孔，2#辐照室辐照线缆穿墙孔为双进双出，辐照线缆进出口辐射防护屏蔽设计见图10-7。



## 续表10 辐射安全与防护

### 10.2.2安全联锁及紧急停机等防护措施

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

本项目电子辐照加速器采取了相适应的多层防护与安全措施（即纵深防御），充分体现了冗余性、多元性、独立性的安全原则，辐射安全与防护设施设计包括联锁系统、急停系统等内容，辐照装置设计的辐射安全保护措施和联锁系统符合相关标准规范，满足辐射安全要求。辐射安全与防护设施布置见图10-8，安全联锁设施逻辑示意图10-9所示。

（1）钥匙控制。加速器的主控钥匙开关和辐照室迷道门联锁。如从控制台上取出该钥匙，加速器自动停机，该钥匙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。辐照室的门与束流控制和加速器高压联锁。辐照室门打开时，加速器不能开机。加速器运行中门被打开则加速器自动停机且切断高压系统。辐照室1、2出入口各设置门机联锁装置1个。另外，固定式辐射剂量监测仪与防护门门机连锁，固定式辐射剂量检测仪超剂量阈值报警，无法打开通道门。

（3）束下装置联锁。电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制建立可靠的接口和协议文件，束下装置与加速器设联锁保护。当束下装置因故障偏离正常运行状态或停止运行时，加速器自动停机且切断高压系统。线缆传输装置设置急停按钮，并与束下装置控制系统联机，与加速器辐照装置联锁。

（4）信号警示装置。在辐照室出入口处及辐照室内部设置灯光和音响警示信号，用于开机前对辐照室内人员的警示。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。辐照室设置巡检系统，巡查有无人员误入或逗留，巡检系统设置如下：

①在辐照室1、2内不同位置均各设有6个巡检按钮，并与控制台联锁。加速器开机

**续表10 辐射安全与防护**

前，操作人员进入辐照室巡查各仪表、按钮、拉绳、钛膜等器件状态，按序按动巡检按钮，只有每个巡检按钮分别被按下和拨起，安全连锁系统才能被建立，安全系统无法建立时，加速器无法启动，整个巡检系统采用PLC控制，必须按照程序设定流程进行巡检，各输入点具有自诊断功能，各输出连锁点具有防短接检测功能。

②巡检操作时，巡检人拿下钥匙开关的钥匙，拿下钥匙后安全系统就被破坏，巡检完成后，插入钥匙，才能启动安全系统；钥匙上相连一台有效的剂量报警仪。

③当开始巡检时，警铃开始报警，巡检须确认辐照室内无人逗留。当安全连锁系统建立好后，警铃声消失，红色警灯开始闪烁；加速器开机时，有开机声音警示。

（6）防人误入装置。辐照室1、2（含迷道）内在不同水平位置、不同高度处均各设置有3处光电开关作为防人误入安全连锁装置，安装高度分别为0.4、0.85、1.3米高，防人误入光电开关装置与电子加速器高压系统及出束装置连锁，当装置检测到人员经过时，安全连锁系统动作，加速器无法启动，或者已启动的加速器立即停机且切断高压系统。

（7）急停装置。在控制室及辐照室1、2（含迷道）内均设置有急停按钮，辐照室内的急停按钮与巡检按钮并排布置，控制室单独设置1个急停按钮，在辐照室1、2迷道入口处均设置一个急停拉线开关，拉线开关的拉线沿内部墙体围绕一圈布置，在辐照室内的任何位置均可以立即拉动拉线开关。当急停按钮或急停拉线开关动作时，切断加速器高压系统，整个加速器系统立即停机。辐照室内设置开门机构，以便人员离开控制区。

（8）剂量连锁。在辐照室1、2迷道入口处、操作室和二楼设备区加速管附近均安装有固定式辐射监测仪（3个探头），并与辐照室的出入口门连锁。当辐照室内辐射水平高于仪器设定阈值时，辐照室的门无法打开。当辐照室外辐射水平剂量高于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 时，安全连锁系统动作，加速器停机并切断高压系统。当剂量报警装置未打开、固定式辐射剂量监测仪及探头断电、掉线等无法正常工作的情况下，连锁装置自动切断高压系统，加速器出束装置无法启动。

（9）通风连锁。辐照室的通风装置与控制系统连锁，当加速器停机后，只有达到预先设定的时间后，辐照室的门才能打开，以保证臭氧等有害气体浓度低于允许值。

（10）烟雾报警。辐照室一层天花板设置烟雾报警装置，发生火灾时，加速器立即

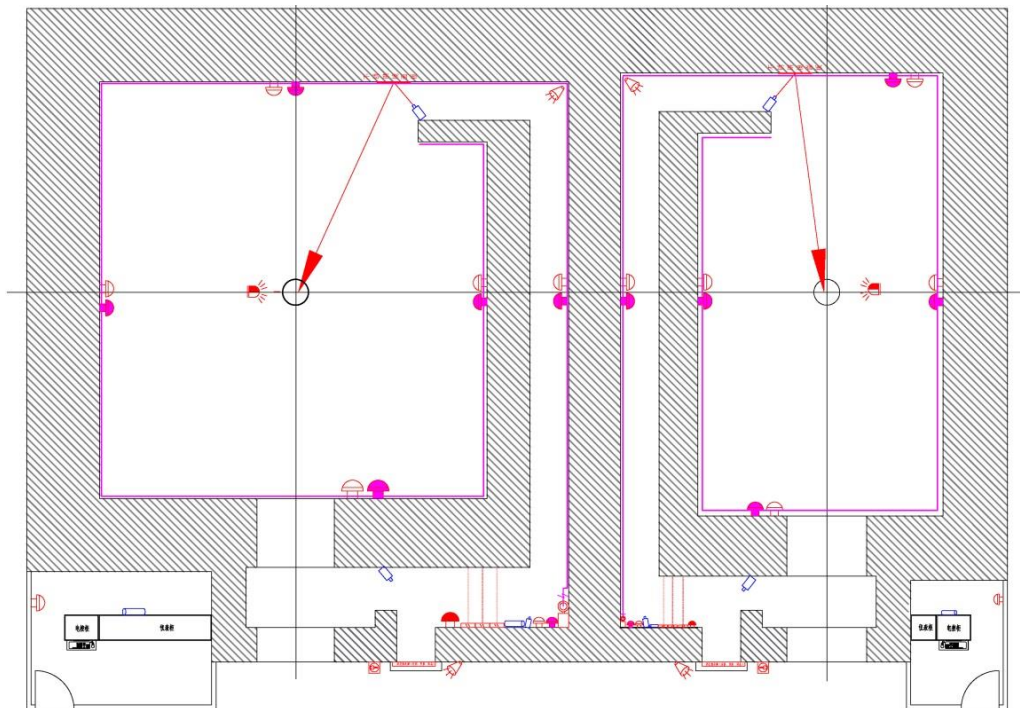
续表10 辐射安全与防护

停机，并停止通风。

（11）监控系统：在加速器辐照室1、2内及周边安装摄像头，监控人员进入情况。每套监控系统设主机1个，摄像头4路，具备录像功能，主机设在控制室内，摄像头分别监控辐照室迷道门口、辐照室内、迷道通道及二楼设备区。

（12）二层顶棚设备区辐射安全与防护措施：根据设备厂家提供的自屏蔽防护性能确认函以及后文核算结果，在设备正常运行期间二层顶棚设备区周围剂量当量率均能满足评价标准不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求，因此二层设备区不再设置联锁装置，但为防止人员误入或接受不必要的辐照，二层顶棚设备区设置了固定式辐射监测仪探头、摄像头等设施，同时设置专用门锁，由值班班长保管，根据公司辐照工作制度，设备开机前巡检时应同时检查二层顶棚设备区，确保无人逗留。

（13）在辐照室所在的3#装备线车间地面及出口处、辐照室出口处均设置紧急出口指示灯，并备有应急电源，厂房车间内工作人员在紧急情况下可及时识别疏散位置和方向，指引人员顺利离开。



续表10 辐射安全与防护

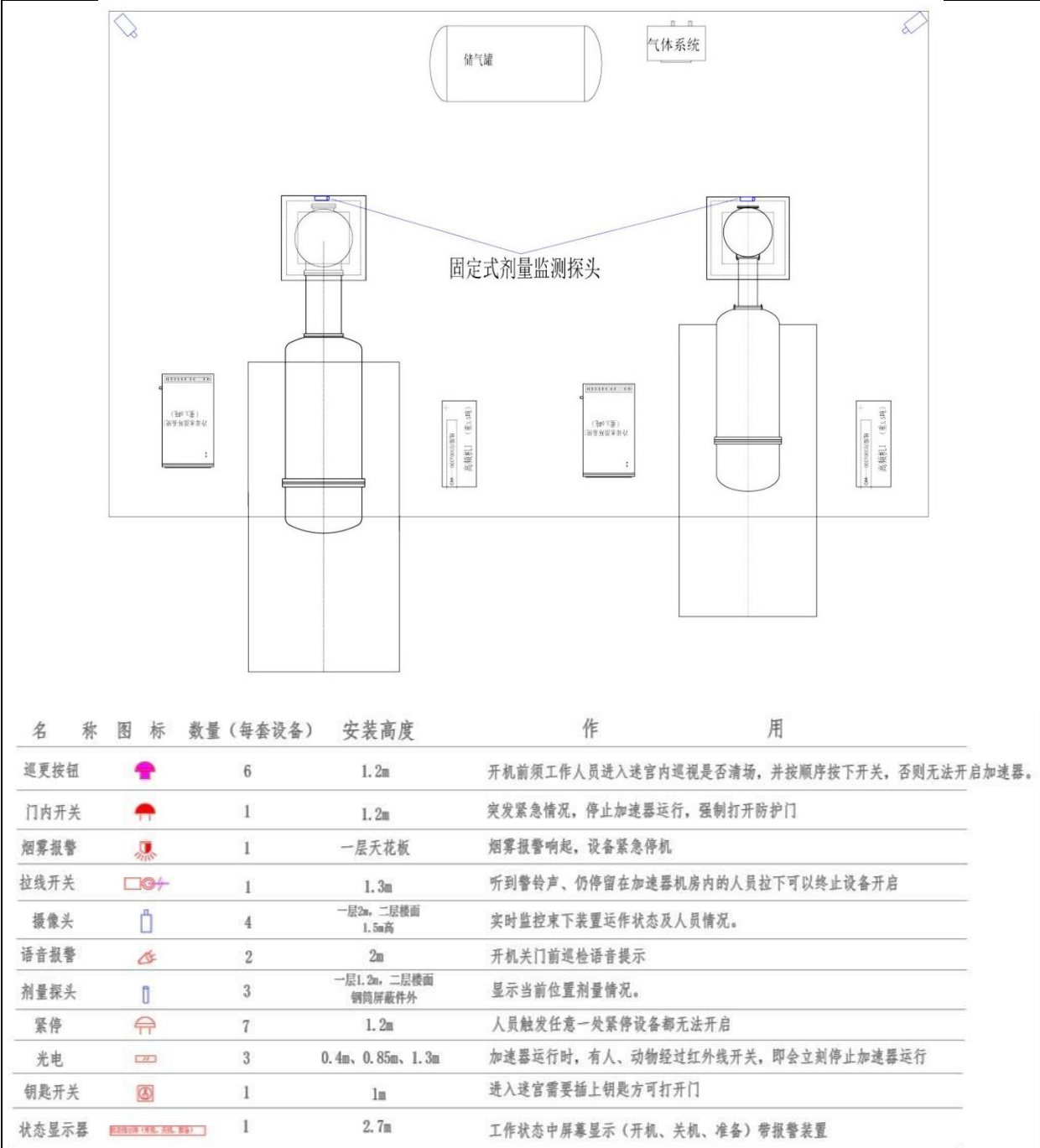


图10-8 辐射安全与防护设施布置示意图

续表10 辐射安全与防护

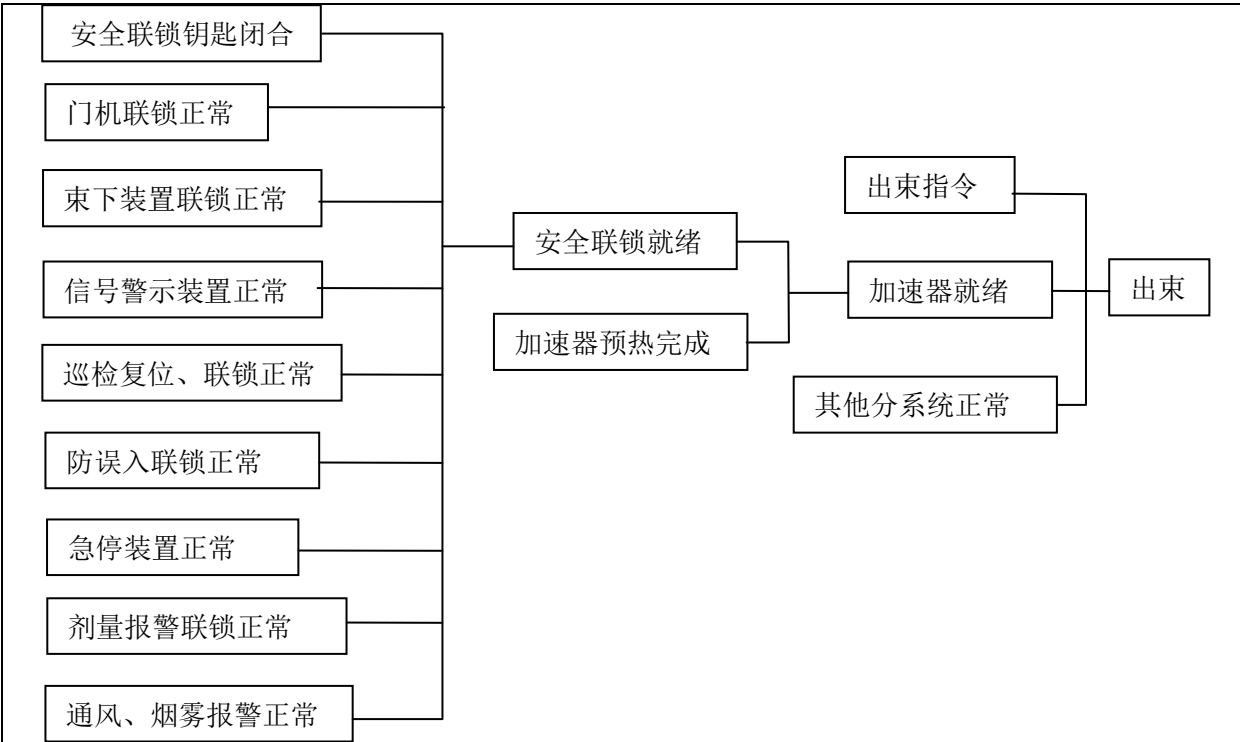


图10-9 安全联锁设施逻辑示意图

10.3 防护用品

由公司提供的资料可知，公司拟购买相关辐射防护用品及辐射防护措施，详见表10-2。

表10-2 公司拟配置防护用品及防护措施清单一览表

| 说明      | 防护用品名称         | 单位 | 数量                |
|---------|----------------|----|-------------------|
| 拟配置防护用品 | 个人剂量计          | 个  | 6                 |
|         | 个人剂量报警仪        | 个  | 4                 |
|         | 固定式剂量率报警仪      | 套  | 2（设备自带，每套3个探头）    |
|         | X-γ剂量监测仪       | 台  | 1                 |
|         | 便携式辐射监测报警仪     | 台  | 2（分别与两个控制室钥匙开关联锁） |
| 拟配备防护措施 | 辐射警示标志         | 张  | 若干                |
|         | 巡检按钮           | 个  | 12（6个/台加速器）       |
|         | 急停按钮           | 个  | 14（7个/台加速器）       |
|         | 拉线开关           | 套  | 2（1套/台加速器）        |
|         | 光电开关           | 套  | 6（3套/台加速器）        |
|         | 声光报警装置（信号警示装置） | 个  | 4（2个/台加速器）        |
|         | 开关机状态显示器       | 个  | 2（1个/台加速器）        |
|         | 监控系统           | 套  | 2（每套4路摄像头）        |

10.4 项目措施与相关要求的符合性分析

项目拟采取的辐射防护措施其与相关标准和规范的相关要求对比情况见表10-3所

## **续表10 辐射安全与防护**

示。根据表10-3可知，本项目采取的辐射安全与防护措施满足《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的要求。

### **10.5 三废的治理**

本项目电子辐照加速器在工作过程中不产生放射性三废。

表10-3 项目辐射防护措施与标准要求对比情况表

| 标准名称                               | 标准要求     |                                                                                                                                         | 项目情况                                                                                                                                  |
|------------------------------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》<br>(HJ979-2018) | 6.1 联锁要求 | 在电子加速器辐照装置的设计中必须设置功能齐全、性能可靠的安全联锁保护装置，对控制区的出入口门、加速器的开停机和束下装置等进行有效联锁和监控。安全联锁引发加速器停机时必须自动切断高压。安全联锁装置发生故障时，加速器不能运行。安全联锁装置不得旁路，维护与维修后必须恢复原状。 | 本项目电子加速器辐照装置设计了满足要求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了有效联锁和监控。安全联锁引发加速器停机时能自动切断高压。安全联锁装置发生故障时，加速器不能运行。安全联锁装置不得旁路，制定维修制度，要求维修后必须恢复原状。 |
|                                    | 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。                                  | 加速器的主控钥匙开关和辐照室迷道门联锁。如从控制台上取出该钥匙，加速器自动停机。该钥匙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。                                                             | 辐照室的门与束流控制和加速器高压联锁。辐照室门打开时，加速器不能开机。加速器运行中门被打开则加速器自动停机并切断高压系统。辐照室1、2出入口各设置门机联锁装置1个。另外，固定式辐射剂量监测仪与防护门门机连锁，固定式辐射剂量检测仪超剂量阈值报警，无法打开通道门。    |
|                                    |          | (3) 束下装置联锁。电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制必须建立可靠的接口和协议文件。束下装置因故障偏离正常运行状态或停止运行时，加速器应自动停机。                                                           | 电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制建立可靠的接口和协议文件，束下装置与加速器设联锁保护，当束下装置因故障偏离正常运行状态或停止运行时，加速器自动停机且切断高压系统。线缆传输装置设置急停按钮，并与束下装置控制系统联机，与加速器辐照装置联锁。            |
|                                    |          | (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。                                              | 在辐照室出入口处及辐照室内部均设置灯光和音响警示信号，用于开机前对辐照室内人员的警示。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。                                                            |

|  |  |                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <p>(5) 巡检按钮。主机室和辐照室内应设置“巡检按钮”，并与控制台连锁。加速器开机前，操作人员进入主机室和辐照室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留。</p>                                           | <p>①在辐照室1、2内不同位置均各设有6个巡检按钮，并与控制台连锁。加速器开机前，操作人员进入辐照室巡查各仪表、按钮、拉绳、钛膜等器件状态，按序按动巡检按钮，只有每个巡检按钮分别被按下和拨起，安全连锁系统才能被建立，安全系统无法建立时，加速器无法启动，整个巡检系统采用PLC控制，必须按照程序设定流程进行巡检，各输入点具有自诊断功能，各输出连锁点具有防短接检测功能。</p> <p>②巡检操作时，巡检人拿下钥匙开关的钥匙，拿下钥匙后安全系统就被破坏，巡检完成后，插入钥匙，才能启动安全系统；钥匙上相连一台有效的剂量报警仪。</p> <p>③当开始巡检时，警铃开始报警，巡检须确认辐照室内无人逗留。当安全连锁系统建立好后，警铃声消失，红色警灯开始闪烁；加速器开机时，有开机声音警示。</p> |
|  |  | <p>(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连锁装置（一般可采用光电装置），并与加速器的开、停机连锁。</p>                                                  | <p>辐照室1、2（含迷道）内不同水平位置、不同高度均各设置有3处光电开关作为防人误入安全连锁装置，安装高度分别为0.4、0.85、1.3米高，防人误入光电开关装置与电子加速器高压系统及出束装置连锁，当装置检测到人员经过时，安全连锁系统动作，加速器无法启动，或者已启动的加速器立即停机且切断高压系统。</p>                                                                                                                                                                                                |
|  |  | <p>(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；</p> | <p>在控制室及辐照室1、2（含迷道）内均设置有急停按钮，辐照室内的急停按钮与巡检按钮并排布置，控制室单独设置1个急停按钮，在辐照室1、2迷道入口处均设置一个急停拉线开关，拉线开关的拉线沿内部墙体围绕一圈布置，在辐照室内的任何位置均可以立即拉动拉线开关。当急停按钮或急停拉线开关动作时，切断加速器高压系统，整个加速器系统立即停机。辐照室内设置开门机构，以便人员离开控制区。</p>                                                                                                                                                            |
|  |  | <p>(8) 剂量连锁。在辐照室和主机室的迷道内设置固定式辐射监测仪，与辐照室和主机室的出入口门等连锁。当主机室和辐照室内的辐射水平高于仪器设定的阈值时，主机室和辐照室门无法打开；</p>                               | <p>在辐照室1、2迷道入口处、操作室和二楼设备区加速管附近均安装有固定式辐射监测仪（3个探头），并与辐照室的出入口门连锁。当辐照室内辐射水平高于仪器设定阈值时，辐照室的门无法打开。当辐照室外辐射水平剂量高于<math>2.5\mu\text{Sv/h}</math>时，安全连锁系统动作，加速器停机并切断高压系统。当剂量报警装置未打开、固定式辐射剂量监测仪及探头断电、掉线等无法正常工作的情况下，连锁装置自动切断高压系统，加速器出束装置无法启动。</p>                                                                                                                      |

|  |            |                                                                          |                                                                   |
|--|------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
|  |            | (9) 通风连锁。主机室、辐照室通风系统与控制系统连锁，加速器停机后，只有达到预先设定的时间后才能开门，以保证室内臭氧等有害气体浓度低于允许值； | 辐照室的通风装置与控制系统连锁，当加速器停机后，只有达到预先设定的时间后，辐照室的门才能打开，以保证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。                              | 辐照室一层天花板设置烟雾报警装置，发生火灾时，加速器立即停机，并停止通风。                             |
|  | 6.3.1 电气系统 | (1) 必须按加速器装置即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。                                | 厂房及设备间的电缆型号及走向拟根据厂房及设备间总用电量设计，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。                                                | 项目在辐照室、控制室均拟设置应急照明系统。                                             |
|  |            | (3) 各供电系统及相关设备应有可靠的接地系统。                                                 | 各供电系统及相关设备拟设置可靠的接地系统。                                             |
|  |            | (4) 凡有高压危险的部位，应设置高压连锁、高压放电保护装置。                                          | 项目对有高压危险的部位，根据设备运行要求设计相应的要求拟设置相应的高压连锁、高压放电保护装置。                   |
|  | 6.3.2 给水系统 | (1) 应根据加速器装置总用水要求，提供有一定裕量的水流量和水压。                                        | 本项目辐照室用水为加速器各组件冷却用水，经设备自带冷却水循环系统自动控制水量和水压。                        |
|  |            | (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。                                 | 本项目辐照室用水为加速器各组件冷却用水，使用外购去离子水，用水参数由冷却水循环系统自动控制。                    |
|  | 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。       | 辐照室均拟设置机械通风系统，经过估算，臭氧等气体经过通风系统处理后，室内浓度和排放满足要求。                    |
|  |            | 辐照室内的主排气口应设置在易于排放臭氧的位置，例如扫描窗下方的位置。                                       | 辐照室内主排风口均拟设置在扫描窗下方位置，满足要求。                                        |
|  |            | 排风口的高度应根据GB3095的规定、有害气体排出量和辐照装置附近环境与气象资料计算确定。                            | 排风管道最终排放口均位于辐照室所在厂房外，离地高度约15m。                                    |
|  | 6.3.4 防火系统 | 辐照室和主机室的耐火等级应不低于二级，并设置火灾报警装置和有效的灭火设施。                                    | 辐照室内安装烟雾报警器，辐照室墙体采用混凝土材料，耐火等级满足要求，发生火灾时使用厂房内配备的消防栓、灭火器等设施。        |

|                                      |               |                                                                                                              |                                                                          |
|--------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》<br>GB/T25306-2010 | 8.1.3辐射防护安全要求 | 辐射屏蔽材料采用混凝土时，其强度等级应高于C20，密度不应低于2.35g/cm <sup>3</sup> ；                                                       | 辐照室墙体采用标准混凝土浇筑，强度为C30，密度不低于2.35g/cm <sup>3</sup> 。                       |
|                                      |               | 屏蔽结构及预埋件应满足设备供应商提供的土建工艺指导数据；                                                                                 | 辐照室的整体设计按照厂家提供的要求进行。                                                     |
|                                      |               | 监督区的辐射剂量水平应符合GB18871-2001和GB5172-1985中的职业照射剂量限值的要求；在工程设计时辐射防护设计的剂量规定为：职业照射个人年有效剂量为5mSv；公众成员个人年有效剂量限值为0.1mSv； | 根据后文核算，本项目辐照室外周围剂量当量率和工作人员、公众年受照剂量均满足标准规定的要求。                            |
|                                      |               | 控制区必须设有功能齐全、性能可靠的安全联锁系统和监控、紧急停机开关等设施；                                                                        | 辐照室拟设置功能齐全、性能可靠的安全联锁系统和监控、紧急停机开关等设施。                                     |
|                                      |               | 控制区和监督区及其入口处应设置显示电子加速器装置运行状态的灯光信号和其他警示标志。                                                                    | 辐照室出入口处拟设置加速器工作状态显示器和电离辐射警示标志。在辐照室出入口处及辐照室内部设置灯光和音响警示信号，用于开机前对辐照室内人员的警示。 |
|                                      |               | 剂量监测设备、个人剂量计等应配置齐备。                                                                                          | 拟配置个人剂量报警仪、固定式报警仪等设备，并为辐射工作人员配备个人剂量计。                                    |

表 11 环境影响分析

### 11.1 施工期环境影响分析

本项目施工期主要为加速器辐照室建设和电子辐照加速器设备安装等施工内容，主要的污染因子有：扬尘、噪声、废水、固体废物等。

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

本项目施工机械主要为小型机械设备，施工噪声较小，采取合理安排施工时间，选择低噪声设备和工艺等措施后施工噪声对周围环境影响较小。

本项目工程量小，基本无施工废水产生，施工人员产生的少量生活污水依托厂区现有污水处理设施处理，废水对周围环境影响较小。

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

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

### 11.2 运行期辐射环境影响评价

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录A可知，电子辐照加速器运行中电子束轰击靶、各结构材料和辐照产品都会产生韧致辐射（X射线），X射线是电子加速器辐照装置辐射防护中的主要辐射源，电子束影响较小。

#### 11.2.1 电子束环境影响分析

根据《辐射防护技术与管理》（P123）可知，电子在物质中最大射程可由以下公式（11-1）估算：

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

式中：

$d$ —最大射程，cm；

$\rho$ —防护材料的密度，g/cm<sup>3</sup>

$E_{\beta \max}$ —电子最大能量，MeV。

**续表11 环境影响分析**

本项目电子加速器电子束最大能量分别约为2.5、2.0MeV，由11-1式计算得出电子线在混凝土（密度取 $2.35\text{g/cm}^3$ ）中最大穿透厚度分别约为0.53、0.43cm，本项目辐照室1、2有效的墙体厚度至少分别为170、150cm，完全可以屏蔽10MeV及以下的电子，而且电子束方向朝向地面，因此，电子束对辐照室外环境的影响可以忽略不计。

### 11.2.2 韧致辐射（X射线）环境影响分析

本项目加速器为L型半自屏蔽设备，电子束通过加速管引向一楼的辐照室内。由于加速器电子束朝下，不直射向四周屏蔽墙，因此辐照室内韧致辐射主要为与电子束入射方向成 $90^\circ$ 的X射线。

#### 1、辐照室屏蔽体直射X射线屏蔽计算

##### （1）计算公式

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

X射线透射至墙外参考点处当量剂量率

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

式中：

$H_M$ —屏蔽体外关注点的剂量率， $\mu\text{Sv/h}$ ；

$d$ —X源与参考点的距离，m；

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

$D_{10}$ —辐射源距离标准参考点1m远处的吸收剂量率，Gy/h；

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

式中：

$Q$ —X射线发射率（ $\text{Gy m}^2 \text{mA}^{-1} \text{min}^{-1}$ ）；

$I$ —电子束流强度（mA）；

$f_e$ —X射线发射率修正系数。

$B_x$ —屏蔽墙对X射线的透射系数，用下式计算：

$$B_x = 10^{-[(S+T_e-T_1)/T_e]} \quad (11-4)$$

式中：

续表11 环境影响分析

S—屏蔽墙的厚度，cm；

T<sub>1</sub>—第一个十值层厚度，cm；

Te—随后的1/10屏蔽值层厚度。

## (2) 参数选取

### 1) 辐照室

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录A中表A.1，2.5、2.0MeV电子束入射到高Z厚靶材料上侧向90°距靶点1m处的韧致辐射X射线发射率分别为2.5、1.6Gy m<sup>2</sup>/（mA min）。

X射线的发射率与靶元素的原子序数相关，本项目加速器运行时，电子束照射方向朝地面，为了避免电子束向下直射到地面，本项目在束下被辐照线缆与地面之间设置有一块不锈钢板，高度离地约10cm。因此，在辐照室内电子束可能轰击的物质有电线电缆、束下传输装置、不锈钢板等。当被辐照的靶材料为“铁、铜”时，90°方向上修正系数为0.5，当被辐照材料为“铝、混凝土”时，90°方向上的修正系数为0.3，本次选择最不利修正系数来计算X射线的发射率，即X射线发射率修正系数90°方向取值0.5。

根据公式11-3可计算出本项目2.5、2.0MeV电子束90°方向距离X射线辐射源1m处的标准参考点吸收剂量率分别为3000、2400Gy/h。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录A表A.4，2.5、2.0MeV电子在侧向屏蔽能量取相应等效能量分别为1.6、1.3MeV。

综上所述，本项目辐照室相关计算参数见表11-1。本项目辐照室直射X射线辐射计算点见图11-1、11-2。

表 11-1 X射线照射时相关参数

| 参数                                  | 数 值                         |       |                             |      | 来源                  |
|-------------------------------------|-----------------------------|-------|-----------------------------|------|---------------------|
| 设备基础参数                              | 辐照室1：电子束能量<br>2.5MeV，电流40mA |       | 辐照室2：电子束能量<br>2.0MeV，电流50mA |      | 建设单位及设备厂家<br>拟定     |
| Q（Gy m <sup>2</sup> /mA.min）        | 2.5                         |       | 1.6                         |      | HJ979-2018          |
| X射线发射率修正系数                          | 0.5                         |       | 0.5                         |      | HJ979-2018          |
| 等效电子线能量                             | 1.6MeV                      |       | 1.3MeV                      |      |                     |
| 90°方向距靶1m处的吸<br>收剂量率D <sub>10</sub> | 3000Gy/h                    |       | 2400Gy/h                    |      | 计算                  |
| 什值层（TVL）<br>cm                      | 1.6MeV                      |       |                             |      | HJ979-2018内插法推<br>算 |
|                                     | 类别                          | 混凝土   | 铁                           | 铅    |                     |
|                                     | T <sub>1</sub>              | 20.74 | 6.98                        | 2.75 |                     |
|                                     | Te                          | 18.66 | 6.36                        | 3.76 |                     |
|                                     | 1.3MeV                      |       |                             |      |                     |

续表11 环境影响分析

|  | 类别             | 混凝土   | 铁    | 铅    |  |
|--|----------------|-------|------|------|--|
|  | T <sub>1</sub> | 19.64 | 6.28 | 2.16 |  |
|  | Te             | 16.98 | 5.72 | 3.23 |  |

备注：入射电子能量的什值层厚度根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）附录A中表A.2和表A.3内插法计算得出。

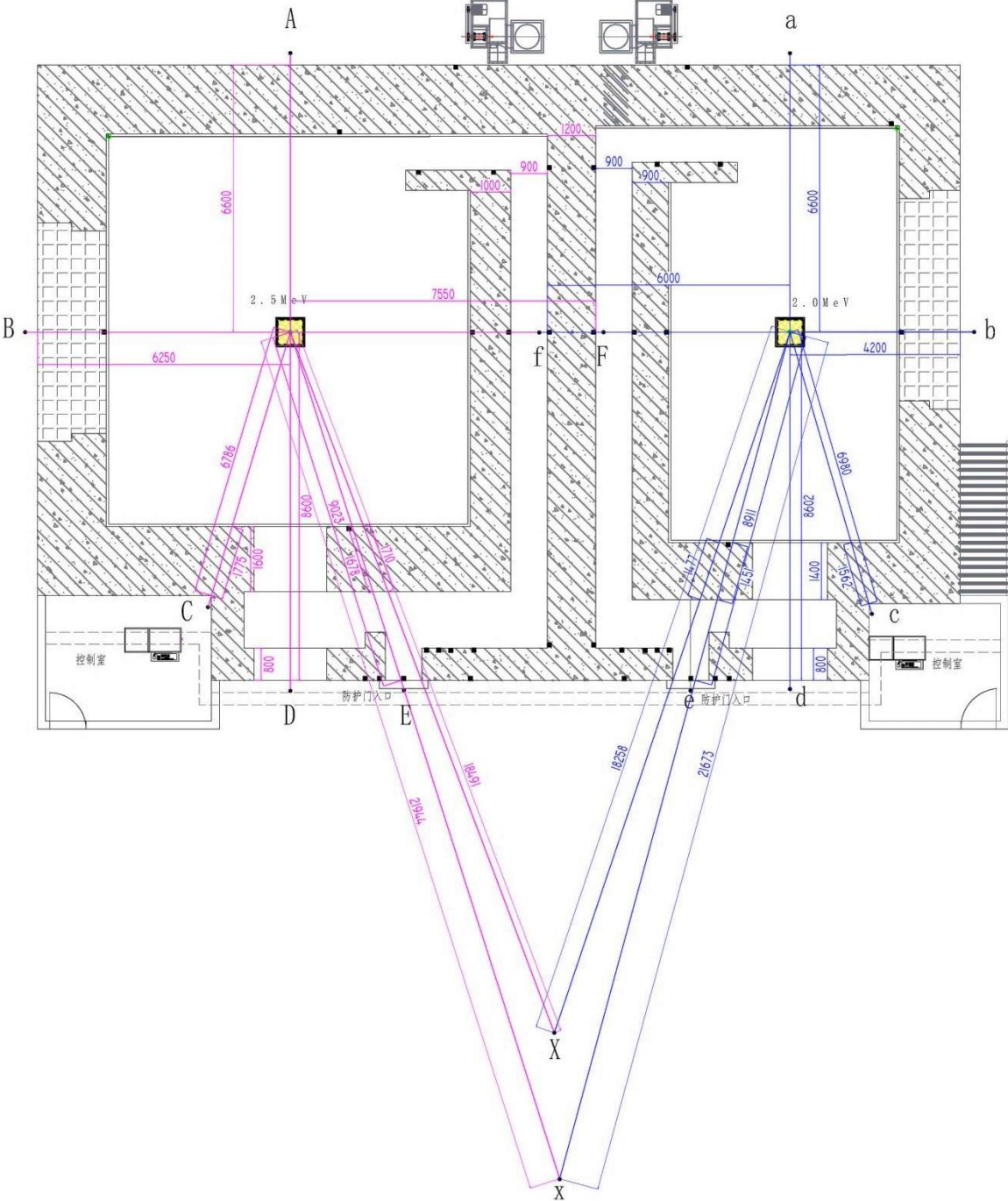


图11-1 辐照室X射线透射屏蔽效能平面核算示意图

续表11 环境影响分析

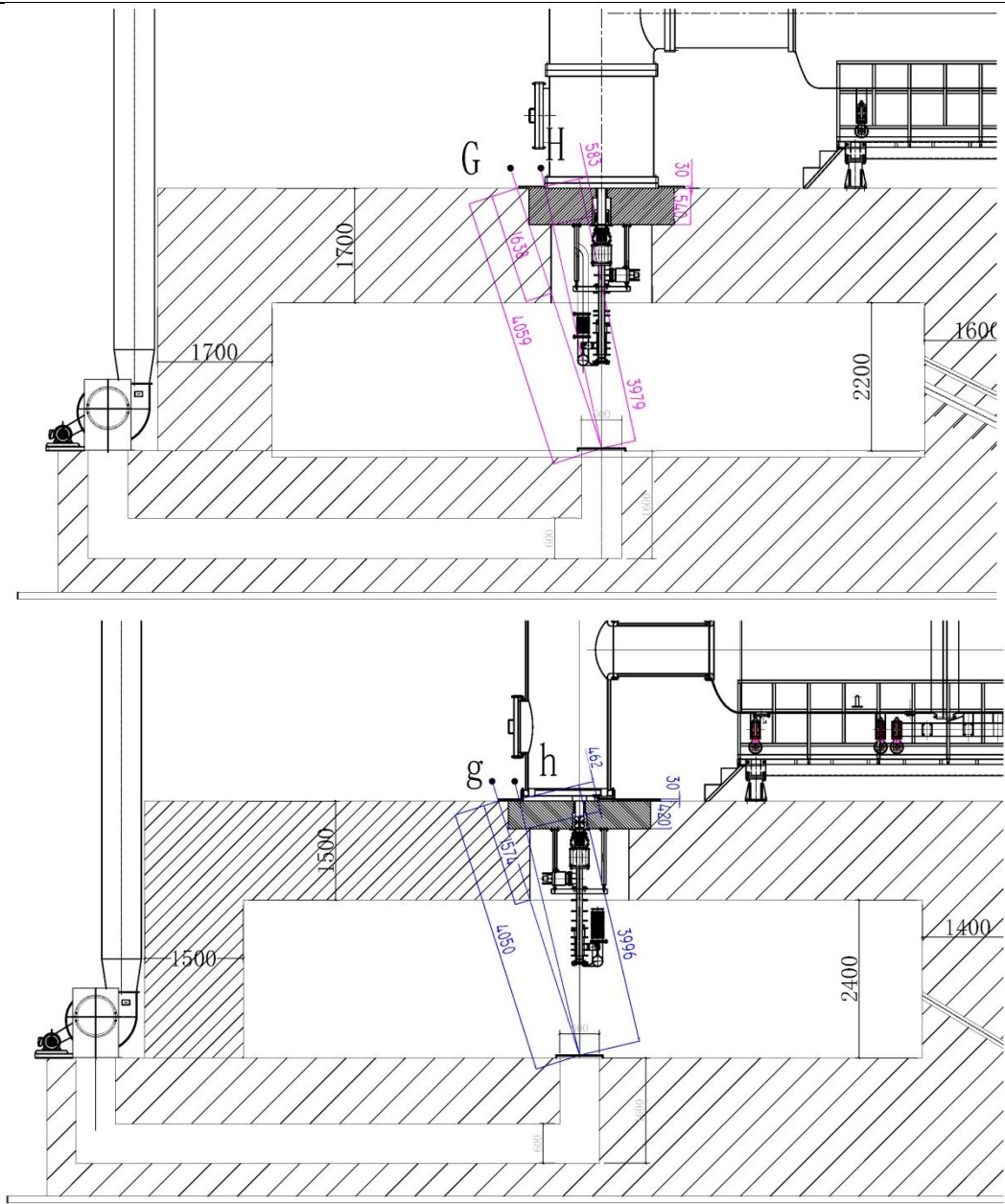


图11-2 辐照室X射线透射屏蔽效能立面核算示意图

(3) 辐照室X射线直射屏蔽防护核算结果

本项目辐照室的屏蔽体屏蔽能力核实结果见表11-2。

表11-2 辐照室屏蔽效能核实表

| 名称       | 计算点           | 剂量率控制水平H<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 距离<br>(m) | 设计厚度      | 实际穿墙厚度<br>(计算厚度) | 计算厚度下<br>瞬时剂量<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 是否<br>达标 |
|----------|---------------|----------------------------------|-----------|-----------|------------------|---------------------------------------|----------|
| 辐照室<br>1 | A点（北侧墙体外过道）   | 2.5                              | 6.90      | 1700mm混凝土 | 1700mm混凝土        | $6.32 \times 10^{-2}$                 | 是        |
|          | B点（西侧厂房内生产区域） | 2.5                              | 6.55      | 1700mm混凝土 | 1700mm混凝土        | $7.01 \times 10^{-2}$                 | 是        |

续表11 环境影响分析

|                |                 |     |       |                           |                                                              |                       |   |
|----------------|-----------------|-----|-------|---------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------|---|
| 辐照室2           | C点（控制室1）        | 2.5 | 7.09  | 1700mm混凝土                 | 1775mm混凝土                                                    | $2.37 \times 10^{-2}$ | 是 |
|                | D点（线缆传输口1）      | 2.5 | 8.90  | 1600mm混凝土（内）+800mm混凝土（外）  | 1309mm混凝土（扣除穿墙管线截面114mm+177mm）+496mm混凝土（扣除穿墙管线截面119mm+185mm） | $1.04 \times 10^{-2}$ | 是 |
|                | E（防护门入口1）       | 2.5 | 9.32  | 1600mm混凝土（未考虑防护门）         | 1678mm混凝土（未考虑防护门）                                            | $4.54 \times 10^{-2}$ | 是 |
|                | F点（辐照室2）        | 2.5 | 7.85  | 1000mm混凝土（内）+1200mm混凝土（外） | 1000mm混凝土+1200mm混凝土                                          | $1.02 \times 10^{-4}$ | 是 |
|                | G点（辐照室顶棚铁屏蔽件外）  | 2.5 | 4.36  | 1700mm混凝土                 | 1638 mm混凝土                                                   | 0.34                  | 是 |
|                | H点（辐照室顶棚设备区）    | 2.5 | 4.28  | 540mm铁+30mm钢板垫层           | 实际穿过583mm铁                                                   | 0.14                  | 是 |
|                | X点（辐照室南侧透射交叉点1） | 2.5 | 18.49 | 1600mm混凝土（未考虑防护门）         | 1710mm混凝土（未考虑防护门）                                            | $7.78 \times 10^{-3}$ | 是 |
|                | x点（辐照室南侧透射交叉点2） | 2.5 | 21.94 | 1600mm混凝土（未考虑防护门）         | 1678mm混凝土（未考虑防护门）                                            | $8.20 \times 10^{-3}$ | 是 |
|                | a点（北侧墙体外过道）     | 2.5 | 6.90  | 1500mm混凝土                 | 1500mm混凝土                                                    | 0.106                 | 是 |
|                | b点（东侧墙体外过道）     | 2.5 | 4.50  | 1500mm混凝土                 | 1500mm混凝土                                                    | 0.249                 | 是 |
|                | c（控制室2）         | 2.5 | 7.28  | 1500mm混凝土                 | 1562mm混凝土                                                    | $4.11 \times 10^{-2}$ | 是 |
|                | d点（线缆传输口2）      | 2.5 | 8.90  | 1400mm混凝土（内）+800mm混凝土（外）  | 1281mm混凝土+681mm混凝土（扣除穿墙管线截面119mm）                            | $1.21 \times 10^{-4}$ | 是 |
|                | e点（防护门入口2）      | 2.5 | 9.21  | 1400mm混凝土（未考虑防护门）         | 1451mm混凝土（未考虑防护门）                                            | $1.17 \times 10^{-1}$ | 是 |
|                | f点（辐照室1）        | 2.5 | 6.30  | 900mm混凝土（内）+1200mm混凝土（外）  | 900mm混凝土+1200mm混凝土                                           | $3.72 \times 10^{-5}$ | 是 |
|                | g点（辐照室顶棚铁屏蔽件外）  | 2.5 | 4.35  | 1500mm混凝土                 | 1574 mm混凝土                                                   | $9.78 \times 10^{-2}$ | 是 |
|                | h点（辐照室顶棚设备区）    | 2.5 | 4.30  | 420mm铁+30mm钢板垫层           | 实际穿过462mm铁                                                   | 1.36                  | 是 |
|                | X点（辐照室南侧透射交叉点1） | 2.5 | 18.26 | 1400mm混凝土（未考虑防护门）         | 1477mm混凝土（未考虑防护门）                                            | $2.07 \times 10^{-2}$ | 是 |
|                | x点（辐照室南侧透射交叉点2） | 2.5 | 21.67 | 1400mm混凝土（未考虑防护门）         | 1451mm混凝土（未考虑防护门）                                            | $2.09 \times 10^{-2}$ | 是 |
| 交叉点叠加结果        | X点（辐照室南侧透射交叉点1） | 2.5 | /     | /                         | /                                                            | $2.84 \times 10^{-2}$ | 是 |
|                | x点（辐照室南侧透射交叉点2） | 2.5 | /     | /                         | /                                                            | $2.94 \times 10^{-2}$ | 是 |
| 2、辐照室反散射辐射屏蔽计算 |                 |     |       |                           |                                                              |                       |   |

续表11 环境影响分析

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）附录A.3可知，在加速器装置的屏蔽设计中，有三种情况必须考虑散射辐射：迷道和防护门、天空反散射、孔道。由于本项目屏蔽设计中对所有经过屏蔽体的孔洞均采用“Z”或“U”型穿越，辐照室X射线散射射线要到达该孔洞处需要经过多次散射，穿屏蔽体孔洞基本不影响屏蔽墙体防护效果；另外根据核算结果及结合设备厂家提供的自屏蔽效能说明，本项目加速器辐照室顶棚外的剂量率均低于2.5μSv/h，经天空散射后在地面上的贡献值非常低，可忽略不计。因此，本次评价不再对天空反散射进行计算。本次评价主要针对迷道和排氧风机孔道进行反散射计算。

为防止电子在迷道入口处的照射，最简单的屏蔽方法是使迷道路径长度大于电子在空气中的射程，这个长度可以是迷道的直线距离，或者是迷道中最短的各个中间距离之和，根据辐照室迷道设计尺寸，迷道中最短的各个中间距离之和分别约为25.9m、24.5m，远大于电子在空气中的射程。

#### （1）预测公式

防护X射线的迷道，可按《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）附录中式A-5即式11-5估算迷道外入口的剂量率：

$$H_m = \frac{D_{10} \times \alpha_1 A_1 \times (\alpha_2 A_2)^{j-1}}{(d_1 d_{r1} d_{r2} \cdots d_{rj})^2} \quad (11-5)$$

式中：

$D_{10}$ —X射线源 1m 处的吸收剂量率指数（Gy/h）；

$\alpha_1$ —入射到第一个散射体的 X 射线散射系数；（查附录 A 取  $5 \times 10^{-3}$ ）

$\alpha_2$ —从随后屏蔽材料层散射出来的 X 射线散射系数（假设对以后所有散射过程是相同的）；（查附录 A 取  $2 \times 10^{-2}$ ）

$A_1$ —从 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（ $m^2$ ，假设整个迷道截面积近似常数，高宽比在 1~2 之间）；

$d_1$ —X 射线源与第一散射物质的距离，m；

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

$j$ —表示第  $j$  次反射过程。

#### （2）计算参数及计算结果

本项目辐照室内韧致射线至少经过4次散射方可到达迷道入口，根据预测公式可知，迷

续表11 环境影响分析

道入口处的X射线剂量率与散射面积、路径长短密切相关，计算结果较保守，本次计算辐照室散射路径示意图见图11-3、11-4，具体参数及计算结果见表11-3。

表11-3 辐照室迷道、排风口散射计算参数表

| 名称    | 计算点 | 位置   | 散射次数 | $D_{10}$<br>(Gy/h) | $A_1$<br>( $m^2$ )            | $d_1$<br>(m) | $A_2$<br>( $m^2$ )       | 散射路径<br>( $d_{r1}d_{r2}d_{r3}d_{r4}d_{r5}$ ) | 屏蔽条件 | 辐射剂量率( $\mu Gy/h$ )   |
|-------|-----|------|------|--------------------|-------------------------------|--------------|--------------------------|----------------------------------------------|------|-----------------------|
| 辐照室 1 | E   | 迷道出口 | 4    | 3000               | $(8.0+2.75) \times 2.2=23.65$ | 4.40         | $0.9 \times 2.2=1.98$    | 5.92/11.54/3.11/1.47                         | /    | $1.17 \times 10^{-2}$ |
|       | I   | 排风口  | 3    | 3000               | $3.14 \times 0.3^2=0.28$      | 2.57         | $3.14 \times 0.3^2=0.28$ | 5.85/7.30/1.30                               | /    | $6.47 \times 10^{-3}$ |
| 辐照室 2 | e   | 迷道出口 | 4    | 2400               | $(4.3+1.9) \times 2.4=14.88$  | 4.59         | $0.9 \times 2.4=2.16$    | 4.39/11.83/1.94/1.37                         | /    | $3.59 \times 10^{-2}$ |
|       | i   | 排风口  | 3    | 2400               | $3.14 \times 0.3^2=0.28$      | 2.69         | $3.14 \times 0.3^2=0.28$ | 4.30/7.34/1.30                               | /    | $8.65 \times 10^{-3}$ |

根据计算可知，辐照室X射线经迷道散射至迷道出口处的剂量率很小，结合表11-2计算结果，本项目辐照室1、辐照室2迷道防护门处直射X射线和散射X射线叠加后的周围剂量当量率分别为 $3.59 \times 10^{-2} \mu Sv/h$ 和 $1.53 \times 10^{-1} \mu Sv/h$ ，也能满足评价标准不大于 $2.5 \mu Sv/h$ 的要求，无需额外屏蔽防护，但应设置迷道门防止人员误入。

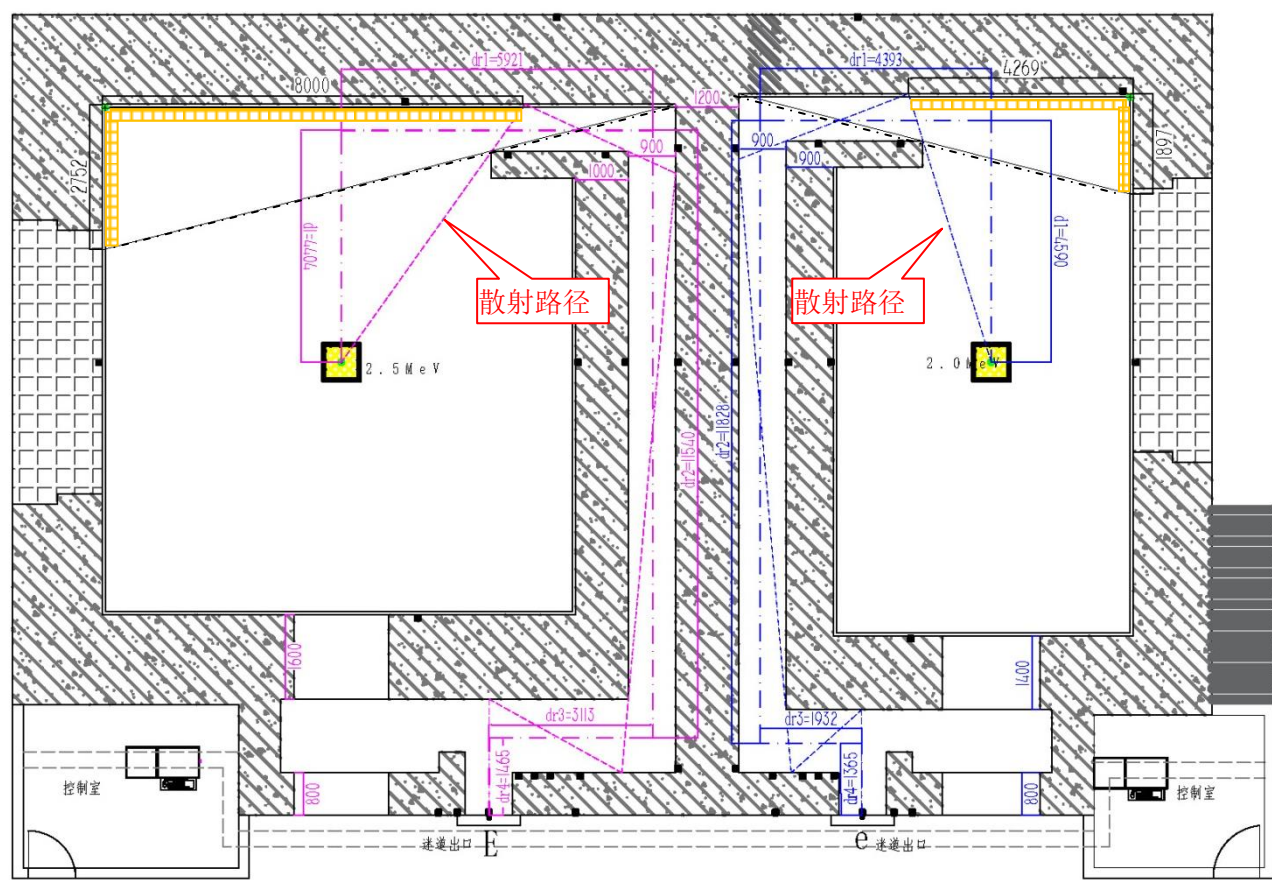
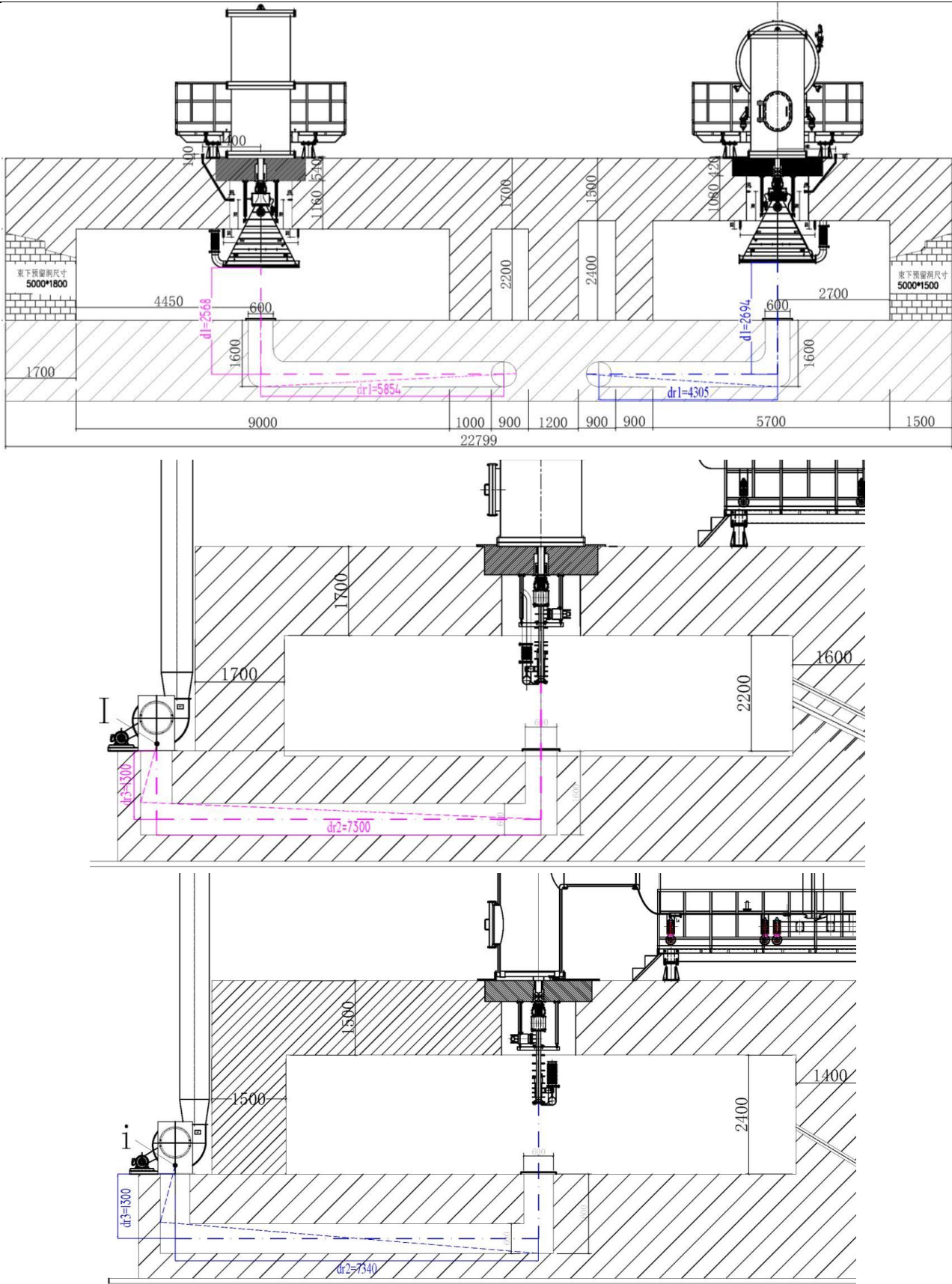


图11-3 辐照室反散射核算平面示意图

续表11 环境影响分析



备注：辐照室排风管道均先L型穿越迷道墙之后，再L型穿过北侧墙体，第二次散射的距离近似取迷道内管道的长度。

图11-4 辐照室反散射核算立面示意图

续表11 环境影响分析

### 3、顶棚设备区

顶棚设备区的辐射场由三部分叠加，设备区辐射防护屏蔽评价，一般考虑如下：

第一部分为辐照室内电子束经过辐照室屋顶屏蔽的辐射场，同前文G、g、H、h计算。

第二部分为尚未加速到最高能量的电子在加速过程中束流损失产生的束流损失辐射场。

设备区内加速器束流损失产生的X射线对设备区各屏蔽体外的直射辐射影响和辐照室X射线源对外参考点的辐射影响，即初级X射线经屏蔽体屏蔽后对参考点的影响，依然采用公式11-2~11-4计算。

根据设计资料，本项目加速器束流损失均为1%（即电子束流强度分别为0.4、0.5mA），加速器强度损失均为10%（即电子束能量分别为0.25、0.20MeV）。

相关计算参数见表11-4，根据顶棚设备区人员可到达的地方，选取距离加速钢筒及其人孔法兰30cm处作为计算束流损失影响的点，计算点见图11-5。

表 11-4 X射线照射时相关参数

| 参数                               | 数 值                           |      |                              | 来源                                                                     |
|----------------------------------|-------------------------------|------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 设备基础参数                           | 辐照室1：电子束能量损失0.25MeV，电流损失0.4mA |      | 辐照室2：电子束能量损失0.2MeV，电流损失0.5mA | 设计资料                                                                   |
| Q（Gy m <sup>2</sup> /mA.min）     | 0.07                          |      | 0.07                         | 保守考虑，X射线发射率按入射电子能量0.5MeV取值（HJ979-2018附录A表A.1）                          |
| X射线发射率修正系数                       | 1.0                           |      | 1.0                          | HJ979-2018，保守考虑取值为1.0                                                  |
| 等效电子线能量                          | 0.23MeV                       |      | 0.20MeV                      | HJ979-2018及采用外推法求得                                                     |
| 90 °方向距靶1m处的吸收剂量率D <sub>10</sub> | 1.68Gy/h                      |      | 2.10Gy/h                     | 计算                                                                     |
| 什值层（TVL）<br>cm                   | 0.23MeV                       |      |                              | HJ979-2018附录A表A.2外推法求得，并结合NCRP-51号报告E.10~E.14中X射线在铁、铅等屏蔽体中的T1和Te值进行校对。 |
|                                  | 类别                            | 铁    | 铅                            |                                                                        |
|                                  | T <sub>1</sub>                | 2.54 | 0.16                         |                                                                        |
|                                  | Te                            | 2.18 | 0.55                         |                                                                        |
|                                  | 0.20MeV                       |      |                              |                                                                        |
|                                  | 类别                            | 铁    | 铅                            |                                                                        |
|                                  | T <sub>1</sub>                | 2.39 | 0.15                         |                                                                        |
|                                  | Te                            | 2.04 | 0.45                         |                                                                        |

### 续表11 环境影响分析

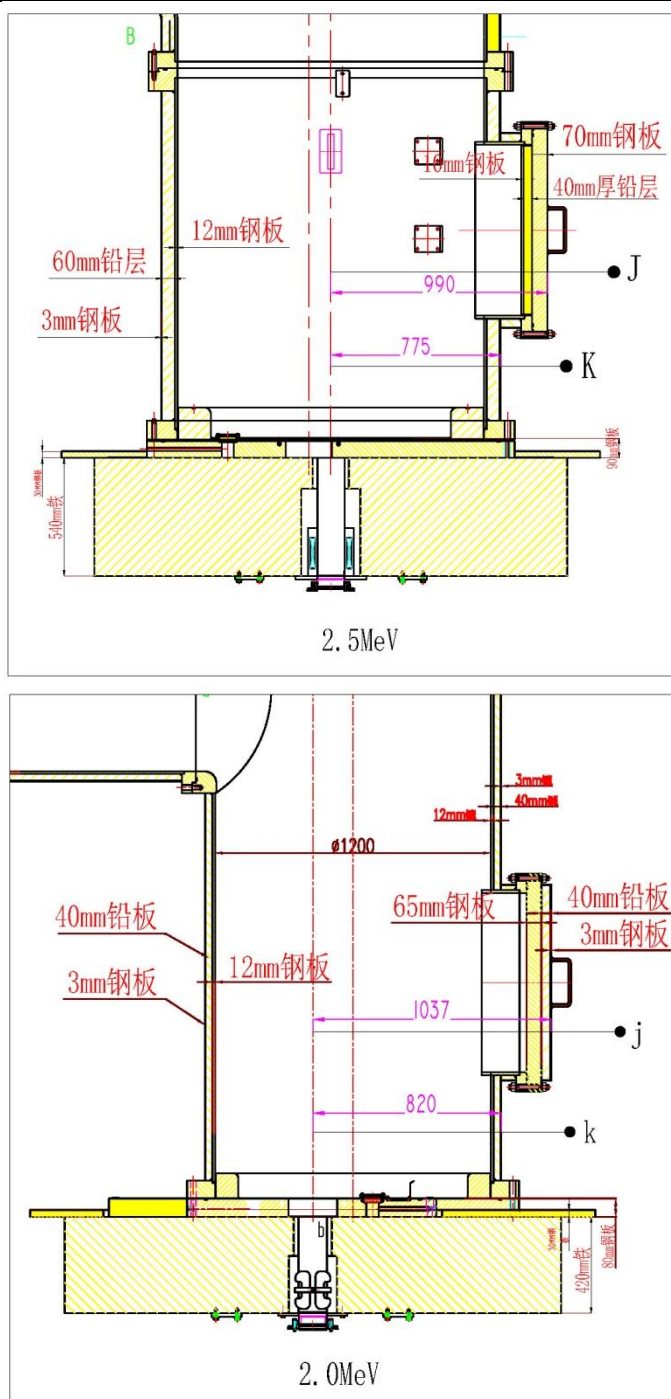


图11-5 顶棚设备区束流损失计算点

计算结果见表11-5。

表11-5 顶棚设备区束流损失计算结果一览表

| 计算点                           | 剂量率控制<br>水平H<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 距离<br>(m) | 计算厚度                      | 设计厚度下瞬时<br>剂量 ( $\mu\text{Sv/h}$ ) | 是否达标 |
|-------------------------------|--------------------------------------|-----------|---------------------------|------------------------------------|------|
| J点 (2.5MeV电子加速器<br>加速钢筒人口法兰外) | 2.5                                  | 1.29      | 10 mm钢板+40mm铅<br>板+70mm钢板 | $1.05 \times 10^{-2}$              | 是    |
| K点 (2.5MeV电子加速                | 2.5                                  | 1.08      | 12mm钢板+60mm铅板             | $3.47 \times 10^{-6}$              | 是    |

续表11 环境影响分析

|                           |     |      |                     |                       |   |
|---------------------------|-----|------|---------------------|-----------------------|---|
| 器加速钢筒旁)                   |     |      | +3mm钢板              |                       |   |
| j点 (2.0MeV电子加速器加速钢筒人口法兰外) | 2.5 | 1.34 | 3mm铅板+40mm铅板+65mm钢板 | $3.25 \times 10^{-4}$ | 是 |
| k点 (2.0MeV电子加速器加速钢筒外)     | 2.5 | 1.12 | 12mm钢板+40mm铅板+3mm钢板 | $4.66 \times 10^{-4}$ | 是 |

备注：计算保守按照只考虑铅板的屏蔽考虑。

第三部分为辐照室内的0°方向上产生的韧致辐射初级X射线，经地面180°方向反散射后的次级X射线，通过辐照室屋顶上的设备安装孔洞直接照射入辐照室内及加速器钢筒顶盖形成的散射辐射场，与电子束入射方向成180°方向的次级X射线能量较低，根据《电子加速器工业应用导论》，对来自电子能量（0.5~3）MeV的X射线，在该能区反散射X射线主要来自康普顿散射，保守估计，反散射X射线的能量不大于0.5MeV，因此本项目辐照室1和辐照室2经180°反散射后等效电子能量保守取值0.5MeV。

根据NCRP-51报告中表A.1，0.5MeV电子束入射到高Z厚靶材料上前向0°距靶点1m处的韧致辐射X射线发射率为 $0.008 \text{ Gy m}^2 / (\text{mA min})$ 。

X射线的发射率与靶元素的原子序数相关，本项目加速器运行时，电子束照射方向朝地面，为了避免电子束向下直射到地面，本项目在束下被辐照线缆与地面之间设置有一块不锈钢板，高度离地约10cm。因此，在辐照室内电子束可能轰击的物质有电线电缆、束下传输装置、不锈钢板等。当被辐照的靶材料为“铁、铜”时，0°方向上修正系数为0.7，当被辐照材料为“铝、混凝土”时，0°方向上的修正系数为0.5，本次选择最不利修正系数来计算X射线的发射率，即X射线发射率修正系数0°方向取值0.7。

相关计算参数见表11-6，根据顶棚设备区人员可到达的地方，选取距离加速钢筒顶盖30cm处作为次级X射线影响计算点，计算点见图11-4。

表 11-6 次级X射线照射时相关参数

| 参数                                                              | 数 值                         |                             |     | 来源                       |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----|--------------------------|
| 设备基础参数                                                          | 辐照室1：电子束能量2.5MeV，电子束流强度40mA | 辐照室2：电子束能量2.0MeV，电子束流强度50mA |     | 设计资料                     |
| 0°方向X射线发射率Q<br>( $\text{Gy m}^2 / \text{mA} \cdot \text{min}$ ) | 0.008                       | 0.008                       |     | HJ979-2018及采用外推法求得       |
| X射线发射率修正系数                                                      | 0.7                         | 0.7                         |     | HJ979-2018               |
| 等效电子线能量                                                         | 0.5MeV                      | 0.5MeV                      |     | HJ979-2018及《电子加速器工业应用导论》 |
| 90°方向距靶1m处的吸收剂量率 $D_{10}$                                       | 13.44Gy/h                   | 16.8Gy/h                    |     | 计算                       |
| 什值层 (TVL)<br>cm                                                 | 0.5MeV                      |                             |     | HJ979-2018及采用外推法求得       |
|                                                                 | 类别                          | 铁                           | 铅   |                          |
|                                                                 | $T_1$                       | 3.8                         | 0.5 |                          |
|                                                                 | Te                          | 3.3                         | 1.2 |                          |

续表11 环境影响分析

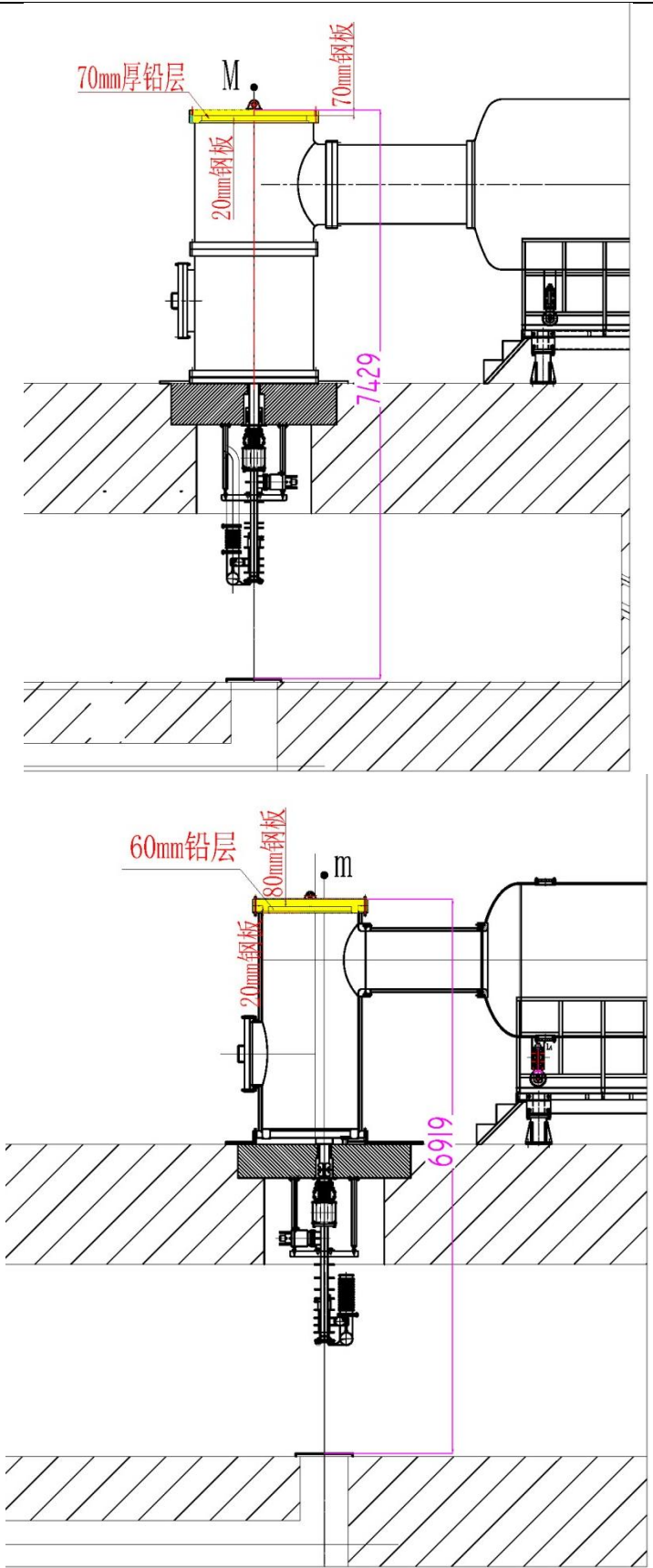


图11-4 顶棚设备区180° 反散射次级X射线计算点

计算结果见表11-7。

续表11 环境影响分析

表11-7 顶棚设备区180° 反散射次级X射线计算结果一览表

| 计算点                    | 剂量率控制水平H (μSv/h) | 距离(m) | 计算厚度                 | 设计厚度下瞬时剂量 (μSv/h)     | 是否达标 |
|------------------------|------------------|-------|----------------------|-----------------------|------|
| M (2.5MeV电子加速器加速钢筒顶盖外) | 2.5              | 7.73  | 20mm钢板+70mm铅板+70mm钢板 | $8.62 \times 10^{-2}$ | 是    |
| m (2.0MeV电子加速器加速钢筒顶盖外) | 2.5              | 7.22  | 20mm钢板+60mm铅板+80mm钢板 | $8.41 \times 10^{-1}$ | 是    |

备注：计算保守按照只考虑铅板的屏蔽考虑。

根据计算可知，顶棚设备区180° 反散射次级X射线处的计算结果后的周围剂量当量率也能满足评价标准不大于2.5μSv/h的要求。

#### (6) 屏蔽效核综合结论

综上所述，建设单位按照辐照室各防护体设计厚度建设时，保证施工质量，屏蔽体有足够的屏蔽能力，可以保证屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$ ，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）等相关标准要求。

#### (7) 类比分析方法

为了解同类型的产品在实际运行下对周围环境的影响情况，本评价采用类比方法进行。类比对象选取参数相近的同厂家的电子加速器，同时选取江苏达胜 2.0MeV 的半自屏蔽的电子加速器，具有较好的可比性。本环评通过引用重庆渝丰电线电缆有限公司使用的电子加速器在 2019 年的验收监测结果进行类比分析，项目可比性对照情况见表 11-8。

表 11-8 类比项目可比性分析一览表

| 序号 | 类比    | 本项目                                                                             | 类比项目                                                                       |                                                                     | 评价                                                         |
|----|-------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|
| 1  | 设备厂家  | 中广核达胜加速器技术有限公司                                                                  | 中广核达胜加速器技术有限公司                                                             | 江苏达胜                                                                | 相同                                                         |
| 2  | 设备型号  | DD <sub>LH</sub> 2.5MeV-40mA、DD <sub>LH</sub> 2.0MeV-50mA                       | DD2.0-50/1600、DD3.0-30/1200                                                | DD <sub>LHD</sub> 2.0-50/1400                                       | 相似                                                         |
| 3  | 束流能量  | 2.5MeV、2.0MeV                                                                   | 2.0MeV、3.0MeV                                                              | 2.0MeV                                                              | 类比项目中3.0MeV能量更高                                            |
| 4  | 束流强度  | 50mA、40mA                                                                       | 50mA、30mA                                                                  | 50mA                                                                | 类比项目略低于本项目                                                 |
| 5  | 扫描宽度  | 1600mm                                                                          | 1600mm、1200mm                                                              | 1400mm                                                              | 类比项目略低于本项目                                                 |
| 6  | 设备类型  | 半自屏蔽式                                                                           | 辐照室、主机室屏蔽                                                                  | 半自屏蔽式                                                               | 不同                                                         |
| 7  | 辐照室屏蔽 | 2.5MeV辐照室：<br>西墙、北墙、顶棚、1700mm混凝土；<br>南墙 1600mm+800mm混凝土；<br>东墙 1000mm+1200mm混凝土 | 3.0MeV辐照室：<br>东墙、北墙1800mm混凝土；<br>南墙1600mm+500mm混凝土；<br>西墙1000mm+1200mm混凝土； | 迷道墙：内0.8m混凝土；<br>外1m混凝土；<br>其余墙体：1.5m混凝土；<br>顶棚：1.5m混凝土，迷道顶棚0.5m混凝土 | 本项目2.0MeV辐照室略保守于类比项目2.0MeV辐照室，本项目2.5MeV辐照室略与类比项目3.0MeV辐照室相 |

续表11 环境影响分析

|   |            |                                                                                                   |                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                    |                                        |
|---|------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
|   |            | 2.0MeV辐照室：<br>西 墙 900mm+1200mm<br>混凝土；<br>南 墙 1400mm+800mm<br>混凝土，<br>东 墙、北 墙 及 顶 棚<br>1500mm混凝土； | 2.0MeV辐照室：<br>东 墙 900mm+1000mm<br>混凝土；<br>南 墙 1300mm+500mm<br>混凝土；<br>西墙1800m混凝土，北<br>墙1500m混凝土，顶棚<br>900mm混凝土； |                                                                                                                                                                                                                                    | 差不多                                    |
| 8 | 辐照室<br>内空间 | 2.5MeV辐照室：<br>9.7m×9.0m×2.2m<br>2.0MeV辐照室：<br>8.9m×5.7m×2.4m                                      | 2.0MeV辐照室：<br>9.5m×6.3m×3.6m<br>3.0MeV辐照室：<br>9.5m×8.9m×3.4m                                                    | 7.73m×5.7m×2.07m                                                                                                                                                                                                                   | 相差不多                                   |
| 9 | 自屏蔽<br>情况  | 采用自屏蔽，详见表1-2                                                                                      | 修建主机室屏蔽                                                                                                         | 加速器加速钢管筒筒体采用<br>内层12mm钢板，中间夹层<br>40mm 铅板，外层2mm钢板<br>屏蔽；加速管钢管人孔法兰<br>采用厚度65mm钢板+20mm<br>铅板屏蔽，顶盖采用厚度<br>90mm钢板+60mm铅板<br>+20mm钢板屏蔽连接接管采<br>用内层10mm钢板，中间夹<br>层30mm铅板，外层2mm钢<br>板屏蔽；加速器电源钢管采<br>用16mm钢板屏蔽；加速管<br>钢管底座采用厚度420mm钢<br>板屏蔽 | 本项目2.0MeV电<br>子加速器自屏蔽<br>与江苏达胜差别<br>不大 |

根据类比项目各项参数可知，类比项目从设备能量、辐照室屏蔽体材料及厚度、辐照室内空间尺寸等方面均与本项目相差不多，因此具有一定可比性。

2019年1月，重庆泓天环境监测有限公司对重庆渝丰电线电缆有限公司的电子辐照加速器进行了验收监测，监测结果表明：辐照室防护门、四周墙体、电缆进出口外30cm处和顶棚上方的空气比释动能率在0.11~0.82μGy/h之间（监测报告见附件6），远低于标准规定的辐照室外剂量率限值的要求，因此可以推断，在本项目按照设计要求进行建设的情况下，其工作场所辐射防护屏蔽效果能满足标准的要求。

2019年6月，重庆泓天环境监测有限公司对重庆宇邦线缆的电子辐照加速器进行了验收监测，监测结果表明：辐照室防护门、四周墙体、电缆进出口外30cm处和顶棚上方的空气比释动能率在0.10~0.16μGy/h之间（监测报告见附件6），远低于标准规定的辐照室外剂量率限值的要求，因此可以推断，在本项目电子加速器辐照室及自屏蔽按照设计要求进行建设的情况下，其工作场所辐射防护屏蔽效果能满足标准的要求。

同时，根据设备厂家提供的自屏蔽效能说明及前文计算，能确保加速器设备区达标。

## 续表11 环境影响分析

### 11.2.3环境保护目标处的年剂量估算

#### (1) 估算公式

X-γ射线产生的外照射人均年有效当量剂量按下列公式计算：

$$H_{Er} = H_{(10)} \times t \times 10^{-3} \times T \quad (11-6)$$

式中：

$H_{Er}$ ：X或γ射线外照射人均年有效剂量当量，mSv；

$H_{(10)}$ ：X或γ射线周围剂量当量率，μSv/h；

t：X或γ射线照射时间，小时；

T：居留因子。

#### (2) 估算结果

##### ①工作人员

辐照工作人员主要包括辐照室工作人员及收放线工作人员，正常情况下，辐照室工作人员须按工作流程进行巡检，主要涉及区域为辐照室周边区域，顶棚设备区无人逗留；收放线工作人员主要在线缆传输区进行作业；另外设备维护或发生故障时可能有检修人员在顶棚设备区进行检修维护作业。

辐照工作人员剂量估算表见表11-9。

**表11-9 辐照工作人员辐照工作时年有效剂量估算表**

| 人员种类    | 辐射源       | 关注点          | 工作时间(h/a) | 受照时间(h/a) | 居留因子 | 对应区域最大周围剂量当量率(μSv/h)  | 年有效剂量(mSv/a) |
|---------|-----------|--------------|-----------|-----------|------|-----------------------|--------------|
| 辐照室工作人员 | 辐照室1      | A、B、C、D、E、F点 | 7200      | 3600      | 1    | $7.01 \times 10^{-2}$ | 0.25         |
|         | 辐照室2      | a、b、c、d、e、f点 | 7200      | 3600      | 1    | $2.49 \times 10^{-1}$ | 0.90         |
| 收放线人员   | 辐照室1+辐照室2 | 线缆传输区(X点及x点) | 7200      | 2400      | 1    | $2.91 \times 10^{-2}$ | 0.07         |
| 设备检修人员  | 辐照室1      | G、H、I、J、K、M点 | 1560      | 1560      | 1    | $3.40 \times 10^{-1}$ | 0.53         |
|         | 辐照室2      | g、h、i、j、k、m点 | 1560      | 1560      | 1    | 1.36                  | 2.12         |

备注：本项目辐照工作人员实行两班制，每班3人，每天工作12小时，年工作300天。操作室分别布置在两侧，相互影响很小，因此操作室内叠加影响可忽略不计。线缆传输区工作人员实行三班制，每天工作8小时，年工作300天，受照时间为2400h。辐照工作人员居留因子均考虑为1。顶棚设备区正常情况下无人逗留，仅在设备检修维护时有设备检修人员在顶棚设备区逗留，辐照项目正常运行时间约7200h，因此检修时间保守考虑1560h，居留因子考虑为1。

由上表可知，辐射工作人员正常情况下所受的年有效剂量最大约为0.90mSv/a，设备检修人员所受的年有效剂量最大约为2.12mSv/a，均低于本评价管理目标值5mSv/a，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》

续表11 环境影响分析

(GB18871-2002)的要求。

②公众成员

本项目辐照室周围公众成员处预测结果见表11-10。

表11-10 周边公众成员处周围剂量当量率预测结果表

| 人员种类 | 关注点           |                      | 方位 | 关注点与辐照室墙体最近距离 | 计算点与辐射源最近距离 | 受照时间h/a | 居留因子 | 对应区域最大周围剂量当量率(μSv/h)  | 年有效剂量(mSv/a)          |
|------|---------------|----------------------|----|---------------|-------------|---------|------|-----------------------|-----------------------|
| 公众成员 | 辐照室1          | 南侧厂房内其他生产区(参考X、x点)   | S  | 30m           | 38.6m       | 2400    | 1/4  | 8.20×10 <sup>-3</sup> | 4.92×10 <sup>-3</sup> |
|      |               | 西侧厂房内导体区生产区域(参考B点)   | W  | 12m           | 18.25m      | 2400    | 1/4  | 7.01×10 <sup>-2</sup> | 4.21×10 <sup>-2</sup> |
|      |               | 西北侧一般固废暂存间(参考A点)     | NW | 19m           | 25.6m       | 2400    | 1/16 | 6.32×10 <sup>-2</sup> | 9.48×10 <sup>-3</sup> |
|      |               | 北侧厂区道路(参考A点)         | N  | 11m           | 17.6m       | 2400    | 1/8  | 6.32×10 <sup>-2</sup> | 1.90×10 <sup>-2</sup> |
|      |               | 北侧园区道路(参考A点)         | N  | 32m           | 38.6m       | 720     | 1/32 | 6.32×10 <sup>-2</sup> | 1.42×10 <sup>-3</sup> |
|      |               | 行车轨道(参考G、H、I、J、K、M点) | 顶部 | 5m            | 5m          | 1560    | 1/32 | 0.34                  | 1.66×10 <sup>-2</sup> |
|      | 辐照室2          | 南侧厂房内其他生产区(参考X、x点)   | S  | 30m           | 38.6m       | 2400    | 1/4  | 2.09×10 <sup>-2</sup> | 1.25×10 <sup>-2</sup> |
|      |               | 西北侧一般固废暂存间(参考a点)     | NW | 23m           | 29.6m       | 2400    | 1/16 | 0.106                 | 1.59×10 <sup>-2</sup> |
|      |               | 北侧厂区道路(参考a点)         | N  | 11m           | 17.6m       | 2400    | 1/8  | 0.106                 | 3.18×10 <sup>-2</sup> |
|      |               | 北侧园区道路(参考a点)         | N  | 31m           | 37.6m       | 720     | 1/32 | 0.106                 | 2.38×10 <sup>-3</sup> |
|      |               | 东侧厂区道路(参考a点)         | E  | 11m           | 15.2 m      | 2400    | 1/8  | 0.249                 | 3.74×10 <sup>-2</sup> |
|      |               | 东侧园区道路               | E  | 48m           | 52.2 m      | 720     | 1/16 | 0.249                 | 1.12×10 <sup>-2</sup> |
|      |               | 行车轨道(参考g、h、i、j、k、m点) | 顶部 | 5m            | 5m          | 1560    | 1/32 | 1.36                  | 6.63×10 <sup>-2</sup> |
|      | 辐照室1、辐照室2叠加影响 | 南侧厂房内其他生产区           | S  | /             | /           | /       | /    | /                     | 1.75×10 <sup>-2</sup> |
|      |               | 西北侧一般固废暂存间           | NW | /             | /           | /       | /    | /                     | 2.54×10 <sup>-2</sup> |
|      |               | 北侧厂区道路               | N  | /             | /           | /       | /    | /                     | 5.08×10 <sup>-2</sup> |
|      |               | 北侧园区道路               | N  | /             | /           | /       | /    | /                     | 3.80×10 <sup>-3</sup> |
|      |               | 行车轨道最近点              | 顶部 | /             | /           | /       | /    | /                     | 8.29×10 <sup>-2</sup> |

备注：项目周围公众成员基本为公司内部人员，公司厂房内其余区域工作人员每天工作8小时，实行三班制，年工作300天，受照时间为2400h，由于其他工作人员不进行线缆传输收放线作业，居留因子考虑为1/4；厂区道路主要为零散工作人员和车辆经过，受照时间考虑为2400h，居留因子考虑为1/8；厂内一般固废暂存间正常情况下无人停留，仅在需要堆存一般固废时使用，受照时间仍按每班工作人员工作时间取值2400h，居留因子考虑为1/16；园区道路主要为经过车辆和路边行人，受照时间考虑为720h，居留因子考虑为1/32；顶部行车轨道正常工作时无人停留，仅在轨道检修时，可能有检修人员停留，受照时间考虑为1560h，考虑到辐照室位于厂房东北角，行车轨道停留时间及概率较低，居留因子考虑为1/32。

**续表11 环境影响分析**

项目加速器进行辐照工作时，在辐照室周围活动的公众成员所受的最大年附加有效剂量 $8.29 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，低于本评价管理目标值 $0.1 \text{mSv/a}$ ，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。辐照室各屏蔽体外 $0.3 \text{m}$ 处的瞬时剂量率满足国家相关标准要求，根据X射线随距离的增加而快速减弱的特性可知，距离X射线辐照室更远的各环境保护目标（公众成员）的辐射影响也满足公众成员相应标准和要求。

综上所述，根据年剂量计算结果，本项目周围环境保护目标处周围剂量当量率和年有效剂量均处于较低水平，总体上项目满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）和《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。且由于估算结果只考虑了距离的衰减，实际上X射线在传播过程中有墙体、楼板等各种屏蔽体的阻挡，因此，项目辐照室外 $50 \text{m}$ 范围内的各环境保护目标的辐射影响也满足相应标准和要求，对环境保护目标的影响很小。

### 11.3 其他影响

#### （1）废气对环境的影响分析

##### ①臭氧

根据工程分析可知， $2.5$ 、 $2.0 \text{MeV}$ 电子辐照加速器所致 $\text{O}_3$ 的产生率分别为 $2.23 \times 10^6$ 、 $3.04 \times 10^6 \text{mg/h}$ 。本项目辐照室分别设置1台风量为 $15000 \text{m}^3/\text{h}$ 的风机，辐照室室内体积分别约 $192 \text{m}^3$ 、 $122 \text{m}^3$ ，辐照室换气一次所需最长时间分别约 $0.0128 \text{h}$ 、 $0.00813 \text{h}$ ，远小于臭氧的有效化学分解时间 $T_d$ （约 $50 \text{min}$ 、 $0.83 \text{h}$ ），根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）附录B可知，当辐照室换气一次所需时间 $T_v \ll T_d$ 时，对臭氧的有效清除时间 $T_e \approx T_v$ ，此时辐照室内臭氧平衡浓度为：

$$C_s = \frac{PT_e}{V} \quad (11-7)$$

根据式11-7及本项目辐照室通风设计，本项目辐照室内臭氧平衡浓度为计算结果见表11-11。

**表11-11 辐照室内臭氧平衡浓度计算结果**

| 辐照室    | 臭氧产额P                          | 辐照室容积              | 设计风量                        | 臭氧平衡浓度                |
|--------|--------------------------------|--------------------|-----------------------------|-----------------------|
| 2.5MeV | $2.23 \times 10^6 \text{mg/h}$ | 约 $192 \text{m}^3$ | $15000 \text{m}^3/\text{h}$ | $148.7 \text{mg/m}^3$ |
| 2.0MeV | $3.04 \times 10^6 \text{mg/h}$ | 约 $122 \text{m}^3$ | $15000 \text{m}^3/\text{h}$ | $202.6 \text{mg/m}^3$ |

加速器长期正常运行期间，室内臭氧达到饱和平衡浓度，根据上表可知，该浓度大大

**续表11 环境影响分析**

高于GBZ2.1所规定的工作场所最高容许浓度 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 。因此，当加速器停止运行后，人员不能直接进入辐照室，风机必须继续运行，关闭加速器后风机运行的持续时间公式为：

$$T = -T_e \ln \frac{C_0}{C_s} \quad (11-8)$$

式中：

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

$T$ ——为使室内臭氧浓度低于规定的浓度所需时间（h）。

根据式11-11及本项目辐照室通风设计，本项目关闭加速器后风机运行的持续时间计算结果见表11-12：

**表11-12 关闭加速器后风机运行的持续时间计算结果**

| 辐照室    | 臭氧平衡浓度                      | 臭氧的最高容许浓度                 | 臭氧的有效清除时间 | 所需时间    |
|--------|-----------------------------|---------------------------|-----------|---------|
| 2.5MeV | $148.7\text{mg}/\text{m}^3$ | $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ | 0.0128h   | 约0.08h  |
| 2.0MeV | $202.6\text{mg}/\text{m}^3$ | $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ | 0.00813h  | 约0.053h |

根据上表可知，关闭加速器后风机运行的持续时间最大约为0.08h，即约4.8min后，辐照室内的臭氧浓度能满足《工作场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素（一）》（GBZ2.1-2019）的臭氧浓度限值要求。

实际上臭氧很不稳定，在常温下不断转化成氧气，或与其他材料和空气中的杂质产生化学反应，因此其浓度降低速度也将大大加快。为保险起见，建设单位设计要求在停机10min后操作人员方可被允许进入加速器辐照室内，满足上述计算所需时间要求。因此，辐射工作人员在设计通风时间条件下进入辐照室是安全的。

本项目拟设2台排氧风机进行机械排风，排风量均为 $15000\text{m}^3/\text{h}$ ，排风管道直径为600mm，出风口位于辐照室外，排气筒高度约15m，辐照室内臭氧被引至排风管道内，在约15m高度处排放，经过大气的稀释和扩散作用 $\text{O}_3$ 浓度迅速降低，臭氧半衰期为22~25分钟，常温下可自然分解为氧气，对周围大气环境影响可接受。

## ②氮氧化物

根据工程分析可知，氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，根据估算，辐照室内的氮氧化物能满足《工作场所有害因素职业接触限值第1部分：化学有害因素（一）》（GBZ2.1-2019）的氮氧化物浓度限值（ $5\text{mg}/\text{m}^3$ ）要求。而按照臭氧设计要求在停机10min后，辐照室内的氮氧化物浓度将更小，氮氧化物产生和排放对工作场所大气环境的影响很小。

氮氧化物的产额约为臭氧的三分之一，因此，氮氧化物的产生量分别约 $7.41 \times 10^5\text{mg}/\text{h}$ 、

**续表11 环境影响分析**

1.01×10<sup>6</sup>mg/h，排风量均为15000m<sup>3</sup>/h，因此2.5、2.0MeV辐照室氮氧化物排放浓度约为49.4mg/m<sup>3</sup>、67.3mg/m<sup>3</sup>，满足重庆市地方标准《大气污染物综合排放标准》（DB50/418-2016）中万州区的排放浓度限值240mg/m<sup>3</sup>要求。

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

### **（2）废水环境影响**

项目无生产废水产生，本项目不新增工作人员，工作人员自项目整体调配，不新增生活污水，项目调配的工作人员生活污水依托厂区生化池（处理能力为50m<sup>3</sup>/d）处理后进入市政污水管网。

束下喷淋冷却水产生量很小（约6m<sup>3</sup>/d），喷淋冷却对象为生产车间生产的电线电缆产品，生产车间为无尘车间，电线电缆产品表面较干净，喷淋冷却水喷淋电线电缆后几乎未被污染，因此喷淋冷却水中污染物浓度极低，经收集后排入厂区污水管网，对周围水环境影响很小。

### **（3）噪声影响**

本项目拟使用的通排风系统为低噪声节能排风机，采用基础减振措施后其噪声值一般在60-75dB（A）之间，冷却系统循环水泵噪声值一般在75dB（A）左右。排氧风机、钛窗风机、新风风机等设备均位于3#装备线厂房户内布置，设备所在3#装备线车间厂房为单层框架结构，考虑3#装备线车间厂房隔声效应，隔声量保守取10dB。循环水泵在室外布置。另外，钛窗风机、新风风机等设备布置在二层设备区，因此上述声源距厂界围墙距离自辐照室建筑边界算起。由于本项目噪声源基本在辐照室附近，距厂区南、西两面厂界围墙距离较远（>200m），影响极轻微，因此本项目噪声预测分析以东侧和北侧围墙为主。

本项目各噪声源距厂区围墙距离见表11-13。

**表11-13 本项目噪声源一览表**

| 噪声源   | 源强 | 建筑物隔声量（dB） | 东围墙（m） | 北围墙（m） |
|-------|----|------------|--------|--------|
| 排氧风机1 | 75 | 10         | 33     | 28     |
| 排氧风机2 | 75 | 10         | 29     | 27     |
| 新风风机1 | 65 | 10         | 21     | 27     |
| 新风风机2 | 65 | 10         | 21     | 27     |
| 新风风机3 | 65 | 10         | 21     | 27     |
| 钛窗风机1 | 65 | 10         | 21     | 27     |
| 钛窗风机2 | 65 | 10         | 21     | 27     |
| 循环水泵1 | 75 | /          | 31     | 7      |
| 循环水泵2 | 75 | /          | 31     | 7      |

续表11 环境影响分析

本项目设备噪声经衰减达预测点的噪声值可采用以下预测模式进行计算：

$$L_A(r) = L_{A_{ref}}(r_0) - 20 \lg(r / r_0) - a(r - r_0)$$

式中： $L_A(r)$ ——预测点的噪声A 声压级dB（A）；

$L_{A_{ref}(r_0)}$ ——参照基准点的噪声A 声压级dB（A）；

$r$ ——预测点到噪声源的距离(m)；

$r_0$ ——参照点到噪声源的距离(m)；

$A$ ——各种因素引起的衰减（包括声屏障、遮挡物、空气吸收以及地面效应引起的衰减量）。

噪声叠加公式：

$$L_{ep} = 10 \lg(10^{0.1L_{eqa}} + 10^{0.1L_{eqb}})$$

式中： $L_{eqa}$ ——a 声源在预测点的等效声级贡献值，dB(A)；

$L_{eqb}$ ——b 声源在预测点的等效声级贡献值，dB(A)。

根据上述模式，计算得变压器在围墙外的噪声贡献值见表11-14。

表11-14 高噪声源在厂区围墙外噪声贡献值 单位：dB（A）

| 噪声源                    | 厂区东侧厂界噪声贡献值 | 厂区北侧厂界噪声贡献值 |
|------------------------|-------------|-------------|
| 排氧风机1                  | 34.7        | 28.3        |
| 排氧风机2                  | 34.7        | 28.7        |
| 新风风机1                  | 24.7        | 19.0        |
| 新风风机2                  | 24.7        | 19.0        |
| 新风风机3                  | 24.7        | 19.0        |
| 钛窗风机1                  | 24.7        | 19.0        |
| 钛窗风机2                  | 24.7        | 19.0        |
| 循环水泵1                  | 34.1        | 47.1        |
| 循环水泵2                  | 34.1        | 47.1        |
| 本项目贡献值                 | 41.0        | 50.2        |
| 电缆项目贡献值                | 52          | 53          |
| 叠加后                    | 52.3        | 54.8        |
| 3类标准限值（昼间）GB12348-2008 | 65          | 65          |
| 3类标准限值（夜间）GB12348-2008 | 55          | 55          |

由表11-14 计算可知，本工程噪声源叠加电缆项目总体贡献值后在厂区东侧、北侧厂界处昼夜间噪声贡献值均满足GB12348-2008 中3类标准要求。本项目厂房外为厂区室外道路，厂界外为园区道路，周边50m范围内不涉及声环境敏感目标，不会发生噪声扰民现象。因此，本项目对周边区域声环境影响较轻微。

**续表11 环境影响分析**

**(4) 固废环境影响**

本项目不新增工作人员，工作人员自项目整体调配，不新增生活垃圾。调配工作人员生活垃圾依托现有的生活垃圾收集系统收集后交由环卫部门统一处理。

**11.4产业政策符合性分析**

本项目的建设是为了开展工业辐照以改善电缆电线的化学稳定性和热稳定性，提高产品质量。公司使用辐照装置满足相关国家法律、法规和标准的要求，装置工作时无废水和固体废物产生，符合清洁生产和环境保护的总体要求。同时，本项目属于《产业结构调整指导目录》（2019 年）的第一类“鼓励类”中“六 核能”中的第 6 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业政策。

**11.5实践正当性分析**

项目利用辐照加工技术开展电线电缆生产的辐照改性工作，其目的是为了增强电缆电线性能，提高抗老化性能及产品质量。辐照加工具有效率高、工艺过程简单、操作方便、低耗能、高效益、高度机械化、自动化、无污染公害、无残留等特点，项目在采取切实可行的辐射安全与环保措施后，不仅可以减少污染物排放量，而且可以产生一定的社会效益和经济效益。通过环评分析、预测和评价，项目拟采取的辐射安全与防护措施符合要求，对环境的辐射影响在可接受范围内。项目建设严格执行“三同时”，保证环保投资和环保设施正常投入与运行，确保项目在取得经济效益和社会效益的同时，具备环境效益。

项目对受电离辐射照射个人、企业和社会带来利益远大于其对环境的辐射影响及可能引起的辐射危害，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

**11.6 事故影响分析**

**(1) 电离辐射引起生物效应**

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

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

**续表11 环境影响分析**

照射)。除了受控制的医学照射外,高剂量照射一般不会出现在工作场所。因此,确定性效应一般也不会出现在常规的工作场所,仅在事故情况下被观察到。身体躯干部分单次或在短时间(数日)内分次受到大剂量照射引起的人体损伤估计见表11-15。

**表11-15 不同照射剂量对人体损伤的估计**

| 剂量 (Gy)                    | 类型               |  | 初期症状和损伤程度                                               |
|----------------------------|------------------|--|---------------------------------------------------------|
| <0.25<br>0.25~0.5<br>0.5~1 | 骨髓型<br>急性<br>放射病 |  | 不明显和不易察觉的病变<br>可恢复的机能变化,可能有血液学的变化<br>机能变化,血液变化,但不伴有临床症状 |
| 1~2                        |                  |  | 乏力,不适,食欲减退                                              |
| 2~3.5                      |                  |  | 头昏,乏力,食欲减退,恶心,呕吐,白细胞短暂上升后下降                             |
| 3.5~5.5                    |                  |  | 多次呕吐,可有腹泻,白细胞明显下降                                       |
| 5.5~10                     |                  |  | 多次呕吐,腹泻,休克,白细胞急剧下降                                      |
| 10~50                      | 肠型急性放射病          |  | 频繁呕吐,腹泻严重,腹痛,血红蛋白升高                                     |
| >50                        | 脑型急性放射病          |  | 频繁呕吐,腹泻,休克,共济失调,肌张力增高,震颤,抽搐,昏睡,定向和判断力减退                 |

备注:来自《急性外照射放射病的诊断标准》(GBZ104-2002)和《辐射防护导论》P33。

根据《放射源同位素与射线装置安全和防护条例》,辐射事故从重到轻分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级,见表11-16。

**表11-16 辐射事故等级分级一览表**

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

根据《实用辐射安全手册》(第二版)(丛慧玲,北京:原子能出版社)急性放射病的发生率以及急性放射病的死亡率与辐射剂量的关系,见表11-17。

**表11-17 急性放射病的发生率、死亡率与辐射剂量的关系**

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

续表11 环境影响分析

### (2) 电子加速器辐照室事故风险、后果及预防措施分析

电子加速器是种将电能转换成高能电子束的设备，电子束受开机和关机控制，关机时没有射线发出。因此断电状态下是安全的。在意外情况下，可能出现的辐射事故如下：

#### 1) 人员误照射风险

①加速器运行时其他无关人员误入加速器辐照室，或人员在加速器辐照室内逗留时加速器开机，给上述人员造成不必要的照射。

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

③在加速器检修时的误照射事故。

④安全联锁装置或报警系统故障时，人员误入正在运行的加速器辐照室；

⑤安全联锁装置或报警系统故障时，迷道防护门被打开，造成辐照室附近人员被误照射；

⑥安全联锁装置设计缺陷，安全联锁未断高压，在安全联锁停机或急停操作后，电子束装置仍可在低压情况下进行出束，造成人员误照射。

#### 2) 臭氧事故风险

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

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

### (3) 误照射剂量核算

根据上述分析，因各种原因导致电子加速器发生误照射辐射事故，本评价对电子加速器发生误照射剂量进行统一核算和影响分析。

根据前文分析，辐射事故主要是在电子加速器出束过程中人员在辐照室内受到误照射。相较之下，工作人员或其他人员（如维修人员）在辐照室内时，距离电子加速器最近，受到的误照射最大。本项目在辐照室和操作室内均设置有急停按钮，辐照室内墙四周均设置有拉线，室内设有声光报警装置，而项目加速器能量上升到最大值时所需时间约2min，本次环评考虑事故时受照人员拉下急停开关的反应时间按5s~10s计算，则根据能量最高的电子加速器相关参数，则工作人员或其他人员（如维修人员）受到的误照射剂量见表11-18所示。

续表11 环境影响分析

表 11-18 误照射人员所受辐射剂量情况表

| 事故情况 | 距靶1m处的吸收剂量率 | 受照时间 | 受到的有效剂量当量 |
|------|-------------|------|-----------|
| 人员误入 | 3000Gy/h    | 5s   | 4.2Gy     |
|      |             | 10s  | 8.3Gy     |

根据上表核算，电子加速器运行时，人员误入受到误照射，单次照射（5s）受到照射剂量最大约为4.2Gy，可能导致重度骨髓型急性放射病，症状为多次呕吐，可有腹泻，白细胞明显下降，属于较大辐射事故，但该情况也有90%几率可能导致人员死亡；单次照射（10s）受到照射剂量最大约为8.3Gy，有99%以上几率导致人员死亡。因此，本项目若发生人员滞留在辐照室受到误照射的情况，可能导致较为严重的辐射损伤，甚至人员伤亡，造成较大辐射事故的发生。

#### （4）辐照室臭氧超标事故

臭氧的强氧化性对人体健康有危害作用，一般认为臭氧吸入体内后，能迅速转化为活性很强的自由基-超氧基，主要使不饱和脂肪酸氧化，从而造成细胞损伤。臭氧可使人的呼吸道上皮细胞脂质过氧化过程中花生四烯酸增多，进而引起上呼吸道的炎症病变，研究表明接触0.09ppm臭氧2小时后肺活量、用力肺活量和第一秒用力肺活量显著下降；浓度达0.15ppm时，80%以上的人感到眼和鼻粘膜刺激，100%出现头疼和胸部不适。由于臭氧能引起上呼吸道炎症、损伤终末细支气管上皮纤毛，从而削弱了上呼吸道的防御功能，因此长期接触一定浓度的臭氧易于继发上呼吸道感染。臭氧浓度在2ppm时，短间接接触即可出现呼吸道刺激症状、咳嗽、头疼。

根据前文预测模式，加速器辐照结束后若不继续通风则辐照室内的臭氧浓度最大为202.6mg/m<sup>3</sup>（1ppm≈2.1mg/m<sup>3</sup>），如果工作人员立即进入辐照室，短间接接触即可出现呼吸道刺激症状、咳嗽、头疼。

#### （5）工作场所火灾风险

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

#### （6）风险防范措施

##### ①人员误照射

建设单位将针对可能发生的事故，制定完善的事故防范措施，以使在发生事故时，能够对事故现场进行及时的处理和处置，及时控制事故对环境的影响，将事故影响降到最低。主要通

**续表11 环境影响分析**

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

**②臭氧事故**

加速器工作前必须检查通风系统能否正常工作，若不能正常工作则不能开展辐照加工工作，待维修能正常工作后方可开展。建设单位设计要求在加速器停机继续排风，设计风机开启的情况下继续排风10min之后室内臭氧浓度可降至要求的 $0.3\text{mg}/\text{m}^3$ 以下。

**③火灾防范措施**

辐照室设计的防火等级不低于2级，墙体和顶棚均采用混凝土材料，耐火性能良好。项目辐照室设置烟雾报警器，发生火灾时，及时报警并切断加速器电源，阻止火灾的扩大。辐照室内排水管道接入厂区污水管，灭火过程中产生的废水，通过管道收集后接入污水管，经污水处理站处理后接入市政污水管，对环境的影响很小。

**表 12 辐射安全管理**

**12.1辐射安全与环境保护管理机构的设置**

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条要求：使用I类、II类、III类放射源，使用I类、II类射线装置的，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或至少有1名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作；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。

本项目为新建项目，待项目建成投运前，建设单位拟按照上述要求成立辐射安全防护与环境管理领导小组：①全面负责辐射安全防护管理工作。②负责环保手续办理及相关事项，如许可证申领、验收、人员培训、个人剂量送检、体检和辐射安全年度评估等。③负责日常防护设备维护。

**12.2辐射安全管理**

**（1）规章制度**

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》中关于“营运管理”的要求，建设单位必须培植和保持良好的安全文化素养，减少人为因素导致人员意外照射事故的发生。为此，公司拟按照相关规定制定相应的管理制度，包括：操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线置装使用登记制度、人员培训计划、人员健康及个人剂量管理制度、监测方案、辐射事故应急措施等。并在项目运营前将操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、辐射事故应急措施等制作后悬挂于辐射工作场所。

另外，建设单位将在工作中认真落实相关制度，并不断更新和完善。

**（2）工作人员**

根据本项目射线装置的操作需求，进行电线电缆辐照交联时，至少应保证2名工作人员同时在场。本项目拟配置6名辐射工作人员轮班操作，人员配备数量是可行的。6名操作人员均拟从公司现有工作人员中调配，并在上岗前进行辐射知识培训和设备操作技能培训。

**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5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

**续表12 辐射安全管理**

射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。

根据建设单位资料，本项目人员拟从公司现有普通工作人员中调配6名负责电子加速器的操作，并在本项目运行前，组织工作人员进行辐射安全和防护培训，经考试取得合格证明。

### 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，建立辐射工作人员个人剂量档案。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。

公司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

辐射工作人员上岗前，应进行岗前职业健康检查，符合辐射工作人员健康标准的，方可参加相应的辐射工作。

公司将在辐射工作人员上岗前，组织其进行上岗前职业健康检查，并定期组织辐射工作人员进行在岗期间职业健康检查。

## （3）射线装置台账管理

项目建设单位拟制定射线装置台帐管理制度，记载射线装置的名称、型号、射线种类、类别、用途、来源和去向等事项，同时对射线装置的说明书建档保存，确定台帐的管理人员和职责，建立台帐的交接制度。建立射线装置使用登记制度，每次进行辐照加工均进行基本信息记录。

## （4）档案管理

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。个人剂量档案应当保存至辐射工作人员年满七十五周岁，或者停止辐射工作三十年。

公司拟在项目运行后，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、

**续表12 辐射安全管理**

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。

除放射工作人员个人剂量档案外，公司拟在项目运行后，建立“制度文件”、“环评资料”、“许可证资料”、“监测和检查记录”、“培训档案”、“年度评估”、“辐射应急资料”等档案文件，并分类保管。

#### **(5) 年度评估**

根据环境保护部令第18号第十二条规定：生产、销售、使用放射性同位素与射线装置的单位，应当对本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

公司拟在项目运行后，每年向重庆市生态环境局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。并制定年度评估制度，指定专人负责年度评估报告的编制和上报工作。

#### **(6) 核安全文化建设**

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

具体操作参考如下：

①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。

### **12.3从事辐射活动能力评价**

依据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》第十六条规定，建设单位从事辐射活动应具备相应的条件，对建设单位从事的辐射活动能力评价如表12-1。

续表12 辐射安全管理

表12-1 从事辐射活动能力的评价

| 应具备条件                                                       | 拟落实的情况                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 设有专门的辐射安全与环境保护管理机构或者至少有一名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。    | 建设单位拟成立辐射安全防护与环境管理领导小组，设立专职辐射安全管理人员；承诺在项目运行前，制定辐射安全与环境管理措施，建立辐射安全责任制，职责落实到人。                                                                                                          |
| 从事放射工作的人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。                      | 项目所有辐射工作人员尚未到岗，尚未参加培训并考核合格。在项目运行前，制定人员培训计划，待人员到岗后按照规定组织参加培训并考核合格。                                                                                                                     |
| 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。                        | 在项目运行前，制定相应的安全操作规程、设备检修与安全设施检查等制度；同时本项目加速器在辐照室内工作，辐照室设置有足够厚的混凝土墙以及迷道、铅门等进行屏蔽，自屏蔽能满足要求；设备安装时，拟配套设置门机联锁、灯机联锁、束下装置联锁、剂量联锁、防误入装置、电离辐射警示标志以及工作状态指示灯、拉线开关、紧急停机按钮等措施。室内外拟安装实时视频监控系統，并连接到主控室。 |
| 配备与辐射类型和辐射水平相适应的防护用品和监测仪器，包括个人剂量计。                          | 拟配置固定式剂量率报警仪、便携式辐射监测报警仪、X- $\gamma$ 剂量监测仪等，对辐射工作人员均拟配备个人剂量计、个人剂量报警仪，并定期对监测设备进行年检。                                                                                                     |
| 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、射线装置使用登记制度、人员培训计划、监测方案等。 | 尚未建立健全的规章制度。在项目运行前，将按照相关规定和要求，制定各项规章制度，并将相应制度张贴上墙。                                                                                                                                    |
| 有完善的辐射事故应急措施。                                               | 尚未制定，在项目运行前，将按照相关规定和要求完成，包括制定辐射事故应急预案和应急人员的培训演习计划等。                                                                                                                                   |

从上表可知，项目尚在建设中，因本项目为新建项目，尚无相应的辐射安全与防护管理机构，辐射工作人员和管理人员尚未到位，尚未形成相应的辐射环境管理体系，待建设单位全部落实上述各项要求后，方具备从事本项目辐射活动的能力。

#### 12.4 其他辐射安全管理要求

##### (1) 安全运行管理

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

②运营前将成立辐射安全与防护管理机构，负责本单位的辐射安全管理工作，同时辐射安全与防护管理机构将定期巡视检查（检验）每台加速器的主要安全设备并评价辐射防护大纲的适宜性与执行状况。

③运营期将建立严格的使用运行记录制度，运行人员在值班期间应按规定完成运行日志的记录，记录与装置有关的重要活动事项。记录事项一般不少于下列内容：运行工况；辐照产品的情况；发生的故障及排除方法；外来人员进入控制区情况；个人剂量计佩戴情

**续表12 辐射安全管理**

况；个人剂量、工作场所和周边环境的辐射监测结果；检查及维修维护的内容与结果。

**(2) 人员资质和培训**

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

②加速器辐照装置的操作人员、维修人员必须通过相关技术培训。

**(3) 日常管理**

①做好装置运行日志的记录。记录应包括所完成的辐照产品的有关情况，装置的运行状况，对故障和维修的细节应按专项进行记录。

②未经许可，外来人员不得进入辐照室。确有必要进入的一定要进行逐个登记，并有专人带领，按照进出辐照室的有关规定办理。

③对装置进行改造或对影响安全性能的参数进行修改，须上报监管部门批准后才能进行。对所有改动必须详细准确地加以记录，并对记录作永久保存。

④接受有关部门依法对辐照装置进行日常监督。

**(4) 装置的维护与检修**

**①日检查**

加速器辐照装置上的常用安全设备将每天进行检查，发现异常情况时及时修复正常。常规日检查项目至少包括以下内容：工作状态指示灯、报警灯和照明灯；辐照装置安全联锁控制显示状况；个人剂量报警仪和辐射监测仪器工作状态。

**②月检查**

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

**③半年检查**

加速器辐照装置上的安全状况每6个月定期进行检查，发现异常情况时及时采取改正措施。其检查范围至少包括：配合年检修的检测；全部设备和控制系统。

由厂家专门的维修团队统一负责。

**12.5 辐射环境监测**

根据《放射性同位素与射线装置放射安全和防护条例》等相关法规和标准，必须对射

**续表12 辐射安全管理**

线类装置使用单位进行个人剂量监测、辐照室工作场所外的环境监测，开展常规的防护监测工作。

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

**（1）个人剂量监测**

对辐射工作人员进行个人照射累积剂量监测。要求辐射工作人员在工作时必须正确佩戴个人剂量计，并将个人剂量结果存入个人剂量档案，并终身保存。个人剂量监测应由具有个人剂量监测资质的单位进行。

监测频率：3个月测读一次个人剂量计；如发现异常可加密监测频率。

**（2）工作场所外环境监测**

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

监测计划应包括以下内容：

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

监测项目：周围剂量当量率；

监测点位：辐照室周围屏蔽体外30cm处、屏蔽体搭接处，以及屏蔽体穿墙管线、门缝等搭接薄弱位置，监测点可布置在图11-1、图11-2、图11-3、图11-4中各计算点处，并根据实际建成后的情况合理设置监测点位。

**12.6辐射事故应急**

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

根据《放射性同位素与射线装置安全与防护条例》（2019年3月2日修订）第四十条：根据辐射事故的性质、严重程度、可控性和影响范围等因素，从重到轻将辐射事故分为特别重大辐射事故、重大辐射事故、较大辐射事故和一般辐射事故四个等级。

本项目使用II类射线装置，可能发生的辐射事故主要是在电子加速器出束过程中人员受

**续表12 辐射安全管理**

到误照射，可能导致较为严重的辐射损伤，甚至人员伤亡，造成较大及以上级别辐射事故的发生，建设单位应制定加速器事故应急措施与辐射事故应急预案。

#### **12.6.1 应急预案相关要求**

##### **（1）应急响应计划**

建设单位应制定应急响应计划，一旦发生事故，能立即启动应急响应计划，避免事故进一步扩大。加速器使用单位的主要负责人应对该项计划的制定和实施负全责。

该计划应包括发现或出现紧急情况时，立即采取的最初行动以及情况缓解后应采取的后续行动，并应提供将辐射照射最小化，重新控制情况使场所恢复到正常条件，处理损伤和过度照射的各项措施。

##### **（2）应急物资**

建设单位应保证所有必须的设备在可预见的应急情况下是可以使用的。应急物资应存放在标签清晰并容易接近的柜子里，同时应定期或使用后立即核查其数量与功能的适宜性。应急物资至少应包括：功能适当的辐射剂量率巡测仪（含备用电池）；通信设备（如移动电话）；灭火器材和急救物品；文具纸张，包括事故日志；设备手册；应急程序副本。

##### **（3）应急培训与演练**

建设单位应保证与本单位应急行动有关的所有人员受过良好的应急培训与演练，了解本单位可能预见的辐射事故危险，熟悉并理解应急计划，能正确执行应急行动与任务。应选择适当的间期开展复训和应急演练。

##### **（4）事故处理**

事故发生后，必须按照以下原则进行处理：撤离与通知；控制事态发展，尽快采取措施，恢复正常工况；对受伤人员和受照人员进行救治。

#### **12.6.2 事故应急方案与措施**

##### **（1）辐射事故应急处置措施**

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

##### **（2）辐射事故后处理**

启动并组织实施应急方案，将事故受照人员撤离现场，检查人员受危害程度，并采取救护措施，保护事故现场，配合相关部门作好事故调查处理，并作好事故的善后工作。对

**续表12 辐射安全管理**

可能受到辐射伤害人员，应当立即将其送至当地卫生部门指定的医院或者有条件救治辐射损伤病人的医院，进行检查和治疗，或者请求医院立即派人赶赴事故现场，采取救治措施。查找事故原因，排除事故隐患，总结事故发生、处理事故、防止事故的经验教训，杜绝事故的再次发生。

### **(3) 事故报告程序**

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

报告联系电话如下：

政务服务便民热线电话：12345

重庆市卫生健康委员会电话：023-67706707

重庆市生态环境局电话：023- 89181997

重庆市万州区卫生健康委员会电话：023-58815205

重庆市万州区生态环境局：023-58137492

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

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

## **12.7竣工验收**

根据《建设项目环境保护管理条例》，项目建设应执行污染治理设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的“三同时”制度。建设项目正式投产运行前，建设单位应进行自主竣工环保验收。本工程竣工环境保护验收一览表见表12-2。

续表12 辐射安全管理

表12-2 本项目环保设施竣工验收要求一览表

| 序号 | 验收内容     | 本项目验收要求                                                                                                                   | 备注                                      |
|----|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| 1  | 环保文件     | 环评报告、环评批复、验收监测报告等齐全                                                                                                       | /                                       |
| 2  | 建设内容     | 1台2.5MeV、1台2.0MeV电子辐照加速器（II类射线装置）                                                                                         | 不发生重大变动                                 |
| 3  | 剂量控制     | 辐射工作人员年有效剂量 $\leq 5\text{mSv}$<br>公众成员年有效剂量 $\leq 0.1\text{mSv}$                                                          | GB18871-2002、GB/T25306-2010、HJ979-2018等 |
| 4  | 人员要求     | 按照要求组织辐射工作人员参加培训及复训，考核合格后上岗                                                                                               | 环境保护部令第18号等                             |
| 5  | 剂量率控制    | 屏蔽体外表面30cm处及以外区域周围剂量当量率 $\leq 2.5\mu\text{Sv/h}$                                                                          | HJ979-2018等                             |
| 6  | 辐射安全防护措施 | 警示标志、工作状态指示灯设置位置合理，正常工作；安全联锁（钥匙控制、门机联锁、束下装置联锁、信号警示装置、巡检按钮、防人误入装置、急停装置、剂量联锁、通风联锁、烟雾报警、监控系统等）正常运行。配备满足要求个人剂量计、剂量报警仪、剂量率监测仪等 |                                         |
| 7  | 通风要求     | 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                                                                                      |                                         |
| 8  | 管理       | 有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案、人员交接班制度等                                                                   |                                         |

**表 13 结论及建议**

**13.1结论**

**13.1.1项目概况**

为满足生产发展的需要，重庆平湖金龙电工科技有限公司拟在重庆市万州区经开大道88号（万州经开区）重庆平湖金龙电工科技有限公司3#装备线车间厂房内东北侧建设新能源特种线材及高端装备线缆项目（电子加速器辐照部分）项目，建设内容包括：依托已建2间电子加速器辐照室及配套用房（辐照用房建筑面积约362m<sup>2</sup>），配置两台电子加速器（其中一台电子束能量2.5MeV、电子束流强40mA、扫描宽度1600mm，另一台电子束能量2.0MeV、电子束流强50mA、扫描宽度1600mm），用于电线电缆的辐照交联。建设工期预计3个月。通过开展本项目的分析、对周围环境质量现状调查以及项目的主要污染物对环境的影响分析等工作，得出以下结论。

**13.1.2产业政策符合性分析**

本项目属于《产业结构调整指导目录（2019年本）》（2021年修正）的第一类“鼓励类”中“六 核能”中的第6条“同位素、加速器及辐照应用技术开发”，符合国家产业政策。

**13.1.3实践正当性分析**

本项目使用辐照装置的目的是为了增强电缆电线性能，提高抗老化性能，目的明确、理由正当，通过本环评的分析、预测和评价可知该项目实施后对周围环境影响符合国家相关要求，为企业、社会带来利益远大于辐射危害的代价，有利于发展社会经济，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中辐射防护“实践正当性”的原则与要求。

**13.1.4环境质量现状**

项目拟建址的环境 $\gamma$ 辐射剂量率为58.0nGy/h~91.0nGy/h（未扣除宇宙射线），小于重庆市2021年的环境 $\gamma$ 辐射剂量率平均值。

**13.1.5选址可行性**

本项目位于重庆市万州区经开大道88号（万州经开区）重庆平湖金龙电工科技有限公司3#装备线车间厂房内东北侧，本项目为电子加速器辐照项目，不属于禁止类项目，且已取得重庆市万州经济技术开发区经济发展局下发的项目备案证。

本项目在厂房东北侧依托已建的两间并排布置的辐照室，购置2台电子加速器设备用于光伏发电用电缆、新能源汽车用线缆等高端装备线缆的辐照交联。辐照室区域远离办公区、厕所、食堂等公众成员停留时间较长的区域，辐照室周边区域主要为厂房内线缆传输区、厂房内西侧、南侧等其他生产区域，便于辐照工作的开展，辐照室周围活动人员较少，且辐照室以下为实土层，楼上为设备区，正常情况下均无人员活动，有利于减少射线对公众成员的影响。综上，项目选址可行。

**续表13 结论及建议**

**13.1.6布局合理性**

本项目辐照室位于3#装备线车间厂房内东北侧，辐照室1、辐照室2东西并排紧邻布置，均为单层混凝土结构，控制室分别设置在1#辐照室西南侧和2#辐照室东南侧，加速器设备主体和水冷、排风等辅助系统放置在辐照室顶棚上方。两间辐照室东侧为厂房东墙，南侧为厂房内线缆传输区及其他生产区域，西侧为厂房内导体区生产区域，北侧为厂房北墙，因此，辐照室周围活动人员较少，有利于减少射线对公众成员的影响。

需辐照电线电缆通过线缆传输系统（收放线机）进行收发，线缆传输操作区域位于辐照室南侧，辐照室人员出入口采用多回迷路设计，线缆传输进入辐照室采取专用线缆穿线孔，穿线孔位置分别设置在迷道内外墙。操作室分开布置在两端，减小了相互的影响，辐照室的整体设计能达到良好的屏蔽防护效果，便于辐照交联工作的开展。

综上所述，项目布局较为合理。

**13.1.7辐射防护与安全措施**

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

建设单位拟对本项目工作场所进行分区管理，划分为控制区和监督区。控制区范围为辐照室（包括辐照厅及迷道）及出入口以内的区域、顶棚设备区，监督区范围为辐照室外的操作室、设备区检修楼梯及辐照室相邻区域。

本项目电子辐照加速器设备自带有多种固有安全性，由计算机控制系统管理，监控加速器的正常运行，实施安全联锁，并与束下装置联动配合。只有当联锁系统正常，真空度和设备温度达标的情况下，加速器才能正常启动。辐照室内外安装紧急停机按钮和急停拉线，设置门机联锁装置、灯机联锁装置、声光警示装置、视频监控系统，安装安全巡检按钮、强制开门按钮、光电开关、拉线开关，烟雾报警器等，在防护门外张贴电离辐射警告等标志，配备符合开展项目要求的个人防护用品及监测仪器设备。

**13.1.8环境影响分析**

（1）根据核算，辐射工作人员、公众成员的个人年有效剂量均符合剂量管理目标的要求（辐射工作人员<5mSv/a，公众成员<0.1mSv/a），满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的要求。

**续表13 结论及建议**

(2) 项目运行不产生放射性废水、放射性废气。

(3) 环境保护目标影响

根据预测，加速器辐照室按照设计建成后，辐照室屏蔽外 30cm 处周围剂量当量率均不大于 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。根据 X 射线随距离的增加而快速减弱的特性可知，周围距离更远的环境敏感点受到的辐射影响甚微。

(4) 废气影响

本项目加速器工作时会产生少量的臭氧和氮氧化物，辐照室设计有 U 型地下通风管道，工作期间应保证排气孔机械通风的正常运行，降低室内臭氧和氮氧化物浓度。此外，工作人员应在加速器停机后继续排风一段时间后（10min）方可进入辐照室。

(5) 废水影响

本项目不新增生活污水产生量，生活污水依托厂区设置的污水处理设施处理达标排入市政污水管网。束下喷淋冷却水产生量很小，污染物浓度极低，经收集后排入厂区污水管网，对周围环境影响很小。

(6) 噪声影响

本项目拟使用的风机为低噪声设备，噪声源强较小，经距离衰减后设备噪声对厂界噪声的贡献微小，对项目所在区域声环境影响轻微。

(7) 固废环境影响

本项目不新增生活垃圾产生量，工作人员生活垃圾计入厂区总生活垃圾产生量，交市政环卫部门统一收集处理，对周围环境影响很小。

#### **13.1.9 辐射与环境保护管理**

建设单位应按照相关要求建立辐射环境管理机构，制定相应的管理制度，保证辐射工作人员考核合格后上岗，定期复训；建立辐射工作人员健康档案、个人剂量档案、辐射环境监测档案等，并及时办理辐射安全许可证，在许可范围内从事辐射活动。在今后的工作中，建设单位还应加强核安全文化建设，提高辐射安全管理能力，杜绝辐射事故的发生。

#### **13.1.10 综合结论**

综上所述，本项目在严格按照环评要求进行建设后，电子加速器运行时对周围环境产生的辐射影响符合环境保护的要求；该项目对环境的辐射影响是可接受的。建设单位在落实了本环评提出的各项环境保护及污染防治措施的前提下，从环境保护的角度来看，本环评认为该建设项目是可行的。

## 附 录

### 附图

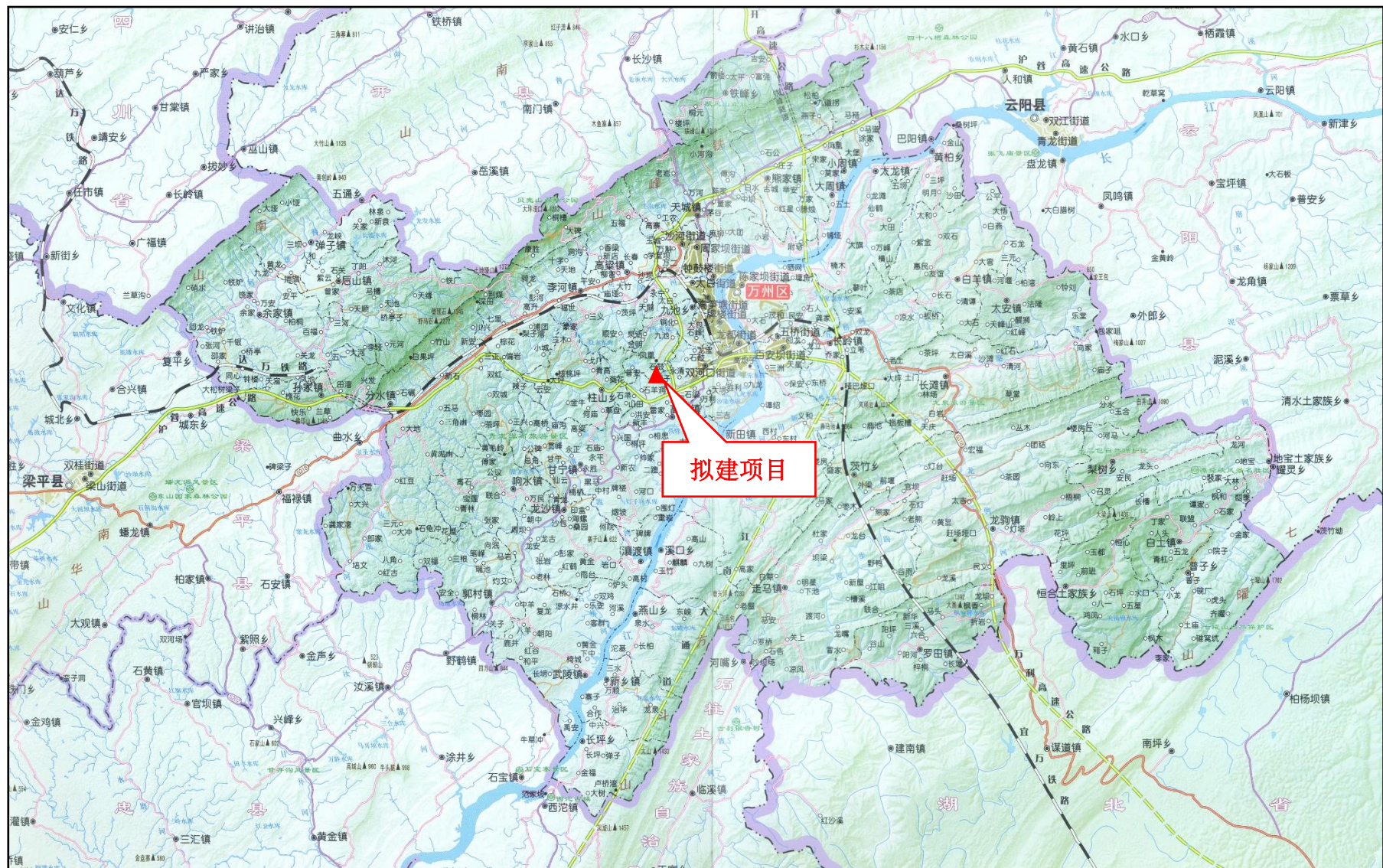
- 附图 1 项目地理位置图
- 附图 2 项目所在高峰园分区规划图及土地利用规划图
- 附图 3 项目周边四至环境示意图
- 附图 4 项目所在厂房平面布置及环境保护目标分布图
- 附图 5 辐照室平、剖面示意图
- 附图 6 设备自屏蔽结构示意图
- 附图 7 现场照片

### 支撑性材料

- 附件1 项目备案证
- 附件2 评价内容确认函
- 附件3 厂家电子加速器自屏蔽效能说明
- 附件4 主项目环评批复
- 附件5 监测报告
- 附件6 类比监测报告
- 附件7 重庆市万州区生态环境局关于重庆平湖金龙电工科技有限公司新建新能源特种线材及高端装备线缆项目情况的报告
- 附件8 计算附表

### 附表

- 建设项目环评审批基础信息表



附图1 拟建项目地理位置图