

编号：LBHJ-2025-DLHP029

核技术利用建设项目  
广州能辐科技有限公司  
使用电子加速器辐照装置项目  
环境影响报告表  
(送审版)

  
广州能辐科技有限公司 (盖章)  
2025年12月

核技术利用建设项目  
广州能辐科技有限公司  
使用电子加速器辐照装置项目  
环 境 影 响 报 告 表

建设单位名称：广州能辐科技有限公司

建设单位法人代表（签名或签章）：



通讯地址：广州市花都区汽车产业基地岭西路 3 号-1

邮政编码：510800 联 系 人：高维宏

电子邮箱：/ 联系电话：

## 编制单位和编制人员情况表

项目编号	2uj381		
建设项目名称	广州能辐科技有限公司使用电子加速器辐照装置项目		
建设项目类别	55--172核技术利用建设项目		
环境影响评价文件类型	报告表		
一、建设单位情况			
单位名称 (盖章)	广州能辐科技有限公司		
统一社会信用代码	91440114MAK2M7PM32		
法定代表人 (签章)	周红玲		
主要负责人 (签字)	高维宏		
直接负责的主管人员 (签字)	高维宏		
二、编制单位情况			
单位名称 (盖章)	广州乐邦环境科技有限公司		
统一社会信用代码	91440101MA5AUCEHX1		
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
裴瑶	03520250644000000004	BH002513	裴瑶
2. 主要编制人员			
姓名	主要编写内容	信用编号	签字
徐旭东	表1-表10	BH001148	徐旭东
王春波	表10-表12, 表13	BH002019	王春波

## 编制主持人职业资格证书



## 环境影响评价工程师

Environmental Impact Assessment Engineer

本证书由中华人民共和国人力资源和社会保障部、生态环境部批准颁发，表明持证人通过国家统一组织的考试，取得环境影响评价工程师职业资格。



姓 名: 裴瑶

证件号码: \_\_\_\_\_

性 别: 女

出生年月: 1988年10月

批准日期: 2025年06月15日

管 理 号: 03520250644000000004







广东省社会保险个人参保证明

该参保人在广州市参加社会保险情况如下：

姓名		裴瑶			证件号码		210103198810075726				
参保险种情况											
参保起止时间			单位			参保险种					
						养老	工伤	失业			
202411		-	202511		广州市:广州乐邦环境科技有限公司		13	13	13		
截止			2025-11-24 17:05			该参保人累计月数合计			实际缴费13个月, 缓缴0个月	实际缴费13个月, 缓缴0个月	实际缴费13个月, 缓缴0个月

备注:

本《参保证明》标注的“缓缴”是指:《转发人力资源社会保障部办公厅 国家税务总局办公厅关于特困行业阶段性实施缓缴企业社会保险费政策的通知》(粤人社规〔2022〕11号)、《广东省人力资源和社会保障厅 广东省发展和改革委员会 广东省财政厅 国家税务总局广东省税务局关于实施扩大阶段性缓缴社会保险费政策实施范围等政策的通知》(粤人社规〔2022〕15号)等文件实施范围内的企业申请缓缴三项社保费单位缴费部分。

网办业务专用章

证明机构名称(证明专用章)

证明时间

2025-11-24 17:05

## 建设单位责任声明

我单位广州能辐科技有限公司（统一社会信用代码 91440114MAK2M7PM32）  
郑重声明：

一、我单位对广州能辐科技有限公司使用电子加速器辐照装置项目环境影响报告表（项目编号：2uj381，以下简称“报告表”）承担主体责任，并对报告表内容和结论负责。

二、在本项目环评编制过程中，我单位如实提供了该项目相关基础资料，加强组织管理，掌握环评工作进展，并已详细阅读和审核过报告表，确认报告表提出的污染防治、生态保护与环境风险防范措施，充分知悉、认可其内容和结论。

三、本项目符合生态环境法律法规、相关法定规划及管理政策要求，我单位将严格按照报告表及其批复文件确定的内容和规模建设，并在建设和运营过程严格落实报告表及其批复文件提出的防治污染、防止生态破坏的措施，落实环境环保投入和资金来源，确保相关污染物排放符合相关标准和总量控制要求。

四、本项目将按照《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》有关规定，在项目建成后申请取得辐射安全许可证。

五、本项目建设将严格执行配套建设的环境保护设施与主体工程同时设计、同时施工、同时投产使用的环境保护“三同时”制度，并按规定接受生态环境部门日常监督检查。在正式投产前，我单位将对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，向社会公开验收结果。

建设单位（盖章）：广州能辐科技有限公司

法定代表人（签字/签章）：



2025年12月16日

## 编制单位责任声明

我单位广州乐邦环境科技有限公司（统一社会信用代码91440101MA5AUCEHX1）郑重声明：

一、我单位符合《建设项目环境影响报告书（表）编制监督管理办法》第九条第一款规定，无该条第三款所列情形，不属于该条第二款所列单位。

二、我单位受广州能辐科技有限公司的委托，主持编制了广州能辐科技有限公司使用电子加速器辐照装置项目环境影响评价报告表（项目编号：2uj381，以下简称“报告表”）。在编制过程中，坚持公正、科学、诚信的原则，遵守有关环境影响评价法律法规、标准和技术规范等规定。

三、在编制过程中，我单位建立和实施了覆盖本项目环境影响评价全过程的质量控制制度，落实了环境影响评价工作程序，并在现场踏勘、现状监测、数据资料收集、环境影响预测等环节以及环境影响报告表编制审核阶段形成了可追溯的质量管理机制。

四、我单位对报告表的内容和结论承担直接责任，并对报告表内容的真实性、客观性、全面性、规范性负责。

编制单位：广州乐邦环境科技有限公司

法定代表人（签字/签章）：

2025 年 12 月 16 日

## 目 录

表 1	项目基本情况 .....	1
表 2	放射源 .....	7
表 3	非密封放射性物质 .....	7
表 4	射线装置 .....	8
表 5	废弃物（重点是放射性废弃物） .....	9
表 6	评价依据 .....	10
表 7	保护目标与评价标准 .....	12
表 8	环境质量和辐射现状 .....	15
表 9	项目工程分析与源项 .....	21
表 10	辐射安全与防护 .....	31
表 11	环境影响分析 .....	55
表 12	辐射安全管理 .....	70
表 13	结论与建议 .....	79
附件 1	建设单位营业执照 .....	81
附件 2	租赁合同评价项目建设用地的工程规划许可证 .....	82
附件 3	环评委托书 .....	86
附件 4	检测报告 .....	87
附件 5	辐射安全管理领导小组成立文件 .....	93
附件 6	辐射安全管理制度 .....	95
附件 7	辐射事故应急预案 .....	116



表 1 项目基本情况

建设项目名称		广州能辐科技有限公司使用电子加速器辐照装置项目				
建设单位		广州能辐科技有限公司				
法人代表		周红玲	联系人	高维宏	联系电话	
注册地址		广州市花都区汽车产业基地岭西路 3 号-1				
项目地点		广州市花都区汽车产业基地岭西路 3 号-1				
立项审批部门		/		批准文号	/	
建设项目总投资(万元)		800	项目环保投资(万元)	80	投资比例(环保投资、总投资)	10.0%
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建 <input type="checkbox"/> 其它			占地面积(m²)	2257
应用类型	放射源	<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> I 类 <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> I 类(医疗使用) <input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类 <input type="checkbox"/> IV 类 <input type="checkbox"/> V 类			
	非密封放射性物质	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> 制备 PET 用放射性药物			
		<input type="checkbox"/> 销售	/			
		<input type="checkbox"/> 使用	<input type="checkbox"/> 乙 <input type="checkbox"/> 丙			
	射线装置	<input type="checkbox"/> 生产	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input type="checkbox"/> 销售	<input type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
		<input checked="" type="checkbox"/> 使用	<input checked="" type="checkbox"/> II 类 <input type="checkbox"/> III 类			
	其它	/				
	1.1 建设单位概况及项目建设概述					
1.1.1 建设单位概况						
<p>广州能辐科技有限公司（以下简称“建设单位”，营业执照见附件 1）成立于 2025 年 11 月，注册地位于广州市花都区汽车产业基地岭西路 3 号-1，是一家专注于辐射技术应用领域的科技型企业。建设单位主要从事电子加速器辐照消毒灭菌加工服务，服</p>						

务对象涵盖医疗用品、卫生材料、食品及包装材料等对消毒灭菌要求较高的产品，致力于为相关行业提供安全、高效、规范的辐照加工解决方案。

建设单位依托广州华大生物科技有限公司在相关领域积累的技术力量 and 实践经验，在辐照加工技术应用、工艺控制及质量管理等方面具备一定的技术支撑能力，为项目的稳定运行和规范管理提供了有力保障。同时，建设单位在此基础上逐步建立完善的企业管理体系和运行机制，具备开展辐照加工项目所需的技术支撑能力和运营管理基础。

本项目建设单位租用广州河西汽车内饰件有限公司厂区内一座已建成并加建的厂房作为建设场地（租赁合同及产权证附件 2），将该厂房整体规划为辐照车间，并在车间内部建设电子加速器辐照装置机房及配套辅助用房。项目建设地点位于广州河西汽车内饰件有限公司现有厂区范围内，属于典型的“厂中厂”建设形式。

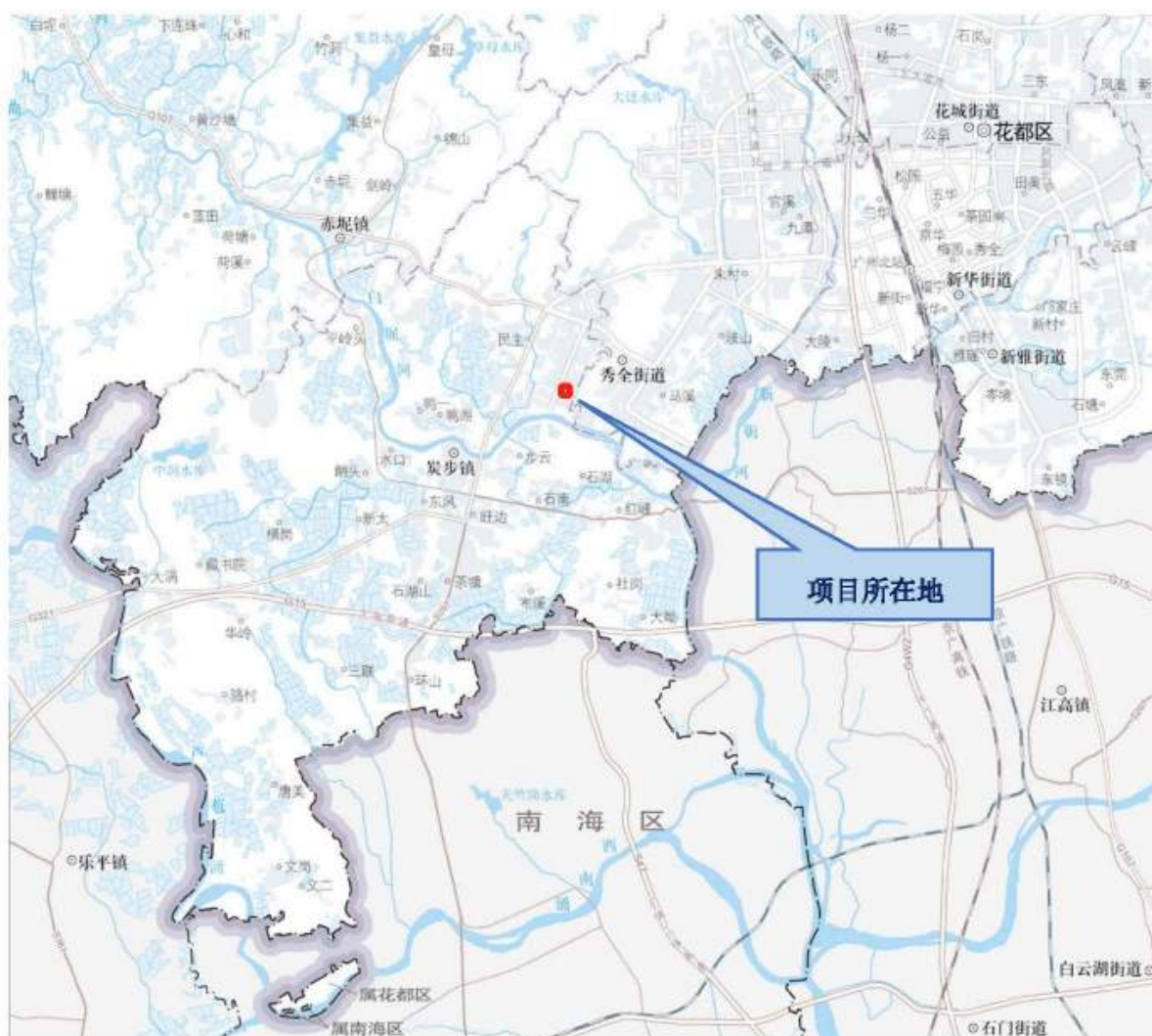


图1-1 项目地理位置图

项目建设地址位于广州市花都区汽车产业基地岭西路 3 号-1，厂区周边基础设

施条件较为完善，交通便利，能够满足辐照加工项目建设及运行的相关要求。项目地理位置详见图 1-1。本项目拟安装使用 1 套广东弘毅高能技术股份有限公司生产的综合辐照加工系统（一室双机），设备参数见表 1-1 所示。

**表1-1 拟安装射线装置基本技术参数**

名称	数量	型号	辐照使用束流	最大能量	最大束流强度	最大功率
综合辐照加工系统 (一室双机)	1 台	HYDZ102 0-B×2	电子束	10 MeV	2mA×2	20kW×2

## 1.2 目的和任务

为加强核技术应用项目的辐射环境管理，防止辐射污染和意外事故的发生，确保其使用过程不对周围环境和工作人员及公众产生不良影响，根据《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国环境影响评价法》《中华人民共和国放射性污染防治法》和《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》等相关法律法规要求，建设单位需对该项目组织进行环境影响评价。

根据《关于发布<射线装置分类>的公告》（环境保护部、国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号）对射线装置的分类，建设单位拟使用的综合辐照加工系统属于工业辐照用加速器，归属 II 类射线装置类别，根据《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号 2021 年 1 月 1 日施行），对建设项目环评的分类管理要求，使用 II 类射线装置应编制环境影响报告表。

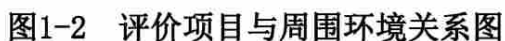
为此，建设单位委托广州乐邦环境科技有限公司对该项目开展环境影响评价工作（委托书详见附件 3）。广州乐邦环境科技有限公司接受委托后，通过现场勘察、收集资料并结合现场监测等工作的基础上，结合本项目的特点，按照国家有关技术规范要求，编制了该项目环境影响报告表。

本环境影响评价报告的任务如下：

- ①调查评价项目拟建场址的环境状况，进行建设项目选址合理性分析；
- ②对拟建场址及其评价范围内周边进行辐射环境质量现状监测，以掌握场所及周围的环境质量现状水平；
- ③对该评价项目施工期和运行期的环境影响进行分析、预测和评估；
- ④分析项目污染防治措施，确定辐射影响降低到可合理达到的尽可能低水平；
- ⑤分析项目可满足国家和地方环境保护部门对建设项目环境管理规定和要求，为项目的环境管理提供科学依据。



评价项目位于广州市花都区汽车产业基地岭西路3号-1，建设单位租用广州河西汽车内饰件有限公司厂区内一座已建成并加建的厂房作为建设场地。该厂房位于广州河西汽车内饰件有限公司厂区东部区域，项目所在位置及周边环境分布情况详见图1-2。根据建设单位提供的土地产权证（见附件2），项目所在地块用地性质为工业用地，符合国土空间规划及用途管制要求。



项目周边环境以工业企业及厂区内配套设施为主。评价项目东北侧约 30 m 为厂区停车场, 东南侧约 37 m 为厂区围墙, 围墙外为岭西路及人行道; 项目东侧约 32 m 为



厂区门卫值班室，南侧约 20m 为厂区食堂；西南侧约 18 m 及西北侧约 50 m 范围内均为生产车间。除上述区域外，评价范围内其余区域主要为厂区内部道路及绿化用地。

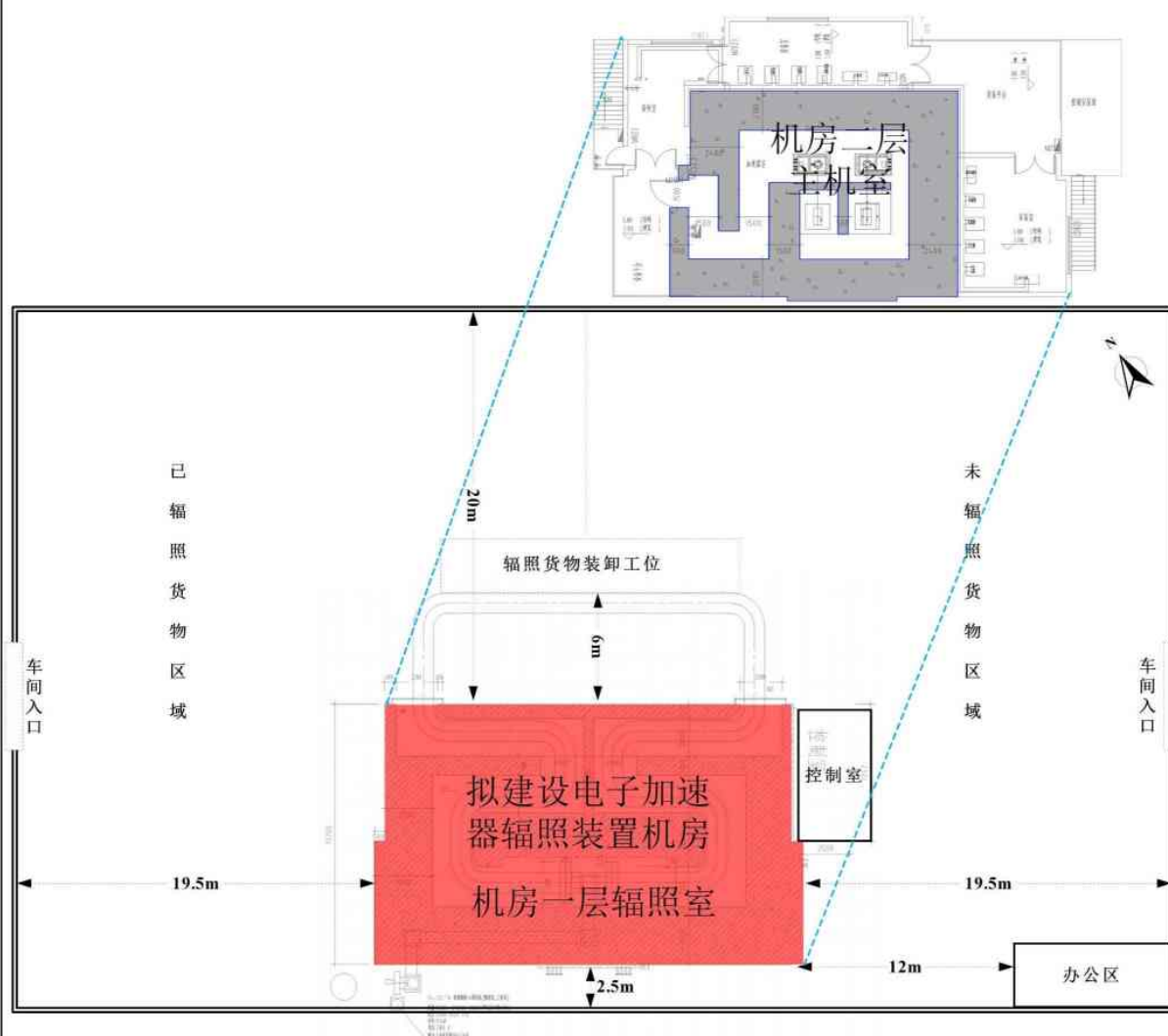


图1-3 评价项目四至图

项目四至关系如图 1-3 所示。拟建设的电子加速器辐照装置机房为两层结构，其中一层为辐照室，二层为主机室。辐照室东北侧约 6 m 处为辐照货物装卸工位，约 20 m 处为厂房边界；东南侧紧邻控制室及通道，约 12 m 处为办公区，约 19.5 m 处为厂房边界；西南侧紧邻厂房内通道，约 2.5 m 处为厂房边界；西北侧紧邻厂房内通道，约 19.5 m 处为厂房边界。主机室除西南侧外，其余各侧均紧邻电子加速器辐照装置附属设施及设备间，西南侧外为悬空结构。

根据《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)对核技术利用建设项目环境影响报告书的评价范围和保护目标的相关规定，确定本项目为射线装置周边 50m 范围，根据图 1-2 和图 1-3 确定评价项目保

护目标为控制室，设备间，辐照货物装卸工位，办公区及厂区内通道和货物存放区域，厂区停车场，门卫值班室，厂区食堂，生产车间及厂区内外道路。

#### **1.4 选址情况分析**

本项目选址位于广州市花都区汽车产业基地岭西路 3 号-1，依托广州河西汽车内饰件有限公司现有工业厂区实施建设，属于“厂中厂”建设形式。

根据建设单位提供的土地产权证明文件，项目所在地用地性质为工业用地，符合国土空间规划及用途管制要求。项目建设不涉及生态保护红线、自然保护区、饮用水水源保护区等环境敏感区，选址在规划工业园区内，符合相关规划要求。

项目周边以工业企业及厂区内配套设施为主，评价范围内无居民住宅、学校、医院等敏感目标。辐照装置机房布置于厂房内部，周边主要为生产车间、办公区及厂区道路等，与辐射类工业项目的建设条件相适应，环境相容性较好。

拟建电子加速器辐照装置机房位于厂房内部，空间相对独立，周边可通过实体屏蔽结构、距离衰减及管理措施有效控制辐射影响。评价范围内主要保护目标为厂区内部工作人员及通行人员，均可通过合理的布局、防护设计和管理制度进行有效防护，满足辐射防护与安全要求。

项目所在地交通便利，水、电等基础设施条件完善，可依托现有厂区公用工程条件实施建设，减少新增土地占用，有利于降低项目建设和运行对周边环境的影响。

综合分析，评价项目选址符合国土空间规划和工业用地要求，周边环境条件满足辐射类建设项目的选址要求，在采取相应辐射防护和安全管理措施后，从环境保护和辐射安全角度分析，本项目选址合理可行。

#### **1.5 建设单位已有核技术应用项目许可情况**

本项目为建设单位首次开展核技术项目。

表 2 放射源

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

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

表 3 非密封放射性物质

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

注：1.日等效最大操作和操作方式见《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）

表 4 射线装置

（一）加速器：包括医用、工农业、科研、教学等用途的各种类型加速器

序号	名称	类别	数量	型号	加速 粒子	最大能量 (MeV)	额定电流 (mA) / 剂量率 (Gy/h)	用途	工作场所	备注
1	综合辐照加工系 统（一室双机）	II类	1台	HYDZ1020-B×2	电子	10	2mA×2	消毒灭菌 辐照加工	电子加速器辐 照装置机房	/

（二）x射线机，包括工业探伤、医用诊断和治疗、分析等用途

序号	名称	类别	数 量	型号	最大管电压 (kV)	最大管电流 (mA)	用途	工作场所	备注
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

（三）中子发生器，包括中子管，但不包括放射性中子源

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



**表 5 废弃物（重点是放射性废弃物）**

名称	状 态	核素 名称	活度	月排 放量	年排放 总量	排放口 浓度	暂存情况	最终去向
臭氧和氮氧化物	气态	—	—	—	—	33.5mg/m <sup>3</sup>	—	经排气筒排放大气环境

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.含有放射性的废弃物要注明,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**

<p><b>法规文件</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>(1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日施行）</li> <li>(2) 《中华人民共和国环境影响评价法》（2003 年 9 月 1 日起施行，2018 年 12 月 29 日第二次修订）</li> <li>(3) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日施行）</li> <li>(4) 《建设项目环境保护管理条例》（2017 年 7 月根据国务院第 682 号令修订，2017 年 10 月 1 日施行）</li> <li>(5) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（根据 2021 年 1 月 4 日部令第 20 号《关于废止、修改部分生态环境规章和规范性文件的决定》第四次修正）</li> <li>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》（2019 年 03 月 02 日根据《国务院关于修改部分行政法规的决定》第二次修正）</li> <li>(7) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部令 18 号 2011 年 5 月 1 日施行）</li> <li>(8) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（环境保护部 国环规环评[2017]4 号，2017 年 11 月 20 日施行）</li> <li>(9) 《关于发布射线装置分类的公告》（环境保护部 国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号，2017 年 12 月 5 日）</li> <li>(10) 《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021 年版）》（生态环境部令第 16 号 2021 年 1 月 1 日施行）</li> <li>(11) 《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告 2019 年第 57 号，2020 年 1 月 1 日施行）</li> </ul>
--------------------	--

<p><b>技术标准</b></p>	<p>(1) 《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目 环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016, 2016 年 4 月 1 日实施)</p> <p>(2) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002, 2003 年 4 月 1 日实施)</p> <p>(3) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018, 2019 年 3 月 1 日实施)</p> <p>(4) 《粒子加速器辐射防护规定》(GB5172-85, 1986 年 1 月 1 日实施); 参考《粒子加速器辐射安全与防护规定》(GB5172-2025, 2026 年 5 月 1 日实施)</p> <p>(5) 《<math>\gamma</math>射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ141-2002, 2002 年 6 月 1 日实施)</p> <p>(6) 《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分: 化学有害因素》(GBZ2.1-2019, 2020 年 4 月 1 日实施)</p> <p>(7) 《辐射环境监测技术规范》(HJ61-2021, 2021 年 05 月 01 实施)</p> <p>(8) 《环境 <math>\gamma</math> 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021, 2021 年 05 月 01 实施)</p> <p>(9) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB8999-2021, 2021 年 8 月 1 日实施)</p> <p>(10) 《职业性外照射个人监测规范》(GBZ128-2019, 2020 年 4 月 1 日实施)</p> <p>(11) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》(HJ1326-2023, 2024 年 2 月 1 日实施)</p>
<p><b>其他</b></p>	<p>(1) 《中国环境天然放射性水平》(原子能出版社 1995 年)</p> <p>(2) 《兆伏级 X、<math>\gamma</math> 射线放疗设施屏蔽设计和评价》(NCRP Report No. 151, 2006)</p> <p>(3) 《辐射防护导论》(原子能出版社, 方杰等)</p> <p>(4) 加速器设计文件</p> <p>(5) 建设单位提供的项目有关设计资料</p>

表 7 保护目标与评价标准

### 7.1 评价范围

评价项目是在固定的有实体边界的辐射工作场所内使用射线装置,该具有实体边界的机房为具有屏蔽作用的主体工程。参照《辐射环境保护管理导则 核技术利用建设项目环境影响评价文件的内容和格式》(HJ 10.1-2016)对核技术利用建设项目环境影响评价报告书的评价范围和保护目标的相关规定,以评价项目机房(实体屏蔽物)边界外 50m 的范围作为本评价项目的评价范围。具体评价范围详见图 7-1,图中绿色虚线表示评价项目四周边界外 50m 范围。从图中可看出,该项目评价范围除东面一小部分为厂区外的人行道和岭西路,其余大部分都在河西汽车内饰公司厂区。

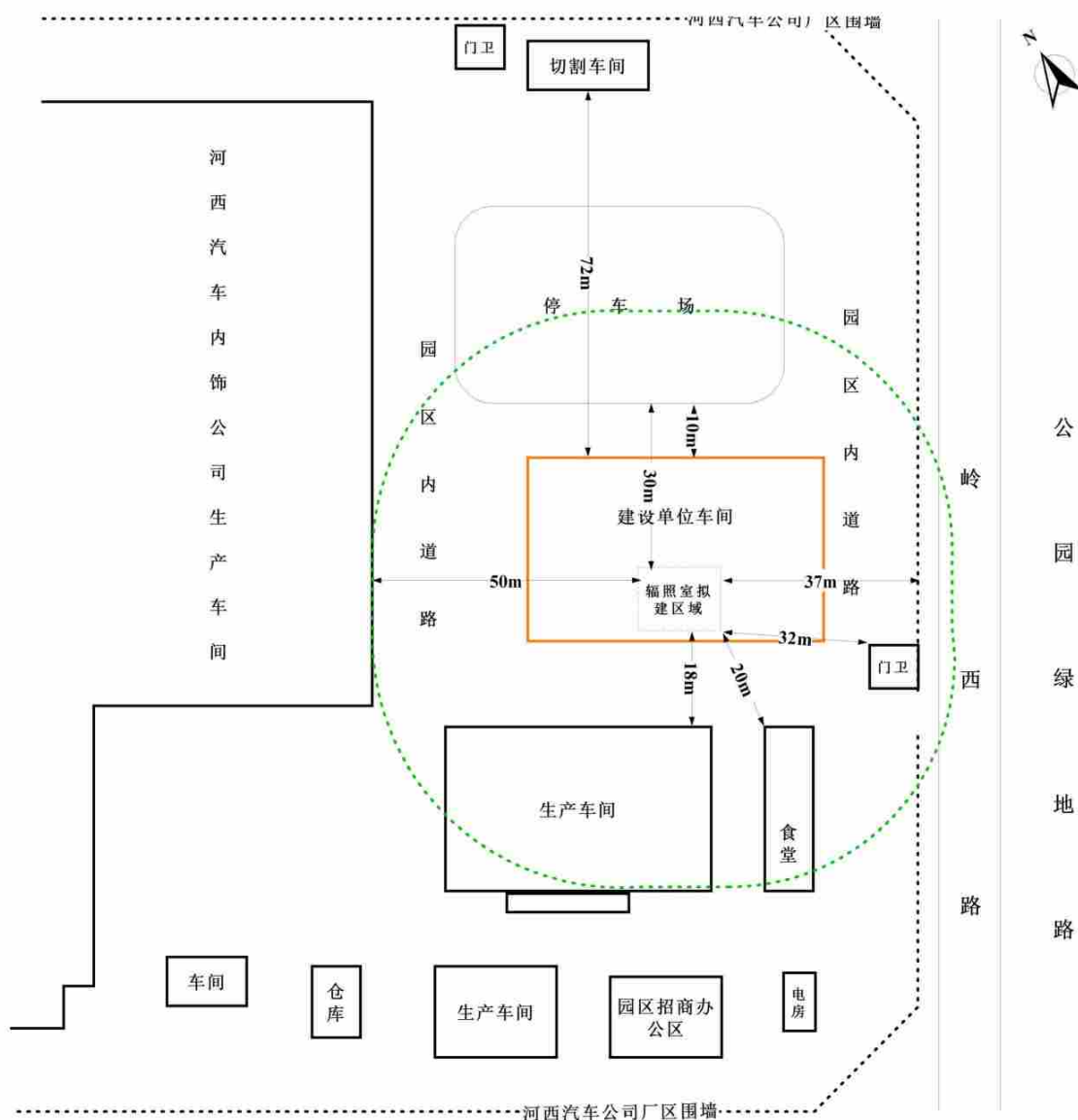


图 7-1 评价范围(车间外部)示意图



## 7.2 保护目标

结合评价项目的评价范围，确定评价项目保护目标是评价项目周围（50m 范围内）环境中活动人员。选取评价项目 50m 范围内有人员居留位置环境保护目标进行重点分析。评价项目 50m 范围内的环境保护目标分布情况见表 7-1。

表 7-1 评价项目评价范围内保护目标关系

	关注点性质	与评价项目 关系	影响人口	剂量约 束值
1	建设单位办公区	东南面 12m	5 人，公众，全居留	0.1mSv/a
2	辐照产品装卸货工位	东北面 6m	6 人，公众，全居留	
3	辐照车间（已辐照货物暂存区、待辐射货物暂存区）	>1m		
4	厂房内通道	紧邻	人数不定，公众，偶然居留	
5	门卫	东南面 32m	1 人，公众，全居留	
6	厂区食堂	南面 20m	20 人，公众，部分居留	
7	西南面生产车间	西南面 18m	10 人，公众，全居留	
8	西北面生产车间	西南面 50m	2 人（评价范围内），公众，全居留	
9	东北面停车场	东北面 30m	人数不定，公众，偶然居留	
10	厂区内道路	各面 2.5m-50m	人数不定，公众，偶然居留	
11	东南面厂外公路及人行道	东南面 37m	人数不定，公众，偶然居留	
12	控制室	东面相邻	2 人，辐射工作人员，全居留	5mSv/a
13	设备间、备件室、设备平台	主机室相邻		

## 7.3 评价标准

### 7.3.1 剂量约束值

《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）第 4.3.2.1 款，应对个人受到的正常照射加以限制，以保证除该标准 6.2.2 规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录 B（标准的附录 B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。

根据其附录 B 第 B1.1.1.1 款：工作人员的职业照射水平不超过“由审管部门决定的连续 5 年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv”；根据第

B1.2.1 款：实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过“年有效剂量，1mSv”的限值。

《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中给出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) 辐射工作人员年有效剂量为 5mSv；b) 公众成员年有效剂量为 0.1mSv。

所以本评价项目取辐射工作人员年有效约束值为 5mSv，公众成员年有效剂量约束值为 0.1mSv。

### **7.3.2 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）**

电子加速器辐照装置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。

### **7.3.3 工作场所臭氧的控制水平**

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）要求，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。根据《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）规定工作场所空气中臭氧容许浓度为  $0.3\text{mg/m}^3$ 。确定本评价项目加速器停机后，工作人员进入辐照室时，辐照室内的臭氧浓度不应大于  $0.30\text{mg/m}^3$ 。

表 8 环境质量和辐射现状

### 8.1 项目地理和场所位置

评价项目位于广州市花都区汽车产业基地岭西路 3 号-1，建设单位租用广州河西汽车内饰件有限公司的一座加建厂房作为建设场地，目前该厂房处于空置代建状态。评价项目四周环境为广州河西汽车内饰件有限公司厂区内的食堂、门卫、生产车间、道路、绿地，以及工业园区道路等，评价项目及周边环境情况如图 8-1 所示。



评价项目所在车间（外部）



评价项目所在车间（内部）



东北面绿地和停车场



厂区内道路和西南面车间（外部）



东南面门卫



南面食堂



西南面生产车间（内部）



西北面生产车间（外部）

图 8-1 拟建项目周边现状

## 8.2 环境现状评价对象、监测因子

为调查本次评价项目的及周围环境辐射水平现状，对拟建区域及周围环境进行环境 $\gamma$ 辐射剂量率水平监测。现场监测情况见表 8-1 所示。

表 8-1 现场监测情况一览表

检测因子		环境 $\gamma$ 辐射剂量率		
检测仪器	仪器名称	辐射剂量率检测仪（6150AD-5/h+b/H）		
	仪器编号	171412(主机)+176695（探头）		
	测量范围	1nSv/h~99.9 $\mu$ Sv/h		
	能量范围	38keV~7MeV		
	检定单位	广东省辐射剂量计量检定站		
	证书编号	GRD(1)20250228		
	检定日期	2025 年 8 月 5 日（有效期至：2026 年 8 月 4 日）		
检测方法		HJ1157-2021《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》		
现场检测时间		2025 年 12 月 4 日		
检测时环境状况		天气：晴	温度：24℃	相对湿度：44.4%

## 8.3 监测点位

评价项目拟建于车间中部靠南，目前车间内部为空置厂房，为调查车间内部的辐射环境背景水平，对车间内部进行网格布设测量点。对于车间外部的环境，则选择在评价范围内的各个环境保护目标进行布设测量点。参照 HJ1157-2021《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》和《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中相关要求开展环境 $\gamma$ 辐射剂量率现场监测。布点图见图 8-2。



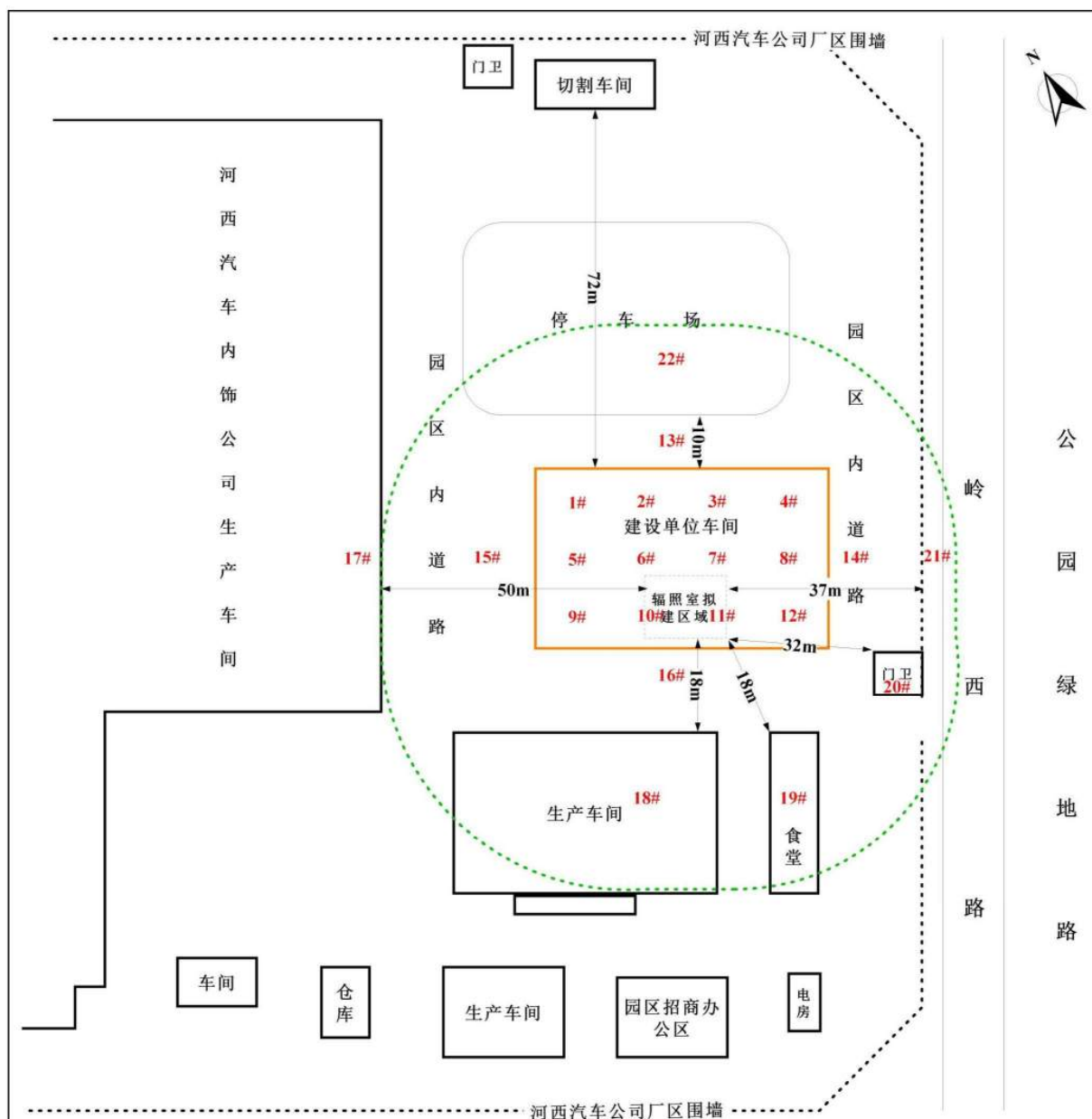


图 8-2 现场检测布点

## 8.4 监测方案

### (1) 测量项目概述

项目名称：广州能辐科技有限公司电子加速器辐照项目；

建设地点：广州市花都区汽车产业基地岭西路 3 号-1；

测量位置：加速器辐照室拟建场址及周边环境；

测量目的：获得环境  $\gamma$  辐射天然本底和人为活动所引起环境  $\gamma$  辐射水平变化的资料；

辐射源类型：陆地  $\gamma$  辐射；

监测因子：环境  $\gamma$  辐射剂量率。

## (2) 测量要求

测量频次：1 次。

使用仪器：X- $\gamma$  辐射剂量率仪（6150AD-5/h+b/H）。

测量方法：即时测量。

测量程序：a) 开机预热；

b) 手持仪器，保持仪器探头中心距离地面（基础面）为 1m；

c) 仪器读数稳定后，以约 10s 时间间隔读取数据，总共读取 10 个数据，记录在测量原始记录表中。

## (3) 数据处理

按照《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021）中的方法对测量数据进行宇宙射线响应值扣除和数据处理，详见公式 8-1。

$$\dot{D}_\gamma = C_f (E_f \dot{X} - u_c \dot{X}_c) \quad (8-1)$$

其中， $\dot{D}_\gamma$ ——测点处环境  $\gamma$  辐射空气吸收剂量率值，Gy/h；

$C_f$ ——仪器检定/校准因子，0.85；

$k_2$ ——仪器检验源效率因子，1；

$\dot{X}$ ——仪器测量读数值均值，仪器读数为周围剂量当量，根据 HJ1157 中给出的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数参照 JJG 393，采用  $^{137}\text{Cs}$  作为校准参考辐射源时，换算系数取 1.20 Sv/Gy 进行转换；

$u_c$ ——建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，本项目中均按照室外道路取 1，平房取 0.9；

$\dot{X}_c$ ——测点处宇宙射线响应值，检测仪器宇宙射线响应值为 38nGy/h，该值已根据 HJ1157 中给出的空气比释动能和周围剂量当量的换算系数 1.20 Sv/Gy 进行转换，未使用仪器检定/校准因子进行修订。检测位置为河源万绿湖（东经 114°34'42"，北纬 23°47'23"），本项目检测位置与万绿湖还把高度差 < 200m，经度差 < 5°，纬度差 < 2°，根据《辐射环境监测技术规范》（HJ61-2021），可不进行宇宙射线修正。

## 8.5 质量保证

根据《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）和《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）中有关辐射环境监测质量保证一般程序和监测机构的质量体系文件（包括质量手册、程序文件、作业指导书）实行全过程质量控制，保证此次监

测结果科学、有效。辐射环境监测质量保证主要内容有：

- 1) 监测机构通过了计量认证；
- 2) 监测前制定了详细的监测方案及实施细则；
- 3) 合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性；
- 4) 监测工作在气候条件良好的条件下开展；

5) 监测所用仪器已通过计量部门校准、检定合格，且在校准、检定有效使用期内使用。监测仪器与所测对象在频率、量程、响应时间等方面相符合，以保证获得准确的测量结果。测量实行全过程质量控制，严格按照《质量手册》和《程序文件》及仪器作业指导书的有关规定执行；

6) 监测人员均参加过相关的电离辐射监测培训，均持证上岗；

7) 已制定《期间核查程序》，对检测设备开展期间核查；

8) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常；

9) 现场监测严格按照规定的监测点位、方法、记录内容等进行，按照科学方法处理异常数据和监测数据；

10) 建立完整的文件资料。仪器校准说明书、监测方案、监测布点图、测量原始数据、统计处理程序等全部保留，以备复查；

11) 监测报告严格实行三级审核制度，经过校对、审核，签发。

## 8.6 检测结果

现场监测结果见表 8-2，监测报告见附件 4。

表 8-2 评价项目拟使用区域及其周边环境辐射剂量率检测结果

测点编号	测量位置	检测结果 (nGy/h)		地面 介质
		测量值	标准差	
1	厂区车间内	113	2	水泥
2	厂区车间内	109	2	水泥
3	厂区车间内	106	2	水泥
4	厂区车间内	102	2	水泥
5	厂区车间内	120	3	水泥
6	厂区车间内	114	3	水泥
7	厂区车间内	119	2	水泥
8	厂区车间内	130	2	水泥
9	厂区车间内	130	3	水泥
10	厂区车间内	128	1	水泥
11	厂区车间内	115	2	水泥
12	厂区车间内	119	3	水泥

13	厂区面内道路	65	2	水泥
14	厂区面内道路	126	1	水泥
15	厂区面内道路	116	3	水泥
16	厂区面内道路	109	3	水泥
17	河西汽车内饰公司生产车间	120	3	水泥
18	生产车间	108	1	水泥
19	员工食堂	156	2	水泥
20	门卫室	141	3	瓷砖
21	厂区外人行道	96	1	透水砖
22	停车场	85	2	水泥

注：1、检测时仪器中心垂直向下，距离地面约 1m 高，每个测量点测量 10 个读数，以上数据均已扣除仪器对宇宙射线的响应；

2、所有检测值均进行了空气比释动能率和周围剂量当量的换算，换算系数采用  $^{137}\text{Cs}$  作为检定参考辐射源的换算系数 1.20Sv/Gy；

3、仪器校准因子：0.85；

4、检测数据已根据 HJ61-2021 进行修正，建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子，换算系数取值如下：平房 0.9，室外道路 1。

## 8.7 检测结果评价

现场检测共布设了 22 个点位，根据检测结果，评价项目拟建位置及周边环境室内  $\gamma$  辐射天然本底检测结果为 102nGy/h~156nGy/h，室外环境  $\gamma$  辐射天然本底检测结果为 65nGy/h~126nGy/h。

本项目对照《中国环境天然放射性水平》（原子能出版社）中的调查研究结果：广州地区室内  $\gamma$  辐射剂量率调查范围为 104.6nGy/h~264.1nGy/h，道路  $\gamma$  辐射剂量率调查范围为 52.5nGy/h~165.7nGy/h。可知，评价项目周边  $\gamma$  辐射剂量率与《中国环境天然放射性水平》中广州地区的  $\gamma$  辐射剂量率调查水平相当，具体分析结果见表 8-3。

表 8-3 现场监测结果对照分析

序号	测量点类型	环境性质	测量值 (nGy/h)	对照调查水平 (nGy/h)
1	评价项目所在车间	室内	102~130	104.6~264.1
2	评价范围内人员固定工作（生活）室内场所	室内	108~156	
3	评价项目所在车间相邻厂区道路	道路	65~126	52.5~165.7
4	评价范围内其他人员部分居留室外场所	道路	85~96	

**表 9 项目工程分析与源项**

### **9.1 工作原理和设备组成**

本项目使用电子加速器辐照装置进行辐照加工。辐射加工是指将电子加速器产生的电子线能量转移给被辐照物质，电离辐射作用到被辐照的物质上，产生电离和激发，释放出轨道电子，形成自由基，通过控制辐射条件，而使被辐照物质的物理性能和化学组成发生变化并能使其成为人们所需要的一种新的物质，或使生物体（微生物等）受到不可恢复的损失和破坏，达到人们所需要的目标。

建设单位拟使用的电子加速器辐照装置工作原理可概括为：脉冲调制器将市电转变成高压脉冲，并提供给速调管，速调管在微波激励源激励下产生微波脉冲，该微波功率经过波导、四端环流器以及波导窗馈入到加速管中，建立加速电场。脉冲变压器枪压抽头同时给加速管的电子枪提供高压，将电子从电子枪的阴极上拉出来，进入加速管的加速腔中，电子与加速腔中的轴向电场相互作用，并从其中吸收能量，使电子的能量得到提高。电子经过漂移管进入扫描盒，在扫描磁场作用下形成扇形束。

电子加速器辐照装置主要包括：电子枪、加速结构、导向聚焦系统、束流输运系统和高频功率源五个基本部分。电子枪是加速器的电子源，它产生一定能量、流强和形状要求的电子束，并进入加速管进行加速。加速管是电子在其中成束并被加速的部件。它需要在高真空环境中稳定可靠地建立一个均匀的高梯度直流加速电场。加速管为加速器里最脆弱的环节，是各类高压型加速器提高电压的主要限制。导向聚焦系统用一定的电磁场引导和约束被加速的粒子束，使它沿着一定的轨道加速。束流输运系统由聚焦线圈和束流输出系统两部分组成。聚焦线圈用来克服加速管中径向电场和空间电荷的散焦力以得到良好的束流特性。输出系统包括输出导向、束流感应圈及漂移管，输出导向用于引导加速后的电子准确地进入束流测量感应圈和扫描系统，束流感应圈用来检测加速器输出脉冲束流。

评价项目使用的 HYDZ1020B×2 型综合辐照加工系统是由 2 台 HYDZ1020B 型电子加速器，1 套传输设备、1 套安全设施（含安全联锁）和 1 套控制系统等组成，用来实现辐射加工工艺的辐照装置。综合辐照加工系统中 2 台电子加速器共用 1 套



传输设备、1 套安全设施（含安全联锁）和 1 套控制系统。其设备组成结构见图 9-1。

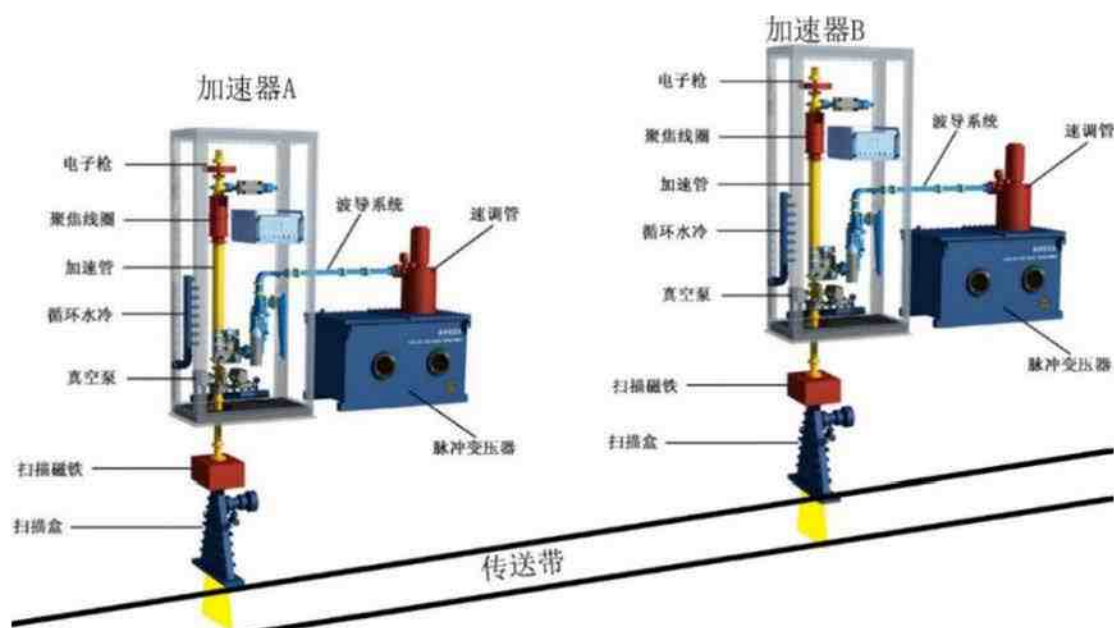


图 9-1 综合辐照加工系统组成示意图

综合辐照加工系统的主控电脑上，主界面仅有一个出束按钮，控制整个系统（同时控制加速器 A 和加速器 B）。综合辐照系统主控电脑调试器操作界面中设置加速器 A 和加速器 B 的禁用开关，可通过禁用开关控制加速器 A 或加速器 B 禁用，通过该禁用开关实现两加速器同步出束或单独出束。

评价项目的电子加速器主体部设在二层的加速主机室中，导向聚焦系统将粒子引出到首层的辐照室。一道环绕辐照室的传送带（托盘式）可将货物由辐照室外，运送到辐照室内进行辐照加工，接受辐照的物品通过自动传送系统从入口经迷道进入辐照室，到达导向聚焦系统正下方的电子束有用线束范围内进行辐照，之后又经过迷道从辐照室的出口离开辐照室，加速器辐照室整体为钢筋混凝土结构，传送系统主要材质为钢。

### 9.1.1 设备结构

综合辐照系统由加速器 A，加速器 B，主控系统，安全联锁和传送系统组成。加速器 A 和加速器 B 分别包括电子枪、束流传输系统，高频功率源和水冷系统等附属结构。加速器 A 和加速器 B 在同一机房内安装，组成一个综合系统，其主控和安全联锁共用。综合辐照加工系统组成如图 9-1 所示。

综合辐照加工系统与普通电子加速器辐照装置相比，在功能上提供更多样化的工作方式，综合辐照加工系统可单系统工作（禁用一套加速器），也可双系统工作，满足不同辐照加工场景需要。两加速器照射方向均为向下。综合辐照加工系统主要技术参数见表 9-1 所示。

**表 9-1 综合辐照加工系统主要技术参数**

序号	项目	参数
1	设备型号 HYDZ1020-B×2	设备型号 HYDZ1020-B×2
2	加速器束斑	3mm
3	速调管输入功率（脉冲）	5MW
4	速调管输入功率（平均）	45kW
5	微波频率	2856MHz
6	重复频率	5-650pps 可调
7	脉冲宽度	15μs
8	加速器能量	10MeV
9	加速器平均束流	2.0mA×2
10	加速器平均功率	20kW×2
11	束流能散	±5%
12	扫描宽度	700mm（钛窗下 500mm 处）
13	传输线速度	10-200mm/s 可调

综合辐照加工系统际上是将两台加速器安装在同一机房内，并通过主控柜逻辑控制，使得两台加速器组成了一个综合系统。两台加速器并联工作，但是为了保障设备的安全，分别在加速器 A 和加速器 B 前端增加检测另外一个加速器状态的开关，使得两加速器互锁。

综合辐照加工系统与电子加速器辐照装置在硬件上的区别如下：

①核心部件数量不同：综合辐照加工系统中有两套完全相同的加速器，每套加速器均配备相应的加速管，调制器系统，微波系统（波导），组成两套加速结构；②综合辐照加工系统有两个粒子引出窗，出束方向均朝向下；

③功率不同：因综合辐照加工系统中有两套加速器，使得整个综合系统的功率为对等的电子加速器辐照装置的一倍；

综合辐照加工系统与普通电子加速器辐照装置也有很多相同点，主要为在以下几个方面：

①工作原理相同：均是通过加速电子达到预设能量进行辐照加工；

②束流一致：综合辐照加工系统的功率与对等的电子加速器辐照装置的一倍，但是单台加速器的束流与对等的电子加速器辐照装置一致；

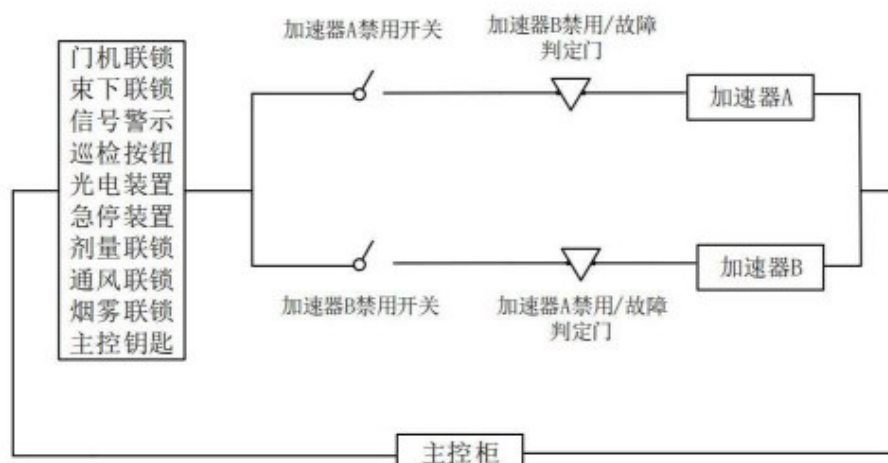
③安全联锁位于干路，控制整个系统：综合辐照加工系统的安全联锁与电子加速器辐照装置一样，均位于整个电路的干路，一旦安全联锁出现故障，整个系统将无法正常出束。

### 9.1.2 综合辐照加工系统设备运行逻辑

综合辐照系统在运行过程中，可根据高压加载情况划分为四个状态：

- 1) 高压禁止：加速器不具备加载高压的条件；
- 2) 设备禁用；
- 3) 高压允许：加速器具备加载高压条件，但是需要人员给出加载高压的指令，才可加载高压；
- 4) 加载高压：人员给出指令，加速器加载高压，开始出束。

建设单位生产的综合辐照加工系统包括两套加速器，两加速器加载高压出束控制在同一控制台，同一控制终端和同一控制按钮，在运行逻辑上为并联，并对各加速器设置禁用开关，设备运行逻辑见图 9-2。



图中加速器 A 禁用/故障判定门为判定该加速器 A 状态的逻辑门，其主要功能是判定 A 是否禁用和是否故障。当安全联锁正常，加速器 A 未禁用且故障时，此逻辑门断开，加速器 B 无法高压允许。

**图 9-2 综合辐照加工系统运行原理图**

在各安全联锁和辅助系统运行正常情况下，加速器 A 和加速器 B 存在以下运行方式：

①加速器 A 和加速器 B 均未禁用：加速器 A 和 B 同时无故障，在各安全联锁和辅助系统运行正常情况下，均可进入高压允许状态，下达加载高压指令后，同时加载高压，出束。任一加速器故障，两台加速器均无法进入高压允许；



②加速器 A 启用，加速器 B 禁用：加速器 B 的是否故障将不会影响加速器 A 高压允许，下达出束指令后，仅加速器 A 单独出束；

③加速器 B 启用，加速器 A 禁用：加速器 A 的是否故障将不会影响加速器 B 高压允许，下达出束指令后，仅加速器 B 单独出束；

④加速器 A 和加速器 B 同时禁用。

根据图 9-2 和图 9-3 可知，综合辐照加工系统的运行逻辑如下：1) 安全联锁位于干路，当安全联锁断开或出现故障时，加速器无法运行；2) 两台加速器运行过程中有逻辑互锁，当一台出现故障但未禁用时，两台加速器均无法进入高压允许，需通过禁用开关禁用故障加速器，另外一台加速器才可正常运行。

根据综合辐照加工系统运行逻辑，加速器能否进入高压允许状态，主要取决于：1) 安全联锁是否正常工作；2) 加速器是否被禁用；3) 未禁用的加速器各分系统是否正常工作。

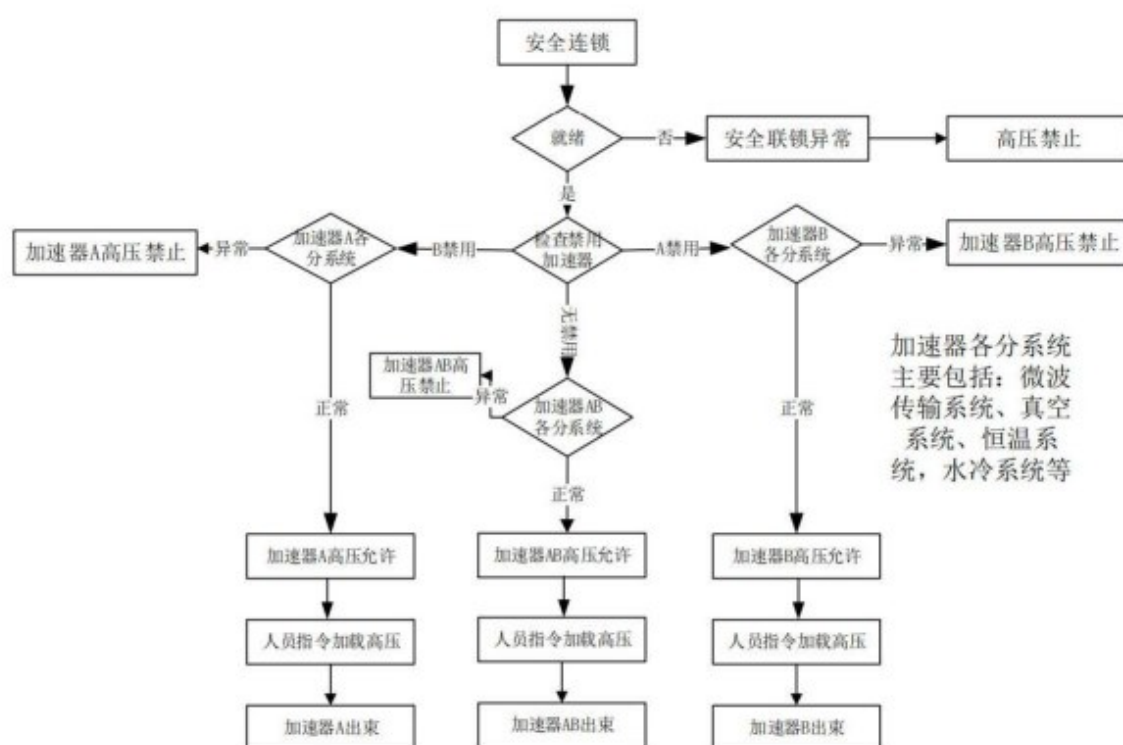


图 9-4 综合辐照加工系统运行逻辑图

加速器进入到高压允许状态后，人员可下达加载高压指令，未被禁用的加速器即可出束。设备运行过程中，如安全联锁被破坏或各分系统异常，则高压允许状态会被终止，高压被切断，出束的加速器将停止出束，并进入高压禁止状态。

设备运行过程中，无论是单加速器出束，还是双加速器同时出束，均需执行巡检程序，保证各项安全联锁就绪，且就绪状态不被破坏，未被禁用加速器才可进入高压允许状态。任一安全联锁就绪状态被破坏，干路立马切断，导致结果是出束的加速器高压切断，束流停止。停机后，因安全联锁被破坏，已启用的加速器会变更状态为高压禁止。如果需要再次出束，需要重新巡检，保证所有安全联锁均就绪，启用的加速器才可进入高压允许状态。

## 9.2 工作流程

### 9.2.1 加速器工作流程

本项目在电子加速器开机出束进行辐照加工时，设备操作人员位于加速器辐照室外隔室操作。加速器辐照室可为设备操作人员以及墙外停留或通过的人员提供足够的屏蔽防护，并可防止在开机过程中，无关人员误入辐照室。

设备工作流程见图 9-4 所示，设备操作流程如下：

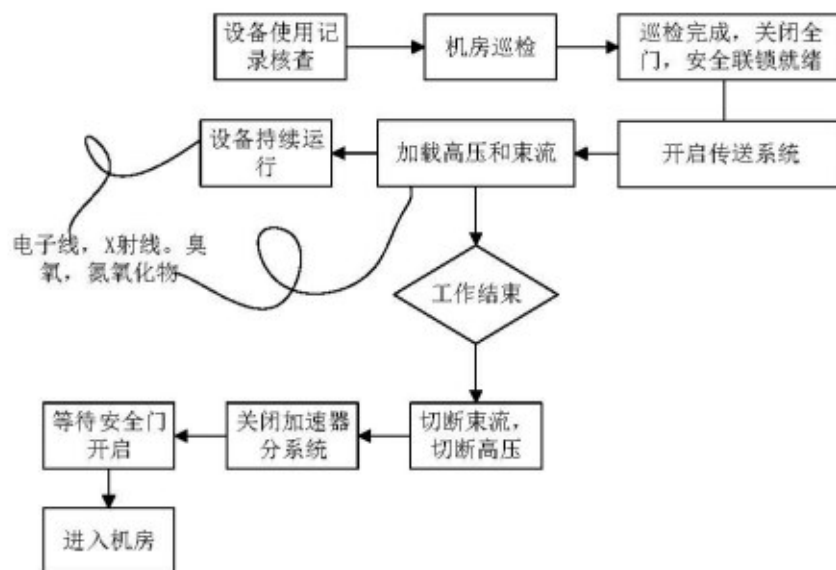


图 9-4 评价项目工作流程及产污环节

(1) 准备开机前检查加速器运行记录，确认机器上次运行无异常并进行记录；

(2) 开机出束前，设备操作人员巡检辐照室，巡检过程中佩戴个人剂量计，携带个人剂量报警仪，依次按下位于辐照室的巡检按钮，确认无异常情况后，关闭好安全门，巡检需要按照预先设定顺序进行，巡检顺序错误，未按照设定的工作路线进行巡检，按下第一个巡检按钮后在设定时间内未完成巡检，均为巡检未完成；



(3) 巡检完成后，关闭辐照室和主机室门后，进入控制室开启使用加速器的辅助系统：冷却系统、通风系统、真空系统等；

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

(5) 本项目正常情况下，电子加速器会长时间处于开启状态，对货物进行辐照。在辐照过程中，工作人员只需在控制室密切关注相关仪表的参数，无需进入辐照室进行任何操作。在开机辐照加工过程中，电子受到辐照产品、加速器部件、阻挡板和地板等材料的阻挡后，产生很强的韧致辐射（X 射线），空气在辐射照射下产生和氮氧化物等有害气体；

(6) 加速器运行过程中，人员通过监控设施观察加速器辐照室内情况；

(7) 辐照工作完成后，先停止高压，再关闭辅助系统（冷却系统和真空系统等），最后关闭传送系统；

(8) 操作人员在设备停机后，如果需要进行加速器辐照室，由于操作软件自带通风延迟关闭系统（切断高压后，操作软件默认通风系统继续运行 10 分钟），设备操作人员发出加速器切断高压指令后，通风系统继续运行 10 分钟，安全门才可打开，辐射工作人员可进入加速器辐照室。

### **9.2.2 货物辐照流程**

辐照加工过程中，装卸货工人在待辐照货物暂存区完成货物的装载后，使用叉车将货物运送至辐照产品上下线工位。在辐照产品上下线工位，工作人员将货物放置于传送带的托盘上，传送带将货物送入辐照室进行辐照加工。辐照加工完成后，货物通过传送带被送出辐照室。另一组工作人员在机房外负责从传送带托盘上取出已辐照的货物，进行装车，并将货物运送至已辐照货物暂存区。整个辐照加工过程中，装卸货工人始终位于加速器机房外。

### **9.3 人员配置和工作负荷**

本项目在不同运营阶段下的人员配置和工作负荷随辐照业务量变化进行动态调整。项目初期运营阶段，辐照业务量相对较小，拟安排一个运行班次，采用 8 小时工作制，年工作天数为 250 天，电子加速器辐照装置年累计出束时间约为 2000 h。随着辐照业务量的逐步增加，项目拟增设一个运行班次，电子加速器辐照装置

每日最大出束时间可达 16h，年工作天数仍为 250 天，年累计出束时间约为 4000 h。

电子加速器辐照装置运行班组日工作 8 小时，年工作 250 天，年工作时间为 2000 小时。每个运行班次配置 2 名电子加速器辐照装置运行人员，均为辐射工作人员，主要负责装置的开机、停机、运行监控、设备巡检及运行记录等工作。辐射工作人员大部分时间在首层控制室内开展运行监控，小部分时间进入二层电子加速器辐照装置主机室相邻的设备间、设备平台以及首层辐照室周边区域进行设备维护和安全检查。经估算，辐射工作人员在控制室和其他相关场所的居留时间比例约为 7：1，对应年居留时间分别约为 1750 小时和 250 小时。

电子加速器辐照装置货物装卸工人每名工作人员日工作 8 小时，年工作 250 天，年工作时间为 2000 小时。每个运行班次配置 6 名货物装卸工人，其中 3 名负责未辐照货物的转运，3 名负责辐照完成货物的转运，货物运输主要通过叉车完成。装卸工人在每个班次中约有 1/4 的时间在辐照产品上下线工位进行作业，其余时间主要在货物暂存区内从事装卸和转运工作。装卸工工人年工作时间为 2000 小时，其中约 500 小时位于辐照产品上下线工位，其余约 1500 小时位于货物暂存区。由于装卸工工人不直接接触或操作电子加速器辐照装置，且其作业区域位于辐射防护控制范围之外，因此不作为辐射工作人员进行管理。

在不同运营阶段下，本项目劳动定员情况有所差异。项目初期运行阶段，辐照业务量较小，仅设置一个运行班次；在辐照业务量达到最大负荷时，项目设置两个运行班次，劳动定员达到最大规模。其中，负责公司运营管理、市场营销及行政事务等工作的人员在不同阶段均保持不变，为 5 人；电子加速器辐照装置运行人员及货物装卸工人则随运行班次变化进行相应配置。

项目不同运行阶段的人员配置及工作负荷情况汇总见表 9-2。

**表 9-2 不同运行阶段人员配置与工作负荷情况一览表**

项目阶段	运行班次	电子加速器辐照装置年累计出束时间	管理及行政人员	辐射工作人员	装卸货工人	劳动定员合计
初期运行阶段	1 班	2000h	5 人	2 人	6 人	13 人
满负荷运行阶段	2 班	4000h	5 人	4 人	12 人	21 人

#### 9.4 污染源项描述

本项目是使用电子加速器用于辐照加工。辐照加速器的电子照射范围小，易屏蔽，但在运动中受到辐照产品、加速器部件、阻挡板和地板等材料的阻挡后，产生很强的韧致辐射（X 射线）。由于电子的最大射程与所产生的 X 射线的射程相比很小，因此在电子加速器的屏蔽要求上，只需考虑所产生的 X 射线的屏蔽。

##### （1）正常工况

###### ①辐照室

1) 电子线，能量为 10MeV；

2) 辐照室内包括辐照产品、加速器部件、阻挡板和地板与入射电子束成韧致辐射初级 X 射线（等效入射电子能量 6MeV）及多次散射 X 射线，主要材料为铁、铜、铝和混凝土等；

3) 高能射线与空气中的氧分子作用会产生一定量臭氧、氮氧化物等有害气体。

###### ②主机室

1) 尚未加速到最高能量的电子在加速过程中束流损失与钢筒作用产生的束流损失辐射场，根据建设单位提供材料（见附件 4），能量为 3MeV；

2) 主机室内加速器部件材料与束流损失电子束成韧致辐射初级 X 射线（等效入射电子能量 1.9MeV）及多次散射 X 射线；

3) 高能射线与空气中的氧分子作用会产生一定量臭氧、氮氧化物等有害气体。

根据以上分析，建设单位拟使用电子加速器辐照装置辐照室和主机室（束流损失）源项见表 9-3。

表 9-3 评价项目辐射源项参数

最大能量	最大束流强度/ 功率	1m 处剂量率（90°） <sup>a</sup>	束流 损失 <sup>b</sup>	1m 处损失位置剂量率 （90°） <sup>c</sup>
X 射线：无 电子线：10.0 MeV	2mA×2/ 20kW×2	810Gy/h×2 （等效电子能量 6MeV）	5% （3MeV）	9.6Gy/h×2 （等效电子能量 1.9MeV）

注：a. 出束过程中，电子被辐照产品、加速器部件、阻挡板和地板阻挡产生韧致辐射，主要材料为铁、铜、铝和混凝土，根据 HJ979-2018 附录 A，靶材料为铁、铜时，修正系数较为保守，所以取靶材料为铁、铜时，90° 方向的修正系数  $f_e$  为 0.5，1m 处剂量率详细计算过程见表 11；b. 束流损失为建设单位提供；c. 1m 处剂量率详细计算过程见表 11。

###### ③放射性三废

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 4.2.2 屏蔽设计依据, 评价项目不需要考虑中子和活化问题。根据《辐射防护手册》(第三分册),  $^{16}\text{O}$  发生 ( $\gamma, n$ ) 反应阈能为 15.7MeV, 本项目加速器产生的电子最高能量为 10MeV, 小于反应阈能, 所以不会造成循环水活化。所以本项目不再考虑放射性固体, 气体和液体。

评价项目加速器在机房内使用, 机房采取了辐射防护设计, 在设备安全和防护硬件及措施到位的正常情况下, 辐照室外的辐射工作人员及公众受到的射线照射可以满足标准要求。

空气在辐射照射下, 产生臭氧和氮氧化物等有害气体。建设单位在辐照室均拟安装离心通风机, 通过风机将出束过程中产生的臭氧、氮氧化物等有害气体可以及时有效的排出辐照室。

## **(2) 非正常工况**

①人员误入: 安全联锁失效, 人员可能在安全门未关闭时误入主机室或辐照室, 如果这时运行加速器, 则可能造成误照事故;

②人员未撤离机房出束: 辐照室或主机室中仍有其他人员未撤离时, 操作人员未严格按照操作规程确认机房中环境便运行加速器, 会造成机房中人员受误照射;

③加速器故障: 加速器设备出现故障时(如直流高压发生器故障), 可能导致加速器的加速管外产生射线, 造成误照事故;

④维修过程中误操作: 设备维护或维修调试过程中, 工作人员错误操作, 加载高压并出束, 造成误照事故。

**表 10 辐射安全与防护**

**10.1 加速器机房设计方案**

**10.1.1 辐射防护设计**

本评价项目拟建设 1 间电子加速器辐照装置机房（以下简称“机房”），加速器机房分为上下两层，使用混凝土进行浇筑，首层为辐照室，辐照室内布置加速器辐照窗，出束方向朝向地面；二层为主机室和设备间、备件间等辅助用房，主机室内安装加速器主体，水循环系统、电源变频器等辅助设施均在加速器室外辅助机房内。

加速器机房相邻环境状况见表 10-1。

**表10-1 加速器机房相邻环境状况**

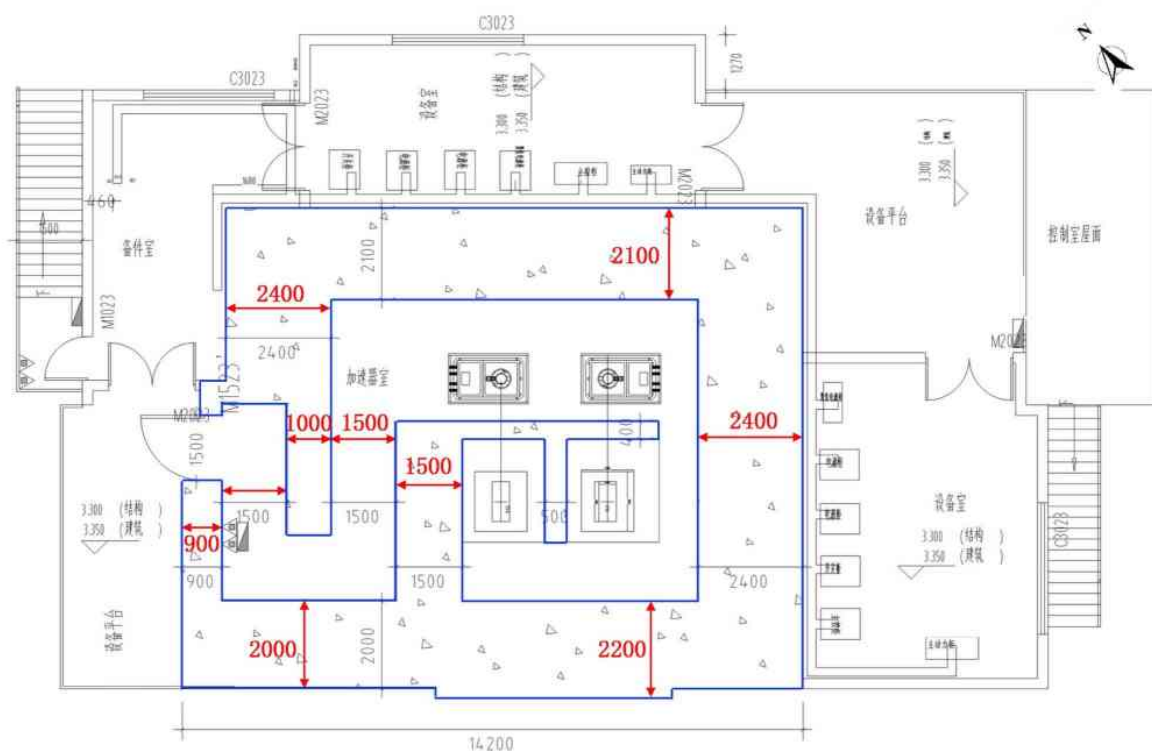
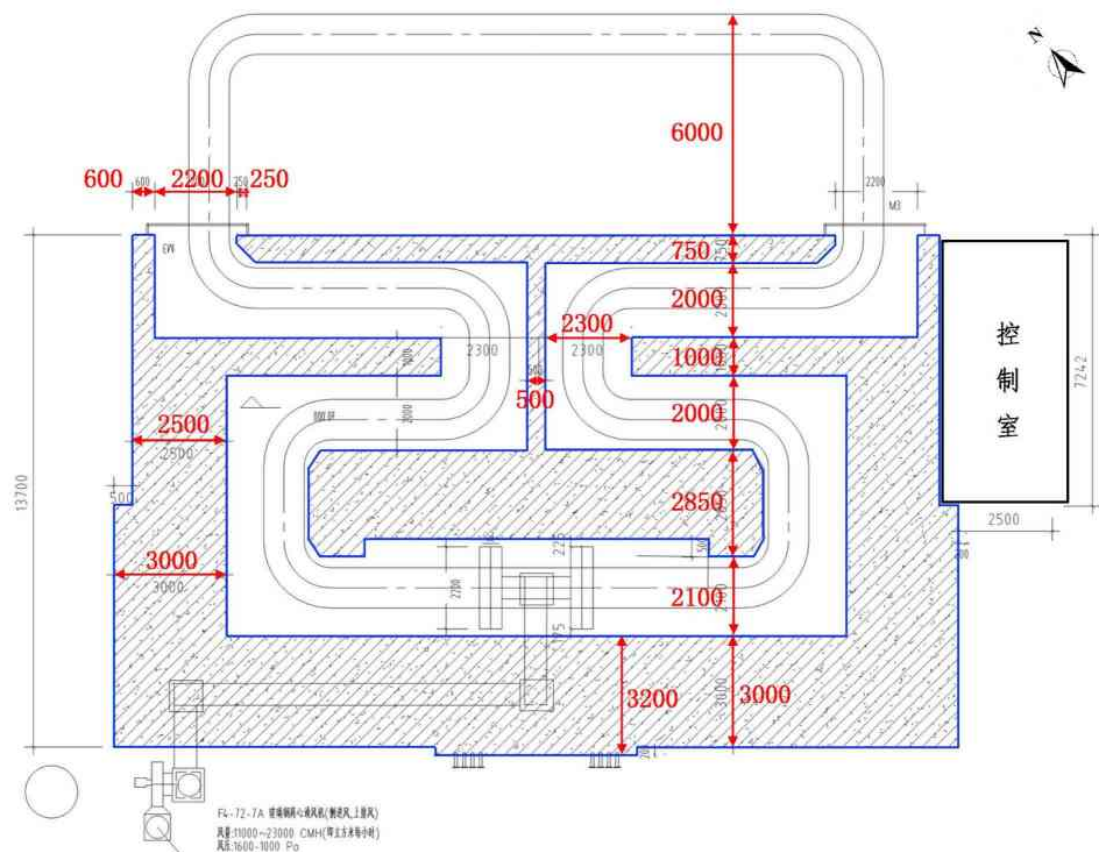
机房	西北侧	东北侧	东南侧	西南侧	上方	下方
辐照室	通道	传送带	控制室	通道	主机室及辅助机房	无
主机室	设备平台、备件室	设备室	设备平台、设备室	临空	无	辐照室

**辐照室：**辐照室（不含迷道部分墙体）面积约 132m<sup>2</sup>，高度为 2.05m，容积约 270.6m<sup>3</sup>。西北墙和东南墙均为 3000mm 和 2500mm 混凝土，西南墙为 3200mm 和 3000mm 混凝土。迷道厚度分别为 2350mm 混凝土，1000mm 混凝土和 750mm 混凝土，主机室内部地板（一层和二层之间）厚度为 680mm 混凝土，主机室迷道地板（一层和二层之间）厚度为 1350mm 混凝土详见图 10-1 所示。辐照室入口处安装有钢制安全门（传送带处开口），厚度为 15mm 钢板，该门主要功能是防止人员误入。

**二层主机室：**主机室面积约 58m<sup>2</sup>（不含迷道部分墙体），高度为 3.05~3.95m，容积为 208.8m<sup>3</sup>。西北侧、东南侧墙体为 2400mm 混凝土，东北侧墙体为 2100mm 混凝土，西南侧墙体为 2000mm 和 2200mm 混凝土，迷道厚度分别为 1500mm 混凝土、1000mm 和 900mm 混凝土，屋顶厚度为 1500mm 混凝土。二楼迷道高度为 3.95m。钢制安全门，厚度为 30mm 钢板，该门主要功能是防止人员误入。主机室辐射屏蔽设计图见图 10-2。

评价项目剖面图如图10-3所示。





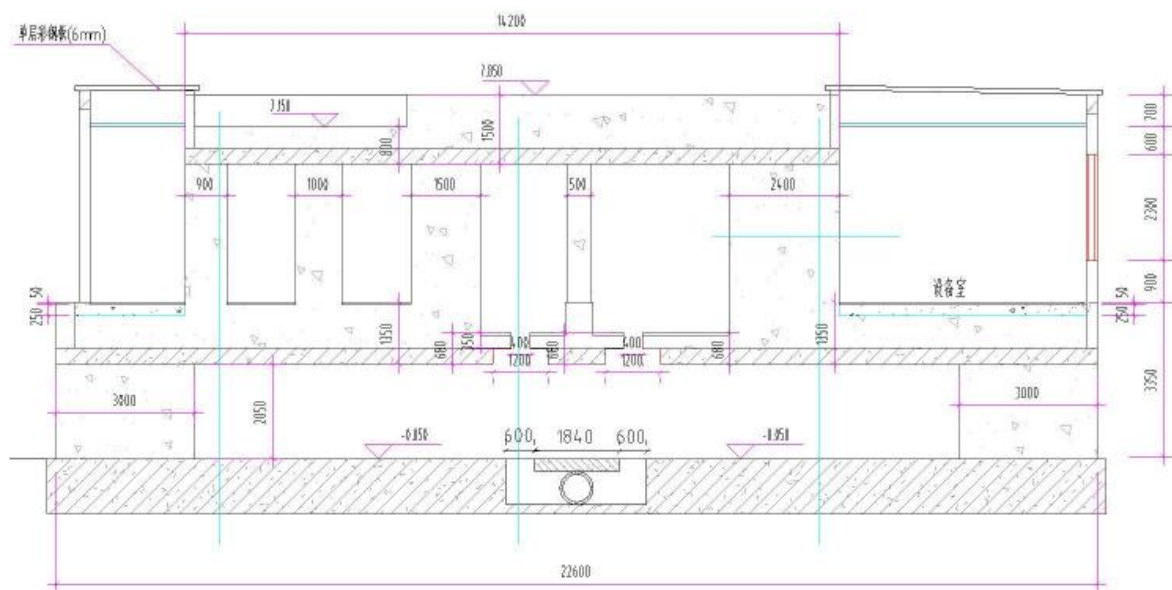


图10-3 加速器辐照室剖面图（单位 mm）

### 10.1.2 管线穿墙和通风系统

评价项目要穿墙管道主要有三部分：①排风管线；②冷却水管；③电缆穿墙。

#### ①排风管道

辐照室内的排风口设于两台加速器束下正下方，然后汇集到辐照室下方预埋的600mm 风管，该风管在地下经两次水平 90° 和一次垂直地面 90° 拐弯后到达辐照室的风机，再经风机后方的斜管连接到 15m 高的排气筒最终排向室外。通风管道设计见图 10-4~图 10-6。

通过该通风管道的设计路径，辐照室内的 X 射线至少需要 6 次散射才到到达辐照室外的地面。详细如图 10-9 所示。根据《辐射防护导论》，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全。而对于通风管道与迷道相比，其散射面积更小，且内部更为狭长，所以经过三次散射后，可有效防止射线通过通风口泄漏。

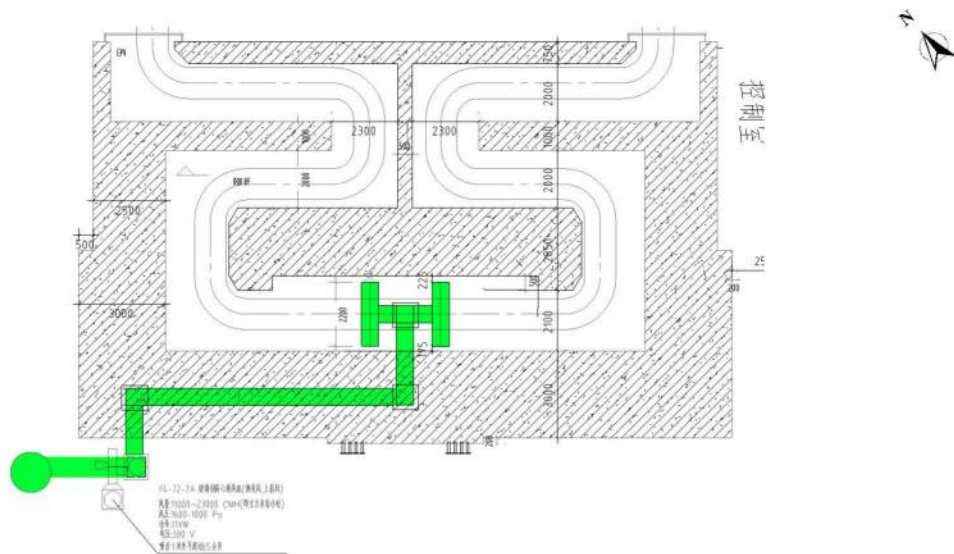


图10-4 通风管道设计图（平面视图）

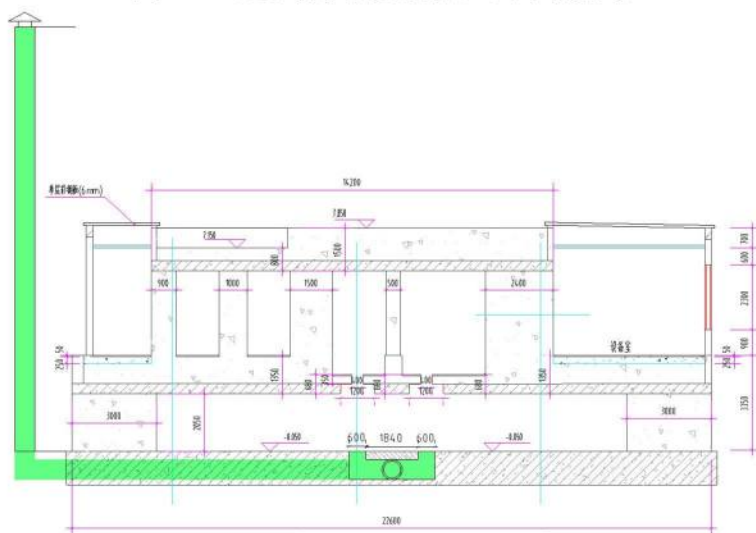


图10-5 通风管道设计图（剖面视图 1）

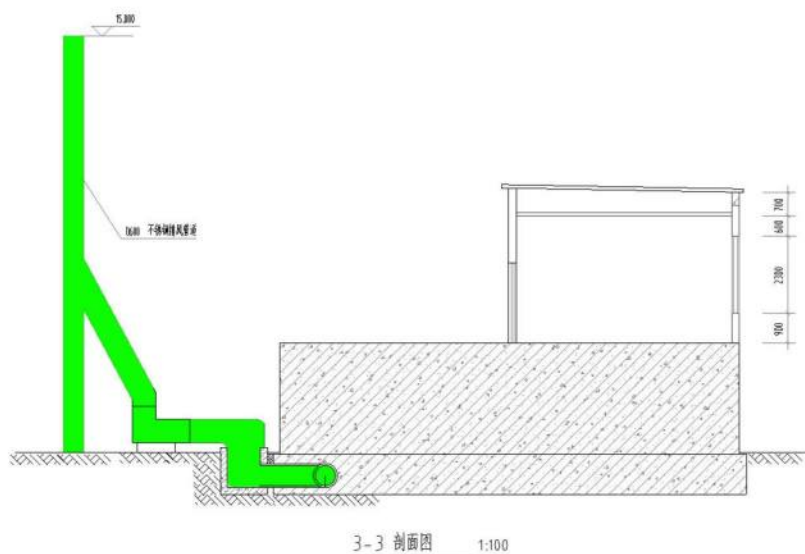


图10-6 通风管道设计图（剖面视图 2）

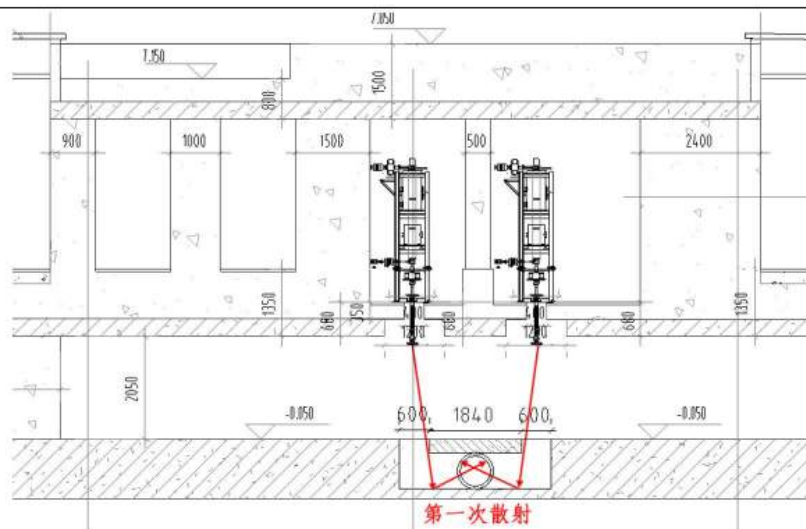


图10-7 通风管道散射分析示意图（第一次散射）

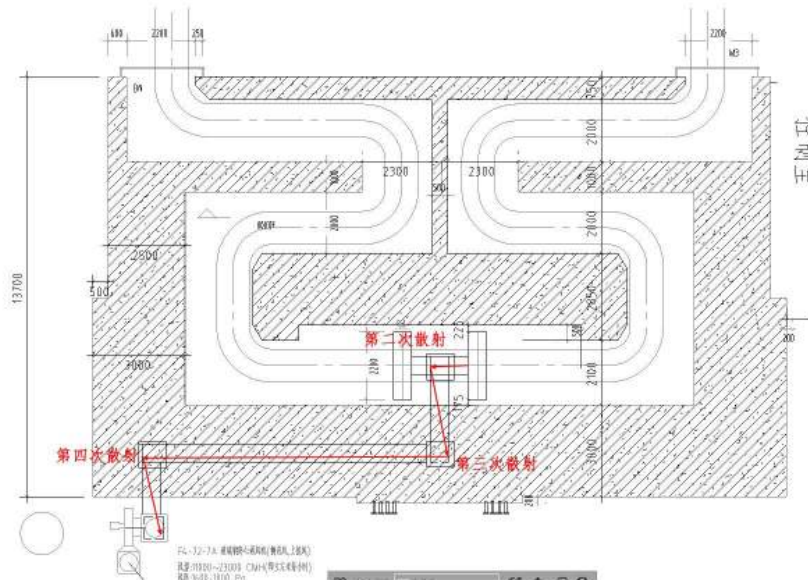


图10-8 通风管道散射分析示意图（第二至第四次散射）

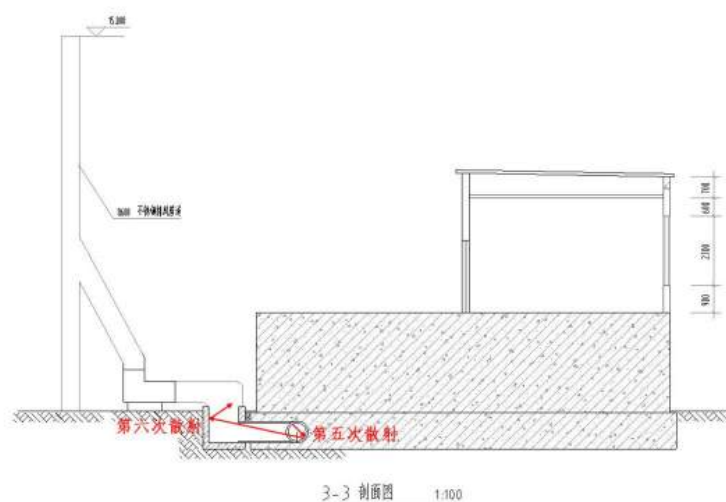


图10-9 通风管道散射分析示意图（第五和第六次散射）



### ②冷却水管和电缆管线

冷却水管由一层和二层中间楼板穿出,采取三次 L 形拐弯设计穿墙,并采用主机室内高外低的方式进行辐射屏蔽补偿,水管直径  $\Phi 40\sim 65\text{mm}$ ,预埋于辐照室与主机室楼板中间位置,距离主机室地面约为 780mm。示意图见图 10-10 所示。

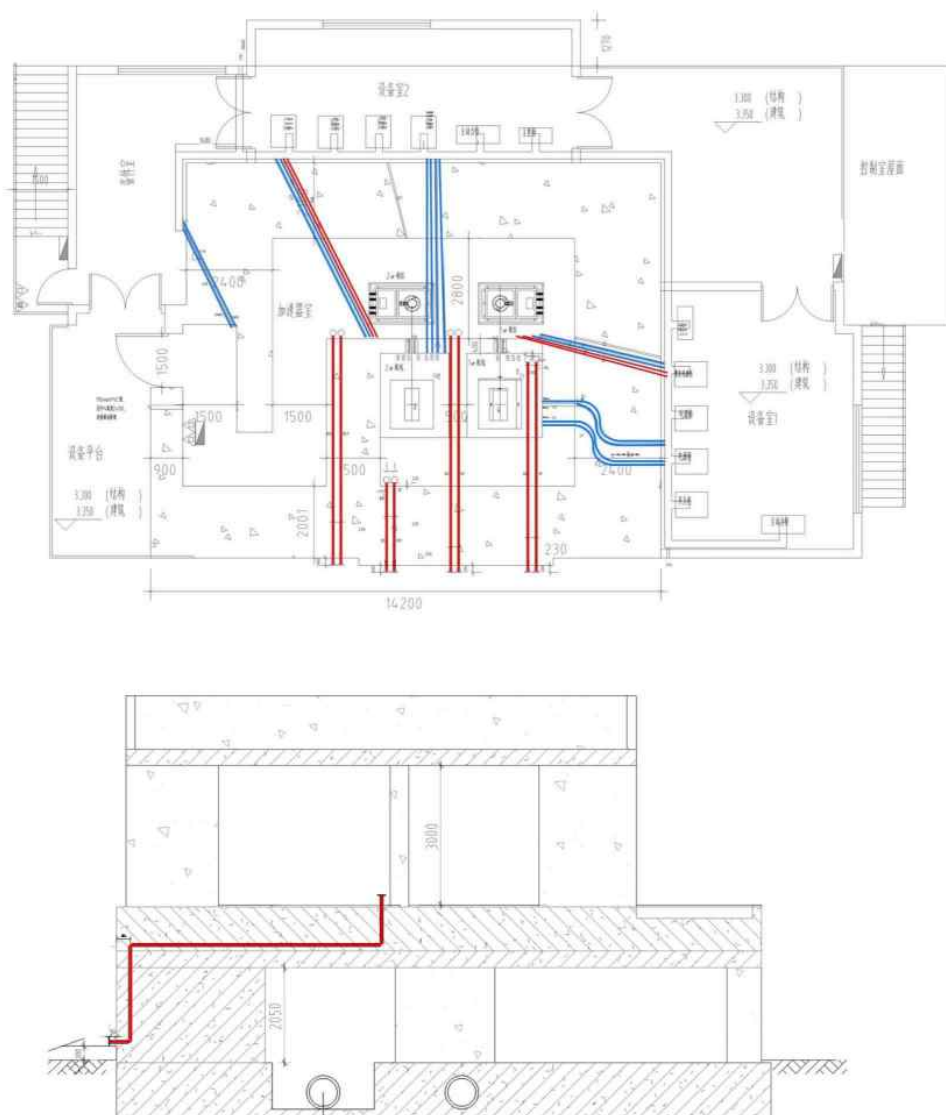


图10-10 管线穿墙剖面图

电缆管线穿墙预埋管道采取 S 弯或斜向穿墙方式避免射线直接穿过管线，射线电缆线口由于高度差会发生 1 次散射，到达 S 弯处散射次数不少于 2 次，到达电缆沟后，电缆沟内至少要经过 1 次散射才可穿过电缆沟到达地面，所以总体散射次数不小于 4 次。根据《辐射防护导论》，如果一个能使辐射至少散射三次以上的迷道，是能保证迷道口工作人员的安全。而对于预埋线缆管道与迷道相比，其散射面



积更小，且内部更为狭长，所以经过 4 次散射后，可有效防止射线通过管线发生泄漏。

### ③ 电缆沟

评价项目中，设备间内设置有电缆沟，需对主机室楼板进行下挖，深度为 250mm。为确保楼板的辐射防护能力不受影响，在电缆沟上方增设厚度为 30mm 的钢板作为盖板进行辐射屏蔽补偿。

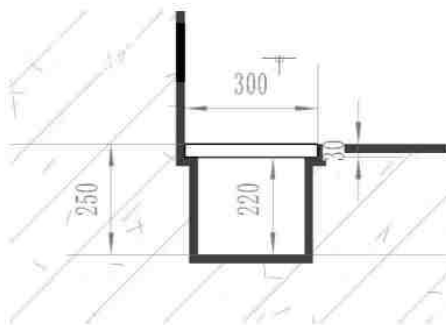


图10-11 电缆沟剖面设计图

## 10.2 分区管理布局

按照 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》，应把辐射工作场所进行分区管理，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。把需要和可能需要专门防护手段或安全措施的区域定为控制区，以控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射的范围。控制区外不需要专门的防护手段或安全措施，但需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域定为监督区。将控制区外较低辐射的区域划定为监督区。

根据 HJ979-2018《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》，需要按照 GB18871 的规定，电子加速器辐照装置的工作场所分为：控制区，如主机室和辐照室及各自出入口以内的区域；监督区，如设备操作室、未被划入控制区的电子加速器辐照装置辅助设施区和其他需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。

按照本项目工作特点，结合 GB18871-2002《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》和 HJ979-2018《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》，以及剂量率估算结果，对生产车间辐射工作场所进行分区，详见图 10-12。

(1) 控制区：以屏蔽墙体为界的整个辐照室和主机室内，包括迷道及辐照室门内区域；

(2) 监督区：设备控制室，设备室，通往控制室和设备间的楼梯（设置警戒线，非辐射工作人员禁止入内），传送带外边界内的区域和其余位置墙体（门）外30cm处。

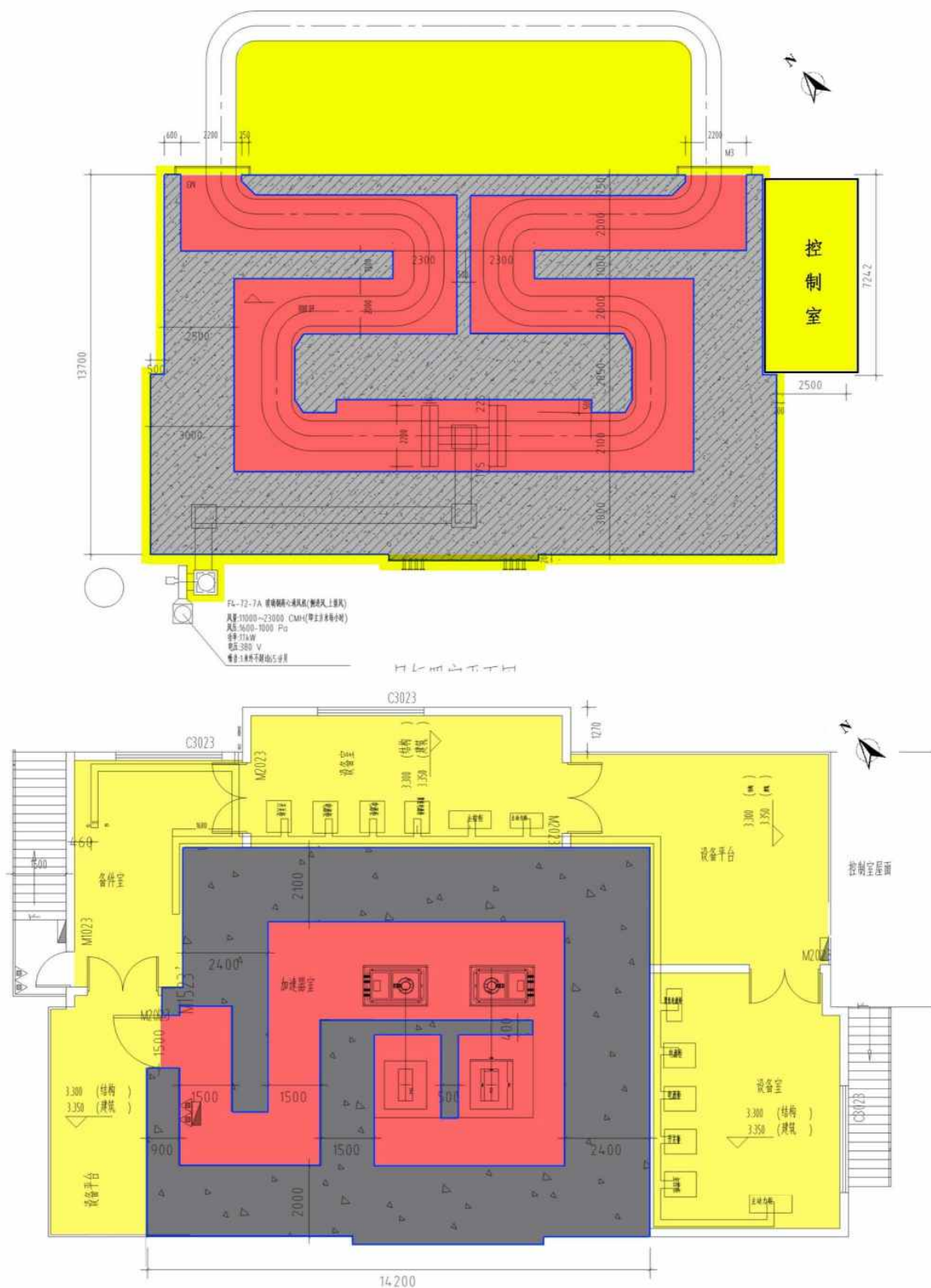


图10-12 辐射分区划分图（黄色监督区，红色控制区）

建设单位监督区和控制区划分合理，可满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)和《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)的要求。

### **10.3 辐射安全措施**

#### **10.3.1 安全标识和紧急出口提示**

建设单位拟在辐照室和主机室出入口张贴电离辐射标识，并在辐照室和加速器室内均设置设备工作状态指示灯：红色表示设备出束（加载高压），黄色表示准备出束（各安全联锁均就绪，未加载高压），绿色表示未出束（高压均禁止，安全联锁未就绪）。

辐照室和主机室内部拟在疏散通道和主要疏散路线靠近地面的墙上张贴疏散箭头指示，所有指示均使用夜间可发光材料制作，保证断电情况下，人员可快速识别并离开。主机室、辐照室、控制室应均设置急照明，应急照明为单独回路，建设单位会定期对应急照明的可用性进行检查。

#### **10.3.2 安全措施**

评价项目设置多道安全联锁，安全联锁位于整个回路的干路，所以无论设备禁用与否，均不影响安全联锁工作。当安全联锁断开或出现故障时，两台加速器均无法运行。1#加速器和2#加速器的禁用开关位于支路，仅控制各自加速器的启用和禁用，不会对安全联锁产生影响。评价项目所有安全联锁均无旁路，安全联锁断开会引发加速器自动切断高压。

##### **(1) 钥匙控制**

评价项目控制台，辐照室和主机室的安全门共用一把钥匙。人员在外部仅能通过钥匙开启辐照室和主机室门，门内部均设置有开门按钮，从内部按下开门按钮可开启安全门，同时高压。

加速器在出束时，门钥匙在控制台上，设备开机出束过程中，钥匙无法取下，因此没有主机室安全门和辐照室安全门钥匙，从外部安全门均无法打开。加速器出束时取出控制台钥匙，则加速器停机切断高压。

安全门打开的情况下，由于钥匙在安全门上，此情况下加速器无法加载高压。该钥匙拟与一个便携仪辐射监测报警仪使用金属链牢靠相连。建设单位规定，在设备运行情况下只有运行值班长有权利使用钥匙开关。

## (2) 门机联锁

建设单位拟将辐照室和主机室的安全门与加速器高压。辐照室和主机室门均安装有门磁，通过门磁与高压联锁来实现门机联锁，只有门彻底关闭后，设备才能正常加载高压，门关闭不严或者未关闭时，加速器均不可加载高压。设备运行过程中，门被意外打开，加速器会立即切断高压，同时已巡检状态会被解除。

辐照室门和主机室门内均设置有开门按钮，从内部按下开门按钮，门磁断电，无需钥匙可直接开启该安全门。建设单位会在开门按钮处设置高亮提示，设置位置见图 10-14 和图 10-14。

### (3) 束下装置联锁

加速器控制与束下装置控制分别建立接口和协议文件，设置束下测速装置。两台加速器通过束下测速装置与传送带（传输系统）进行联锁，仅传送带开启有速度时，设备才能加载高压。设备加载高压前，需要先开启传送系统；设备关机时，需要先切断高压，再关闭传送系统；设备运行过程中，传送系统故障，加速器将切断高压。

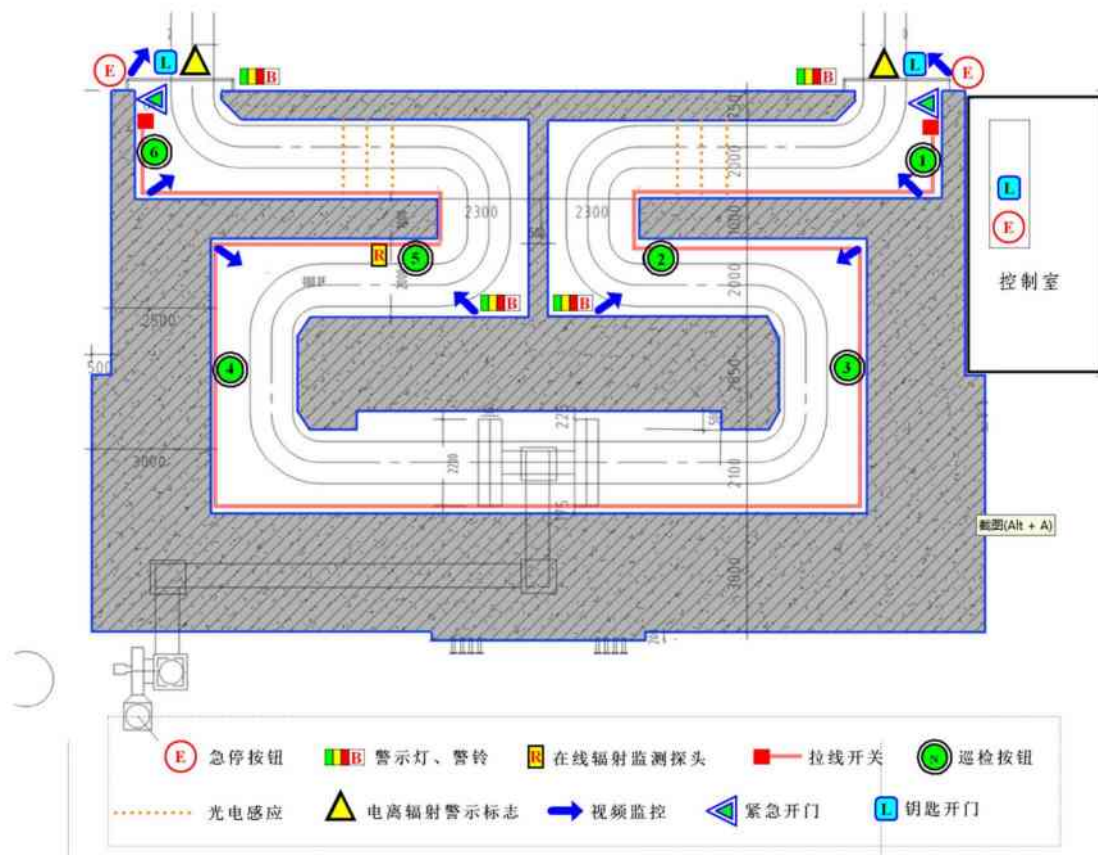
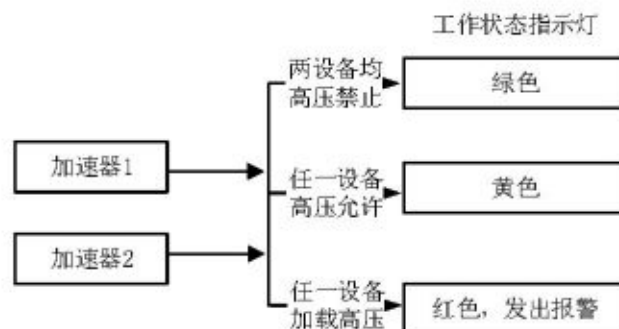


图10-13 首层辐照室辐射安全设施布置









**图10-15 工作状态指示灯工作情况**

#### （5）巡检按钮

评价项目机房辐照室和主机器均设置有巡检按钮，巡检按钮与两台设备的高压均进行连锁。机房内巡检按钮和巡检路线的位置见图 10-14 和图 10-14。

在加载高压前，需要进入辐照室和主机室，按序按动机房内的巡检，两台设备才进入高压允许状态。巡检顺序错误，未按照设定的工作路线进行巡检，按下第一个巡检按钮后在设定时间内未完成巡检，均为巡检未完成，两台设备均无法进入高压允许状态，需要重新巡检后设备才可进入高压允许。机房建设完成后，建设单位将对巡检时间进行试验，具体设定时间，根据人员在机房走一圈所需要的时间决定。巡检过程中，门机连锁和光电装置会跟随巡检进程复位，现按照操作人员巡检顺序叙述巡检，门机和光电设施复位情况具体如下：

**辐照室：**打开辐照室出入口，从入口开始巡检→关闭辐照室入口门→按下 1 号巡检按钮→入口光电装置就位→按下 2 巡检按钮→按下 3 巡检按钮→按下 4 巡检按钮→按下 5 巡检按钮→出口光电装置就位→按下 6 巡检按钮→关闭辐照室出口门→辐照室巡检成功。

**主机室：**打开主机室入口门，进入主机室→按下 1 巡检按钮→按下 2 巡检按钮→按下 3 巡检按钮→按下 4 巡检按钮→出入口光电装置就位→按下 5 巡检按钮→关闭加速室出口门→加速室巡检成功。

巡检过程中，已关闭安全门被打开，已就位光电装置被遮挡，也会导致巡检失败。所以人员走回头路，或巡检过程中安全门被意外打开，均为导致巡检不失败。巡检就位后，巡检重置条件为机房任一门开启，急停拉线被拉下或防人误入装置被遮挡，已巡检状态均会被解除，如设备处于出束状态，则立马关机并切断高压；如设备为高压允许未出束状态，则设备立马切断高压，进入高压禁止状态。

#### (6) 防人误入装置

在首层辐照室迷道入口和出口处分别设置有3道相互独立的光电装置，二层主机室迷道出入口处设置有3道相互独立的光电装置。三道光电装置呈梯形摆放，辐照室中的三道光电装置距离地面依次为30cm、50cm和140cm，主机室中的三道光电装置距离地面依次为30cm、80cm和130cm，其分布位置详见图10-14和图10-14。

光电装置与加速器高压进行联锁。有人员误入机房时，身体将任意一处挡住光电装置后，若加速器处于出束状态，则立即切断高压，停止出束，同时，在控制电脑的报警界面，会显示由于光电遮挡导致巡检解除，提示需要重新巡检。

#### (7) 急停装置

评价项目设置有急停拉线开关，急停装置与两台加速器联锁，当拉下急停装置拉线时，如设备处于出束状态，则两台加速器切断高压，停止出束。

拉线开关距离地面高度1.2m，在上方设置明显标识。当出现紧急情况时，只需拉下拉线开关，加速器的高压切断。拉线开关拉下时，已巡检状态会解除。在紧急情况下，事故处理完毕后，需要将拉线开关复位，同时需再次巡检，才可再次启动加速器。拉线急停开关覆盖了整个辐照室和主机室，详细位置见图10-14和图10-14所示。

评价项目在控制室操作台上及辐照室出入口均设置有急停按钮，其功能与拉线开关一致，当出现紧急情况时，按下急停按钮，出束加速器的高压切断，设备停止出束。急停按钮按下后，均需手动对其进行复位。

#### (8) 剂量联锁

本项目拟安装固定式辐射监测仪：固定式辐射监测仪探头安装于一层辐照室和二层主机室迷道内口，位置见图10-14和图10-14。辐射剂量率监测系统与安全门联锁，当辐照室内的剂量率水平大于设定阈值时，辐照室和主机室门无法从外界打开。

建设单位在设置机房阈值时，加速器停机，测量探头所在位置的本底值，之后以该值的三倍设定为剂量联锁阈值。

#### (9) 通风联锁

电子加速器辐照装置的通风系统与高压加载及安全门开启实行联锁控制。装置

在启动运行前，须确保通风系统处于正常工作状态，只有在通风系统运行正常并满足设定条件后，控制系统才允许加载高压；当通风系统未正常运行或发生故障时，电子加速器辐照装置无法加载高压，确保在通风条件不满足的情况下装置不能运行。在电子加速器辐照装置正常运行过程中，如通风系统发生故障或异常，控制系统将立即切断高压，停止出束，以防止辐照室内可能存在的有害因素积聚。

电子加速器辐照装置的控制软件同时设置了正常停机工况下的排风系统延迟关闭和安全门延迟开启功能。装置在正常切断高压后，排风系统仍将持续运行一段设定时间，以保证辐照室内空气充分置换。项目投入使用后，建设单位拟在控制系统中统一设置排风延迟和安全门延迟时间为 10 分钟。在该 10 分钟内，即使向排风系统发出停止运行指令，排风系统仍将保持有效运行；同时，在正常停止出束后的 10 分钟内，即使发出开启辐照室和控制室安全门的指令，安全门仍处于锁闭状态，须待延迟时间结束后方可开启。

排风系统延迟关闭和安全门延迟开启措施仅适用于正常停机工况。当发生触发急停按钮、光电联锁装置动作或火灾报警等紧急停机情形时，控制系统将优先保障人员应急处置和疏散需要，安全门的开启不受上述延迟时间限制，可立即解锁开启。

#### （10）烟雾报警

机房设置有烟雾报警，设置位置为通风管道内靠近风机位置。报警装置与加速器联锁，在加速器正常出束时，若烟雾报警装置启动报警，则加速器会切断辅助系统（真空系统除外）所有电源，通风系统也将停止工作。建设单位会在设备月检时对烟雾报警系统有效性进行监测。

根据以上分析，建设单位拟建设的辐照室和主机室可满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中对安全设施的要求。

#### （11）其他安全设施

除了上述辐射安全措施外，本项目还具有如下辐射安全措施：

##### ①实时摄像监视

建设单位在机房内设有摄像监视系统，监控图像实时显示在控制室的监控电视上，使控制室的工作人员可清楚地观察到辐照室内电子加速器的工作情况，如发生

意外情况可及时处理。摄像头位置见图 10-14 和图 10-14，建设单位的摄像头布置做到整个机房内无死角，设计合理。

建设单位应定期对摄像监控进行检查，确认监控可正常显示图像，如发现损坏，应及时进行维修，维修过程中的辐射防护措施见 10.5 设备和辅助设施维修防护措施。

### ②加速器冷却系统联锁

电子加速器将与该加速器各管路冷却回水的流量进行联锁。在加速器未出束时，只有当各管路冷却回水的流量正常时，加速器方可启动进行出束作业；在加速器正常运行后，各管路冷却回水的流量将实时监控，若任意管路的冷却回水流量出现异常，则系统将立即切断该台加速器高压，使得该辐照室内的加速器立即切断高压。

电子加速器与该加速器冷却系统的水箱水温进行联锁。在加速器未出束时，只有当对应冷却系统的水箱水温在正常范围内时，加速器方可进行出束作业；在加速器正常运行后，对应冷却系统的水箱水温将实时监控，若水箱水温出现异常，则系统将立即切断该台加速器高压，使得该辐照室内的加速器立即切断高压。

### ③加速器的各控制信号联锁

电子加速器将与该加速器的各控制信号进行联锁。在加速器未出束时，只有当所有控制信号均正常时，加速器可启动进行出束作业；在加速器正常运行后，将对各控制信号实时监控，若任意控制信号出现异常，则系统将立即切断该台加速器电源，使得该辐照室内的加速器立即切断高压。

## 10.3.3 安全联锁逻辑

本项目拟建的电子加速器分别设置有多重设备安全联锁，设备的安全联锁逻辑见图 10-16。

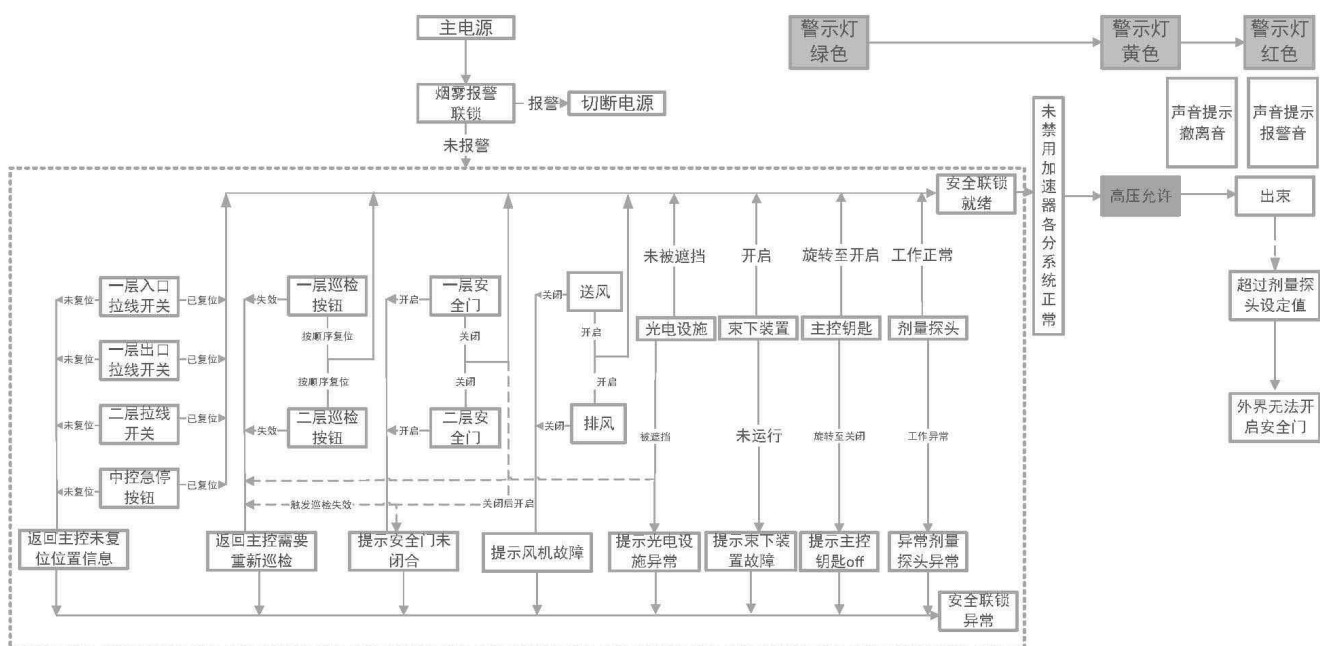
根据设备的工作逻辑，当安全联锁就绪，开启设备各分系统就绪后，开启设备可进入高压允许状态，人员下达指令后设备可出束。当安全联锁被破坏，启用设备无法进入高压允许。

设备在维修过程中，维修人员应在底层切断安全联锁，并通过切断多个安全联锁达到冗余的目的，主要切断的安全联锁包括①按下主控台急停按钮；②拉下拉线开关；③遮挡光电装置；④开启安全门。因安全联锁被切断，所以设备维修过程

中，两台设备的高压状态均为高压禁止，不会出现一台设备在维修中，另外一台设备处于高压允许的情况。

建设单位电子加速器的辐射安全措施设计合理，满足相关标准要求。在实际运行期间，建设单位需保证上述辐射防护措施的严格有效执行。安全联锁发生故障时，不得旁路，需要对安全联锁进行维修，维修后恢复原状才可再次使用设备。设备安全联锁逻辑系统，仅设备供应商可进行更改，建设单位日常操作人员无权限更改联锁。每次维修完成后，建设单位会自行对机房防护进行检测，检测合格后，加速器才会投入使用。





### 10.3.3 辐射监测设备

建设单位拟配备个人剂量计，个人剂量报警仪和便携式辐射监测仪，详见见表10-2 所示。

表10-2 建设单位配备辐射监测设备

序号	名称	型号	数量	参数
1	个人剂量计	TLD 型	2 个	委托有资质第三方配备，监测射线类型 X 射线 $\gamma$ 射线。
2	个人剂量报警仪	待定	2 台	探测射线类型 X 射线， $\gamma$ 射线。
3	便携式辐射监测仪	待定	1 台	探测射线类型 X 射线， $\gamma$ 射线
4	固定式辐射监测仪	待定	1 套	2 个探头，探测射线类型 X 射线， $\gamma$ 射线

项目正式运营后，建设单位均会按照要求使用辐射监测设备，并应定期将设备送至有资质的单位进行设备校准或检定。建设单位配备的辐射防护及设备可以满足其使用需求。

### 10.3.4 小节

根据前文描述，现对建设单位应配备的辐射防护措施相关硬件措施汇总见表10-3。

表10-3 建设单位配备辐射安全措施硬件一览表

辐射防护措施	数量	说明
电离辐射警示标志	3 个	每个安全门各 1 个
应急出口提示	3 个	夜光
开门按钮	3 个	每个门旁各 1 个
疏散箭头	/	夜光
钥匙控制	1 把	与个人剂量报警仪相连
门磁	3 个	每个门 1 个
传送带测速装置	1 个	用于传送带测速
声光报警	6 个	光报警为三色光
巡检按钮	11 个	辐照室 6 个，主机室 5 个
光电装置	3 组 9 对	梯形布置
拉线开关	3 套	辐照室 2 套，主机室 1 套
急停按钮	3 个	辐照室出入口各 1 个，操作台 1 个
固定式辐射监测仪	1 套	2 个探头
通风	1 套	/
烟雾报警	1 个	通风管道内 1 个
摄像头	18 个	/

## 10.4 加速器维修过程辐射防护措施分析

加速器维修过程中，两台加速器均为关机状态。

### 10.4.1 设备和辅助设施维修防护措施

设备和辅助设施在维修过程中，维修人员通过切断多个安全联锁，设备始终处于高压禁止状态，主要切断安全联锁如下：①按下主控台急停按钮；②拉下拉线开关；③遮挡光电装置；④开启安全门。

在设备和辅助设施出现故障，或对设备和辅助设施进行维护检修时，需请专业的维修维护人员前来进行维修维护操作，并且需严格执行下述步骤：

1 提前制定维修维护计划，并及时告知值班长；

2 维修维护人员在控制室与值班长确认无异常情况，可以开始维修维护；

3 值班长操作：转动操作面板钥匙开关到停止。取出钥匙，交由维修维护负责人保管；

4 操作人员通过视频信号等方式，时刻注意维修维护的正常进行；

5 维修维护人员在控制室按下加速器的急停按钮，保证两台设备均不可开机均不可开机，在操作台挂上“设备维修中”的维修指示牌后可离开辐照室；

6 维修维护人员佩戴处于开启状态下运行良好的个人剂量报警仪和个人剂量计；

7 进入机房前，需在停机后 10 分钟，门磁断开后，才可进入，维修维护人员携带加速器的开关钥匙打开辐照室的安全门，并随身携带钥匙，保持机房安全门开启，并在门口拉警戒线，并悬挂设备维修中告示牌；

8 进入机房后，遮挡光电设施，同时拉下身边的急停拉线开关；

9 在执行完上述步骤后，维修维护人员方可进行设备维修维护。

建设单位在设备的维修维护过程中，需严格执行上述步骤，杜绝维修维护过程中，由于设备操作人员不知情，维修维护人员未执行安全措施，导致加速器出束误照射的事故。维修维护结束后，急停按钮和拉线开关需于本地复位后，加速器才能正常启动出束。

#### 10.4.2 单台设备故障工况下运行和维修

单台设备发生故障时，建设单位将根据初步判定故障，根据生产进度，制定维修计划，主要分为三个阶段：（1）制定维修计划；（2）设备维修过程中；（3）设备维修完成后运行。

##### （1）制定维修计划

评价项目维修有两种情况：①安全联锁，电源系统等共用设施异常维修；②单台加速器的分系统异常维修。

#### ①安全联锁，电源系统等共用设施异常维修

当安全联锁或电源系统等出现故障时，两台加速器均无法使用，建设单位会根据设备情况和厂家维保安排，立即维修。

#### ②单台加速器的分系统异常维修。

以 1#加速器正常运行，2#加速器分系统出现故障为例，对设备停机维修过程进行说明。

2#加速器故障后，建设单位将根据实际工作情况，安排加速器进行维修。在维修人员到达现场前，1#加速器将正常工作，2#加速器将开启禁用开关，将其禁用。

1#加速器单独运行时，仍需进行巡检，确认急停按钮复位，关闭安全门，钥匙插入后等一些列安全联锁正常运行，1#加速器才能进入高压允许状态。如 2#加速器开启，因其分系统故障，在安全联锁均正常工作后，由于 2#加速器各分系统信号检测异常，将导致 1#加速器也无法进入高压允许状态。工作逻辑如图 10-17 所示。

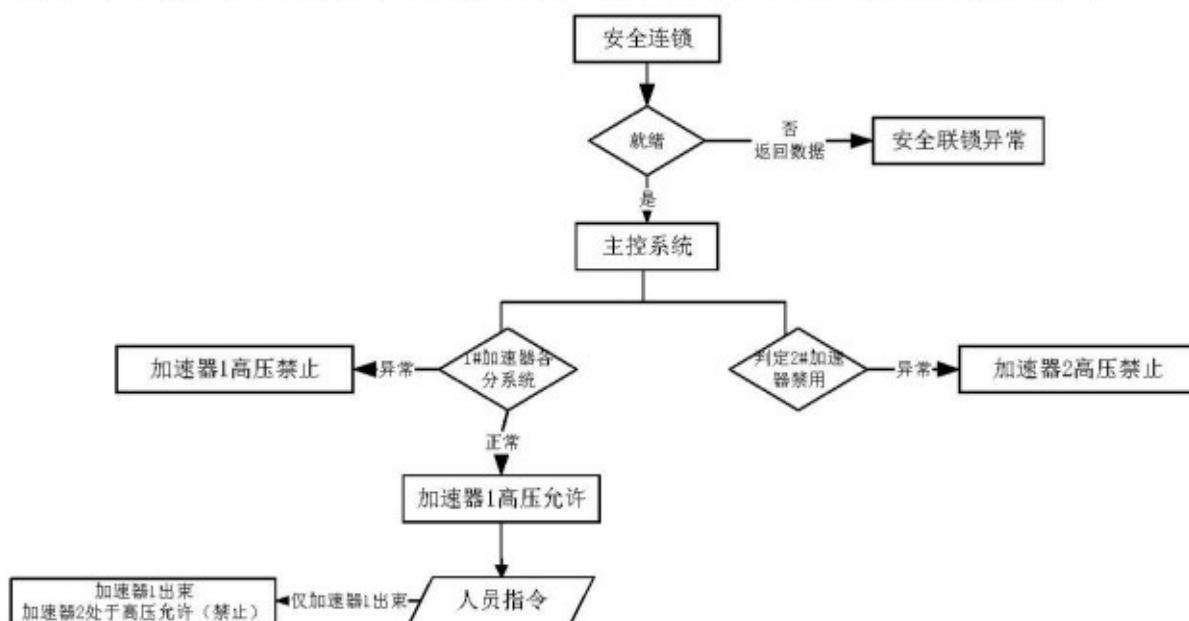


图10-17 单台设备故障时设备运行逻辑图

#### （2）单台设备维修过程中

根据建设单位安排好的工期，维修人员会对设备进行维修。维修全程，维修人员会切断以下安全联锁：①按下主控台急停按钮；②拉下拉线开关；③遮挡光电装置；④开启安全门。因安全联锁异常，所以两台设备均处于高压禁止状态。

(3) 设备维修完成后运行

设备维修完成后的逻辑与图 9-2 一致, 不再进行叙述。

## 10.5 小结

参照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 各项具体要求, 对本项目具体的辐射防护设施及措施与标准对照分析, 详见表 10-4。

**表10-4 评价项目辐射安全措施拟落实对照表**

HJ979-2018 要求	设计情况
4.1.2 按照 GB18871 的规定, 电子加速器辐照装置的工作场所分为: 控制区, 如主机室和辐照室及各自出入口以内的区域; 监督区, 如设备操作室、未被划入控制区的电子加速器辐照装置辅助设施区和其他需要经常对职业照射条件进行监督和评价的区域。	已对机房进行分区, 按照标准要求, 将机房屏蔽墙内部划分为控制区, 设备操作室、设备室、通往设备室楼梯、传送带以内区域和其他屏蔽墙 30cm 外划定为监督区, 满足要求。
4.1.3 在控制区出入口处和其它必要的地方, 应设立醒目的、符合 GB18871 规定的警告标志。	建设单位拟在机房墙体张贴电离辐射标志, 设置警示灯, 显示设备工作状态。
4.1.4 使用手册、操作规程和应急程序等文件以及关键的安全部件标识和安全标识都应使用中文。	建设单位购买设备为国产设备, 设备厂家将按照要求提供中文使用手册, 建设单位将建立中文操作规程和应急程序, 所有标识均使用中文。
4.2.2 辐射屏蔽设计 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。	建设单位对机房进行辐射屏蔽设计, 根据 11 章分析, 机房可满足电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 。通过进一步估算可知, 辐射工作人员和公众年受照剂量可满足评价报告设定的剂量约束值。
6.1 联锁要求 在电子加速器辐照装置的设计中必须设置功能齐全、性能可靠的安全联锁保护装置, 对控制区的出入口门、加速器的开停机和束下装置等进行有效联锁和监控。 安全联锁引发加速器停机时必须自动切断高压。安全联锁装置发生故障时, 加速器不能运行。安全联锁装置不得旁路, 维护与维修后必须恢复原状。	1) 根据本章分析, 评价项目设置了各项联锁设施均安全可靠, 控制区出入口, 加速器开停机及束下装置均进行联锁和监控; 2) 安全联锁均与高压联锁, 发生意外情况, 设备停机切断高压; 3) 评价项目加速器安全联锁未设计旁路, 安全联锁发生故障时, 设备无法正常加载高压, 需要恢复原状后才可运行。
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。	机房设备操作台与门为同一把钥匙, 如从控制台上取出该钥匙, 加速器将切断高压, 停止出束。钥匙上会与一台个人剂量报警仪相连, 设备运行过程中, 仅值班长可使用。



<p>(2) 门机连锁。辐照室和主机室的门必须与束流控制和加速器高压连锁。辐照室门或主机室门打开时，加速器不能开机。加速器运行中门被打开则加速器应自动停机；</p>	<p>机房设置门机连锁。加速器运行过程中门打开后，加速器将切断高压，停止出束；门打开或关闭不严时，无法加载高压。</p>
<p>(3) 束下装置连锁。电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制必须建立可靠的接口和协议文件 行时，加速器应自动停机；</p>	<p>机房设置束下连锁，电子辐照装置控制与束下装置控制建立可靠接口和协议文件，当出现状态偏离时，加速器将切断高压，停止出束。</p>
<p>(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连锁；</p>	<p>机房信号装置已连锁，加速器运行时，控制区内和控制区外均设置灯光和音响报警信号；机房内外均设置指示灯，可显示设备工作状态。</p>
<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>机房设置巡检按钮，遵循开门需要重新巡检，巡检需按顺序进行，巡检按钮复位后需要重新巡检的逻辑运行。建设单位已制定工作流程，当天首次开机前、开门后、应急开关被触发后，均需重新巡检。</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>机房的主机室和辐照室均设置三道防人误入设施，与高压连锁。加速器运行过程中触发，加速器将切断高压，停止出束。</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>机房设置拉线开关，拉线开关与高压连锁，设备运行过程中，一旦触发加速器将切断高压，停止出束。拉线开关覆盖整个控制区。主机室和辐照室迷道口门均为安全门，可从内部直接打开门。另外，控制台和出入口上也设置了急停按钮，急停按下后需要复位。</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>机房设置固定式辐射监测仪，设置剂量连锁。当监测到数值超过设定阈值时，无法从外侧打开机房门。</p>
<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；</p>	<p>机房设置通风连锁，设备切断高压后，通风将持续运行 10min 后才可开门。</p>
<p>(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。</p>	<p>辐照室设置烟雾报警连锁，设备出束过程中，发生火情，加速器停机且切断高压，通风系统断电。</p>
<p>6.3 其他要求</p>	
<p>6.3.1 电气系统</p> <p>(1) 必须按加速器装置及厂房建设和公用工程的</p>	<p>(1) 机房进行供电设计，采取专线供电，可确保电压和电流稳定度；</p>

<p>供电条件设计，确保电压电流的稳定度。</p> <p>(2) 主机室、辐照室、控制室应设置应急照明系统。</p> <p>(3) 各供电系统及相关设备应有可靠的接地系统。</p> <p>(4) 凡有高压危险的部位，应设置高压联锁、高压放电保护装置。</p>	<p>(2) 机房内设置应急照明系统和发光路线指示标识；</p> <p>(3) 各供电系统及相关设备设置有可靠的接地系统；</p> <p>(4) 高压位置均设置高压联锁和高压放电保护；</p>
<p><b>6.3.2 给水系统</b></p> <p>(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。</p> <p>(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。</p>	<p>加速器冷却系统分为恒温水和常温冷却水两个部分。建设单位对给水系统进行设计，有一定裕量的水流量和水压。评价项目已按设备对水质、水温、热交换负荷进行设计。</p>
<p><b>6.3.3 通风系统</b></p> <p>(1) 主机室和辐照室应设置通风系统，以保证辐照分解产生的臭氧等有害气体浓度满足GBZ2.1 的规定。有害气体的排放应满足GB3095 的规定。</p> <p>(3) 辐照室内的主排气口应设置在易于排放臭氧的位置，例如扫描窗下方的位置。</p> <p>(4) 排风口的高度应根据GB3095 的规定、有害气体排出量和辐照装置附近环境与气象资料计算确定。</p>	<p>(1) 根据计算结果，评价项目气体浓度满足 GBZ2.1 的规定。有害气体的排放应满足 GB3095 的规定。</p> <p>(2) 评价项目排风口设置在量加速器中间位置正下方。</p> <p>(3) 排风口高度根据 GB3095 的规定及周边环境和气象资料进行确定。</p>
<p><b>6.3.4 防火系统</b></p> <p>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。</p>	<p>评价项目设置火灾报警装置，拟配备灭火设施。</p>
<p>通过以上列表对比分析，可知评价项目的辐射防护设施和拟采取的辐射安全措施可满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的辐射安全与防护的要求。</p>	
<p><b>10.6 三废的治理</b></p> <p>(1) 液体污染物处理方案</p> <p>在辐照加工所运用的辐照加速器日常运行期间，需借助冷却水（采用去离子水）对加速器的关键部件进行冷却，冷却方式为间接冷却。冷却水使用去离子水，为外购成品。冷却水以循环水的形式存在于系统中，设备正常运行过程中不会外排。但是由于水分蒸发，需要定期补充部分去离子水。</p> <p>(2) 固态污染物处理方案</p> <p>该电子加速器在正常运行过程中，不会产生固态污染物。</p> <p>(3) 气态污染物处理方案</p>	

本项目电子加速器在工作状态时，空气在辐射照射下产生臭氧和氮氧化物等有害气体。建设单位拟在机房辐照室安装 F4-72-7A 型离心风机，排风能力为 11000~23000m<sup>3</sup>/h。评价项目机房辐照室体积为 270.6 m<sup>3</sup>，根据风机最小通风量 11000 m<sup>3</sup>/h 进行计算，机房内每小时换气次数为 40.6 次，能保证能及时将臭氧、氮氧化物等有毒有害气体排出室外。

辐照室内的排风系统进风口位于辐照室内部中间的地面处。排风管道回弯后从机房南墙穿出机房，并延伸至厂房屋顶，距离地面高度为 15m。根据评价项目周边环境，周边厂房最高为评价项目所在厂房，总高度为 14.8m，评价项目排气筒高度高于该厂房屋顶。

由于拟安装的机械排风装置的排风能力不小于 11000m<sup>3</sup>/h，在正常运行时，辐照室内的气压将时刻比辐照室外的气压低，保证气体不外溢，可以有效地避免臭氧、氮氧化物等扩散到工作场所内。

设备通风设置联锁，设备切断高压 10min 内无法从外部打开机房门，根据计算结果，10min 后开门，机房内臭氧浓度可满足《工作场所有害因素职业接触限值 第 1 部分：化学有害因素》（GBZ2.1-2019）规定工作场所空气中臭氧容许浓度限值为 0.3mg/m<sup>3</sup> 的要求。

为了防止拟建电子加速器的钛窗过热，机房内安装钛窗冷风机，通风量不小于 600m<sup>3</sup>/h，对辐照室内的钛窗进行风冷，该部分冷却风作为辐照室内新风系统的一部分。另外，辐照室迷道出入口也可提供新风。

建设单位辐照室的通风系统设计合理，通风系统可以有效地对辐照室内空气进行换气。

**表 11 环境影响分析**

**11.1 建设阶段环境影响分析**

本项目建设阶段主要有声环境、空气环境、水环境和固体废物对环境的影响。

**11.1.1 声环境影响分析**

该评价项目施工期的噪声主要来自土建施工、装修、相关设施的安装调试等几个阶段中，但该评价项目的建设工程，影响期短暂，影响范围小，施工主要是在本建设单位内，距离外周围建筑较远，且有综合楼遮蔽，随施工结束而消除。

**11.1.2 环境空气影响分析**

在整个施工期，涉及材料运输、装卸和土建等过程，可能会产生扬尘，受施工方式、设备、气候等因素制约，产生的随机性和波动性大。但工程施工结束后即可恢复。

**11.1.3 水环境影响分析**

本工程施工污水主要是少量施工废水。施工废水含泥沙和悬浮物，直接排出会阻塞排水沟和对附近水体造成污染，对此，施工单位应对废水进行妥善处理，不得随意外排。

**11.1.4 固体废物影响分析**

施工期间固体废物主要为建筑垃圾，建筑垃圾若不妥善处置则会产生环境影响。施工期的建筑垃圾应分别堆放，并委托相关部门妥善处理，及时清运或定期运至环卫部门指定的地点安全处理处置，可以使工程建设产生的垃圾处于可控制状态。

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

## 11.2 运行阶段对环境的影响

### 11.2.1 计算源强

建设单位拟建设 1 间机房，机房安装 1 套 HYDZ1020B×2 型综合辐照加工系统。该系统由 2 台 HYDZ1020B 型电子加速器辐照装置组成，2 台加速器可以同时出束，也可以仅有 1 台出束。为了保守估算，以 2 台设备同时出束进行计算。

本项目拟使用电子加速器参数见表 11-1 所示。

表11-1 拟安装设备情况

名称	型号	最大能量	束流	束流损失#
单电子辐照 加加速器	HYDZ10 20B	X 射线：无 电子线：10.0 MeV	5mA	5%

#束流损失为建设单位提供

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979- 2018)中表 A.1 X 射线发射率可知，10MeV 的单能电子入射到高 Z 厚靶( $Z>73$ ) 上，在距靶 1m 处的侧向  $90^\circ$  方向上，X 射线发射率  $Q=13.5 \text{ Gy} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{mA}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 。

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)，距离 X 射线辐照源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率  $D_{10}$  可根据式 11-1 进行计算。

$$D_{10} = 60QIf_e \quad (\text{式 11-1})$$

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

I 为电子束流强度 (mA)，对于辐照室束流强度取 100%，对于主机室束流损失取 5%；

$f_e$  为 X 射线发生修正系数。出束过程中，电子被辐照产品、加速器部件、阻挡板和地板阻挡产生韧致辐射，主要材料为铁、铜、铝和混凝土，根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)附录 A，靶材料为铁、铜时，修正系数较为保守，所以取靶材料为铁、铜。关注点位置与电子线入射方向角度均大于  $90^\circ$ ，所以取  $90^\circ$  方向靶材料为铁、铜时的修正系数 0.5。

#### (1) 一层区域

考虑初级及散射 X 射线能量相差较大，一层辐照室屏蔽墙体外辐射环境主要考虑初级 X 射线，忽略次及多次散射 X 射线的贯穿辐射影响。辐照室迷道口的辐射防护屏蔽评价考虑初级 X 射线贯穿屏蔽墙体后的透射以及经迷道多次散射后到达迷道口的散射线的叠加影响。



## (2) 二层区域

根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)，二层主机室外主要需要考虑：

①尚未加速到最高能量的电子在加速过程中束流损失与钢筒作用产生的束流损失辐射场。根据本项目设备厂家提供数据，本项目使用加速器束流损失为 2%，束流损失点的能量为 3MeV，为了保守计算，取同类设备束流损失最大值 5%，束流损失点的能量为 3MeV。对于束流损失场，考虑射线与辐照室一致，仅考虑韧致辐射初级 X 射线，并对迷道口处叠加迷道散射。

②辐照室韧致辐射 X 射线对其上方主机室外区域贯穿辐射影响。

辐照室屋顶上的孔洞直接照射入主机室内形成的散射辐射场，由于沿与电子束入射方向成 180° 方向的次级 X 射线能量较低，且会受到加速器底部结构屏蔽，所以忽略不计。

因此，加速器工作时，二层主机室屏蔽墙外考虑来自辐照室内的 X 射线(韧致 X 射线)贯穿辐射和束流损失。

根据以上，可计算出在 90° 方向上的标准参考点的吸收剂量率，详见表 11-2。

**表11-2 X 射线辐射源在 90° 方向上 1m 处的标准参考点的吸收剂量率  $D_{10}$**

位置	$Q(90^\circ)$ $Gy \cdot m^2 \cdot mA^{-1} \cdot min^{-1}$	束流	fe	$D_{10}(90^\circ)$ Gy/h	90° 等效入射电子能量
辐照室	13.5	2mA	0.5	810	6MeV
主机室	3.2	0.1mA	0.5	9.6	1.9MeV

HYDZ1020B×2 型综合辐照加工系统 2 台电子加速器辐照装置同时出束时， $D_{10}$  为表 11-2 的 2 倍。

### 11.2.2 计算公式

(1) 参考点周围剂量当量率

参考点周围剂量当量率  $H_0$  ( $\mu Sv/h$ ) 可根据 (式 11-2) 进行计算。

$$H_0 = \frac{D_{10}TB_x}{d^2 \times 1 \times 10^{-6}} \quad (\text{式 11-2})$$

其中， $D_{10}$  为辐射源 1m 处的标准参考点的吸收剂量率 ( $\mu Gy/h$ )；

T 为居留因子，为保守估算，均取 1；

$B_x$  为 X 射线的屏蔽透射比；

d 为 X 射线源与参考点之间的距离 (m)；

$1 \times 10^{-6}$  为单位转换系数。

根据公式 (11-3) 可求出  $B_x$  的取值如下:

$$B_x = 10^{-(S-T_1+T_e)/T_e} \quad (\text{式 11-3})$$

其中,  $S$  为屏蔽体厚度;

$T_1$  为在屏蔽厚度中, 朝向辐射源的第一个十分之一值层。对于等效能量 6MeV 的 X 射线, 第一个十分之一值层可根据《辐射防护手册》(第三分册) 查得, 详见见图 11-1, 取 355mm。对于等效能量 1.9MeV 的 X 射线, 根据 HJ979 取 2.0MeV 时第一个十分之一值层 221mm;

$T_e$  为平衡十分之一值层, 对于等效能量 6MeV 的 X 射线, 平衡十分之一值层可根据《辐射防护手册》(第三分册) 查得, 详见见图 11-1, 取 355mm。对于等效能量 1.9MeV 的 X 射线, 根据 HJ979 取 2.0MeV 时平衡十分之一值层 201mm。

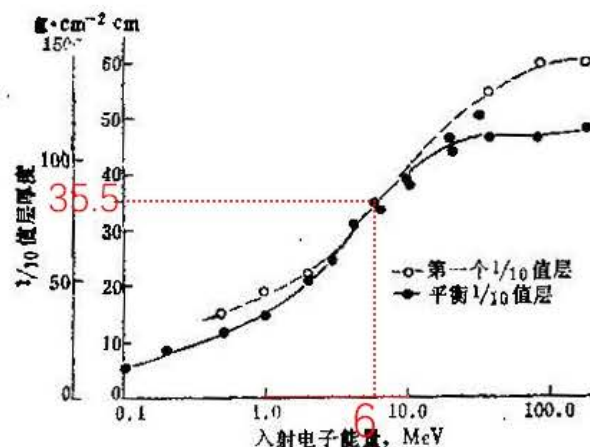


图11-1 混凝土 TVL 取值

## (2) 迷道散射

对于迷道口散射剂量率可根据公式 (式 11-4) 进行计算。

$$H_{1,rj} = \frac{D_{10} \alpha_1 A_1 (\alpha_2 A_2)^{j-1}}{(d_1 d_{r1} d_{r2} \cdots d_{rj})^2} \quad (\text{式 11-4})$$

其中,  $\alpha_1$  为入射到第一个散射体的 X 射线的散射系数, 根据 NCRP No. 55 B. 8a 取混凝土对 6MV 韧致辐射的差分剂量反射率为  $5.3 \times 10^{-3}$

$\alpha_2$  为从以后的物质散射出来的 0.5MeV 的 X 射线的散射系数, 根据 NCRP No. 55 取混凝土对 0.5MeV 韧致辐射的差分剂量反射率为  $1.9 \times 10^{-2}$

$A_1$  为 X 射线入射到第一散射物质的散射面积;

$A_2$  为迷道的截面积;

$d_1$  为 X 射线源与第一散射物质的距离;

$d_{r1}, d_{r2} \cdots d_{rj}$  为沿着迷道长轴的中心线距离;

$j$  为第  $j$  个散射过程。

### (3) 天空反散射

参考《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979—2018)中给出天空反散射的计算方法:

$$H_{sky} = 2.5 \times 10^{-2} \frac{D_{10} \Omega^{1.3} B}{d_1^2 d_s^2} \quad (\text{式 11-5})$$

式中:

$H_{sky}$ ——在距离放射源  $d_s$  处地面, 天空反散射的 X 射线周围剂量当量率, Sv/h;

$B$  ——屏蔽透射因子;

$\Omega$  ——由 X 射线源与屏蔽墙对向的立体角, Sr;

$d_i$  ——在屋顶上方 2m 处离靶的垂直距离, m;

$d_s$  ——X 射线源至散射点 P 点的距离, m。

$\Omega$  计算方法可根据《辐射防护导论》(原子能出版社, 方杰等, P180), 详见公式 11-6。

$$\Omega = 4 \arctan \frac{ab}{cd} \quad (\text{式 11-6})$$

$a, b$  为辐射源到墙外的最小长度和宽度的一半;  $c$  为靶到屋顶表面的距离;  $d$  为靶到屋顶边缘的距离。

### (4) 侧向散射

评价项目建成后, 周边 50m 范围内无高层建筑, 所以不考虑侧向散射。

## 11.2.3 理论计算结果

### (1) 关注点

本项目加速器机房整体为对称结构, 所以对于对称位置, 仅取一个关注点。对于主机室, 项目传送带上面距离地面为 0.7m, 所以取地面 0.7m 处为源点进行计算。在机房外 30cm 处选取关注点, 选取穿透厚度和距离均最小的点为关注点, 并尽可能的将关注点选取在人员可达处。选择关注点选取见图 11-2 至图 11-5。

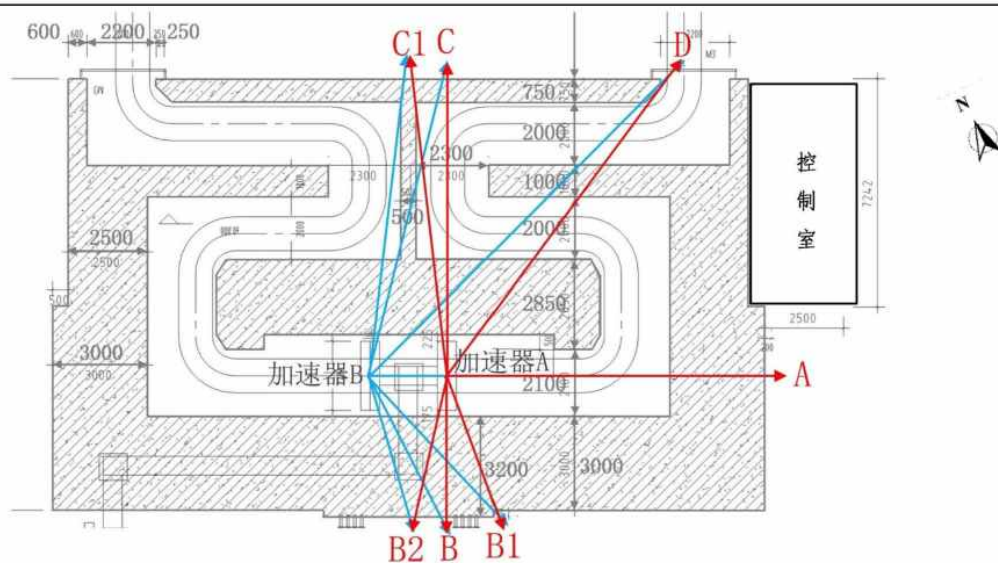


图11-2 辐照室外关注点

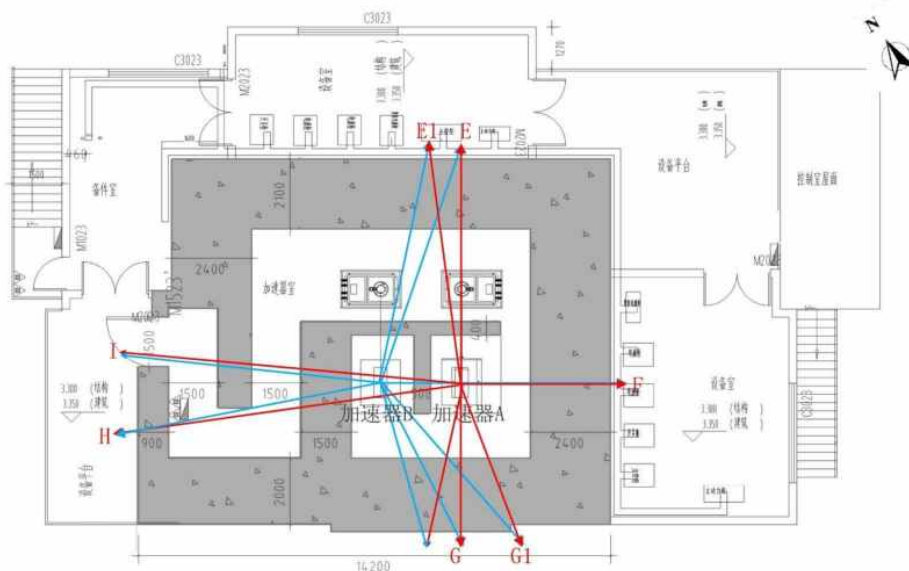


图11-3 主机室外关注点

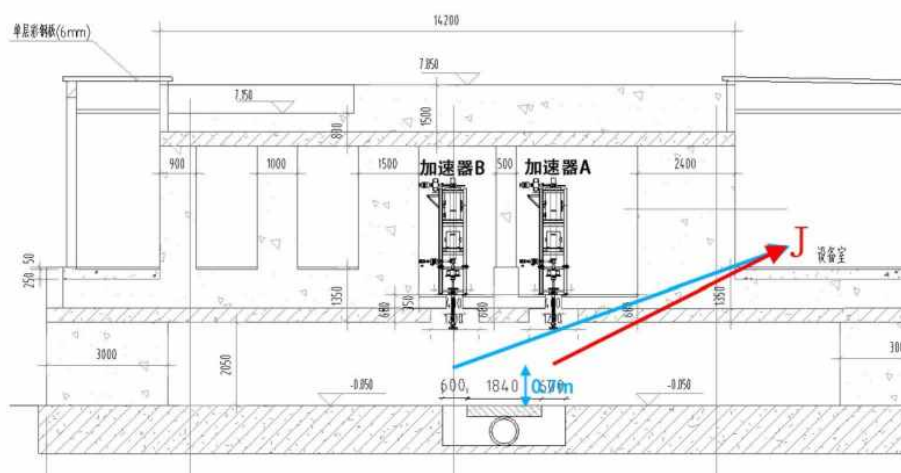


图11-4 辅助用房关注点

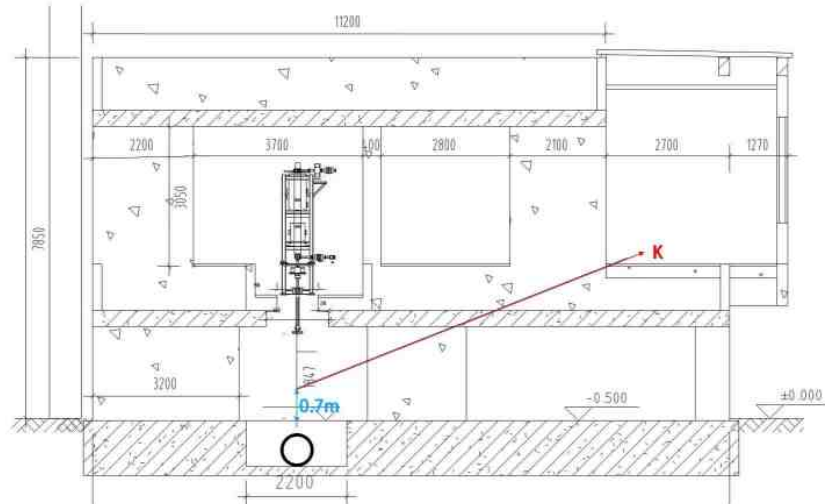


图11-5 辅助用房关注点

(2) 关注点周围剂量当量率

根据公式 11-2 计算关注点剂量率及参数见表 11-3。

表11-3 关注点剂量率计算参数及结果

关注点	加速器	$D_{10}$ (Gy/h)	d (m)	S (mm)	$T_1$ (mm)	$T_e$ (mm)	$H_0$ ( $\mu$ Sv/h)	叠加后 ( $\mu$ Sv/h)
A	A	810	10.4	3000	355	355	0.027	0.044
	B		12.8	3000	355	355	0.018	
B	A		4.8	3200	355	355	0.034	0.036
	B		5.4	3594	355	355	0.002	
B1	A		4.9	3213	355	355	0.030	0.030
	B		6.2	4070	355	355	<0.001	
B2	A		4.9	3303	355	355	0.017	0.033
	B		4.9	3303	355	355	0.017	
C	A		9.7	3100	355	355	0.016	0.016
	B		10	5251	355	355	<0.001	
C1	A		9.8	3120	355	355	0.014	0.027
	B		9.8	3120	355	355	0.014	
D	A		12.2	3251	355	355	0.004	0.004
	B		13.8	4813	355	355	<0.001	
E	A	9.6	7	2500	221	201	<0.001	<
	B		7.4	2623	221	201	<0.001	0.001
E1	A		7.1	2531	221	201	<0.001	<
	B		7.1	2531	221	201	<0.001	0.001
F	A		4.8	2400	221	201	<0.001	<
	B		7.2	2400	221	201	<0.001	0.001
G	A		4.8	2200	221	201	<0.001	



	B		5.4	2472	221	201	<0.001	< 0.001
G1	A		4.9	2143	221	201	<0.001	<
	B		6.2	2715	221	201	<0.001	0.001
G2	A		4.9	2272	221	201	<0.001	<
	B		4.9	2272	221	201	<0.001	0.001
H	A		10.1	2400	221	201	<0.001	<
	B		7.7	2400	221	201	<0.001	0.001
I	A		10	2500	221	201	<0.001	<
	B		7.6	2500	221	201	<0.001	0.001
J	A	810	5.8	2554	355	355	1.539	1.539
	B		8	3807	355	355	<0.001	
K	A		8.1	5587	355	355	<0.001	<
	B		8.1	5587	355	355	<0.001	0.001

关注点 F 和关注点 J 在同一场所，叠加后周围剂量当量率为  $1.539 \mu\text{Sv/h}$ 。

关注点 K 和关注点 E 在同一同场所，叠加后周围剂量当量率为  $<0.001 \mu\text{Sv/h}$ 。

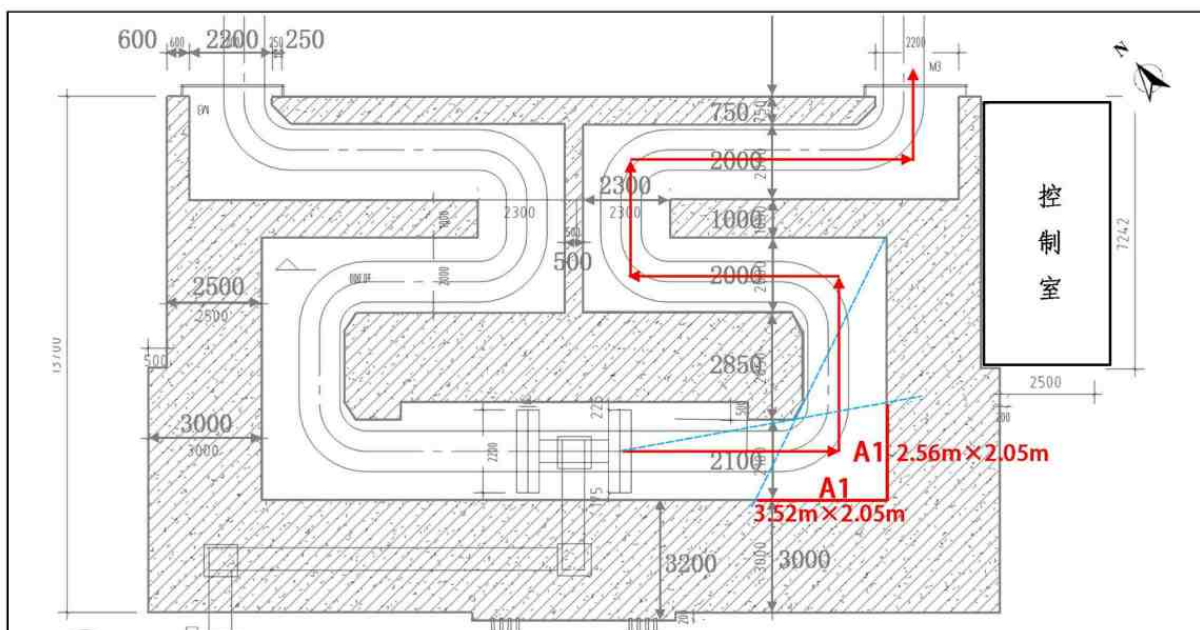
### (3) 迷道散射

迷道散射示意图见图 11-6 和图 11-7。由图可知，辐照室经过 6 次散射，主机室经过 3 次散射，可到达迷道口入口处。距离迷道口最近的加速器从源点到各散射点的距离和面积见表 11-4。

**表11-4 各散射点距离 (m) 和面积 (m<sup>2</sup>)**

位置	第一次		第二次		第三次		第四次		第五次		第六次
	d1	A1	dr1	A2	dr2	A3	dr3	A4	dr4	A5	dr5
辐照室	4.10	12.46	4.98	4.51	4.68	4.10	3.00	4.72	7.70	4.10	2.05
主机室	2.97	3.50	7.57	16.53	6.99	2.17	5.85	/	/	/	/

根据以上参数进行计算，计算出距离迷道口最近的加速器运行时，辐照室迷道散射  $0.0001 \mu\text{Sv/h}$ ，主机室迷道散射为  $0.0001 \mu\text{Sv/h}$ 。当两台设备同时运行时，最大不会超过估算结果的 2 倍，所以机房辐照室迷道散射和主机室机房迷道散射均  $<0.001 \mu\text{Sv/h}$ 。



说明：A1 为根据蓝色辅助线计算出，A2-A5 为迷道宽度×迷道高度。

图11-6 辐照室 2 次散射次数散射示意图

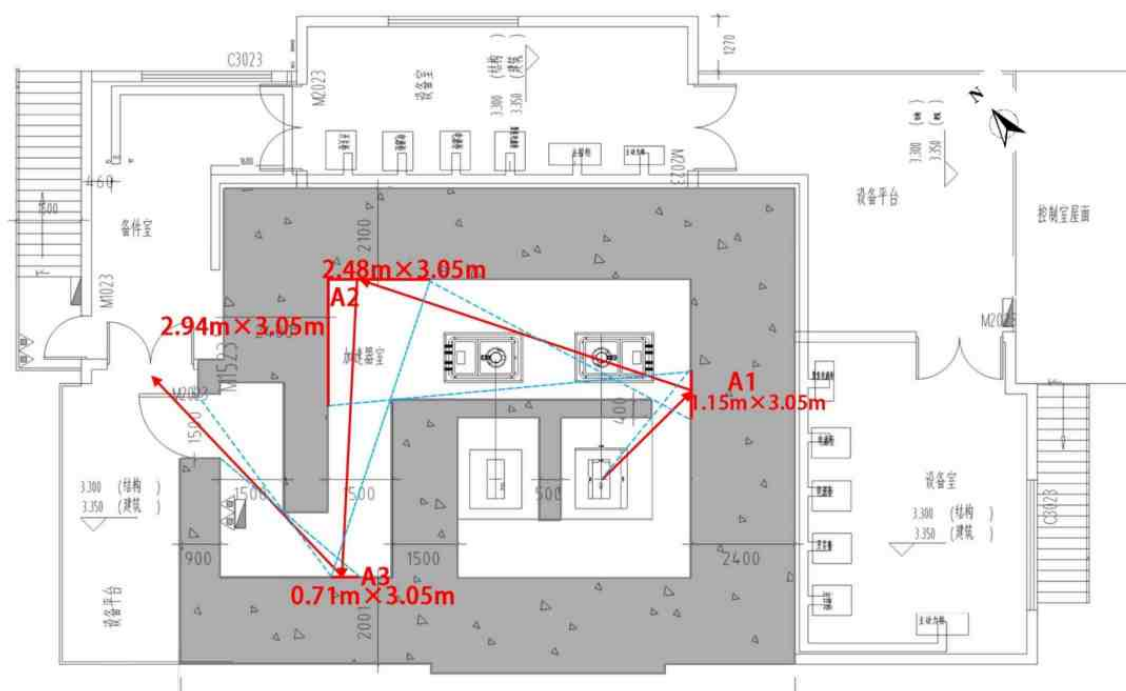


图11-7 主机室迷道散射示意图

(4) 天空反散射

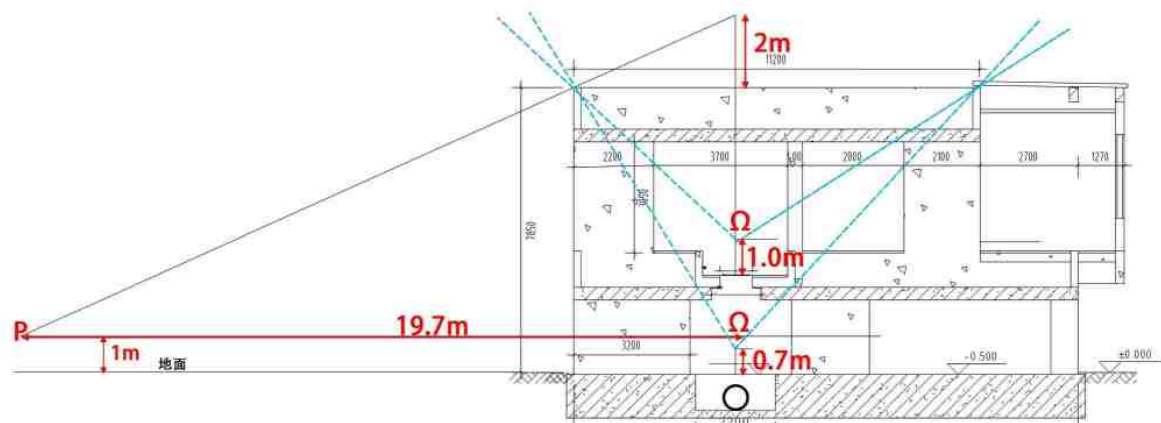


图11-8 天空反散射示意图

如图 11-5 关注点 P，需要考虑其天空反散射。机房屋顶长度的一半  $a$  为 5.6m，宽度的一半  $b$  为 4.7m，辐照室靶到屋顶表面的距离  $c$  为 7.2m，靶到屋顶边缘的距离  $d$  为 10.26m；主机室靶到屋顶表面的距离  $c$  为 4.17m，靶到屋顶边缘的距离  $d$  为 8.42m。根据公式 11-6 计算出辐照室的立体角为 1.37sr，主机室的立体角为 2.57sr。

所以，天空反散射计算结果见表 11-5。

表11-5 天空反散射计算参数及结果

位置	$D_{10}$ Gy/h	$\Omega$ sr	$d_i$ m	$d_s$ m	$S$ mm	$T_1$ mm	$T_e$ mm	$H_{sky}$ $\mu$ Sv/h
辐照室	810	1.37	9.2	19.7	2850	355	355	<0.0001
主机室	9.6	2.57	6.17	19.7	1500	221	201	<0.0001

根据以上计算结果可知，单台电子加速器辐照装置引起天空反散射引起地面剂量率水平平均小于 0.0001  $\mu$  Sv/h，2 台叠加后，由于天空反散射引起地面剂量率水平小于 0.0001  $\mu$  Sv/h。

#### (5) 总结分析

现对各关注点计算结果汇总并于标准进行对照分析见表 11-6。

表11-6 各关注点计算结果分析

关注点	计算结果 ( $\mu$ Sv/h)			标准要求
	直接照射	迷道散射	合计	
A	0.044	/	0.044	<2.5 $\mu$ Sv/h
B	0.036	/	0.036	
C	0.027	/	0.027	
D	0.004	/	0.004	
E	<0.001	<0.001	<0.001	
F	1.539	<0.001	1.539	
G	<0.001	/	<0.001	
H	<0.001	/	<0.001	

I	<0.001	/	<0.001	
---	--------	---	--------	--

根据以上分析，评价项目机房外关注点周围剂量当量率不会超过 1.539Sv/h，可满足报告根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）确定的辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 μSv/h 的限值。

#### 11.2.4 个人剂量分析

##### (1) 职业照射

根据表 9，辐射工作人员在控制室和其他相关场所的居留时间比例约为 7：1，对应年居留时间分别约为 1750 小时和 250 小时。对于控制室，按照计算结果中关注点 A 的计算结果 0.044 μSv/h 进行计算，对于其他相关场所按照关注点 F 计算结果 1.539 μSv/h 进行计算，因时间已按照实际居留情况进行划分，所以居留因子均取 1，所以辐射工作人员年有效剂量为：

$$(0.044 \times 10^{-3}) \text{mSv/h} \times 1750\text{h} + (1.539 \times 10^{-3}) \text{mSv/h} \times 250\text{h} = 0.462 \text{mSv}$$

##### (2) 公众

根据表 7 中列出的保护目标，分别估算保护目标内的公众本项目照射的年有效剂量，计算过程中距离机房较远的点按照剂量率与距离平方成反比考虑辐射衰减。

因评价项目周边均为工厂，所以时间按每天工作 8 小时，年工作 250 天，共计 2000 小时计算。

评价项目 50m 范围内公众年有效剂量计算结果见表 11-7。

表11-7 50m 范围内公众剂量估算参数及结果

序号	人员类型	周围剂量当量率 (μSv/h)	距离	衰减	时间 (h)	居留因子	年有效剂量 (mSv/a)
1	建设单位办公区	0.044	12m	/	2000	1	0.088
2	装卸货工位	0.027	6m	/	2000	1	0.054
3	辐照车间		>1m	/			
4	厂房内通道	0.044	紧邻	/	2000	1/16	0.036
5	门卫	0.044	32m	考虑	2000	1	<0.001
6	厂区食堂	0.044	20m	考虑	2000	1/4	<0.001
7	西南面生产车间	0.044	18m	考虑	2000	1	<0.001
8	西北面生产车间	0.044	50m	考虑	2000	1	<0.001
9	东北面停车场	0.044	30m	考虑	2000	1/16	<0.001
10	厂区内道路	0.044	2.5m	/	2000	1/16	0.006
11	东南面厂外公路及人行道	0.044	37m	考虑	2000	1/16	<0.001



对于天空散射，其理论计算结果为小于  $0.0001 \mu\text{Sv/h}$ ，考虑居留因子为 1 时，年工作时间为 2000h，对人员年有效剂量贡献值小于  $0.001\text{mSv/a}$ ，与表 11-7 估算结果进行叠加后计算结果与该表保持一致。

从以上分析，辐射工作人员年受照有效剂量不会超过  $0.462\text{mSv}$ ，公众的年受照有效剂量不超过  $0.088\text{mSv}$ ，低于本评价报告提出的辐射工作人员剂量约束值  $5\text{mSv/a}$  和公众年有效剂量约束值  $0.1\text{mSv/a}$ 。以上数据是偏保守的计算结果，实际情况中工作人员和公众受照累计剂量均低于以上估算值。

### 11.2.5 臭氧分析

辐照加速器在开机运行过程中因射线强辐射作用，在空气中会产生极少量臭氧 ( $\text{O}_3$ ) 和微量氮氧化物 ( $\text{NO}_x$ ) 等有害气体。这些气体浓度过高会影响人体健康。相比之下臭氧的危害较氮氧化物大，其产额高，毒性大，氮氧化物  $\text{NO}_x$  产额约为  $\text{O}_3$  的  $1/3$ 。因此主要考虑臭氧的影响。

平行电子束所致  $\text{O}_3$  的产生率  $P$  可以用公式 (11-5) 进行保守的估算：

$$P = 45dIG \quad (11-5)$$

其中：  $P$ ——单位时间电子束产生  $\text{O}_3$  的质量 ( $\text{mg/h}$ )；

$I$ ——电子束流强度 ( $\text{mA}$ )，取  $2\text{mA} \times 2$ ；

$d$ ——电子在空气中的行程 ( $\text{cm}$ )，辐照室层高为  $205\text{cm}$ ，所以  $d$  取  $205\text{cm}$ ；

$G$ ——空气吸收  $100\text{eV}$  辐射能量产生的  $\text{O}_3$  分子数，保守值可取为 10。

臭氧平衡浓度  $C_s$  为根据公式 (11-6) 进行估算。

$$C_s = P \frac{T_e}{V} \quad (11-6)$$

其中：  $P$ ——单位时间电子束产生  $\text{O}_3$  的质量 ( $\text{mg/h}$ )

$T_e$ ——对臭氧的有效清除时间 ( $\text{h}$ )，机房换一次气的时间为  $0.025\text{h}$ ，近似取清除时间为  $0.025\text{h}$ ；

$V$ ——机房体积， $\text{m}^3$ ，机房总体积为  $270.6\text{m}^3$ ；

关闭加速器后风机运行的持续时间  $T$  公式见 (11-7)。

$$T = -T_e \ln \left( \frac{C_0}{C_s} \right) \quad (11-7)$$

其中：  $C_0$ ——臭氧的最高容许浓度， $0.3\text{mg/m}^3$ ；



$C_s$ ——臭氧平衡浓度， $\text{mg}/\text{m}^3$ ；

$T_e$ ——对臭氧的有效清除时间， $\text{h}$ ；

根据以上公式对加速器臭氧进行计算结果如下：

$$P=45 \times 205 \times 4 \times 10 \text{ mg/h} = 3.69\text{E}+5\text{mg/h}$$

$$C_s=3.69\text{E}+5 \times 0.025/270.6=33.5\text{mg}/\text{m}^3$$

$$T=-0.025 \times \ln(0.3/33.5) \text{ h}=0.116\text{h} \approx 6.96\text{min}$$

根据以上分析，评价项目正常运行过程中，机房内臭氧的平衡浓度为  $33.5\text{mg}/\text{m}^3$ ，设备关机后 6.96 分钟，机房内臭氧浓度低于  $0.3 \text{ mg}/\text{m}^3$ ，建设单位加速器设定关机后开门等待时间 8 分钟可进入机房合理。

### 11.3 事故期间的风险分析

本项目是在有实体边界的辐照室内使用射线装置，项目开展期间可能发生的辐射事故及风险主要为人员误入辐照室引起误照射。事故的发生主要是在管理上出问题，辐射工作人员平时必须严格执行各项管理制度，严格遵守设备的操作规程，进行辐射工作前检查是否已按要求做好各种相应的辐射防护措施，并定期检查辐照室的辐射屏蔽和各项辐射安全措施的性能，及有关的安全警示标志是否正常工作，避免人员误入正在工作中的辐照室和其它安全事故。

#### 11.3.1 可能发生的事故

根据第十章分析以及事故案例情况，评价项目可能发生的辐射安全事故如下：

①人员误入：安全联锁失效，人员可能在安全门未关闭时误入主机室或辐照室，如果这时运行加速器，则可能造成误照事故；

②人员未撤离机房出束：辐照室或主机室中仍有其他人员未撤离时，操作人员未严格按照操作规程确认机房中环境便运行加速器，则会造成机房中人员受误照射；

③加速器故障：加速器设备出现故障时（如直流高压发生器故障），可能导致加速器的加速管外产生射线，造成误照事故；

④维修过程中误操作：设备维护或维修调试过程中，工作人员错误操作，加载高压并出束，造成误照事故。

以上事故，可能发生的事故类型为一般辐射事故或较大辐射事故。建设单位应在使用加速器过程中，加强管理，预防事故的发生。

### 11.3.2 事故处理

①立即消除事故源，防止事故继续蔓延和扩大，即第一时间启动紧急开关，停止射线装置出束，并启动应急预案。

②及时检查、估算受照人员的受照剂量，如果受照剂量较高，应及时安置受照人员就医检查。

③及时处理，出现事故后，应尽快集中人力、物力，有组织、有计划的进行处理。这样，可缩小事故影响，减少事故损失。

④事故处理后应收集资料，及时总结报告。建设单位对于辐射事故进行记录：包括事故发生的时间和地点，所有涉及的事故责任人和受害者名单；对任何可能受到照射的人员所做的辐射剂量估算结果；所做的医学检查及结果；采取的纠正措施；事故的可能原因；为防止类似事件再次发生所采取的措施。

### 11.3.3 事故预防

本项目辐射事故的发生主要是在管理上出问题，因此，本项目预防措施主要为严格执行各项管理制度，严格遵守设备的操作规程，进行辐射工作前检查是否已按要求做好各种相应的辐射防护措施，避免事故的发生。并且建设单位应严格落实以下措施：

#### （1）警示标识

警示标识是本预警系统的初步设施，加速器辐照厅门上和工作场所门上都设有防止工作人员和公众受到意外照射的安全警示标识，并定期检查完整性。

#### （2）安全联锁装置

加速器机房设置了多道不同的安全联锁，有足够的冗余性，保证机房内安全。机房内还设置有摄像监控系统，在设备运行过程中，可通过摄像监控观察机房内情况。安全联锁正常运行时，可有效避免发生辐射安全事故。建设单位应保证所有安全联锁符合国家所规定的标准，并定期对安全联锁装置进行检查和功能性验证。

#### （3）加强人员培训，定期组织应急演练

辐射工作人员应按要求参加辐射安全与防护培训，考核合格，取得合格证后方可上岗。公司定期组织培训，增加公司内部人员安全意识。定期组织应急演练，演练重点辐射事故报警报告、应急监测及处置能力。实景展现辐射事故中预案启动、

现场监测、处置、舆情应对、医疗救助全过程，强化应急处置队伍，引起工作人员对辐射事故重视。

## 表 12 辐射安全管理

### 12.1 辐射安全与环境管理机构的设置

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的相关规定：使用Ⅱ类射线装置的工作场所，应当设有专门的辐射安全与环境保护管理机构，或者至少有 1 名具有本科以上学历的技术人员专职负责辐射安全与环境保护管理工作。

该项目处于筹建阶段，目前相关人员仍未落实，但建设单位计划成立辐射防护管理领导小组，并明确该小组的组织架构和相关的主要职责，辐射防护管理领导小组见表 12-1。

表 12-1 建设单位辐射防护管理领导小组框架

序号	管理人员	姓名	职务	专/兼职情况
1	组长	黄汉波	生产主管	兼职
2	组员	黎楚强	技术员	兼职
3	组员	陈荣坤	技术员	兼职
4	组员	候承涛	技术员	兼职

辐射防护管理领导小组的主要职责为：

1. 制定并完善辐射安全管理相关制度，确保相关制度的落实，公司辐射安全与防护管理预算的编制与执行；
  2. 负责本单位加速器的使用安全，防止辐射事故，危害公众的安全和健康；
  3. 严格执行国家有关放射性同位素与射线装置安全和防护条例，向生态环境主管部门申报环境影响评价，申领辐射安全许可证等制度，并接受相关部门的指导和监督；
  4. 定期对辐射工作场所进行辐射防护检测、监测和检查；
  5. 辐射工作人员参加辐射安全与防护培训，并按照要求协助培训人员进行报名考核，并对合格证进行管理。定期组织内部培训，对装卸货工人进行辐射安全教育；
  6. 落实个人剂量监测，进行个人剂量计的收发和指导佩戴，统计检测数据，建立个人健康监护档案。
  7. 对本单位的核技术利用项目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；
  9. 制定辐射事故应急预案，制定辐射应急演练计划并组织实施。
- 建设单位的辐射安全与环境管理机构的设置可以满足相关标准要求。

## **12.2 辐射安全管理规章制度**

根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》，使用Ⅱ类射线装置的单位应有健全的操作规程、岗位职责、辐射防护和安全保卫制度、设备检修维护制度、人员培训计划、监测方案等，有完善的辐射事故应急措施。

为了保障放射性同位素和射线装置的使用安全，建设单位制定了《辐射防护安全管理制度》《辐照加速器安全操作规程》《辐射工作岗位职责》《电子加速器辐照装置检修维修规定》《辐射工作人员培训制度》《辐射工作场所及环境监测方案》《辐射工作人员个人剂量监测管理办法》等相关辐射安全管理制度（见附件6），建设单位已建立了辐射安全管理制度，规定了辐照加速器使用和维修流程，建设单位在日常运行过程中，不断完善各项管理制度，使其在辐射安全管理中发挥效能。

## **12.3 辐射工作人员的培训**

根据环境保护部第18号令《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》第三章——人员安全和防护，使用射线装置的单位，应当按照环境保护部审定的辐射安全培训和考试大纲，对直接从事使用活动的操作人员以及辐射防护负责人进行辐射安全培训，并进行考核；考核不合格的，不得上岗。根据《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（生态环境部公告2019年第57号）自2020年1月1日起，新从事辐射活动的人员，应当通过生态环境部培训平台报名并参加考核。

建设单位计划配备4名辐射工作人员，项目运行前，拟安排所有辐射工作人员参加辐射安全与防护培训，并参考考核，取得合格证后上岗。考试合格证有效期为5年，期满后，建设单位将组织人员重新培训并参加考核。

## **12.4 其他辐射安全措施**

建设单位将对本单位的辐射安全和防护状况进行年度评估，并于每年1月31日前向发证机关提交上一年度的评估报告。

## **12.5 辐射监测**

### **（1）环保措施竣工环境保护验收**

评价项目竣工3个月内，建设单位应当按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）和《建设项目竣工环境保护设施验收技术规



范 核技术利用》（HJ1326-2023）的规定，对配套建设的环境保护设施进行验收。建设单位应当如实查验、监测、记录建设项目环境保护设施的建设和调试情况，编制验收监测报告。

建设单位不具备编制验收监测报告能力的，可以委托有能力的技术机构编制，建设单位对受委托的技术机构编制的验收监测报告结论负责。建设单位在验收过程中，应当如实查验、监测、记载建设项目环保设施的建设和调试情况，不得弄虚作假。

除按照国家规定需要保密的情形外，建设单位应当依法向社会公开验收报告。

本次建设项目经验收合格，方可投入生产或使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或使用。

对本项目进行验收时，可依据下列文件进行：

①关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的公告，环境保护部文件 国环规环评（2017）4号；

②中华人民共和国国务院令 第682号，国务院关于修改《建设项目环境保护管理条例》的决定（2017年10月1日起施行）；

③本项目环评报告及批复文件。

④《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》（HJ1326-2023）

验收工作程序主要包括验收自查、验收监测工作和后续工作，其中验收监测工作可分为验收监测、验收监测报告编制两个阶段；后续工作包括提出验收意见、编制“其他需要说明的事项”、形成验收报告、公开相关信息并建立档案四个阶段。

#### ①验收自查

a. 环保手续履行情况：环境影响报告表及其审批部门审批情况，国家与地方生态环境部门对项目的督查、整改要求和其他相关要求的落实情况，建设过程中的重大变动及相应手续履行情况，辐射安全许可证持证情况进行自查；

b. 项目情况：对照环境影响报告表及其审批部门审批决定等文件，自查项目建设性质、规模、地点，主要生产工艺、辐射源项、项目主体工程、辅助工程规模等情况；

c. 辐射安全与防护设施建设情况：建设情况：逐项自查环境影响报告表及其审批部门审批决定中的辐射安全与防护设施建成情况；逐项自查环境影响报告表及其审批部门审批决定中的辐射安全与防护措施的落实情况，包括管线穿屏蔽墙体情况、人员活动区域的屏蔽补偿情况、安全联锁、警示标志、辐射分区、信号指示、视频监控等安全与防护状况，辐射监测执行情况；逐项自查法规制度执行情况，包括人员培训考核、个人剂量管理、辐射监测、台账管理等。

d. 通过全面自查，发现环境保护审批手续不全的、发生重大变动且未重新报批环境影响报告表或环境影响报告表未经批准的、未按照环境影响报告书（表）及其审批部门审批决定要求建成辐射安全与防护设施、落实辐射安全与防护措施，应办理相关手续或整改完成后再继续开展验收工作；对于监管部门在审批辐射安全许可证或监督检查时提出的整改意见，要说明整改落实情况。

## ②验收监测

a. 验收监测方案编制：建设单位根据验收自查结果，明确实际建设情况和辐射安全与防护设施/措施落实情况，在此基础上确定验收工作范围、验收评价标准，明确监测期间工况记录方法，明确验收监测点位、监测因子、监测方法、频次等。验收单位制定验收监测质量保证和质量控制工作方案。

b. 工况要求：验收监测应当在确保主体工程工况稳定、辐射安全与防护设施建成并运行正常的情况下进行，并如实记录监测时的实际工况以及关键参数：电子能量和束流。

## c. 验收执行标准

《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5  $\mu$  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。验收前，如发布新标准，应按照新标准执行限值。

## d. 验收监测

验收过程中，除了需要对辐射防护措施，安全联锁及辐射安全管理进行核查外，还需要进行验收监测。检测点位见表 12-2。

**表 12-2 竣工环境保护验收一览表**

验收内容	验收要求
年有效剂量约束值	根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）确定的公众、职业照射剂量约束值为 0.1mSv/a 和 5mSv/a。
周围剂量当量率限值	机房外 30cm 处周围剂量当量率限制的限值为 2.5 $\mu$ Sv/h
验收范围	加速器机房辐射屏蔽和辐射安全设施。
检测点位	1) 通过巡测,发现的辐射水平异常高的位置,并进行重点监测; 2) 加速器屏蔽体外 30cm 处,距离地面 1m 处进行监测; 3) 安全门防护门四周外 30cm 处; 4) 操作室操作位,电缆沟上方和通风管道外侧,传送带边界(装卸货区); 5) 天空散射点位置; 6) 周围环境敏感点。
安全标识	1) 电离辐射标识; 2) 紧急出口提示; 3) 应急照明; 4) 监督区和控制区划分标识。设置位置和数量与环评报告一致;
安全联锁	配备安全联锁种类,数量及功能均与本报告一致
辐射安全管理	成立辐射安全管理小组,落实辐射安全管理制度,所有辐射工作人员均参加培训,并取得合格证,配备个人剂量计。应急预案运行良好,可有效处理各种应急工况。《辐射防护和安全保卫制度》《操作规程》《辐射事故应急预案》应在控制室内粘贴上墙。
监测仪器	配备 1 台便携式辐射监测仪,2 台个人剂量报警仪

e. 验收监测实施：验收监测应由具有相应检验检测能力的机构开展，按照验收监测方案开展现场监测，做好现场监测的质量控制与质量保证工作，并对涉及的其他辐射安全防护设施/措施建设、落实及运行情况进行现场检查。

f. 验收监测报告编制：完成验收监测与检查后，建设单位应组织编制验收监测报告，对监测数据和检查结果进行分析、评价并得出结论。结论应明确辐射安全与防护设施运行效果，项目对辐射工作人员、公众和周边环境的辐射影响情况等。

### ③后续工作

验收监测报告编制完成后，进入后续验收工作程序，提出验收意见，编制“其他需要说明的事项”，形成验收报告。验收报告包括验收监测报告、验收意见和“其他需要说明的事项”三项内容。验收意见包括工程建设基本情况、工程变动情况、辐射安全与防护设施/措施落实情况、工程建设对环境的影响、验收结

论和后续要求。验收报告应通过全国建设项目竣工环境保护验收信息系统平台向社会公开，并形成验收档案。

## （2）日常自行监测和日常检查

评价项目投入使用后，建设单位拟配备 1 台便携式辐射监测仪用于日常自行监测，可满足要求。

建设单位按照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）对加速器机房进行检查，主要包括日检查、月检查和半年检查。

日检查：建设单位每天均对本项目的下述设备进行检查，发现异常情况时，将暂停调试工作，在排除异常情况后才会再次启用辐照加速器。具体检查内容包括：

- ①工作状态指示灯、报警灯和应急照明灯；
- ②辐照装置安全联锁控制显示状况；
- ③个人剂量报警仪和便携式辐射监测仪器工作状态；
- ④视频监控图像显示状况。

月检查：建设单位每月对本项目的加速器设备进行检查，发现异常情况时，将暂停调试工作，在排除异常情况后才会再次启用加速器。具体检查内容包括：

- ①辐照室内固定式辐射监测仪设备运行状况；
- ②控制台及其他所有紧急停止按钮；

③通风系统的有效性：风机运行过程中声音较大，直接开启风机即可验证风机是否正常工作，建设单位应定期对排风口排风情况进行检测；

④验证安全联锁功能的有效性：安全联锁均为间接或直接切断高压，通过设备信号柜中测定反馈信号，以确认安全联锁功能是否有效；

⑤烟雾报警器功能正常：通过观察烟雾报警的联锁信号，判定烟雾报警器是否正常工作，通过引入可靠性烟源的方式对烟雾报警器进行测试。

⑥辐射自行检测：使用便携式辐射剂量率仪，对加速器机房屏蔽体外进行辐射防护检测。检测情况见表 12-3。

表 12-3 自行检测情况

检测因子	周围剂量当量率
点位	1) 通过巡测,发现的辐射水平异常高的位置, 并进行重点监测; 2) 机房屏蔽体外 30cm 处, 距离地面 1m 处进行监测; 3) 机房门外 30cm 处;

	4) 操作室, 电缆沟上方和通风管道外侧, 传送带边界 (装卸货区); 5) 天空散射点位置。
日常监测管理值	机房外 30cm 处周围剂量当量率限值根据验收结果确定, 不应大于限值 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

周围剂量当量率高于验收检测水平时, 应立即开展调查; 超过  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ , 需立即停止加速器的运行, 同时查找原因, 进行整改, 直到监测结果满足限值后, 方可再次开展项目。

半年检查: 建设单位每半年对本项目的下述设备进行检查, 发现异常情况时, 将暂停使用电加速器, 在采取措施排除异常情况后才会再次启用加速器。半年检查为全部安全设备和控制系统运行状况。建设单位承诺将严格落实运行日志的记录, 记录与装置有关的重要活动事项并保存日志档案。记录事项包括以下内容:

- 1) 运行工况;
- 2) 发生的故障及排除方法;
- 3) 外来人员进入控制区情况;
- 4) 个人剂量计佩戴情况;
- 5) 个人剂量、工作场所和周边环境的辐射监测结果;
- 6) 检查及维修维护的内容和结果;
- 7) 其他需要记录的内容。

(3) 年度常规监测

根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部第 18 号令 2011 年) 的相关规定, 使用放射性同位素与射线装置的单位应当按照国家环境监测规范, 对相关场所进行辐射监测, 并对监测数据的真实性、可靠性负责; 不具备自行监测能力的, 可以委托经省级人民政府环境保护主管部门认定的环境监测机构进行监测。

建设单位将严格执行辐射监测计划, 定期委托有相关资质的第三方辐射监测机构对机房的辐射水平进行监测。监测点位见表 12-4。

**表 12-4 年度监测情况**

检测因子	周围剂量当量率
点位	1) 通过巡测, 发现的辐射水平异常高的位置, 并进行重点监测; 2) 加速器屏蔽体外 30cm 处, 距离地面 1m 处进行监测; 3) 机房门外 30cm 处;



	4) 操作室, 电缆沟上方外侧和通风管道外侧, 传送带边界 (装卸货区); 5) 天空散射点位置。
日常监测管理值	机房外 30cm 处周围剂量当量率限值根据验收结果确定, 不应大于限值 $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。
<p>年度监测数据将作为本单位的放射性同位素与射线装置的安全和防护状况年度评估报告的一部分, 每年 1 月 31 日前向发证机关提交上一年度的评估报告。</p> <p>建设单位应按照《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》编制年度评估报告, 年度评估报告应包含以下内容:</p> <p>(一) 辐射安全和防护设施的运行与维护情况: 对照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 对项目运行与维护情况进行总结;</p> <p>(二) 辐射安全和防护制度及措施的制定与落实情况;</p> <p>(三) 辐射工作人员变动及接受辐射安全和防护知识教育培训情况;</p> <p>(四) 射线装置台账;</p> <p>(五) 场所辐射环境监测和个人剂量监测情况及监测数据;</p> <p>(六) 辐射事故及应急响应情况;</p> <p>(七) 核技术利用项目新建、改建、扩建和退役情况;</p> <p>(八) 存在的安全隐患及其整改情况;</p> <p>(九) 其他有关法律法规规定的落实情况。</p> <p>(4) 辐射工作人员个人剂量监测</p> <p>根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》(环境保护部第 18 号令) 要求, 使用放射性同位素与射线装置的单位, 应当按照法律、行政法规以及国家环境保护和职业卫生标准, 对本单位的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。</p> <p>建设单位拟为所有辐射工作人员配备个人剂量计, 每季度送检, 并建立个人剂量档案, 终身保存。</p>	
<p><b>12.6 辐射事故应急</b></p> <p>为有效预防和处理可能发生的辐射安全事故, 强化辐射事故应急处理责任, 最大限度地控制事故危害, 建设单位制定了《辐射事故应急预案》(见附件 7)。</p> <p>制度中明确了人员辐射应急领导小组责任: 1) 审批公司辐射事故应急预案;</p> <p>2) 决定辐射事故的启动和终止; 3) 指挥和协调辐射事故应急组织体系中各部门</p>	

应急准备和响应行动，指挥辐射事故应急工作小组进行应急工作；4) 负责发布辐射事故的信息；5) 负责与生态环境主管部门的接口工作，上报辐射事故具体情况；6) 负责组织评价辐射事故应急演练，提出改进意见和建议，并监督和跟踪改进情况；7) 负责辐射事故应急保障工作。

另外，辐射事件应急处理领导小组将承担组织、开展事故现场的应急救援工作，其主要职责是定期对辐射工作场所、设备和人员的辐射防护情况进行自查和监测，发现事故隐患时及时上报单位领导并落实整改；事故发生后立即组织相关部门和人员进行辐射事故应急处理；负责向生态环境行政部门及时报告事故情况；负责制定辐射事故应急处理具体方案并组织实施；当辐射事故中出现人员受照情况时，估算受照人员的受照剂量；负责迅速安置受照人员就医，组织控制区内人员的撤离工作，并及时控制事故影响，防止事故的扩大蔓延等工作。

建设单位《辐射事故应急预案》中给出了建设单位可能涉及事故类型和应急处理方式及应急事故流程，在事故工况下可有效处理事故，防止事故进一步扩散，将事故控制在可控范围，符合要求。

**表 13 结论与建议**

**(1) 项目概况**

广州能辐科技有限公司拟在广州市花都区汽车产业基地岭西路 3 号-1 建设一间电子加速器辐照装置机房，安装 1 套综合辐照加工系统（一室双机，电子能量为 10MeV，最大束流强度为  $2\text{mA} \times 2$ ，属 II 类射线装置），用于消毒、灭菌辐照加工。

**(2) 产业结构**

本项目系核技术应用项目在工业领域内的运用。根据国家发展和改革委员会《产业结构调整指导目录（2024 年本）》，属于鼓励类中第六项“核能”的第 4 条“同位素、加速器及辐照应用技术开发，辐射防护技术开发与监测设备制造”，是目前国家鼓励发展的新技术应用项目。本项目辐照加工过程中产生的电离辐射经屏蔽体防护及距离衰减后，其所致的周围职业人员和公众的年剂量符合本次评价所确定的剂量约束值要求。因此，本项目属于国家鼓励发展的新技术应用项目，符合国家有关法律法规和当前产业政策。

**(3) 实践正当性**

按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中关于辐射防护“实践的正当性”要求，对于一项实践，只有在考虑了社会、经济和其他有关因素之后，其对受照个人或社会所带来的利益足以弥补其可能引起的辐射危害时，该实践才是正当性的。

本项目的开展，在给企业带来利益同时，对工作人员和公众的外照射引起的年有效剂量低于根据最优化原则设置的项目剂量约束值，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）中辐射防护“实践的正当性”要求。

**(4) 选址合理性分析**

评价项目的建设用地为工业用地，评价范围内均为工业性质的场所（包括厂区食堂、门卫、生产车间、道路、绿地和工业园区道路等），不存在环境限制因素，建设项目选址基本合理。

**(5) 区域环境质量现状**

通过现场监测，评价项目拟建位置及周边环境室内  $\gamma$  辐射天然本底检测结果为  $102\text{nGy/h} \sim 156\text{nGy/h}$ ，室外环境  $\gamma$  辐射天然本底检测结果为  $65\text{nGy/h} \sim 126\text{nGy/h}$ ，与《中国环境天然放射性水平》中广州地区室内和道路  $\gamma$  辐射剂量率调查水平相当。

#### （6）环境影响分析结论

本项目施工期施工工程量一般，施工时间短，但随着施工结束后影响即可消除。

根据对评价项目的辐射防护设施分析、理论分析，证明评价项目对环境的影响可满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的要求。通过对辐射工作人员和公众的受照剂量分析，知辐射工作人员和公众的受照剂量均低于根据《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）而设定的本项目的约束值：工作人员的年平均有效剂量不超过 5mSv，公众的年有效剂量不超过 0.1mSv。

#### （7）辐射安全管理

建设单位确定了专门的辐射安全与环境保护管理机构的架构，明确相关部门的分工职能；制定了相应的操作规程、辐射工作人员培训计划、辐射监测方案和辐射事故应急预案等辐射安全管理制度。新增辐射工作人员将按照要求培训取得合格证后上岗，佩戴个人剂量计，个人剂量计每季度送检。

综上所述，评价项目在完善本次评价对该项目提出的各项要求及措施后，项目正常运行时，对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求，从环境保护和辐射防护角度论证，建设单位核技术利用建设项目是可行的。

### 13.2. 承诺和建议

根据对评价项目的设计方案、建设单位拟采取的各项环境保护和辐射防护措施的分析，本报告对其提出以下需要落实或进一步完善的意见：

（1）本项目竣工后，建设单位将按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，3 个月内对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。本项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入运营；未经验收或验收不合格的，不得投入使用；

（2）落实辐射工作人员参加相关培训，保证辐射工作人员持证上岗，并佩戴个人剂量计上岗，定期送检，建立个人剂量档案。





# 附件 2 租赁合同评价项目建设用地的工程规划许可证

## 房屋租赁合同

### 第一条：合同当事人

出租人（甲方）：广州河西汽车内饰件有限公司

承租人（乙方）：广州能辐科技有限公司

根据国家、省、市有关房屋、土地管理和经营的法律法规，结合双方各自的实际情况，甲、乙双方本着自愿、平等、互利的原则，经协商一致订立本合同，并共同遵守。为进一步明确双方各自的权利和义务，规定以下内容：

### 第二条：甲乙双方协定的租赁对象、地址和用途：

#### 1、租赁对象和地址：

甲方将位于广东省广州市花都区炭步镇东风大道 6 号甲方土地范围内东侧甲方围墙内的建筑物、水泥道路及绿地（附件 1：出租范围示意图）出租给乙方使用，厂房建筑面积 2,257 平方米。

#### 2、用途：乙方承诺租用场地仅限于用作乙方经营范围内辐照技术服务业务等，并具备与生产产品所对应的安全生产条件和相应的资质。

### 第三条：甲乙双方协定的租赁期限、租金、保证金、免租期及水电费结算情况如下：

#### 1、租赁期限：从 2025 年 12 月 1 日起到 2034 年 11 月 30 日止，共计 9 年。

#### 2、租金结算：厂房租金单价为税前 20 元/平方米（不承担本合同规定内容以外的任何

第  
第  
月

#### 3、保证金方式：除合 利息，

#### 4、免租期：因乙方装修原因，甲方提供 2 个月的免租期（2025 年 12 月 1 日-2026 年 1 月 31 日为免租期）。

#### 5、水电费结算：甲方将在供电部门登记的供电房产主名过户到乙方单位名下（不改变产权属性），乙方与另一家租客共用已过户到乙方名下的供电房，电房的公共电费（如基础电费等）由双方按实际用电比例分摊。电费结算：

第八条：本合同在执行过程中若发生争议，经由甲乙双方协商解决。若无法协商解决，则可提请当地的人民法院裁决。

第九条：本合同经过双方签字（盖章）并且以甲方收到乙方的保证金及租金后生效。本合同一式两份，甲乙双方各持一份。

甲方（出租方）：广州河西汽车内饰件有限公司

甲方负责人（签名盖章）：小 邓弘琦

联系电话：

日期： 年 月 日

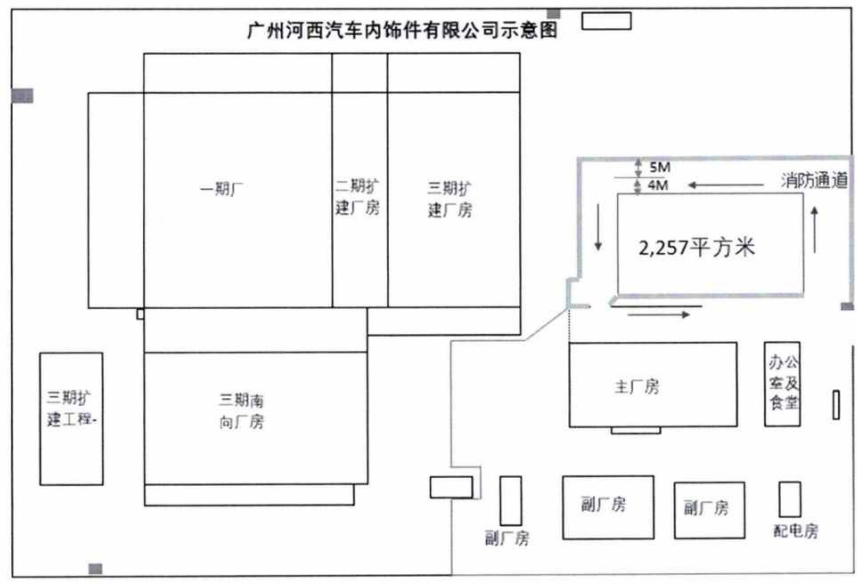
乙方（承租方）：广州能辐科技有限公司

乙方负责人（签名盖章）：周红玲

联系电话：

日期： 年 月 日

附件 1、出租范围示意图（黄色粗线范围内面积）



# 建设工程规划许可证

建字第 4401142024G60779431 号

根据《中华人民共和国土地管理法》《中华人民共和国城乡规划法》和国家有关规定，经审核，本建设工程符合国土空间规划和用途管制要求，颁发此证。

发证机关 广州市规划和自然资源局

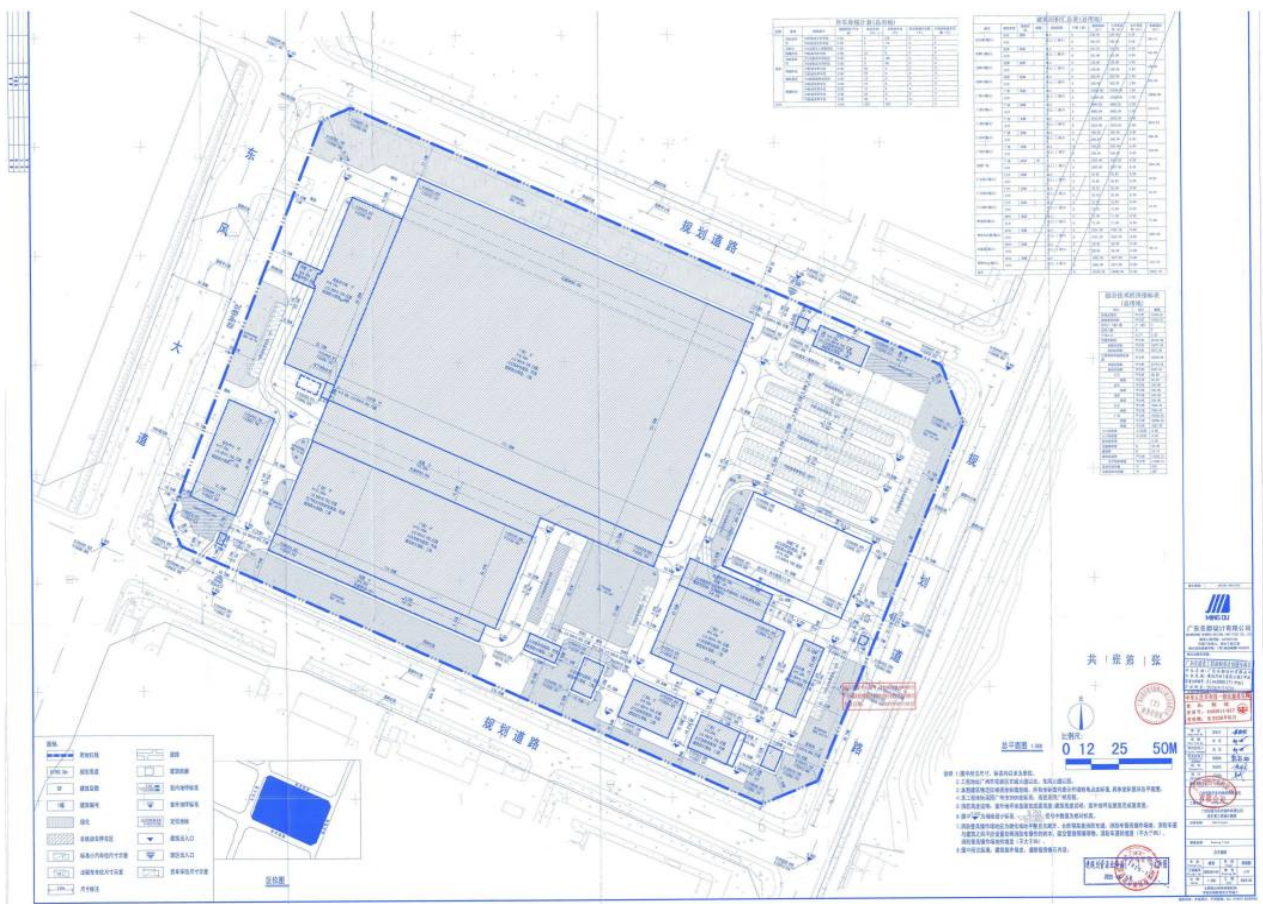
田入庫一百一十坪四丁二



建设单位（个人）	广州河西汽车内饰件有限公司		
建设项目名称	厂房（扩建）		
建设位置	广州市花都区沿江大道以北、东风大道以东		
建设规模	厂房（扩建）1幢，地上1层：2257平方米。		

项事守遵

- 一、本证是经自然资源主管部门依法审核，建设工程符合国土空间规划和用途管制要求的法律凭证。
- 二、未取得本证或不按本证规定进行建设的，均属违法行为。
- 三、未经发证机关审核同意，本证的各项规定不得随意变更。
- 四、自然资源主管部门依法有权查验本证，建设单位（个人）有责任提交查验。
- 五、本证所需附图及附件由发证机关依法确定，与本证具有同等法律效力。





附件 3 环评委托书

环境影响评价委托书

广州乐邦环境科技有限公司：

我司拟在广州市花都区汽车产业基地岭西路 3 号-1 建设一间电子加速器辐照装置机房，安装 1 套综合辐照加工系统（一室双机电子加速器，电子能量为 10MeV，最大束流强度为 2mA×2，属 II 类射线装置），用于消毒、灭菌辐照加工。

根据《中华人民共和国环境影响评价法》、《建设项目环境保护管理条例》等的有关规定，现委托贵单位承接核技术利用项目环境影响评价工作，并按相关规定编制环境影响报告表，完成后提交我司，并报送有关环境行政主管部门，办理环境保护审批手续。

特此委托。



附设备信息：

名称	型号	最大能量	束流/功率	束流损失
综合辐照加工系统（一室双机电子加速器）	DZ10/20	X 射线：无 电子线：10 MeV	2mA×2/ 20kW×2	5%



附件 4 检测报告



广州乐邦环境科技有限公司

检 测 报 告

报告编号：LB DL20251203004



项目名称：广州能辐科技有限公司电子加速器辐照  
项目拟建场址环境  $\gamma$  辐射剂量率检测

检测类别：委托检测

委托单位：广州能辐科技有限公司

报告日期：2025 年 12 月 8 日

## 说 明

- 1、报告无本单位报告专用章及骑缝章无效。
- 2、报告无检测人、复核人、签发人的签名无效。
- 3、报告涂改或部分复印无效。
- 4、自送样品的委托检测，其检测结果仅对来样负责。对不可复现的检测项目，结果仅对采样所代表的时间和空间负责。
- 5、对检测结果有异议，可在收到报告之日起一个月内向我公司提出书面复检申请，逾期不予受理。

本机构通讯资料:

单位名称: 广州乐邦环境科技有限公司

地 址: 广州市番禺区新造镇和平路1号19号仓101

电 话: 020-36298507

邮 编: 511436

## 广州乐邦环境科技有限公司

### 检 测 报 告

#### 项目概况:

建设单位: 广州能辐科技有限公司

项目地址: 广州市花都区汽车产业基地岭西路 3 号-1

检测项目:  $\gamma$  辐射剂量率

检测对象: 拟建加速器辐照室及周边环境

#### 检测方法和评价依据:

《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)

#### 检测仪器:

仪器名称: X- $\gamma$ 辐射剂量率仪

仪器型号: 6150AD 6H+6150AD-b/H

仪器编号: 171412 (主机) +176695 (探头)

生产厂家: AUTOMESS

探头量程: 1nSv/h~99.9 $\mu$ Sv/h

能量范围: 38keV~7MeV

检定单位: 广东省辐射剂量计量检定站

证书编号: GRD(1)20250228

检定日期: 2025 年 08 月 05 日

有效期: 1 年

检测时环境状况	天气: 晴      温度: 24℃      相对湿度: 44.4%		
检测概况	检测人员	徐旭东、陈云杰	
	检测日期	2025 年 12 月 4 日	

检 测 结 果:

广州能辐科技有限公司电子加速器辐照项目拟建场址环境  $\gamma$  辐射剂量率检测结果如下 (详细结果见附页):

拟建加速器辐照室项目及周围环境  $\gamma$  辐射剂量率检测结果为 65nGy/h~156nGy/h, 所有检测结果均已扣除宇宙射线。

报告签署:

编制人	陈云杰	日期	2025.12.8
复核人	徐旭东	日期	2025.12.8
签发人	姜子	日期	2025.12.8

检测单位印章:

广州乐邦环境科技有限公司(检验检测专用章)



附表 检测结果

测点 编号	测量位置	地面介质	检测结果 (nGy/h)	
			测量值	标准差
1	厂区车间内	水泥	113	2
2	厂区车间内	水泥	109	2
3	厂区车间内	水泥	106	2
4	厂区车间内	水泥	102	2
5	厂区车间内	水泥	120	3
6	厂区车间内	水泥	114	3
7	厂区车间内	水泥	119	2
8	厂区车间内	水泥	130	2
9	厂区车间内	水泥	130	3
10	厂区车间内	水泥	128	1
11	厂区车间内	水泥	115	2
12	厂区车间内	水泥	119	3
13	厂区内道路	水泥	65	2
14	厂区内道路	水泥	126	1
15	厂区内道路	水泥	116	3
16	厂区内道路	水泥	109	3
17	河西汽车内饰公司生产车间	水泥	120	3
18	生产车间	水泥	108	1
19	员工食堂	水泥	156	2
20	门卫室	瓷砖	141	3
21	厂外人行道	透水砖	96	1
22	停车场	水泥	85	2

注: 1、检测时仪器中心垂直向下, 距离地面约 1m 高, 每个测量点测量 10 个读数, 以上数据均已扣除仪器对宇宙射线的响应;

2、所有检测值均进行了空气比释动能率和周围剂量当量的换算, 换算系数采用  $^{137}\text{Cs}$  作为检定参考辐射源的换算系数 1.20Sv/Gy;

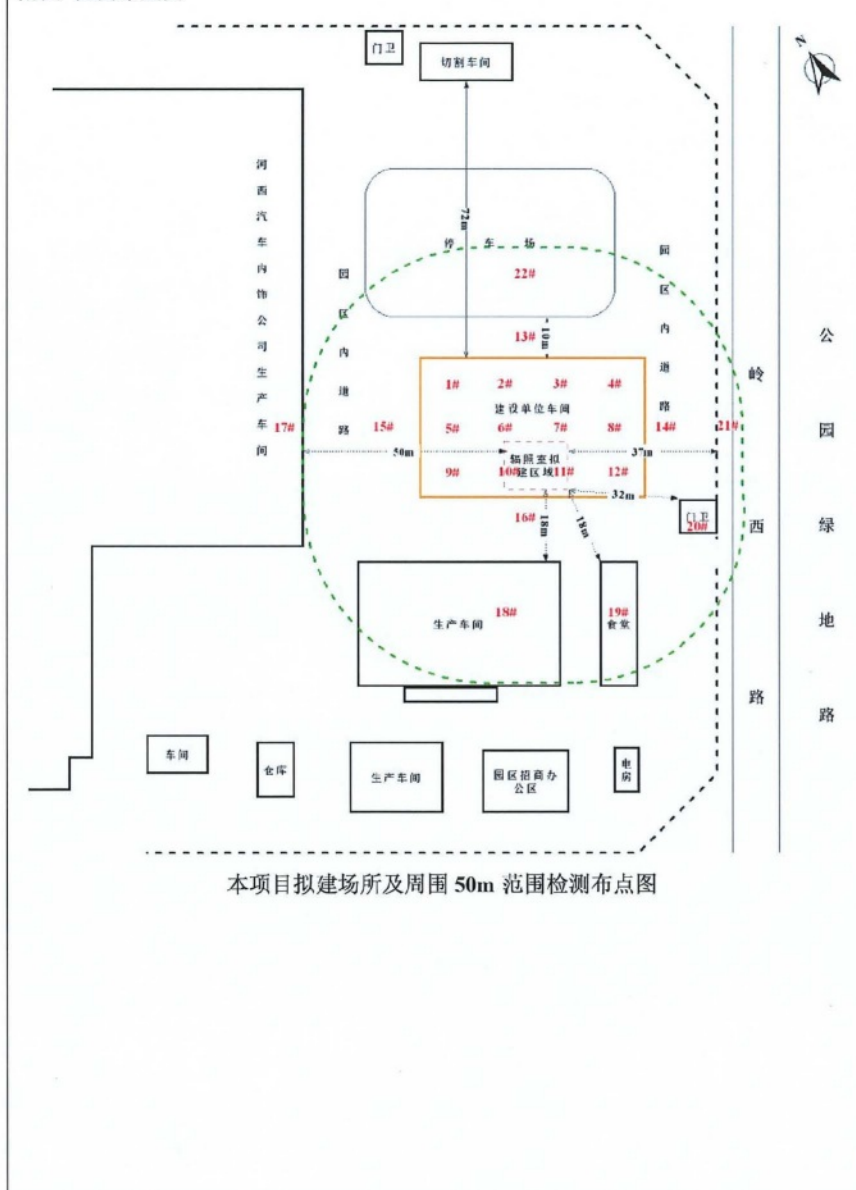
3、仪器校准因子: 0.85;

4、检测数据已根据 HJ61-2021 进行修正, 建筑物对宇宙射线的屏蔽修正因子, 换算系数取值如下: 平房 0.9, 室外道路 1。

(本页以下空白)



附图 检测布点图



\*\*\*报告结束\*\*\*

附件 5 辐射安全管理领导小组成立文件

广州能辐科技有限公司辐射防护安全管理机构及职责

为贯彻上级环境主管部门对放射性同位素及射线装置的安全管理的有关要求，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等相关规定，为保护工作人员及场所周围公众的健康权益，特成立公司辐射安全监督领导小组，具体任命如下：

职责	姓名	工作部门	职务	联系方式
组长/负责人	黄汉波	生产部	生产主管	
组员	黎楚强	生产部	技术员	
	陈荣坤	生产部	技术员	
	候承涛	生产部	技术员	

一、辐射安全监督领导小组职责：

1. 制定并完善辐射安全管理相关制度，确保相关制度的落实，公司辐射安全与防护管理预算的编制与执行；
2. 规范本公司加速器使用，负责本单位加速器的使用安全，防止辐射事故，危害公众的安全和健康；
3. 严格执行国家有关放射性同位素与射线装置安全和防护条例，向生态环境主管部门申报环境影响评价，申领辐射安全许可证等制度，并接受相关部门的指导和监督；
4. 定期对辐射工作场所和设备进行辐射防护检测、监测和检查，并定期送辐射监测设备进行检定和校准；
5. 辐射工作人员参加辐射安全与防护培训，并按照要求协助培训人员进行报名考核，并对合格证进行管理。定期组织内部培训，对装卸货工人进行辐射安全教育；
6. 落实个人剂量监测，进行个人剂量计的收发和指导佩戴，统计检测数据，建立个人健康监护档案。
7. 加速器的日检，月检和半年检查；
8. 对本单位的核技术利用项目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；
9. 设备维修检修过程中的协调工作；



10. 制定辐射事故应急预案，制定辐射应急演练计划并组织实施。

## 二、人员职责

1. 组长职责：检查各项防护制度的落实情况，并督促各成员及射线工作人员认真执行安全防护制度，分配组员具体工作：

①组织协调：负责领导小组成员，组织召开会议，制定并执行辐射安全管理工作计划；

②监督执行：确保公司严格执行国家相关法规和条例，落实环境影响评价、申领许可证等程序。

③规章制度管理：负责完善公司辐射安全管理规章制度，监督实施，并协调检查工作。

④事故处理与整改：主导辐射事故的调查、分析、处理，并提出安全管理和技术措施以进行整改。

⑤协调配合：与上级主管部门配合，确保辐射工作人员体检、辐射防护屏蔽的有效性测试以及安全监察的顺利进行。

2. 组员职责：在组长的统一领导下，做好自己分管的工作，认真检查落实安全防护措施和各项辐射安全管理制度：

①执行落实：执行组长指示，协助完成辐射安全管理工作计划，确保公司按规定程序运行。

②安全管理：协助射线装置使用过程中的安全管理，确保射线装置的安全使用，预防辐射事故。

③制度执行：执行并配合完善公司辐射安全管理的规章制度，积极参与检查、监督与执行工作。

④事故应对：协助处理辐射事故，收集必要信息并配合提出整改方案。

⑤培训组织：负责组织公司内部辐射安全培训，并安排年度辐射应急演练。

⑥定期检查和记录。



## 附件 6 辐射安全管理制度

### 广州能辐科技有限公司辐射防护安全管理制度

#### 1 基本要求

##### 1.1 目的依据

为了进一步落实我公司的辐射安全管理，坚决贯彻实行“预防为主、防治结合、严格管理、安全第一”的方针，保证安全生产，特制定本制度。

##### 1.2 适用范围

本制度适用于广州能辐科技有限公司辐射安全管理。

##### 1.3 管控方式

1.3.1 严格执行国家和地方政府的对射线装置安全使用的法律法规，开展自上而下的辐射环境安全监督管理，定期进行辐射环境安全防护检查和隐患排查，早发现，早消除辐射环境安全隐患。

1.3.2 加强辐射安全专业化管理，配备辐射监测仪器科学管理，对辐射工作人员和作业人员依法进行辐射安全和防护专业化知识培训，做到持证上岗，委托有辐射环境监测资质的单位，开展辐射监测，确保辐射环境安全和人员安全。

1.3.3 认真开展属地化辐射环境安全管理，及时发现和消除辐射安全隐患。

#### 2. 管理目标

##### 2.1 人员剂量：

（一）工作人员剂量控制值低于 5 毫希沃特/年。

（二）公众剂量控制值低于 0.1 毫希沃特/年

##### 2.2 安全生产管理目标

无发生因系统设备操作、使用和管理不当而造成人员、设备、环境的安全生产事故。

##### 2.3 剂量率限值

机房外表面 30cm 处周围剂量当量率 $\leq 2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

#### 3. 辐射工作场所和设备管理

3.1. 分区：为了便于辐射防护管理和职业照射控制，辐射工作场所按《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871—2002）分为控制区和监督区。对辐照场所划分辐射管理区域，加速器运行前，任何人均应撤出控制区范围；加速器工作过程中，除辐射工作人员，禁止其他人员进入监督区区域。



3.2. 在加速器运行期间,任何现场工作人员进入辐射控制区前,须征得当天值班长的同意,值班长断开高压和束流,停止传送带后,取下主控钥匙,陪同进入控制区,并由值班长将钥匙携带在身上,同时携带便携式辐射监测仪。在进入辐射控制区时,要用剂量报警仪检查加速器是否正在出束,严防误照射。

3.3. 加速器安全联锁钥匙需要和剂量报警仪器联锁在一起,任何情况下,不允许解除钥匙联锁。

3.4. 设备维修过程中,维修人员需要进入控制区时,值班长需将主控钥匙交由维修人员,维修过程中,控制区入口门不得关闭,放置维修中的告示牌,遮挡光电设施,拉下拉线开关。

3.5. 加速器系统停止工作后,值班长应妥善保管好控制台出束安全联锁钥匙串,以防止未经许可的使用,交接班过程中,必须两班值班长交接;

3.6. 设备首次开机,操作人员应该按操作规程,首先进行巡检,之后才能进行下一步操作。

3.7. 系统发生故障而紧急停机后,在未查明原因和维修结束前,不得重新启动加速器 3.

#### 3.8. 机房检查:

①日检查:电子加速器辐照装置上的常用安全设备每天进行检查,发现异常情况时及时修复。常规日常检查项目应至少包括:(1)工作状态指示灯、报警灯和应急照明灯;(2)辐照装置安全联锁控制显示状况;(3)个人剂量报警仪和便携式辐射监测仪器工作状态;

②月检查:电子加速器辐照装置上的重要安全设备或安全程序每月定期进行检查,发现异常情况时及时修复或改正。月检查项目应至少包括:(1)机房内固定式辐射剂量监测仪设备运行状况;(2)控制台及其他所有紧急停止按钮;(3)通风系统的有效性;(4)验证安全联锁功能的有效性;(5)烟雾报警器功能;

③半年检查:电子加速器辐照装置的安全状况每6个月定期进行检查,发现异常情况时及时采取改正措施。半年检查项目应至少包括:(1)配合年度检测;(2)全部安全设备和控制系统运行状况;

3.9. 厂区内切实做好防火、防漏、防尘爆、防盗等日常安全保卫工作,未经允许非工作人员不得随意出入厂区。



#### 4. 人员管理

4.1. 工作人员须通过辐射安全与防护的课程培训并取得合格证书后方可上岗，人员培训见我公司人员培训制度。

4.2. 辐射工作人员从事辐射工作过程中需正确佩戴个人剂量计和个人剂量报警仪，个人剂量计每三个月送检，由辐射安全管理小组指派专人管理个人剂量计。

4.3. 工作人员每年到有资质的职业健康检查机构进行职业健康检查，并建立个人剂量档案，终身保存。个人剂量档案包括个人基本信息、工作岗位、剂量检测结果等材料。

#### 5、辐射安全许可证维护

5.1. 辐射安全许可证有效期为 5 年，有效期届满 30 日前，向原发证机关提出延续申请。

5.2. 许可证正、副本原件由管理部门负责存档。

5.3. 变更名称、地址和法定代表人时，应当自变更登记之日起 20 日内，向原发证机关申请办理许可证变更手续。

5.4. 当改变许可证规定的活动种类或者范围，新建或改建、扩建使用设施或者场所时，应重新申领许可证。

5.5. 部分终止或者全部终止使用时，应当向原发证机关提出部分变更或者注销许可证申请，由原发证机关核查合格后，予以变更或者注销许可证。

5.6. 因故遗失许可证的，应当及时到所在地省级报刊上刊登遗失公告，并于公告 30 日后的一个月内持公告到原发证机关申请补发。



广州能辐科技有限公司

# 广州能辐科技有限公司辐照加速器安全操作规程

## 第一章 总则

**第一条** 为规范电子加速器辐照装置的安全操作，防止误操作和意外照射，确保辐射工作人员与公众的安全，根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及公司相关辐射安全管理制度，特制定本规程。

**第二条** 本规程适用于所有从事辐照加速器操作的辐射工作人员。操作人员必须严格遵守，严禁违反程序操作。

## 第二章 操作人员资质与准备

**第三条** 所有操作人员必须通过国家辐射安全与防护培训并考核合格，持证上岗。未经授权的人员严禁操作加速器。

**第四条** 操作人员进入控制区前，必须正确佩戴个人剂量计，并携带个人剂量报警仪及便携式辐射监测仪。

**第五条** 每次开机前，操作人员应确认自身及周边人员状态良好，无饮酒、过度疲劳等不适于操作的情况。

## 第三章 开机前检查与准备

**第六条** 查阅运行记录。检查加速器及辅助系统上一班的运行记录，确认无未处理的异常情况。

**第七条** 检查辐射探测设备。确认便携式辐射监测仪、个人剂量报警仪功能正常、电量充足。

**第八条** 领取控制钥匙。操作人员从值班长或授权保管人处领取加速器高压控制钥匙，并进行登记。

## 第四章 巡检与系统启动

**第九条** 执行清场巡检。

1. 操作人员佩戴好个人防护与监测设备，进入辐照室。
2. 按照预设顺序依次按下巡检按钮，确保巡检路线、顺序及完成时间符合系统设定要求。
3. 巡检过程中，目视确认辐照室内无任何滞留人员、无异物，设备状态正常。
4. 巡检完毕后，安全、完整地关闭辐照室防护门及主机室门。

第十条 启动辅助系统。返回控制室后，依次开启并确认冷却系统、通风系统、真空系统等辅助系统运行正常，参数稳定。

#### 第五章 开机出束与运行监控

第十一条 确认安全连锁。最终确认以下事项：

1. 辐射监测仪表显示正常；
2. 所有安全连锁装置（特别是门机连锁）有效；
3. 声光报警系统工作正常；
4. 所有防护门均已完全关闭。

第十二条 启动加工。在满足第十一条所有条件后，按以下顺序启动：

1. 开启传送系统。
2. 执行开机程序，升起高压，出束进行辐照加工。

第十三条 运行中监控。加速器运行期间：

1. 操作人员必须在控制室全程值守，密切监控控制台各项参数（高压、束流、真空度、温度等）。
2. 通过视频监控系统实时观察辐照室及主机室内情况。
3. 严禁任何人员在出束期间进入辐照室。如有异常，立即执行紧急停机程序。

#### 第六章 正常关机程序

第十四条 完成辐照任务后，按以下顺序执行关机：

1. 首先停止高压，切断束流。
2. 保持通风系统持续运行，关闭其余辅助系统（如冷却系统、真空系统等）。
3. 最后关闭传送系统。

第十五条 执行通风延时。设备切断高压后，操作软件将自动控制通风系统继续运行至少 10 分钟，以排出室内可能产生的有害气体（如臭氧、氮氧化物）。在此期间，安全门保持连锁锁定，严禁强行进入。

第十六条 进入确认。通风程序结束后，操作人员携带便携式辐射监测仪进入辐照室，进行停机后状态确认，并记录设备运行日志。

#### 第七章 操作后管理



第十七条 归还控制钥匙。操作结束后，操作人员必须将控制钥匙从控制台取下，并立即归还给值班长或授权保管人，进行销账登记。控制钥匙必须由专人集中保管，严禁私藏或交由非授权人员。

第十八条 完成记录。认真填写《加速器运行记录表》和《交接班记录》，如实记录设备运行状态、辐照产品信息及任何异常情况。

#### 第八章 附则

第十九条 本规程由公司辐射安全管理小组负责解释。

第二十条 本规程自发布之日起施行。

广州能辐科技有限公司

## 广州能辐科技有限公司辐射工作岗位职责

### 第一章 总则

**第一条** 为明确公司各辐射工作岗位的安全责任，确保辐照加速器安全、规范运行，防止事故发生，根据国家辐射安全法律法规及公司管理制度，特制定本职责。

**第二条** 本职责适用于辐射安全管理负责人、值班长及加速器操作员等所有辐射工作人员。所有人员须严格遵守，尽职尽责。

### 第二章 辐射安全管理负责人职责

**第三条** 辐射安全管理负责人是本单位辐射安全工作的第一责任人，全面领导和负责辐射安全管理工作。

**第四条** 主要职责：

1. 组织制定、修订并监督执行各项辐射安全管理制度和应急预案。
2. 确保辐射工作人员接受必要的辐射安全与防护培训，并持证上岗。
3. 监督、检查辐射工作场所的安全和防护状况，发现安全隐患或不符合项时，有权立即责令停止作业，并组织整改。
4. 负责组织辐射事故应急处理，并按规定及时向生态环境主管部门和有关部门报告。
5. 审阅并确认各类重要辐射安全工作记录，包括个人剂量档案、场所监测报告、设备维护记录等，确保其真实、完整、可追溯。
6. 保障辐射防护和监测设备的配备、检定及更新。

### 第三章 值班长职责

**第五条** 值班长是当班期间辐射安全现场管理的直接责任人，负责指挥、监督本班组的全部操作活动。

**第六条** 主要职责：

1. 负责保管加速器高压控制钥匙，并严格履行领用和归还登记手续。





2. 主持班前会，检查操作人员精神状态，布置工作任务，强调安全注意事项。
3. 监督操作员执行《辐照加速器安全操作规程》，对违反规程的行为立即制止并纠正。
4. 全面负责当班期间的安全巡检，发现设备异常、联锁失效或任何其他安全隐患时，必须立即作出停止运行的决定，并上报辐射安全管理负责人。
5. 负责审查和妥善保管本班组的《加速器运行记录》、《交接班记录》等工作记录，确保记录准确、及时。
6. 发生紧急情况时，担任现场初期应急指挥，按照预案组织人员采取应急行动。

#### 第四章 加速器操作员职责

第七条 加速器操作员是加速器的直接操作者，对自身操作行为负直接安全责任。

第八条 主要职责：

1. 严格遵守《辐照加速器安全操作规程》，执行标准化作业，严禁进行任何违反程序的操作。
2. 操作前，认真检查个人剂量计、剂量报警仪及便携式辐射监测仪是否正常佩戴和携带。
3. 在操作过程中，密切监控设备运行参数及监控视频，发现任何异常迹象（如参数异常、异响、报警等），必须立即停止操作，关闭束流，并第一时间向值班长报告。
4. 真实、准确、完整地填写《设备运行日志》、《巡检记录》等工作记录，严禁涂改和编造。

5. 负责对操作区域的辐射安全设施（如警示标志、联锁装置等）进行班前班后检查，发现问题及时报告。
6. 积极参与辐射事故应急演练，熟悉应急响应流程和职责。

#### 第五章 附则

第九条 所有辐射工作人员均应树立高度的安全责任意识，有权拒绝执行违反安全规定的指令，并承担本岗位职责范围内的法律责任。

第十条 本职责由公司辐射安全管理小组负责解释，自发布之日起施行。



## 广州能辐科技有限公司电子加速器辐照装置检修维修规定

### 第一章 总则

**第一条** 为确电子加速器辐照装置在检修、维护及保养过程中的人员与环境安全，杜绝误操作及意外照射事故，保障设备长期稳定运行，特制定本制度。

**第二条** 本制度适用于公司电子加速器辐照装置的计划性检修、故障维修、定期保养及性能测试等全部维护活动。所有维修人员、操作人员及相关责任人均须严格遵守。

### 第二章 定期检查与预防性维护

**第一条** 为保障设备性能与安全措施持续有效，公司实行以日常、月度、半年度及年度为周期的定期检查与预防性维护保养计划。所有检查维护工作均应遵循“发现异常立即暂停，排除隐患后方可启用”的核心原则。具体周期、项目与要求如下：

#### 第二条 定期检查与维护计划表

维护周期	检查与维护项目	具体内容与要求	管理标准与记录要求
日常检查 (每个工作班次)	1. 警示与照明系统	检查工作状态指示灯、报警灯和应急照明灯是否正常。	发现异常立即处理，并在《设备运行日志》中记录。
	2. 安全联锁状态	检查控制台显示的辐照装置安全联锁状态是否正常。	
	3. 监测仪器	确认个人剂量报警仪和便携式辐射监测仪器功能正常、电量充足。	
	4. 视频监控	检查视频监控系统图像显示是否清晰、无死角。	
月度检查 与维护 (每月一次)	1. 固定式辐射监测仪	检查辐照室内固定式辐射监测仪运行状态与读数。	1. 所有检查结果记录于《月度维护记录表》。 2. 自行检测标准：机房外30cm处剂量率不应大于2.5 $\mu\text{Sv/h}$ 。超过此限值必须立即停机，整改合格后方可恢复运行。
	2. 紧急停止按钮	测试控制台及现场所有紧急停止按钮功能是否有效。	
	3. 通风系统	启动风机，验证其运行正常，无异常声响；检查排风口气流是否有效。	
	4. 安全联锁功能	通过信号柜测定反馈信号，系统验证门机联锁等所有安全联锁功能有效性。	
	5. 烟雾报警器	观察联锁信号，并使用测试烟源验证烟雾报警器功能正常。	
	6. 辐射自行检测	使用便携式剂量率仪对以下点位进行检测： • 机房屏蔽体外30cm，离地1m高； • 机房门30cm处； • 操作室、电缆沟、通风管、传送带边界；	

		•天空散射点（距机房 20.9m）； •巡测发现的任何异常点位。	
半年度检查与评估 （每半年一次）	1. 全面性能测试	对加速器能量、束流、扫描均匀性等关键性能进行综合测试与校准。	发现异常立即处理，并在《半年度维护记录表》进行记录
	2. 安全系统全面校验	委托有资质的单位对安全联锁系统、辐射监测系统进行全面校验与评估。	
	3. 重要部件更换	根据运行时间与状态，更换真空泵油、冷却液等消耗品及必要易损件。	
	4. 档案审查	对全年所有的运行、维护、监测记录进行整理与审查。	

第三条 所有定期检查、维护、校验及更换配件的情况，均须详细、准确地填写在对应的记录表格中，并由操作人员、维修负责人及值班长等相关责任人签字确认，确保所有活动可追溯。

第三章 维修作业安全规程

第一条 维修前准备

1. 制定维修计划：任何维修活动（包括定期维护）前必须制定计划，内容包括维修内容、风险评估、防护措施、参与人员及职责，并提前通知辐射安全管理小组及值班长。
2. 维修前确认：维修负责人与值班长在控制室共同确认设备已完全停止，高压已切断，并完成系统关机程序。
3. 钥匙管理：值班长将控制台高压钥匙移交维修负责人保管。维修期间，该钥匙由维修负责人随身携带，确保设备无法被启动。
4. 能源隔离：对设备进行电气维修时，必须彻底切断相关电源，并悬挂“禁止合闸，有人工作”警示牌。

第二条 现场安全布置

1. 张贴告示：在控制台醒目位置放置“设备维修，禁止启动”告示牌。
2. 设置警戒：在维修场所入口及关键区域拉起警戒线，并设置“维修中”警示牌。

第三条 安全联锁管理

1. 激活急停：按下主控台及现场所有急停按钮。
2. 任何情况下，严禁旁路安全联锁装置进行维修或调试。

第四条 个人防护与监测



1. 维修人员必须正确佩戴个人剂量计。
2. 进入辐照室前，必须携带功能正常的个人剂量报警仪和便携式辐射监测仪，并全程开启。

#### 第五条 维修结束与复位

1. 维修结束后，清理现场，撤除所有警戒线和警示牌。
2. 复位所有急停按钮和拉线开关。
3. 维修负责人确认所有人员及工具已撤离后，关闭防护门。
4. 维修负责人将控制钥匙交还值班长，并共同在维修记录上签字确认。
5. 维修后的首次启动，须由维修负责人与值班长共同执行清场巡检，确认安全无误后方可开机。

#### 第四章 维修期间的上电调试

1. 维修过程中如需上电调试，必须作为重大风险作业进行管理，由维修负责人申请，经辐射安全管理负责人批准。
2. 调试前，必须恢复所有安全联锁，撤除调试不需要的临时措施，并由维修人员对机房进行全面安全检查。
3. 调试必须严格按照正常开机流程执行，全程有监护人员在场。

#### 第五章 安全管理与责任划分

1. 维修负责人：负责组织制定并执行维修计划，对维修过程的安全与质量负直接责任。
2. 值班长：负责维修期间设备状态的交接与确认，保管并移交控制钥匙，监督现场安全措施的执行。
3. 维修人员：严格执行本规程，正确使用防护与监测设备，对自身操作安全负责。
4. 辐射安全管理负责人：负责审批重大维修计划，监督本制度的全面执行。

#### 第六章 附则

1. 本制度自发布之日起实施。

广州能辐科技有限公司



## 广州能辐科技有限公司辐射工作人员培训制度

### 第一章 总则

第一条 为贯彻落实《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等法律、法规和规章的要求，规范本公司辐射工作人员的培训与考核管理，保障辐射工作人员的职业健康与安全，确保辐照装置的安全运行，特制定本制度。

第二条 本制度适用于本公司所有辐射工作人员，主要包括辐照加速器操作人员

### 第二章 培训与考核要求

第三条 本公司辐射工作人员的培训与考核工作，严格遵循生态环境部《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019年第57号）的规定执行。

第四条 所有辐射工作人员上岗前，必须通过国家核技术利用辐射安全与防护培训平台（以下简称“国家培训平台”）组织的统一考核，并取得《辐射安全与防护培训合格证书》（以下简称“合格证书”）。

第五条 持证人员每五年必须参加并通过国家培训平台的再培训与考核，确保其辐射安全知识与技能得到持续更新。合格证书有效期届满前，应完成重新考核。

第六条 公司指定辐射安全管理负责人负责组织、监督本制度的落实，并建立和管理员工的培训档案。

### 第三章 培训考核内容与流程

第七条 培训考核内容涵盖与辐照加速器相关的辐射安全与防护专业知识，主要包括：

1. 辐射安全相关法律法规及标准；
2. 辐射防护基础知识与实操；
3. 电子加速器原理、运行与安全操作规程；
4. 辐射监测仪器与个人防护用品的使用；
5. 事故预防与应急响应；



6. 典型案例分析与经验反馈。

**第八条 考核管理流程如下：**

1. 报名与学习：新入职或证书即将到期的辐射工作人员，需在国家培训平台完成注册，并自主学习平台提供的学习材料。
2. 参加考核：根据平台公布的考核计划，报名并参加集中统一考核。
3. 成绩与证书：考核合格后，从平台获取电子版《辐射安全与防护培训合格证书》，并自行打印。公司将证书复印件纳入个人培训档案。
4. 上岗授权：公司将凭有效的合格证书，对考核合格者予以正式授权，方可允许其独立从事相应的辐射工作。
5. 逾期处理：对于未能在证书有效期满前通过重新考核的人员，公司将立即暂停其辐射工作资格，调离辐射工作岗位，直至其重新考核合格后方可恢复。

**第四章 内部培训与考核**

**第九条** 为持续强化员工的安全意识与技能，公司定期（原则上每年至少一次）组织内部辐射安全培训。

**第十条** 内部培训内容应具有针对性，包括但不限于：

1. 公司内部辐射安全管理制度的宣贯与学习；
2. 辐照加速器操作规程的复习与演练；
3. 辐射事故应急预案的培训与桌面推演；
4. 新颁布的法律法规或标准的学习；
5. 近期行业内事故或异常事件的案例分析。

**第十一条** 内部培训后，应通过笔试、口试或实操演练等方式对培训效果进行考核，确保员工真正掌握所学内容。考核结果应记录在个人培训档案中。

**第五章 培训档案管理**

**第十二条** 公司为每位辐射工作人员建立并培训档案。档案内容包括：

1. 辐射安全与防护考核合格证书（复印件）；
2. 内部培训记录（包括培训内容、时间、课时、考核成绩等）；
3. 授权的岗位与范围；
4. 再培训与考核记录；

5. 其他与辐射安全培训相关的材料。

第十三条 培训档案应妥善保管，确保真实、完整，并随时接受生态环境主管部门的监督检查。

#### 第六章 附则

第十四条 本制度由公司辐射安全管理小组负责解释。

第十五条 本制度自发布之日起施行。



## 广州能辐科技有限公司辐射工作场所及环境监测方案

### 第一章 总则

**第一条** 为加强对辐照加速器工作场所及周围环境的辐射安全管理，评估防护效果，保障工作人员与公众的健康，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》（环境保护部第18号令）及《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等法律法规与标准要求，结合本公司实际情况，特制定本监测方案。

**第二条** 本方案适用于本公司电子加速器辐照装置工作场所及周围环境的辐射监测。

**第三条** 公司对所有辐射监测数据的真实性、可靠性负责，并承担全部法律责任。

### 第二章 监测计划与内容

**第四条** 本公司辐射监测工作分为自行监测与委托监测两种形式。

#### **第五条 自行监测**

1. 监测周期：每月开展一次。
2. 监测项目：周围剂量当量率。
3. 监测点位：
  - 屏蔽体监测：加速器机房各面屏蔽墙体、屋顶（如可到达）外侧30cm处，距离地面1m高度。
  - 出入口监测：人员出入口、货物传送带出口外侧30cm处。
  - 关键区域监测：操作员控制位、电缆沟上方、通风管道外侧、传送带装卸货区边界。
  - 环境关注点：天空散射可能影响的点位。
4. 监测方法与仪器：公司配备的便携式X/γ辐射剂量率仪进行测量。

#### **第六条 委托监测（年度监测）**

1. 监测周期：每年委托有资质的第三方环境监测机构开展一次。
2. 监测项目：周围剂量当量率。

3. 监测点位：监测点位应全面覆盖自行监测的所有点位，并依据项目环境影响评价文件及其批复的要求，在厂界周边及敏感点布设环境监测点位，形成完整的监测网络。
4. 机构要求：受托机构必须持有省级及以上生态环境主管部门认定的相关监测资质。

### 第三章 监测实施、记录与档案管理

第七条 每次监测（包括自行与委托）完成后，必须按照要求详细、准确地记录检测数据。记录内容应包括：

- 监测日期、时间；
- 监测仪器名称、型号及编号；
- 监测数据、仪器读数及最终结果；
- 监测人员与记录人员签字；
- 备注（如加速器运行工况：能量、束流、出束时间等）。

第八条 所有辐射监测记录（包括自行监测原始记录、委托监测报告、仪器检定证书等）均须建档保存。监测档案应专人管理，确保其真实性、完整性和可追溯性，随时备查。

### 第四章 监测结果评价与异常处理

第九条 监测结果评价标准：

- 工作场所及周边环境的辐射水平应符合项目环境影响评价文件及其批复的要求。
- 机房外人员可达位置的周围剂量当量率参考控制值不大于  $2.5 \mu\text{Sv/h}$ 。

第十条 监测数据异常处理流程：

1. 一旦发现监测数据异常升高或超过管理限值，监测人员必须立即向辐射安全管理负责人报告。
2. 辐射安全管理负责人应立即组织调查，查明原因，并立即暂停加速器运行。
3. 对异常情况进行分析，采取有效的整改措施。
4. 整改完成后，须进行重复监测，确认辐射水平恢复正常并经评估安全后，方可恢复加速器运行。





5. 整个异常调查及处理过程应形成书面报告，与监测记录一并归档。

#### 第五章 年度评估

第十一条 公司每年应结合自行监测记录和年度委托监测报告，对全年辐射防护状况与监测数据进行系统性年度评估，编制《辐射安全和防护状况年度评估报告》，并按要求上报生态环境主管部门。

#### 第六章 附则

第十二条 本方案由公司辐射安全管理小组负责解释。

第十三条 本方案自发布之日起实施。

广州能辐科技有限公司

## 广州能辐科技有限公司辐射工作人员个人剂量监测管理办法

### 第一章 总则

第一条 为规范本公司辐射工作人员个人剂量监测管理工作，保障工作人员职业健康与安全，有效评估和控制职业照射，根据《中华人民共和国职业病防治法》、《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》及《职业性外照射个人监测规范》（GBZ 128-2019）等法律法规及标准，特制定本办法。

第二条 本办法适用于广州能辐科技有限公司所有从事辐照加速器操作、维护及管理等可能受到职业照射的工作人员。

第三条 公司辐射安全管理小组负责本办法的组织实施与监督管理，并对个人剂量监测数据的真实性、准确性负责。



### 第二章 监测实施

第四条 监测原则：对所有辐射工作人员实行“上岗即配备，作业必佩戴”的全程监测原则，确保个人剂量监测能够真实反映其受照情况。

#### 第五条 剂量计配备

1. 新员工在正式从事辐射工作前，由辐射安全管理小组为其配备个人剂量计。
2. 所有辐射工作人员均需配备个人剂量计。。

#### 第六条 佩戴要求

1. 工作人员在岗期间，应随身佩戴个人剂量计。
2. 剂量计应佩戴在躯干前方位置，通常位于胸前。
3. 严禁将剂量计放置于设备旁或辐照室内等非佩戴位置，严禁故意照射剂量计或交换佩戴。

#### 第七条 送检与周期

1. 个人剂量计实行定期送检，监测周期为每三个月一次（即一个季度），全年共送检四次。
2. 辐射安全管理小组应指定专人负责剂量计的收集、发放和送检工作，确保按时送交有资质的单位进行检测。
3. 收到检测报告后，应在规定时限内取回并归档。

### 第三章 档案管理

第八条 档案建立：公司为每一位辐射工作人员建立终身保存的《个人剂量监测档案》。

第九条 档案内容：个人剂量档案应包括但不限于以下内容：

1. 个人基本信息：姓名、性别、身份证号、入职日期等；
2. 辐射工作岗位和职责；
3. 剂量计配备与发放记录；
4. 历次个人剂量监测报告（原件或复印件）；
5. 年度剂量汇总与评估结论；
6. 超过调查水平或记录水平的剂量调查、处理和记录材料。

第十条 档案保管与查阅

1. 所有个人剂量档案由辐射安全管理小组统一、专人保管。
2. 工作人员有权查阅和复印本人的个人剂量监测档案。公司应在收到书面申请后及时提供，不得拒绝。
3. 档案的保存、借阅和复制应建立登记制度，防止丢失和损坏。

#### 第四章 结果评价与干预

第十一条 评价标准

1. 公司根据国家标准设定调查水平为每年 5mSv（每季度 1.25mSv）。
2. 辐射安全管理小组应定期审阅剂量报告，重点关注剂量变化趋势及异常情况。

第十二条 异常剂量调查与处理

1. 当单次监测周期结果或累计年剂量超过调查水平时，辐射安全管理小组必须立即启动调查。
2. 调查应查明剂量超出的原因，包括工作负荷、操作流程、防护措施及个人行为等因素。
3. 调查结果和处理措施必须书面告知工作人员本人，并采取必要的改进措施，如优化工作安排、加强培训或改进防护设施，以降低受照剂量。
4. 整个调查与处理过程应形成书面报告，经相关人员签字后，归入个人剂量档案。

## 第五章 附则

第十三条 本办法由公司辐射安全管理小组负责解释。

第十四条 本办法自发布之日起施行。



附件 7 辐射事故应急预案

广州能辐科技有限公司辐射事故应急预案

1. 编制目的

为了及时有效地处理辐射事故，及时控制事故范围，减少损失，依据国务院 449 号令《放射性同位素与射线装置放射安全和防护条例》规定，特制定本预案。

2. 编制原则

在生态环境主管部门的统一领导下，坚持“核无小事”的原则，建章立制、依法贯标、明确职能、强化管理；高度负责、上下联动、不断整改、让百姓放心；注重学习、加强培训、更新观念、与时俱进；确保辐射安全管理工作万无一失。为此，建立健全本应急预案体系。

2.1 射线装置辐射事故应急处理机构

本单位成立射线装置辐射事故领导小组，组织、开展射线装置辐射事故的应急处理救援工作，领导小组组成如下：

序号	管理人员	职务	工作部门	联系方式
1	黄汉波	组长	生产部	
2	黎楚强	副组长	生产部	
3	陈荣坤	组员	生产部	
4	候承涛	组员	生产部	

2.2 应急领导小组职责

1. 负责组织制定和修订本公司辐射事故应急预案。
2. 定期组织对辐射工作场所、设备和人员进行辐射防护自查和监测，监督事故隐患的整改落实。
3. 决定启动和终止本应急预案。
4. 统一指挥和协调辐射事故的现场应急处理救援工作。
5. 负责在事故发生后，按规定程序和时间节点，向生态环境、卫生和公安等主管部门报告事故情况。
6. 负责组织迅速估算受照人员剂量、安置受照人员就医，并采取一切措施控制事故影响，防止事态扩大。
7. 负责应急资源的调配和后勤保障。
8. 组织应急工作的总结与评估，完善应急体系。



### 2.3 现场处置小组

领导小组下设现场处置小组，由副组长具体指挥，成员由当班值班长和操作人员等组成。

- 抢险控制组：负责切断电源、控制事故现场、防止事故蔓延。
- 辐射监测组：负责事故现场的辐射监测、划定警戒区、监测受污染人员。
- 医疗救护组：负责初步救护、联系并护送受照人员至指定医院。
- 后勤保障与联络组：负责应急物资供应、现场警戒、人员疏散、信息沟通与对外联络。

### 4. 辐射事故及事故分级

涉及辐射事故级别可分为四级：

- (1) 特别重大辐射事故，射线装置失控导致 3 人以上（含 3 人）急性死亡。
- (2) 重大辐射事故，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。
- (3) 较大辐射事故，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。
- (4) 一般辐射事故，射线装置失控导致人员受到超过年剂量限值的照射。

### 5、可能发生的故事

- ① 安全联锁失效，人员可能在防护门未关闭时误入机房，如果这时运行加速器，则可能造成误照事故；
- ② 机房中仍有其他人员未撤离时，操作人员未严格按照操作规程确认机房中环境便运行加速器，则会造成机房中人员受误照射；
- ③ 加速器设备出现故障时（如直流高压发生器故障），可能导致加速器的加速管外产生额外的 X 射线，造成误照事故；
- ④ 设备维护或维修调试过程中，工作人员错误操作，接通电源并出束，则可能造成误照事故。

我公司可能发生辐射事故按照实际情况进行划分，可能发生的故事类型为一般辐射事故或较大辐射事故。

### 6、辐射事故应急处理程序：

#### 6.1 事故报告与启动

1. 第一时间处置：任何人员发现辐射事故，必须立即采取以下措施：

○ 通过任何方式切断高压：包括1) 拉下急停拉线；2) 控制室按下急停按钮；3) 遮挡光电设施等；

○ 报告当班值班长或领导小组成员。

2. 启动预案：值班长或首位获悉事故的领导小组成员立即向组长报告，由组长决定启动本应急预案。

3. 内部报警与集结：启动预案后，领导小组立即通知各成员及现场处置小组，携带应急装备赶赴事故现场。

#### 6.2 现场控制与救护

1. 控制现场：抢险控制组立即设置警戒线，封锁事故现场，严禁无关人员进入。

2. 人员救护：医疗救护组迅速将受照或疑似受照人员撤离至安全区域，进行初步检查和救护，并立即拨打120急救电话，说明情况，请求送往具备放射病救治能力的医院（如广东省职业病防治院）。

3. 辐射监测：辐射监测组佩戴好个人防护用品，携带便携式辐射监测仪和个人剂量计，对事故现场、受照人员及周边环境进行监测，初步估算受照剂量，为医疗救治提供参考。

#### 6.3 信息报告

1. 初报：事故发生后1小时内，领导小组负责人必须通过电话向以下部门进行口头报告：

2. 确报：在初报后2小时内，将《辐射事故初始报告表》以传真或书面形式报送至广东省生态环境厅和广州市生态环境局。

#### 6.4 外部协调与后期处置

1. 积极配合到达现场的政府各部门应急人员开展事故调查、监测和处置工作。

2. 提供事故相关记录、资料和现场情况。

3. 妥善处理善后事宜。

#### 6.5 应急终止

符合下列条件时，由应急领导小组组长宣布应急终止：

- 现场得到控制，事故条件已经消除。
- 辐射水平已降至国家规定限值以内。
- 所采取的防护措施已能确保公众免受再次危害。
- 事件的后续处理工作已明确移交。

戒  
440

## 7. 应急保障

### 7.1 应急培训

- **内容：**辐射安全基础知识、本应急预案内容、个人防护措施、应急设备使用、事故报告程序等。
- **要求：**所有辐射工作人员每年至少接受一次应急专项培训，新员工上岗前必须接受培训。

### 7.2 应急演练

- **内容与频率：**每年至少组织一次综合性或专项应急演练。演练应模拟可能的事故场景（如人员误照射），重点检验：
  - 事故报警与报告程序的畅通性。
  - 应急人员响应速度与职责履行情况。
  - 应急监测设备的使用与监测方法。
  - 现场控制、人员救护与疏散的组织协调。
  - 信息通报的准确性与时效性。
- **评估与改进：**演练结束后应对演练效果进行评估，对演练中暴露的问题进行总结，并据此修订和完善本预案。

### 7.3 应急物资与装备

确保以下应急物资与装备处于良好备用状态：

- 应急照明、警戒线、标识牌。
- 个人剂量计、个人剂量报警仪、便携式 X/γ 辐射监测仪。
- 应急通讯设备（对讲机等）。
- 应急预案文本及相关记录表格。

## 8. 事故预防措施

### （1）警示标识

警示标识是本预警系统的初步设施。要严格遵守国务院 449 号令《放射性同位素与射线装置放射安全和防护条例》中的第 34 条规定，加速器辐照室门上和工作场所门上都设有防止工作人员和公众受到意外照射的安全警示标识。警示标识记的作用是将事故的发生控制在最初的阶段。

### （2）安全连锁装置

加速器机房内安装有安全联动按钮，并有自成系统的安全摄像监控系统，迷路入口处安装有固定式剂量报警仪。每道连锁装置必须符合国家所规定的标准，防止安全事故发生。

(3) 加强人员培训，定期组织应急演练

所有辐射工作人员应按要求参加辐射安全与防护培训，考核合格，取得合格证后才可上岗。组织公司内部培训，避免事故发生。定期组织应急演练，演练重点辐射事故报警报告、应急监测及处置能力。实景展现辐射事故中预案启动、现场监测、处置、舆情应对、医疗救助全过程，强化应急处置队伍，引起工作人员对辐射事故重视。

9. 应急联系电话

广州市生态环境局：12345

急救电话：120

