

中山市悦来新材料科技有限公司  
新建电子加速器辐照项目（一期）  
竣工环境保护验收监测报告表

建设单位：

中山市悦来新材料科技有限公司（盖章）



编制单位：

广州乐邦环境科技有限公司（盖章）



2026年01月

建设单位法人代表：陈见山 (签字)

编制单位法人代表： (签字)



项目负责人：吴雅婷

填表人：吴雅婷

建设单位	中山市悦来新材料科技有限公司 (盖章)	编制单位	广州乐邦环境科技有限公司 (盖章)
电话	9	电话	020-36298507
传真	/	传真	/
邮编	528411	邮编	511496
地址	中山市小榄镇东城社区葵兴大道 206号第三卡	地址	广州市番禺区新造镇和平路1 号19号仓101

## 目录

表一	项目基本情况 .....	1
表二	项目建设情况 .....	5
表三	辐射安全与防护设施/措施 .....	21
表四	建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定 .....	48
表五	验收监测质量保证及质量控制 .....	50
表六	验收监测内容 .....	52
表七	验收监测 .....	55
表八	验收监测结论 .....	58
附件 1	环评批复文件 .....	60
附件 2	辐射安全许可证 .....	63
附件 3	辐射安全管理相关制度 .....	66
附件 4	辐射安全与防护培训合格证 .....	85
附件 5	检测报告 .....	87

表一 项目基本情况

建设项目名称		中山市悦来新材料科技有限公司新建电子加速器辐照项目（一期）			
建设单位名称		中山市悦来新材料科技有限公司			
建设项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建			
建设地点		中山市小榄镇东城社区葵兴大道 206 号第三卡的建设单位生产车间东北侧			
源项		放射源		/	
		非密封放射性物质		/	
		射线装置		使用 1 台 II 类射线装置	
建设项目环评批复时间	2024 年 8 月 8 日	开工建设时间	2024 年 8 月		
取得辐射安全许可证时间	2025 年 7 月 24 日	项目投入运行时间	2025 年 8 月 7 日		
辐射安全与防护设施投入运行时间	2025 年 8 月 7 日	验收现场监测时间	2025 年 9 月 10 日		
环评报告表审批部门	广东省生态环境厅	环评报告表编制单位	广州乐邦环境科技有限公司		
辐射安全与防护设施设计单位	中筑（深圳）设计院有限公司	辐射安全与防护设施施工单位	广州地质勘察基础工程有限公司		
投资总概算（万元）	1700	辐射安全与防护设施投资总概算	400	比例	23.53%
实际总概算（万元）	850	辐射安全与防护设施实际总概算	200	比例	23.53%
验收依据	<p><b>1.建设项目环境保护相关法律、法规和规章制度</b></p> <p>（1）《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日施行）</p> <p>（2）《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>（3）《建设项目环境保护管理条例》（国务院第 253 号令；2017 年 7 月 16 日国务院第 682 号令修订，2017 年 10 月 1 日施行）</p>				

(4) 《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 8 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决定》第四次修正)

(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》(国务院第 449 号令, 2005 年 12 月 1 日施行; 2019 年 3 月 2 日国务院第 709 号令修改)

(6) 《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)

(7) 《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 日施行)

(8) 《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)

(9) 《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》(国环规环评[2017]4 号 2017 年 11 月 20 日施行)

(10) 《核技术利用建设项目重大变动清单(试行)》(环办辐射函[2025]313 号)

## **2.建设项目竣工环境保护验收技术规范**

(1) 《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, 2024-02-01 实施)

(2) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021, 2021-05-01 实施)

(3) 《环境 $\gamma$ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021, 2021-05-01 实施)

(4) 《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)

(5) 《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB8999-2021, 2021-8-1 日实施)

(6) 《 $\gamma$ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ141-2002, 2002

	<p>年 6 月 1 日实施)</p> <p>(7) 《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><b>3. 建设项目环境影响报告表及其审批部门审批决定</b></p> <p>(1) 《中山市悦来新材料科技有限公司新建电子加速器辐照项目环境影响报告表》(报告编号: LBHJ-2024-DLHP023, 编制单位: 广州乐邦环境科技有限公司)</p> <p>(2) 《广东省生态环境厅关于中山市悦来新材料科技有限公司新建电子加速器辐照项目环境影响报告表的批复》(批复文号: 粤环审【2024】139 号, 2024 年 8 月 5 日)</p>
验收执行标准	<p><b>1. 剂量限值和约束值</b></p> <p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)</p> <p>附录 B 第 B1.1.1.1 款: 工作人员的<span style="font-variant: small-caps;">职业照射水平</span>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。</p> <p>(2) 审管部门批复</p> <p>项目在建设和运行中应严格落实报告表提出的各项辐射安全防护措施以及辐射安全责任, 确保辐射工作人员有效剂量约束值低于 5 毫希沃特/年, 公众有效剂量约束值低于 0.1 毫希沃特/年。</p> <p>由此确定本项目剂量约束值为辐射工作人员有效剂量约束值为 5mSv/a, 公众有效剂量约束值为 0.1mSv/a。</p> <p><b>2. 周围剂量当量率限值</b></p> <p>根据《广东省生态环境厅关于中山市悦来新材料科技有限公司新建电子加速器辐照项目环境影响报告表的批复》以及《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979—2018) (参考该标准相关内容) 第 4.2.2 辐射屏蔽设计依据: 电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5<math>\mu</math>Sv/h。</p>

	<p>确定本项目屏蔽体外剂量率控制水平为：取人员可达区域的屏蔽体外 30cm 处及以上区域的周围剂量当量率不能超过 2.5<math>\mu</math>Sv/h。</p>
--	--

## 表二 项目建设情况

### 2.1 项目建设内容

#### 2.1.1 建设单位概况

中山市悦来新材料科技有限公司（以下简称建设单位）于2024年5月8日成立，法定代表人为陈见山，注册资本为人民币五百万元，建设单位开展电线电缆和热缩套管的深加工。

由于电线电缆和热缩套管在辐照交联后，材料的耐热性、耐电性、耐腐蚀性、耐冲击性等性能都大幅提高，因此，为了提升产品质量和产品附加值，提高公司市场竞争力，建设单位在生产车间东北侧建设辐照室，并在辐照室内使用电子加速器，对电线电缆和热缩套管进行辐照交联。

#### 2.1.2 项目建设内容和规模

本项目为分批验收的第一批验收，验收项目为新建1号辐照室，并在辐照室内安装使用1台DDLH2.5/40-1400型电子加速器的电子最大能量为2.5MeV，最大束流为40mA，用于辐照交联。

2024年，建设单位委托广州乐邦环境科技有限公司编制了《中山市悦来新材料科技有限公司新建电子加速器辐照项目环境影响报告表》（报告编号：LBHJ-2024-DLHP023），该报告表于2024年8月5日经广东省生态环境厅批复，批文号为粤环审[2024]139号，详见附件1。报告评价的主要内容为：在建设单位厂区生产车间内东北侧新建2间辐照室，并在每间辐照室内安装使用1台电子加速器辐照装置(均为DDLH2.5/40-1400型，电子线最大能量2.5兆电子伏，最大束流强度40毫安，装置加速器主体自带屏蔽，属II类射线装置)用于电线电缆和热缩套管的辐照交联。

本项目计划分两期进行建设，首期工程包括建设1号辐照室及安装使用1台DDLH2.5/40-1400型电子加速器，二期工程为建设2号辐照室及安装使用1台DDLH2.5/40-1400型电子加速器。

建设单位现阶段已完成首期工程建设，辐照室内安装使用的1台DDLH2.5/40-1400型电子加速器的电子最大能量为2.5MeV，最大束流为40mA。建设单位在完成首期项目建设后，向广东省生态环境厅申领辐射安全许可证，并于2025年7月24日取得辐射安全许可证，证书编号为粤环辐证[05240]，许可的种类和范围为使用II类射线装置（见附件2）。

建设单位环评批复与建设情况对照见表 2-1。

**表 2-1 环评批复与本次验收内容对照分析**

项目	环评阶段	建设情况	分析
机房建设	建设 2 间辐照室	已建设 1 间辐照室（1 号辐照室）	仅验收已建设机房
安装数量	2 台	1 台	仅验收已安装射线装置
型号	2 台 DDLH2.5/40-1400 型电子加速器辐照装置	1 台 DDLH2.5/40-1400 型电子加速器辐照装置	
参数	2.5MeV, 40mA	2.5MeV, 40mA	一致
用途	电线电缆和热缩套管的辐照交联	电线电缆和热缩套管的辐照交联	一致

根据已上分析,建设单位原计划建设 2 间辐照室,并安装 2 台最大能量为 2.5MeV,最大束流为 40mA 的电子加速器辐照装置,目前仅在生产车间内东北侧安装 1 台最大能量为 2.5MeV,最大束流为 40mA 的 DDLH2.5/40-1400 型电子加速器辐照装置。建设单位实际建设情况及实际安装电子加速器辐照装置数量均小于环境影响评价阶段。

所以,本次验收为部分验收,验收内容为:生产车间内东北侧建设 1 号辐照室及安装使用 1 台 DDLH2.5/40-1400 型电子加速器辐照装置及其配套环保设施。

**建设单位后续在项目环评许可范围内增配电子加速器辐照装置,应再次组织对项目进行竣工环境保护验收。**

### 2.1.3 项目建设位置和平面布置

本次验收项目位于中山市小榄镇东城社区葵兴大道 206 号第三卡的建设单位生产车间东北侧,地理位置见图 2-1。

建设单位的生产车间为单层独立建筑,无地下层;其东北侧建有辐照室。生产车间内部规划有两间辐照室,并设有收放线区、通道、堆放区、出货区及办公室。本项目实际仅建设其中一间(1 号辐照室)。该辐照室位于车间东北侧,其东北侧约 3m、西北侧约 3.8m 处为生产车间边界;西南侧约 5m 处为收放线区,约 20m 处为通道,约 26m 处为堆放区,约 44m 处为办公室与出货区,约 56m 处为生产车间边界,西南面原为 2 号辐照室及其收放线和堆放区的拟建场地,由于 2 号辐照室目前暂无建成,因此该区域目前建设单位暂时作为杂物间使用,距离 1 号辐照室墙体约 3.9m。具体布局见图 2-2。

此外,1 号辐照室东北侧约 3m、东南侧与西北侧约 6m、西南侧约 69m 处均为厂界(见图 2-3)。其东北侧约 19m 处为工业厂房,东南侧约 42m 处为宏昌物流园,西

北侧约 6m 处为港利汽车维修中心。在 50m 范围内（见图 2-4）主要为工厂、物流园及道路等设施。

通过现场调查并与环评文件对照，建设单位首期实际建设地点、建设情况与环评情况一致。

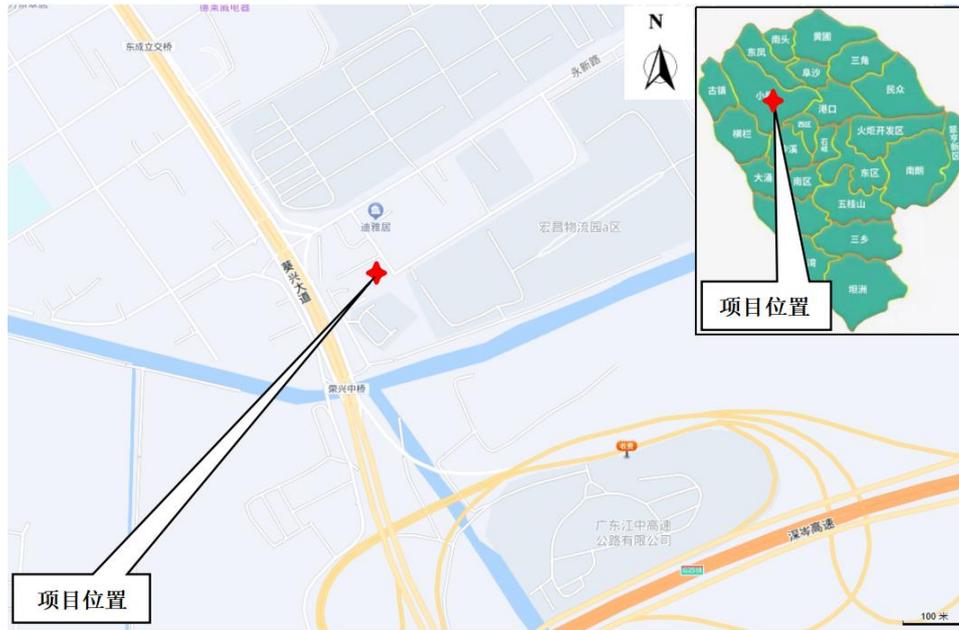


图 2-1 验收项目地理位置图

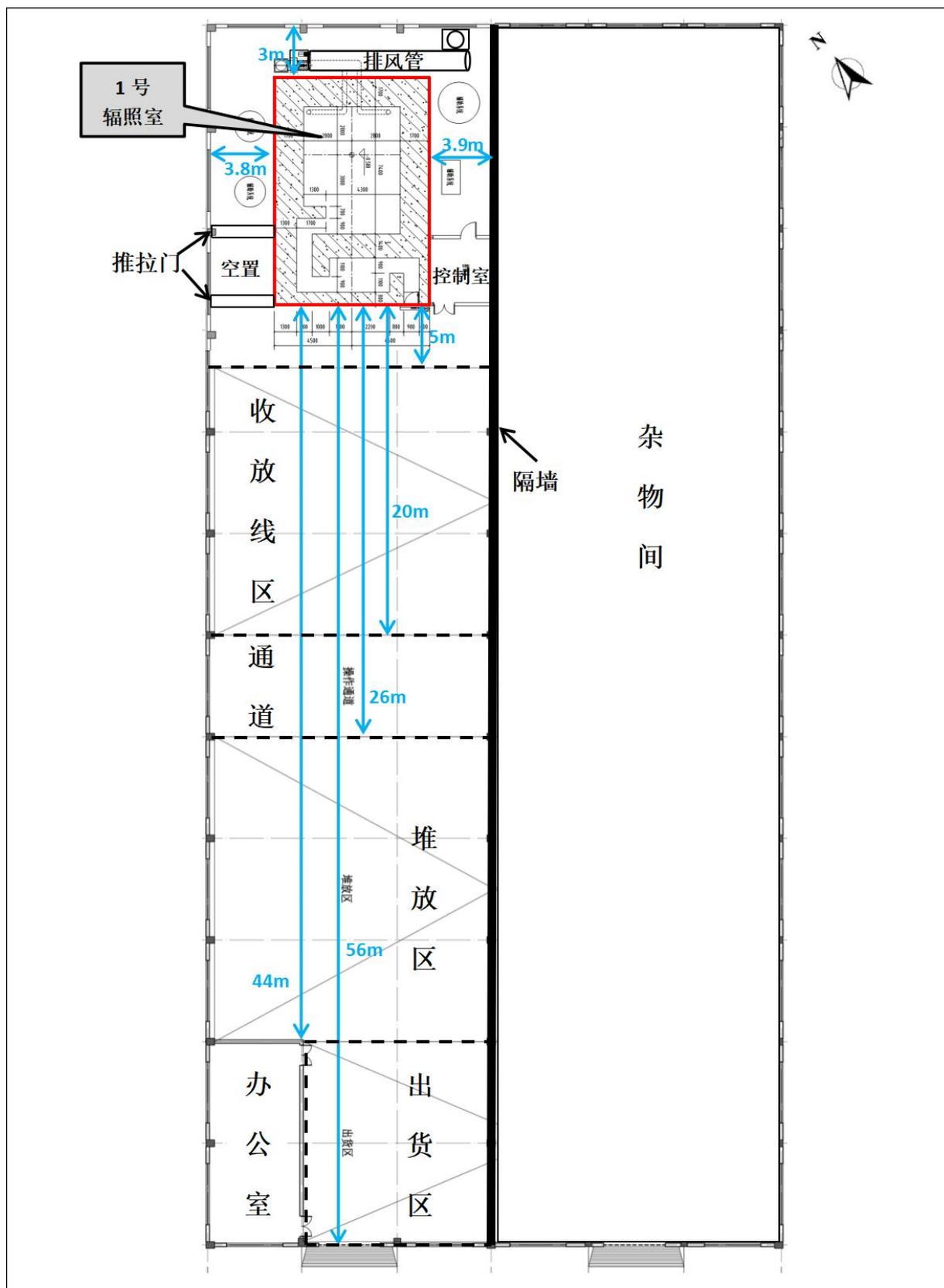


图 2-2 本项目生产车间的平面布局图

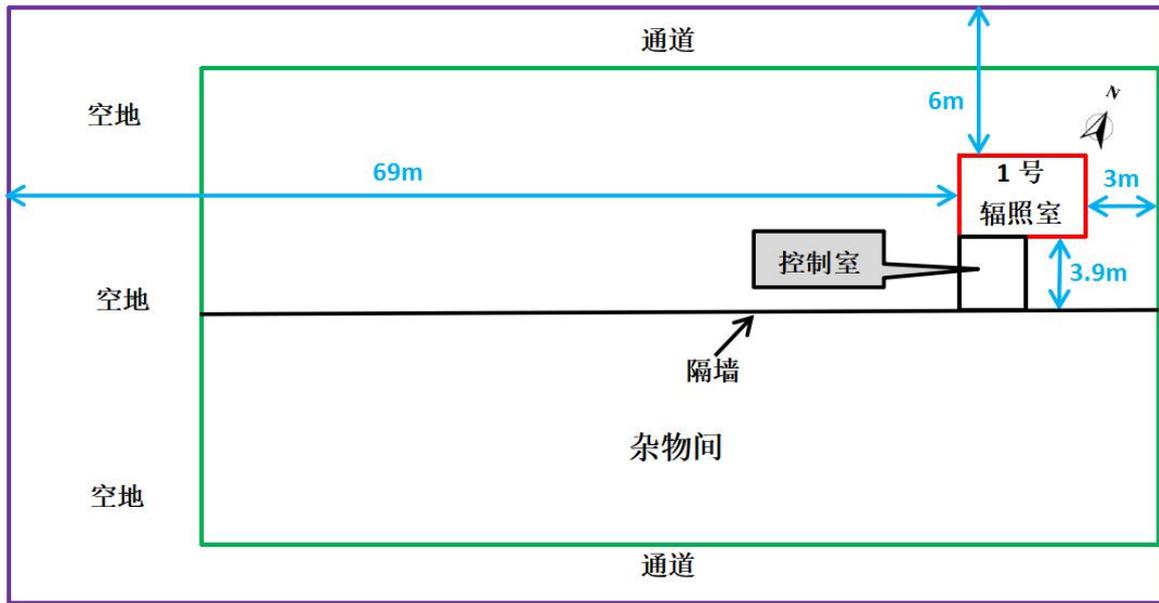


图 2-3 本项目建设单位总平面布局图

(绿色线条为生产车间边界，紫色线条为建设单位用地边界)

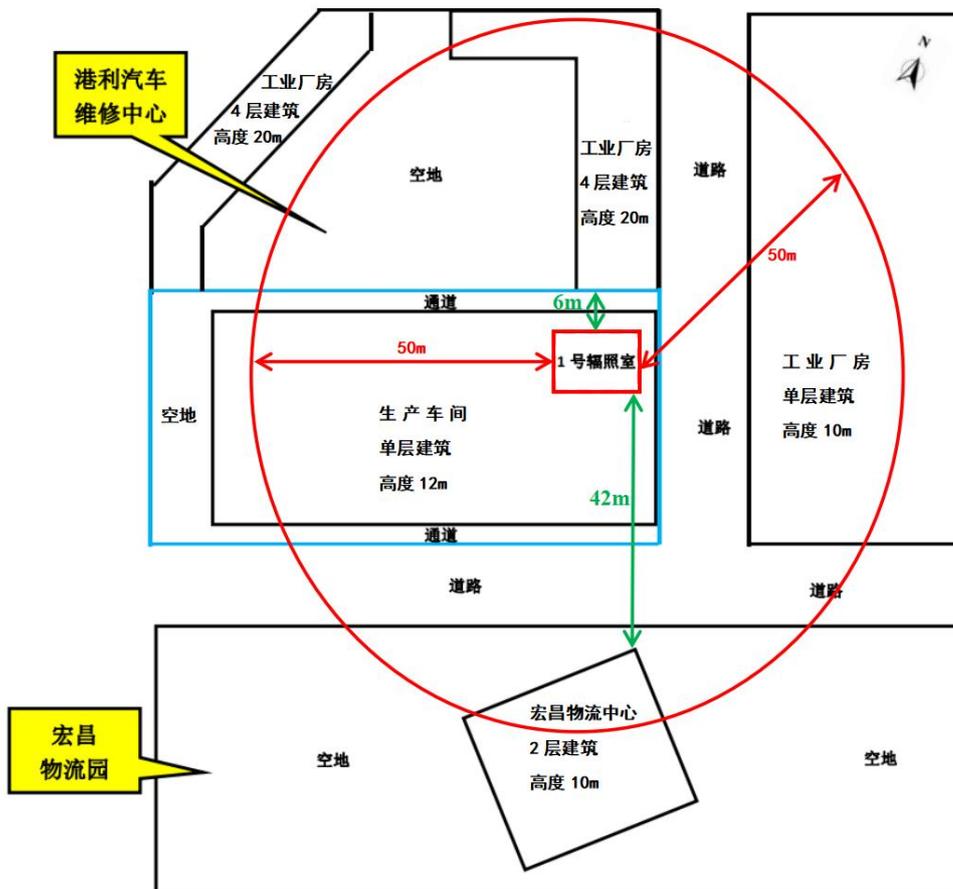


图 2-4 本次验收项目建设地点及周围环境分布图（蓝色为建设单位厂界）



辐照室西北侧空置



辐照室东南侧控制室



辐照室东南侧辅助系统



辐照室东南侧 2 号辐照室拟建位置  
(暂为杂物间)



辐照室西南侧收放线区、通道、堆放区、出货区



辐照室东北侧道路

图 2-6 验收项目工作场所环境现状图

2.1.4 环境保护目标

本项目所涉及的环境保护目标与环评时一致，主要为建设单位辐射工作人员和公众（非辐射工作人员）等，具体见表 2-1。

表 2-1 辐照室周围环境保护目标一览表

厂区内/外	地点	方向	人员类别	距离	居留情况	人数	保护要求	
厂区内	控制室	东南侧	辐射工作人员	紧邻	全居留	约 2 人	辐射工作人员剂量约束值 5mSv/年	
	生产车间	空置辅助系统	西北侧	公众	紧邻	偶然居留	流动人员	公众剂量约束值 0.1mSv/年
		通道	东北侧					
		辅助系统	东南侧					
		收发线区	西南侧		5~20m	全居留	约 4 人	
		通道堆放区	西南侧		20~44m	偶然居留	流动人员	
		出货区	西南侧		44~50m	部分居留	约 2 人	
		办公室	西南侧		44~50m	全居留	约 5 人	
	通道		西北侧		3.8~50m	偶然居留	流动人员	
			东南侧		21~50m			
厂区外	工业厂房	东北侧			19~50m	全居留	约 5 人	
	港利汽车维修中心	西北侧		6~50m	全居留	约 10 人		
	宏昌物流园	东南侧		42~50m	全居留	约 5 人		
	道路	东北侧 东南侧		3~50m	偶然居留	流动人员		
	空地	东北侧		49~50m	偶然居留	流动人员		

2.1.5 环境影响评价文件及批复对照分析

本项目按照环评审批的建设方案分两期建设，现已建成了首期工程，环境影响报告表及其审批部门审批决定建设内容与实际建设内容对比见表 2-2。

表 2-2 验收项目与环评阶段设计的建设内容对照表

环评文件及批复	实际建设内容
在公司厂区生产车间内东北侧新建 2 间辐照室，并在每间辐照室内安装使用 1 台电子加速器辐照装置(均为 DDLH2.5/40-1400 型，电子线最大能量 2.5 兆电子伏，最大束流强度 40 毫	在公司厂区生产车间内东北侧新建 1 间辐照室，并在辐照室内安装使用 1 台电子加速器辐照装置(为 DDLH2.5/40-1400 型，电子线最大能量 2.5 兆电子伏，最大束流强度 40 毫

安,装置加速器主体自带屏蔽,属II类射线装置)用于电线电缆和热缩套管的辐照交联。

安,装置加速器主体自带屏蔽,属II类射线装置)用于电线电缆和热缩套管的辐照交联。

根据以上分析,本次验收项目的实际建设内容,在规模、选址、工程设计、屏蔽措施及配套设施等方面,均严格执行了环境影响评价文件及批复要求,未发生重大变更。

## 2.2 源项情况

### 2.2.1 设备结构组成

本项目使用电子加速器的设备主要由以下几个部分组成:直流高压发生器、束流加速系统、扫描引出系统、控制系统和真空系统。

#### (1) 直流高压发生器

由高频振荡器和倍压整流芯柱组成。

##### ① 高频振荡器

高频振荡器的作用是把电网的电能为工频转化为高频,其性能决定着加速器的最大束功和束功转换效率,其主要特色如下:

1.电子管振荡采用特殊设计的负高压线路把直流高压和高压输出隔离,可防止因直流电容损坏时出现的直流高压。

2.直流高压增加双 LC 滤波电路,使输出电压的脉动系数明显下降,电源功率输出的稳定性和质量大幅提高。

3.采用由锁相环稳频压控振荡器、移位寄存器分频、时基电路和 GAL 器件组成的脉冲列调制和输出电路。通过上述线路使得可控硅交流调压系统的稳压精度优于 1%,响应速度更快。

4.采用风冷可控硅,使得机柜结构更安全、可靠、紧凑。

振荡器的谐振回路由钢筒内的环形自耦变压器(构成回路的电感 L)和半圆筒高频电极与钢筒内壁和倍压芯柱之间的分布电容(构成回路的电容 C)组成。振荡管阳极和高压变压器初级之间通过高频电缆连接。栅极所需的正反馈电压则通过置于钢筒与高频之间的耦合电容板取得。

高频变压器是高频振荡器的关键部件，其性能为：

- 1.能在高频、高压和大功率负荷的条件下工作。
- 2.变压器线饼漏磁小、Q 值高。
- 3.结构紧凑、牢固，由完整详细的制作和安装工艺保证其质量。
- 4.基于特制线饼技术及合理的屏蔽、匀场设计，大大降低了运行损坏，提高了加速器的束功转换效率。

## ② 整流倍压系统

整流倍压系统是以两块垂直地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。在每个硅堆的连接点上水平地安装一只半电晕环，两列上下整齐排列的半电晕环，构成了整流倍压系统的圆柱外观，并把硅堆屏蔽在其中。对称的两列半电晕环正好与固定在钢筒内壁的两个对称的半圆筒高频电极同轴对应，每个半电晕环与高频电极之间即构成了分布电容  $C_{sc}$ 。半电晕环和电极之间的尺寸配合精确，其表面平滑光亮。这种几何结构与静电加速器非常相似，其几何设计，既满足高频耦合参数的要求，也符合高压静电场的场形设计。

## (2) 束流加速系统

束流加速系统由加速管和电子枪组成。

### ① 加速管

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。加速管成为加速器里最脆弱的环节，是各类高压型加速器提高端电压的主要限制。

### ② 电子枪

在加速管的顶端安装有电子枪。电子枪采用由钨合金丝绕制的直热式盘香形阴极，钨丝直径约 0.8mm。阴极加热后发出的电子被加速管上端的引出极（也称吸极）引出成束进入加速管加速。为了在钛窗处获得所需要的束斑尺寸，电子枪和引出区以及整

根加速管的电场要合理配置，经计算确定。

电子枪的供电功率由置于高压球帽内的发电机提供。发电机由固定在钢筒底座上的变频电机通过一根绝缘轴带动。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。这样的供电方式，束流和频率单一对应，跟随快，便于和束下装置联动，有利于提高工作效率和辐照产品的质量。

### **(3) 扫描引出系统**

电子束离开加速管后经漂移管进入扫描引出系统。电子束在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。钛窗上的钛金属膜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。本项目用电子加速器的钛膜厚度约 0.04mm。即使如此，钛箔上的能耗仍旧相当可观，因此，加速器设备沿钛窗安装有一把风刀，针对钛箔进行强风冷却。

另外，在加速管出口至扫描磁铁之间的漂移管外面，还安装有聚焦线圈和导向线圈，用以调节束流的聚焦和方向。

### **(4) 控制系统**

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

#### **① 加速器启动运行的前提条件**

1. 冷却系统工作正常；
2. 辐照室通风系统工作正常；
3. 辐照室防护门关闭；
4. 高频机柜门关闭；
5. 钢筒温度、高频机柜温度和振荡管冷却水温度达标；
6. 一般要求真空度好于  $7.5 \times 10^{-5}$  Pa 等等。

## ② 与多个运行参数发生连锁关系

加速器在运行过程中与多个运行参数发生连锁关系，如：钢筒内发生弧放电，钢筒温度超标，高频机内部出现过热和过流，加速器出现过电压等等，当上述参数异常时将自动封闭高频。

## ③ 实时显示

加速器运行时在控制屏上显示的主要参数有：能量、流强、加速管分压电流，高频振荡参数（电子管阳极电压和阳极电流）、扫描线圈电流、聚焦线圈电流、导向线圈电流等。当发生故障时，控制屏上将立刻显示故障状态和发生故障的部位。

## （5）真空系统

真空系统由涡轮分子泵机组和溅射离子泵机组组成。运行时先启动涡轮分子泵机组，在真空度达到溅射离子泵机组的运行条件后，再启动溅射离子泵机组。待溅射离子泵机组正常工作后，即可关闭涡轮分子泵机组。真空测量采用 B-A 规数显式真空计，真空计可向控制台输出连锁信号，以实现与真空度有关的连锁控制。

## （6）设备示意图

本项目用的电子加速器的主体采用卧式结构（主体装置示意图见图 2-8）。加速器主体、高频机等辅助设备均位于辐照室上方的设备层（整体结构示意图见图 2-9），加速器设备主体采用铅+铁+不锈钢进行屏蔽。

同时，为了项目的安全开展，还需要开关钥匙、电离辐射标识、光电装置、巡检按钮、急停按钮、拉线开关、紧急开门装置、固定式实时周围剂量当量率监测系统、通风系统、烟雾报警装置、火灾灭火装置等辐射安全与防护设施（辐射安全与防护设施见表 3 中内容）。

常规辐照加速器除了需要建设辐照室外，还需建设主机室。本项目使用的电子加速器的设备主体自带屏蔽。与常规辐照加速器（设备主体没有屏蔽的加速器）相比，本项目加速器设备主体由于自带屏蔽可以满足辐射屏蔽要求，加速器设备无需额外屏蔽，因此无需建设主机室。

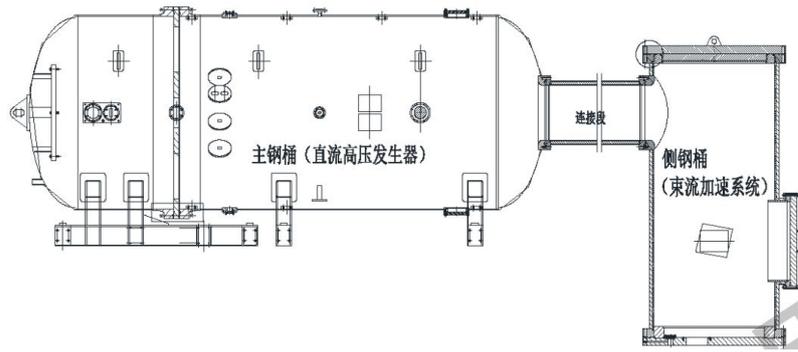


图 2-8 本项目电子加速器的主体装置示意图

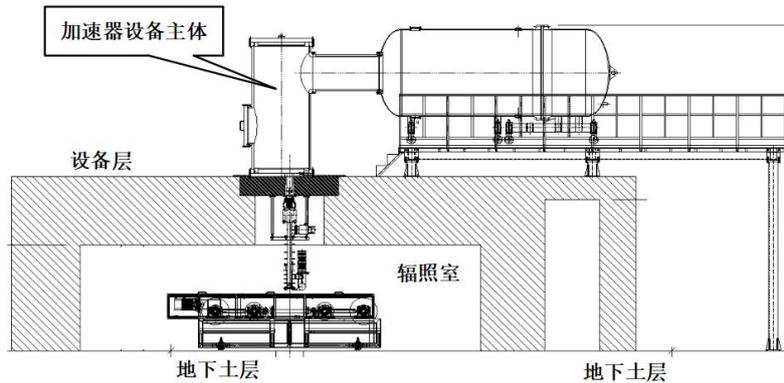


图 2-9 本项目电子加速器整体结构示意图

### 2.2.2 收放线系统工作原理和设备组成

收放线系统的工作原理，是利用滚轮转动时产生的力，将辐照材料输送至电子束下进行辐照交联，并将已辐照交联材料拉出并绕制在线盘上。同时，通过多次经过导轮组，以达到变更传送方向的目的。

收放线系统主要有辐照室外的收放线设备，以及辐照室预埋孔洞处的导轮组构成。建设单位拟辐照交联的材料，从辐照室西南侧的收放线设备出发，穿过屏蔽墙体预埋的穿墙管道，经导轮组多次变更传送方向后，到达辐照室。经电子辐照后，同样经过屏蔽墙体预埋的穿墙管道，经导轮组多次变更传送方向后，离开辐照室，最后到达辐照室西南侧的收放线设备处自动缠绕在线盘上。辐照材料经导轮组变更方向穿过屏蔽体示意图见图 2-10。

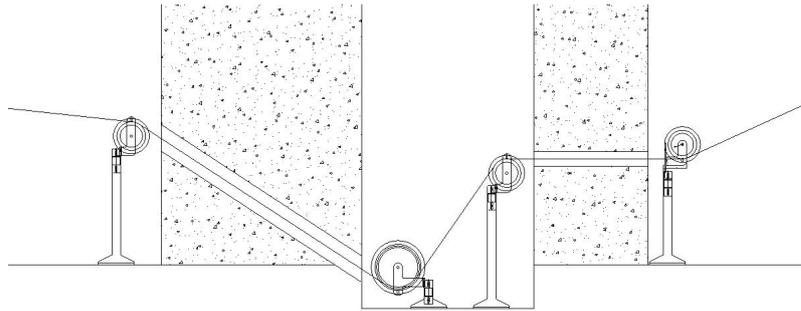


图 2-10 辐照材料经导轮组变更方向穿过屏蔽体示意图

### 2.3 操作流程及产污环节

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

本项目电子加速器的操作流程及产污环节均与环评一致，使用电子加速器辐照加工的操作流程主要内容如下：

(1) 检测相关记录，确认机器无异常故障记录。

(2) 开机加载高压前，辐射工作人员佩戴个人剂量计，携带辐射剂量报警仪和 X- $\gamma$  辐射剂量率仪，巡视辐照室，并依次按下位于辐照室的巡检按钮，确认无异常情况后，关闭好防护门。

(3) 开启辅助系统：冷却系统、通风系统等。

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

(5) 本项目正常情况下，电子加速器会长时间处于开启状态，进行辐照交联。在进行辐照交联过程中，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。

本项目辐照交联的材料主要包括电线电缆（内芯为金属铜或铝，内芯外的包裹材料为塑料）和热缩套管（材料为塑料）；本项目的束下装置的结构材料为铁。本项目电子加速器开机出束时，大部分高能电子轰击在辐照交联的材料上，少部分高能电子

轰击在束下装置的结构材料上，因此，本项目高能电子韧致辐射的“靶”材料主要有塑料、铜、铝和铁。

韧致辐射是指高速电子骤然减速产生的辐射，又称刹车辐射或制动辐射，根据经典电动力学，带电粒子作加速或减速运动时必然伴随电磁辐射。

在开机出束进行辐照交联的过程中，会产生高能电子，高能电子韧致辐射会产生X射线，并且会产生臭氧、氮氧化物等有害气体。

(6) 辐照工作结束，关闭加速器。

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

本项目使用电子加速器的电子束进行辐照交联的工作流程示意图见2-11，使用电子加速器的电子束进行辐照交联的主要产污环节示意图见图2-12。

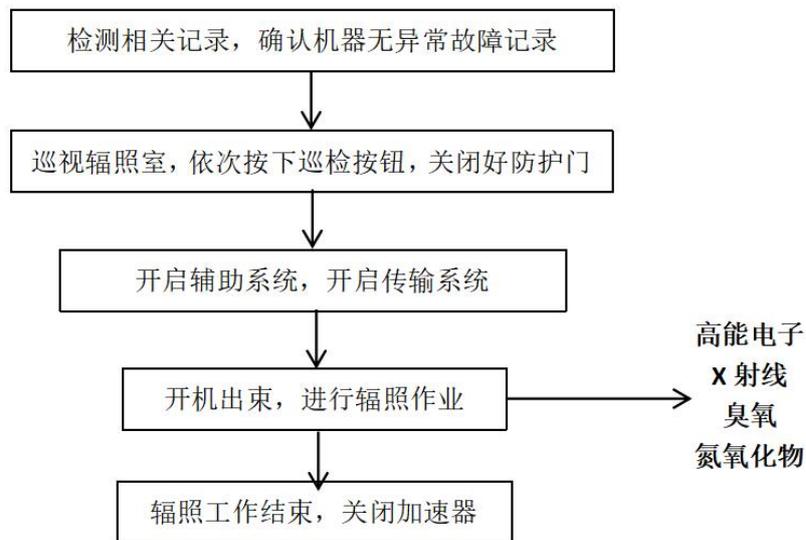


图 2-11 使用电子加速器的电子束进行辐照交联的工作流程示意图

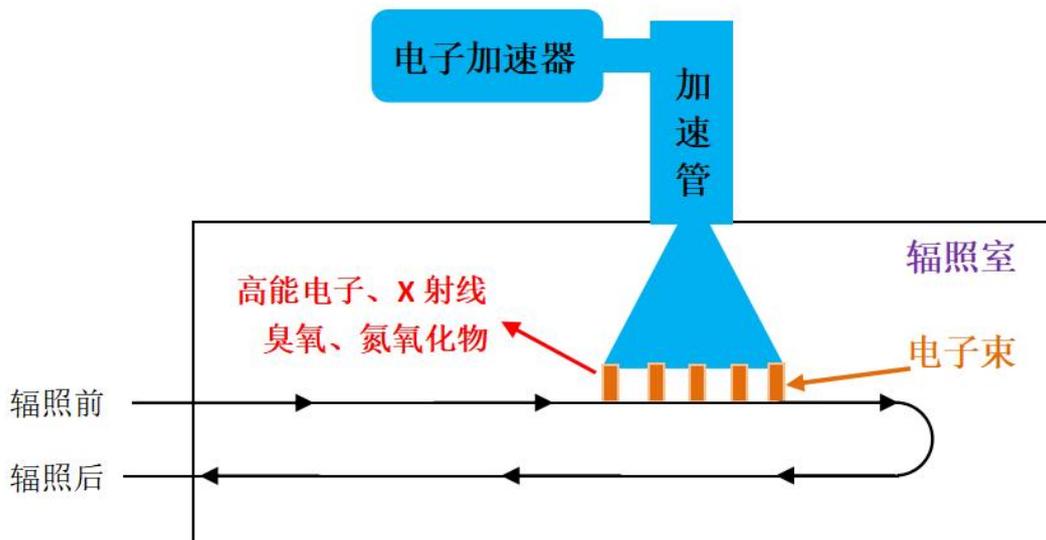


图 2-12 使用电子加速器的电子束进行辐照交联的主要产污环节示意图

### 2.3.1 人员配置及工作负荷

**环评情况：**本项目是使用 2 台电子加速器进行辐照交联。建设单位预计，加速器正式投入使用后，初期工作负荷有限，每台加速器每天开机出束最多 8 小时，全年开机出束最多 200 天；未来当工作负荷增加时，每台加速器每天开机出束最多 16 小时，全年开机出束最多 250 天。

本项目辐射工作人员为加速器的操作人员，初期工作负荷较轻，建设单位拟配备 4 名辐射工作人员（其中 2 人为运行值班长），单名辐射工作人员的最大工作负荷为平均每天开机出束 8 小时，全年开机出束 200 天；随着工作负荷的增加，建设单位拟配备 8 名辐射工作人员（其中 4 人为运行值班长），采取 2 班制（每班安排 2 名运行值班长）进行工作，单名辐射工作人员的最大工作负荷为平均每天开机出束 8 小时，全年开机出束 250 天。

**验收情况：**由于目前建设单位仅安装使用 1 台加速器，尚处于初期起步阶段，建设单位仅配备 2 名辐射工作人员参与辐射工作，其中 1 人为运行值班长，目前预计单名辐射工作人员的最大工作负荷为平均每天开机出束 8 小时，全年开机出束 200 天，年工作时间为 1600 小时。

### 2.3.2 主要污染源

#### (1) 正常工况

由电子加速器的工作原理可知，电子枪产生的电子经过加速后，会产生高能电子束，高能电子韧致辐射会产生高能 X 射线。这些电子束和 X 射线是随机器的开、关而产生和消失。

辐照作业是在专用辐照室中进行，且辐照室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。

高能射线与空气作用，会产生臭氧和氮氧化物等有害气体。建设单位拟安装离心通风机，通过风机将出束过程中产生的臭氧、氮氧化物等有害气体及时有效的排出辐照室。

## **(2) 事故工况**

① 安全连锁失效，人员可能在防护门未关闭时误入辐照室，如果此时电子加速器处于运行状态，则可能造成误照事故。

② 辐照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辐照室中环境便运行电子加速器，则会造成辐照室中人员受误照射。

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的剂量率超过控制水平，此时若加速管周围有人员停留，可能造成误照事故。

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。

### 表三 辐射安全与防护设施/措施

#### 3.1 工作场所布局和分区管理

##### 3.1.1 工作场所布局

本项目为生产车间东北侧建设 1 间辐照室，辐照室西北侧和东北侧为空地，东南侧为控制室和空地，西南侧为收发线区，上方为设备层，下方为地下土层；辐照室内部设计有迷道，加速器主体设备拟放置于辐照室正上方的设备层，辐照室所建位置没有地下层。其相邻环境状况见表 3-1。

表 3-1 1 号辐照室相邻环境状况

机房	西北侧	西南侧	东南侧	东北侧	上方	下方
辐照室	空地	收发线区	控制室	空地	设备层	无

##### 3.1.2 辐射安全分区

**环评要求：**根据《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），以及剂量率估算结果，对本项目辐射工作场所进行分区。

（1）控制区：控制区包括首层的以防护门为界的加速器辐照室和设备层的以加速器设备自带屏蔽体围成的区域。在加速器运行时，该区域具有辐射，控制区内不得有任何人员滞留。以辐射安全联锁和警示装置控制及管理制度保障此区的辐射安全。

（2）监督区：将控制室、2 间辐照室之间区域、辐照室外 0.3m 范围内、设备层的人员可达区域划为监督区。建设单位拟在监督区边界的地面上，标示黄色警戒线，确保监督区的安全。

**落实情况：**本次验收项目，将首层的以防护门为界的加速器辐照室和设备层的以加速器设备自带屏蔽体围成的区域划分为控制区；将控制室、杂物间与辐照室之间区域、辐照室外 0.3m 范围内、设备层的人员可达区域划为监督区。详见图 3-16~图 3-18。

本项目辐射工作场所分区情况可以满足环评文件以及《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中的要求。



图 3-16 辐照室首层工作场所分区图（红色为控制区，黄色为监督区）

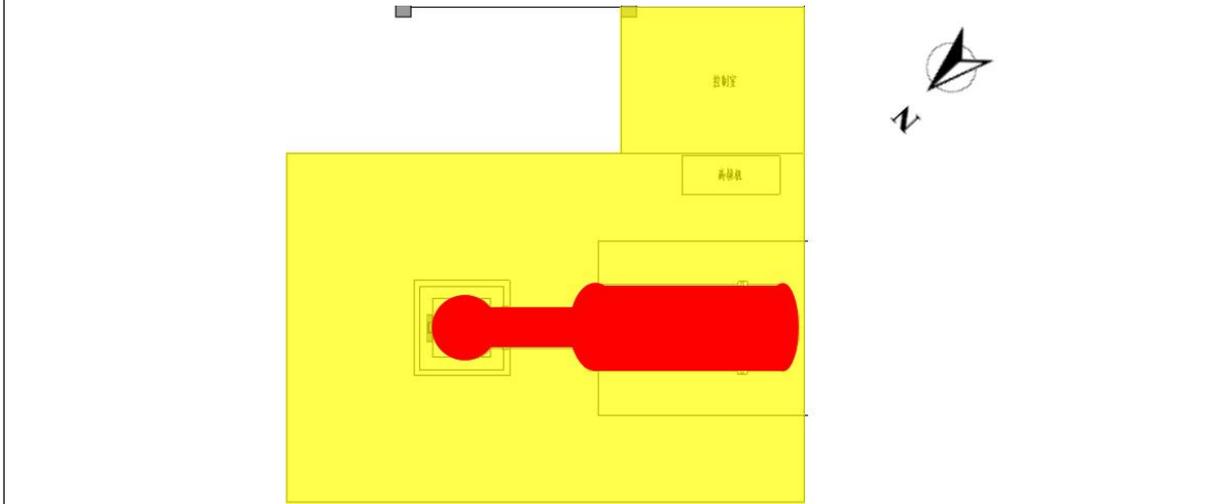


图 3-17 辐照室二层设备层的工作场所分区图（红色为控制区，黄色为监督区）





图 3-18 分区现状示意图

### 3.2 辐射屏蔽设施建设情况

#### 3.2.1 辐射屏蔽设施建设情况

本项目使用的 DDLH2.5/40-1400 型电子加速器是由中广核达胜加速器技术有限公司生产，加速器设备本身设计有屏蔽体，因此无需建设主机室。

辐照室的主体结构采用混凝土（密度不低于  $2.35 \text{ g/cm}^3$ ），辐照室的主体内径为  $7.4\text{m} \times 5.6\text{m} \times 2.2\text{m}$ ，有效容积均为  $91.2\text{m}^3$ 。电子加速器的出束口距离地面高度为  $1.5\text{m}$ ，辐照材料位于出束口下方  $10\text{cm}$  处。辐照室进行混凝土浇筑时，需一次性浇筑完成，避免孔洞气泡的产生。

表 3-1 辐照室辐射屏蔽设施环评与建设情况对照分析

位置	环评设计方案	建成情况	对照分析
东南墙	1.70m 混凝土	1.70m 混凝土	一致
西南墙	迷道内墙：1.40m 混凝土 迷道外墙：0.80m 混凝土	迷道内墙：1.40m 混凝土 迷道外墙：0.80m 混凝土	一致
西北墙	1.70m 混凝土	1.70m 混凝土	一致
东北墙	1.70m 混凝土	1.70m 混凝土	一致
顶棚	1.70m 混凝土	1.70m 混凝土	一致
防护门	5mm 镜面不锈钢	5mm 镜面不锈钢	一致

广东广致混凝土有限公司  
**混凝土配合比设计报告**



委托单位: 广州地质勘察基础工程有限公司 检验单位: (检测报告专用章)  
 工程名称: 中山市悦来电子厂房改造项目 试验依据: JGJ55-2011 GB50204-2015  
 工程部位: \_\_\_\_\_ 样品编号: \_\_\_\_\_  
 送检日期: 2024年09月15日 检验日期: 2024年09月15日 报告日期: 2024年11月06日  
 监督员: \_\_\_\_\_ 见证人: \_\_\_\_\_ 报告编号: TBSK35

构件情况	技术设计参数					施工条件		配合比设计参数	
	环境条件	强度等级	抗渗等级	最小断面尺寸(mm)	最小钢筋净距(mm)	坍落度(mm)	浇筑方法	标准差(MPa)	配制强度(MPa)
	/	C35	/	/	/	150±30	/	5.0	43.2
原	水泥	品种	强度等级	生产厂名		3d抗折强度(MPa)	28d抗折强度(MPa)	3d抗压强度(MPa)	28d抗压强度(MPa)
		P·O	42.5R	广西京兰水泥有限公司		6.5	10.1	32.1	52.1
材	砂	产地	级配区	细度模数	表观密度(kg/m³)	堆积密度(kg/m³)	含泥量(%)		
		佛山市顺德区厚景贸易有限公司	II区中砂	2.6	2610	1520	0.5		
检	石	产地	品种	规格(mm)	针片状颗粒含量(%)	表观密度(kg/m³)	堆积密度(kg/m³)	含泥量(%)	
		佛山市顺德区厚景贸易有限公司	花岗岩碎石	5-25	8	2620	1530	0.4	
结	混合材料		外加剂				水		
	品种	等级	掺量及方式	名称	掺量(%)	减水率(%)	来源		
	粉煤灰	C类II级	18%	① 思特实业/ST-A1	2.0	30	自来水		
	矿粉	S75	15%	② /		/			
施	水胶比	配合比 (水泥:砂:石:水:外加剂:混合材)				砂率(%)	坍落度(mm)	表观密度(kg/m³)	
		0.38 1:2.56:4.01:0.57:0.029:0.49				39	150±30	2350	
配	材料用量(kg/m³)					抗压强度(MPa)			
	水泥	砂	石	水	混合材	外加剂	7d	28d	快速法
合	271	695	1087	155	73	7.90	30.1	46.8	/
			/		61				
备	委托单位地址:								
注									

- 注: 1. 未经本【检测机构】书面批准, 不得复制(全文复制除外)检测报告。  
 2. 【检测机构】地址: 佛山市顺德区杏坛镇七滘堤段外滩地之一, 邮编:528300 电话:0757-26363992  
 3. 报告无报告专用章无效。

批准: 审核: 检验:

**图 3-1 辐照室辐射屏蔽设施设计报告**

辐照室的防护门采用了 5mm 镜面不锈钢, 主要作用是防人误入。辐照室的正上方为设备层, 建设单位在设备层安装铁栅栏, 在设备层的入口处进行上锁管理。建设

单位规定只有在设备检修时才打开允许检修人员进入，平时任何人员无法进入设备层。同时，在设备层入口处设置醒目的电离辐射警示牌，提醒人员勿靠近。在进行设备检修时，检修人员将位于设备层进行作业。

综上所述，本项目辐照室屏蔽建设情况与环评阶段一致，满足相关环保要求。

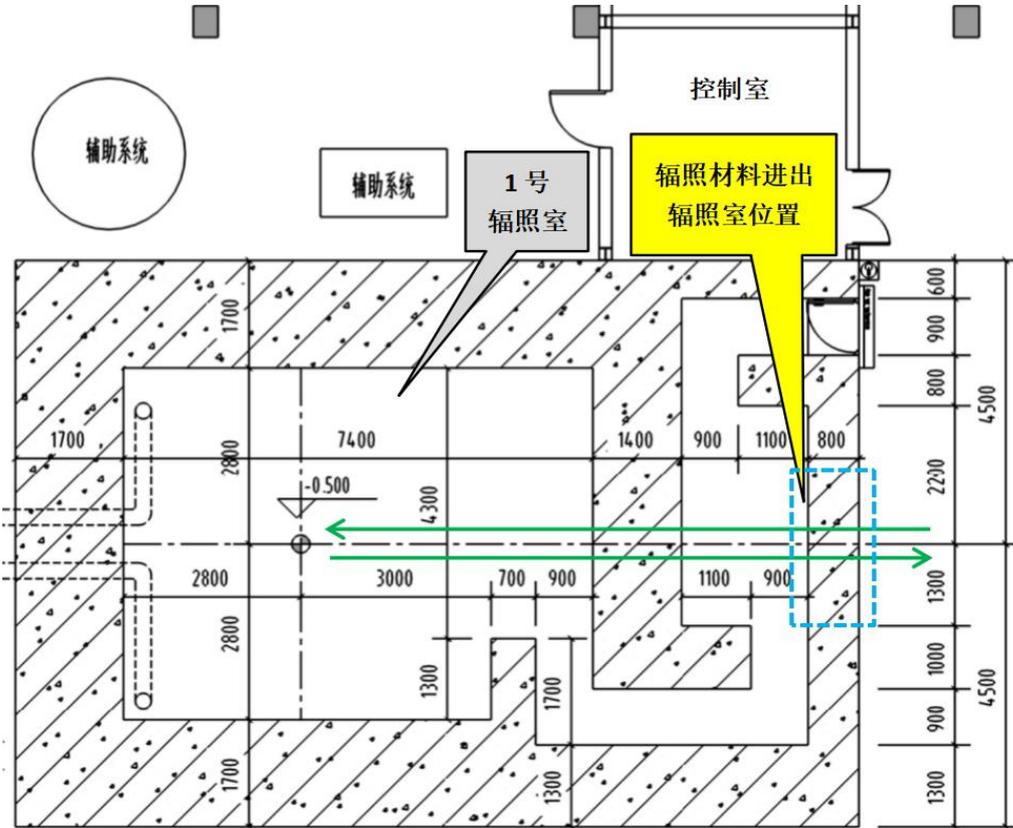


图 3-2 辐照室平面设计图 (绿色线条为辐照材料传送路径)

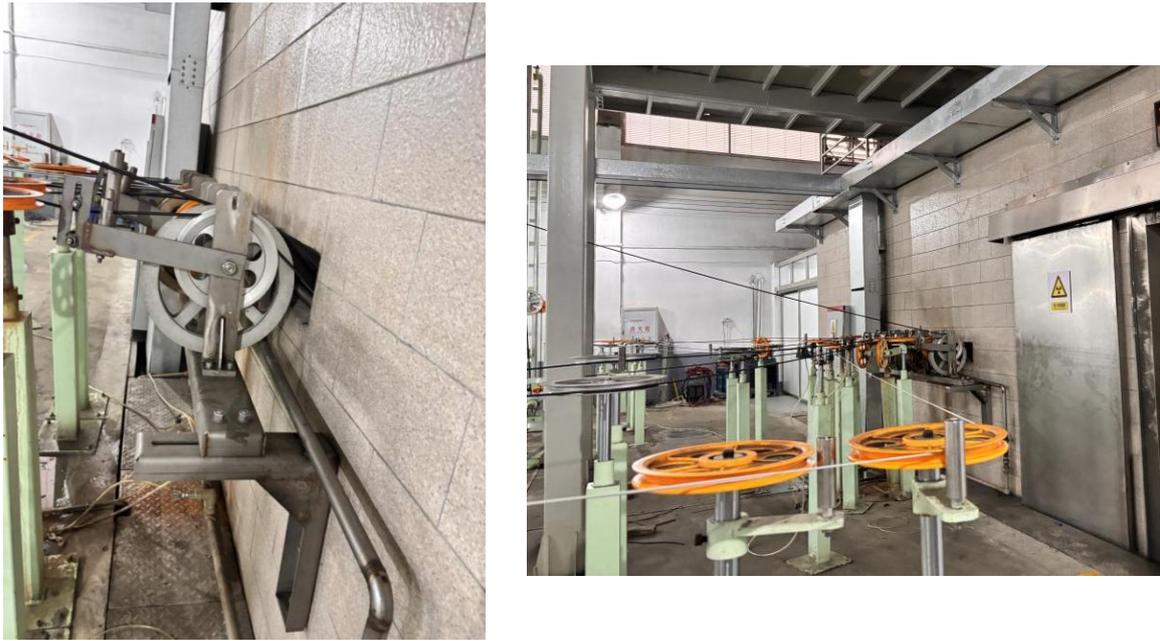


图 3-3 辐照材料传送路径

### 3.2.2 加速器设备主体的辐射屏蔽设施

**环评要求:**DDLH2.5-40/1400 型电子加速器加速管外水平方向的屏蔽体为:12mm 钢板+60mm 铅板+3mm 钢板;加速管水平方向检修口的屏蔽体为:40mm 铅板+70mm 钢板;加速管旁与主设备的连接筒的屏蔽体为:40mm 铅板+12mm 钢板;加速管顶部的屏蔽体为:20mm 钢板+70mm 铅板+80mm 钢板;加速管底部的屏蔽体为 540mm 钢板。在加速器设备生产时,以上屏蔽体将同加速器主体结构共同构成电子加速器。加速器的束流加速系统等设备构件,均位于加速器设备外屏蔽体构成的密闭空间中。

本项目的电子加速器,在与辐照室的连接处,设计有 540mm 的钢板,在与辐照室的搭接处,采用“L”形状搭接。

**落实情况:**DDLH2.5-40/1400 型电子加速器加速管外水平方向的屏蔽体为:12mm 钢板+60mm 铅板+3mm 钢板;加速管水平方向检修口的屏蔽体为:40mm 铅板+70mm 钢板;加速管旁与主设备的连接筒的屏蔽体为:40mm 铅板+12mm 钢板;加速管顶部的屏蔽体为:20mm 钢板+70mm 铅板+80mm 钢板;加速管底部的屏蔽体为 540mm 钢板。在加速器设备生产时,以上屏蔽体将同加速器主体结构共同构成电子加速器。加速器的束流加速系统等设备构件,均位于加速器设备外屏蔽体构成的密闭空间中。DDLH2.5/40-1400 型电子加速器设备本身自带的屏蔽体参数见图 3-4。

本项目的电子加速器，在与辐照室的连接处，设计有 540mm 的钢板，在与辐照室的搭接处，采用“L”形状搭接。电子加速器设备与辐照室连接处大样图见图 3-5。

综上所述，本项目所使用的电子加速器由中广核达胜加速器技术有限公司生产，其设备型号与自带屏蔽体均与环评规划一致。

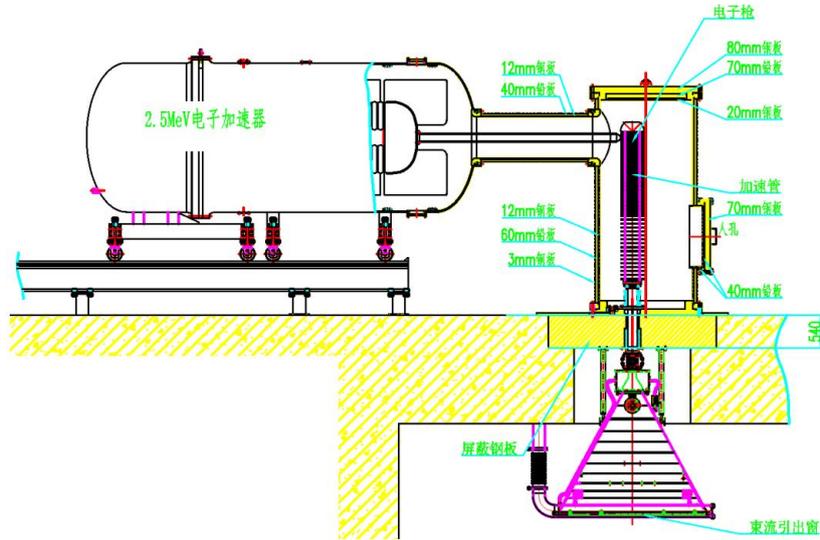


图 3-4 DDLH2.5/40-1400 型电子加速器设备本身自带的屏蔽体参数

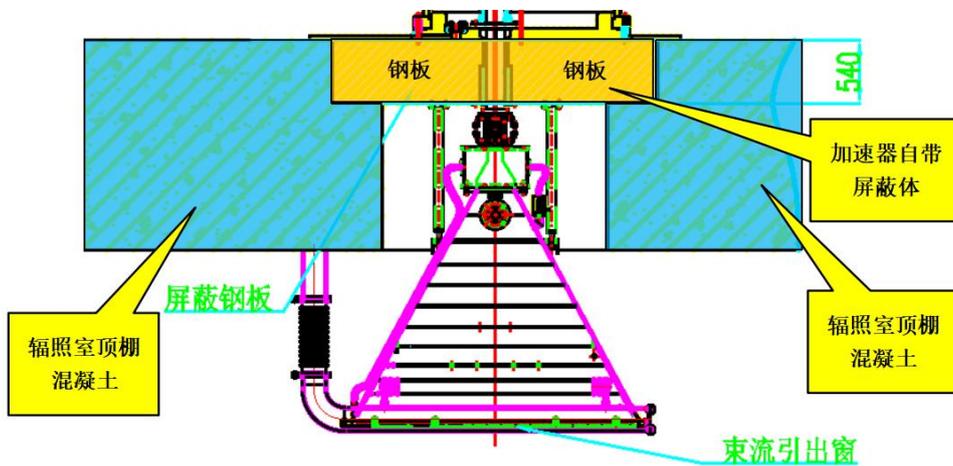


图 3-5 电子加速器设备与辐照室连接处大样图

### 3.2.3 管线穿墙和通风系统

#### (1) 加速器控制电缆线和真空系统管道穿墙设计图

**环评要求：**建设单位电子加速器辐照室的全部电缆线沿着屏蔽墙内侧走线，经束流中心附近的内墙壁表面，穿过辐照室顶部的楼板到达设备层。电子加速器的真空系统管道同样经束流中心附近的内墙壁表面，穿过辐照室顶部的楼板到达设备层。电缆线和真空系统管道穿过屏蔽墙体采用折叠路径设计，最终穿越屏蔽墙到达辐照室外。建设单位对电缆线和真空系统管道的穿墙设计有 2 次以上转角，所有的管道倾斜一定角度布置。

**落实情况：**建设单位电子加速器辐照室的全部电缆线沿着屏蔽墙内侧走线，经束流中心附近的内墙壁表面，穿过辐照室顶部的楼板到达设备层。电子加速器的真空系统管道同样经束流中心附近的内墙壁表面，穿过辐照室顶部的楼板到达设备层。电缆线和真空系统管道穿过屏蔽墙体采用折叠路径设计，最终穿越屏蔽墙到达辐照室外。建设单位对电缆线和真空系统管道的穿墙设计有 2 次以上转角，所有的管道倾斜一定角度布置。

### (2) 辐照交联的材料穿墙设计

**环评要求：**建设单位辐照交联的材料，从辐照室西南侧，穿过屏蔽墙体预埋的穿墙孔道，经导轮组多次变更传送方向后，到达辐照室。经电子辐照后，同样经过屏蔽墙体预埋的穿墙孔道，经导轮组多次变更传送方向后，离开辐照室。

**落实情况：**建设单位辐照交联的材料，从辐照室西南侧，穿过屏蔽墙体预埋的穿墙孔道，经导轮组多次变更传送方向后，到达辐照室。经电子辐照后，同样经过屏蔽墙体预埋的穿墙孔道，经导轮组多次变更传送方向后，离开辐照室。

### (3) 通风系统

#### 排风系统：

**环评要求：**建设单位在辐照室安装排风能力 7400 m<sup>3</sup>/h 的离心通风机，保证能及时将臭氧、氮氧化物等有毒有害气体排出；结合辐照室 91.2 m<sup>3</sup> 的有效容积，通风换气次数达 81.1 次/小时；排风抽风口设置于辐照室内角落地面处，经专用管道引至车间外高空排放，排放口为直径 60cm 的圆形管道，距地面高度 21m（高于周边最高 20m 的建筑物），排放口周边为工厂、物流园、道路等非敏感场所，无居民区、学校等环境敏感点。

**落实情况：**建设单位在实际建设中，排风系统核心参数与环评要求完全一致：安装了排风能力 7400 m<sup>3</sup>/h 的离心通风机，辐照室通风换气次数保持 81.1 次/小时，抽风口仍设置于辐照室内角落地面处，排风管道规格为直径 60cm 的圆形管道，排放口距地面高度维持 21m，且通风管道贯穿机房屏蔽墙体部位的辐射防护措施与环评设计方案一致。

本次建设仅对排放口平面位置进行了调整：环评阶段排放口位于辐照室北侧，实际调整为辐照室东北侧，排放高度、管道规格、周边环境等关键要素均未发生变化，排放口调整前后详见图 3-6，排风设施实物图详见图 3-7。

该排放口平面位置调整，未改变排风系统的通风能力、辐射防护措施、排放高度及周边环境敏感属性，不属于辐射安全相关的重大变动，且本项目已通过辐射安全许可审批。根据表 7 检测结果，电子加速器辐照装置在正常运行时，机房周围剂量率均低于 2.5μSv/h，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979—2018）4.2.2 的辐射屏蔽设计要求。因此，本次排风系统建设符合环评及辐射安全管理要求。

#### **进风系统：**

①为了防止电子加速器的钛窗过热，电子加速器系统本身设计有对钛窗的冷却风，通风量为 1610-2844m<sup>3</sup>/h。该部分冷却风是由辐照室上方的设备层提供新风，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。钛窗冷却风管在辐照室的顶棚穿过屏蔽体，到达辐照室。钛窗冷却风管穿过屏蔽墙体采用折叠路径设计，管道的穿墙设计有 2 次以上转角，所有的管道倾斜一定角度布置。

②辐照交联材料穿过屏蔽墙体时，存在一定的空隙，通过此空隙，提供新风。由于安装的机械排风装置的排风能力为 7400m<sup>3</sup>/h，据此可知，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，可以有效的杜绝臭氧、氮氧化物等扩散到辐照室外环境。实际落实情况与环评阶段设计一致。

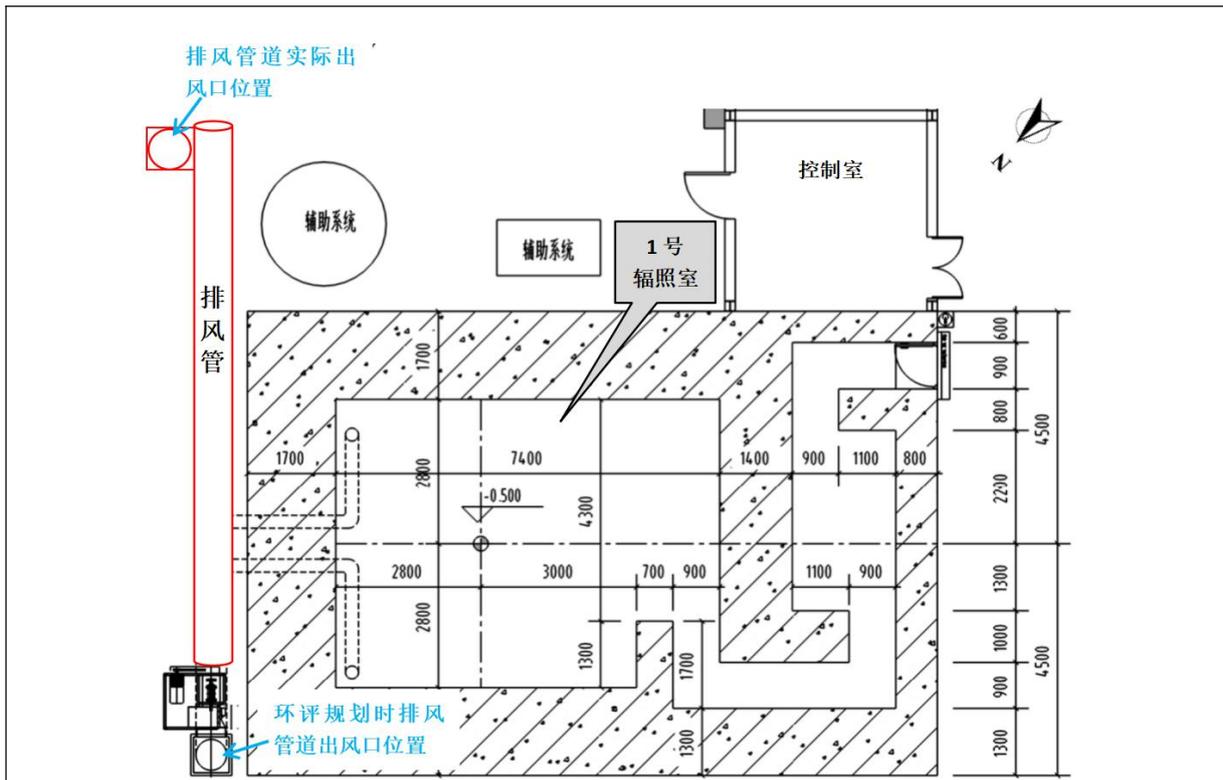
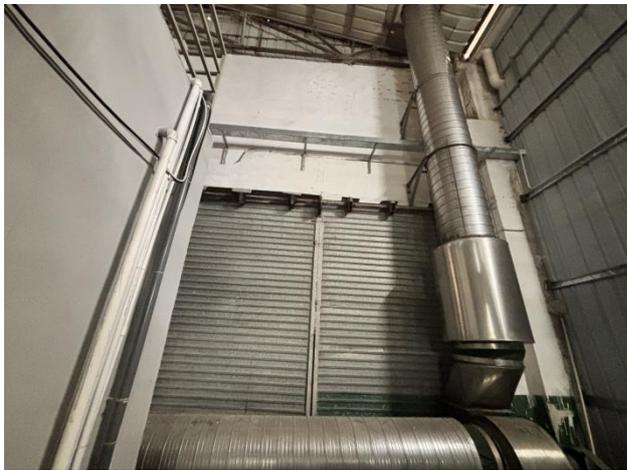


图 3-6 通风管道排放口调整前后图



排风管道



排风口周边环境

图 3-7 排风系统

### 3.3 辐射安全与防护措施

#### 3.3.1 人流物流路径

**环评要求：**本项目的辐射工作人员，从控制室的西南侧的入口进入控制室；工作结束后同样经过控制室西南侧的入口离开辐射工作区域。物流路径：未辐照材料经辐照室西南侧预埋的孔洞，进入辐照室；在辐照交联后，已辐照材料同样经过辐照室西南侧预埋的孔洞，离开辐照室。

**落实情况：**本项目的辐射工作人员，从控制室的西南侧的入口进入控制室；工作结束后同样经过控制室西南侧的入口离开辐射工作区域。物流路径：未辐照材料经辐照室西南侧预埋的孔洞，进入辐照室；在辐照交联后，已辐照材料同样经过辐照室西南侧预埋的孔洞，离开辐照室。人流物流路径详见图 3-8。

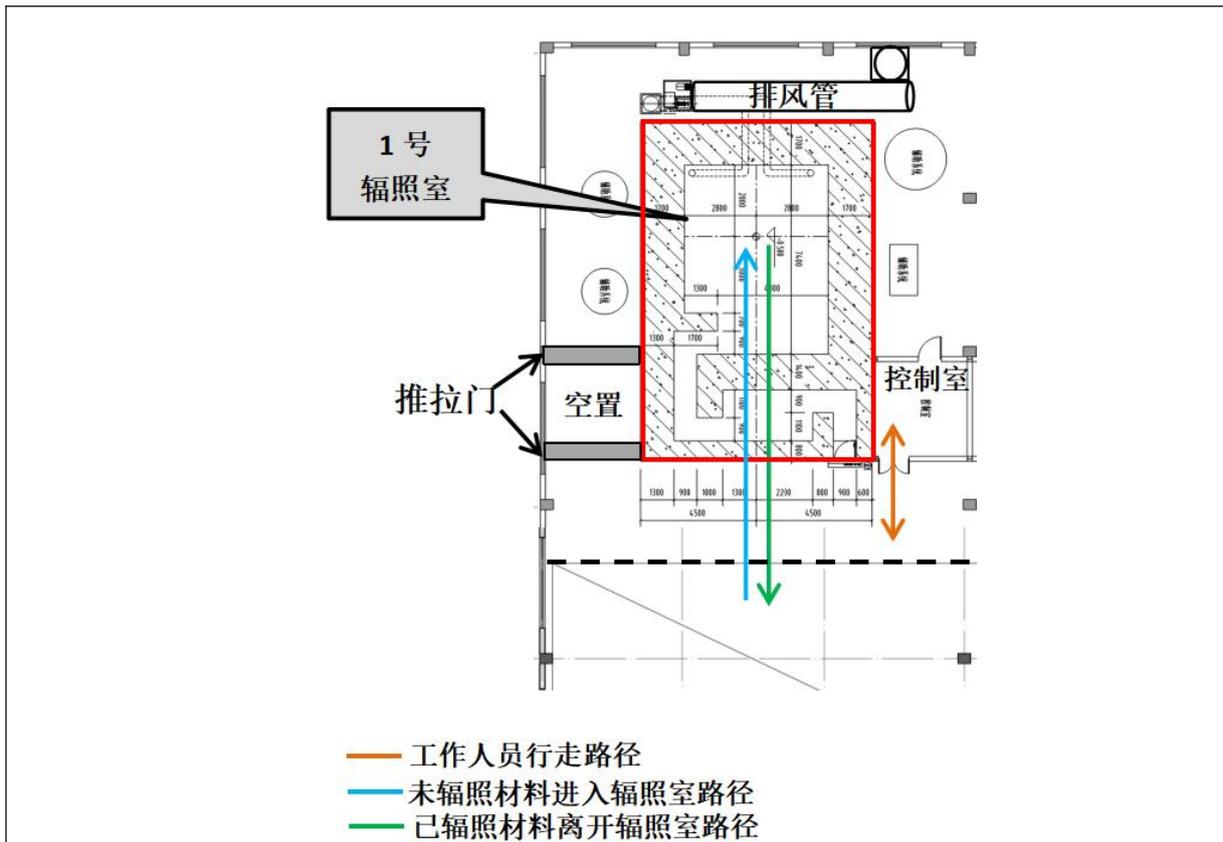


图 3-8 人流物流路径图

### 3.3.2 钥匙控制

**环评要求：**在控制室设计有主控台，在主控台上设计有加速器的钥匙开关，只有该钥匙就位后才能开启电源，启动加速器，加载高压并出束作业；钥匙开关未闭合状态时，对应加速器无法加载高压和出束作业。设备运行过程中，从主控台上取出该钥匙，加速器将自动停机切断束流并切断高压。

加速器的开关钥匙与辐照室的防护门开关钥匙是同一把钥匙。当工作人员需要打开防护门进入辐照室时，该工作人员必须携带该加速器的开关钥匙。因此，加速器在开机时，由于没有防护门开关钥匙，防护门无法打开。

本项目的钥匙拟与一个便携式辐射监测报警仪相连。建设单位规定，只有运行值班长有权利使用钥匙开关。

**落实情况：**在控制室设计有主控台，在主控台上设计有加速器的钥匙开关，只有该钥匙就位后才能开启电源，启动加速器，加载高压并出束作业；钥匙开关未闭合状态时，对应加速器无法加载高压和出束作业。设备运行过程中，从主控台上取出该钥匙，加速器将自动停机切断束流并切断高压。

加速器的开关钥匙与辐照室的防护门开关钥匙是同一把钥匙。当工作人员需要打开防护门进入辐照室时，该工作人员必须携带该加速器的开关钥匙。因此，加速器在开机时，由于没有防护门开关钥匙，防护门无法打开。

本项目的钥匙与一个便携式辐射监测报警仪（报警水平为  $1.0\mu\text{Sv/h}$ ）相连。建设单位规定，只有运行值班长有权利使用钥匙开关。实际落实情况与环评阶段一致，详见图 3-9。



图 3-9 钥匙控制

### 3.3.3 门机联锁

**环评要求：**电子加速器辐照室的电动防护门与加速器装置联锁，在防护门未闭合的状态下，加速器不能启动工作；在加速器高压启动后，一旦防护门被打开，联锁装置将立即切断加速器的电源，使加速器立即断高压。

**落实情况：**电子加速器辐照室的电动防护门与加速器装置联锁，在防护门未闭合的状态下，加速器不能启动工作；在加速器高压启动后，一旦防护门被打开，联锁装置将立即切断加速器的电源，使加速器立即断高压。实际落实情况与环评阶段一致。

### 3.3.4 束下装置联锁

**环评要求：**加速器控制系统和束下装置将建立接口和协议文件，并设置测速装置，测速系统通过测量滚轮的转速实现测速功能。测速装置与滚轮的转速进行联锁，只有

滚轮正常运转有速度时，加速器才能加载高压，即：只有先开启辐照材料的传输系统，加速器才能开机出束。加速器加载高压前，需先开启滚轮传送系统；加速器关机时，需先切断高压，再关闭滚轮传送系统；加速器正常运行过程中，若滚轮传送系统出现故障，加速器将立即停止出束并断高压。

**落实情况：**加速器控制系统和束下装置建立了接口和协议文件，并设置测速装置，测速系统通过测量滚轮的转速实现测速功能。测速装置与滚轮的转速进行联锁，只有滚轮正常运转有速度时，加速器才能加载高压，即：只有先开启辐照材料的传输系统，加速器才能开机出束。加速器加载高压前，需先开启滚轮传送系统；加速器关机时，需先切断高压，再关闭滚轮传送系统；加速器正常运行过程中，若滚轮传送系统出现故障，加速器将立即停止出束并断高压。实际落实情况与环评阶段一致。

### 3.3.5 信号警示装置

**环评要求：**在控制区的出入口处（即辐照室防护门外）和内部设计有灯光和音响警示装置。当开机启动前，警示灯将亮起并发出红色闪烁灯光，音响装置将发出明显区别于环境声音的警示声音。

在辐照室出入口（即防护门外），设计有工作状态指示灯和电离辐射警示牌，工作状态警示灯与加速器高压连锁，当加速器启动时，警示灯将亮起并发出闪烁信号，以提醒周围人员勿靠近。本项目的工作状态指示灯拟具备两种颜色：绿色和红色代表加速器的不同工作状态，绿色表示未出束，红色表示正在出束。

**落实情况：**在辐照室防护门外和内部设计有灯光和音响警示装置。当开机启动前，警示灯将亮起并发出红色闪烁灯光，音响装置将发出明显区别于环境声音的警示声音。

在辐照室防护门外，设计了工作状态指示灯和电离辐射警示标识，工作状态警示灯与加速器高压连锁，当加速器启动时，警示灯将亮起并发出闪烁信号，以提醒周围人员勿靠近。本项目的工作状态指示灯具备三种颜色信号：绿色表示“停机”，即设备未出束；黄色表示“准备”，代表设备已就绪并可出束；红色表示“运行”，即设备正处于出束状态。在实际建设中，工作状态指示灯的功能完整性与警示效果较环评阶段设计更优；电离辐射警示标识、灯光和音响警示装置与环评阶段规划一致。详见图 3-10。



工作状态指示灯以及灯光和音响警示装置



灯光和音响警示装置



灯光



电离警示标识

图 3-10 信号警示装置

### 3.3.6 防人误入装置

**环评要求：**辐照室在紧邻防护门的迷道区域内，设计有 3 道相互独立的光电装置（红外线感应装置）并分别与加速器联锁，3 道光电装置的水平 and 垂直高度（垂直高度分别为 0.4m、0.85m 和 1.3m，水平距离间隔为 0.25m）均不相同。当有人员误

入辐照室，身体将任意一处红外线挡住后，若加速器处于开机状态下，将立即自动切断高压，同时发出异常情况下的警示声音。

**落实情况：**辐照室在紧邻防护门的迷道区域内，设计有3道相互独立的光电装置（红外线感应装置）并分别与加速器联锁，3道光电装置的水平高度（垂直高度分别为0.4m、0.85m和1.3m，水平距离间隔为0.25m）均不相同。当有人员误入辐照室，身体将任意一处红外线挡住后，若加速器处于开机状态下，将立即自动切断高压，同时发出异常情况下的警示声音。实际落实情况与环评阶段一致，详见图3-11。



图 3-11 防人误入装置

### 3.3.7 急停装置

**环评要求：**在辐照室的入口处、迷道和辐照室内各墙面设计有紧急停机开关，紧急停机开关距地面高度约1.2m；在加速器主控台上同样设计有紧急停机开关，总计设置7个紧急停机开关。紧急停机开关有明显的标志，供应急停止使用。当出现紧急情况时，只需按下任一紧急停机开关，则该加速器将立即断高压，停止出束。在紧急情况、事故处理完毕后，需将紧急停机开关本地复位，加速器才能重新启动。在辐照室

内的四面墙壁和迷道墙壁上，距离地面高度约 1.3m 处，拟安装拉线开关。当拉线开关正常时，加速器方可启动进行加载高压和出束作业；当加速器正常启动出束作业过程中，若拉拽拉线开关，则该辐照室内的加速器将立即断高压，停止出束。在紧急情况、事故处理完毕后，需将拉线开关本地复位，加速器才能重新启动。

在辐照室防护门内侧，拟安装紧急开门装置。紧急情况下，辐照室内的人员只需按下紧急开门按钮，防护门将立即打开，若此时加速器处于出束状态，加速器将立即断高压，停止出束。

**落实情况：**在辐照室的入口处、迷道和辐照室内各墙面设计有紧急停机开关，紧急停机开关距地面高度约 1.2m；在加速器主控台上同样设计有紧急停机开关，总计设置 7 个紧急停机开关。紧急停机开关有明显的标志，供应急停止使用。当出现紧急情况时，只需按下任一紧急停机开关，则该加速器将立即断高压，停止出束。在紧急情况、事故处理完毕后，需将紧急停机开关本地复位，加速器才能重新启动。

在辐照室内的四面墙壁和迷道墙壁上，距离地面高度约 1.3m 处，安装了拉线开关。当拉线开关正常时，加速器方可启动进行加载高压和出束作业；当加速器正常启动出束作业过程中，若拉拽拉线开关，则该辐照室内的加速器将立即断高压，停止出束。在紧急情况、事故处理完毕后，需将拉线开关本地复位，加速器才能重新启动。

在辐照室防护门内侧，安装了紧急开门装置。紧急情况下，辐照室内的人员只需按下紧急开门按钮，防护门将立即打开，若此时加速器处于出束状态，加速器将立即断高压，停止出束。实际落实情况与环评阶段一致，详见图 3-12。





/

图 3-12 急停装置

### 3.3.8 剂量联锁

**环评要求：**本项目拟安装固定式实时周围剂量当量率监测系统：测量探头位于辐照室内、控制室内和设备层，显示面板位于控制室内。当显示面板上的辐照室内的周围剂量当量率大于预设值时（预设值为  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ），辐照室的防护门将无法打开；当显示面板上的控制室内和二层设备层的周围剂量当量率大于预设值时，加速器将立即断高压，停止出束。本项目在辐照室迷道区域内安装有测量探头，该处剂量率读数在开机时明显高于本底水平，位置设计合理。

**落实情况：**本项目安装了固定式实时周围剂量当量率监测系统：测量探头位于辐照室内、控制室内和设备层，显示面板位于控制室内。当显示面板上的辐照室内的周围剂量当量率大于预设值时（预设值为  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ），辐照室的防护门将无法打开；当显示面板上的控制室内和二层设备层的周围剂量当量率大于预设值时（预设值为  $2.5\mu\text{Sv/h}$ ），加速器将立即断高压，停止出束。本项目在辐照室迷道区域内安装有测量探头，该处剂量率读数在开机时明显高于本底水平，位置设计合理。实际落实情况与环评阶段一致，详见图 3-13。

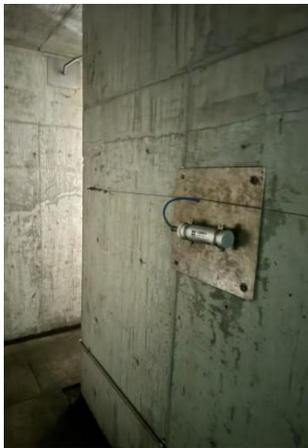


图 3-13 剂量联锁

### 3.3.9 通风联锁

**环评要求：**辐照室通风系统正常工作后，加速器才能出束；在通风系统未正常工作时，加速器将无法加载高压出束作业。在加速器正常运行过程中，当通风系统发生故障时，加速器将立即断高压，停止出束。

加速器的控制软件设计有正常停机后排风系统延迟关闭和防护门延迟开启系统，即：加速器正常关机后，排风系统将继续工作 5 分钟，在 5 分钟内，即使对排风系统发出停止工作指令，排风系统仍将有效工作 5 分钟；正常停机后 5 分钟内，即使发出打开辐照室防护门的指令，辐照室防护门仍然无法打开，直到 5 分钟后方可开启防护门。

若出束状态的加速器，由于烟雾报警装置启动导致断高压停止出束，通风系统将立即停止运行，通风系统不会在停机后继续工作。

**落实情况：**辐照室通风系统正常工作后，加速器才能出束；在通风系统未正常工作时，加速器将无法加载高压出束作业。在加速器正常运行过程中，当通风系统发生故障时，加速器将立即断高压，停止出束。

加速器的控制软件设计有正常停机后排风系统延迟关闭和防护门延迟开启系统，即：加速器正常关机后，排风系统将继续工作 5 分钟，在 5 分钟内，即使对排风系统发出停止工作指令，排风系统仍将有效工作 5 分钟；正常停机后 5 分钟内，即使发出打开辐照室防护门的指令，辐照室防护门仍然无法打开，直到 5 分钟后方可开启防护门。

若出束状态的加速器，由于烟雾报警装置启动导致断高压停止出束，通风系统将立即停止运行，通风系统不会在停机后继续工作。实际落实情况与环评阶段一致。

### 3.3.10 烟雾报警及灭火设施

**环评要求：**在辐照室内顶部，拟安装烟雾报警装置。电子加速器将与火灾烟雾报警联锁。在加速器正常出束时，若烟雾报警装置启动报警，则电子加速器将立即断高压停止出束，通风系统将立即停止运行。在加速器停机状态时，若烟雾报警装置启动报警，则电子加速器将无法启动加载高压出束作业，通风系统将无法开启进行通风换气。

辐照室采用混凝土材料，因此辐照室的耐火等级为一级。辐照室有烟雾报警装置，并与加速器设备连锁。建设单位拟在辐照室防护门外放置火灾灭火装置。

**落实情况：**在辐照室内顶部，安装了烟雾报警装置。电子加速器将与火灾烟雾报警连锁。在加速器正常出束时，若烟雾报警装置启动报警，则电子加速器将立即断高压停止出束，通风系统将立即停止运行。在加速器停机状态时，若烟雾报警装置启动报警，则电子加速器将无法启动加载高压出束作业，通风系统将无法开启进行通风换气。

辐照室采用混凝土材料，因此辐照室的耐火等级为一级。辐照室有烟雾报警装置，并与加速器设备连锁。建设单位在辐照室防护门外放置火灾灭火装置。实际落实情况与环评阶段一致，详见图 3-14。



图 3-14 烟雾报警及灭火设施

### 3.3.11 应急照明系统

**环评要求：**辐照室和控制室拟安装应急照明系统；在辐照室内靠近地面的墙壁上，拟张贴具有夜光功能的路线指示标识。

**落实情况：**辐照室和控制室安装了应急照明系统；在辐照室内靠近地面的墙壁上，张贴具有夜光功能的路线指示标识。实际落实情况与环评阶段一致，详见图 3-15。

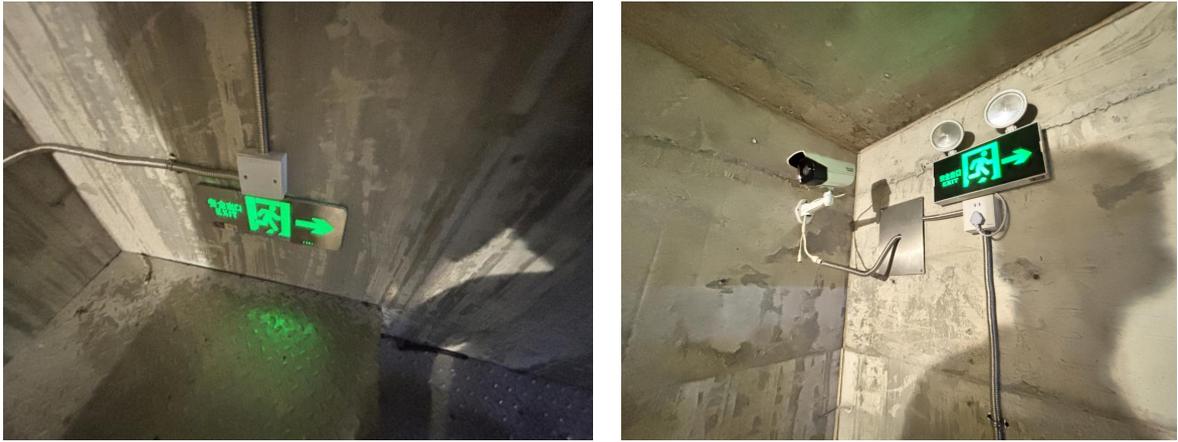


图 3-15 应急照明系统

### 3.3.12 监控安全设施

实际建设中，在辐照室内增装了视频监控摄像头，并将显示终端设置于控制室，确保辐射工作人员在控制室内即可远程确认该区域有无人员滞留或误入，实际安全效能更优于环评要求，详见图 3-16。



图 3-16 监控安全设施

### 3.3.13 安全联锁逻辑

加速器机房设置了安全联锁保护装置，主要包括钥匙控制、门机联锁、巡检按钮、拉线开关等设施，通过安全联锁的保护，在任何一道安全设施偏离正常状态时将触发联锁，使加速器自动切断高压。具体安全联锁逻辑图见 3-17。

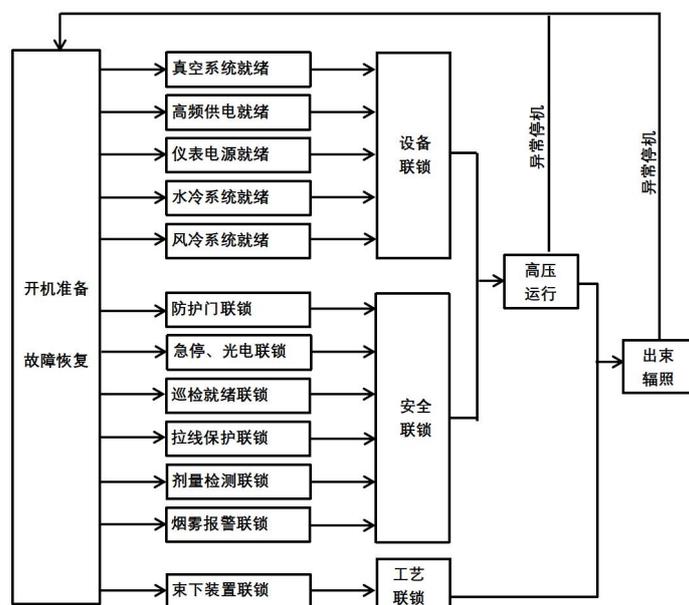


图 3-17 设备安全联锁图

### 3.3.14 设备和辅助设施维修维护防护措施

在设备出现故障，或对设备进行维护检修时，需请专业的维修维护人员前来进行维修维护操作。本项目在运行后，建设单位将委托加速器的生产厂家中广核达胜加速器技术有限公司对加速器产品进行维修维护。

在维修维护时，需严格执行下述步骤：

- (1) 提前制定维修维护计划，并及时告知辐射工作人员；
- (2) 维修维护人员在控制室与辐射工作人员确认无异常情况，可以开始维修维护；
- (3) 辐射工作人员时刻注意维修维护的正常进行；
- (4) 维修维护人员在控制室按下对应加速器的急停按钮；

(5) 维修维护人员佩戴处于开启状态下运行良好的个人剂量报警仪和个人剂量计；

(6) 维修维护人员携带加速器的开关钥匙打开辐照室的防护门，并在门口放置“请勿关门”标识牌；

(7) 在执行完上述步骤后，维修维护人员方可进行设备维修维护。

加速器维修维护流程图见图 3-18。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，由于辐射工作人员不知情，维修维护人员未执行安全措施，导致加速器加载高压或出束导致误照射的事故。

安全联锁装置不得旁路，维护与维修后必须恢复原状。

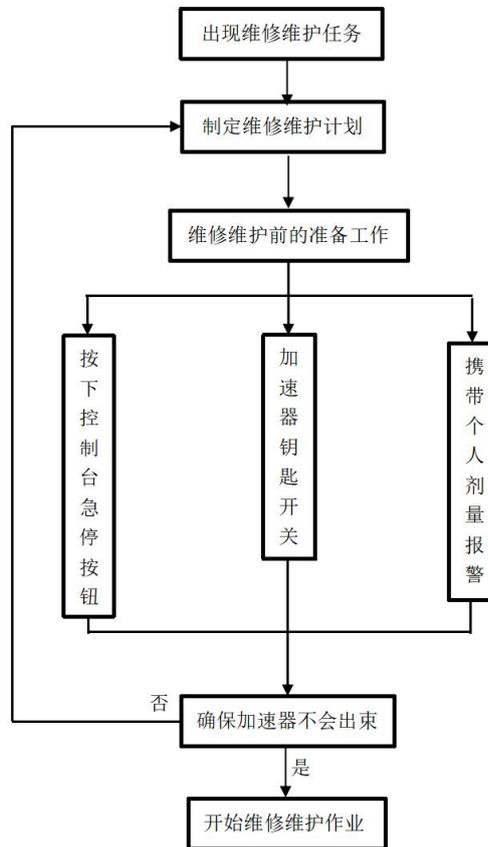


图 3-18 加速器维修维护流程图

### 3.4 辐射安全与防护设施分析小结

通过以上对本项目辐射防护设施实际建成情况的对比，可知实际建成情况与环评阶段的设计方案基本一致，且辐照室的辐射防护措施较环评阶段更为完善。

本项目已依法取得辐射安全许可证，纳入辐射安全监管体系进行管理，对照

《核技术利用建设项目重大变动清单（2025 试行）》，不存在重大变动。

### 3.5 三废治理

#### (1) 液体污染物处理方案

该电子加速器在正常运行过程中，冷却水为内循环水，不向外排放。

#### (2) 固态污染物处理方案

该电子加速器在正常运行过程中，不会产生固态污染物。

#### (3) 气态污染物处理方案

本项目电子加速器在工作状态时，高能电子及其韧致辐射产生的 X 射线会使机房内空气电离产生一定量的臭氧、氮氧化物等有害气体。辐照室安装有机械排风装置，通过专用排风管道，可以将气态污染物高空排放。

### 3.6 辐射安全管理

#### (1) 辐射安全与环境管理机构的设置

**环评要求：**根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》（2021 年第四次修改）的相关规定，建设单位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。

**实际落实情况：**公司成立了辐射防护小组负责辐射安全与环境保护管理工作，明确各相关责任人及其职责。辐射防护小组的主要任务是确保辐射实践安全，避免或减少辐射事故的发生，统筹辐射安全实践安全管理。辐射防护管理小组成员如下：

表 3-4 辐射防护管理小组成员表

序号	管理人员	姓名	职务或职称
1	组长	黄畅冠	生产部
2	成员	张学兴	生产部

公司已明确辐射防护安全管理机构及职责，详见附件 3。

#### (2) 辐射安全管理规章制度

**环评要求：**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。

**实际落实情况：**公司已制定了健全的制度，包括《辐射安全与防护管理制度》《辐射工作人员安全培训规定》《加速器操作规程》《监测方案》《日常检查规定》

《设备维修维护规定》《辐射安全管理人员岗位职责》《辐射事故应急预案》（见附件3）。建设单位辐射安全管理制度体系能有效避免对环境和人员的危害，保证辐射工作人员和公众的安全。

### （3）辐射工作人员的培训

**环评要求：**本项目辐射工作人员为加速器的操作人员，初期工作负荷较轻，建设单位拟配备4名辐射工作人员；随着工作负荷的增加，建设单位拟配备8名辐射工作人员，采取2班制进行工作。目前，建设单位的辐射工作人员名单尚未落实，建设单位承诺，在辐射工作人员落实后，将安排辐射工作人员在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报名学习并参加考核，保证辐射工作人员能凭考核合格后的成绩单上岗。

**实际落实情况：**建设单位针对本次验收的1台电子加速器配备了2名辐射工作人员参与辐射工作，可满足项目运行需求，且均已通过辐射培训考核，相关辐射工作人员的辐射防护与安全培训证明详见附件4。后期有新辐射工作人员入职后，建设单位将组织其参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，并按要求在上岗前通过考核。

### （4）辐射工作人员个人剂量监测

**环评要求：**评价项目投入运营后，拟为所有辐射工作人员配备个人剂量计，定期送检，并建立个人剂量档案，终身存档。

**实际落实情况：**建设单位已为2名辐射工作人员配置个人剂量计，并通过制定制度严格规范辐射工作人员必须佩戴个人剂量计上岗，个人剂量计定期送检，建立个人剂量档案并长期保存。

### （5）工作场所辐射监测

**环评要求：**建设单位拟配备了1台X- $\gamma$ 辐射剂量率仪，2台个人剂量报警仪。

**实际落实情况：**建设单位针对本次仅验收的1台电子加速器配备了1台RGM1208型X- $\gamma$ 辐射剂量率仪和2台GC-01型个人剂量报警仪（报警水平为1.0 $\mu$ Sv/h）。可满足本项目日常的使用要求。



便携式辐射探测仪



个人剂量报警仪

图 3-19 辐射监测仪器

分析结论：通过以上对照分析，建设单位按照环评文件对辐射安全管理方面的要求，设置了辐射安全与环境管理机构，制定了相应的辐射安全管理规章制度和监测计划，落实了个人剂量监测制度等环评要求。

表四 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定

4.1 建设项目环境影响评价报告表主要结论的落实情况		
对照项目环境影响评价报告表，对本项目落实情况进行分析，详见表 4-1		
表 4-1 项目环境影响评价报告表主要结论落实情况		
环评	落实情况	评价
拟在建设单位厂区生产车间内东北侧新建 2 间辐照室，并在每间辐照室内安装使用 1 台电子加速器辐照装置(均为 DDLH2.5/40-1400 型，电子线最大能量 2.5 兆电子伏，最大束流强度 40 毫安，装置加速器主体自带屏蔽，属 II 类射线装置)用于电线电缆和热缩套管的辐照交联	已在建设单位厂区生产车间内东北侧新建 1 间辐照室（1 号辐照室），并在辐照室内安装使用 1 台电子加速器辐照装置 (DDLH2.5/40-1400 型，电子线最大能量 2.5 兆电子伏，最大束流强度 40 毫安，装置加速器主体自带屏蔽，属 II 类射线装置)	部分验收，安装射线参数与环境影响评价一致
项目选址及保护目标	项目建设位置与环境影响评价文件一致，保护目标未发生变更	已落实
工程与源项	验收项目的工作原理、设备组成、工艺流程与环境影响评价阶段一致，污染源项目为电子线，X 射线和臭氧及氮氧化物，未发生变更	已落实
辐射安全与防护设施	通过表 3 分析，本项目已落实辐射屏蔽施工，各项辐射安全联锁设施，通风。	已落实
环境影响	首层辐照室外周围剂量当量率为 149nSv/h~218nSv/h；二层电子加速器屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率为 113nSv/h~133nSv/h，均可满足本项目根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）及环境影响评价报告确定的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 的要求。通过对辐射工作人员和公众的受照剂量分析，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）和《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）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，公众的年平均有效剂量不超过 0.1mSv。	已落实
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，初步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。辐射工作人员拟	已落实

参加辐射安全培训，取得合格证后方可上岗；辐射工作人员将按要求佩戴个人剂量计上岗，个人剂量计每季度送检。

**分析结论：**本项目已严格对照环境影响评价报告表的要求，全面落实了机房的布局、屏蔽、分区管理、安防措施、通风设施建设，建立了规范的辐射安全管理、辐射剂量检测及应急响应体系。同时，项目建立了专职辐射安全管理机构，制定了完善的规章制度，并确保所有辐射工作人员持证上岗、全员接受个人剂量监测与工作场所辐射监测。各项环保措施均按环评要求有效落实，确保项目正常运行时，对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求。

#### 4.2 审批部门审批决定的相关执行情况

本项目对环评批复要求的执行情况见表 4-2

**表 4-2 环评批复落实情况分析**

环评批复要求	实际落实情况
项目在建设和运行中应严格落实报告表提出的各项辐射安全和防护措施，确保辐射工作人员有效剂量约束值低于 5 毫希沃特/年，公众有效剂量约束值低于 0.1 毫希沃特/年。	本项目将严格按照环评报告表提出的各项辐射安全防护措施以及安全责任，根据表 7 中人员受照剂量计算结果，辐射工作人员有效剂量约束值低于 5 毫希沃特/年，公众有效剂量约束值低于 0.1 毫希沃特/年
项目建设应严格执行配套的辐射安全与防护设施和射线装置同时设计、同时安装、同时投产使用的环境保护“三同时”制度。项目建成后，你单位应按规定程序申请辐射安全许可证。	建设单位严格执行配套的辐射安全与防护设施和“三同时”制度，已申领辐射安全许可证（详见附件 2）。

通过以上对照分析，建设单位按照环评批复的要求，落实了污染防治和辐射防护措施，人员受照剂量可满足给出的剂量约束值，已严格执行环保“三同时”制度，同步建成环保设施并依法取得辐射安全许可证。项目污染防治与辐射防护体系完整有效，满足环评批复要求。

**表五 验收监测质量保证及质量控制**

为确保本次核技术利用项目竣工环境保护设施验收监测工作的科学性、规范性和可追溯性，严格要求开展监测质量保证与控制工作，执行《电离辐射监测质量保证通用要求》（GB8999-2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61-2021）等国家现行标准，全面落实各项监测控制环节，确保监测结果的真实性、代表性和有效性。

### **5.1 质量保证体系总体要求**

在本次验收监测中，质量保证体系以合法性、独立性和规范性为原则开展，涵盖检测机构资质、技术路线、监测方案、监测过程、数据审核等全流程。项目开展前已由检测单位制定了检测方案，明确监测对象、监测点位、方法依据和异常数据的处置流程，确保监测工作的有序进行。参与监测的第三方机构具备广州乐邦环境科技有限公司依法取得的计量认证（CMA）资质（证书编号：202019114880），其监测行为在全过程中保持独立性，检测工作严格按照质量体系文件要求实施。

### **5.2 质量保证措施**

#### **（1）机构与人员资质控制**

在人员资质方面，参与验收监测的技术人员均接受过电离辐射相关知识的专业培训，并取得检测培训合格证，所有人员严格落实持证上岗制度。同时，检测人员均具备核技术利用项目和辐射环境监测相关的工作经验，熟悉相关技术标准和监测方法，能够独立进行数据判断与分析。

#### **（2）检测仪器管理**

本次验收监测使用的主要仪器包括 X-γ辐射剂量率仪（AT1123）经具备资质的法定计量检定机构校准，处于检定有效期内，符合国家标准在响应时间、量程覆盖等方面的技术要求。在实际操作中，监测人员严格执行《质量手册》《程序文件》及仪器操作规程，确保设备在检测前后均处于良好运行状态。

#### **（3）检测过程控制**

在监测点位布设方面，依据目的实际布局，科学合理设置测量点，重点覆盖辐射剂量可能达到最大值的位置及公众可能接触的范围。为保证测量的环境条件适宜，监测需在气象条件良好时进行，要求环境温度在-10℃至 40℃之间，相对湿度不超过 95%（35℃工况）。如现场环境超出允许范围，则暂停监测并如实记录。

在测量过程中，操作人员按照事先制定的监测方案执行各项检测任务，探头摆放

符合技术规范，读数稳定后连续采集 10 个数据；如测量值超过本底值 3 倍以上，则采集 3 个稳定读数。所有读数均经统计校正后计算平均值和标准偏差。仪器使用前必须进行预热，确保设备功能正常，数据采集真实可靠。

#### (4) 数据溯源

为保证数据可追溯性，本项目在实验室分析环节建立完善的档案管理机制，所有监测数据及相关文件资料均保留原始记录，包括仪器校准说明书、监测点位布图、原始测量数据、统计程序代码等，资料保存期不低于 30 年，以满足未来的复查和技术审计要求。

### 5.3 质量控制关键环节

在数据记录方面，原始数据详实，包括监测点位位置图、检测环境参数（如温湿度、气压）以及检测过程中仪器状态的各项检查记录。数据审核采用三级审核制度，由监测人员负责原始数据的完整性核对与签名，技术负责人对逻辑性与标准一致性进行评审，最终由授权签字人审核并签发正式监测报告，确保报告内容合规、结论准确。

### 5.4 建设单位与检测单位的协同确认

在检测实施前，建设单位项目负责人联合检测单位技术人员共同完成对检测仪器参数的确认工作，确保各项检测因子、量程范围和能量响应等指标满足本次验收监测的技术需求。同时，双方对检测现场的气象条件和操作环境进行了核实，确认满足相关检测仪器的运行要求。通过现场协同验证和条件确认，进一步提升监测工作的科学性和有效性。

表六 验收监测内容

**6.1 监测项目**

**项目名称：**中山市悦来新材料科技有限公司使用 1 台电子加速器辐照项目周围剂量当量率检测

**项目地址：**中山市小榄镇东城社区葵兴大道 206 号第三卡的建设单位生产车间东北侧

**监测因子：**周围剂量当量率

**检测对象及其设备参数：**

设备名称	型号	电子束最大能量	最大束流	备注
电子加速器	DDLH2.5/40-1400	2.5MeV	40mA	1 号辐照室

**6.2 监测点位**

现场监测的布点参照 HJ1157-2021《环境  $\gamma$  辐射剂量率测量技术规范》的相关规定，先沿电子加速器屏蔽体外及辐照室墙体外 30cm 并距地面 100cm 高度上的一切人员可到达的位置进行辐射剂量率巡测，然后再对常规点进行重点检测。常规点包括：

在线 X 射线检测装置屏蔽体外表面 30cm 并距地面 100cm 高度上的一切人员可以到达的位置进行辐射剂量率巡测，然后再对常规关注点进行重点检测。常规关注点包括：

- (1) 电子加速器屏蔽体外 30cm 处及辐照室各面墙体外（可达处）表面 30cm，距地面 100cm 高处；
- (2) 辐照室的出入口、控制室和管线出口处等；
- (3) 周边环境关注点。

根据以上布点原则，结合本验收项目的实际情况，在电子加速器屏蔽体外、辐照室墙体外及相邻工作场所共布设了 39 处测量点，具体监测点位的布置情况见图 6-1~图 6-3。

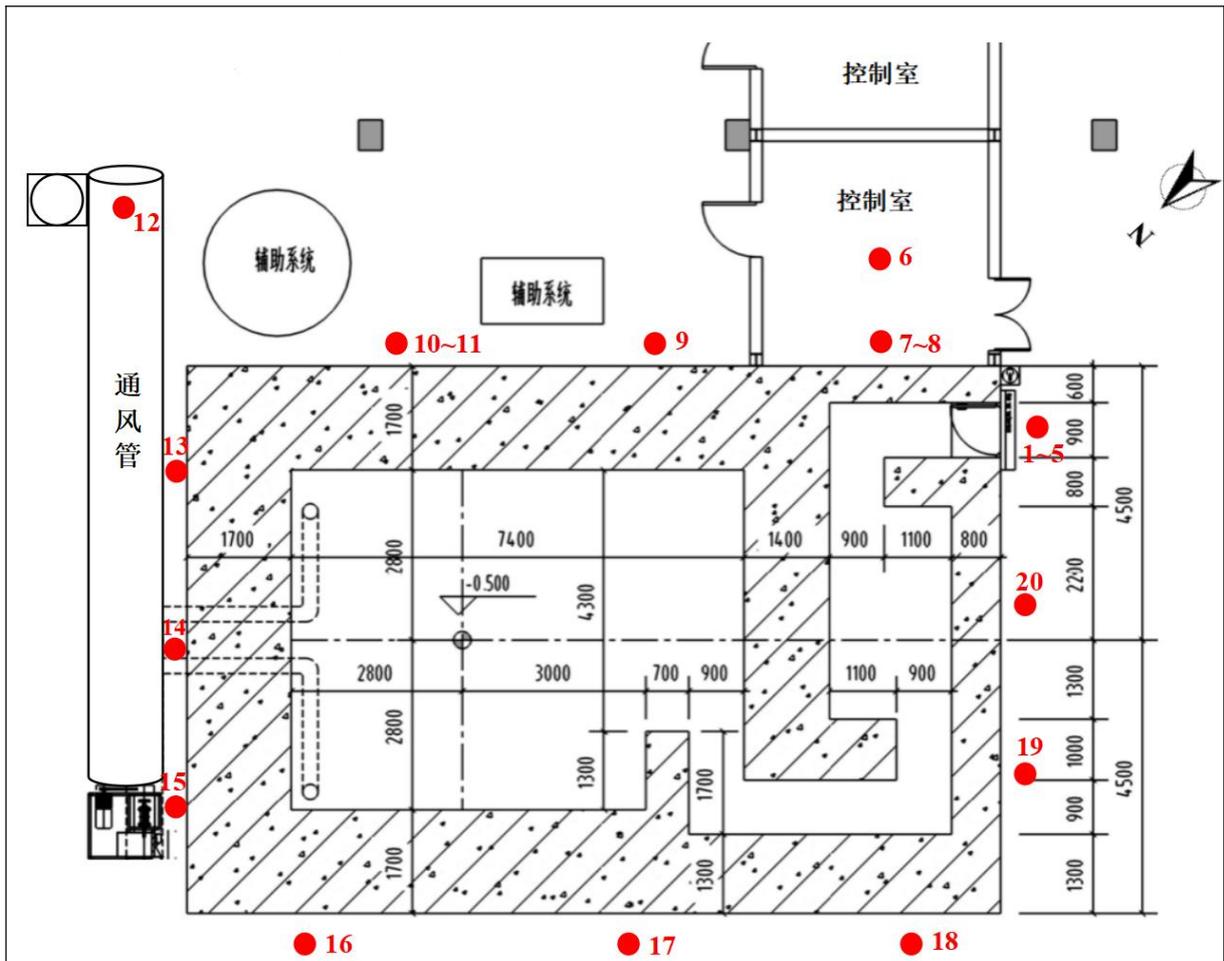


图 6-1 电子加速器首层辐照室测量布点图

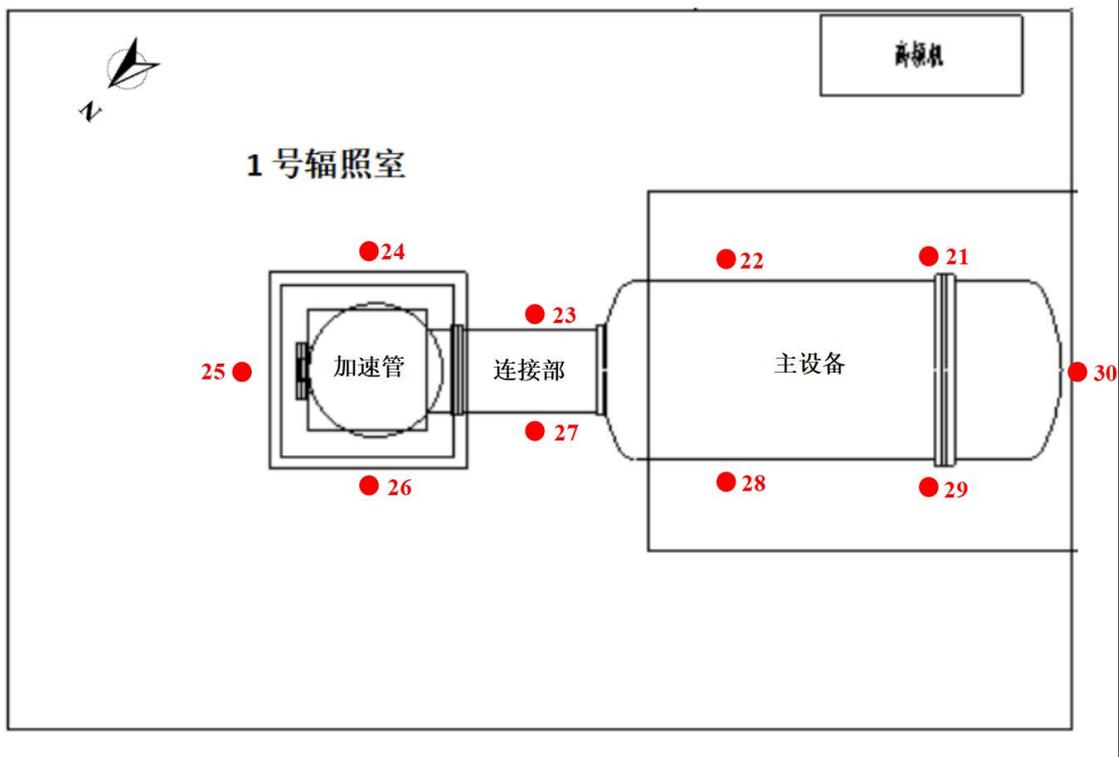


图 6-2 电子加速器二层设备层测量布点图

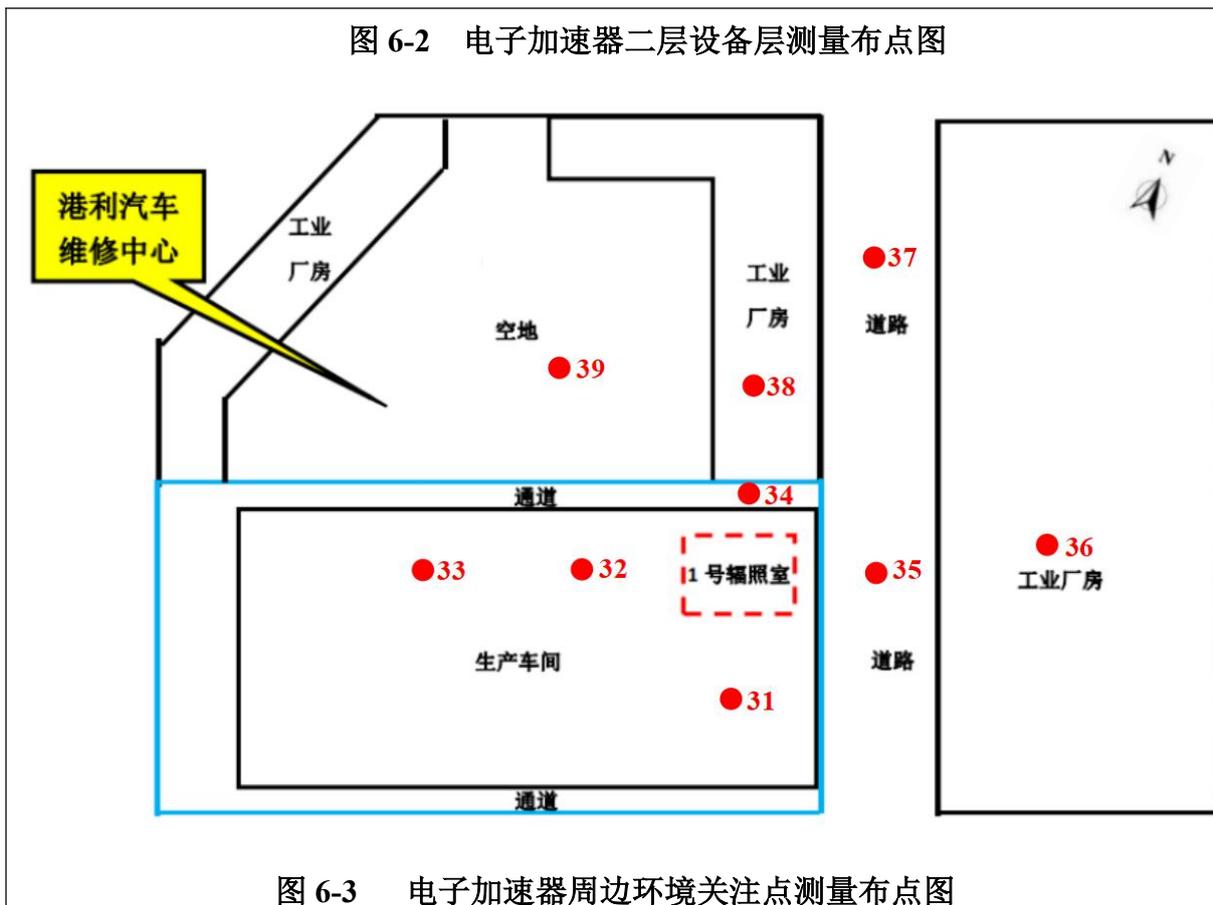


图 6-3 电子加速器周边环境关注点测量布点图

### 6.3 监测仪器

本项目的验收检测因子为周围剂量当量率，检测仪器采用 X-γ辐射剂量率仪，仪器型号为 AT1123，仪器编号为 54928，检测仪器的相关信息见表 6-2。

表 6-1 检测仪器相关信息

仪器名称	X-γ辐射剂量率仪	仪器型号	AT1123
生产厂家	ATOMTEX	仪器编号	54928
测量范围	50nSv/h - 10Sv/h	能量响应	25keV~3MeV（保护帽）
检定单位	深圳市计量质量检测研究院		
证书编号	L2508095051		
检定日期	2025年06月03日	有效期	1年

### 6.4 监测分析方法

为验证本项目正常运行过程中对周围环境的辐射影响，对验收项目进行周围剂量当量率水平检测，并通过现场检测结果与相关技术标准、环评文件及其批复文件的要求进行对比，该项目投入运行后，确认本项目满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）中电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5μSv/h 的要求。

表七 验收监测

**7.1 验收监测期间工况**

本次验收的电子加速器的最高电子能量为 2.5MeV，最大束流为 40mA，2025 年 9 月 10 日现场监测时 DDLH2.5/40-1400 型电子加速器的开机工况为 2.5MeV，40mA。

**7.2 验收监测结果和数据分析**

现场验收监测结果具体见表 7-1，检测报告见附件 5。

**7-1 电子加速器辐照项目周围剂量当量率检测结果**

测点 编号	测量位置	检测结果 (nSv/h)			
		背景值		装置出束时	
		平均值	标准差	平均值	标准差
1	辐照室西南侧防护门左门缝外 30cm	167	2	175	1
2	辐照室西南侧防护门右门缝外 30cm	154	1	157	1
3	辐照室西南侧防护门中部外 30cm	150	2	153	2
4	辐照室西南侧防护门上门缝外 30cm	155	2	157	2
5	辐照室西南侧防护门下门缝外 30cm	148	2	149	2
6	辐照室东南侧操作位	164	2	167	1
7	辐照室东南侧墙外 30cm	175	1	181	1
8	辐照室东南侧管线口外 30cm 处	177	1	184	2
9	辐照室东南侧墙外 30cm	184	1	200	1
10	辐照室东南侧冷却水管	187	2	195	2
11	辐照室东南侧墙外 30cm	182	1	191	1
12	辐照室东北侧通风管外 30cm 处	200	1	205	1
13	辐照室东北侧墙外 30cm	198	2	197	2
14	辐照室东北侧墙外 30cm	195	2	201	1
15	辐照室东北侧墙外 30cm	205	1	218	2
16	辐照室西北侧墙外 30cm	165	1	168	1
17	辐照室西北侧墙外 30cm	168	1	171	1
18	辐照室西北侧墙外 30cm	174	2	194	2
19	辐照室西南侧墙外 30cm	183	2	208	2
20	辐照室西南侧收放线区外 30cm	180	1	184	2
21	电子加速器主设备右侧屏蔽体外 30cm 处	121	1	121	2
22	电子加速器主设备右侧屏蔽体外 30cm 处	128	1	133	1
23	电子加速器连接部右侧屏蔽体外 30cm 处	125	1	127	2
24	电子加速器加速管右侧屏蔽体外 30cm 处	122	2	125	2

25	电子加速器加速管正面屏蔽体外 30cm 处	116	2	117	2
26	电子加速器加速管左侧屏蔽体外 30cm 处	111	1	113	1
27	电子加速器连接部左侧屏蔽体外 30cm 处	113	2	117	2
28	电子加速器主设备左侧屏蔽体外 30cm 处	114	1	116	1
29	电子加速器主设备左侧屏蔽体外 30cm 处	116	2	115	2
30	电子加速器主设备后部屏蔽体外 30cm 处	122	1	126	1
31	辐照室东南侧约 7.8m 处（杂物间）	152	2	156	1
32	辐照室西南侧约 25m 处（收发线区）	150	2	151	2
33	辐照室西南侧约 50m 处（堆放区）	153	1	153	2
34	辐照室西北侧约 5m 处（通道）	155	1	157	1
35	辐照室东北侧约 11m 处（道路）	207	2	210	2
36	辐照室东北侧约 40m 处（工业厂房）	185	2	186	2
37	辐照室北侧约 50m 处（道路）	201	2	205	2
38	辐照室西北侧约 9m 处工业厂房首层	207	2	209	2
39	辐照室西侧约 50m 处（空地）	176	1	179	1

注：1、检测时仪器中心垂直于机房墙体/所在方向；

2、每个测量点测量 10 个读数，出束值未扣除环境背景值，所有检测结果均未扣除宇宙射线响应。

从表 7-1 中的现场监测数据可见，电子加速器在开机工况下：首层辐照室外周围剂量当量率为 149nSv/h~218nSv/h；二层电子加速器屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率为 113nSv/h~133nSv/h；周边环境周围剂量当量率为 151nSv/h~210nSv/h。

综上，电子加速器辐照装置在正常运行时，机房周围剂量率均低于 2.5 $\mu$ Sv/h，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979—2018）4.2.2 的辐射屏蔽设计要求，即：电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处及以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5 $\mu$ Sv/h。

本项目的运行所引起周围环境关注点的周围剂量率的变化在标准要求范围以内，验收监测结果与环评结论相符，且满足相关的技术标准要求。

### 7.3 人员受照剂量分析

#### 7.3.1 辐射工作人员受照剂量理论估算

该项目中职业辐射工作人员主要为电子加速器操作人员。目前该项目处于初期阶段，每个辐射工作人员的最大工作负荷约为每年 1600 小时。为了保守估算，本次

采用环评规划的最大工作量对辐射工作人员进行受照剂量的估算，单名辐射工作人员的最大工作负荷为平均每天开机出束 8 小时，全年开机出束 250 天，年工作时间约为 2000 小时。且取电子加速器开机运行时现场检测贡献值最大处进行辐射工作人员个人受照剂量估算，具体的计算参数及结果详见表 7-2。

**表 7-2 辐射工作人员受照剂量估算的相关技术参数及结果**

环境性质	居留性质	贡献值, nSv/h	受照时间		有效剂量, mSv/a
			计算时间 h	居留因子	
辐射工作人员	全居留	25	2000	1	$5.0 \times 10^{-2}$

注：表中的贡献值以贡献值最大的点位（辐照室西南侧墙外 30cm），出束状态测量值减去环境背景值得出贡献值。

从表 7-2 可见，辐射工作人员的年受照有效剂量最大不超过  $5.0 \times 10^{-2} \text{mSv}$ ，低于本次验收确定的辐射工作人员的职业年照射剂量约束值（不超过  $5 \text{mSv/a}$ ）。

### 7.3.2 公众受照剂量估算

验收项目周边环境保护目标与环评阶段基本一致，周围剂量当量率取对加速器对周边环境周围剂量当量率的贡献值。保守估算，当工作负荷增加时，公众所受照时间取 2000h，对周边保护目标有效剂量进行估算见表 7-3。

**表 7-3 周边公众年有效剂量**

保护目标	贡献值 (nSv/h)	居留时间 (h)	居留因子	年有效剂量 (mSv)
辅助系统	20	2000	1/16	$2.5 \times 10^{-3}$
收放线区	1	2000	1	$2.0 \times 10^{-3}$
厂区内通道	3	2000	1/16	$3.8 \times 10^{-4}$
工业厂区	1	2000	1	$2.0 \times 10^{-3}$
港利汽车维修中心	3	2000	1	$6.0 \times 10^{-3}$
道路	4	2000	1/16	$5.0 \times 10^{-4}$

根据以上分析可知，1 号辐照室周边公众的年受照有效剂量不超过  $6.0 \times 10^{-3} \text{mSv}$ ，低于验收报告设定的公众年有效剂量约束值（不超过  $0.1 \text{mSv/a}$ ）。

综上所述，本项目采取的辐射防护措施，实际运行对环境的辐射水平满足国家标准要求，人员受照剂量也满足本项目剂量管理目标值。

表八 验收监测结论

### 8.1 验收内容

本次验收内容为中山市悦来新材料科技有限公司在中山市小榄镇东城社区葵兴大道 206 号第三卡的建设单位生产车间东北侧建设 1 间辐照室（1 号辐照室），并在辐照室内安装使用 1 台 DDLH2.5/40-1400 型电子加速器的电子最大能量为 2.5MeV，最大束流为 40mA，用于辐照交联。

### 8.2 辐射环境监测结果分析

受建设单位委托，2025 年 9 月 10 日广州乐邦环境科技有限公司对本期验收项目进行验收监测。现场监测 DDLH2.5/40-1400 型电子加速器时运行工况为：2.5MeV，40mA。

从现场监测数据可见，电子加速器辐照装置正常运行时，首层辐照室外周围剂量当量率为 149nSv/h~218nSv/h；二层电子加速器屏蔽体外 30cm 处周围剂量当量率为 113nSv/h~133nSv/h；周边环境周围剂量当量率为 151nSv/h~210nSv/h，均低于 2.5 $\mu$ Sv/h，满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979—2018）4.2.2 的辐射屏蔽设计要求。

通过进一步对验收项目周围环境中辐射工作人员和公众受照剂量的估算，辐射工作人员年受照有效剂量不超过  $5.0 \times 10^{-2}$ mSv，低于本次验收确定的辐射工作人员的职业年照射剂量约束值（不超过 5mSv/a）；而公众的年受照有效剂量不超过  $6.0 \times 10^{-3}$ mSv，低于本次验收确定的公众的个人年有效剂量约束值（不超过 0.1mSv/a）。

### 8.3 环境管理检查

通过现场调查分析，本验收项目严格按照环评文件中的论证进行辐照室建设和电子加速器的安装，电子加速器运行过程中充分考虑周围场所的人员防护与安全，并落实了相应的各项辐射安全设施和个人防护措施。该验收项目实际运营过程中满足环境影响评价报告表提出各项要求，符合《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979—2018）等法规标准中的相关防护设施的技术要求。

建设单位已按照环评文件和环评批复对辐射安全管理方面的要求，设置了辐射安全与环境管理机构，制定了相应的辐射安全管理规章制度和辐射监测计划，落实了辐射工作人员的培训和个人剂量监测制度等环评要求。

## 8.4 结论

本次验收的中山市悦来新材料科技有限公司新建电子加速器辐照项目落实了工程设计、环境影响评价及批复文件对项目的环境保护要求，符合国家环保相关标准，建议该项目通过竣工环境保护验收。

## 8.5 承诺落实的辐射安全与防护措施

针对该项目实际情况，建设单位承诺将落实以下的辐射安全与防护措施：

1. 本项目分期建设、分期投入生产或使用，建设单位应分期对已完工的工程和设备进行验收监测。

2. 严格执行《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》和《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》的相关要求，落实辐射工作人员的辐射安全培训工作。培训有效期满前，或者有新辐射工作人员上岗前，做好重新培训及考核的工作安排。

3. 严格执行辐射监测计划，使用辐射监测仪做好辐射工作场所的常规辐射水平自行检测，确认其辐射水平处在合理的正常水平范围内，并将巡测应记录存档。

4. 每年委托有相关资质的第三方辐射监测机构对辐射工作场所进行监测。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，定期按时上报生态环境部门。

# 广东省生态环境厅

粤环审〔2024〕139号

## 广东省生态环境厅关于中山市悦来新材料科技有限公司新建电子加速器辐照项目环境影响报告表的批复

中山市悦来新材料科技有限公司:

你单位报批的《核技术利用建设项目环境影响报告表》(以下简称报告表,编号为LBHJ-2024-DLHP023)等材料收悉。经研究,批复如下:

一、你单位核技术利用建设项目位于中山市小榄镇东城社区葵兴大道206号第三卡中山市悦来新材料科技有限公司厂区内。项目主要内容为:在公司厂区内生产车间内东北侧新建2间辐

— 1 —



CS 扫描全能王  
3亿人都在用的扫描App

照室，并在每间辐照室内安装使用 1 台电子加速器辐照装置（均为 DDLH2.5/40-1400 型，电子线最大能量 2.5 兆电子伏，最大束流强度 40 毫安，装置加速器主体自带屏蔽，属 II 类射线装置）用于电线电缆和热缩套管的辐照交联。

二、广东省环境辐射监测与核应急响应技术支持中心组织专家对报告表进行了技术评审，出具的评估意见认为，报告表有关该项目建设可能造成的环境影响分析、预测和评价内容，以及提出的辐射安全防护措施合理可行，环境影响评价结论总体可信。你单位应按照报告表内容组织实施。

三、项目在建设和运行中应严格落实报告表提出的各项辐射安全防护措施以及辐射安全责任，确保辐射工作人员有效剂量约束值低于 5 毫希沃特/年，公众有效剂量约束值低于 0.1 毫希沃特/年。

四、项目建设应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。项目建成后，你单位应按规定程序申请辐射安全许可证。

五、项目的环境保护日常监督管理工作由中山市生态环境局负责。



1

公开方式：主动公开

---

抄送：中山市生态环境局，广东省环境辐射监测与核应急响应技术支持中心，广州乐邦环境科技有限公司。

---

广东省生态环境厅办公室

2024年8月5日印发

---

— 3 —

