

编号：LBHJ-2026-DLYS008

核技术利用建设项目
广东湛江核牛科技有限公司
使用电子加速器辐照装置项目
竣工环境保护验收监测报告表
(会后修正版)

建设单位：广东湛江核牛科技有限公司（盖章）

编制单位：广州乐邦环境科技有限公司（盖章）

2026年5月

建设单位法人代表:

付兴

(签字)

编制单位法人代表:

文昊

(签字)

项目负责人:

张永

(签字)

填表人:

张永

(签字)

建设单位 (盖章)	广东湛江核牛科技有限公司	编制单位 (盖章)	广州乐邦环境科技有限公司
电话		电话	
传真	/	传真	
邮编	524000	邮编	510000
地址	雷州市沈塘镇开源大道4号	地址	广州市番禺区新造镇和平路 1号19号仓101

目 录

表 1	项目基本情况	1
表 2	项目建设情况	5
表 3	辐射安全与防护设施/措施	11
表 4	建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定	42
表 5	验收监测质量保证及质量控制	46
表 6	验收监测内容	51
表 7	验收监测	56
表 8	验收监测结论	59
附件 1	建设单位营业执照及变更通知书	62
附件 2	环境影响评价批复	64
附件 3	建设单位辐射安全许可证	66
附件 4	建设单位场地使用协议	75
附件 5	辐射工作人员培训合格证	77
附件 6	辐射安全管理机构	79
附件 7	辐射安全管理制度	81
附件 8	辐射事故应急预案	102
附件 9	检测报告	108

表 1 项目基本情况

建设项目名称		广东湛江核牛科技有限公司使用电子加速器辐照装置					
建设单位名称		广东湛江核牛科技有限公司					
建设项目性质		新建 ☒ 改扩建 ☐ 技改 ☐					
源项		放射源	本次验收不涉及				
		非密封放射性物质	本次验收不涉及				
		射线装置	在广东省湛江市雷州市沈塘镇开源大道4号4#厂房建设1间电子加速器辐照装置机房，安装1台DZ10/20型电子加速器辐照装置（电子能量为10MeV，最大束流强度为2mA，属II类射线装置）用于辐照加工。				
建设项目环评批复时间		2025年1月14日		开工建设时间		2025年2月	
取得辐射安全许可证时间		2026年2月14日		项目投入运行时间		2026年3月17日	
辐射安全与防护设施投入运行时间		2026年3月13日		验收现场监测时间		2026年3月13日	
环评文件审批部门		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		广东省建筑设计研究院有限公司		辐射安全与防护设施施工单位		广州市第二市政工程有限公司	
投 资 总概算	1200 万元	辐射安全与防护设施 投资总概算		115.2 万元	比例	9.6%	
实 际 总投资	1580 万元	辐射安全与防护设施 投资总投资		300 万元	比例	19.0%	

验收依据	1.建设项目环境保护相关法律法规和规章制度 (1) 《中华人民共和国环境保护法》（2015 年 1 月 1 日施行） (2) 《中华人民共和国放射性污染防治法》（2003 年 10 月 1 日施行，2018 年 12 月 29 日第二次修订） (3) 《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） (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的决定》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） (8) 《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） (9) 《关于发布<建设项目竣工环境保护验收技术指南 污染影响类>的公告》（生态环境部公告 2018 年 第 9 号） (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） (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 日起施行） (12) 《关于在核与辐射安全隐患排查工作中做好电子加速器辐照装置专项监督检查工作的函》（生态环境部辐射源安全监督司 辐射函 (2021)27 号，2021 年 9 月 29 日） 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 年 2 月 1 日实施) (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) (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) (4)《粒子加速器辐射安全与防护规定》(GB 5172-2025, 2026 年 5 月 1 日实施) (5)《γ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) (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) (7)《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021, 2021-05-01 实施) (8)《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ1157-2021, 2021-05-01 实施) (9)《电离辐射监测质量保证通用要求》(GB8999-2021, 2021-8-1 日实施) 3. 建设项目环境影响报告表及其审批部门审批决定 (1)《广东湛江喜悦加速器技术有限公司使用电子加速器辐照装置环境影响报告表》(广州乐邦环境科技有限公司, LBHJ-2024-DLHP035) (2)《广东省生态环境厅关于广东湛江喜悦加速器技术有限公司使用电子加速器辐照装置环境影响报告表的批复》(粤环审(2025)6 号, 2025 年 1 月 14 日) 4.其他相关文件 建设单位提供的项目现有验收资料(含工程验收资料)。
验收执行标准	1.剂量限值和约束值 (1)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 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。 （2）《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018） 辐射防护的剂量约束值规定为：a) 辐射工作人员个人年有效剂量为 5mSv；b) 公众成员个人年有效剂量为 0.1mSv。 （3）审管部门批复 三、本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。 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。 2.周围剂量当量率限值 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： 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 μ 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。
--	--

表 2 项目建设情况

2.1 项目建设内容

2.1.1 建设单位概况

广东湛江核牛科技有限公司（原名“广东湛江喜悦加速器技术有限公司”，以下简称“建设单位”，营业执照见附件 1）成立于 2024 年 11 月，注册资本为人民币贰仟捌佰万元。建设单位主要从事辐照加工服务，利用电子加速器对相关材料及产品开展辐照加工，辐照对象包括高分子材料改性以及医疗用品、化妆品、宠物用品、食品等产品。作为专业从事辐照加工业务的企业，建设单位围绕辐照技术应用开展生产运营，致力于对相关产品提供辐照改性、灭菌、消毒等加工服务。建设单位业务来源主要包括：依托广东大毛牛新材料有限公司的生产需求，为其生产的 TPEE 材料提供辐照改性服务；二是对外承接医疗用品、化妆品、宠物用品、食品等产品的辐照加工业务。

因公司经营发展需要，建设单位已于 2025 年 10 月 16 日经雷州市市场监督管理局核准，由“广东湛江喜悦加速器技术有限公司”正式变更登记为“广东湛江核牛科技有限公司”（变更登记见附件 1）。名称变更后，建设单位继续依法开展原有相关业务，各项经营活动均以“广东湛江核牛科技有限公司”名义进行。

2.1.2 项目建设内容和规模

2024 年 10 月，建设单位委托广州乐邦环境科技有限公司编制了《广东湛江喜悦加速器技术有限公司使用电子加速器辐照装置环境影响报告表》，针对其在广东省湛江市雷州市沈塘镇开源大道 4 号 4#厂房内建设 1 间加速器机房并配置 1 台电子加速器辐照装置项目开展环境影响评价。项目拟安装 1 台 DZ10/20 型电子加速器辐照装置，最大电子能量为 10MeV，最大束流强度为 2mA，属于Ⅱ类射线装置，主要用于辐照加工。该项目环境影响报告表于 2025 年 1 月 14 日取得广东省生态环境厅批复，批复文号为粤环审〔2025〕6 号（附件 2）。

取得环评批复后，建设单位随即组织开展项目建设，并于 2025 年 2 月开工建设。项目在完成主体工程及配套辐射安全与防护设施建设后，建设单位向生态环境主管部门申请办理辐射安全许可证，并于 2026 年 2 月 14 日取得辐射安全许可证，证书编号为粤环辐证[05315]（附件 3），许可种类和范围 of 使用Ⅱ类射线装置。

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
建设地点	广东省湛江市雷州市沈塘镇开源大道4号4#厂房内	广东省湛江市雷州市沈塘镇开源大道4号4#厂房内	建设地点与环评一致
机房数量	建设1间加速器机房	已建设1间加速器机房	按照环评建设
加速器数量	1台	1台	按照环评加速器数量安装
型号	DZ10/20	DZ10/20	型号与环评一致
参数	最大能量10MeV，最大束流强度2mA	最大能量10MeV，最大束流强度2mA	与环评计划参数一致
用途	辐照加工	辐照加工	与环评一致

根据表2-1对照分析可知，本项目实际建设内容与环境影响报告表及其批复文件要求一致，项目建设地点、机房建设规模、电子加速器辐照装置安装数量、设备型号、主要技术参数及用途均未发生变动，不存在超出环评批复范围建设的情形。综上，本项目建设内容和规模与环评批复内容一致，无变更。

2.1.3 项目建设位置和平面布置

本项目建设地点位于广东省湛江市雷州市沈塘镇开源大道4号广东大毛牛新材料有限公司4#厂房内。建设单位与广东大毛牛新材料有限公司为合作关系，其中广东大毛牛新材料有限公司结合其TPEE材料生产过程中辐照改性的实际需求，为本项目提供建设场地；建设单位作为独立运营主体，负责电子加速器辐照装置项目的建设、设备安装及后续运营管理。根据双方签订的租赁协议（附件4），建设单位租赁广东大毛牛新材料有限公司4#厂房用于本项目建设。建设单位在租赁场地内建设了1间加速器机房，并在机房内安装了1台DZ10/20型电子加速器辐照装置，详细位置见图2-1，广东大毛牛新材料有限公司厂区布局见图2-2。本次验收项目加速器机房建设位置与项目环评计划建设位置一致，未发生变更。



图2-1 建设单位所在位置

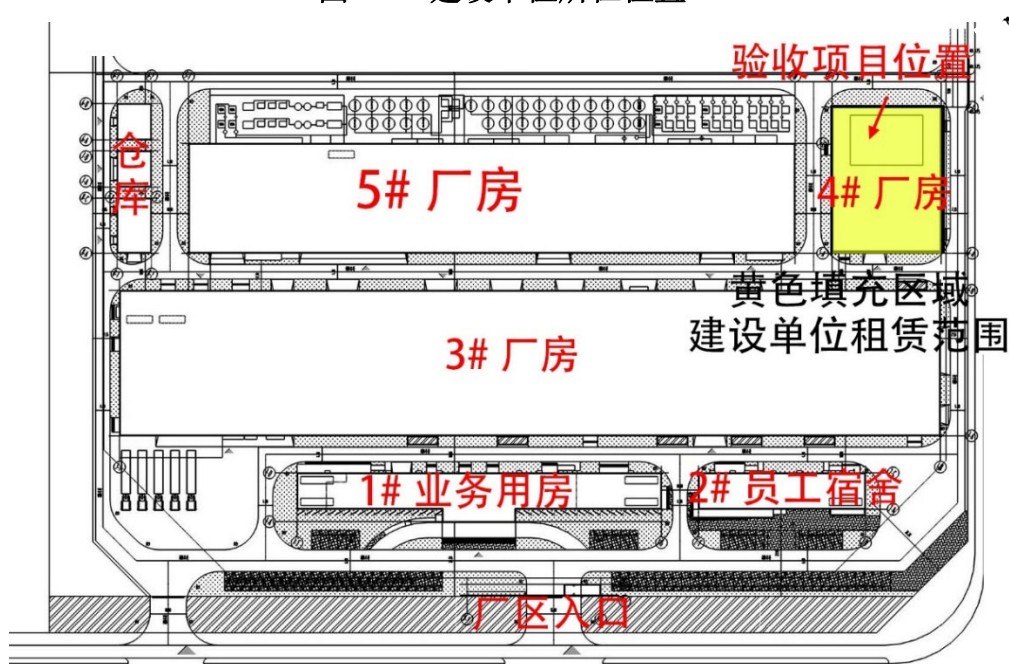
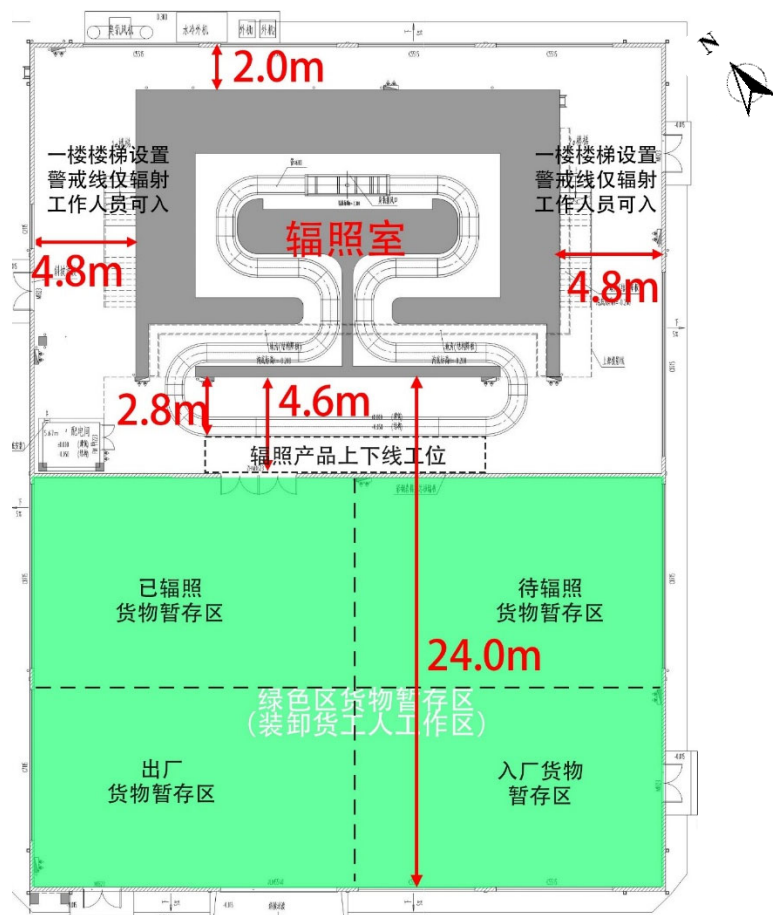
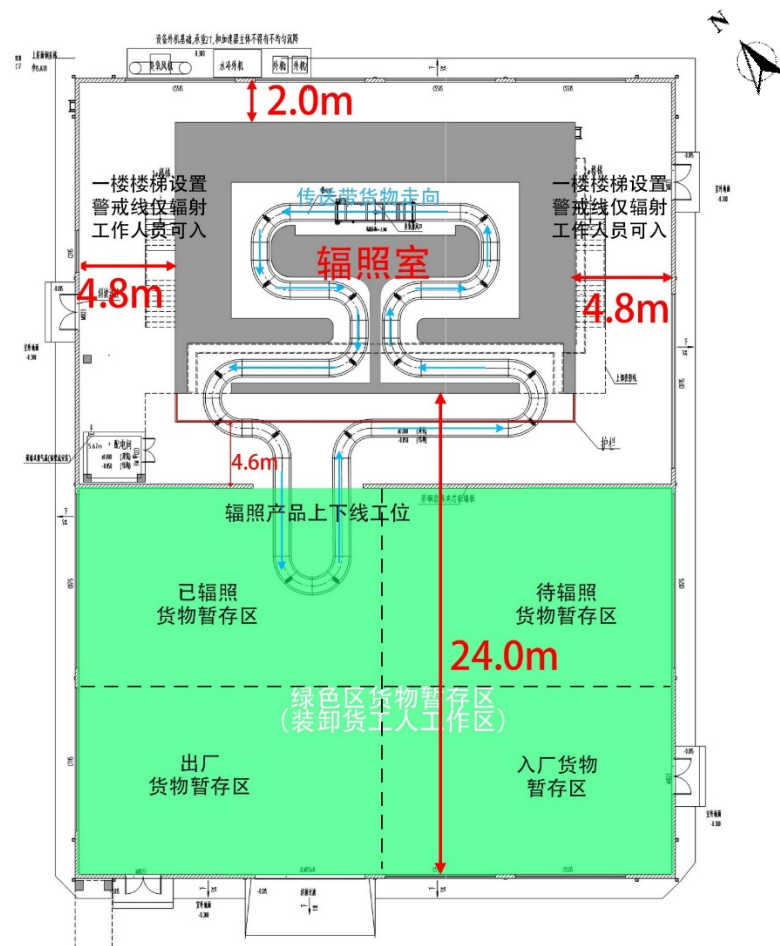


图2-2 广东大毛牛新材料有限公司平面布局图

项目加速器机房采用混凝土结构建设，主体结构分为上下两层，其中一层为辐照室，二层为主机室及辅助用房。项目一层环评阶段布局与竣工阶段实际布局对照见图 2-3，其中左侧为环评阶段一层平面布置，右侧为竣工阶段一层实际平面布置；项目二层主机室环评阶段布局与验收阶段实际布局对照见图 2-4，其中左侧为环评阶段二层主机室平面布置，右侧为验收阶段二层主机室实际平面布置。项目现场建成情况见图 2-5。

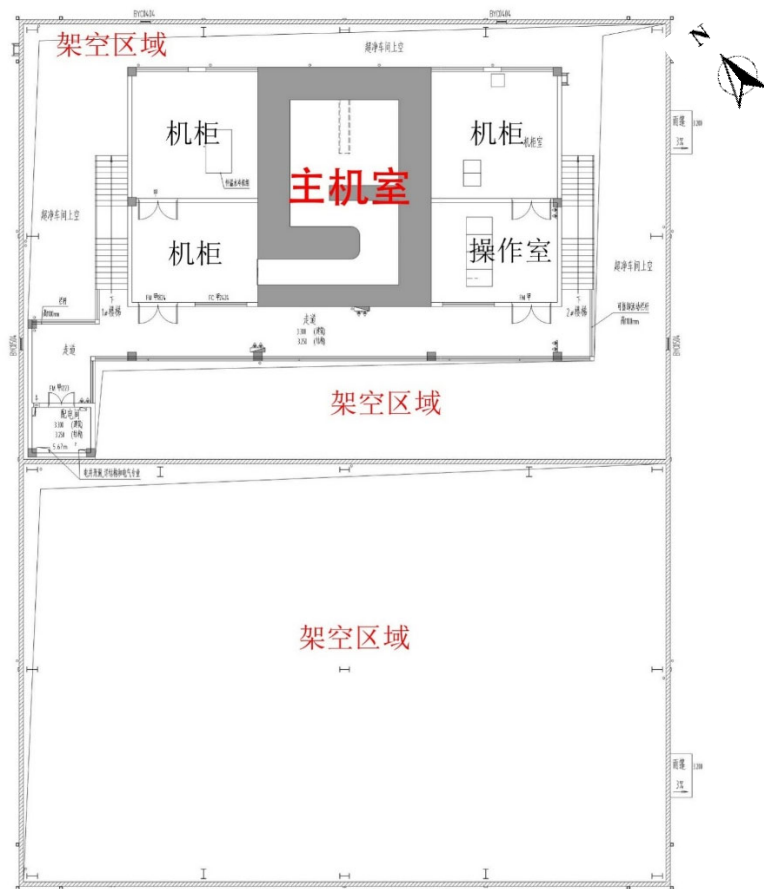


环评阶段

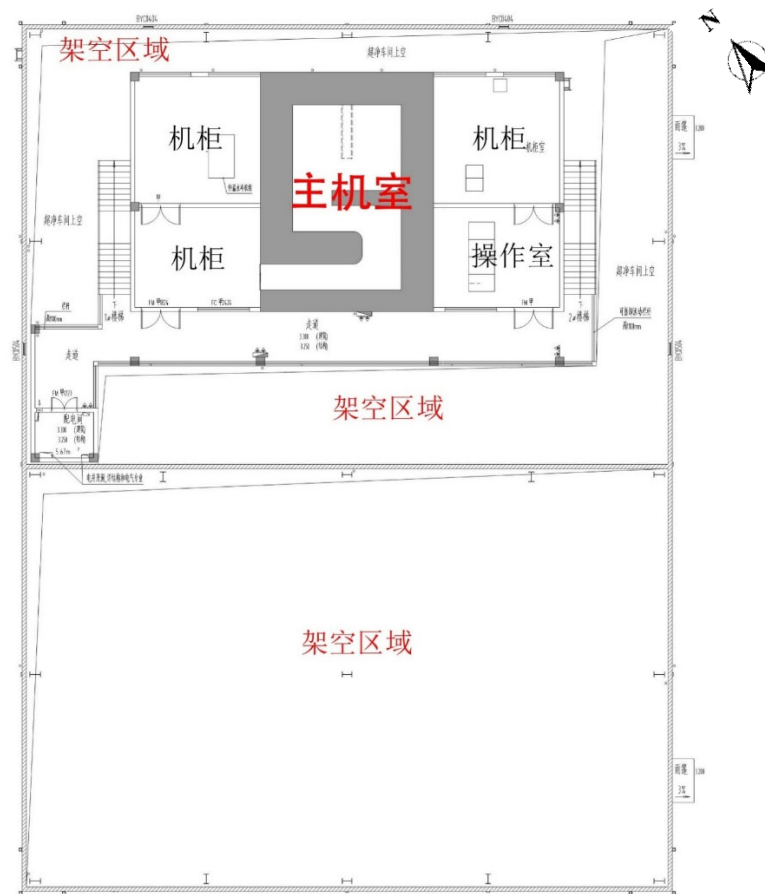


验收阶段

图2-3 项目一层环评阶段布局与竣工阶段实际布局对照图



环评阶段



验收阶段

图2-4 项目二层主机室环评阶段布局与验收阶段实际布局对照图



图2-5 4#厂房现场照片

本项目采用自动传送带系统完成待辐照货物的输送和辐照作业。项目在一层辐照室内设置加速器辐照窗，电子束出束方向朝向地面。待辐照货物经传送带送入辐照室后，随传送带进入电子束有效辐照区域完成辐照处理，辐照完成后的货物再由传送带运输出机房。

根据项目一层环评阶段布局与竣工阶段实际布局对照，环评阶段设计方案中，传送带穿出机房后沿机房外侧平行布置，并再次进入机房形成输送回路。实际建设过程中，为便于货物装卸和现场作业组织，建设单位对传送带外部走向进行了优化调整。调整后，传送带穿出机房后继续向南侧延伸至货物暂存区附近，再回弯折返，并沿机房外侧重新进入辐照室。经对照分析，项目传送带外部走向较环评阶段设计方案进行了局部调整，但传送带总体功能未发生变化，仍满足货物进出辐照室、通过电子束有效辐照区域及连续输送的工艺要求。调整后，辐照产品上下线工位较环评阶段设计位置距离辐照室更远，在辐射防护方面更为有利。

二层主机室内布置加速器主体设备，电源变频器、控制台等辅助设施布置于主机

室外机柜房内，水冷系统和通风系统布置于 4#厂房北侧墙外。根据二层主机室环评阶段布局与验收阶段实际布局对照，项目二层主机室及辅助设施总体布置与环评阶段基本一致。

经现场核查，项目机房位置、主体功能分区及主要配套设施布置与环评阶段基本一致；传送带外部走向进行了优化调整，但未改变货物进出辐照室及连续输送的工艺功能。

2.1.4 环境保护目标

《广东湛江喜悦加速器技术有限公司使用电子加速器辐照装置环境影响报告表》中根据《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) 确定评价范围如下：装卸货区工位，货物暂存区，3#厂房，5#厂房，二期待建用地，大毛牛新材料生产基地项目内部道路，室外公共道路以及广东威希德科技有限公司。

验收项目周边 50m 范围关系图如图 2-6 所示，现场情况如图 2-7。经现场核查，项目东北侧 2.0m、东南侧 4.8m 及西北侧 4.8m 处均为 4#厂房边界，边界外为通道；西南侧 4.6m 处为货物存放区及装卸货工位，24.0m 处为厂房边界。以加速器机房为边界向外延伸 50m 范围内，东北侧 11.7m 处为大毛牛二期建设用地，目前处于规划阶段，暂未开工建设；东南侧 12.3m 处为厂区边界，40.3m 处为广东威希德科技有限公司；西南侧 34.3m 处为 3#厂房；西北侧 15.4m 处为 5#厂房。

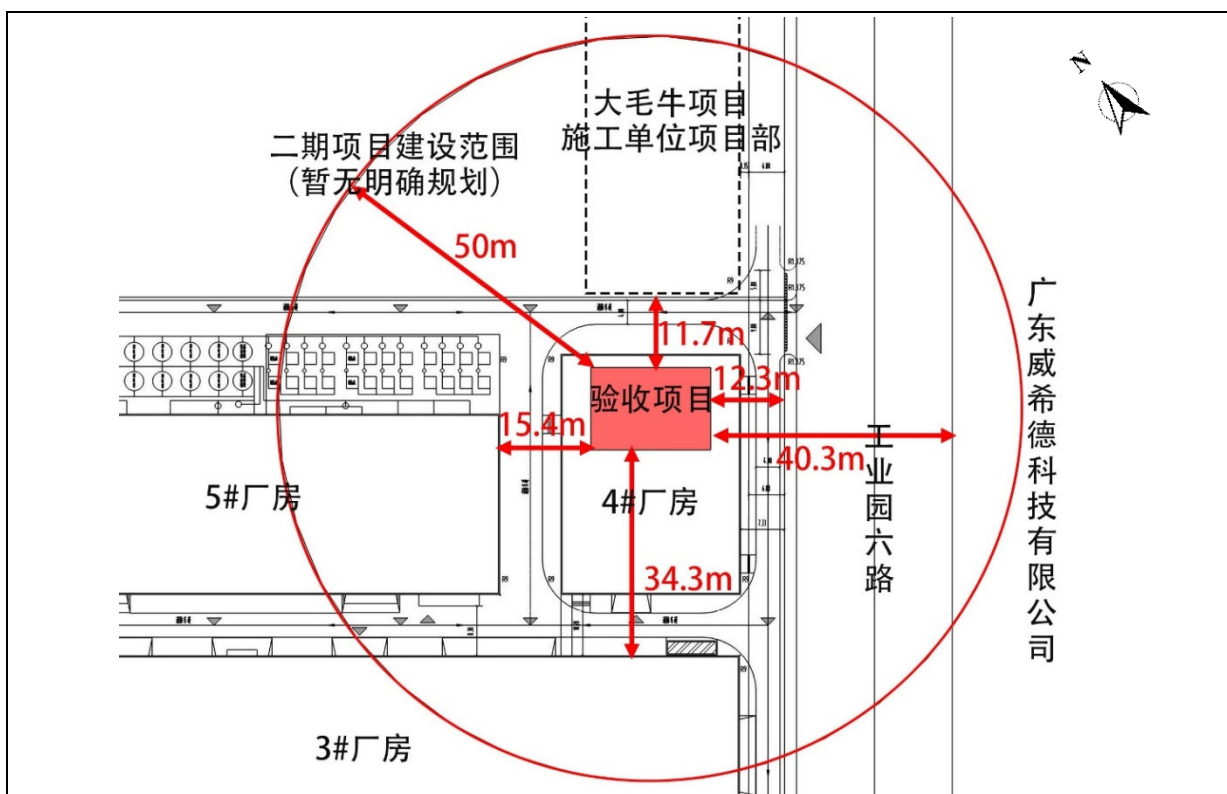
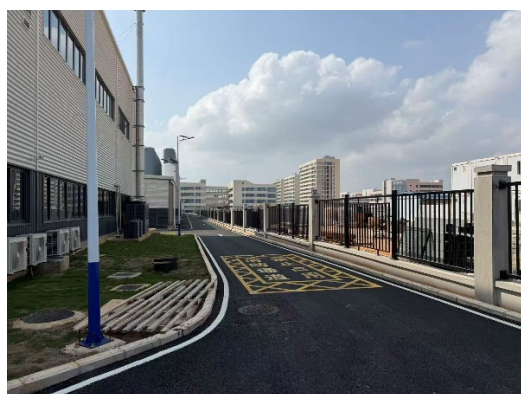


图2-6 周边环境关系图 (50m)



5#厂房和北侧道路



3#厂房和东侧道路



广东威希德科技有限公司



大毛牛二期建设用地和施工方项目部

图2-7 验收项目周边室外环境图

经现场核查，为配合大毛牛二期项目后续建设，二期建设用地范围内现仍保留施工

方项目部临时设施。因环境影响评价阶段已将二期建设用地作为整体保护目标纳入分析，并按全居留条件进行了保守考虑，该临时设施所在位置仍属于原评价范围内的保护目标范围，不属于新增环境保护目标。

综上，验收阶段项目周边环境保护目标与环境影响评价阶段相比未发生变化。

2.1.5 环境影响评价文件及批复对照分析

现对本项目实际建设内容与环境影响评价文件和批复进行对照分析，详见表 2-2。

表2-2 本项目建设内容与环境影响评价文件及批复对照分析

建设内容	环评文件及批复	实际建设情况	对照
建设规模	建设 1 间电子加速器辐照装置机房，安装 1 台 DZ10/20 型电子加速器辐照装置（电子能量为 10MeV，最大束流强度为 2mA，属 II 类射线装置）用于辐照加工。	建设 1 间电子加速器辐照装置机房，安装 1 台 DZ10/20 型电子加速器辐照装置（电子能量为 10MeV，最大束流强度为 2mA，属 II 类射线装置）用于辐照加工。	一致
建设地点	广东省湛江市雷州市沈塘镇开源大道 4 号 4#厂房	广东省湛江市雷州市沈塘镇开源大道 4 号 4#厂房	一致
主体工程	建设 1 间电子加速器辐照装置机房	建设 1 间电子加速器辐照装置机房	一致
辐射屏蔽	电子加速器辐照装置机房采用混凝土施工	已按照环境影响评价阶段设计建设电子加速器辐照装置机房	一致
辐射安全设施	本项目拟配套建设完善的辐射安全与防护设施，主要包括加速器机房屏蔽防护设施、控制区和监督区划分及警示标识、安全联锁与防人员误入设施、辐射监测与报警设施、通风设施等，以及视频监控、应急照明等辅助安全设施，以满足电子加速器辐照装置运行期间辐射安全与防护要求。	根据表 3 分析，本项目按照环境影响评价文件，建设了屏蔽防护设施，设置了控制区和监督区划分，并张贴警示标识，设置安全联锁与防人员误入设施，配置了辐射监测与报警设施，建设了通风设施，可满足电子加速器辐照装置运行期间辐射安全与防护要求。	一致

根据以上分析，本项目实际建设内容与环境影响评价文件及批复要求一致。项目建设规模、建设地点、主体工程、辐射屏蔽措施及辐射安全与防护设施均已按环境影响评价文件及批复要求落实，未发生涉及项目性质、规模、地点、生产工艺和辐射安全防护措施的重大变更，符合竣工环境保护验收条件。

2.2 源项情况

2.2.1 工作原理和设备组成

本项目使用 1 台 10MeV 的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。

建设单位安装电子加速器辐照装置主要部分在二层的加速室内，导向聚焦系统将粒子引出到首层的辐照室，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，辐照室为钢筋混凝土结构。

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，整体结构见图 2-8。

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。

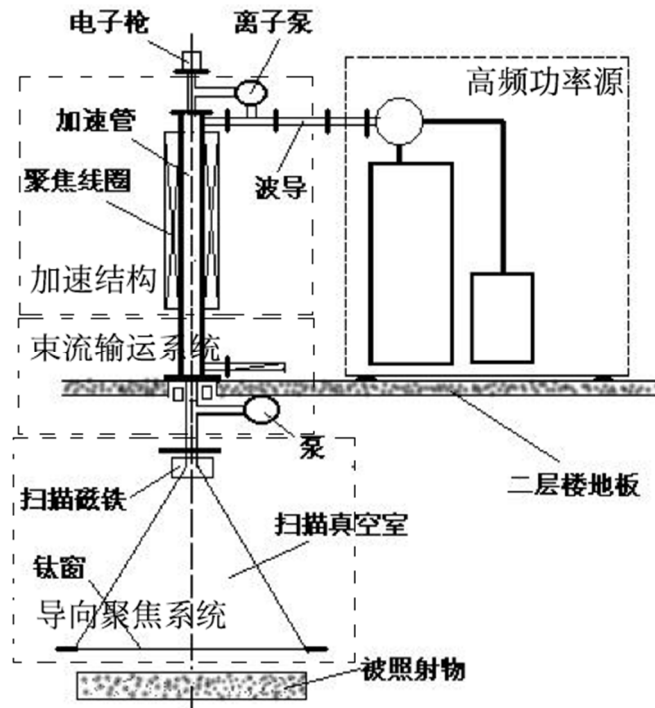


图2-8 加速器系统整体结构图

本项目建设加速器专用机房，并安装了一条环绕辐照室的传送带，可将货物由辐照室外，运送到辐照室内进行辐照加工，建设单位安装传送系统主要材质为钢。

电子加速器辐照装置运行过程中配套设置有冷却水系统和通风系统。冷却水系统主要用于对加速器运行过程中产生热量的关键部件进行冷却，以保证设备在正常工况下稳定运行。项目冷却方式为间接冷却，冷却介质为去离子水，循环水在密闭管路中循环使用，正常运行工况下不与电子束直接接触，也不外排。冷却水系统主要布置于机房外配套区域，通过管道与加速器主体连接，为加速器主机及相关部件提供持续冷却。

项目通风系统主要用于排出加速器运行过程中空气受辐射作用产生的臭氧和氮氧化物等有害气体，并维持机房内良好的空气环境。辐照室设置机械排风系统，排风口布置于辐照室内束下区域附近，废气经排风管道引至室外高空排放。通风系统与加速器运行状态进行联锁控制，在设备运行期间保持正常运行，并在设备停机后继续运行一定时间，以降低机房内臭氧浓度，满足人员进入机房的安全要求。冷却水系统和通风系统均为本项目电子加速器辐照装置正常运行的重要辅助系统。

2.2.2 源项参数

(1) 正常工况

本项目是使用电子加速器用于辐照加工。辐照加速器的电子出射范围小，易屏蔽，但在运动中受到加速器部件、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），韧致辐射的最大能量为最大可能的电子能量。由于电子的最大射程与所产生的 X 射线的射程相比很小，因此在电子加速器的屏蔽要求上，只需考虑所产生的 X 射线的屏蔽。建设单位使用的电子加速器概况见表 2-3。

表2-3 本项目源强

名称	型号	最大能量	最大束流强度/功率	1m 处剂量率（90°） ^a	束流损失	1m 处损失位置剂量率（90°） ^c
电子加速器辐照装置	DZ10/20	X 射线：无 电子线：10.0 MeV	2mA/ 20kW	810Gy/h （等效电子能量 6MeV）	5% （3MeV）	9.6Gy/h （等效电子能量 1.9 MeV）

注：1m 处剂量率取自于 HJ979-2018《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》附录 A，根据建设单位实际工作情况，修正系数取被辐照的靶材料为“铝、混凝土”时，0°方向的修正系数 fe 为 0.5。

验收主要考虑在电子加速器开机期间，因韧致辐射产生的 X 射线，以及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。

2.3 工艺设备与工艺分析

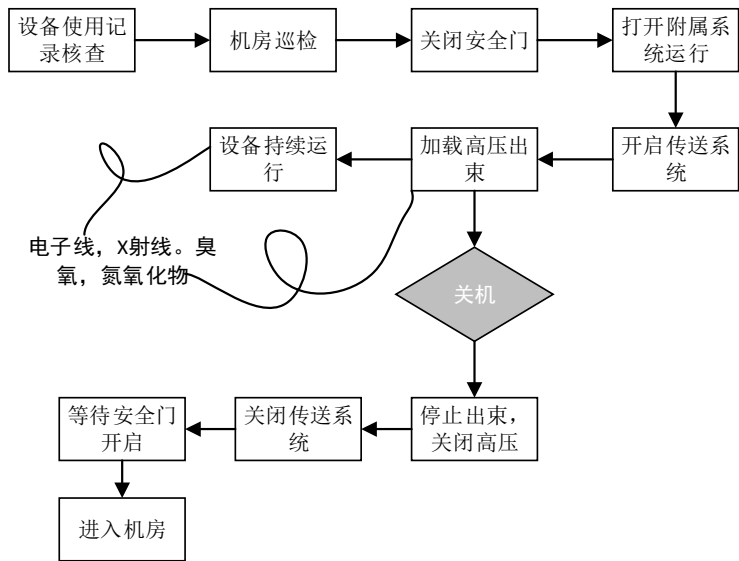


图2-9 项目工作流程及产污环节

本项目在电子加速器开机出束进行辐照加工时，设备操作人员位于机房外隔室操作。加速器机房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 2-9 所示，设备操作流程如下：

(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，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，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），空气在高能射线照射下产生臭氧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机房内情况；

(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，如需要进入机房，由于操作软件自带通风延迟关闭系统（切断高压和束流后，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和束流指令后，通风系统继续运行 10 分钟，门才可打开，辐射工作人员可进入加速器机房。

2.3.2 人员配备

根据本项目环境影响评价文件，项目工作量达到最大时拟配备 4 名辐射工作人员，其中运行值班长 2 名、操作人员 2 名，实行两班轮换工作制，每班 2 人（1 名值班长、1 名操作人员）。按每名工作人员日工作 8 小时、年工作 250 天计算，单名辐射工作人员年工作时间为 2000h。

目前，本项目处于建设完成后的运行初期，辐照加工业务量尚未达到环境影响评价文件预测的最大工作负荷。现阶段加速器按每天运行 8 小时计，年运行时间约为 2000h，建设单位目前已配置 3 名辐射工作人员，现有人员均已参加辐射安全与防护

培训并考核合格，具体见附件 5。结合现阶段单班运行和实际工作负荷情况，现有人员配置可满足当前设备运行、现场巡检、操作控制及辐射安全管理需要。

根据建设单位后续生产安排，随着辐照加工业务量逐步增加，项目运行时间将逐步提高。后续如达到环境影响评价文件预测的最大工作负荷，即每天出束 16 小时、年出束时间 4000h，建设单位将按照环评文件要求及时增配辐射工作人员，并完善值班长和操作人员岗位配置，确保达到两班轮换工作制下每班最少配置 1 名值班长和 1 名操作人员的要求。

综上，建设单位现有辐射工作人员配置能够满足项目现阶段运行需要，现有辐射工作人员均已按要求参加培训并考核合格。后续在项目运行负荷提高至环评预测最大工作负荷前，建设单位应按环境影响评价文件要求补充配置辐射工作人员，确保人员数量、岗位设置和培训情况满足最大工作负荷条件下的运行管理要求。

2.3.3 工作负荷

目前，验收机房加速器每天出束 8h，每年出束 250 天，每年工作 2000h。后续，随着项目工作量的增加，每天最多出束时间为 16h，每年出束 250 天，每年工作 4000h。

2.3.4 污染源项描述

电子加速器在正常工况和非正常工况下的污染源项分别如下：

(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，高能电子束通过韧致辐射将产生高能 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。

电子加速器辐照装置在机房内使用，机房采取了辐射防护设计，根据表 7 验收监测结果，加速器机房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。

高能电子韧致辐射产生的高能射线与空气中的氧分子作用会产生一定量的臭氧、氮氧化物等有害气体，建设单位在辐照室内安装了离心通风机，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地排出辐照室。

(2) 非正常工况

① 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 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内无人滞留即运行加速器加载高压和束流，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，造成误照事故。

表 3 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

验收项目建设 1 间加速器机房，机房分为上下两层，使用混凝土进行浇筑，机房一层为辐照室，辐照室内布置加速器辐照窗，出束方向朝向地面；机房二层为主机室和辅助用房，主机室内安装加速器主体，电源变频器等辅助设施和操作台均在加速器室外辅助机房内。水循环系统和通风系统位于 4# 厂房北侧。

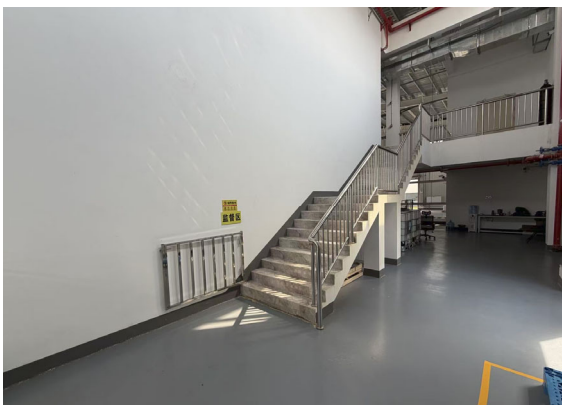
加速器机房相邻环境状况见表 3-1，现场情况见图 3-1。

表3-1 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	通道	通道	传送带	主机室及辅助机房	无
主机室	设备室	悬空	设备室， 操作间	通道	无	辐照室



机房西南侧



机房西北侧



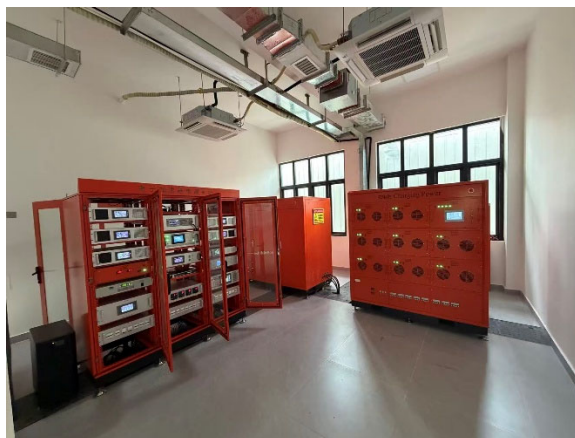
机房东北侧



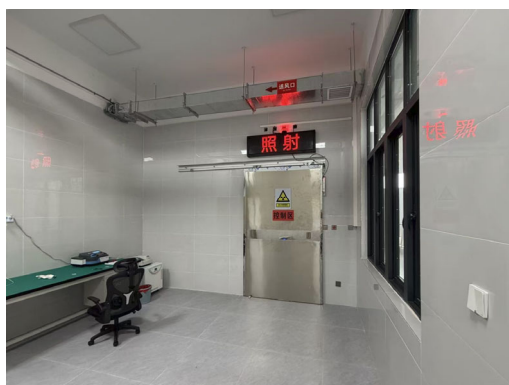
机房东南侧



控制室



机柜间



主机室入口（机柜间）



机柜间



水冷设备及通风系统

图3-1 加速器机房周边环境状况

3.1.2 分区管理

环评要求：根据《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018），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。

图3-2 辐射分区划分图（黄色监督区，红色控制区）

落实情况：按照本项目工作特点和实际情况，结合《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）及环境影响评价报告阶段计划，对生产车间辐射工作场所进行分区。

落实情况：按照本项目工作特点和实际情况，结合《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）及环境影响评价报告阶段计划，对生产车间辐射工作场所进行分区。

(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、通往控制室和设备室的楼梯（设置围栏门，限制非辐射工作人员进入）、机房门外围栏内区域、传送带外边界内区域以及机房其余墙体外 30cm 处。由于本项目实际建设过程中传送带外部走向较环评阶段有所优化调整，建设单位结合环评阶段分区管理原则，对相应区域同步纳入监督区管理。另为进一步减少无关人员靠近机房门口，建设单位在机房门外约 1.5m 处增设了两处围栏，并将围栏内区域一并划定为监督区。

本项目分区情况见图 3-2，建设单位已在监督区边界和控制区边界张贴中文说明，并在机房门外设置电离辐射标识，详见图 3-3。

建设单位已按照环境影响评价文件及相关标准要求对辐射工作场所实施分区管理，控制区和监督区划分明确，监督区范围结合项目实际建设情况进行了合理优化和补充，能够满足项目运行期间辐射安全管理要求。



图3-3 现场分区照片

3.2 屏蔽设施建设情况和屏蔽效能

环评要求：本项目建设专用电子加速器机房，采用混凝土结构进行辐射屏蔽防

护。其中，一层辐照室西北墙和东南墙厚度均为 2800mm 混凝土，东北墙厚度为 3000mm 混凝土，迷道墙体厚度分别为 2100mm、1250mm 和 500mm 混凝土，一层与二层之间楼板厚度为 1450mm 混凝土；辐照室入口处设置 1 樘 15mm 厚钢制安全门。二层主机室墙体厚度为 1500mm 混凝土，迷道墙体厚度分别为 700mm 和 1500mm 混凝土，屋顶厚度为 1200mm 混凝土；主机室出入口设置 1 樘 3mmPb 防护门。环评要求通过上述屏蔽结构及门体防护，满足电子加速器运行期间辐射防护要求。

落实情况：

一层辐照室：辐照室（不含迷道部分墙体）面积约 119.09m²，高度为 1.8m，容积约 214.36m³。西北墙和东南墙均为 2800mm 混凝土，东北墙为 3000mm 混凝土。迷道厚度分别为 2100mm 混凝土，1250mm 混凝土和 500mm 混凝土，一层和二层之间地板厚度为 1450mm 混凝土。辐照室入口处安装有钢制安全门，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 37.67m²（不含迷道部分墙体），高度为 5m，容积为 188.35m³。西北侧、东北侧、东南侧墙体为 1500mm 混凝土，西南侧墙体为 1200mm 混凝土，迷道厚度分别为 700mm 混凝土和 1500mm 混凝土，屋顶厚度为 1200mm 混凝土。二楼迷道高度为 5m。主机室门口安装防护门，门厚度为 3mmPb。

详细对照分析见表 3-2，建成情况见图 3-4，图 3-5 和图 3-6。

表3-2 加速器机房辐射屏蔽环评要求和落实情况对照分析

参数项目		环评要求	实际落实情况	符合性
辐照室	面积	119.09m ² (不含迷道墙体)	119.09m ² (不含迷道墙体)	一致
	高度	1.8m	1.8m	一致
	西北侧墙体	2800mm 混凝土	2800mm 混凝土	一致
	东南侧墙体	2800mm 混凝土	2800mm 混凝土	一致
	东北侧墙体	3000mm 混凝土	3000mm 混凝土	一致
	迷道墙体	2100mm、1250mm、500mm 混凝土	2100mm、1250mm、500mm 混凝土	一致
	防护安全门	15mm 钢板	15mm 钢板	一致
一/二层间地板		1450mm 混凝土	1450mm 混凝土	一致
主机室	面积	37.67m ² (不含迷道墙体)	37.67m ² (不含迷道墙体)	一致
	高度	5m	5m	一致
	非迷道墙体	1500mm 混凝土/1200mm 混凝土	1500mm 混凝土/1200mm 混凝土	一致
	迷道	700mm、1500mm 混凝土	700mm、1500mm 混凝土	一致
	屋顶	1200mm 混凝土	1200mm 混凝土	一致
	防护门	3mmPb	3mmPb	一致

根据加速器机房检测结果，机房墙体外周围剂量当量率为 $0.141\mu\text{Sv/h}\sim 2.09\mu\text{Sv/h}$ ，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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

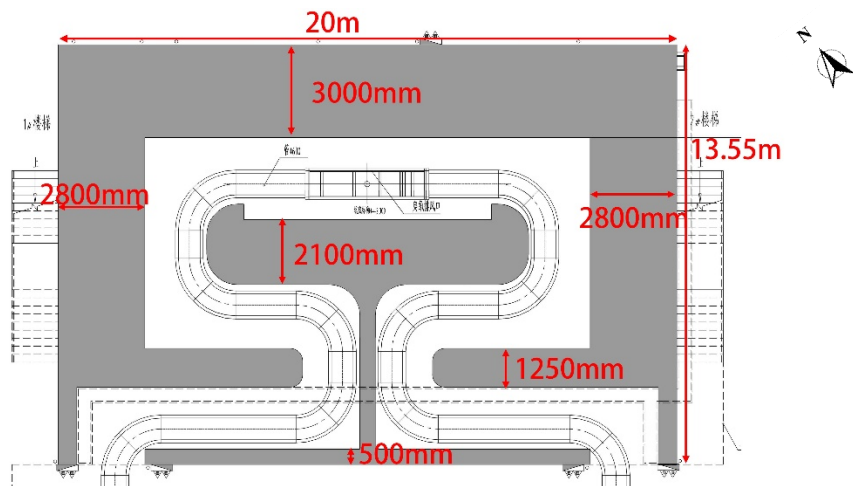


图3-4 验收项目辐照室竣工图

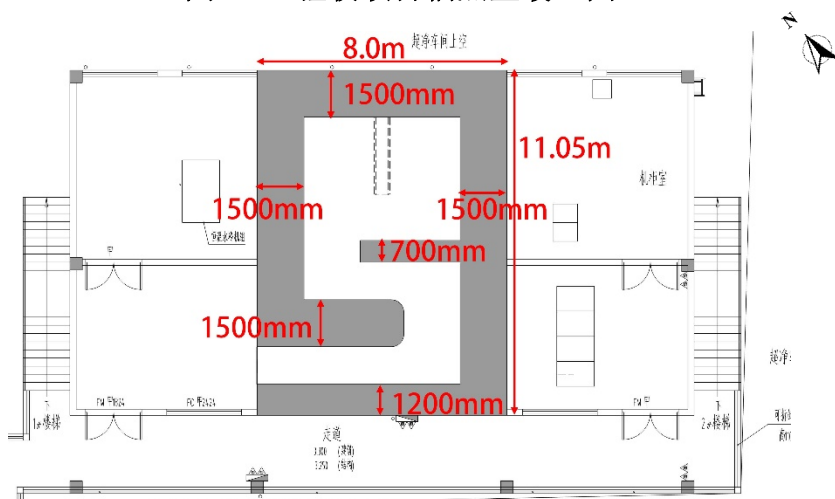


图3-5 验收项目主机室竣工图

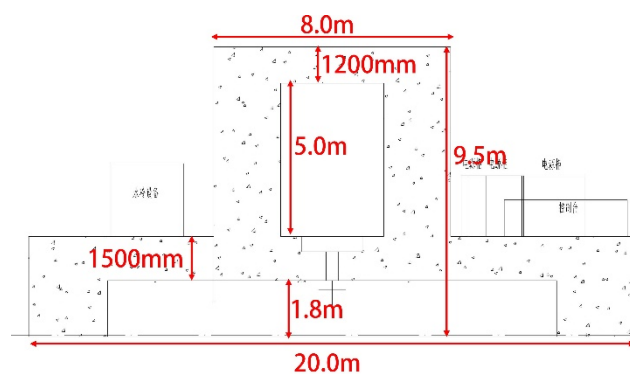


图3-6 验收项目加速器机房剖面竣工图

3.3 辐射安全与防护措施的设置和功能实现情况

3.3.1 钥匙控制

环评要求：项目应设置钥匙控制措施，加速器控制台与辐照室门、主机室门共用一把钥匙，并与设备运行状态联锁；钥匙应与便携式辐射监测报警仪牢靠相连，由专人管理。

落实情况：验收项目已按环评要求设置钥匙控制措施。加速器机房控制台、辐照室门和主机室门共用一把钥匙，该钥匙与 1 台便携式辐射监测报警仪采用金属链牢靠相连，详见图 3-7。

人员在机房外部开启辐照室门和主机室门时，需使用该钥匙；门内侧设置有开门按钮，人员在机房内部按下开门按钮后可开启安全门，同时切断高压。加速器出束运行时，钥匙插设于控制台上，设备运行过程中钥匙无法取下，因此外部无法使用钥匙开启辐照室门和主机室门；若运行过程中从控制台取出钥匙，则加速器立即停机，并同步切断高压。安全门处于开启状态时，由于钥匙位于门锁位置，加速器无法加载高压。建设单位已明确规定，加速器运行期间仅运行值班长有权使用该钥匙进行操作和管理。

3.3.2 门机联锁

环评要求：应将辐照室门和主机室门与加速器高压进行联锁控制，设置门机联锁，并在门内侧设置开门按钮。

落实情况：验收项目已按环评要求落实门机联锁措施。辐照室门和主机室门均与加速器高压联锁，详见图 3-7。辐照室门和主机室门均安装有门磁，通过门磁与高压控制系统联锁实现门机联锁功能。

仅当安全门完全关闭时，加速器方可加载高压；如安全门未关闭或关闭不到位，加速器均无法加载高压。设备运行过程中，如辐照室门或主机室门被意外打开，加速器将立即切断高压，同时已巡检状态自动解除，需重新完成巡检后方可再次启动。辐照室门和主机室门内侧均设置有开门按钮，人员在机房内部按下开门按钮后，门磁断电，无需钥匙即可直接开启安全门。

3.3.3 束下装置联锁

环评要求：加速器与传送带（束下装置）通过测速装置联锁。传送带正常运行设备才能出束；运行中传送带故障则立即切断高压。

落实情况：加速器与传送带控制系统建立接口和协议，通过测速装置进行联锁。设备加载高压前必须先开启传送带并获得速度信号；关机时需先切断高压再关传送系统；运行中若传送系统故障，加速器将立即切断高压。已设置测速装置见图 3-7。



机房门钥匙开关



加速器控制台钥匙



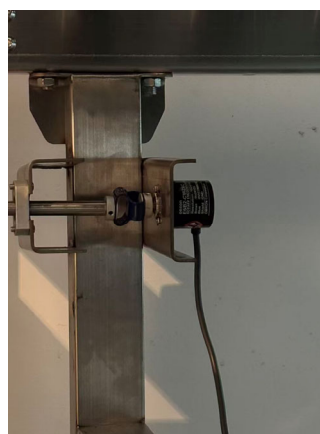
主机室门磁



辐照室门磁



开门按钮



束下测速装置

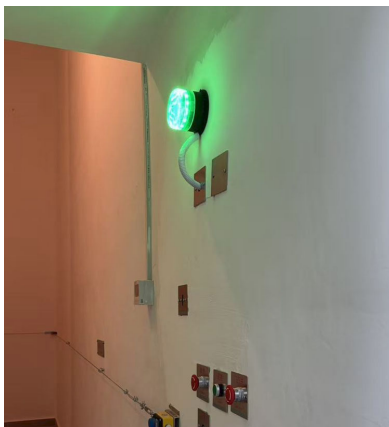
图3-7 加速器机房钥匙控制，门磁，开门按钮和束下测速装置

3.3.4 信号警示装置

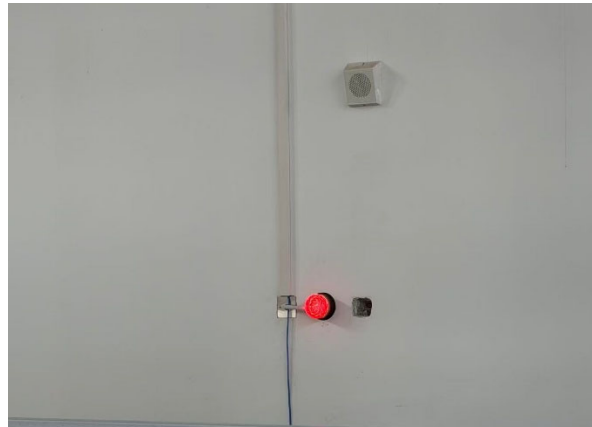
环评要求：在出入口、迷道内设置声光警示装置。工作状态指示灯（绿、黄、红）和语音提示系统。加载高压时发出清晰可辨的声光警告。

落实情况：验收项目已按环评要求设置信号警示装置。在辐照室和主机室出入口处及迷道内，机房内外均设置有三色报警灯和声音报警装置，详见图 3-8。三色报警灯可根据设备运行状态显示不同颜色，用于区分设备未出束、具备出束条件及出束中的状态；人员下达出束指令后，声音报警装置可发出报警提示，设备操作人员同时可通过主控电脑实时查看加速器工作状态。

在上述环评要求已落实的基础上，验收项目在辐照室门和主机室门上方另增加设置了工作状态指示灯。该指示灯在未出束时显示绿色，文字内容为“预备”；在设备出束过程中显示红色，文字内容为“照射”。



机房内声光报警



机房外声光报警



门上方工作状态指示灯



门上方工作状态指示灯

图3-8 声光报警

3.3.5 巡检按钮

环评要求：辐照室和主机室均应设置巡检按钮，且一层、二层应分别形成独立巡检系统，并与加速器联锁。加载高压前，操作人员需在规定时间内按设定顺序完成全部巡检，巡检完成后加速器进入可加载高压状态；如巡检顺序错误、未在规定时间内完成巡检，或巡检过程中安全门被打开、光电装置被遮挡，则巡检失败，需重新巡检。巡检完成后，如机房任一门开启、急停拉线被拉下或防人误入装置被遮挡，已巡检状态应解除；如加速器处于出束状态，则应立即停机并切断高压。

落实情况：验收项目机房辐照室和主机室均已设置巡检按钮，辐照室和主机室分别形成独立巡检系统，一层、二层巡检均与加速器进行联锁，详见图 3-9。现场核查可知，辐照室共设置 8 个巡检按钮，主机室设置 3 个巡检按钮，巡检按钮的设置数量、布置位置及分区方式与环评阶段一致。加速器加载高压前，操作人员需分别完成辐照室和主机室巡检，并按设定顺序在规定时间内完成全部巡检后，设备方可进入后续启动状态；如巡检顺序错误、超时未完成或巡检过程中出现安全门开启、光电装置遮挡等情况，系统均无法进入已巡检状态，需重新进行巡检。巡检完成后，如机房门开启、急停装置动作或防人误入装置被触发，已巡检状态可自动解除。

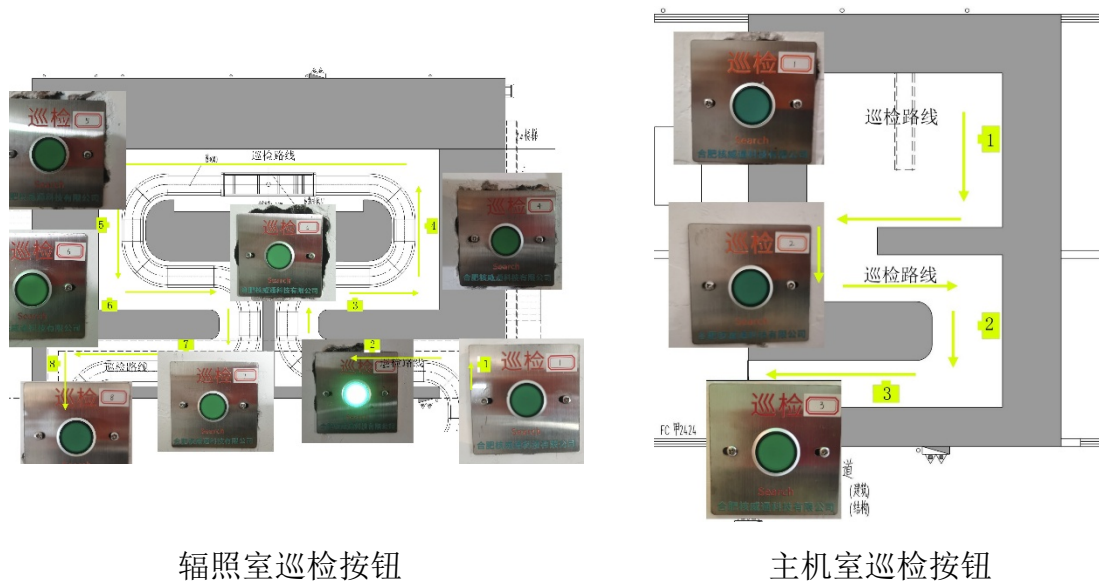


图3-9 巡检按钮设置情况

3.3.6 防人误入装置

环评要求：在辐照室和主机室迷道各设置 3 道独立的光电装置，与设备高压联锁。人员遮挡任一光束则立即切断高压并报警。

落实情况：验收项目已按环评要求设置防人误入装置。在机房一楼辐照室迷道入

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布置，首道装置距地面约 30cm，第二道距地面约 90cm，第三道距地面约 150cm，详见图 3-10。



辐照室光电装置



主机室光电装置

图3-10 光电装置设置情况

各光电装置均与加速器高压联锁，当人员误入机房并遮挡任一道光电装置时，若加速器处于出束状态，设备将立即切断高压，停止出束，同时控制电脑报警界面显示因光电遮挡导致巡检解除，并提示重新巡检后方可再次启动设备。

3.3.7 急停装置

环评要求：设置急停拉线开关和控制台急停按钮，与加速器联锁。触发急停立即切断所有加速器高压，且需复位并重新巡检后才能重启。

落实情况：验收项目已按环评要求设置急停装置。机房内设置有急停拉线开关，其中辐照室内设置 2 条，主机室内设置 1 条；另在辐照室门口各设置 1 个急停按钮、主机室门口设置 1 个急停按钮、控制室操作台设置 1 个急停按钮，详见图 3-11。急停拉线开关和急停按钮均与加速器高压联锁，当设备处于出束状态时，如拉下急停拉线开关或按下急停按钮，加速器将立即切断高压，停止出束。急停拉线开关安装高度约为距地面 1.2m，并在上方设置有明显标识。急停装置按下后，已巡检状态会同步自动解除，需在故障或紧急情况处理完毕后，对急停装置进行手动复位，并重新完成巡检

后方可再次启动加速器。经现场核查，急停拉线开关及急停按钮的设置位置、数量与环评一致。

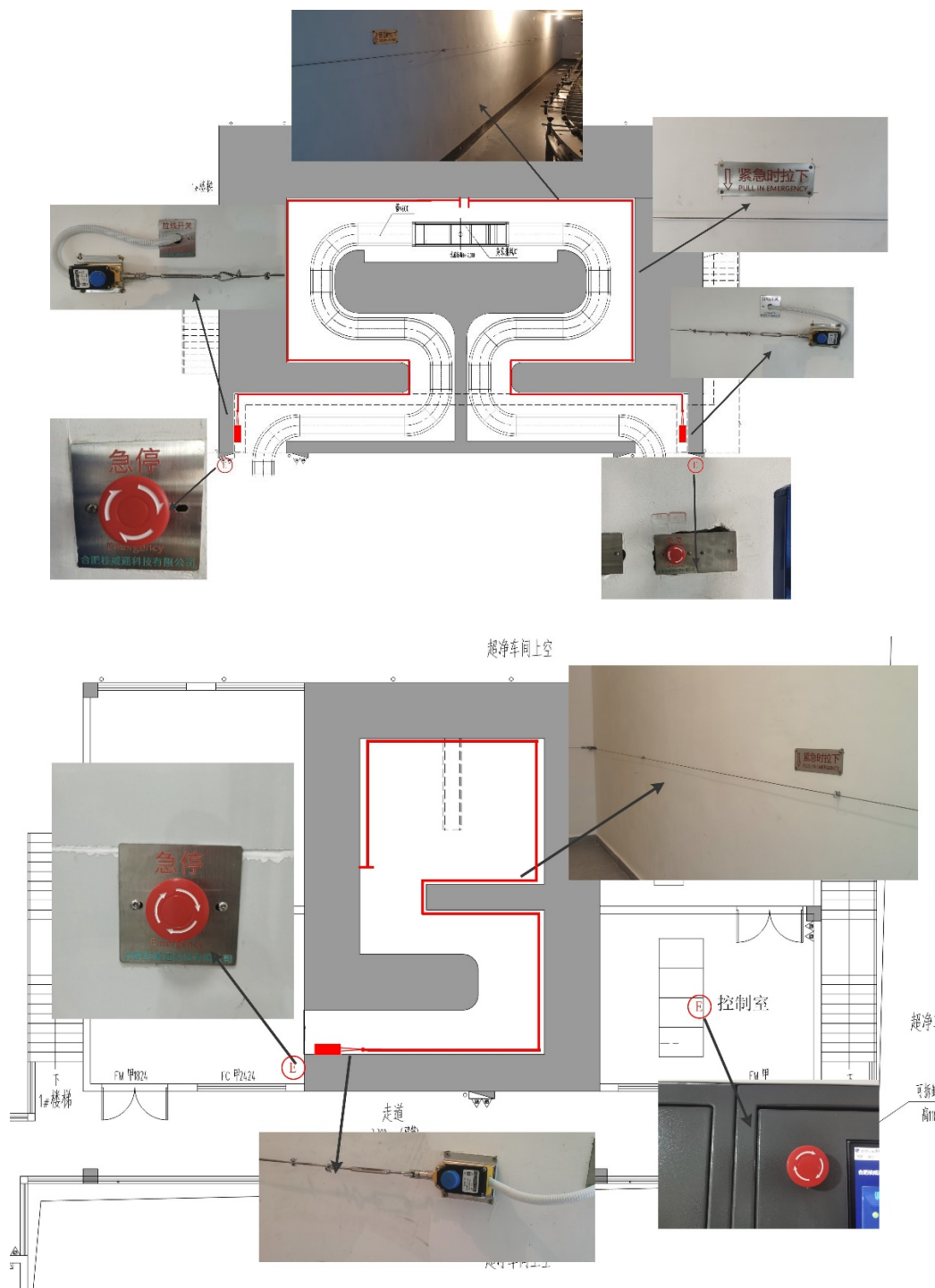


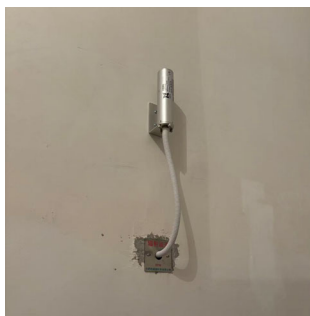
图3-11 加速器机房急停布置

3.3.8 剂量联锁

环评要求：安装固定式辐射剂量率监测系统，探头置于机房内。当剂量率超过设定阈值时，安全门无法从外部打开。

落实情况：验收项目已按环评要求设置固定式辐射监测仪。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，详见图 3-12。辐射剂量率监测系统与安全门联锁，当监测剂量率高于设定阈值时，辐照室门和主机室门均无法从外侧打开。本项目剂量联锁阈值根据现场检测结果进行设定，建设单位在加速器停机状态下对探头所在位置辐射水平进行检测，并结合检测结果设置剂量联锁阈值为 $0.5\mu\text{Sv/h}$ 。

另外，验收项目较环评阶段新增设置 1 个固定式剂量探头，安装于辐照室出口外。该探头不参与剂量联锁控制，仅用于日常核查迷道口位置辐射水平。该新增探头未改变原有剂量联锁功能，且有利于加强对迷道口辐射水平的日常监测。



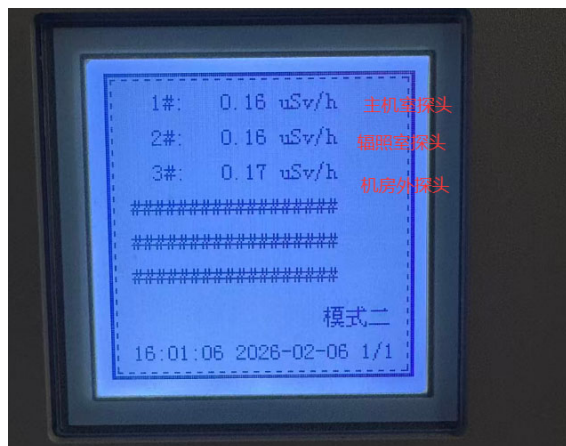
辐照室剂量探头



主机室剂量探头



辐照室外剂量探头



剂量探头显示界面

图3-12 加速器机房剂量联锁

3.3.9 通风联锁

环评要求：项目应设置通风联锁，通风系统正常工作后方可加载高压；在通风系统未正常工作或运行过程中发生故障时，加速器应切断高压和束流，停止出束。加速器正常停机后，排风系统应延时运行，安全门延时开启；根据环评计算结果，正常停机后排风系统继续运行 8 分钟后方可开启安全门。

落实情况：验收项目已按环评要求设置通风设施及通风联锁，机房通风量为

12000m³/h，通风设施见图 3-13。根据项目环境影响评价文件，计划安装风机通风量为 12000m³/h，现场核查可知，实际安装风机通风量满足环评要求。加速器设置有通风连锁功能，在通风系统未正常工作时，加速器无法加载高压；在加速器正常运行过程中，如通风系统发生故障，加速器将切断高压和束流，停止出束。

验收项目已设置正常停机后的通风延时功能。加速器正常切断高压和束流后，排风系统继续运行 10 分钟后方可开启安全门。与环评阶段提出的延时 8 分钟相比，实际设置延长至 10 分钟，进一步增加了停机后机房通风换气时间，有利于降低机房内臭氧等有害气体浓度。



图3-13 加速器机房通风连锁

3.3.10 烟雾报警

环评要求：机房内安装烟雾报警装置，与设备连锁。报警触发时切断加速器电源和辅助系统电源。

落实情况：验收项目已按环评要求设置烟雾报警装置，安装位置为通风管道内。烟雾报警装置与加速器连锁，在加速器正常出束时，如烟雾报警装置启动报警，加速器将切断辅助系统电源（真空系统除外），同时通风系统停止工作。建设单位已将烟雾报警装置纳入设备月检内容，定期对其有效性进行检查。



图3-14 加速器机房通风管道内烟雾报警

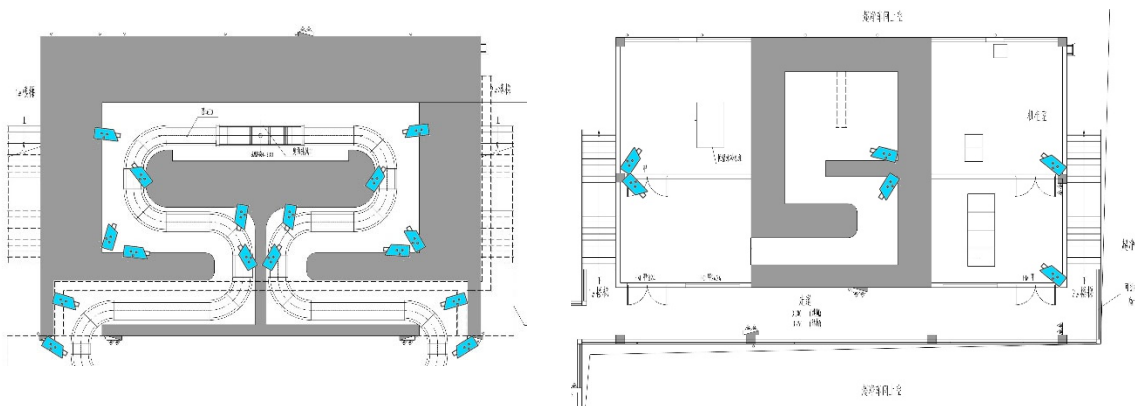


图3-15 加速器机房监控布置



图3-16 加速器机房监控设施

3.3.11 其他安全设施

环评要求：①实时摄像监视，计划设置 15 个；②加速器冷却系统（水流量、水温）连锁；③加速器各控制信号连锁。

落实情况：已全部落实。①实时摄像监视：在机房内设置了无死角摄像监视系统，实际设置 22 个，数量大于环评计划数量。监控画面实时显示于控制室，便于工作人员观察情况。并建立了定期检查维护制度。实时摄像监控见图 3-15 和图 3-16。②冷却系统连锁：加速器与自身冷却系统的回水流量和水箱水温连锁。流量或水温异常时，将立即切断对应加速器的高压。③控制信号连锁：加速器的启动和运行均依赖于所有控制信号正常。任一控制信号异常，将立即切断对应加速器的电源。

3.3.12 应急照明和紧急疏散标识



图3-17 加速器机房紧急疏散及应急照明

辐照室和主机室内部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，主机室、辐照室、控制室均设置应急照明。疏散提示和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。机房内设置疏散标识和应急照明见图 3-17。

3.3.13 辐射探测设备

环评要求：建设单位拟配备个人剂量计，个人剂量报警仪和辐射探测仪。

落实情况：建设单位已配备辐射探测仪，个人剂量报警仪和个人剂量计，详细配备情况见表 3-3，配备仪器见图 3-18。

表3-3 辐射探测设备配备情况

序号	名称	环评要求	配置情况	分析
1	个人剂量计	3 个	3 个，TLD	所有辐射工作人员均配备个人剂量计，可满足要求。
2	个人剂量报	2 台	2 台	与环评要求一致

	警仪		RGM8102	
3	辐射探测仪	1 台	1 台, RGM1208	与环评要求一致



图3-18 建设单位配备辐射探测仪和个人剂量报警仪

3.3.14 辐射安全设施总结分析

建设单位已按照环境影响评价文件设置辐射安全措施，现对照《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）和《关于在核与辐射安全隐患排查工作中做好电子加速器辐照装置专项监督检查工作的函》（辐射函(2021)27 号）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 3-4。

表3-4 辐射安全设施与环评和标准对照分析

HJ979-2018 要求	环评设计方案	实际落实情况	变动情况
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。	建设单位拟对机房进行分区，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。	已对辐射工作场所实施分区管理。控制区为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；监督区为设备控制室、设备室、通往控制室和设备室的楼梯、机房门外围栏内区域、传送带外边界内区域以及机房其余墙体外 30cm 处，并已在监督区、控制区边界设置中文说明和电离辐射标识。	因传送带变更并增加机房门外围栏，相应扩大监督区，更有利于管控
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。	已在机房门外设置电离辐射警告标志，并在控制区、监督区边界设置中文分区说明；辐照室和主机室出入口及迷道内设置了声光警示装置，可显示设备运行状态。	无变动
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。	设备为国产设备，现场使用手册、操作规程、应急程序及分区标识、警告标志等均采用中文标识。	无变动

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 2.5μSv/h。如屏蔽体外为社会公众区域,屏蔽设计必须符合公众成员个人剂量约束值规定。	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 2.5μSv/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。	加速器机房已按环评设计建成,辐照室、主机室、迷道、楼板、屋顶及门体屏蔽厚度均与环评一致。验收监测结果表明,机房墙体外周围剂量当量率为 0.141μSv/h~2.09μSv/h,满足 2.5μSv/h 控制要求。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。	无变动
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,设备停机切断束流并切断高压; 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和束流,需要恢复原状后才可运行。	项目已设置钥匙控制、门机联锁、束下装置联锁、巡检按钮、防人误入装置、急停装置、剂量联锁、通风联锁、烟雾报警等安全联锁措施,各联锁均与高压控制系统联动。联锁触发时设备立即切断高压,相关状态自动解除,故障排除并复位后方可重新启动。	无变动
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,加速器将切断束流和高压,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。	控制台、辐照室门和主机室门共用一把钥匙,钥匙与 1 台便携式辐射监测报警仪采用金属链牢靠相连。设备运行时钥匙插设于控制台,取下钥匙即切断高压;运行期间仅值班长可使用该钥匙。	无变动
(2) 门机联锁。辐照室和主机室的门必须与束流控制和加速器高压联锁。辐照室门或主机室门打开时,加速器不能开机。加速器运行中门被打开则加	机房设置门机联锁。加速器运行过程中门打开后,加速器将切断束流和高压,停止出束;门打开或关闭不严时,无法加载高压。	辐照室门和主机室门均安装门磁,并与加速器高压联锁。仅当安全门完全关闭时方可加载高压;运行中开门时立即切断高压,已巡	无变动

速器应自动停机；		检状态同步解除。	
（3）束下装置联锁。电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制必须建立可靠的接口和协议文件 束下装置因故障偏离正常运行状态或停止运行时，加速器应自动停机；	机房设置束下联锁，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，加速器将切断束流和高压，停止出束。	加速器与传送带控制系统通过测速装置联锁，加载高压前必须先开启传送带并获取速度信号；运行中若传送系统故障或状态异常，加速器立即切断高压。	无变动
（4）信号警示装置。在控制区出入口处及内部应设置灯光和音响警示信号，用于开机前对主机室和辐照室内人员的警示。主机室和辐照室出入口设置工作状态指示装置，并与电子加速器辐照装置联锁；	机房信号装置已联锁，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。	在辐照室和主机室出入口及迷道内，机房内外均设置三色报警灯和声音报警装置；在此基础上，辐照室门和主机室门上方另增设工作状态指示灯，未出束时显示“预备”，出束时显示“照射”。	无变动
（5）巡检按钮。主机室和辐照室内应设置“巡检按钮”，并与控制台联锁。加速器开机前，操作人员进入主机室和辐照室按序按动“巡检按钮”，巡查有无人员误留。	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。	辐照室设置 8 个巡检按钮，主机室设置 3 个巡检按钮，一层、二层分别形成独立巡检系统并与加速器联锁。巡检顺序、时间及重置条件均按环评逻辑落实。	无变动
（6）防人误入装置。在主机室和辐照室的人员出入口通道内设置三道防人误入的安全联锁装置（一般可采用光电装置），并与加速器的开、停机联锁；	机房的主机室和辐照室均设置三道防人误入设施，与高压联锁。加速器运行过程中触发，加速器将切断束流和高压，停止出束。	辐照室迷道入口和出口、主机室迷道出入口均设置 3 道相互独立的光电装置，呈梯形布置，分别约距地面 30cm、90cm 和 150cm，并与加速器高压联锁。	无变动
（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	机房设置拉线开关，拉线开关与高压联锁，设备运行过程中，一旦触发加速器将切断束流和高压，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	辐照室内设置 2 条急停拉线，主机室内设置 1 条急停拉线；辐照室门口、主机室门口及控制台均设置急停按钮。急停装置均与加速器高压联锁，触发后立即切断高压，复位并重新巡检后方可重启。	无变动

开控制区；	置了急停按钮，急停按下后需要复位。		
（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；	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。	一层辐照室和二层主机室迷道内口均设置固定式剂量探头，并与安全门连锁；当监测值高于阈值 0.5μSv/h 时，辐照室门和主机室门无法从外侧打开。另在辐照室出口外增设 1 个固定式剂量探头，用于日常监测，不影响原有剂量连锁功能。	无变动
（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；	机房设置通风连锁，根据计算结果，设备切断高压后，通风将持续运行 8min 后才可开门。	已设置通风连锁，通风系统未正常工作时加速器无法加载高压，运行中故障则切断高压。正常停机后，排风系统继续运行 10min 后方可开启安全门，高于环评设计的 8min，更有利于降低臭氧等有害气体浓度。	无变动
（10）烟雾报警。辐照室应设置烟雾报警装置，遇有火险时，加速器应立即停机并停止通风。	辐照室设置烟雾报警连锁，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。	通风管道内设置烟雾报警装置，并与加速器连锁；报警触发时切断辅助系统电源（真空系统除外），同时停止通风。	无变动
6.3 其他要求			
6.3.1 电气系统 （1）必须按加速器装置及厂房建设和公用工程的供电条件设计，确保电压电流的稳定度。 （2）主机室、辐照室、控制室应设置应急照明系统。 （3）各供电系统及相关设备应有可靠的接地系统。 （4）凡有高压危险的部位，应设置高压连锁、高压放电保护装置。	（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； （2）机房内设置应急照明系统和发光路线指示标识； （3）各供电系统及相关设备设置有可靠的接地系统； （4）高压位置均设置高压连锁和高压放电保护；	项目已按供电设计要求配套建设电气系统，设置应急照明和紧急疏散标识，各供电系统及相关设备均可靠接地，高压危险部位已设置高压连锁和高压放电保护装置。	无变动
6.3.2 给水系统	加速器冷却系统分为恒温水和常温冷却水两	已设置冷却水系统，对加速器关键部件进行	无变动

(1) 应根据加速器装置总用水要求,提供有一定裕量的水流量和水压。 (2) 根据加速器装置和束下装置等设备工艺要求的水质、水温、热交换负荷进行设计。	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。	冷却,给水系统的水流量、水压、水质、水温及热交换负荷满足设备运行要求,并设置冷却系统联锁。	
6.3.3 通风系统 (1) 主机室和辐照室应设置通风系统,以保证辐照分解产生的臭氧等有害气体浓度满足GBZ2.1 的规定。有害气体的排放应满足GB3095 的规定。 (3) 辐照室内的主排气口应设置在易于排放臭氧的位置,例如扫描窗下方的位置。 (4) 排风口的高度应根据GB3095 的规定、有害气体排出量和辐照装置附近环境与气象资料计算确定。	(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。 (2) 评价项目排风口设置在加速器中间位置正下方。 (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。	已设置通风系统,通风量为 12000m³/h;辐照室主排风口设置于束下区域附近,排风经管道引至室外高空排放。通风延时时间优化为 10min,大于原计划的 8min,可满足臭氧等有害气体排放和人员进入前换气要求。	无变动
6.3.4 防火系统 辐照室和主机室的耐火等级应不低于二级,并设置火灾报警装置和有效的灭火设施。	评价项目设置火灾报警装置,拟配备灭火设施。	已设置烟雾报警装置,并配备灭火器材等消防设施。	无变动
《电子加速器辐照装置辐射安全监督检查技术要求》	环评设计方案	实际落实情况	变动情况
3.1安全标识: 在电子加速器辐照装置厂房入口和其他必要的地方(一般为货物进出口、辐照室及主机室门口),应设置符合GB18871-2002 要求的电离辐射警告标志。	拟在辐照室和主机室入口张贴电离辐射标识,确保标识符合标准要求。	已在辐照室门口、主机室门口等位置设置电离辐射警告标志,并在监督区、控制区边界设置中文说明标识,现场标识符合要求。	无变动
3.2紧急出口指示: 设置在电子加速器辐照装置厂房内、辐照室及主机室出口处(疏散通道和主要疏散路线的地面上或靠近地面的墙上),一般为发光	辐照室和主机室内部拟安装应急出入口提示及疏散箭头指示,安装位置为疏散通道和主要疏散路线靠近地面的墙上。标志全部使用夜间	已在辐照室、主机室及相关疏散通道靠近地面的墙面设置发光疏散标识和疏散箭头,现场设置位置与环评一致,可满足紧急疏散要	无变动

(灯光/夜光等)标志。便于人员在紧急情况下及时识别疏散位置和方向,指引人员顺利离开。	可发光材料制作,保证断电情况下,人员可快速识别并离开。	求。	
3.3 应急照明: 主机室、辐照室、控制室应设置应急照明系统,应急照明设备应定时检验,保证在停电及应急情况下及时、稳定达到照明的效果。	机房安装有应急照明,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。	主机室、辐照室及控制室均已设置应急照明,应急照明为独立回路,建设单位已将应急照明纳入定期检查内容。	无变动
3.4 安全联锁: 电子加速器辐照装置必须设置有功能齐全、性能可靠的安全联锁保护装置,对控制区出入口门、加速器开停机 and 束下装置等进行有效联锁和监控。	根据前文分析,评价项目已设置安全联锁,可对机房的防护安全采取有效的保护措施,建设单位会定期检查安全联锁的有效性,保证安全联锁正常运作。	项目已设置钥匙控制、门机联锁、束下装置联锁、巡检按钮、防人误入装置、急停装置、剂量联锁、通风联锁及烟雾报警等安全联锁措施,各项联锁均与设备高压控制系统联动,能够实现对控制区出入口、设备启停和束下装置的联锁监控。	无变动
3.4.2 主要安全联锁设置及功能			
(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(所有进入控制区的人员出入口门)联锁。主控台钥匙开关和主机室屏蔽门钥匙开关为同一把钥匙。如从控制台上取出该钥匙,加速器应自动停机并切断高压。该钥匙必须与一台有效的便携式辐射监测报警仪牢固相连(一般宜采用金属链方式进行连接)。在运行中该钥匙是唯一的且只能由运行值班长使用。	主控钥匙和辐照室安全门,主机室安全门共用一把钥匙。该钥匙拟与一个便携仪辐射监测报警仪相连。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。设备运行过程中,从控制台上取出该钥匙,加速器将切断束流和高压,停止出束。	控制台、辐照室门和主机室门共用一把钥匙,钥匙与1台便携式辐射监测报警仪采用金属链牢靠相连;设备运行过程中取下钥匙即切断高压,且仅运行值班长有权使用该钥匙。	无变动
(2) 门机联锁:辐照室和主机室的门必须与束流控制和加速器高压联锁。辐照室门或主机室门打开时,加速器不能开机;加速器运行中门被打开时,加速器应自动停机并切断高压。	拟将加速器机房辐照室和主机室的安全门与加速器高压联锁。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,门磁的磁力为280kg。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	辐照室门和主机室门均安装门磁,并与加速器高压联锁;门未关闭或关闭不到位时设备无法加载高压,运行中开门时立即切断高压并解除已巡检状态。	无变动

	开时，加速器将切断束流和高压，停止出束。		
（3）束下装置联锁：电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制必须建立可靠的接口和协议文件。束下装置因故障偏离正常运行状态或停止束下装置运行时，加速器应自动停机并切断高压。	加速器控制与束下装置控制建立接口和协议文件。加速器通过测速装置与传送带（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，加速器将切断束流和高压，停止出束。	加速器与传送带控制系统已建立接口和联锁关系，通过测速装置获取速度信号后方可加载高压；运行过程中如传送系统故障或状态异常，加速器立即切断高压。	无变动
（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。灯光警示装置一般发出红色闪烁灯光；音响警示装置设置合理，可以发出区别于环境声音的警报信号；主机室和辐照室出入口设置工作状态指示装置，并与电子加速器辐照装置联锁。工作状态指示灯装置一般要设置多种颜色灯光代表加速器不同的工作状态。	在控制区的出入口处（辐照室和主机室）和迷道内均设置有灯光和音响警示装置。工作状态警示灯与加速器高压联锁，通过不同颜色，区分设备运行状态：绿色表示未出束，黄色表示准备出束，红色表示出束中。 人员下达加载高压和束流指令后，音响警示装置会发出“准备出束，请撤离”的语音提示，持续时间为 30s，30s 后工作状态指示灯变为红色，设备随后加载高压开始出束。设备出束时，工作状态指示灯的喇叭发出滴滴滴的报警声，该声音明显区别于环境声音。	在辐照室和主机室出入口及迷道内，机房内外均设置有三色报警灯和声音报警装置；同时在辐照室门和主机室门上方增设工作状态指示灯。三色报警灯和声音报警装置可实现设备运行前和运行中的声光提示，门上方状态指示灯可进一步显示设备运行状态。	无变动
（5）巡检按钮：主机室和辐照室内应设置巡检按钮，并与控制台联锁。加速器开机前，巡检人员进入主机室和辐照室按顺序依次按动巡检按钮，巡查有无人员误留。巡检按钮应设置在巡检路线上，巡检路线应覆盖所有人员可达的区域，巡检人员按照顺序按下全部巡检按钮后才能触发巡检完毕的信	评价项目机房辐照室和主机室均设置有巡检按钮，巡检按钮与加速器的高压进行联锁。在加载高压和束流前，需要进入辐照室和主机室，按序按动机房内的巡检，加速器才可加载高压。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	辐照室设置 8 个巡检按钮，主机室设置 3 个巡检按钮，分别形成独立巡检系统并与加速器高压联锁；巡检按钮布设在巡检路线上，开门、急停触发或防人误入装置动作后均需重新巡检。	无变动

号。只要主机室或辐照室门被打开过，必须重新巡检后才能开机。	内未完成巡检，均为巡检未完成，巡检按钮重置条件为机房任一门开启或防人误入装置被遮挡，触发急停，则需要重新进行巡检，才可加载高压和束流。		
（6）防人误入装置：在主机室和辐照室的人员出入口设置三道防人误入安全连锁装置（一般可采用光电装置），并与加速器的开、停机连锁。每道防人误入装置均应保持其独立性，每道防人误入装置探头位置应安装在合适高度，尽量位于不同水平、垂直位置，防止人员以钻爬、跨越等方式使其功能失效。同一垂直投影位置，不同高度上设置光电探头（数量不限）的，只能视为一道防人误入安全连锁装置。	辐照室迷道出入口处，设置有3道相互独立的光电装置，二层主机室迷道处设置有3道相互独立的光电装置。三道光电装置呈梯子形摆放，首个防误入措施距离地面30cm，第二个距离地面90cm，第三个距离地面150cm。防人误入装置与加速器的高压和束流进行连锁。	辐照室迷道入口和出口、主机室迷道出入口均设置3道相互独立的光电装置，并与加速器高压连锁；各光电装置可实现人员误入时切断高压并解除已巡检状态。三道光电装置呈梯子形摆放，首个防误入措施距离地面30cm，第二个距离地面90cm，第三个距离地面150cm。	无变动
（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（辐照室内一般为拉线开关、控制台上为按钮），使之能在紧急状态下终止加速器运行并切断高压。辐照室及其迷道内的急停装置采用的拉线开关应覆盖人员可达的全部区域。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。开门按钮一般安装在主机室和辐照室内，其功能应达到无论何时按下此按钮均可开启人员通道门。控制台上还应设置急停后复位确认按钮，在启动加速器前需要巡检确认辐照室及迷道内无人手动复位后方可开机。	设置有急停拉线开关，急停装置与加速器连锁，当拉下急停装置拉线时，加速器高压和束流同时被切断。拉线开关覆盖整个机房。机房出入口和控制台上也设置了急停按钮，当按下急停后，加速器的高压和束流同时切断，已巡检状态解除；应急结束后，需要复位急停按钮，并需要重新巡检。	辐照室内设置2条急停拉线，主机室内设置1条急停拉线，机房出入口及控制台均设置急停按钮；急停装置触发后立即切断高压，并在复位后需重新巡检方可重启。 主机室和辐照出入口门旁均设置开门按钮，可满足要求。 控制台上应设置急停后复位确认按钮，在启动加速器前需要巡检确认辐照室及迷道内无人手动复位后方可开机。	无变动
（8）剂量连锁：在辐照室和主机室的迷道内设置	本项目拟安装固定式辐射监测仪：测量探头位	一层辐照室和二层主机室迷道内口已设置	无变动

固定式辐射监测仪探头，探测的辐射水平应与辐照室和主机室的出入口门联锁，固定式辐射监测仪探头安装在合理位置，以使该处剂量读数在开机时明显高于本底水平，设置在迷道防护门外侧不能起到上述作用。当主机室和辐照室内的辐射水平高于仪器设定的阈值时，主机室和辐照室门无法打开，设定的阈值应保证人员不会受到超剂量照射。	于机房辐照室和主机室内，设置位置合理。固定式辐射监测仪与门联锁，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。	固定式辐射监测仪探头，并与安全门联锁；当监测值高于设定阈值 0.5μSv/h 时，辐照室门和主机室门无法从外侧打开。另在辐照室出口外增设 1 个剂量探头，用于日常核查迷道口辐射水平。	
（9）通风联锁：主机室、辐照室通风系统与控制系统联锁。加速器停机后，只有达到预先设定的时间后才能开门，以保证室内臭氧等有害气体浓度满足GBZ2.1 的规定。控制台操作系统需具有通风时间设定功能，时间设置应根据该单位实际情况进行计算。臭氧的产生和排放，其计算模式和参数见HJ979-2018 中附录B。	通风系统正常工作后，才可开始加载高压；在通风系统未正常工作时，加速器无法加载高压。在加速器正常运行过程中，当通风系统发生故障时，加速器将切断高压。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安全门延迟开启系统，且控制系统具备通风时间设定功能。根据第 11 章计算结果，加速器正常切断高压和束流后，排风系统将继续工作 8 分钟后方可打开安全门。	已设置通风联锁，通风系统未正常工作时加速器无法加载高压，运行中故障时立即切断高压。正常停机后排风系统继续运行 10min 后方可开启安全门，大于原计划的 8min，可满足臭氧等有害气体排放和人员进入前换气要求	无变动
（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、立即关断加速器及辅助设备（除真空系统）的全部电源、切断高压并停止通风。烟雾报警装置安装位置应考虑辐射影响和烟雾探测效果，保证装置烟雾探头敏感性及稳定性，以达到及时报警目的。	机房辐照室拟安装烟雾报警装置。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，	通风管道内已设置烟雾报警装置，并与加速器联锁。设备出束过程中如烟雾报警触发，加速器切断辅助系统电源（真空系统除外），同时停止通风；建设单位已将其纳入月检内容。	无变动
3.5 监测设备：辐射工作场所应配备与辐射类型和辐射水平相适应多种监测设备，包括固定式辐射剂量监测仪、个人剂量报警仪、个人剂量计及便携式	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。同时，机房内配备固定式辐射剂量监测仪。个人剂量计数量和便携式	建设单位已配备固定式辐射剂量监测仪、个人剂量报警仪、个人剂量计及便携式辐射监测仪。其中个人剂量计 3 个、个人剂量报警	无变动

辐射监测仪等。每台加速器辐照装置至少要配备一台固定式辐射剂量监测仪、一台个人剂量报警仪及一台便携式辐射监测仪。 N 台加速器辐照装置设置在同一个连通厂房内，至少配置 N-1 台便携式辐射监测仪。	辐射监测仪数量可满足要求。	仪 2 台、辐射探测仪 1 台，可满足本项目运行和日常管理要求。	
根据以上分析，本项目已落实的辐射安全措施与环境影响评价文件基本保持一致，可满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）和《关于在核与辐射安全隐患排查工作中做好电子加速器辐照装置专项监督检查工作的函》（辐射函(2021)27 号）的辐射安全与防护的要求。			

3.4 三废治理

环评要求：项目冷却水采用去离子水进行间接循环冷却，正常运行过程中不外排，不产生放射性废水；电子加速器正常运行过程中不产生固体污染物；项目应设置通风系统，及时排出运行过程中产生的臭氧和氮氧化物等有害气体，并通过通风联锁和延时开门措施，保证机房内空气环境满足有关要求。

实际落实情况：验收项目已按环评要求落实三废治理措施。

本项目电子加速器最大能量为 10MeV，冷却水不发生放射性活化，因此不产生放射性废水。项目冷却水系统采用去离子水对加速器关键部件进行间接循环冷却，冷却水在系统内循环使用，正常运行过程中不外排；在设备检维修或水质不满足运行要求需更换时，依托广东大毛牛新材料有限公司厂区排水系统进行排放。

项目电子加速器正常运行过程中不产生放射性固体废物。

运行期间产生的主要气态污染物为臭氧和氮氧化物等有害气体。建设单位已按环评要求设置机械通风系统，风机通风量为 12000m³/h，与环评设计要求一致。辐照室排风口设置于辐照室内部中间地面处，位于束下区域附近；排风管道经地下回弯后由机房墙体穿出，并沿 4#厂房外墙引至屋面高空排放。经现场核查，项目通风管道走向、排风口位置及排放方式与环评阶段设计基本一致，可将辐照室内产生的臭氧和氮氧化物及时排出室外。项目通风系统已与加速器联锁，通风系统未正常运行时加速器无法加载高压；设备正常停机后，排风系统继续运行 10min 后方可开启安全门，较环评要求的 8min 延时开门时间更为严格，有利于进一步降低机房内臭氧浓度。综上，项目三废治理措施已落实，可满足环评要求。已安装通风管道及风机参数如图 3-19。



厂房内通风管道



排风口位置

图3-19 通风管道布局及参数

3.5 辐射安全管理

(1) 辐射安全管理机构

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 年第四次修正）的相关规定，使用Ⅱ类射线装置的单位，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工作。辐射防护管理小组成员如下：

组 长：浦瑞

组 员：张晋铭、胡可可

公司已明确辐射防护安全管理机构及职责，详见附件 6。

(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。



图3-20 制度上墙

实际落实情况：公司已制定了健全的制度，包括《辐照加速器安全操作规程》《辐射工作岗位职责》《辐射防护安全管理制度》《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》《辐射事故应急预案》（见附件 7 和附件 8）。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。建设单位已对操作规程，辐射安全防护管理制度，应急处理预案均已上墙，见图 3-20。

（3）辐射工作人员的培训

环评要求：工作量达到最大时拟配备 4 名辐射工作人员，其中运行值班长 2 人，操作人员 2 人。建设单位拟采取两班轮换制工作，每班 2 人（1 名值班长，1 名操作人员）。

实际落实情况：建设单位目前处于运行初期，辐照加工业务量尚未达到环境影响评价文件预测的最大工作负荷，现阶段按单班运行组织生产。建设单位目前已配备 3 名辐射工作人员，现有辐射工作人员均已参加辐射安全与防护培训并取得培训合格证书，详细见表 3-5。

表3-5 建设单位现有辐射工作人员一览表

序号	姓名	岗位	辐射安全与防护培训合格证书编号
1	浦瑞	值班长	FS23AH1600100
2	张晋铭	操作员	FS24JS1600024
3	韩俊峰	操作员	FS24AH1600076

结合现阶段设备运行时间、工作负荷及岗位安排，现有人员配置可满足当前辐照加工运行及辐射安全管理需要。后续随着业务量增加、设备运行时间延长并逐步达到环评预测最大工作负荷前，建设单位应按照环评要求增配辐射工作人员，完善运行值班长和操作人员配置，确保满足两班轮换工作制下每班最少 1 名值班长和 1 名操作人员的管理要求。

（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：根据建设单位现有个人剂量监测报告，所有辐射工作人员均已配备个人剂量计，已配置个人剂量见图 3-21。因目前该项目运营不足 3 个月，所以暂未

出具第一个季度个人剂量检测报告。

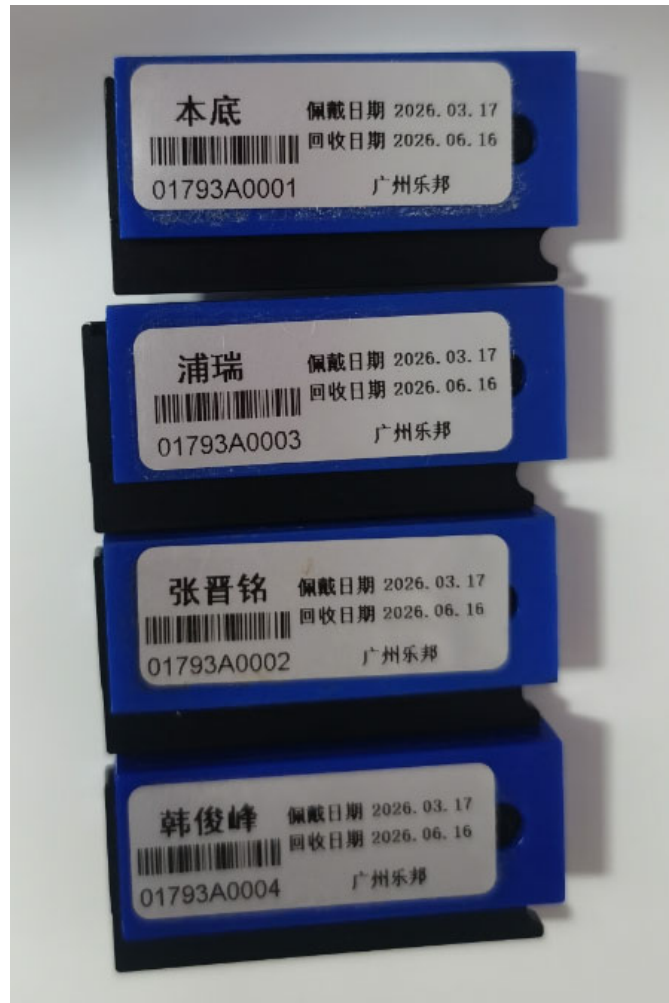


图3-21 已配置个人剂量计照片

(5) 工作场所辐射监测

环评要求：应配备相应的辐射监测设备用于辐射工作场所的常规辐射水平自行检测和分区，及时了解工作人员所处区域的辐射水平，避免操作人员在不知情的情况下长时间受到超剂量照射。

实际落实情况：建设单位已配备了 1 台辐射探测仪用于建设单位日常现场监测，数量可满足使用要求。

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辐射监测计划，落实了辐射工作人员培训，个人剂量监测制度等环评要求。

表 4 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	落实情况
项目拟在广东省湛江市雷州市沈塘镇开源大道 4 号 4#厂房建设 1 间电子加速器辐照装置机房,安装 1 台 DZ10/20 型电子加速器辐照装置,电子能量为 10MeV,最大束流强度为 2mA,属 II 类射线装置,用于辐照加工。	建设单位已在广东省湛江市雷州市沈塘镇开源大道 4 号 4#厂房内建设 1 间电子加速器辐照装置机房,并安装 1 台 DZ10/20 型电子加速器辐照装置,电子能量为 10MeV,最大束流强度为 2mA,属 II 类射线装置,用途为辐照加工。实际建设内容与环评一致。	已落实
本项目属于核技术应用项目在工业领域内的运用,属于《产业结构调整指导目录(2024 年本)》中鼓励类项目,符合国家有关法律法规和产业政策。	本项目实际建设内容未改变环评阶段确定的建设性质、用途和设备参数,仍为利用电子加速器开展辐照加工服务,符合环评阶段关于产业政策符合性的判断。	已落实
本项目开展后,在给企业带来利益的同时,对工作人员和公众外照射引起的年有效剂量低于项目剂量约束值,符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中辐射防护“实践正当性”要求。	验收阶段项目已按环评要求建设屏蔽设施和辐射安全与防护措施。根据验收监测结果,机房外周围剂量当量率满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)及环评确定的控制要求,项目正常运行对辐射工作人员和公众的影响可控制在剂量约束值以内。	已落实
项目建设位置位于广东省湛江市雷州市沈塘镇开源大道 4 号 4#厂房,用地性质为工业用地。项目 50m 范围内大部分位于大毛牛新材料生产基地项目内部,小部分为室外公共道路和广东威希德科技有限公司;200m 范围内为工厂和待建用地,无学校、幼儿园,项目选址合理。	经现场核查,项目实际建设位置位于广东省湛江市雷州市沈塘镇开源大道 4 号 4#厂房内,与环评阶段确定的位置一致,未发生变更。项目周边环境保护目标与环评阶段相比未发生变化。	已落实
项目拟建位置及周边环境室内 γ 辐射天然本底检测结果为 83nGy/h,室外环境 γ 辐射天然本底检测结果为 54nGy/h~99nGy/h,与《中国环境天然放射性水平》中湛江室内和道路 γ 辐射剂量率调查水平相当。	本次验收以环评阶段区域环境质量现状调查结果作为项目建设前环境本底参考。验收阶段重点对项目运行期间机房外及周边关注点周围剂量当量率进行监测,监测结果表明项目运行期间周边辐射水平满足验收执行标准要求。	已落实
项目施工期工程量一般,施工时间短,施工期影响随施工结束后即可消除。	本项目已完成建设,施工期已结束。项目施工期未遗留与本次验收相关的环境问题。	已落实
根据对项目辐射防护设施及理论分	项目已按环评要求建设加速器机房屏蔽体、	已落实

析，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。辐射工作人员和公众的受照剂量均低于项目剂量约束值，即工作人员年有效剂量不超过 5mSv，公众年有效剂量不超过 0.1mSv。	门体防护、通风设施及各项安全联锁和警示设施。验收监测结果表明，机房墙体外周围剂量当量率为 0.141 μ Sv/h~2.09 μ Sv/h，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超过 2.5 μ Sv/h 的要求。	
建设单位应建立辐射安全与环境保护管理机构，明确分工职责；制定操作规程、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。新增辐射工作人员应按要求培训合格后上岗，佩戴个人剂量计，个人剂量计每季度送检。	建设单位已建立辐射安全管理机构，明确了相关职责；已制定并执行操作规程、辐射工作人员培训计划、辐射监测方案、辐射事故应急预案等管理制度。建设单位目前配备 3 名辐射工作人员，均已取得辐射安全与防护培训合格证，并已配置个人剂量计。	已落实
项目竣工后，建设单位应按照国家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。配套建设的环境保护设施经验收合格后，方可投入运营；未经验收或者验收不合格的，不得投入使用。	建设单位已组织开展本项目竣工环境保护验收工作，委托开展验收监测，并根据项目实际建设情况、环境保护设施落实情况、辐射安全与防护措施落实情况与验收监测结果编制竣工环境保护验收监测报告。	已落实
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。	建设单位现有 3 名辐射工作人员均已参加辐射安全与防护培训并取得合格证书；已为辐射工作人员配备个人剂量计，并按照要求开展个人剂量监测和档案管理。	已落实

综上，本项目实际建设内容、建设地点、设备型号及主要技术参数与环境影响报告表及其结论基本一致。建设单位已按照环境影响报告表提出的要求落实辐射屏蔽设施、辐射安全与防护措施、通风设施、辐射监测设备、人员培训及个人剂量管理等内容。项目验收监测结果满足相关标准及环评提出的控制要求，环境影响报告表主要结论及承诺建议已得到落实。

4.2 工程建设对环境的影响及要求

本项目施工期严格执行环评报告提出的环境保护要求，针对噪声、扬尘、废水及固体废物污染制定专项防控方案。经现场核查与资料验证，各项措施均已落实到位，施工期环境影响处于可控范围，具体落实情况详见表 4-2。

表4-2 工程建设对环境的影响落实情况分析

环评	落实情况	评价
声环境影响：噪声影响短暂、范围	本项目已完成建设，施工期已结束。	已落实

小，周边无敏感点；需加强管理降低影响。	建设单位在施工期间主要开展加速器机房土建施工、设备安装及相关配套设施建设，施工噪声影响随施工结束已消除。验收阶段现场核查未发现施工期噪声遗留环境问题。	
环境空气影响：管控材料运输、装卸及土建施工的无组织扬尘	本项目施工期已结束，施工期间产生的扬尘影响已随施工结束消除。验收阶段现场核查未发现因施工扬尘造成的遗留环境问题。	已落实
水环境影响：少量施工废水，施工废水含泥沙和悬浮物	项目施工期产生的少量施工废水已结合施工现场条件进行管理，未发现随意外排造成的环境问题。验收阶段现场核查未发现施工废水遗留影响。	已落实
固体废物影响：建筑垃圾	项目施工期产生的建筑垃圾已随施工过程清理处置。验收阶段项目现场已完成清理，未发现建筑垃圾随意堆放或施工固体废物遗留问题。	已落实
本工程施工期环境影响是短暂的、可逆的，随着施工期结束而消失。施工单位应严格按照有关规定采取污染防治措施并加强监管，使施工对周围环境的影响降低到最小。	本项目已建成，施工期已结束。经现场核查，项目施工期环境影响已消除，未发现与本项目施工活动有关的遗留环境问题。	已落实

综上，本项目施工期声环境、环境空气、水环境和固体废物影响均随施工结束而消除，验收阶段未发现施工期遗留环境问题。工程建设阶段环境保护措施总体符合环境影响报告表要求。

4.3 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 4-3。

表4-3 环评批复落实情况分析

环评批复要求	实际落实情况
本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。	根据表 3 分析，建设单位已落实报告表提出的各项辐射安全和防护措施。
确保辐射工作人员年有效剂量约束值低于 5 毫希沃特/年，公众年有效剂量约束值低于 0.1 毫希沃特/年。	根据表 7 中估算，辐射工作人员和公众年有效剂量均低于该要求。
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，你单位应按规定的程序申请辐射安全许可证。	根据前文分析，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。本次验收的核技术利用项目已依法取得辐射安全许可证（详见附件 3）。

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 5 验收监测质量保证及质量控制

为确保本次核技术利用建设项目竣工环境保护验收监测工作的科学性、规范性、准确性和可追溯性，本次验收监测全过程按照《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）《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》（HJ61—2021）等有关标准和技术规范要求执行。监测工作从监测方案制定、人员配置、仪器设备管理、现场监测实施、数据处理、质量审核和资料归档等环节落实质量保证与质量控制措施，确保验收监测结果真实、可靠、有效。

5.1 质量保证体系总体要求

本次验收监测由具备相应检验检测能力的检测机构承担。承担本次验收监测的广州乐邦环境科技有限公司依法取得检验检测机构资质认定证书（CMA），证书编号为 202019114880，具备开展本项目相关辐射监测工作的能力。监测工作在检测机构质量管理体系控制下实施，监测人员按照质量手册、程序文件、作业指导书和相关技术标准开展现场监测、数据记录、数据处理和报告编制工作。

在监测实施前，检测机构结合本项目环境影响评价文件及批复、项目实际建设情况、辐射安全与防护设施设置情况和验收监测目的，制定了验收监测方案，明确了监测范围、监测因子、监测点位、监测方法、工况记录要求、质量控制要求和异常情况处理程序。监测方案覆盖加速器机房屏蔽体外、门缝、管线穿墙处、控制室、传送带边界、周边关注点以及其他可能出现较高辐射水平的位置，能够满足本项目竣工环境保护验收监测需要。

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，依据项目实际布局，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，原始数据翔实，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 监测方案和点位布设控制

本次验收监测点位布设以环境影响评价文件及批复要求、项目实际建设情况和辐射安全防护重点部位为依据，遵循代表性、针对性和可复核性的原则。监测点位重点覆盖以下位置：

一是加速器机房屏蔽体外 30cm 处，包括辐照室、主机室墙体外侧及其他人员可

达区域；二是辐照室门、主机室门、迷道口、门缝及门体周边等可能存在泄漏的位置；三是控制室、设备室、通风管道外侧、电缆沟或管线穿墙位置、传送带边界及装卸货作业区域；四是项目周边环境保护目标及公众可能到达区域；五是现场巡测过程中发现的辐射水平相对较高或有必要进一步核查的位置。

监测点位布设时同步记录点位名称、点位编号、与加速器机房的位置关系，并绘制监测布点图，保证后续数据分析、报告审核和复核检查时能够准确追溯各监测点位。

5.5 监测工况控制

验收监测应在项目主体工程、辐射屏蔽设施、通风设施和辐射安全联锁设施建成并正常运行的条件下进行。监测期间，建设单位配合检测机构记录加速器运行工况，包括设备型号、电子能量、束流强度、运行状态以及主要辐射安全设施运行情况等内容。

监测过程中，检测人员对设备运行状态和辐射安全设施状态进行现场确认，确保监测数据能够反映项目正常运行条件下的辐射环境影响。对于设备运行参数、监测条件或现场环境发生明显变化的情况，检测人员应在原始记录中如实记录，并根据变化情况判断是否需要重新测量或补充测量。

5.6 现场监测过程质量控制

现场监测严格按照监测方案和相关技术规范执行。仪器开机后按要求进行预热，待仪器运行稳定后开展测量。测量过程中，监测人员按照规定的测量位置、测量高度和测量方向布设探头，保持测量几何条件相对一致。对于屏蔽体外、门缝、管线穿墙处等重点位置，按既定点位进行定点测量；对于机房周边及可能存在局部泄漏的位置，先进行巡测，发现辐射水平相对较高的位置后进行重点定点测量。

每个测点待读数稳定后进行数据采集。一般测点连续读取多个稳定数据并记录，计算测量结果的平均值；对于监测值明显高于周围本底或变化较大的点位，应适当增加测量时间或重复测量，并在原始记录中注明现场情况。现场监测过程中发现异常数据时，不得随意删除或修改，应结合仪器状态、设备工况、点位位置和周边环境进行核查，必要时重新测量确认。

现场监测期间同时记录环境条件，包括温度、湿度、天气环境状况等。监测环境

条件应满足仪器使用说明书和相关技术规范要求；如现场环境条件不满足仪器正常使用要求，应暂停监测，并在条件满足后重新开展。

5.7 数据处理与审核控制

本次验收监测数据处理按照检测机构质量管理体系和相关技术规范执行。现场原始记录由监测人员现场填写并签字确认，数据处理人员依据原始记录进行统计、换算和结果整理。监测结果按照相应标准和验收执行限值进行评价，重点判断加速器机房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是否满足 2.5 μ Sv/h 的控制要求，同时结合项目环境保护目标和工作负荷分析项目运行对辐射工作人员及公众的影响。

监测报告实行三级审核制度。监测人员负责原始记录和数据完整性核对；审核人员对监测方法、监测点位、仪器信息、工况记录、数据计算和评价依据进行技术审核；授权签字人对报告的规范性、完整性和结论准确性进行最终审核并签发。经审核确认后，监测数据和监测结论方可用于本项目竣工环境保护验收评价。

5.8 记录和档案管理

为保证验收监测工作的可追溯性，本次验收监测全过程形成完整的质量记录和技术档案。档案资料包括但不限于监测方案、监测布点图、仪器检定证书、现场原始记录、现场照片、设备运行工况记录、数据处理记录、审核记录和正式监测报告等。

上述资料由检测机构和建设单位按各自职责分别归档保存。建设单位将本次验收监测报告及相关支撑材料纳入项目竣工环境保护验收档案，与环境影响评价文件、批复文件、辐射安全许可证、辐射安全管理制度、人员培训资料、个人剂量监测资料等一并保存，作为后续运行管理、监督检查和年度评估的重要依据。

5.9 建设单位与检测单位协同质量控制

验收监测实施前，建设单位配合检测单位对项目实际建设内容、辐射安全与防护设施、监测区域和运行条件进行现场核查，确认项目具备验收监测条件。监测期间，建设单位负责提供设备运行配合，保证加速器按监测方案要求处于相应运行状态，并如实提供设备运行参数、通风系统运行情况和辐射安全设施状态等信息。

检测单位负责现场监测方案执行、仪器操作、数据记录和质量控制。双方在现场共同确认监测点位、设备工况和监测环境条件，确保监测过程符合验收监测要求。通

过建设单位和检测单位的协同配合，本次验收监测的实施过程具备较好的规范性和可追溯性。

综上，本次验收监测已从机构资质、人员能力、仪器设备、监测方案、现场监测、数据处理、报告审核和资料归档等方面落实质量保证与质量控制措施，监测过程符合相关标准和技术规范要求，监测结果可作为本项目竣工环境保护验收的技术依据。

表 6 验收监测内容

6.1 监测项目

项目名称：广东湛江核牛科技有限公司使用电子加速器辐照装置项目周围剂量当量率检测

项目地址：广东省湛江市雷州市沈塘镇开源大道 4 号 4#厂房

检测因子：X、 γ 周围剂量当量率

测量目的：为估算辐射源在环境中产生的辐射对关键人群组或公众成员所致外照射剂量提供资料。

规模和范围：机房屏蔽体外 30cm 处及周边环境保护目标。

辐射源类型：详细情况见表 6-1。

表6-1 射线装置基本信息

序号	设备名称	型号	能量	束流
1	电子加速器辐照装置	DZ10/20	10MeV	2mA

6.2 监测点位

为核实电子加速器辐照装置出束运行时对加速器机房外及周边环境的辐射影响，本次检测结合项目实际建设情况、机房屏蔽结构、设备布置、人员活动区域及周边环境保护目标进行布点。现场监测参照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157—2021）《辐射环境监测技术规范》（HJ 61—2021）和《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979—2018）等相关要求执行。

现场检测过程中，首先采用巡测方式对加速器机房屏蔽体外、门缝、管线穿墙处、通风管道外侧、传送带边界、操作位及周边环境进行检查，识别可能存在辐射水平相对较高的位置。在巡测基础上，对发现的异常点位以及常规关注点进行定点监测。常规关注点主要包括：

- 1) 加速器机房屏蔽体外表面 30cm 处及人员可达区域；
- 2) 辐照室门、主机室门及门缝周边 30cm 处；
- 3) 电缆、冷却水管、通风管道等管线穿墙位置外 30cm 处；
- 4) 控制室操作位、设备室、机柜间及其他辐射工作人员可能停留位置；
- 5) 传送带边界、装卸货工位、货物暂存区等公众或非辐射工作人员可能停留位

置：

6) 项目周边环境保护目标及其他需要关注的位置。

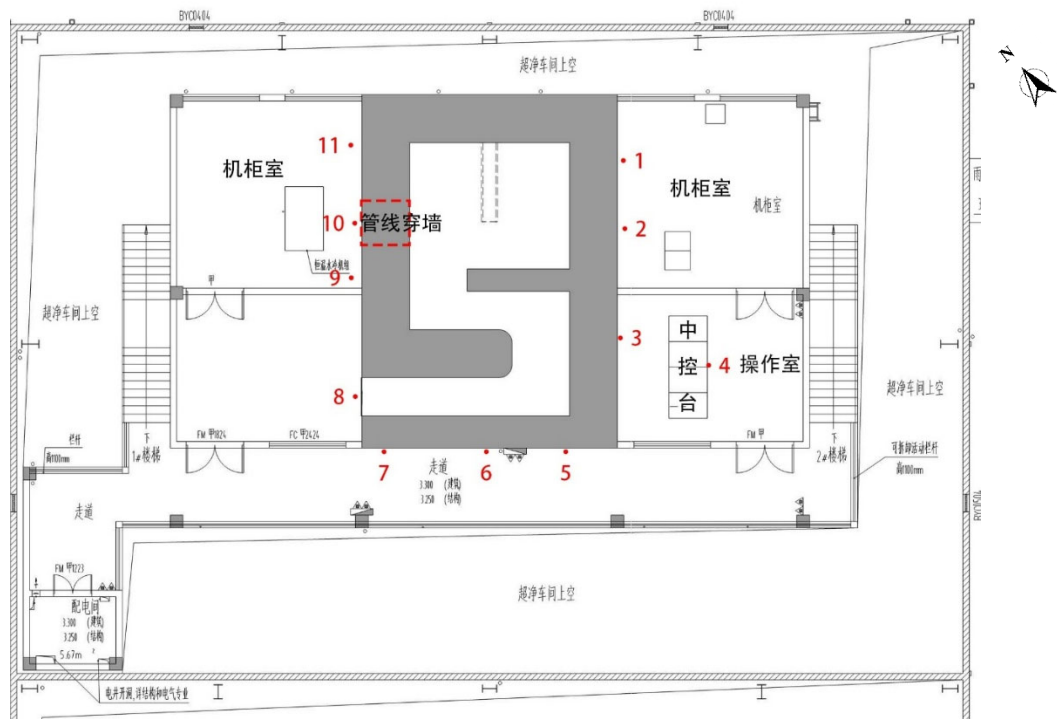


图6-1 主机室外环境布点图

检测时，测量探头一般布置在距地面约 1m 高度位置；对于门缝、管线穿墙处、通风管道外侧等特定关注点，根据现场实际情况在可能出现较高辐射水平的位置进行测量。每个测点待读数稳定后进行记录，必要时重复测量或增加测量时间，以保证检测结果具有代表性和可复核性。根据以上布点原则，结合本项目实际情况，进行布点见表 6-2，详细位置见图 6-1，图 6-2 和图 6-3。

表6-2 射线装置机房及周边环境布点

序号	检测点位置	序号	检测点位置
1	主机室东南墙体外 30cm	20	辐照室东南墙外 30cm
2	主机室东南墙体外 30cm	21	辐照室东南墙外 30cm
3	主机室东南墙体外 30cm	22	辐照室迷道口（入口段）外 30cm
4	操作位	23	辐照室西南墙外 30cm
5	主机室西南墙体外 30cm	24	辐照室西南墙外 30cm
6	主机室西南墙体外 30cm	25	辐照室西南墙外 30cm
7	主机室西南墙体外 30cm	26	辐照室迷道口（出口段）外 30cm
8	主机室门外 30cm 处	27	辐照产品上下线工位
9	主机室西北墙体外 30cm	28	4#厂房货物暂存区中央
10	管线穿墙外 30cm	29	厂外东北侧道路中央

11	主机室西北墙体外 30cm	30	厂房外西北侧道路中央
12	辐照室西北墙外 30cm	31	厂房外东南侧道路中央
13	辐照室西北墙外 30cm	32	厂房外西南侧道路中央
14	辐照室西北墙外 30cm	33	3#厂房边界
15	通风管道上方 30cm	34	5#厂房边界
16	辐照室东北墙外 30cm	35	厂区外道路中央
17	辐照室东北墙外 30cm	36	广东威希德科技有限公司门前
18	辐照室东北墙外 30cm	37	大毛牛施工单位项目部边界
19	辐照室东南墙外 30cm		/

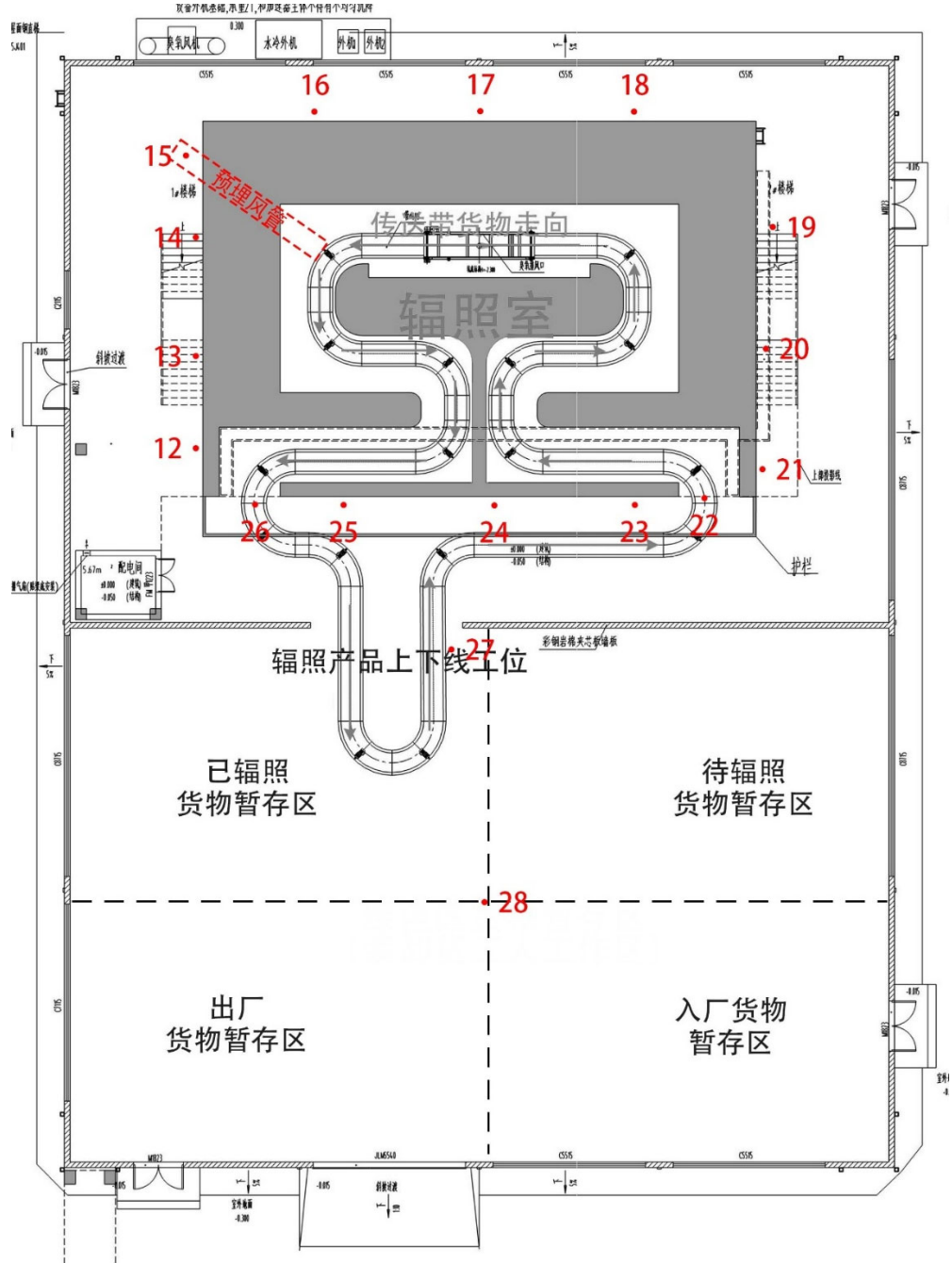


图6-2 辐照室外环境布点图

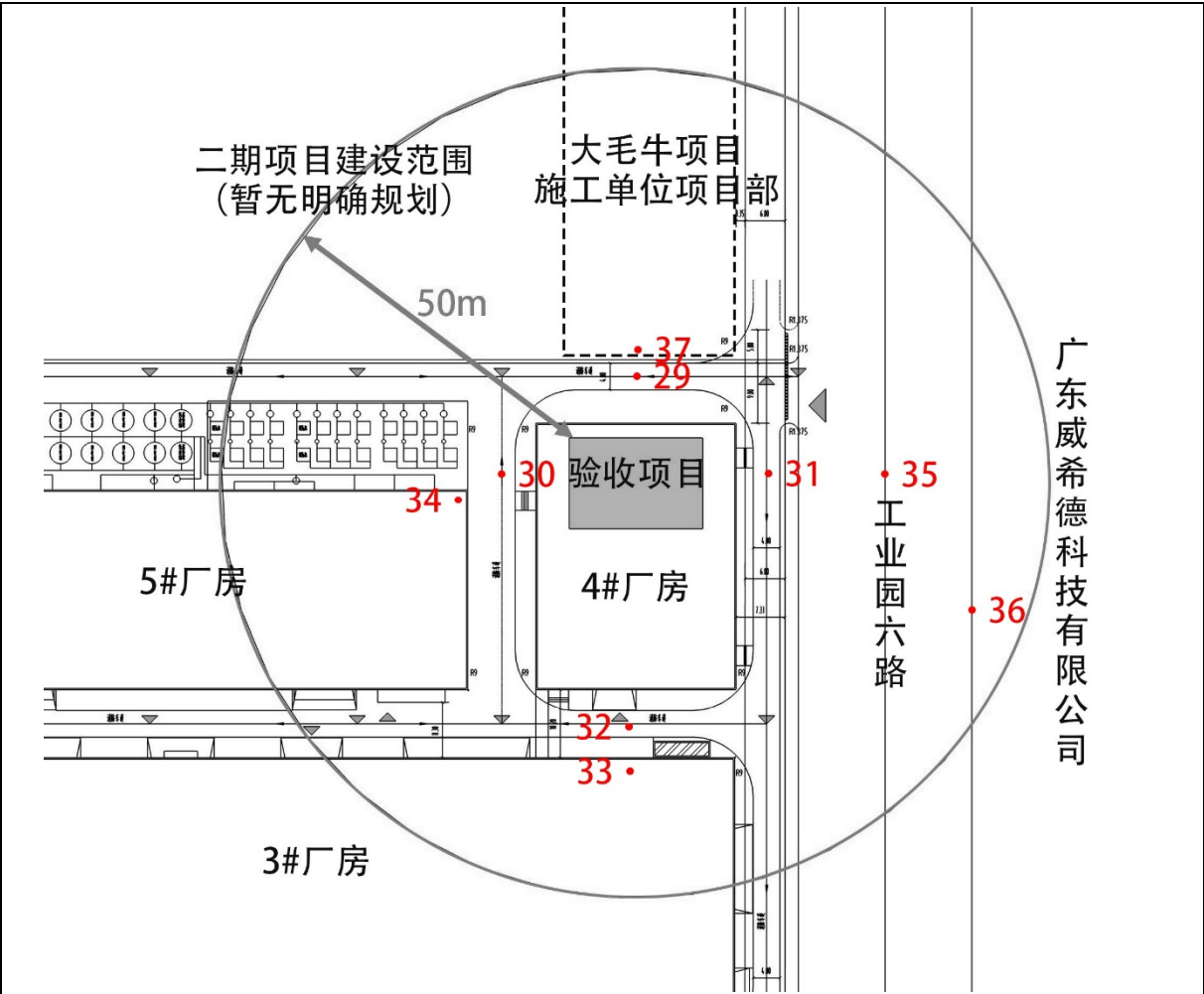


图6-3 周边环境布点图

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 6-3。

表6-3 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~10MeV（保护帽）
检定单位	深圳市计量质量检测研究院		
证书编号	JL2508095051		
检定日期	2025 年 6 月 3 日	有效期	1 年

6.4 监测分析方法

本次验收监测采用现场检测方法，对电子加速器辐照装置运行状态和非运行状

态下加速器机房屏蔽体外及周边环境保护目标处周围剂量当量率进行检测。检测过程中，监测人员按照监测方案确定的点位进行巡测和定点测量，重点关注机房屏蔽体外表面 30cm 处、门缝、管线穿墙处、通风管道外侧、操作位、传送带边界及周边环境保护目标等位置。

现场检测参照《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157—2021）、《辐射环境监测技术规范》（HJ 61—2021）和《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979—2018）等相关标准执行。检测前对仪器工作状态进行检查，确认仪器处于正常工作状态后开展测量；测量时待读数稳定后记录数据，并根据现场情况对重点点位进行重复测量或补充测量。检测数据经整理后，与环境影响评价文件及其批复要求、相关标准限值进行对比分析。

本项目验收执行《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979—2018）中关于“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 $2.5\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。通过对检测结果进行分析，判断本项目辐射屏蔽设施和辐射安全防护措施是否满足竣工环境保护验收要求。

表 7 验收监测

7.1 验收监测期间工况

本次验收监测期间，电子加速器辐照装置机房主体工程已建成，屏蔽设施、通风设施、辐射安全联锁、声光报警、剂量监测等辐射安全与防护设施均已建成并处于正常运行状态，现场具备验收监测条件。

现场监测时间为 2026 年 3 月 13 日。验收监测时，建设单位使用 1 台 DZ10/20 型电子加速器辐照装置进行出束，设备运行工况为电子能量 10MeV、束流 2mA。监测期间，设备处于稳定出束运行状态，通风系统及相关安全联锁设施运行正常，监测工况能够代表本项目正常运行条件下的辐射环境影响情况。

7.2 验收监测结果和数据分析

加速器机房及周边环境现场检测结果见表 7-1，检测报告见附件 9。

表7-1 周围剂量当量率检测结果

测点 编号	测量位置	出束结果（ $\mu\text{Sv/h}$ ）		背景值（ $\mu\text{Sv/h}$ ）	
		测量值	标准差	测量值	标准差
1	主机室东南墙体外 30cm	0.34	0.01	0.207	0.003
2	主机室东南墙体外 30cm	2.07	0.03	0.210	0.002
3	主机室东南墙体外 30cm	0.234	0.003	0.207	0.002
4	操作位	0.230	0.004	0.207	0.002
5	主机室西南墙体外 30cm	0.234	0.002	0.190	0.003
6	主机室西南墙体外 30cm	0.219	0.002	0.199	0.002
7	主机室西南墙体外 30cm	0.224	0.002	0.209	0.002
8	主机室门外 30cm 处	0.213	0.002	0.195	0.003
9	主机室西北墙体外 30cm	0.66	0.03	0.210	0.003
10	管线穿墙外 30cm	2.09	0.03	0.214	0.002
11	主机室西北墙体外 30cm	1.23	0.03	0.201	0.002
12	辐照室西北墙外 30cm	0.201	0.002	0.183	0.004
13	辐照室西北墙外 30cm	0.208	0.003	0.197	0.002
14	辐照室西北墙外 30cm	0.205	0.003	0.182	0.002
15	通风管道上方 30cm	0.244	0.003	0.180	0.002
16	辐照室东北墙外 30cm	0.178	0.001	0.169	0.002
17	辐照室东北墙外 30cm	0.176	0.003	0.176	0.002
18	辐照室东北墙外 30cm	0.186	0.002	0.180	0.002
19	辐照室东南墙外 30cm	0.174	0.002	0.170	0.002
20	辐照室东南墙外 30cm	0.190	0.002	0.175	0.003
21	辐照室东南墙外 30cm	0.188	0.002	0.178	0.002
22	辐照室迷道口（入口段）外 30cm	0.188	0.003	0.174	0.002
23	辐照室西南墙外 30cm	0.179	0.002	0.173	0.003
24	辐照室西南墙外 30cm	0.168	0.002	0.164	0.003

25	辐照室西南墙外 30cm	0.178	0.002	0.172	0.003
26	辐照室迷道口（出口段）外 30cm	0.199	0.003	0.174	0.002
27	辐照产品上下线工位	0.169	0.003	0.166	0.002
28	4#厂房货物暂存区中央	0.172	0.003	0.172	0.002
29	厂房外东北侧道路中央	0.160	0.001	0.159	0.002
30	厂房外西北侧道路中央	0.167	0.003	0.166	0.003
31	厂房外东南侧道路中央	0.164	0.004	0.159	0.002
32	厂房外西南侧道路中央	0.167	0.002	0.163	0.003
33	3#厂房边界	0.179	0.002	0.170	0.002
34	5#厂房边界	0.189	0.002	0.179	0.001
35	厂区外道路中央	0.141	0.002	0.140	0.002
36	广东威希德科技有限公司门前	0.148	0.002	0.140	0.002
37	大毛牛施工单位项目部边界	0.149	0.002	0.142	0.002

注：1、检测时仪器中心垂直于机房墙体/所在方向；
2、出束工况为：能量 10MeV，束流 2mA；
3、除检测点 10、15 外,其余点位均距离地面 1m 高；
4、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 监测结果可见，在本项目 1 台 DZ10/20 型电子加速器辐照装置按电子能量 10MeV、束流 2mA 稳定出束运行条件下，加速器机房外及周边环境各检测点位周围剂量当量率检测结果为 0.141 μ Sv/h~2.09 μ Sv/h。其中，检测结果最大值出现在管线穿墙外 30cm 处，为 2.09 μ Sv/h。该结果未扣除环境背景值和宇宙射线响应，仍低于《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979—2018）规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超过 2.5 μ Sv/h 的要求。

综上，本项目电子加速器辐照装置在验收监测工况下运行时，加速器机房屏蔽设施防护效果满足相关标准及环境影响评价文件要求。

7.3 人员剂量评价

7.3.1 辐射工作人员

根据建设单位运行计划，当项目达到环境影响评价文件预测的最大工作负荷时，单名辐射工作人员年参与设备运行时间为 2000h。辐射工作人员主要居留位置为控制室操作位，偶然居留位置为机柜室及管线穿墙附近等设备相关区域。为保守估算，主要居留位置取操作位检测结果进行评价，偶然居留位置取本次验收监测中机房周边检测结果最大值点位进行评价。

根据人员实际工作特点，偶然居留场所居留时间按年出束时间的 1/16 计，即 125h；

其余时间按全居留场所考虑，即 1875h。操作位出束检测结果为 0.230 $\mu\text{Sv/h}$ ，对应背景值为 0.207 $\mu\text{Sv/h}$ ；偶然居留场所保守取管线穿墙外 30cm 处检测结果 2.09 $\mu\text{Sv/h}$ ，对应背景值为 0.214 $\mu\text{Sv/h}$ 。则辐射工作人员年有效剂量估算如下：

$$(0.230-0.207) \mu\text{Sv/h} \times 1875\text{h} + (2.09-0.214) \mu\text{Sv/h} \times 125\text{h} = 278 \mu\text{Sv}$$
$$\text{Sv} = 0.278\text{mSv}$$

根据上述估算结果可知，按最大工作负荷条件保守估算，辐射工作人员年受照有效剂量不超过 0.278mSv/a，低于本项目环境影响评价文件及批复提出的辐射工作人员年有效剂量约束值 5mSv/a。

7.3.2 公众

验收项目周边环境保护目标与环评阶段基本一致。公众年有效剂量估算采用加速器运行状态下周围剂量当量率检测结果扣除相应背景值后的增量作为本项目对周边环境的辐射贡献值。考虑项目周边保护目标主要为厂区内场所、周边厂房及道路等，居留时间按一个班次年出束时间 2000h 进行保守估算。周边公众年有效剂量估算结果见表 7-2。

表7-2 周边公众年有效剂量

保护目标	检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	居留时间 (h)	居留因子	年有效剂量 (mSv)
货物暂存区（货物上下线工位）	0.169-0.166	2000	1	0.006
室内通道	0.244-0.180	2000	1/16	0.008
厂区内室外通道	0.164-0.159	2000	1/16	0.001
3#厂房	0.179-0.170	2000	1	0.018
5#厂房	0.189-0.179	2000	1	0.020
二期项目用地	0.149-0.142	2000	1	0.014
厂区外公共道路	0.141-0.140	2000	1/16	<0.001
广东威希德科技有限公司	0.148-0.140	2000	1	0.016

由表 7-2 可知，验收项目周边公众年受照有效剂量最大值为 0.020mSv/a，低于本项目环境影响评价文件及批复提出的公众年有效剂量约束值 0.1mSv/a。

验收监测结果表明，项目正常运行状态下，机房外及周边环境周围剂量当量率满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979—2018）规定的限值要求；经估算，辐射工作人员及周边公众年有效剂量均低于本项目设定的剂量约束值。

表 8 验收监测结论

8.1 验收内容

本次验收内容为广东湛江核牛科技有限公司在广东省湛江市雷州市沈塘镇开源大道4号4#厂房内建设的1间电子加速器辐照装置机房，机房内安装的1台DZ10/20型电子加速器辐照装置，能量为10MeV，最大束流强度为2mA，属II类射线装置，主要用于辐照加工。

本项目环境影响评价文件及批复内容为：在广东省湛江市雷州市沈塘镇开源大道4号4#厂房内建设1间电子加速器辐照装置机房，安装1台DZ10/20型电子加速器辐照装置，电子能量为10MeV，最大束流强度为2mA，属II类射线装置，用于辐照加工。

经现场核查，本次验收项目建设地点、建设规模、射线装置型号、主要技术参数、用途及辐射安全与防护设施建设内容均与环境影响评价文件及批复要求一致，未超出环境影响评价文件及批复范围。

8.2 辐射环境监测结果分析

本次验收监测期间，项目主体工程、辐射屏蔽设施、通风设施、辐射安全联锁设施、声光报警设施、剂量监测设施等均已建成并处于正常运行状态。验收监测时，验收项目安装的 DZ10/20 型电子加速器辐照装置以最大能量 10MeV、束流 2mA 工况稳定出束运行。

验收监测结果表明，在上述工况下，加速器机房外及周边环境各检测点位周围剂量当量率检测结果为 $0.141\mu\text{Sv/h} \sim 2.09\mu\text{Sv/h}$ ，最大值出现在管线穿墙外 30cm 处，检测结果未扣除环境背景值，仍低于《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979—2018）规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超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的要求。

进一步根据验收监测结果对人员受照剂量进行估算可知，按最大工作负荷条件保守估算，辐射工作人员年受照有效剂量不超过 0.278mSv/a ，低于本项目环境影响评价文件及批复提出的辐射工作人员年有效剂量约束值 5mSv/a ；周边公众年受照有效剂量最大值为 0.020mSv/a ，低于本项目环境影响评价文件及批复提出的公众年有效剂量约束值 0.1mSv/a 。

综上，本项目正常运行期间，机房外及周边环境辐射水平满足验收执行标准要求，

辐射工作人员和公众受照剂量均满足本项目剂量约束值要求。

8.3 环境管理检查

通过现场核查和资料审查，本项目已按照环境影响评价文件及批复要求建设电子加速器辐照装置机房，落实了相应的辐射屏蔽设施、辐射安全与防护设施和环境保护措施。加速器机房屏蔽体、防护门、迷道、楼板、屋顶等屏蔽设施均已按环评设计建设，屏蔽效果满足相关标准要求。

建设单位已按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871—2002）、《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979—2018）及环境影响评价文件要求，对辐射工作场所实施控制区和监督区分区管理，并设置电离辐射警告标志、分区说明、声光报警、工作状态指示、巡检按钮、防人误入装置、急停装置、钥匙控制、门机联锁、束下装置联锁、剂量联锁、通风联锁、烟雾报警、视频监控、应急照明和疏散标识等辐射安全与防护设施。经核查，各项辐射安全与防护设施已落实，能够满足项目运行期间辐射安全管理要求。

建设单位已设置辐射安全与环境保护管理机构，明确了辐射安全管理职责，制定了辐射安全管理规章制度、操作规程、辐射监测方案、人员培训制度、个人剂量监测制度和辐射事故应急预案等文件。建设单位已取得辐射安全许可证，许可种类和范围为使用Ⅱ类射线装置。现有辐射工作人员均已参加辐射安全与防护培训并取得合格证书，已配置个人剂量计、个人剂量报警仪和辐射探测器，人员培训、个人剂量监测和日常监测管理措施已落实。

项目运行过程中不产生放射性废水和放射性固体废物。项目已按环评要求设置冷却水系统和通风系统，冷却水采用去离子水间接循环冷却，正常运行过程中不外排；辐照室产生的臭氧、氮氧化物等气态污染物经机械通风系统引至室外高空排放。项目通风系统已与加速器联锁，正常停机后排风系统继续运行 10min 后方可开启安全门，能够满足人员进入前通风换气要求。

8.4 验收结论

广东湛江核牛科技有限公司使用电子加速器辐照装置项目已按照环境影响评价文件及《广东省生态环境厅关于广东湛江喜悦加速器技术有限公司使用电子加速器辐照装置环境影响报告表的批复》（粤环审〔2025〕6 号）要求完成建设。项目

实际建设内容、建设地点、设备型号、主要技术参数和用途与环评及批复内容一致，未发生重大变动。

本项目已落实环境影响评价文件及批复提出的辐射安全与防护设施、污染防治措施和环境管理要求。验收监测结果表明，项目正常运行期间机房外及周边环境周围剂量当量率满足《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979—2018）要求；经估算，辐射工作人员和公众年有效剂量均低于本项目设定的剂量约束值。

综上，本项目落实了环境影响评价文件及批复提出的各项环境保护和辐射安全防护要求，项目运行期间对辐射工作人员、公众及周边环境的辐射影响满足验收执行标准要求，符合核技术利用建设项目竣工环境保护验收条件。

8.5 承诺落实的辐射安全与防护措施

建设单位应在后续运行过程中继续落实辐射安全主体责任，严格执行辐射安全管理制度和操作规程，加强设备运行管理、辐射安全设施维护、工作场所监测、个人剂量监测、人员培训和应急管理。建设单位应定期委托有资质的检测机构对辐射工作场所及周边环境开展监测，并将监测结果纳入年度辐射安全和防护状况评估报告，按要求报送生态环境主管部门。