

温州高科原子辐照有限公司
年新增2万千米和1000吨电子加速器
及辐照生产线技改项目
竣工环境保护验收监测报告表

温州瓯越检测科技有限公司

二〇二三年八月

建设单位：温州高科原子辐照有限公司（盖章）

法人代表：王祝强

地址：温州市乐清经济开发区纬十九路227号

编制单位：温州瓯越检测科技有限公司（盖章）

电话：0577-89508999

地址：温州市鹿城区会展路1288号世界温州人家园1号楼907室

目录

表1	项目总体情况及验收检测依据、目的、标准.....	1
表2	工程基本情况.....	7
	2.1项目概述.....	7
	2.2工程地理位置.....	7
	2.3项目内容及规模.....	8
表3	工艺流程及污染源.....	15
	3.1工程设备和工艺分析.....	15
	3.2辐照工艺流程.....	17
	3.3主要污染源.....	18
表4	辐射环境检测结果.....	20
	4.1 检测因子及频次.....	20
	4.2 检测布点.....	20
	4.3 质量保证措施.....	20
	4.4 检测仪器.....	21
	4.5 检测工况.....	21
	4.6 检测结果.....	21
表5	剂量检测及计算.....	26
	5.1 辐射工作人员附加剂量.....	26
	5.2 公众成员附加剂量.....	27
表6	环保检查结果.....	28
	6.1环境影响评价制度执行情况.....	28
	6.2防护安全、环境保护“三同时”制度执行情况.....	42
	6.3辐射安全许可制度执行情况.....	43
	6.4辐射工作人员情况.....	43
	6.5防护用品配备情况.....	44
表7	验收检测结论及建议.....	45
	7.1 验收检测结论.....	45
	7.2 建议.....	46

表1 项目总体情况及验收检测依据、目的、标准

建设项目名称	年新增2万千米和1000吨电子加速器及辐照生产线技改项目				
建设单位名称	温州高科原子辐照有限公司				
建设项目性质	新建 ☐ 扩建 ☒ 技改 ☐				
建设地点	温州市乐清经济开发区纬十九路227号				
主要产品名称	电线、电缆及热缩套管的辐照改性				
设计生产能力 实际生产能力	环评规模：扩建1间辐照室，配备1台3.5MeV电子加速器、扩建一台AB0.8-60型自屏蔽电子加速器 验收规模：扩建1间辐照室，配备1台3.5MeV电子加速器、扩建一台AB0.8-60型自屏蔽电子加速器				
建设项目环评时间	2021年4月	开工建设时间	2021年5月		
调试时间	2023年4月	验收现场监测时间	2023年6月19日		
环评报告表审批部门	温州市生态环境局	环评报告表编制单位	杭州旭辐检测有限公司		
环保设施设计单位	——	环保设施施工单位	——		
投资总概算	1955万元	环保投资总概算	95万元	比例	4.8%
实际总投资	1700万元	实际环保投资	550万元	比例	32.4%
验收检测依据	(1) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》HJ1157—2021； (2) 《辐射环境监测技术规范》HJ61—2021； (3) 《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）； (4) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）； (5) 《粒子加速器辐射防护标准》（GB5172-85）； (6) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》HJ979-2018； (7) 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010）； (8) 《关于进一步促进建设项目环保设施竣工验收监测市场化的通知》浙环发[2017]20号；				

续表1 项目总体情况及验收检测依据、目的、标准

验收检测依据	(9) 《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》 HJ1157—2021; (10) 《辐射环境监测技术规范》 HJ61—2021; (11) 《γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》 (GBZ141-2002) ; (12) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》 (GB18871-2002) ; (13) 《粒子加速器辐射防护标准》 (GB5172-85) ; (14) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》 HJ979-2018 (15) 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》 (GB/T25306-2010) ; (16) 《浙江省辐射环境管理办法》，省政府令第289号，2021年2月10日修正; (17) 《关于进一步促进建设项目环保设施竣工验收监测市场化的通知》浙环发[2017]20号; (18) 《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) ; (19) 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，2018年5月16日印发; (20) 《温州高科原子辐照有限公司年新增2万千米和1000吨电子加速器及辐照生产线技改项目环境影响报告表》，杭州旭辐检测有限公司，2021年3月; (21) 《关于温州高科原子辐照有限公司年新增2万千米和1000吨电子加速器及辐照生产线技改项目环境影响报告表审批意见的函》，温州市生态环境局，温环辐〔2021〕7号，2021年4月27日。
--------	---

续表1 项目总体情况及验收检测依据、目的、标准

验收检测目的	(1) 检查项目环境影响评价制度、环境保护“三同时”制度、辐射安全许可制度执行情况。 (2) 检查环评文件及环评批复文件要求的各项辐射防护设施的实际建设、管理、运行状况及各项辐射防护措施落实情况。 (3) 通过现场监测及对监测结果的分析评价，明确项目是否符合辐射防护相关标准，在此基础上，分析各项辐射防护设施和措施的有效性；针对存在的问题，提出改进措施或建议。 (4) 为环境保护行政主管部门审管提供依据。 (5) 为建设单位日常管理提供依据。
验收检测标准、标号、级别	(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002) 本标准适用于实践和干预中人员所受电离辐射照射的防护和实践中源的安全。 ①防护与安全的最优化 4.3.3.1对于来自一项实践中的任一特定源的照射，应使防护与安全最优化，使得在考虑了经济和社会因素之后，个人受照剂量的大小、受照射的人数以及受照射的可能性均保持在可合理达到的尽量低水平；这种最优化应以该源所致个人剂量和潜在照射危险分别低于剂量约束和潜在照射危险约束为前提条件（治疗性医疗照射除外）。 ②剂量限制 第4.3.2.1款，应对个人受到的正常照射加以限制，以保证本标准6.2.2规定的特殊情况外，由来自各项获准实践的综合照射所致的个人总有效剂量当量和有关器官或组织的总当量剂量不超过附录B（标准的附录B）中规定的相应剂量限值。不应将剂量限值应用于获准实践中的医疗照射。 B1剂量限值（标准的附录B）

续表1项目总体情况及验收检测依据、目的、标准

验收检测 标准、标号、 级别	第B1.1.1.1款，应对任何工作人员的职业照射水平进行控制，使之不超过下述限值： a)由审管部门决定的连续5年的年平均有效剂量（但不可作任何追溯性平均），20mSv；本项目取其四分之一即5mSv作为管理限值。 第B1.2款，公众照射 实践使公众中有关关键人群组的成员所受到的平均剂量估计值不应超过下述限值： b)年有效剂量，1mSv； 本项目取其四分之一即0.25mSv作为管理限值。 （2）《粒子加速器辐射防护标准》（GB5172-85） 本规定适用于加速粒子的单核能量低于100MeV的粒子速器（不包括医疗用加速器和象密封型中子管之类的可移动加速器）设施。 2.8从事加速器工作的全体放射性工作人员，年人均剂量当量应低于5mSv。 2.10加速器产生的杂散辐射、放射性气体和放射性废水等，对关键居民组的个人造成的有效剂量当量应低于每年0.1mSv。 E.2.1加速器设施内应有良好的通风，以保证臭氧的浓度低于0.3mg/m³。 （3）《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T25306-2010） 8.1.3c）在工程设计时辐射防护设计的剂量规定为：职业照射个人年有效剂量限值为5mSv；公众成员个人年有效剂量限值为0.1mSv。
----------------------	---

续表1 项目总体情况及验收检测依据、目的、标准

验收检测 标准、标号、 级别	(4) 《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ141-2002) 3.2电子束辐照装置按人员可接近辐照装置的情况分为： I类配有连锁装置的整体屏蔽装置，运行期间人员实际上不可能接近这种装置的辐射源部件。 5.1.3I、III类γ射线和I类电子束辐照装置外部的辐射水平检测沿整个辐照装置表面测量距表面5cm处的空气比释动能率，应特别注意装源口、样品入口等可能的薄弱部位的测量。 测量结果一般应不大于2.5μGy/h。 (5) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018) 本标准适用于辐射加工用能量不高于10MeV的电子束辐照装置和能量不高于5MeV的X射线辐照装置。自屏蔽辐照装置不适用于本标准。 4.2辐射防护要求 4.2.1辐射防护原则 (3) 个人剂量约束 辐射工作人员职业照射和公众照射的剂量限制应满足GB18871的要求。 在电子加速器辐照装置的工程设计中，辐射防护的剂量约束值规定为： a)辐射工作人员个人年有效剂量为5mSv； b)公众成员个人年有效剂量为0.1mSv。 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处以及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。
----------------------	--

续表1 项目总体情况及验收检测依据、目的、标准

验收检测 标准、标号、 级别	综合上述，本项目选取标准如下： ①以5mSv作为工作人员的辐射剂量约束值； ②以0.1mSv作为公众的辐射剂量约束值； ③0.8MeV自屏蔽电子加速器：距辐照装置表面5cm处的空气比释动能率，测量结果一般应不大于2.5μGy/h。 ④3.5MeV电子加速器机房：屏蔽体（墙）表面大于或等于30cm处任何监测点的周围剂量当量率应不大于2.5μSv/h。
验收监测 范围	验收检测范围与该项目环境影响评价范围一致，即0.8MeV自屏蔽电子加速器、7号3.5MeV电子加速器机房周围50m。

表2 工程基本情况

2.1 项目概述

温州高科原子辐照有限公司成立于2006年，是一家从事电线、电缆、热缩材料加速器辐照加工的企业。公司现有5间电子加速器机房，并配备5台电子加速器，型号分别为AB3.0-25、AB1.5-35、AB2.0-37.5、AB2.0-40、AB1.5-60，利用加速器开展电线电缆及热缩材料的辐照改性工作，从而提高产品的质量和性能，其中AB3.0-25、AB1.5-35、AB2.0-37.5等3台设备于2009年和2015年取得验收批文，AB2.0-40于2015年配置，并于2015年取得了验收批文，AB1.5-60于2019年配置，已按相关规定于2019年6月11日完成自主验收。企业按要求申领了《辐射安全许可证》（浙环辐证C0029），有效期至2025年3月19日，许可范围为使用II类射线装置，许可内容为已有的5套电子加速器。

为满足生产发展的需要，公司拟在温州市乐清经济开发区纬十九路227号辐照车间北侧扩建一间7#加速器机房，机房内配置1台3.5MeV电子加速器，并于辐照车间东南侧扩建一台AB0.8-60型6#自屏蔽电子加速器。项目建成后形成年新增2万千米电线和1000吨热缩材料的生产能力。

根据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的规定，建设项目竣工后，建设单位应当按照该办法规定的程序和标准，组织对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告，为此，温州高科原子辐照有限公司委托温州瓯越检测科技有限公司对本次辐照加速器应用项目开展竣工环境保护验收，并编制环境保护验收监测表。

本次验收内容及规模为1间电子加速器机房，配备1台电子加速器（型号为AB3.5-30），一台自屏蔽电子加速器（型号为AB0.8-60）。

2.2 工程地理位置

项目建设地址位于温州市乐清经济开发区纬十九路227号，其东面为温州市瑞和电子电器有限公司，南侧为台邦机电有限公司，东南侧为卡尔科技有限公司，西侧为河，北侧隔路为工厂。

本次扩建的0.8MeV自屏蔽电子加速器位于辐照车间的东南侧，为车间内6#加速器。其西侧50m为本公司辐照车间内部生产区，北侧50m为本公司办公楼，东侧40m为温州市瑞和电子电器有限公司厂房，距离南侧台邦机电有限公司厂房的距离约为25m，距离东南侧卡尔科技有限公司厂房约45m。

续表2 工程基本情况

扩建的3.5MeV加速器机房位于辐照车间的北侧7#机房，其西侧50m为河流和道路绿化带，北侧50m为本公司办公楼和纬十九路，距离东侧温州市瑞和电子电器有限公司的距离大于50m，距离南侧台邦机电有限公司厂房的距离约为40m。

本次建设项目50m评价范围内无自然保护区、风景名胜区、饮用水源保护区、居民区及学校等其他环境敏感区。

公司地理位置见图2-1，辐照加速器周边环境状况见图2-2，加速器机房平面布置图见图2-3。

2.3 项目内容及规模

本项目位于温州市乐清经济开发区纬十九路227号。

辐照加速器固定安装，不移动使用。环评及验收阶段设备技术参数见表2-1。

表2-1设备技术参数表

规模	设备名称	设备型号	数量	加速粒子	最大能量 (MeV)	电子束流 (mA)	工作场所
环评规模	电子加速器	AB3.5-30	1	电子	3.5	30	七号辐照室
	自屏蔽电子加速器	AB0.8-60	1	电子	0.8	60	
验收规模	电子加速器	AB3.5-30	1	电子	3.5	30	七号辐照室
	自屏蔽电子加速器	AB0.8-60	1	电子	0.8	60	

本次扩建的0.8MeV自屏蔽电子加速器位于辐照车间的东南侧；3.5MeV加速器机房位于辐照车间的北侧，为地上两层混凝土结构，一层为辐照室，二层为主机室。

① 0.8KeV自屏蔽电子加速器屏蔽情况

AB0.8-60型电子加速器为自屏蔽结构，辐照室屏蔽板为440mmA3板+1mm304板；真空室屏蔽板为160mmA3板+1mm304板；钢筒屏蔽板为40mm的锅炉20钢；辅助房屏蔽板为200mmA3板+1mm304板；出线房屏蔽板为200mmA3板+1mm304板。实际建设时0.8MeV自屏蔽电子加速器的屏蔽情况均按环评阶段的指标进行施工。

续表2 工程基本情况

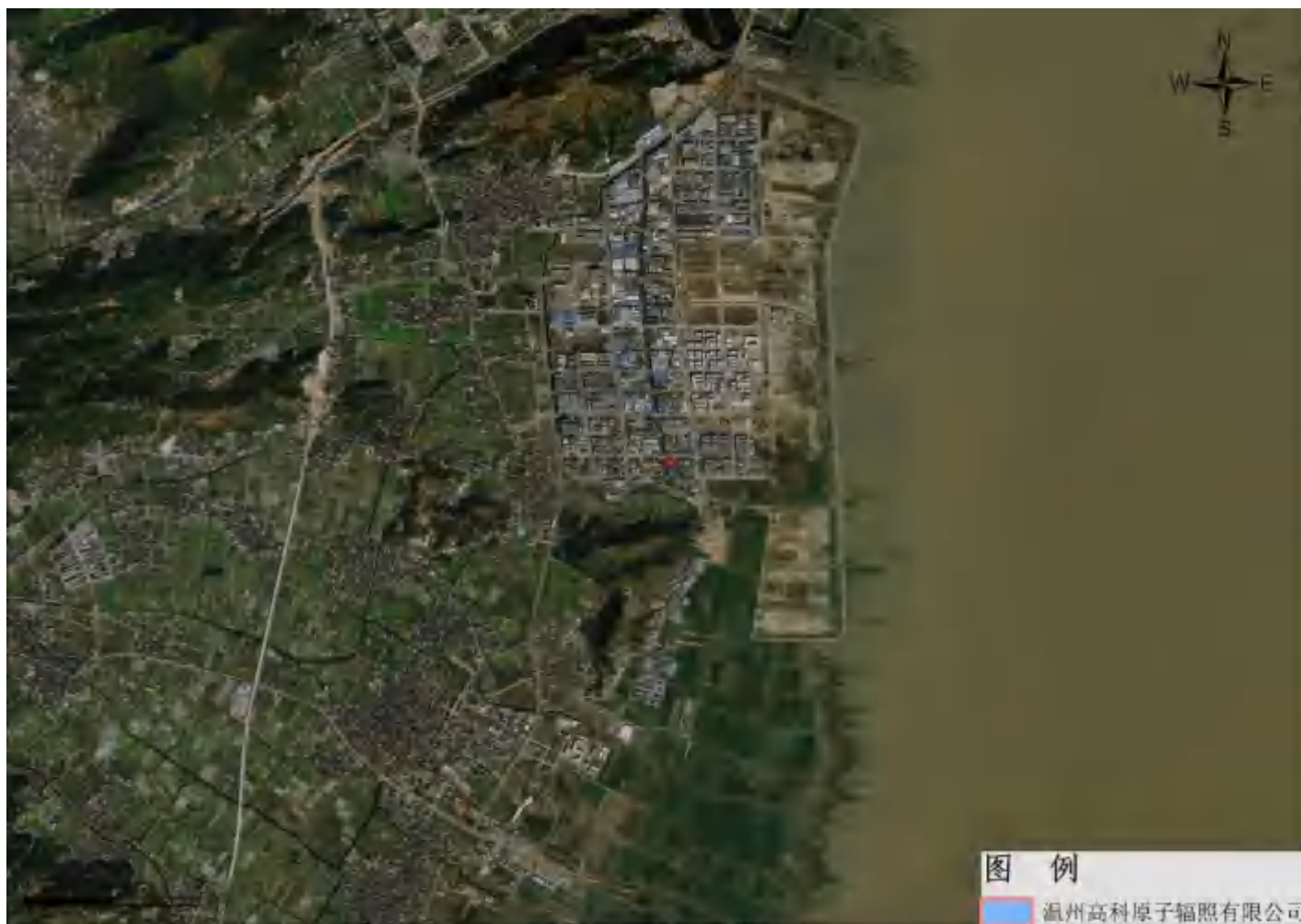


图2-1 地理位置示意图

续表2 工程基本情况



图2-2 辐照电子加速器周边环境状况示意图

续表2 工程基本情况

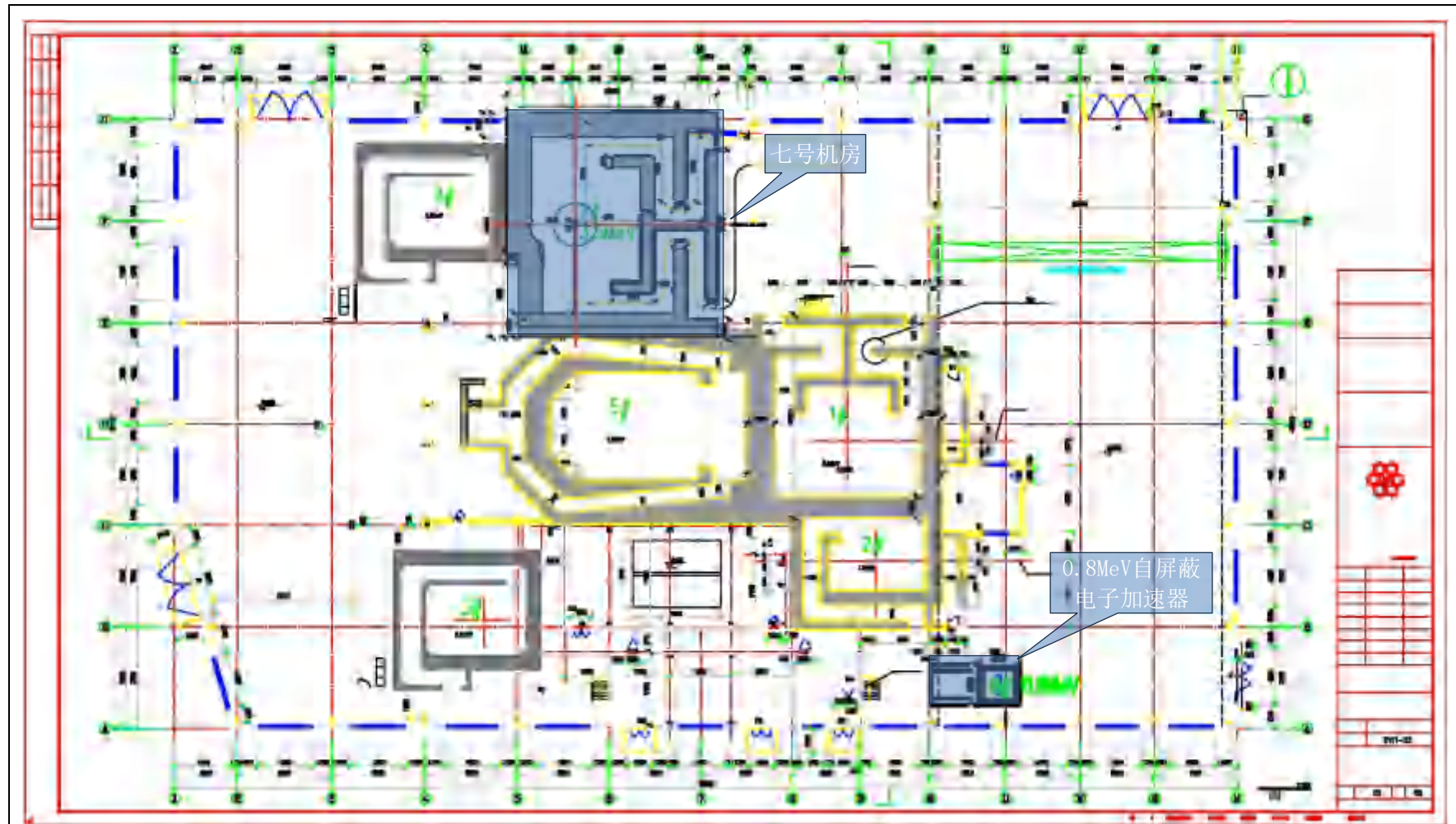


图2-3 辐照电子加速器机房布置平面示意图

续表2 工程基本情况

② 3.5MeV电子加速器屏蔽情况

环评及验收阶段加速器屏蔽参数见表2-2。

表2-2 环评及验收阶段3.5MeV加速器辐照室、主机室屏蔽参数表

辐照室		
	环评屏蔽技术参数	验收屏蔽技术参数
项目	3.5MeV辐照室	3.5MeV辐照室
辐照室 室内尺寸	净空尺寸长13m×宽8.2m×高2.2m	净空尺寸长13m×宽8.2m×高2.2m
各屏蔽墙 厚度	主屏蔽墙1800mm混凝土 迷道屏蔽墙1000mm混凝土	主屏蔽墙1800mm混凝土 迷道屏蔽墙1000mm混凝土
辐照室 顶棚厚度	1200mm混凝土	1200mm混凝土
门洞尺寸	宽1400mm×高2200mm	宽1400mm×高2200mm
迷道	弓形多折线双迷道	弓形多折线双迷道
通风设施	U型通风管道地下埋深1米，排放口 高度约为20m。	U型通风管道地下埋深1米，排放口高 度约为20m。
电缆孔	U型出线，与墙成45°的方式斜穿墙 体，直径209mm，穿墙长度约 270cm。	U型出线，与墙成45°的方式斜穿墙 体，直径209mm，穿墙长度约270cm。
主机室		
	环评屏蔽技术参数	验收屏蔽技术参数
项目	3.5MeV加速器机房主机室	3.5MeV加速器机房主机室
主机室 尺寸	长、宽、高分别约为15.6m、10m和 12.5m，面积约156m ²	长、宽、高分别约为15.6m、10m和 12.5m，面积约156m ²
各屏蔽墙 厚度	700mm混凝土墙	700mm混凝土墙
天棚厚度	500mm混凝土	500mm混凝土
门洞尺寸	宽1200mm×高2200mm	宽1200mm×高2200mm
电缆孔	地上预埋管，倾角<45°，高度 7.9m，直径为50mm	地上预埋管，倾角<45°，高度7.9m， 直径为50mm
通风设施	机械通风	机械通风

由表2-1和表2-2可知，验收规模、3.5MeV加速器辐照室、主机室与0.8MeV自屏蔽辐照加速器屏蔽参数，均与环评规模一致。

0.8MeV自屏蔽辐照加速器设备示意图见图2-4，3.5MeV辐照加速器屏蔽体示意图见图2-5、2-6、2-7。

续表2 工程基本情况

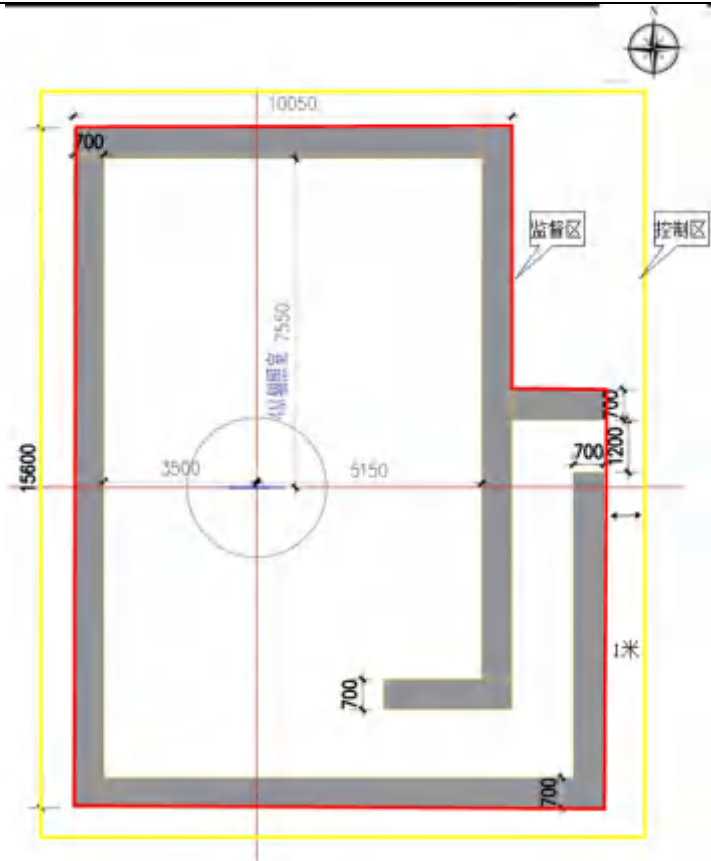


图2-6 3.5MeV加速器机房二层主机室平面图

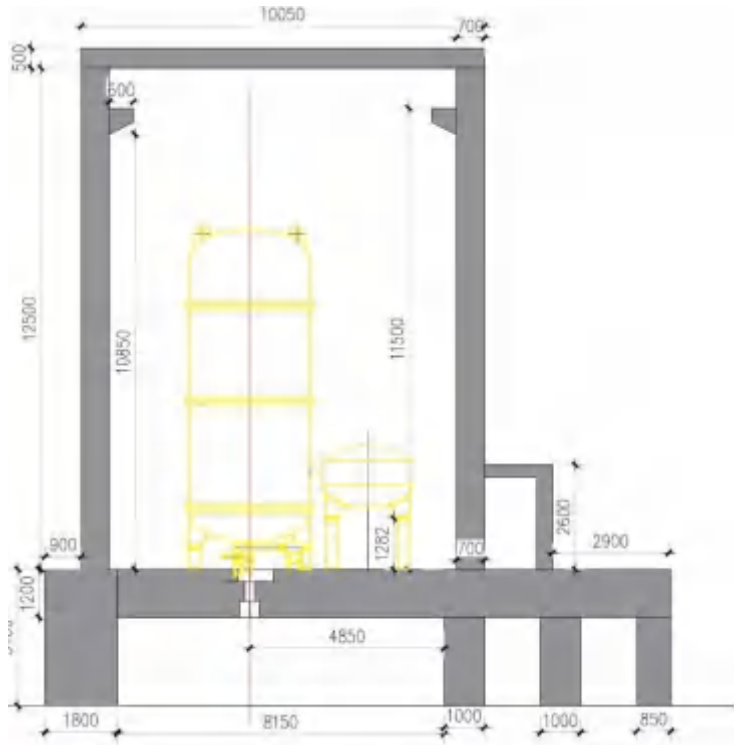


图2-7 3.5MeV加速器机房（东西向）剖面图

表3 工艺流程及污染源

3.1 工程设备和工艺分析

电子加速器作为工业辐射源，利用其产生的电子束进行辐照加工已成为化工、电力、环保等行业生产的重要手段和工艺，是一种新的加工技术。

加速器基本工作原理是：电子束从电子枪阴极发射，通过加速管中的高压电场获得加速，最终从扫描引出装置出束到大气中；辐照样品经过传动系统被传送到扫描窗下进行辐照加工。它最大的特点是基于感应偶合（即变压器原理）的级联高压发生器所产生的电场来加速电子。

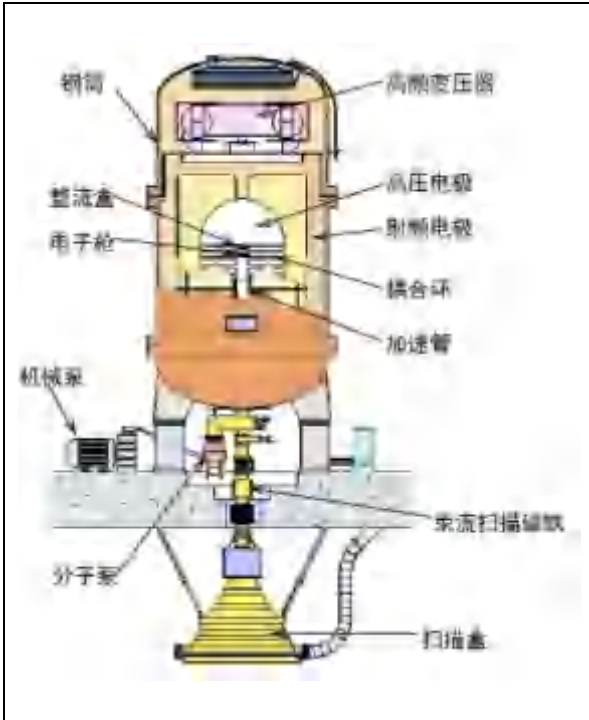
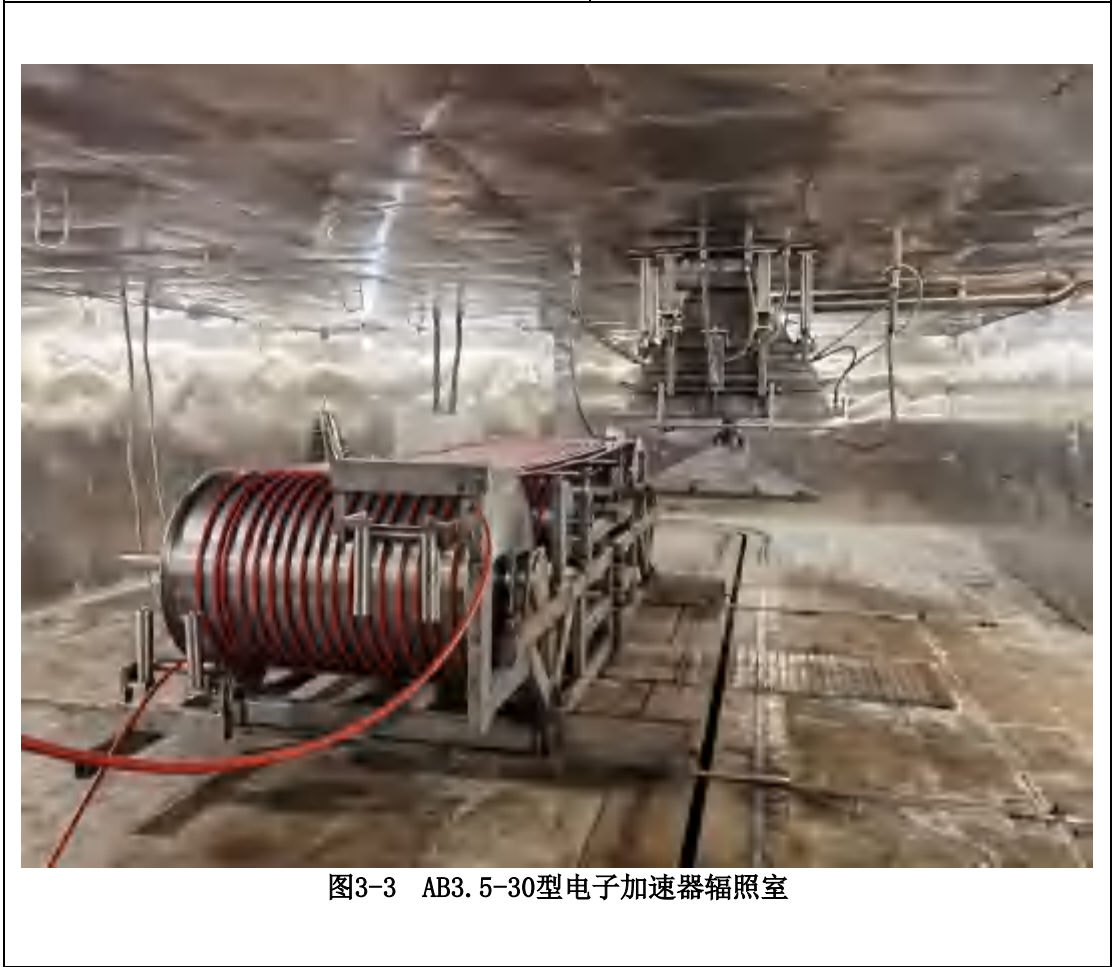
电子加速器主要组成部分包括：直流高压发生器、电子束加速与扫描引出系统、控制系统等。

直流高压发生器由高频振荡器和倍压整流芯柱组成。高频振荡器的作用是把电网的电能为工频转换为高频，其性能决定着加速器的最大束功与束功转换效率。

钢筒外的高频振荡管和钢筒内的高频变压器、高频电极及其与钢筒、倍压整流芯柱之间形成的电容组成整个振荡器的谐振回路，它在两个射频电极之间产生高频电压。这一高频电压通过射频电极与主体上的耦合环之间的电容和主体上的整流盒组成并联耦合串联升压系统，在高压电极上产生极高的负直流高压。电子枪发出的电子束流在负直流高压的作用下通过加速管时因被加速，成为高能电子。出加速管后再通过扫描引出系统穿过钛窗对产品进行辐照加工。其原理示意图见图3-1。

AB3.5-30型电子加速器主机室见图3-2，辐照室见图3-3。

续表3 工艺流程及污染源

	
图3-1 高频高压电子加速器原理示意图	图3-2 AB3.5-30型电子加速器主机室
	
图3-3 AB3.5-30型电子加速器辐照室	

续表3 工艺流程及污染源

3.2 辐照工艺流程

电线电缆辐照交联的工作原理：辐照交联又称物理交联，是利用电子加速器产生的高能量电子束流，轰击绝缘层，将聚乙烯高分子链打断，被打断的每一个断点称为自由基。自由基不稳定，相互之间要重新组合，重新组合后由原先的链状分子结构变成三维网状的分子结构，形成致密层。电线电缆绝缘辐射交联的改性是由其交联密度所决定的，调整辐照剂量可控制绝缘的交联密度，进一步控制材料的改性和提高。主要导致的性能变化包括：电学性能的变化；辐射导致绝缘介电常数、介电损耗正切和介电强度的变化；辐射交联导致材料机械强度增加，冷流和抗蠕变性能提高，弹性模量增大；辐射导致绝缘重要的变化是耐热性、耐溶剂性的变化，耐开裂性的变化和提高。

在辐照交联工艺中主要有辐照剂量、电子束能量、束流及辐照速度等重要工艺参数，与绝缘层的厚度及生产速度等相关。聚乙烯达到所需要的交联度的辐照剂量，通常在200-400KGY。为了提高辐射加工的效率，减少不利的副效应，可以在体系中添加敏化剂或多官能团单体，用来提高体系的辐射交联G值。电子的穿透深度（能力）是由加速电压来控制的。电线电缆绝缘辐射加工用的电子能量为0.3-5MeV，功率几十kW到150kW的电子加速器。

电线电缆挤包绝缘层后卷绕在线盘上，用束下传输装置将绝缘线芯引入辐照交联厅辐照区，设定电子加速器辐照参数，开启加速器，按相关要求对产品进行辐照处理，辐照后再用收线装置将交联后的绝缘线芯引出并卷绕在线盘上。发泡材料片由自动进出料装置运送入辐照厅，进行电子线束辐照，辐照后再由进出料装置将交联后的发泡材料片引出并卷绕、入库。



图3-4 加速器辐照工艺流程图

续表3 工艺流程及污染源

如图所示，温州高科原子辐照有限公司的产品主要为电缆和热缩套管，待辐照的材料通过收放线装置经斜孔进入辐照厅，辐照结束后受照材料自动收线输出，辐照期间操作工人在辐照室和主机室外的控制区和收放线区进行工作。

3.3 主要污染源

3.3.1 辐射源污染分析

加速器在进行辐照时电子枪发射电子，电子经加速器管加速并经扫描扩展成为均匀的有一定宽度的电子束。电子在加速过程中，部分电子会丢失，它们打在加速管壁上，产生X射线，对加速器机房产生一定的辐照影响。电子加速器工作过程中，电子穿过钛窗轰击被辐照物及束下传送装置或其他高原子序数物质时，电子在运行过程中与物质作用将产生连续能谱的韧致辐射，即X射线，X射线的贯穿能力极强，会对辐照室周围环境造成辐射污染。

一般当电子能量低于1MeV时，发射光子的最大发射率方向倾向于与电子束入射方向垂直。随着电子能量的增高，最大发射率方向越来越偏向于入射电子束方向。本项目使用的自屏蔽电子加速器电子能量最大为0.8MeV，放射光子角分布前向性不是很明显，反射及散射现象较为明显，主要考虑沿90°方向出射的X射线影响。3.5MeV电子加速器电子能量最大为3.5MeV最大发射率方向偏向于入射电子束方向。

本项目中电子加速器利用电子束进行辐照加工，加速器电子束流向下，电子的射程较短，相对于X射线而言也较易屏蔽，在X射线得到充分屏蔽的条件下，电子束亦能得到足够的屏蔽。因此本项目重点需要防护的是高能电子束作用于被辐照物及束下传送装置或其他物质而产生的韧致辐射（X射线），其中自屏蔽电子加速器以侧向为重点防护方向（90°方向）。

本项目中电子加速器产生的X射线最大能量为3.5MeV，能量较低，不会产生感生放射性影响。本工程每台加速器都设置独立的机房，因此不存在辐照设施之间的交叉污染。

综上所述，本项目加速器开机辐照期间，X射线辐射为项目主要的污染因素。

续表3 工艺流程及污染源

3.3.2非辐射污染源分析

空气在强电离辐射的作用下，会产生一定量的臭氧和氮氧化物，加速器输出的直接致电离粒子束流越强，臭氧和氮氧化物的产额越高。其中臭氧的毒性最大，产额最高，不仅对人体产生危害，同时能使橡胶等材料加速老化。加速器机房在良好通风条件下，臭氧和氮氧化物很快弥散在大气环境中，臭氧在常温下可自行分解为氧气。这里主要考虑辐照室内产生的臭氧对停机后对人员的影响，需要保证其有害气体职业接触限值满足GB/T25306-2010的要求。本项目电子辐照加速器辐照室采用地下式U形排风管道，埋地深约1m，吸风口位于室内地面，出风口处设置有轴流风机，将辐照室内臭氧和氮氧化物引至排臭氧烟囱内，并经排臭氧烟囱排入大气中，最终排放口高于本建筑，约为20m。根据通风孔设计，辐照室内的X射线经过多次散射才能到达出风口，通风管道的设计未破坏辐照室整体屏蔽防护效果，满足辐射防护的要求。室内臭氧通过排风系统排入外环境，臭氧常温下可自行分解为氧气，对环境影响较小。

辐照室内保持负压状态臭氧和氮氧化物等废气不会泄漏至车间内。本项目的加速器均有一套冷水机组冷却真空系统部件及震荡电子管，冷却水循环使用不外排。项目运行期间辐射工作场所内产生的常规污染物的主要是办公过程产生的生活废水及办公垃圾等

表4 辐射环境检测结果

4.1 检测因子及频次

为掌握2间辐照室外周围区域的辐射水平或环境的周围剂量当量率，建设单位委托杭州旭辐检测技术有限公司对该建设单位2间辐照室及周围环境辐射水平进行了检测。

检测因子：X- γ 辐射剂量当量率

检测频次：2台工业电子直线加速器正常开机、关机状态下，每测点每次读10个数，取其平均值作为测量结果。

检测时间：2023年6月16日

4.2 检测布点

①AB0.8-60型6#自屏蔽电子加速器

沿整个辐照装置表面测量距表面5cm处的空气比释动能率，应特别注意装源口、样品入口等可能的薄弱部位的测量。

②3.5MeV型电子加速器

屏蔽体（墙）表面大于或等于30cm处任何监测点的周围剂量当量率应不大于2.5 μ Sv/h。

根据辐照室设计特点及周围环境状况布置检测点。先用检测仪器对辐照室周围的辐射水平进行巡测，以发现可能出现的高辐射水平区。

在巡测的基础上，定点检测。一般检测以下各点：

- （1）通过巡测，发现的辐射水平异常高的位置；
- （2）辐照加速器一层外各侧30cm离地面高1m处，左侧、中间、右侧3个点；
- （3）辐照加速器二层外各侧30cm离地面高1m处，左侧、中间、右侧3个点；
- （4）人员经常活动的位置。

检测点位示意图见图4-1、图4-2。

4.3 质量保证措施

- （1）合理布局监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性。
- （2）检测方法采取国家有关部门颁布的标准，监测人员经考核并持有合格证书上岗。
- （3）检测仪器每年定期经计量部门检定，检定合格后方可使用。

续表4 辐射环境检测结果

- (4) 每次测量前、后均检查仪器的工作状态是否正常。
- (5) 由专业人员按操作规程操作仪器，并做好记录。
- (6) 检测报告严格实行三级审核制度，经过校对、校核，最后由授权签字人签发。

4.4 检测仪器

仪器的参数与规范见表4-1。

表4-1 X-γ辐射剂量率检测仪器参数与规范

仪器名称	X、γ辐射剂量当量率仪
仪器型号	451P
仪器编号	JC90-05-2020
能量响应	>25KeV
量程	1~50mSy/h
检定机构	上海市计量测试技术研究院
检定证书号	2022H21-20-37366977001
有效期	2022年07月20日-2023年7月19日
检测规范	辐射环境监测技术规范HJ61-2021 环境γ辐射剂量率测量技术规范HJ1157—2021

4.5 检测工况

2台工业电子直线加速器开机工况见表4-2，电子束流向下。

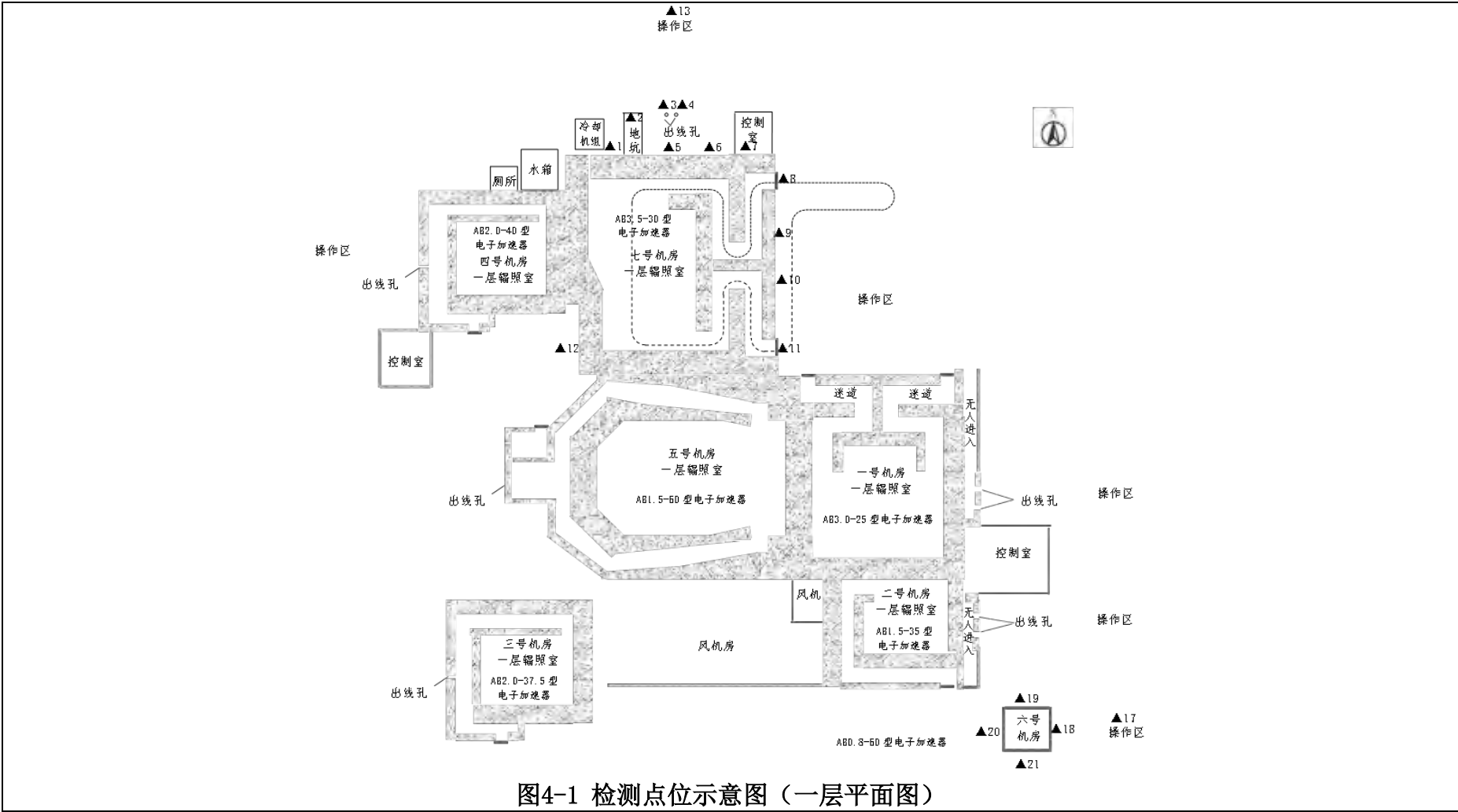
表4-2 检测工况

设备名称	设备型号	数量	加速粒子	额定参数		验收监测工况	
				最大能量 (MeV)	电子束流 (mA)	能量 (MeV)	电子束流 (mA)
电子加速器	AB3.5-30	1	电子	3.5	30	3.5	30
自屏蔽 电子加速器	AB0.8-60	1	电子	0.8	60	0.8	60

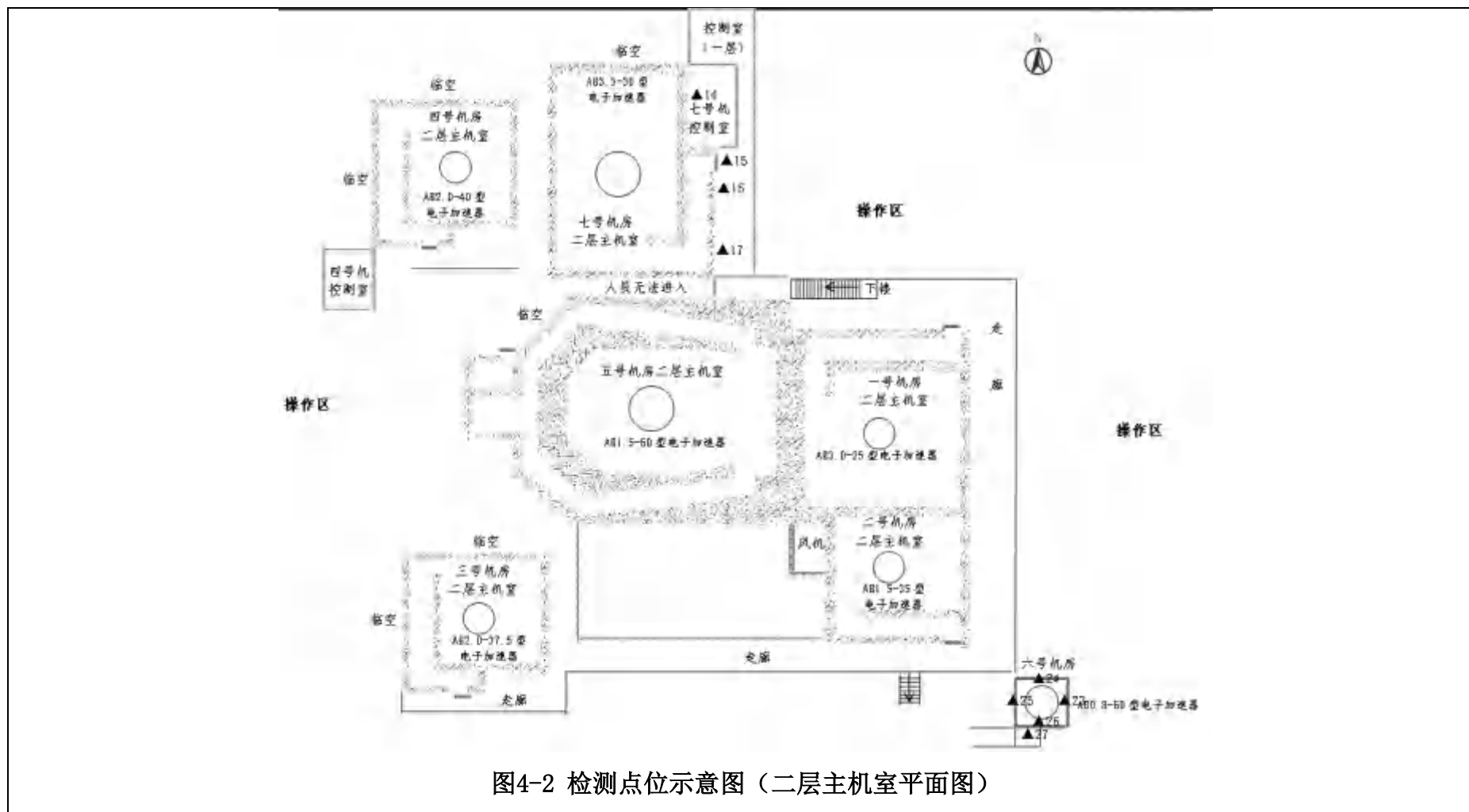
4.6 检测结果

2台工业电子直线加速器开机时周围X-γ辐射剂量率检测结果见表4-3。

续表4 辐射环境检测结果



续表4 辐射环境检测结果



续表4 辐射环境检测结果

表4-3 工业电子加速器X- γ 辐射剂量率检测结果					
检测 点位	检测点位描述	检测结果 (nSv/h)			
		射线装置未运行时		射线装置运行时	
		平均值	标准差	平均值	标准差
▲1	距七号机房一层辐照室北侧屏蔽墙后30cm高1m处(冷却机组东侧)	188	1.20	201	2.55
▲2	距七号机房地坑出口处	186	1.73	207	1.22
▲3	距七号机房北侧地面西侧出线孔后30cm处	191	1.42	217	2.11
▲4	距七号机房北侧地面东侧出线孔后30cm处	194	2.29	214	0.97
▲5	距七号机房一层辐照室北侧屏蔽墙后30cm高1m处	191	1.83	207	1.22
▲6	距七号机房一层辐照室北侧屏蔽墙后30cm高1m处	183	1.86	200	2.09
▲7	距七号机房一层辐照室北侧屏蔽墙后30cm高1m处(七号机房北侧控制室内)	196	1.87	208	1.67
▲8	距七号机房一层辐照室北侧输送带出口后30cm高1m处(东侧屏蔽墙)	186	2.24	195	2.01
▲9	距七号机房一层辐照室东侧屏蔽墙后30cm高1m处	202	1.56	213	1.42
▲10	距七号机房一层辐照室东侧屏蔽墙后30cm高1m处	212	1.59	215	1.66
▲11	距七号机房一层辐照室南侧输送带出口后30cm高1m处(东侧屏蔽墙)	209	2.88	229	2.60
▲12	距七号机房一层辐照室西侧屏蔽墙后30cm高1m处	191	2.47	201	2.49
▲13	七号机房一层辐照室北侧工作操作位处	173	2.60	188	2.92
▲14	距七号机房二层主机室东侧屏蔽墙后30cm高1m处(控制室内)	203	2.74	224	1.72
▲15	距七号机房二层主机室迷道出口防护门后30cm高1m处	208	2.07	227	3.66
▲16	距七号机房二层主机室东侧屏蔽墙后30cm高1m处	198	3.50	212	1.50
▲17	距七号机房二层主机室东侧屏蔽墙后30cm高1m处	197	2.22	213	2.19
▲18	六号机房一层辐照室东侧工作操作位处	134	2.54	146	2.30
▲19	距六号机房一层自屏蔽电子加速器辐照室东侧屏蔽墙后5cm高1m处	137	1.73	142	2.11
▲20	距六号机房一层自屏蔽电子加速器辐照室北侧屏蔽墙后5cm高1m处	147	2.50	154	1.32

续表4 辐射环境检测结果

续表4-3 工业电子加速器X-γ 辐射剂量率检测结果					
检测 点位	检测点位描述	检测结果（nSv/h）			
		射线装置未运行时		射线装置运行时	
		平均值	标准差	平均值	标准差
▲21	距六号机房一层自屏蔽电子加速器辐照室西侧屏蔽墙后5cm高1m处	149	1.58	156	1.22
▲22	距六号机房一层自屏蔽电子加速器辐照室南侧屏蔽墙后5cm高1m处	124	1.45	131	1.73
▲23	距六号机房二层自屏蔽电子加速器钢筒后5cm高1m处（东侧）	126	1.72	128	1.56
▲24	距六号机房二层自屏蔽电子加速器钢筒后5cm高1m处（北侧）	123	1.16	127	1.50
▲25	距六号机房二层自屏蔽电子加速器钢筒后5cm高1m处（西侧）	123	1.07	127	1.36
▲26	距六号机房二层自屏蔽电子加速器钢筒后5cm高1m处（南侧）	123	1.19	128	1.00
▲27	六号机房二层入口门后5cm高1m处	123	0.93	129	1.73
注：检测结果未扣除宇宙射线的响应。					
由表4-3检测结果可知：温州高科原子辐照有限公司0.8Mev自屏蔽电子加速器开机时在距辐照装置表面5cm处周围各检测点位的X-辐射剂量率在0.13-0.16uSv/h之间，符合《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）规定的在距辐照装置表面5cm处测量结果一般应不大于2.5uGy/h的要求；3.5MeV电子加速器开机时屏蔽体外表面30cm处周围各检测点位的X-γ辐射剂量率在0.19-0.23uSv/h之间，符合《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）规定的屏蔽体外表面30cm处周围剂量当量率不大于2.5uSvh的要求。					

表5 剂量检测及计算

5.1 辐射工作人员附加剂量

5.1.1 辐射工作人员剂量检测结果

公司辐射工作人员的个人剂量由浙江中环检测技术有限公司测量，每季度测量一次。根据建设单位提供的2022年3月20日-2023年3月13日之间的个人剂量检测报告数据，辐射操作人员单年累积个人剂量最大值约为0.296mSv，满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和项目管理目标中对工作人员剂量约束值5mSv/a的要求。

表5-1辐射工作人员个人剂量检测结果

结果 姓名	检测结果Hp(10)(单位: mSv)				
	2022年3月 20日至6月 15日	2022年6月 20日至9月 20日	2022年9月 13日至12 月10日	2022年12月 13日至2023 年3月13日	合计
虞方良	0.05	0.066	0.023	0.064	0.203
王春才	0.08	0.05	0.074	0.092	0.296
周朝成	0.068	0.055	0.047	0.081	0.251
许钻俊	0.041	0.055	0.025	0.083	0.204
虞桂生	0.068	0.053	0.031	0.058	0.210
孙成	0.075	0.05	<0.020	0.077	0.212
王振彦	0.071	0.104	0.037	0.076	0.288
张新球	0.063	0.077	0.023	0.062	0.225
余达相	0.085	0.09	<0.020	0.08	0.265
孔渊博	0.062	0.106	0.036	0.074	0.278
童品强	0.068	0.111	0.025	0.071	0.275
叶巨林	0.054	0.08	<0.020	0.059	0.203
王素丽	0.037	0.039	<0.020	0.05	0.136
王利	0.028	0.038	0.029	0.063	0.158
王思思	0.035	0.024	0.028	0.062	0.149
杨亦飞	0.053	0.057	0.026	0.084	0.220
王斌	0.05	0.063	0.031	0.092	0.236
张兵	-	-	0.032	0.07	0.102
杨应雄	-	-	<0.020	0.065	0.075
屠明培	-	-	0.023	0.078	0.101

续表5 剂量检测及计算

5.1.2 辐射工作人员剂量估算结果

按照联合国原子辐射效应科学委员会（UNSCEAR）--2000年报告附录A，X- γ 射线产生的外照射人均年有效剂量当量按下列公式计算：

$$H_{Er}=D_r \times t \times 0.7 \times 10^{-6} (mSv) \quad (5-1)$$

式中： H_{Er} :X- γ 射线外照射人均年有效剂mSv；

D_r :X- γ 辐射空气吸收剂量率，nGy/h；

t :X- γ 照射时间，小时；

0.7:剂量换算系数，Sv/Gy。

项目年工作300天，年辐照时间7200小时（除维护检修外，一天24小时连续工作），工作人员实行二班制运转，每班人员1人。取3.5MeV电子加速器所在七号机房屏蔽墙外30cm处检测最大值227nSv/h，由公式（5-1）可以计算出每名辐射工作人员在正常工况所受的附加年有效剂量为0.57mSv；0.8KeV自屏蔽加速器开机工作时屏蔽墙外5cm处检测最大值156nSv/h，由公式（5-1）可以计算出每名辐射工作人员在正常工况所受的附加年有效剂量为0.39mSv，均低于工作人员照射的剂量管理限值（5mSv/a），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的要求。

5.2 公众成员附加剂量

公众成员剂量计算结果

辐射工作场所一般不允许无关人员进入，同时检测结果表明，公众成员可能到达边界辐射剂量率最大值为0.03 μ Sv/h（已扣除本底值0.19 μ Sv/h），以此保守估算公众成员受照剂量。据调查，公司平均每年开机辐照的累积时间约为7200小时，居留因子T取1/8，则估算辐照室周围公众附加年有效剂量为0.019mSv/a，符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中剂量限值要求和项目管理目标中对公众成员剂量管理限值0.1mSv/a的要求。

表6 环保检查结果

6.1 环境影响评价制度执行情况

该建设单位委托杭州旭辐监测技术有限公司对年新增2万千米和1000吨电子加速器及辐照生产线技改项目环境影响进行了评价，编制了项目环境影响报告表。2021年4月27日，温州市生态环境局以“温环辐〔2021〕7号”文对该项目环境影响报告表予以批复。环境影响报告表批复文件见附件3。

0.8KeV自屏蔽电子加速器报告表要求及落实情况见表6-1，

表6-1 0.8KeV自屏蔽电子加速器环评表要求及落实情况

内容	环评表要求	环评表要求落实情况
污染防治措施	①辐照加速器设有功能齐全、性能可靠的安全联锁系统和监控、紧急停机开关等设置。	已落实，已设置安全联锁系统。详见图6-4。已设置紧急停机开关，分别位于高频振荡器柜面板、控制柜系统面板和二层真空机组室上方。详见图6-2、6-3、6-7
	②设备自带显示辐照加速器装置运行状态的灯光信号和其他警示标志。	已落实，灯光信号见图6-6、6-8。加速器周围均贴有电离辐射标志。
	③加速器控制功能具备如下功能： a) 正常开机和停机的逻辑控制； b) 运行参数的设置、自动跟踪、显示和记录； c) 设置有固定式剂量监测仪，可实时在线监测，如超标限定值，立即报警停机； d) 设备故障显示、报警及自动停机； e) 安全联锁保护，包括主机房、辐射室门联锁、停机联锁等； f) 紧急停机。 g) 采用PLC加触摸屏的计算机系统实现加速器全面控制：在输入了能量、束流、工艺线速度等参数后，加速器可自动跟随工艺线运行，加速器运行无需值守。系统具有运行参数的实时显示与记录功能；具有水压、温度等监测报警功能；具有安全及电气连锁功能。	已落实，出厂设置已有相关功能。 1、固定式剂量监测探头共设有3处，分别位于屏蔽加速器的东、北、西侧，见图6-4、6-5、6-6，如超标限定值，立即报警停机。 2、主机房、辐射室门已安装联锁、停机联锁，见图6-4。 3、分别在振荡器、主机室、控制柜上设置了紧急停机按钮，见图6-5、6-7、6-10等。
	④加速器启动与工作时有警灯警铃连锁端子。	已落实，加速器辐照室上方已设置一个工作状态指示灯，并与加速器高压联锁，绿灯表示加速器停止运行，黄灯表示待机状态，红灯表示加速器装置正在运行。

续表6 环保检查结果

表6-2 3. 5MeV加速器机房环评表要求及落实情况

内容	环评表要求	环评表要求落实情况
污染防治措施	辐照室四周采用不同厚度的钢筋混凝土墙屏蔽，设置弓形迷道；主机室四周均采用相同厚度的钢筋混凝土墙	均已落实，7#辐照室已设置弓形多折线双迷道，屏蔽墙厚度见表2-2。
	(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；	已落实，已设置钥匙开关，并建立相关的制度。
	(2) 门机联锁。辐照室和主机室的门必须与束流控制和加速器高压联锁。辐照室门或主机室门打开时，加速器不能开机。加速器运行中门被打开则加速器应自动停机；	已落实，辐照室及主机室的防护门均设置门机联锁装置。见图6-34。
	(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；	已落实。加速器设置有多道防护措施，如当加速器出现电压及电子流超过正常值、真空度异常钛窗风压异常、振荡器故障等情况时，加速器会自动切断高压停止出束。
	(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；	均已落实，具体见图6-20至图6-23。
	(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；	均已落实，建设单位已在主机室和辐照室内设置9个“巡检按钮”，分布情况见图6-12，6-13；实物见图6-18，6-19。
	(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；	已落实，建设单位已在主机室和辐照室内设置3个“光电装置”，分布情况见图6-12，6-13；实物见图6-14、6-15、6-20、6-21。

续表6 环保检查结果

续表6-1 环评表要求及落实情况

内容	环评表要求	环评表要求落实情况
污染防治措施	（7）急停装置。在控制台上和主机室、辐照室内设置紧急停机装置(一般为拉线开关或按钮)，使之能在紧急状态下终止加速器的运行。辐照室及其迷道内的急停装置应采用拉线开关并覆盖全部区域。主机室和辐照室内还应设置开门机构，以便人员离开控制区；	均已落实，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。辐照室、主机室门口等处设有6个急停开关，见图6-16、6-34。
	（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；	已落实，辐照室和主机室的迷道内设置3处固定式辐射监测仪，并与出入口门连锁。实物见图6-42。
	（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；	已落实，公司在加速器停机后继续排风5min以保护工作人员。
	（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。	已落实，辐照室已设置烟雾报警装置，实物见图6-29。

续表6 环保检查结果

环评批复文件要求及落实情况见表6-2。由表6-1、表6-2可知，环评表及其批复文件中提出的要求已落实。

表6-2 环评批复文件要求及落实情况

环评批复文件要求	环评批复文件要求落实情况
1、严格按照报告表提出的要求建设辐照室的屏蔽、排风和水冷系统；严格按照要求设置加速器安全连锁系统、紧急停机开关、光电报警装置、实时监控装置、辐射监测系统等防护装置；加速器辐照室周围均须设置电离辐射警告标志。确保辐射工作人员和其他人员受到的剂量低于各自管理限值，严防辐射事故发生。	已按要求落实。按环评报告表的要求落实了屏蔽、排风和水冷系统。自屏蔽加速器设置了安全连锁系统、紧急停机开关、辐射监测系统等，7#加速器设置加速器安全连锁系统、紧急停机开关、光电报警装置、实时监控装置、辐射监测系统等防护装置。 加速器辐照室周围均已设置电离辐射警告标志
2、建立辐射防护管理机构，明确各成员职责；制定完善各项辐射安全管理规章制度、操作规程、监测计划和辐射事故应急预案；各项辐射管理规章制度张贴上墙。	1、建设单位已成立并制定辐射安全与防护管理机构。 2、已制定各项辐射安全管理制度，并张贴上墙。 3、已落实各项辐射安全措施。
3、加强射线装置的安全管理。检修和使用情况有详细记录；严格执行各项管理制度和操作规程，从事辐照作业前，必须仔细检查辐照装置的性能、门机联锁装置及报警系统的有效性、警告标志的状态、辐照室内人员等情况，落实风险防范措施，确保射线装置使用安全。	已制定台账管理制度（详见附件8），并按要求进行管理，定期对辐照装置的性能、门机联锁装置及报警系统的有效性、警告标志的状态进行检查。
4、做好人员安全防护和管理。操作人员必须经辐射安全和防护知识培训合格后上岗；配备剂量检测仪，报警仪，佩戴个人剂量计，个人剂量计每3个月到有资质的单位检测一次，建立个人剂量档案；做好职业健康检查并建立职业健康监护档案。	建设单位为20名辐射工作人员配备个人剂量计，并每季度由浙江中环检测技术有限公司进行检测；并配备1台FD-3013H型X-γ辐射剂量率仪、4台NT6101型X-γ辐射剂量率仪和7个NT6102型个人剂量报警仪；体检报告和个人剂量档案均已建档。
5、自行检查评估，发现安全隐患立即整改，每年年底应当编写射线装置安全与防护状况年度评估报告，并报当地生态环境部门。	每年按要求上报年度评估报告，并上传管理系统平台。
你公司须严格执行环保“三同时”制度，落实法人承诺，依法申领辐射安全许可证。	建设单位严格执行环境保护“三同时”制度；建设单位已委托温州瓯越检测科技有限公司进行竣工验收工作；并依法申领辐射安全许可证，见附件2。

续表6 环保检查结果

图6-1至图6-45为部分防护安全和环保措施落实情况。其中图6-1至图6-11为0.8MeV自屏蔽电子加速器防护安全和环保措施落实情况，图6-12至图6-42为3.5MeV电子加速器防护安全和环保措施落实情况，图6-43至图6-45为配备的监测设备。

0.8MeV自屏蔽电子加速器防护安全和环保措施落实情况

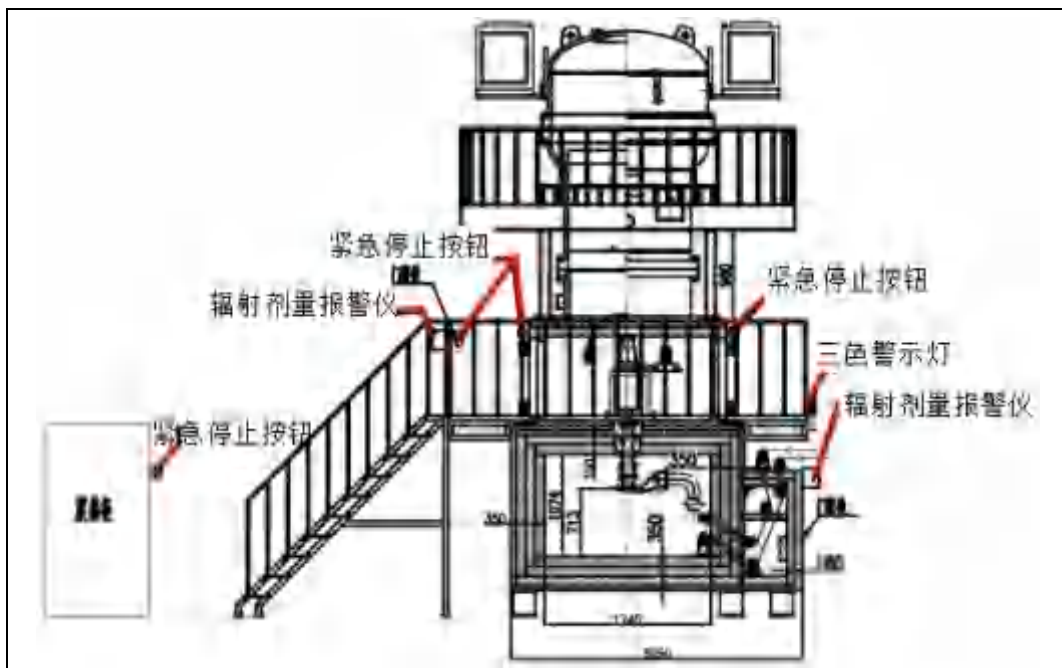


图6-1 0.8MeV自屏蔽电子加速器安全保护装置示意图



图6-2 自屏蔽电子加速器震荡柜急停按钮



图6-3 主机室内急停按钮

续表6 环保检查结果

0.8MeV自屏蔽电子加速器防护安全和环保措施落实情况

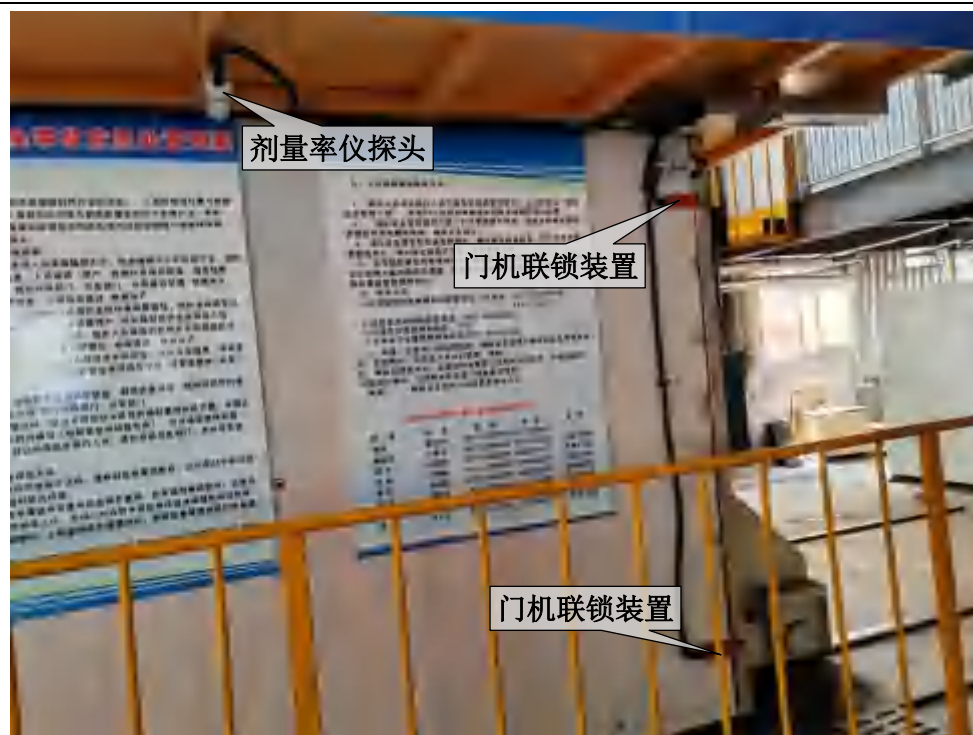


图6-4 0.8MeV自屏蔽电子加速器北侧
(规章制度上墙、警戒护栏、剂量率探头、门机联锁装置)



图6-5 0.8MeV自屏蔽电子加速器西侧
(电离辐射标识、警戒护栏、剂量率探头)

续表6 环保检查结果

0.8MeV自屏蔽电子加速器防护安全和环保措施落实情况



图6-6 0.8MeV自屏蔽电子加速器东侧
(进出线孔、电离辐射标识、剂量率探头、声光警示)



图6-7 0.8MeV自屏蔽电子加速器主机

续表6 环保检查结果

0.8MeV自屏蔽电子加速器防护安全和环保措施落实情况



图6-8 自屏蔽电子加速器声光警示



图6-9 自屏蔽电子加速器东侧操作区



图6-10 0.8MeV自屏蔽电子加速器控制柜



图6-11 控制柜上急停按钮

3. 5MeV电子加速器机房防护安全和环保措施落实情况

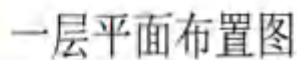


图6-12 3.5MeV电子加速器机房一层防护安全设施布置图

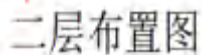


图6-13 3.5MeV电子加速器机房二层防护安全设施布置图

续表6 环保检查结果

3. 5MeV电子加速器机房防护安全和环保措施落实情况



图6-14 光电检测开关1



图6-15 光电检测开关2



图6-16 拉线开关、急停按钮、复位按钮



图6-17 拉线开关与文字说明



图6-18 6号巡检按钮与文字说明



图6-19 4号巡检按钮与文字说明

续表6 环保检查结果

3. 5MeV电子加速器机房防护安全和环保措施落实情况



图6-20 七#机房一层迷道（1）



图6-21 七#机房一层迷道（2）



图6-22 七#机房一层迷道（3）



图6-23 七#机房一层迷道（4）



图6-24 七#机房排风风道



图6-25 七#机房排风机铭牌

续表6 环保检查结果

3. 5MeV电子加速器机房防护安全和环保措施落实情况



图6-25 拉线开关



图6-27 拉线开关

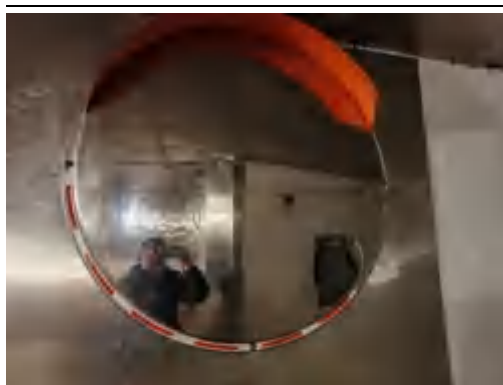


图6-28 视频监控观察镜

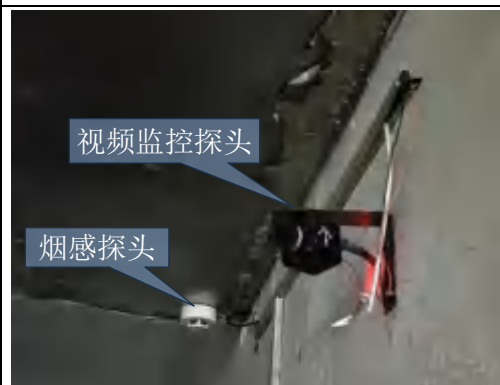


图6-29 辐照室内视频监控



图6-30 辐照厅内进出线孔



图6-31 辐照厅及传送装置



图6-30 七号机房北侧

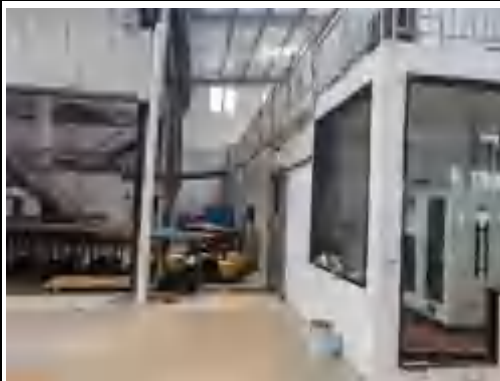


图6-31 七号机房东侧

续表6 环保检查结果

3. 5MeV电子加速器机房防护安全和环保措施落实情况

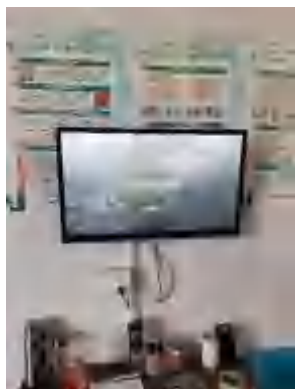


图6-32 操作室内视频监控1



图6-33 操作室内视频监控2



图6-34 七#机房一层工件入口门



图6-35 七#机房西侧



图6-36 七#机房北侧地坑出入口



图6-37 七#机房北侧出入线孔

续表6 环保检查结果

3. 5MeV电子加速器机房防护安全和环保措施落实情况



图6-38 七号机房北侧操作区



图6-39 七号机房东侧操作区



图6-40 七号机房南侧推车出入口



图6-41 七号机房北侧推车出入口

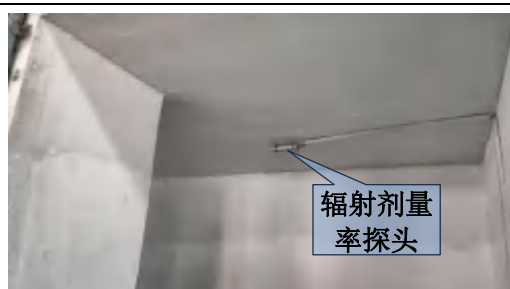


图6-42 固定式辐射剂量率探头(迷道内)



图6-43 NT6101型剂量当量（率）仪

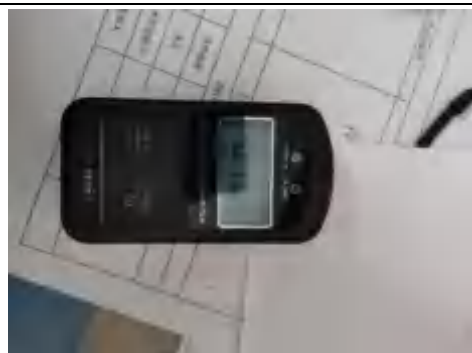


图6-44 NT6102型个人剂量当量（率）仪



图6-45 个人剂量计

续表6 环保检查结果

6.2防护安全、环境保护“三同时”制度执行情况

该建设单位防护安全、环境保护设施和措施主要有：

(1) 3.5MeV电子加速器机房的辐射防护设计

项目严格按设计方案与环评文件、批复意见的要求进行施工。3.5MeV加速器机房辐照室四周采用不同厚度的钢筋混凝土墙屏蔽，设置弓形迷道；主机室四周均采用相同厚度的钢筋混凝土墙。采用加速器安全联锁系统，避免人员误入主机室和辐照室时发生误照射事故，分别设置了钥匙控制、门机联锁、束下装置联锁、信号警示装置、巡检按钮、防人误入装置、急停装置、剂量联锁、通风联锁等，同时还烟雾报警装置，遇有火险时，加速器应立即停机并停止通风。

辐照室设计有地下U型通风管道，地下埋深1米，风机设计风量为28000立方每小时，排风管道引至屋顶排放，高度为20米，工作期间开启通风管进行机械排风，每小时有效通风换气次数不小于3次，降低室内臭氧和氮氧化物的浓度。

(2) 0.8MeV自屏蔽电子加速器的辐射防护设计

项目严格按设计方案与环评文件、批复意见的要求进行施工。加速器设置了联锁系统和监控、紧急停机开关等，自带显示辐照加速器装置运行状态的灯光信号，绿灯表示加速器停止运行，黄灯表示待机状态，红灯表示加速器装置正在运行；设置有固定式剂量监测仪，可实时在线监测，如超标限定值，立即报警停机；分别在高频振荡器柜面板、控制柜系统面板和二层真空机组室上方设置了紧急停机开关。

辐照室设有通风管道并引至屋顶，风机设计风量为5200立方每小时，排放高度为20米，工作期间保证作业时开启通风管进行机械排风，每小时有效通风换气次数不小于3次，降低室内臭氧和氮氧化物的浓度。

(3) “三同时”制度

该建设单位0.8MeV自屏蔽电子加速器与3.5MeV电子加速器机房的放射防护设施、安全管理措施与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用，项目建设执行了防护安全、环境保护“三同时”制度。

续表6 环保检查结果

6.3 辐射安全许可制度执行情况

该建设单位已取得了《辐射安全许可证》，证书编号：浙环辐证[C0029]，有效期至2025年3月19日。

检查结果表明，该建设单位目前单位名称、地址、法定代表人、辐射工作种类和范围（使用Ⅱ类射线装置）与获得的许可情况一致。实际与许可内容明细相一致。

6.4 辐射工作人员情况

该建设单位现有20名辐射工作人员，每年工作300天，一天两班工作制，工作时最多使用7台辐照加速器，可以满足的生产的需要。

公司于2022年10月25-28日安排以上20名辐射工作人员到温州市人民医院参加在岗期间职业健康体检，放射工作适任性意见为可继续原放射工作20名。职业健康检查报告编号为（温人医）放检字第（2022-1142F）号，报告内容详见附件6。

表6-3 公司辐射安全与防护培训学习合格证书一览表

序号	姓名	合格证书编号	首次发证日期	培训机构	复训时间	复训机构
1	虞方良	201605402	2016年 6月20日	浙江省国辐环保科技有限公司	2019年 12月18日	浙江省辐射防护协会
2	周朝成	201605403				
3	许钻俊	201605404				
4	张新球	201605405				
5	余达相	201605406				
6	孔渊博	201605407				
7	童品强	201605408				
8	叶巨林	201605409				

续表6 环保检查结果

表6-4 公司核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单

序号	姓名	成绩报告单编号	有效期
1	王斌	FS21ZJ1600092	2021年06月18日至2026年06月18日
2	王利	FS21ZJ1600093	2021年06月18日至2026年06月18日
3	杨亦飞	FS21ZJ1600094	2021年06月18日至2026年06月18日
4	王素丽	FS21ZJ1600096	2021年06月18日至2026年06月18日
5	王思思	FS21ZJ1600097	2021年06月18日至2026年06月18日
6	王春才	FS22ZJ1600081	2022年07月12日至2027年07月12日
7	王振彦	FS22ZJ1600082	2022年07月12日至2027年07月12日
8	杨应雄	FS22ZJ1600083	2022年07月12日至2027年07月12日
9	孙成	FS22ZJ1600084	2022年07月12日至2027年07月12日
10	屠明培	FS22ZJ1600085	2022年07月12日至2027年07月12日
11	虞桂生	FS22ZJ1600086	2022年07月12日至2027年07月12日
12	张兵	FS22ZJ1600087	2022年07月12日至2027年07月12日

6.5 防护用品配备情况

根据要求，该公司配置了放射防护用品，以减少不必要的照射。公司已配置的防护用品如下：

表6-5 公司配备的放射防护用品

序号	仪器设备名称	仪器设备型号	数量 (台)	投入使用日期
1	剂量当量（率）仪	NT6101	4	20220324
2	个人剂量当量（率）仪	NT6102	7	——
3	剂量当量（率）仪	FD-3013H	1	20120426
4	固定式 γ 射线监测仪器	RL5100	6	20220307
5	固定式 γ 射线监测仪器	RL5108	1	20230214

表7 验收检测结论及建议

7.1 验收检测结论

(1) 建设单位年新增2万千米和1000吨电子加速器及辐照生产线技改项目落实了环境影响评价制度，该项目环境影响报告表及其批复文件中要求的辐射防护和安全措施已基本落实。

(2) 该项目建设，基本落实了防护与安全和环境保护“三同时”制度，屏蔽能力均能符合《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）的要求。

(3) 该建设单位开展年新增2万千米和1000吨电子加速器及辐照生产线技改项目，依照《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的规定，取得了辐射安全许可证（浙环辐证[C0029]）。

(4) 检测结果表明：0.8MeV自屏蔽电子加速器开机时在距辐照装置表面5cm处周围各检测点位的X-辐射剂量率在0.13-0.16uSv/h之间，符合《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）规定的在距辐照装置表面5cm处测量结果一般应不大于2.5uGy/h的要求；3.5MeV电子加速器开机时屏蔽体外表面30cm处周围各检测点位的X-γ辐射剂量率在0.19-0.23uSv/h之间，符合《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）规定的屏蔽体外表面30cm处周围剂量当量率不大于2.5uSv/h的要求。

(5) 个人剂量计算和实测结果表明，辐射工作人员个人剂量小于职业工作人员5mSv的个人剂量约束值，公众附加剂量低于0.1mSv的剂量约束值。因此，该项目所致的工作人员职业照射和公众照射个人年有效剂量满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》GB18871-2002规定的职业照射和公众照射年有效剂量约束值的要求。

(6) 现场检查结果表明，该建设单位辐射安全管理机构健全，辐射防护和安全管理、设备操作规程基本完善；制订了监测计划、辐射事故应急预案；辐射防护和环境保护相关档案资料齐备；该建设单位辐射防护管理工作基本规范。

(7) 建设单位基本落实了辐射工作人员培训、个人剂量检测、职业健康体检，并建立个人剂量档案。公司从事辐射工作的20名人员辐射安全与防护

续表7 验收检测结论及建议

培训并考核合格。取得成绩合格证书的人员，应当每五年进行重新考核。

公司于2022年10月25-28日安排以上20名辐射工作人员到温州市人民医院参加在岗期间职业健康体检，放射工作适任性意见为可继续原放射工作20名。

该公司已与浙江中环检测科技股份有限公司签订了放射工作人员外照射个人剂量监测合同。个人剂量计每3个月送有资质的单位进行个人剂量检测，建立了个人剂量档案，并加强档案管理。

(8) 该公司已建立年度评估制度，每年度进行一次放射工作场所防护监测，编写辐照加速器使用的安全和防护状况年度评估报告，并于每年年底前上报许可证审批机关备案，接受行政机关的监督检查。

(9) 环境风险及防范措施调查结论

辐射工作场所落实了的环境风险防范措施，并制定了《辐射事故应急处理预案》，确保有序地组织开展事故救援工作，能最大限度地减少或消除事故和紧急情况造成的影响，避免事故蔓延和扩大，保护人群健康。

综上所述，温州高科原子辐照有限公司年新增2万千米和1000吨电子加速器及辐照生产线技改项目基本落实了环境影响评价报告及批复文件的相关要求，项目运行对周围环境产生的影响符合辐射防护和环境保护要求，符合《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）的有关规定，具备竣工环境保护验收条件。

7.2 建议

(1) 公司应加强辐射安全与防护管理，加强辐射安全和防护专业知识及法律法规培训，辐射工作人员应及时参加考试并考试合格后上岗。

(2) 公司应严格落实每年度放射工作场所防护监测，编写辐射安全与防护状况评估报告，做好年度评估相关工作。

(3) 建议放射工作人员规范使用辐射剂量仪器（手持式辐射巡测仪、个人报警仪、个人剂量计），并形成制度，保障安全。

(4) 定期对辐射工作场所进行监测，发现问题及时整改。

温州高科原子辐照有限公司
年新增2万千米和1000吨电子加速器及辐照生产线技改项目
竣工环境保护验收意见

2023年8月22日，温州高科原子辐照有限公司依据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评[2017]4号）有关规定，组织召开了温州高科原子辐照有限公司年新增2万千米和1000吨电子加速器及辐照生产线技改项目竣工环境保护验收会议。会议期间，与会人员观看了项目现场，建设单位介绍了工程环境保护执行情况，验收监测报告编制单位汇报了工程环境保护验收情况，经查阅资料，认真讨论，形成验收意见如下：

一、工程建设基本情况

温州高科原子辐照有限公司位于温州市乐清经济开发区纬十九路227号。本次验收规模为辐照车间北侧扩建一间7#加速器机房，机房内配置1台AB3.5-30型电子加速器（最大能量为3.5MeV），并于辐照车间东南侧扩建一台AB0.8-60型6#自屏蔽电子加速器，项目已建成投入试运行，属使用Ⅱ类射线装置。项目总投资1700万元，环保投资550万元，占总投资的32.4%。

建设单位委托杭州旭辐监测技术有限公司对年新增2万千米和1000吨电子加速器及辐照生产线技改项目环境影响进行了评价，编制了项目环境影响报告表，2021年4月27日，温州市生态环境局以“温环辐[2021]17号”文件对《温州高科原子辐照有限公司年新增2万千米和1000吨电子加速器及辐照生产线技改项目环境影响报告表》进行了批复。公司现持有辐射安全许可证，证书编号：浙环辐证[C0029]，种类和范围和使用Ⅱ类射线装置，有效期至2025年9月19日。

二、工程变动情况

本项目建设地点、性质、采取的防护措施等与环评批复内容基本一

致。

三、辐射安全防护措施落实情况

(1) 7#电子加速器机房

7#加速器机房辐照室东西净宽8.2m，南北净长13m，净高2.2m；各墙体均为混凝土结构（密度不低于 $2.35\text{g}/\text{cm}^2$ ），主屏蔽墙厚度为1800mm，迷道墙体厚度为1000mm，辐照室顶棚厚度为1200mm；迷道为弓形多折线双迷道，门洞尺寸为宽1400mm×高2200mm；L型通风管道地下埋深1米，排出口高度约为20m；电缆孔为L型出线，与墙成 45° 的方式斜穿墙体，直径209mm，穿墙长度约270cm。

7#加速器机房主机室室内东西净宽10m，南北净长15.6m，净高12.5m，总净容积为约156m³；各墙体及迷道墙为混凝土结构（密度不低于 $2.35\text{g}/\text{cm}^2$ ），各屏蔽墙厚度均为700mm，室顶厚度为500mm；调试时于7#辐照主机室内放置辐照装置，向下出束。电缆孔为地上预埋管，倾角 $<45^\circ$ ，高度7.9m，直径为50mm。

(2) 0.8MeV自屏蔽电子加速器

AB0.8-60型电子加速器为自屏蔽结构，辐照室屏蔽板为440mmA3板+1mm304板；真空室屏蔽板为160mmA3板+1mm304板；钢筒屏蔽板为40mm的锅炉20钢；辅助房屏蔽板为200mmA3板+1mm304板；出线房屏蔽板为200mmA3板+1mm304板。

7#电子加速器房设置了出束安全联锁钥匙开关、门联锁、巡检按钮、急停按钮、急停拉线、束下装置联锁、警灯警铃、监视装置、红外、烟雾报警装置、防火措施、通风联锁及其它安全辅助设备，可满足相应标准要求。

0.8MeV自屏蔽电子加速器设有功能齐全、性能可靠的安全联锁系统和监控、紧急停机开关等设置；设备自带显示辐照加速器装置运行状态的灯

光信号和其他警示标志；③加速器控制功能具备如下功能：正常开机和停机的逻辑控制；运行参数的设置、自动跟踪、显示和记录；设置有固定式剂量监测仪，可实时在线监测，如超标限定值，立即报警停机；设备故障显示、报警及自动停机；安全联锁保护，包括主机房、辐射室门联锁、停机联锁等；紧急停机等；采用PLC加触摸屏的计算机系统实现加速器全面控制；在输入了能量、束流、工艺线速度等参数后，加速器可自动跟随工艺线运行，加速器运行无需值守。系统具有运行参数的实时显示与记录功能；具有水压、温度等监测报警功能；具有安全及电气连锁功能；加速器启动与工作时警灯警铃联锁端子。

四、辐射安全管理落实情况

(1) 公司成立了辐射安全与环境保护管理小组，签订了辐射安全工作责任书，明确公司法人代表为本单位辐射安全工作第一责任人，指定专人负责射线装置的安全和防护工作。

(2) 公司制定了《辐射安全防护管理制度》，《岗位职责》，《辐射防护和安全保卫制度》，《辐射环境监测方案》，《电子辐照加速器安全操作规程》，《人员培训计划》等制度并依照实施，落实了各制度要求；制定了《辐射事故应急预案》，开展了应急演练。每年1月31日前向当地生态环境部门提交年度评估报告。

(3) 公司配置了20名辐射工作人员，均已通过辐射安全与防护培训考核，处于有效期内；已委托浙江中环开展个人剂量监测，建立了个人剂量档案。

(4) 辐射监测仪。公司配备了7个NT6102个人剂量报警仪，4台NT6101便携式X-γ辐射检测仪，6部RL5100型固定式γ辐射检测仪和1部RL5108型固定式γ辐射检测仪，1台FD-3013H测量当量（率）仪。

五、验收监测结果及人员受照剂量

1. 监测结果

电子辐照加速器状态下，自屏蔽电子加速器开机时在距辐照装置表面5cm处周围各检测点位的X- γ 辐射剂量率在0.13-0.16 μ Sv/h之间，符合《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》（GBZ141-2002）规定的在距辐照装置表面5cm处测量结果一般应不大于2.5 μ Gy/h的要求；

3.5MeV电子加速器开机时屏蔽体外表面30cm处周围各检测点位的X- γ 辐射剂量率在0.19-0.23 μ Sv/h之间，符合《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）规定的屏蔽体外表面30cm处周围剂量当量率不大于2.5 μ Sv/h的要求。

2. 辐射工作人员与公众受照剂量结果

(1) 辐射工作人员

根据个人剂量检测结果可知，辐射工作人员最大年受照剂量为0.296mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定辐射工作人员的剂量限值20mSv/a，也低于环评报告表提出的年管理剂量约束值5.0mSv/a。

(2) 公众成员

根据验收监测结果估算，公众成员年有效剂量为0.019mSv，低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中规定公众成员的剂量限值1mSv/a，也低于环评报告表提出的0.1mSv/a管理约束值。

六、验收结论

温州高科原子辐照有限公司年新增2万千米和1000吨电子加速器及辐照生产线技改项目环保手续齐全，基本落实了辐射安全管理制度和辐射安全防护各项措施，验收监测结果满足相关标准要求，对辐射工作人

员和公众成员是安全的，符合建设项目竣工环境保护验收条件。经审议，验收工作组同意该项目通过环境保护设施竣工验收。

七、后续要求

(1) 公司应加强辐射安全与防护管理，加强辐射安全和防护专业知识及法律法规培训，辐射工作人员应及时参加考试并考试合格后上岗。

(2) 定期对辐射安全防护设施及措施进行检查。

陈永良 叶培春
王振强 王利 薛松生 周朝明

温州高科原子辐照有限公司

2023年8月23日



会议签到表

项目名称	温州高科原子辐照有限公司年新增2万千瓦米和1000吨电子加速器及辐照生产线技改项目竣工环境保护验收会			
会议地点	公司会议室			
会议时间	2023年8月22日			
参加人员	姓名	单位	职务/职称	电话
	陈方平	温州高科原子辐照有限公司	总经理	1377728877
	叶培春	温州生态环境监测中心	高工	1395772098
	陈以成	温州生态环境监测中心	总工程师	1995209898
	王振东	温州高科原子辐照有限公司	电气工程师	1825777313
	王利	温州高科原子辐照有限公司	办公室主任	1595773851
	周朝成	温州高科原子辐照有限公司	工程师	13868722271
	虞杜生	温州高科原子辐照有限公司	工艺部	1377724344