

---

湖州雷火辐照技术有限公司  
新建1台辐照电子加速器项目  
竣工环境保护验收监测报告表

建设单位：湖州雷火辐照技术有限公司

编制单位：湖州雷火辐照技术有限公司

二〇二六年三月

---

# 目 录

<b>表 1 项目基本情况</b> .....	<b>1</b>
<b>表 2 项目建设情况</b> .....	<b>11</b>
2.1 项目建设内容 .....	11
2.2 源项情况 .....	16
2.3 工程设备与工艺分析 .....	17
<b>表 3 辐射安全与防护设施/措施</b> .....	<b>20</b>
3.1 场所布局 .....	20
3.2 辐射安全及防护措施 .....	22
3.3 放射性三废的处理 .....	27
<b>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</b> .....	<b>28</b>
<b>表 5 验收监测质量保证及质量控制</b> .....	<b>41</b>
5.1 监测分析方法 .....	41
5.2 监测仪器 .....	41
5.3 监测人员能力 .....	41
5.4 实验室认可认证 .....	41
<b>表 6 验收监测内容</b> .....	<b>42</b>
6.1 监测因子及频次 .....	42
6.2 监测布点 .....	42
<b>表 7 验收监测</b> .....	<b>45</b>
7.1 验收监测期间运行工况记录 .....	45
7.2 验收监测结果 .....	45
7.3 剂量监测和估算结果 .....	47
<b>表 8 验收监测结论</b> .....	<b>49</b>
8.1 安全防护、环境保护“三同时”制度执行情况 .....	49
8.2 污染物排放监测结果 .....	49
8.3 工程建设对环境的影响 .....	49
8.4 辐射安全防护、环境保护管理 .....	49
<b>附件 1：环境影响报告表审批意见</b> .....	<b>51</b>

表 1 项目基本情况

建设项目名称		湖州雷大辐照技术有限公司新建 1 台辐照电子加速器项目			
建设单位名称		湖州雷大辐照技术有限公司			
项目性质		<input checked="" type="checkbox"/> 新建 <input type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建			
建设地点		浙江省湖州市安吉县天子湖镇工业园区五福路 35 号网驿产业园 3 幢 1 号			
源项		放射源		/	
		非密封放射性物质		/	
		射线装置		1 台工业辐照用加速器	
建设项目环评批复时间		2023 年 08 月 31 日	开工建设时间		2025 年 8 月 6 日
取得辐射安全许可证时间		2025 年 10 月 24 日	项目投入运行时间		2026 年 1 月 5 日
辐射安全与防护设施投入运行时间		2026 年 1 月 5 日	验收现场监测时间		2026 年 01 月 15 日
环评报告表审批部门		湖州市生态环境局	环评报告表编制单位		卫康环保科技（浙江）有限公司
辐射安全与防护设施设计单位		/	辐射安全与防护设施施工单位		/
投资总概算（万元）	2500	辐射安全与防护设施投资总概算（万元）		200	比例 8%
实际总概算（万元）	2550	辐射安全与防护设施实际总概算（万元）		210	比例 8.2%

验收依据	<p>(1) 《中华人民共和国放射性污染防治法》，中华人民共和国主席令第81号(2017年11月5日第三次修正并施行)；</p> <p>(2) 《建设项目环境保护管理条例》，国务院令第253号，1998年11月29日；国务院令第682号，2017年6月21日修正，2017年7月16日发布，2017年10月1日实施；</p> <p>(3) 《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，国务院令第449号，2005年12月1日；中华人民共和国国务院令第709号，《国务院关于修改部分行政法规的决定》修正，2019年3月2日修订，2019年3月18日发布并实施；</p> <p>(4) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》(2008修正版)，国家环境保护部令第3号，2008年12月6日；环境保护部令第47号，2017年12月20日修改并实施；生态环境部令第7号，2019年8月22日修改并实施；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，环境保护部令第18号，2011年5月1日；</p> <p>(6) 《关于发布&lt;射线装置分类&gt;的公告》，环境保护部和国家卫生和计划生育委员会公告2017年第66号，2017年12月5日起施行；</p> <p>(7) 《关于建立放射性同位素与射线装置辐射事故分级处理和报告制度的通知》(环发[2006]145号)，国家环境保护总局，2006年9月26日；</p> <p>(8) 关于发布《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》，国环规环评[2017]4号，中华人民共和国环境保护部，2017年11月20日；</p> <p>(9) 《建设项目环境影响评价分类管理名录》(2021年版)，中华人民共和国生态环境部第16号令，2020年11月30日公布，2021年1月1日起施行；</p>
------	--

<p>验收依据</p>	<p>(10) 《浙江省建设项目环境保护管理办法(2021 年修正)》, 浙江省人民政府令第 388 号, 2021 年 2 月 1 日起施行;</p> <p>(11) 《浙江省辐射环境管理办法(2021 年修正)》, 浙江省人民政府令第 388 号, 2021 年 2 月 1 日起施行;</p> <p>(12) 《浙江省环保局建设项目环境保护“三同时”管理办法》(浙环发[2007]12 号文), 浙江省环境保护局, 2007 年;</p> <p>(13) 《环境 <math>\gamma</math> 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021);</p> <p>(14) 《辐射环境监测技术规范》(HJ 61-2021);</p> <p>(15) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ 979-2018);</p> <p>(16) 《湖州雷大辐照技术有限公司新建 1 台辐照电子加速器项目环境影响报告表》, 卫康环保科技(浙江)有限公司, 2023 年 8 月;</p> <p>(17) 《湖州市生态环境局关于湖州雷大辐照技术有限公司新建 1 台辐照电子加速器项目环境影响报告表的审查意见》(湖环辐管[2023]14 号), 湖州市生态环境局, 2023 年 8 月 31 日。</p>
-------------	---

验收执行标准	<p>(1) 《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)</p> <p><b>4.3.3 防护与安全的最优化</b></p> <p>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）。</p> <p><b>B1 剂量限值</b></p> <p><b>B1.1 职业照射</b></p> <p><b>B1.1.1 剂量限值</b></p> <p>B1.1.1.1 应对任何工作人员的照射水平进行控制，使之不超过下述限值：</p> <p>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。</p> <p>本项目取其四分之一作为管理限值，即：</p> <p>职业照射剂量限值：20mSv/a；剂量约束值：5mSv/a。</p> <p><b>B1.2 公众照射</b></p> <p><b>B1.2.1 剂量限值</b></p> <p>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算值不应超过下述限值：</p> <p>a) 年有效剂量，1mSv。</p> <p>本项目取其四分之一作为管理限值，即：</p> <p>公众照射剂量限值：1mSv/a；剂量约束值：0.1mSv/a。</p> <p>(2) 《粒子加速器辐射防护规定》(GB 5172-1985)</p> <p>本规定适用于加速粒子的单核能量低于 100MeV 的粒子加速器（不包括医疗用加速器和象密封型中子管之类的可移</p>
--------	--

验收执行标准	<p>动加速器) 设施。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <p><b>3.2 辐射屏蔽</b></p> <p>3.2.1 加速器的屏蔽体厚度必须根据加速粒子的种类、能量和束流强度以及靶材料等综合考虑; 按其可能的最大辐射输出进行设计。</p> <p>3.2.2 加速器的屏蔽体厚度还应根据相邻区域的类型及其人口数确定, 使其群体的集体剂量当量保持在可以合理做到的尽可能低的水平。并须保证个人所接受的剂量当量不得超过相应的剂量当量限值。</p> <p><b>3.3 辐射安全系统</b></p> <p>3.3.1 决定加速器产生辐射的主要控制系统应该用开关钥匙控制。</p> <p>3.3.2 加速器厅、靶厅的门均需安装连锁装置, 只有门关闭后才能产生辐射。</p> <p>3.3.3 在加速器厅、靶厅内人员容易到达的地点, 应安装紧急停机或紧急断束开关, 并且这种开关应当有醒目的标志。</p> <p>3.3.4 在加速器厅、靶厅内人员容易看到的地方须安装闪光式或螺旋式红色警告灯及音响警告装置, 在通往辐射区的走廊, 出入口和控制台上须安装工作状态指示灯。</p> <p>3.3.5 在高辐射区和辐射区, 应该安装遥控辐射监测系统。该系统的数字显示装置应安装在控制台上或监测位置。当辐射超过预定水平时, 该系统的音响和 (或) 灯光警告装置应当发出警告信号。</p> <p>3.3.6 每台加速器必须根据其特点配备其他辐射监测装</p>
--------	---

验收执行标准	<p>置，如个人剂量计，可携式监测仪。</p> <p>3.3.7 辐射安全系统的部件质量要好，安装必须坚实可靠。系统的组件应耐辐射损伤。</p> <p><b>3.4 通风系统</b></p> <p>3.4.1 为排放有毒气体（如臭氧）和气载放射性物质，加速器设施内必须设有通风装置。</p> <p>3.4.2 通风系统的排风速率应根据可能产生的有害气体的数量和工作需要而定。通风系统的进气口应避免受到排出气体的污染。</p> <p>3.4.3 通风管道通过屏蔽体时，必须采取措施，保证不得明显地减弱屏蔽体的屏蔽效果。</p> <p>E.2.1 加速器设施内应有良好的通风，以保证臭氧的浓度低于 0.3mg/m<sup>3</sup>。</p> <p><b>(3) 《γ射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ 141-2002)</b></p> <p>本标准适用于各种类型的γ源辐照装置和能量小于或等于 10MeV 的电子加速器辐照装置。</p> <p><b>3.2 电子束辐照装置</b></p> <p>按人员可接近辐照装置的情况分为：</p> <p>I 类 配有联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。</p> <p>II 类 安装在屏蔽室（辐照室）内的辐照装置，运行期间借助于入口控制系统防止人员进入辐照室。</p> <p><b>5 检测方法与评价</b></p> <p><b>5.1 外照射泄漏辐射水平检测</b></p> <p><b>5.1.4 II、IV 类 γ 射线辐照装置和 II 类电子束辐照装置辐照室外的辐射水平检测</b></p> <p>5.1.4.1 空气比释动能率的测量位置如下：</p> <p>(2) 距辐照室各屏蔽墙和出入口外 30cm 处。</p> <p>(3) 对于单层建筑的辐照装置,过辐射源中心垂直于辐照</p>
--------	---

验收执行标准	<p>室屏蔽墙的任一垂线上，自屏蔽墙外表面至距其 20m 范围内人员可以到达的区域。</p> <p>(4) 对于单层建筑的辐照装置，当距其 50m 内建有高层楼房且高层位于辐射源照射位置至辐照装置室顶所张的立体角区域内时，在辐照装置室顶和（或）相应的建筑物高层测量。</p> <p>5.1.4.2 运行中的定期测量应选定固定的检测点，它们必须包括：贮源水井表面、辐照室各入口、出口，穿过辐照室的通风、管线外口，各屏蔽墙和屏蔽顶外，操作室及与辐照室直接相邻的各房间等。</p> <p>5.1.4.3 测量结果应符合 GB 17279 第 5 条（即“对监督区，在距屏蔽体的可达界面 30cm，由穿透辐射所产生的平均剂量率应不大于 <math>2.5 \times 10^{-3} \text{mSv/h}</math>”）。</p> <p>(4) 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T 25306-2010）按照 GBZ 2.1-2007，有害气体职业接触限值如下</p> <p>a) 臭氧，最高容许浓度：<math>0.3 \text{mg/m}^3</math></p> <p>注：此项限值主要在辐射室，在辐射室，由于射线导致空气电离主要产生臭氧和二氧化氮这两种有害气体。</p> <p>(5) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）本标准适用于辐照加工用能量不高于 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。</p> <p>4.1.2 辐射工作场所的分区</p> <p>按照 GB 18871 的规定，电子加速器辐照装置的工作场所分为：</p> <p>控制区，如主机室和辐照室及各自出入口以内的区域；</p> <p>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。</p>
--------	--

验收执行标准	<p>4.2.1 辐射防护原则</p> <p>(3) 个人剂量约束</p> <p>辐射工作人员职业照射和公众照射的剂量限值应满足 GB18871 的要求。</p> <p>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限值规定为：</p> <p>a) 辐射工作人员个人年有效剂量为 5mSv</p> <p>b) 公众成员个人年有效剂量为 0.1mSv 。</p> <p>4.2.2 辐射屏蔽设计依据</p> <p>电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处级以外区域周围剂量当量率不能超过 <math>2.5 \mu\text{Sv/h}</math>。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。</p> <p>6 电子加速器辐照装置的安全设计</p> <p>6.1 联锁要求</p> <p>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。</p> <p>安全联锁引发加速器停机时必须自动切断高压。</p> <p>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。</p> <p>6.2 安全设施</p> <p>(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；</p> <p>(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；</p>
--------	--

<b>验收执行标准</b>	<p>(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；</p> <p>(4) 信号警示装置。在控制区出入口处及内部应设置灯光和音响警示信号，用于开机前对主机室和辐照室内人员的警示。主机室和辐照室出入口设置工作状态指示装置，并与电子加速器辐照装置联锁；</p> <p>(5) 巡检按钮。主机室和辐照室内应设置“巡检按钮”，并与控制台联锁。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；</p> <p>(6) 防人误入装置。在主机室和辐照室的人员出入口通道内设置三道防人误入的安全联锁装置（一般可采用光电装置），并与加速器的开、停机联锁；</p> <p>(7) 急停装置。在控制台上和主机室、辐照室内设置紧急停机装置（一般为拉线开关或按钮），使之能在紧急状态下终止加速器的运行。辐照室及其迷道内的急停装置应采用拉线开关并覆盖全部区域。主机室和辐照室内还应设置开门机构，以便人员离开控制；</p> <p>(8) 剂量联锁。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联锁。当主机室和辐照室内的辐射水平高于仪器设定的阈值时，主机室和辐照室门无法打开；</p> <p>(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低于允许值；</p> <p>(10) 烟雾报警。辐照室应设置烟雾报警装置，遇有火灾时，加速器应立即停机并停止通风。</p> <p>6.3 其他要求</p> <p>6.3.1 电气系统</p>
---------------	---

验收执行标准	<p>(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。</p> <p>(2) 主机室、辐照室、控制室应设置应急照明系统。</p> <p>(3) 各供电系统及相关设备应有可靠的接地系统。</p> <p>(4) 凡有高压危险的部位，应设置高压联锁、高压放电保护装置。</p> <p><b>6.3.2 给水系统</b></p> <p>(1) 应根据加速器装置总用水要求，提供有一定裕量的水流量和水压。</p> <p>(2) 根据加速器装置和束下装置等设备工艺要求的水质、水温、热交换负荷进行设计。</p> <p><b>6.3.3 通风系统</b></p> <p>(1) 主机室和辐照室应设置通风系统，以保证辐照分解产生的臭氧等有害气体浓度满足 GBZ2.1 的规定。有害气体的排放应满足 GB3095 的规定。</p> <p>(2) 臭氧的产生和排放。</p> <p>(3) 辐照室内的主排气口应设置在易于排放臭氧的位置，例如扫描窗下方的位置。</p> <p>(4) 排风口的高度应根据 GB3095 的规定、有害气体排出量和辐照装置附近环境与气象资料计算确定。</p> <p><b>6.3.4 防火系统</b></p> <p>辐照室和主机室的耐火等级应不低于二级，并设置火灾报警装置和有效的灭火设施。</p> <p><b>7.3.3 项目管理目标</b></p> <p>综合上述，本项目选取标准如下：</p> <p>①以 5 mSv 作为辐射工作人员的辐射剂量约束值；</p> <p>②以 0.1mSv 作为公众的辐射剂量约束值；</p> <p>③电子加速器辐照装置外人员可达区域屏蔽体外表面 30cm 处级以外区域周围剂量当量率不能超过 2.5<math>\mu</math>Sv/h。</p>
--------	---

表 2 项目建设情况

## 2.1 项目建设内容

### 2.1.1 建设单位简介

湖州雷大辐照技术有限公司位于浙江省湖州市安吉县天子湖镇工业园区五福路 35 号网驿产业园 3 幢 1 号（自主申报），成立于 2021 年 03 月 19 日。经营范围包括一般项目：技术服务、技术开发、技术咨询、技术交流、技术转让、技术推广（除依法须经批准的项目外，凭营业执照依法自主开展经营活动）。

为开展对视频、医疗用品、保健品、药材、化妆品、水果、农产品等进行辐照灭菌保险加工服务的业务，湖州雷大辐照技术有限公司在浙江省湖州市安吉县天子湖镇工业园区五福路 35 号网驿产业园 3 幢 1 号厂房 1 层西南侧新建一座工业辐照加速器机房，并配备 1 台 DL-DZ-10/20 型辐照加速器，主要技术参数为 10MeV、2mA。

本次验收规模：1 台 DL-DZ-10/20 型辐照电子加速器（最大能量 10MeV），位于浙江省湖州市安吉县天子湖镇工业园区五福路 35 号网驿产业园 3 幢 1 号厂房 1 层西南侧工业辐照加速器机房。

根据国家有关建设项目辐射环境管理规定，公司委托卫康环保科技（杭州）有限公司于 2023 年 8 月完成了本项目的辐射环境影响评价。2023 年 8 月 31 日，湖州市生态环境局以“湖环辐管[2023]14 号”对该环评文件进行批复。2025 年 10 月 24 日，公司申领了浙江省生态环境厅颁发的《辐射安全许可证》（浙环辐证[E2688]），许可种类和范围为：使用 II 类射线装置；有效期至 2030 年 10 月 23 日。

根据《建设项目环境保护管理条例》的规定，建设项目竣工后，建设单位应当按照国务院环境保护行政主管部门规定的标准和程序，对配套建设的环境保护设施进行验收，编制验收报告。建设单位需自行组织验收。

## 续表 2 项目建设情况

## 2.1.3 地理位置及平面布置

本项目建设地址位于浙江省湖州市安吉县天子湖镇工业园区五福路 35 号网驿产业园 3 幢 1 号厂房 1 楼西南侧，项目位置见图 2-1。公司东侧为园内道路和兴业路，南侧和西侧为园内道路和网驿产业园其他厂房，北侧为园内道路和五福路。网驿产业园总平面布置图及本项目评价范围示意图 2 见图 2-2，公司一层平面图见图 2-3，公司二层平面图见图 2-4。



图 2-1 项目地理位置图

续表 2 项目建设情况



图 2-2 网驿产业园总平面布置图及本项目评价范围示意图



续表 2 项目建设情况

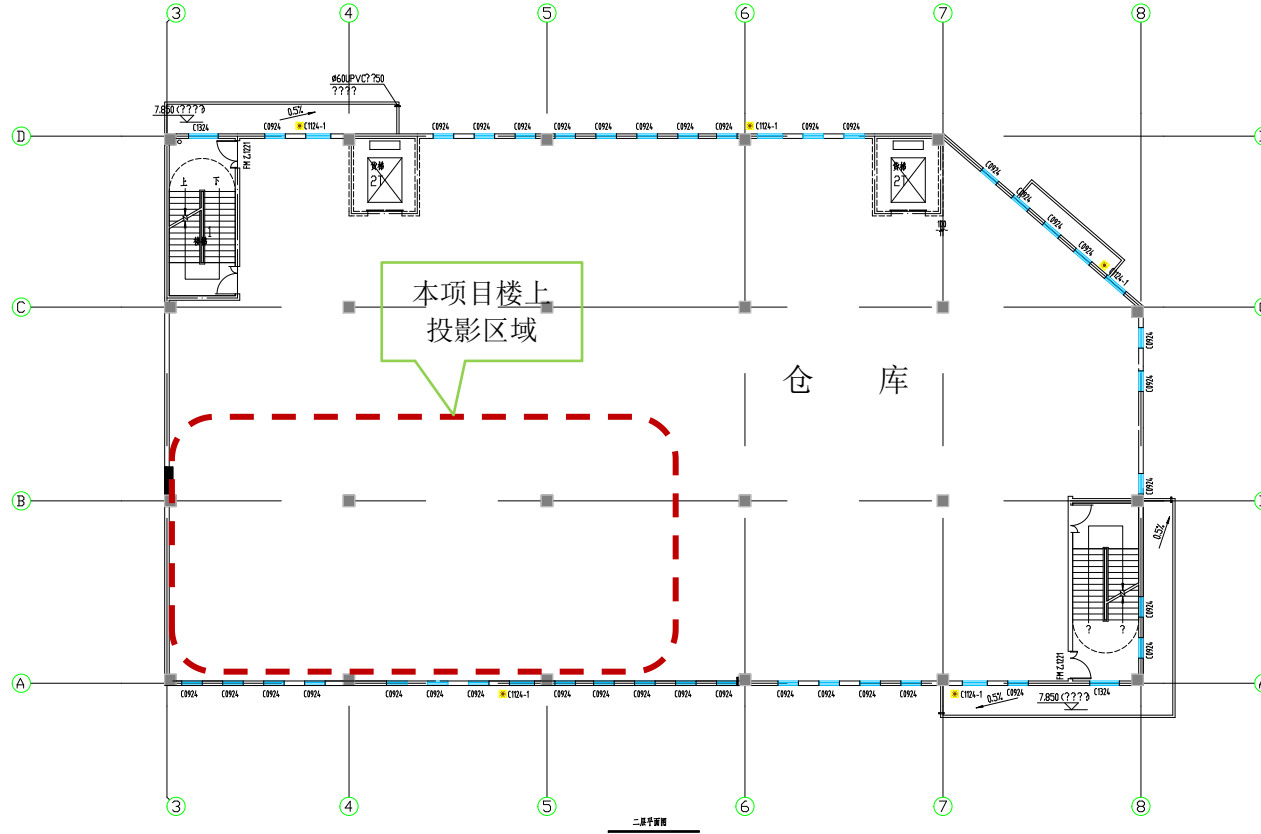


图 2-4 公司二层平面图

## 续表 2 项目建设情况

### 2.1.4 项目变动情况

本项目本次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一览表见表 2.1；由表 2.1 可知，本次验收实际建设内容与环评及其批复建设内容一致。

表 2.1 本项目本次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一览表

环评建设内容	环评批复建设内容	验收实际建设内容
公司在浙江省湖州市安吉县天子湖镇工业园区五福路 35 号网驿产业园 3 幢 1 号湖州雷大辐照技术有限公司厂房 1 层西南侧新建一间工业电子加速器机房，配备一台 DL-DZ-10/20 型工业电子加速器（最大能量为 10MeV，最大束流强度为 2mA），属于 II 类射线装置。	在浙江省湖州市安吉县天子湖镇工业园区五福路 35 号网驿产业园 3 幢 1 号湖州雷大辐照技术有限公司内新建一间工业电子加速器机房，配备一台 DL-DZ-10/20 型工业电子加速器，其最大能量为 10MeV，最大束流强度为 2mA，属于 II 类射线装置。	1 台 DL-DZ-10/20 型辐照电子加速器（最大能量 10MeV，最大束流强度为 2mA），位于浙江省湖州市安吉县天子湖镇工业园区五福路 35 号网驿产业园 3 幢 1 号湖州雷大辐照技术有限公司厂房 1 层西南侧工业电子加速器机房，属于 II 类射线装置。

### 2.2 源项情况

公司本次环评及验收源项的基本情况见表 2.2；由表 2.2 可知，本次验收源项与环评源项一致。本次验收的设备是 1 台辐照电子加速器。

表 2.2 公司本次环评及验收源项一览表

环评规模	设备名称	型号	数量（台）	主要技术参数	工作场所	用途
	辐照电子加速器	DL-DZ-10/20 型	1	能量 10MeV，束流 2.0mA	工业电子加速器机房	辐照加工
验收规模	设备名称	型号	数量（台）	主要技术参数	工作场所	用途
	辐照电子加速器	DL-DZ-10/20 型	1	能量 10MeV，束流 2.0mA	工业电子加速器机房	辐照加工

## 续表 2 项目建设情况

## 2.3 工程设备与工艺分析

## 2.3.1 设备组成

本项目 DL-DZ-10/20 型辐照电子加速器的结构示意图见图 2-5，加速器主要由电子枪、加速管、调制器、速调管、扫描磁铁、微波系统、真空系统、水冷系统、控制系统等组成。加速器在进行辐照时由电子枪发射电子，电子经过加速管进入扫描盒，在扫描磁场作用下形成扇形束，透过钛膜打到物品上，进行辐照加工。

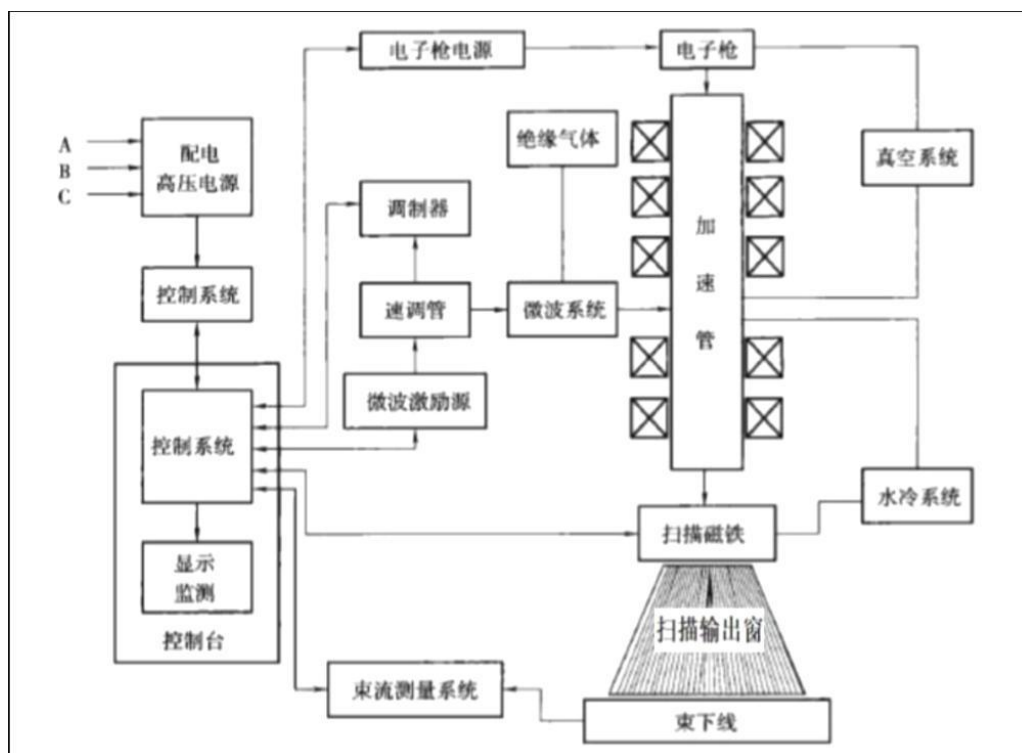


图 2-5 辐照电子加速器结构示意图

## 2.3.2 工作原理

本项目辐照电子加速器是使电子在高真空场中受磁场力控制，电场力加速而获得高能量的特种电磁、高真空装置，是人工产生各种高能电子束或 X 射线的设备。

加速器的工作原理可概括为：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返波加速管中，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，透过钛膜打到物品上，进行辐

## 续表 2 项目建设情况

照加工。

本项目使用型号为 DL-DZ-10/20 的电子加速器,该类加速器采用行波加速方式。经速调管放大的微波功率耦合到被称之为盘荷波导的加速管中,行波电场将电子枪注入的电子不断的加速,使其能量逐渐增加,当电子速度接近光速时,从微波功率中获取的能量已达到相当的速度,就可以穿过钛窗进入空气中,能穿透空气或物体到相应的深度;将电子束偏转扫描后用于工业辐照,可以达到杀菌保鲜,材料改性等多种效果。

### 2.3.3 工艺简介

加速器产生高能电子束并将其扫描成一均匀分布的线性束后引出,传输装置承载被检物以辐照工艺需要的相应速度通过辐照区域,经过电子束的辐照,实现辐照工艺所需的处理。

本项目辐照加速器机房为两层钢筋混凝土结构,一层是辐照室,二层是主机室。加速器装置的主要部分安装在二层的主机室内,粒子引出系统位于加速器装置机身正下方,通过二层伸向一层的辐照室。本项目采用传送带对辐照产品进行传输,辐照产品从辐照室货物通道入口经传输带传输进入辐照室,经过辐照加工后从货物通道出口传输出来。货物传输带上表面离地高约 60cm,货物进出口处不设遮挡物。加速器工作时,设备操作人员位于二层的控制台设置机器参数并监控加速器运行情况,装卸货物的工人位于一层辐照室外上下货区装卸货物。加速器出束时,辐照室及主机室内均无人员停留。

### 2.3.4 工艺流程

本项目加速器辐照加工的工艺流程见图 2-6。

①辐射工作人员做开机前准备,对现场和辐照装置进行安全检查,搬运工人准备搬运货物。

②辐射工作人员在二层控制台设置机器参数和输运线传输速度。

③处于一层辐照室外上货区的搬运工人往输运线上搬运货物,二层控制台的辐射工作人员启动传送带并启动加速器辐照装置开始辐照。

④辐照后的货物由传送带自动传送至辐照室外,由下货区的搬运工人从传送带上卸货。

## 续表 2 项目建设情况

整个辐照灭菌加工过程，正常情况下搬运工人不必进入辐照室和主机室，均在辐照室外一定距离外的上下货区进行辐照货品的装、卸，所有需照射加工的货物都是通过输运线输运到束流中心辐射区进行辐照加工。



图 2-6 辐照加工的工艺流程及产污环节示意图

表 3 辐射安全与防护设施/措施

### 3.1 场所布局

#### 3.1.1 辐射工作场所布局合理性分析

本项目电子加速器机房位于厂房 1 层西南侧，所述建筑主体结构为框架结构，建筑层数为地上 3 层，无地下层，电子加速器机房的东侧 50m 范围内依次为公司厂房、园内道路、兴业路；南侧 50m 范围内依次为园内道路、网驿产业园 5 幢、网驿产业园 7 幢、网驿产业园 8 幢；西侧 50m 范围内依次为配电房、网驿产业园 2 幢；北侧 50m 范围内依次为公司厂房、园内道路、停车区、绿化带、五福路；正上方（2 层）为仓库，一般情况下无人员停留，正下方为实土层。本项目 50m 范围内无民房住宅等环境敏感目标，因此本项目选址是合理的。

#### 3.1.2 辐射工作场所分区管理

为防止 X 射线对环境的影响，公司按照《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）和《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ979-2018）等相应的要求，将辐照工作场所划分为控制区、监督区，并实行两区管理制度。

**控制区：**该区域内需要或可能需要专门防护手段或安全措施，以便控制正常工作条件下的正常照射或防止污染扩散，并预防潜在照射或限制潜在照射范围。本项目将辐照室、迷道、主机室及出入口作为辐射防护控制区，在控制区的进出口处设置醒目的电离辐射警告标志，并安装声光报警装置和工作状态指示灯；加速器运行前，任何人均应撤出控制区范围。

**监督区：**该区域通常不需要专门防护手段或安全措施，但需经常对职业照射条件进行监督和评价。本项目将控制室、微波机房、调制器机房及设备平台划为辐射防护监督区，监督区边界的地面上划警戒线或设置围栏，加速器工作过程中，除辐射工作人员，禁止其他人员进入监督区区域，定期检测监督区的辐射剂量。无关人员不得进入。

本项目辐射工作场所分区管理示意图见图 3-1 和图 3-2，本项目控制区和监督区划分表见表 3-1。本项目辐射防护分区的划分符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于辐射工作场所的分区规定。

### 续表 3 辐射安全与防护设施/措施

表 3-1 本项目辐射工作场所控制区和监督区划分

分区	控制区	监督区
区域	辐照室、迷道和主机室及出入口	控制室、微波机房、调制器机房、设备平台
管理要求	控制区的进出口设置醒目的电离辐射警告标志，并安装声光报警装置和工作状态指示灯；加速器运行前，任何人均应撤出控制区范围。	监督区边界的地面上划警戒线或设置围栏，加速器工作过程中，除辐射工作人员，禁止其他人员进入监督区区域，定期检测监督区的辐射剂量。

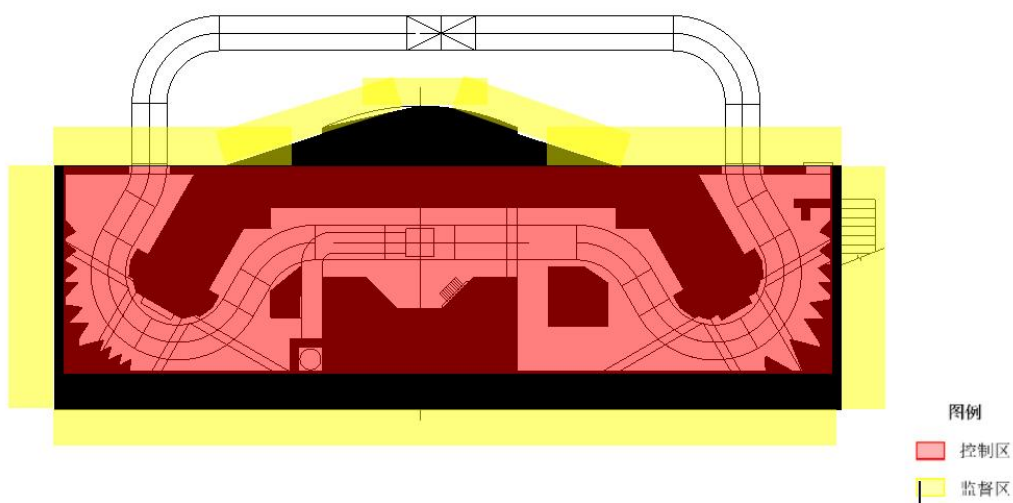


图 3-1 辐照室辐射屏蔽平面设计及辐射分区管理示意图

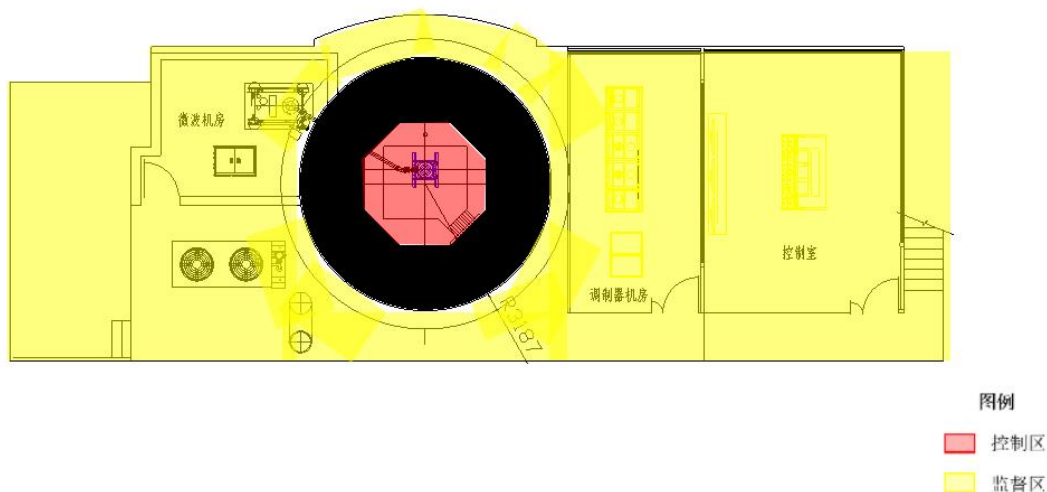


图 3-2 主机室辐射屏蔽设计辐射分区管理示意图

续表 3 辐射安全与防护设施/措施

### 3.2 辐射安全及防护措施

#### (1) 辐射安全设计

本项目辐照加速器机房为两层钢筋混凝土结构，包含辐照室、主机室、控制室、微波机房、调制器机房、设备平台等场所，其中辐照室位于一层，主机室、控制室、微波机房、调制器机房、设备平台均位于二层，辐照室设有迷道以及楼梯上下主机室。

本项目辐照加速器机房辐射安全联锁装置布局详见图 3-3 和图 3-4。

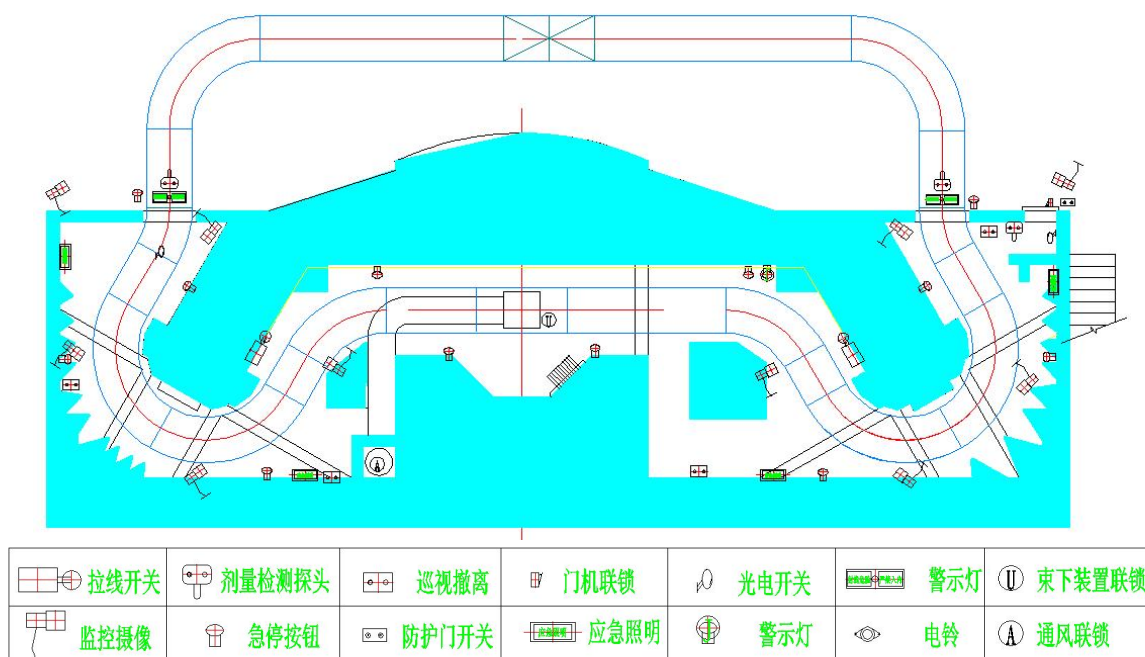


图 3-3 辐照室安全设施布局图

续表 3 辐射安全与防护设施/措施

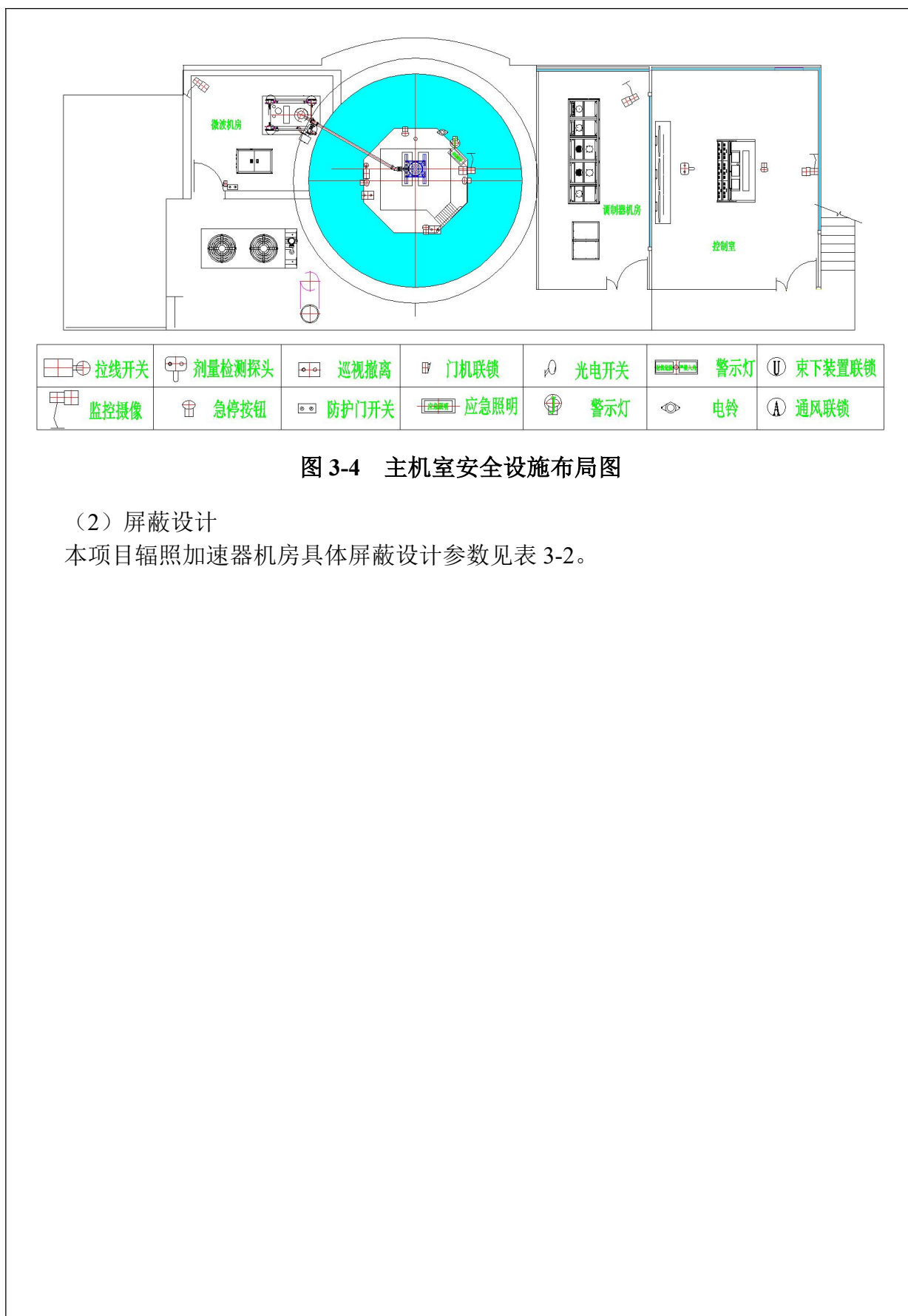


图 3-4 主机室安全设施布局图

(2) 屏蔽设计

本项目辐照加速器机房具体屏蔽设计参数见表 3-2。

续表 3 辐射安全与防护设施/措施

表 3-2 辐照加速器机房屏蔽情况一览表

项目	(环评) 屏蔽情况	
	一层辐照室	二层主机室
净高	1.9m	/
东墙 1	2000mm 混凝土	1603mm~1676mm 混凝土
东墙 2	300mm 混凝土	
西墙 1	2000mm 混凝土	
西墙 2	300mm 混凝土	
南墙	1132mm~3860mm 混凝土	
北墙	300mm~2911mm 混凝土	
屋顶	400mm混凝土(在设备扫描窗的四边各做一个1000×300×400mm的混凝土条,直接安装在设备上,相当于给辐照室顶部增加40cm自屏蔽的混凝土。)	2200mm+100mm 混凝土(二层楼板厚度)
迷道	2.1m	2.1m
管线布设	①电气管线均接近防护墙表面敷设,敷设深度不大于 20mm,电气管线的敷设不破坏墙体的整体屏蔽效果。②电气管线均采用 U 型弯穿越防护墙,以增加射线在管道内的散射次数。③电缆均采用电缆沟敷设,均为钢筋混凝土结构。	
通风设计	辐照加速器机房设置地下式排风管道,管道埋地深为 800mm,吸风口位于辐照室扫描窗下方的地面处,排风管道从辐照室地下穿过南墙地下穿出,最终排放口高于车间的屋顶,设计风量为 8000m <sup>3</sup> /h。	
防护门	普通钢门	/
注:表中混凝土的密度不小于 2.35t/m <sup>3</sup> 。		

续表 3 辐射安全与防护设施/措施

项目	(验收) 屏蔽情况	
	一层辐照室	二层主机室
净高	1.9m	/
东墙 1	2000mm 混凝土	1603mm~1676mm 混凝土
东墙 2	300mm 混凝土	
西墙 1	2000mm 混凝土	
西墙 2	300mm 混凝土	
南墙	1132mm~3860mm 混凝土	
北墙	300mm~2911mm 混凝土	
屋顶	400mm混凝土(在设备扫描窗的四边各做一个1000×300×400mm的混凝土条,直接安装在设备上,相当于给辐照室顶部增加40cm自屏蔽的混凝土。)	2200mm+100mm 混凝土(二层楼板厚度)
迷道	2.1m	2.1m
管线布置	①电气管线均接近防护墙表面敷设,敷设深度不大于 20mm,电气管线的敷设不破坏墙体的整体屏蔽效果。②电气管线均采用 U 型弯穿越防护墙,以增加射线在管道内的散射次数。③电缆均采用电缆沟敷设,均为钢筋混凝土结构。	
通风设计	辐照加速器机房设置地下式排风管道,管道埋地深为 800mm,吸风口位于辐照室扫描窗下方的地面处,排风管道从辐照室地下穿过南墙地下穿出,最终排放口高于车间的屋顶,设计风量为 10000m <sup>3</sup> /h。	
防护门	普通钢门	/
注:表中混凝土的密度不小于 2.35t/m <sup>3</sup> 。		

续表 3 辐射安全与防护设施/措施

## (3) 日常检修管理及记录要求

## 1、装置的维护与维修

湖州雷大辐照技术有限公司制定了辐照装置的维护检修制度，定期巡视检查（检验）每台加速器的主要安全设备，保持辐照装置主要安全设备的有效性和稳定性。

## 1) 日检查

电子加速器辐照装置上的常用安全设备每天进行检查，发现异常情况时必须及时修复。常规日检查项目包括下列内容：

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

## 2) 月检查

电子加速器辐照装置上的重要安全设备或安全程序每月进行检查，发现异常情况时必须及时修复或改正。月检查项目包括：

- ①辐照室内固定式辐射监测仪设备运行状况；
- ②控制台及其他所有紧急停止按钮；
- ③通风系统的有效性；
- ④验证安全联锁功能的有效性；
- ⑤烟雾报警器功能正常。

## 3) 半年检查

电子加速器辐照装置的安全状况每 6 个月进行检查,发现异常情况时必须及时采取改正措施。其检查范围包括：

- ①配合年检修的检测；
- ②全部安全设备和控制系统运行状况。

## 4) 记录

建设单位建立了严格的运行及维修维护记录制度，运行及维修维护期间按规定完成运行日志的记录，记录与装置有关的重要活动事项并保存日志档案。记录事项包括下列内容：

①运行工况；②辐照产品的情况；③发生的故障及排除方法；④外来人员进入控制区情况；⑤个人剂量计佩戴情况；⑥个人剂量、工作场所和周边环境的辐射监测结果；⑦检查及维修维护的内容与结果；⑧其它。

续表 3 辐射安全与防护设施/措施

### 3.3 放射性三废的处理

#### 3.3.1 主要污染源

##### 1、电子束、X 射线

辐照电子加速器在进行辐照时电子枪发射电子，电子经加速管加速并经扫描扩展成为均匀的有一定宽度的电子束。其中辐照室内电子束打到机头及其他高靶物质时会产生韧致 X 射线，X 射线的贯穿能力较强，会对辐照室周围环境造成辐射影响，这部分 X 射线是本项目的主要 X 射线来源。此外，电子在加速过程中，部分电子会丢失，它们打在加速管壁上，产生少量 X 射线，均会对辐照室周围环境造成辐射污染。

由于电子加速器在运行时产生的高能电子束，其贯穿能力远弱于 X 射线，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，在电子加速器开机辐照期间，X 射线辐射为项目主要的污染因素。

##### 2、臭氧和氮氧化物

本项目电子加速器工作时主要是产生 X 射线，对周围环境、工作人员和公众可造成放射性外照射危害，根据射线的来源、作用机理及防护方法，已采取屏蔽防护措施，降低对周围环境及工作人员与公众的外照射影响。但在工作过程中也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。臭氧产额大于氮氧化物，且辐照场所氮氧化物容许浓度比臭氧容许浓度高，因此本节主要考虑辐照室臭氧的产生和排放影响。

本项目辐照室内安装有通风装置，辐照室内的排风量为 10000m<sup>3</sup>/h 左右，本项目辐照室体积约为 332m<sup>3</sup>，则每小时换气次数约为 30 次。本项目排气管道从辐照室地下穿过南墙地下穿出，最终排放口高于车间屋顶，管线埋地深度约 800mm。辐照电子加速器运行期间及停机后风机一直保持运行，辐照室内保持负压状态，臭氧和氮氧化物等废气通过排风管道排出，对周围影响较小。排风管道采用埋地设计，辐照室内的 X 射线至少经过 3 次散射才能到达管道出口处，排风管道的设计未破坏加速器机房的整体屏蔽防护效果，满足辐射防护的要求。

此外，本项目加速器辐照室设置通风联锁装置，机房内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，以保证辐照室内臭氧等有害气体浓度低于允许值，该公司已明确预先设定的时间应不少于 8min。

## 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

本次验收项目环评文件《湖州雷大辐照技术有限公司新建 1 台辐照电子加速器项目环境影响报告表》由卫康环保科技（浙江）有限公司编制。2023 年 8 月 31 日，湖州市生态环境局对该项目进行批复，审批文号为：湖环辐管[2023]14 号。

### (1) 环境影响报告表的主要结论

本项目环境影响评价文件《湖州雷大辐照技术有限公司新建 1 台辐照电子加速器项目环境影响报告表》由卫康环保科技（浙江）有限公司于 2023 年 8 月完成编制。该项目环评结论：

湖州雷大辐照技术有限公司新建 1 台辐照电子加速器项目，其建设符合用地规划和“三线一单”的建设要求，项目选址基本合理，符合国家产业政策和实践正当性，在落实本报告提出的各项污染防治措施和辐射环境管理要求后，企业将具备相应从事的辐射活动的技术能力，本次评价的 1 台 10MeV 电子加速器投入运行后对周围环境的影响能符合辐射环境保护的要求。故从辐射环境保护角度论证，该项目的建设和运行是可行的。

### (2) “湖环辐管[2023]14 号”批文审批决定

项目环评批复决定和环评相关要求落实情况见表 4-1~4-2。由表 4-1~4-2 可见，项目落实了环评及其批复提出的要求。

表 4.1 环评文件要求及其落实情况

项目	环评内容	验收情况
污染	<p>钥匙控制：控制室主控台上配备钥匙开关，钥匙开关控制加速器系统的运行，钥匙开关为未闭合状态时加速器无法开机；加速器的主控钥匙开关与辐照室门连锁。如从控制台上取出该钥匙，加速器自动停机；钥匙与一台有效的便携式辐射监测报警仪相连，在运行中该钥匙是唯一的且只能由运行值班长使用。</p>	<p>符合环评要求。控制室主控台上已配备钥匙开关，钥匙开关控制加速器系统的运行，钥匙开关为未闭合状态时加速器无法开机，该钥匙由运行值班长保管使用。</p>
防治措施	<p>门机连锁：辐照室门、微波机房门与束流控制和加速器高压连锁。辐照室门或微波机房门打开时，加速器不能加高压且束流装置不能出束流；加速器运行中门被打开则加速器自动停机。门机连锁装置必须性能可靠，其引发加速器停机时必须自动切断高压，门机连锁装置发生故障时，加速器不能运行。门机连锁装置不得旁路，维护与维修后必须恢复原状。</p>	<p>符合环评要求。辐照室门、微波机房门与束流控制和加速器高压连锁。辐照室门或微波机房门打开时，加速器不能加高压且束流装置不能出束流；加速器运行中门被打开则加速器自动停机。门机连锁装置性能可靠，其引发加速器停机时自动切断高压，门机连锁装置发生故障时，加速器不能运行，需在维护与维修后恢复原状。</p>

续表 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

续表 4.1 环评文件要求及其落实情况		
项目	环评内容	验收情况
污染 防治 措施	束下装置连锁：本项目电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制进行连锁，用于将辐照货物送至辐射束下的传输系统若发生故障，将通过 PLC 反馈至主机，主机束流将自动停止、加速器自动停机。	符合环评要求。本项目电子加速器辐照装置的控制与束下装置的控制进行连锁，用于将辐照货物送至辐射束下的传输系统若发生故障，信号通过 PLC 反馈至主机，主机束流自动停止、加速器自动停机。
	信号警示装置：本项目在辐照室和主机室内设有警示灯和警铃，用于开机前对主机室和辐照室内人员警示。本项目在货物进出口上方设置警示灯及提示语句“射线危险、严禁入内”，并与电子加速器辐照装置连锁；辐照室出入口门外划定 1m 黄色警戒线，告诫无关人员请勿靠近。	符合环评要求。本项目在辐照室和主机室内设有警示灯和警铃，用于开机前对主机室和辐照室内人员警示。本项目在货物进出口上方设置有警示灯及提示语句“射线危险、严禁入内”，并与电子加速器辐照装置连锁，辐照室出入口门外已划定 1m 黄色警戒线，告诫无关人员请勿靠近。
	巡视撤离：在辐照室、主机室的四周墙壁和迷道墙上均设置一个“巡视撤离”，并与控制台连锁。加速器开机前，操作人员进入辐照室和主机室按序按动“巡视撤离”，巡查有无人员误留，完成巡检流程后，加速器才能开启高压。	符合环评要求。辐照室、主机室的四周墙壁和迷道墙上均已设置与控制台连锁的“巡视撤离”标识。加速器开机前，操作人员进入辐照室和主机室按序按动“巡视撤离”，巡查有无人员误留，完成巡检流程后，加速器才能开启高压。
	防人误入装置：在辐照室的迷道内口和货物进口均设置一套防人误入装置，每套防人误入装置均由三道（高度分别为 0.3m、0.5m、1.2m）防人误入的光电连锁装置组成。将防人误入装置与加速器的开、停机连锁，当光电被触发，加速器自动停机，并需要重新巡视撤离。装置需从不同的厂家购买，确保其不会因同一机械故障导致光电连锁装置全部失灵。	符合环评要求。在辐照室的迷道内口设置有 1 套防人误入装置，由高度分别为 0.3m、0.5m、1.2m 的三道防人误入的光电连锁装置组成。当光电被触发时，加速器自动停机，并需要重新巡视撤离；装置已按照要求从不同的厂家购买，可确保其不会因同一机械故障导致光电连锁装置全部失灵。
	急停装置：在控制室主控台上设计安装 1 个紧急停机按钮；在辐照室和迷道、货物进出口外共设计 11 个紧急停机按钮；在主机室内共设计安装 4 个紧急停机按钮。在辐照室和主机室墙上设计急停拉线开关并覆盖室内全部区域，紧急状态下，拉下急停拉线开关或按下急停按钮，即终止加速器的运行，拉线开关拉动后或急停按钮按下后需要手动复位。急停按钮和急停拉线开关必须性能可靠，并有中文标识和使用说明。辐照室迷道外口处的急停按钮带有紧急开门功能，以便在事故工况下人员离开控制区。	符合环评要求。控制室主控台上设有 1 个紧急停机按钮；辐照室和迷道、货物进出口外共设有 11 个紧急停机按钮；主机室内共设有 4 个紧急停机按钮。辐照室和主机室墙上皆设有急停拉线开关。紧急状态下，拉下急停拉线开关或按下急停按钮，即可终止加速器的运行，拉线开关拉动后或急停按钮按下后需要手动复位。紧急停机按钮和拉线开关性能可靠，并有中文标识和使用说明。辐照室迷道外口处的紧急停机按钮带有紧急开门功能，以便在事故工况下人员离开控制区。

续表 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

续表 4.1 环评文件要求及其落实情况		
项目	环评内容	验收情况
污染防治措施	机房出入门安全设施：本项目在辐照室门设置 1 个电磁锁和 1 个门限位开关，用以实现防护门的安全开启和关闭。	符合环评要求。辐照室门设有 1 个电磁锁和 1 个门限位开关，可实现防护门的安全开启和关闭。
	监控、通讯安全设施：本项目在辐照室设置 9 个摄像头，主机室、控制室、微波机房、调制器机房内各设置 1 个摄像头，实时监控内部情况。同时，主机室墙上安装 1 个电铃，每次加速器出束前进行广播提醒现场人员。	符合环评要求。辐照室设置有 9 个摄像头，主机室、控制室、微波机房、调制器机房内各设置有 1 个摄像头，实时监控内部情况。同时，主机室墙上安装有 1 个电铃，每次加速器出束前可进行广播提醒现场人员。
	应急照明系统：本项目在主机室和辐照室室内设置应急照明系统。	符合环评要求。主机室和辐照室室内均设有应急照明系统
	防火系统：本项目辐照室和主机室的耐火等级应不低于二级，设置火灾报警装置和有效的灭火设施。本项目在电子加速器束下扫描窗边沿增加消防喷淋装置，防止设备运行故障产生火灾。	符合环评要求。辐照室和主机室的耐火等级不低于二级，设有火灾报警装置和有效的灭火设施。在电子加速器束下扫描窗边沿增设了消防喷淋装置，可防止设备运行故障产生火灾。
	水冷系统：本项目电子加速器采用自备水箱和水管闭路循环的蒸馏水冷却系统来降低热能，其中冷却水循环使用，不外排。	符合环评要求。电子加速器采用自备水箱和水管闭路循环的蒸馏水冷却系统来降低热能，冷却水循环使用，不外排。
	通风系统：本项目在辐照室和主机室设置通风系统，以保证辐照分解产生的臭氧等有害气体浓度满足相关标准限值的规定。辐照室内的主排气口设置在扫描窗下方的位置，易于排放臭氧。	符合环评要求。辐照室和主机室均设有通风系统，能够保证辐照分解产生的臭氧等有害气体浓度满足相关标准限值的规定。辐照室内的主排气口设置在扫描窗下方的位置，易于排放臭氧。
	监测设备与防护用品：本项目配备 1 台固定式辐射监测仪、1 台便携式辐射巡测仪和 2 台个人剂量报警仪、3 支个人剂量计以及铅衣、铅手套铅眼镜各 1 套当辐射水平超过预设阈值时能发出警示声；所有辐射工作人员均须配备个人剂量计，并定期进行个人剂量检测。同时，铅衣、铅手套和铅眼镜等基本防护用品应各配备 1 套，作为辐射应急使用；电子加速器检修需委托有资质单位进行，检修工作人员进入辐照室均需携带剂量报警仪进入；各项辐射环境管理制度应张贴于控制室内。	部分符合环评要求。项目已按要求配备了 1 台固定式辐射监测仪、1 台便携式辐射巡测仪、2 台个人剂量报警仪以及 2 支个人剂量计，当辐射水平超过预设阈值时能发出警示声；所有辐射工作人员均已配备个人剂量计，并委托有资质的浙江亿达检测技术有限公司定期进行个人剂量检测。电子加速器检修已委托有资质单位进行，检修工作人员进入辐照室均携带剂量报警仪进入；各项辐射环境管理制度均已按要求张贴于控制室内。

续表 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

续表 4.1 环评文件要求及其落实情况		
项目	环评内容	验收情况
污染 防治 措施	剂量连锁：在控制室、辐照室的迷道入口、货物进出口处安装固定式辐射监测探头，系统数字显示装置安装在控制台，以监测电子加速器运行时周围环境辐射剂量；固定式辐射剂量监测系统与辐照室门连锁，当任一监测点处的辐射剂量率超过设定的阈值时，固定式辐射剂量监测系统会报警，并将信号传送到控制系统，辐照室门无法从外部打开。	符合环评要求。在控制室、辐照室的迷道入口、货物进出口处分别安装有 1 个固定式辐射监测探头，系统数字显示装置安装在控制台，以监测电子加速器运行时周围环境辐射剂量；固定式辐射剂量监测系统与辐照室门连锁，当任一监测点处的辐射剂量率超过设定的阈值时，固定式辐射剂量监测系统会报警，并将信号传送到控制系统，辐照室门无法从外部打开。
	通风连锁：本项目主机室、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	符合环评要求。本项目主机室、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。
	烟雾报警：本项目辐照室设置烟雾报警装置，烟雾报警系统为建筑配置，不与加速器系统连锁。当遇到火险时报警装置及时发出警报，工作人员收到警报后立即关停加速器并停止通风。	符合环评要求。本项目辐照室已设置烟雾报警装置，烟雾报警系统为建筑配置，不与加速器系统连锁。当遇到火险时报警装置及时发出警报，工作人员收到警报后立即关停加速器并停止通风。
辐射 环境 管理 要求	根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修改）》、《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》等法律法规要求，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。	符合环评要求。公司已发文成立辐射安全与环境保护管理委员会，新增了江宇峰和曾湘川 2 名辐射工作人员，负责全单位的辐射安全与防护监督管理工作，并明确相关人员职责。
	根据生态环境部《关于核技术利用辐射安全与防护培训和考核有关事项的公告》（2019 年，第 57 号）的相关要求，自 2020 年 1 月 1 日起，新从事辐射活动的人员，以及原持有的辐射安全培训合格证书到期的人员，应当通过生态环境部培训平台（ <a href="http://fushe.mee.gov.cn">http://fushe.mee.gov.cn</a> ）报名并参加考核，确定“电子加速器辐照”辐射安全与防护培训成绩单，持证上岗。2020 年 1 月 1 日前已取得的原培训合格证书在有效期内继续有效。项目新增辐射工作人员必须通过辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核，经考核合格后方可上岗。	符合环评要求。公司已对从事辐射工作的人员进行了辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训和考核。辐射工作人员江宇峰、曾湘川均在生态环境部辐射安全与防护培训平台参加培训并确定“电子加速器辐照”辐射安全与防护培训成绩单，持证上岗。

续表 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

续表 4.1 环评文件要求及其落实情况		
项目	环评内容	验收情况
辐射 环境 管理 要求	<p>辐射工作人员应配备个人剂量计，每三个月委托有资质单位进行个人剂量检测，并建立个人剂量档案；应进行岗前、在岗期间和离岗职业健康检查，在岗期间每一年或两年委托相关资质单位对辐射工作人员进行职业健康检查，建立完整的职业健康档案；个人剂量档案和职业健康档案应终生保存。</p>	<p>符合环评要求。公司已为每名辐射工作人员配备了个人剂量计，委托有资质的单位浙江亿达检测技术有限公司每三个月进行个人剂量检测，并建立个人剂量档案；公司已对辐射工作人员进行岗前、在岗期间职业健康检查，在岗期间委托相关资质单位每年对辐射工作人员进行职业健康检查，建立完整的职业健康档案；个人剂量档案和职业健康档案终生保存。</p>
	<p>辐射工作人员的职业健康档案记录、人员培训合格证书、个人剂量监测档案三个文件上的人员信息应统一。</p>	<p>符合环评要求。公司已做好辐射工作人员的职业健康档案记录、人员辐射安全与防护考核成绩单、个人剂量监测档案，且三个文件上的人员信息统一。</p>
	<p>根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例（2019 年修改）》与《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 年修改）》等法律法规要求，使用射线装置的单位要有健全的辐射安全管理制度和辐射事故应急措施，并在以后的实际工作中不断对各管理制度进行补充和完善，使其具有较强的针对性和可操作性。</p>	<p>部分符合环评要求。公司已制定《关于成立辐射防护安全管理委员会的通知》、《辐射防护安全管理机构及岗位职责》、《湖州雷大辐照技术有限公司辐射事故/事件应急预案》、《辐射防护及安全保卫制度》、《电子直线加速器安全操作规程》、《电子加速器系统设备检修维护制度》、《关于人员上岗培训的规定》、《辐射工作人员个人剂量（健康）管理制度》、《辐射环境自行监测方案及年度评估制度》、《转让、变更及注销制度》、《台账管理制度》、《射线装置使用登记制度》、《监测仪表使用与校验管理制度》、《辐射环境监测计划》、《辐射防护措施》等辐射管理制度。</p>
	<p>辐射监测是安全防护的一项必要措施，通过辐射剂量监测得到的数据，可以分析判断和估计电离辐射水平，防止人员受到过量的照射。根据实际情况，公司需建立辐射剂量监测制度，包括工作场所监测和个人剂量监测。</p>	<p>符合环评要求。公司已配备区域辐射检测仪 1 台、环境监测用 X-γ 辐射比释动能率仪 1 台、个人剂量报警仪 2 台，并定期校准。并配备个人剂量计 2 支，委托有资质的浙江亿达检测技术有限公司定期进行个人剂量监测（最长不超过 1 次/季）和职业健康检查（不少于 1 次/2 年），已建立个人剂量监测档案和职业健康监护档案。公司按照辐射管理要求针对工作场所制定《辐射环境监测计划》（包括人员检测和工作场所监测），并按照监测制度落实监测。</p>

续表 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

续表 4.1 环评文件要求及其落实情况		
项目	环评内容	验收情况
	<p>根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》中第十二条规定，公司应对本单位的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向原发证机关提交上一年度的评估报告，并在全国核技术利用辐射安全申报系统（网址：<a href="http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp">http://rr.mee.gov.cn/rsmsreq/login.jsp</a>）进行网上申报。</p>	<p>符合环评要求。公司已制定《辐射环境自行监测方案及年度评估制度》，对本单位的射线装置的安全和防护状况进行年度评估，并于每年 1 月 31 日前向原发证机关提交上一年度的评估报告，并在全国核技术利用辐射安全申报系统进行网上申报。</p>
辐射环境管理要求	<p>公司应根据核技术利用项目的开展情况，按照《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》（国环规环评〔2017〕4 号）、《建设项目竣工环境保护验收技术指南——污染影响类》（生态环境部公告 2018 年第 9 号）的相关要求，对配套建设的环境保护设施进行验收，自行或委托有能力的技术机构编制验收报告，并组织由设计单位、施工单位、环境影响报告表编制机构、验收监测（调查）报告编制机构等单位代表以及专业技术专家等成立的验收工作组，采取现场检查、资料查阅、召开验收会议等方式开展验收工作。建设项目配套建设的环境保护设施经验收合格后，其主体工程方可投入生产或者使用；未经验收或者验收不合格的，不得投入生产或者使用。</p>	<p>符合环评要求。项目已严格执行环保“三同时”制度。目前正按照规定对配套建设的辐射环境保护设施进行验收。</p>
	<p>根据《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》中第四十一条的规定，公司应根据可能产生的辐射事故风险，制定本单位的应急预案，做好应急准备。发生辐射事故时，公司应当立即启动本单位的辐射事故应急预案，采取必要的防范措施并在 2 小时内填报《辐射事故初始报告表》。对于发生的误照射事故，应首先向当地生态环境部门报告，造成或可能造成人员超剂量照射的，应同时向当地卫生健康部门报告，当发生人为破坏行为时，应及时向公安部门报备。</p>	<p>基本符合环评要求。公司已制定《湖州雷大辐照技术有限公司辐射事故/事件应急预案》，其内容包括：1、基本情况；2、应急管理机构及职责；3、辐射事故/事件类型；4、辐射事故/事件应急处理程序；5、事故报告；6、应急终止程序与后续整改；7、预案管理。</p>

续表 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

表 4.2 环评批复要求及落实情况

环评批复要求	环评批复要求落实情况
<p><b>“湖环辐管[2023]14 号” 批复要求：</b></p> <p>一、你公司必须认真落实《报告表》提出的各项污染防治措施和辐射环境管理的有关要求，加强射线装置的安全和防护管理，确保项目运行对周围环境造成的影响能符合辐射环境保护的要求。</p> <p>二、严格执行建设项目环境保护“三同时”制度，项目建成后应按法律法规要求及时进行辐射环保设施竣工验收，经验收合格后方可投入正式运行。</p> <p>三、需按有关要求申领辐射安全许可证。</p>	<p><b>“甬环建表[2023]14 号”批复要求落实情况：</b></p> <p>已落实。</p> <p>一、公司已落实《报告表》提出的各项污染防治措施和辐射环境管理的有关要求，加强了射线装置的安全和防护管理，确保项目运行对周围环境造成的影响能符合辐射环境保护的要求。</p> <p>二、项目已严格执行环保“三同时”制度。正在按照相关法律法规要求进行辐射环保设施竣工验收，经验收合格后投入正式运行。</p> <p>三、公司已于 2025 年 10 月 24 日新申领了《辐射安全许可证》（浙环辐证 [E2688]）。</p>

## 续表 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

图 4.1~图 4.9 为部分环保设施和环保措施落实情况图



安全联锁控制盒



监控设施

续表 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



应急照明系统



警示标识、工作指示灯

续表 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



低噪声轴流通风机



便捷式辐射巡测仪

续表 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



个人剂量报警仪



固定式辐射监测仪

续表 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



急停按钮



巡视撤离



拉线开关

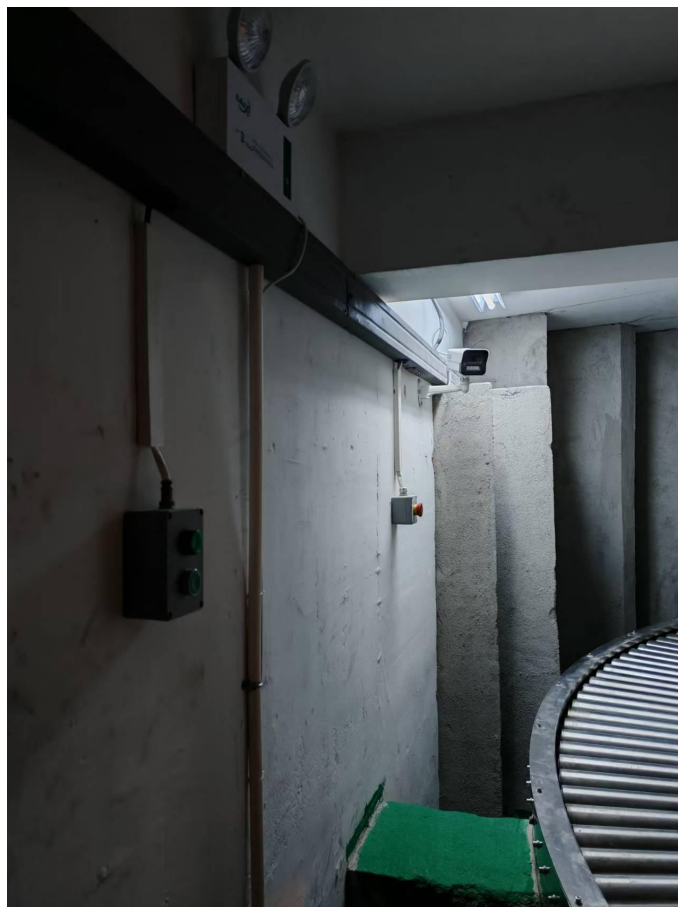
### 续表 4 建设项目环境影响报告表主要结论及审批部门审批决定



急停按钮、警示灯、巡视撤离、拉线开关



防人误入装置



巡视撤离、急停按钮、摄像头

表 5 验收监测质量保证及质量控制

### 5.1 监测分析方法

监测布点和测量方法选用目前国家和行业有关规范和标准。本次验收监测方法依据的规范、标准：

《辐射环境监测技术规范》HJ 61-2021

《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

### 5.2 监测仪器

监测仪器参数及检定情况见表 5-1。

表 5-1 监测仪器参数及检定情况

检测仪器	环境级 X、 $\gamma$ 剂量率仪/探头	X、 $\gamma$ 辐射剂量率仪
型号编号	FH40G/20161797、 FHZ672E-10/20161797-1	AT1121/20192449
有效量程	1nSv/h~100 $\mu$ Sv/h	50nSv/h~10Sv/h
能量响应	40keV~4.4MeV	15keV~10MeV
检出限	10nSv/h	50nSv/h
检定证书编号	2025H21-10-5769642001	JL2513049861
检定机构	上海市计量测试技术研究院华东国家计量测试中心	深圳市计量质量检测研究院
检定证书有效期	2025.03.03~2026.03.02	2025.07.31~2026.07.30

### 5.3 监测人员能力

参加本次现场监测的人员，均经过培训机构的监测技术培训，并经考核合格，持证上岗。监测报告审核人员均经授权。

### 5.4 实验室认可认证

验收监测单位浙江中一检测研究院股份有限公司建立了质量管理体系，通过了浙江省计量认证。验收监测工作遵循本单位质量手册、程序文件、实施细则、操作规程。制定并组织实施年度监测质量保证和质量控制计划。监测报告实行审查制度。

## 表 6 验收监测内容

### 6.1 监测因子及频次

为掌握本项目电子加速器使用场所周围辐射环境水平，浙江中一检测研究院股份有限公司于 2026 年 1 月 15 日对本项目加速器机房周围辐射环境进行了监测。

监测因子：X- $\gamma$  辐射剂量率。

监测频次：在正常工况下测量一次，每次读 10 个数，取其平均值的校正值作为测量结果。

### 6.2 监测布点

根据现场条件，进行全面、合理布点；重点考虑工作人员长时间工作的场所和其他公众可能到达的场所。监测点位图见图6-1和图6-2。

续表 6 验收监测内容

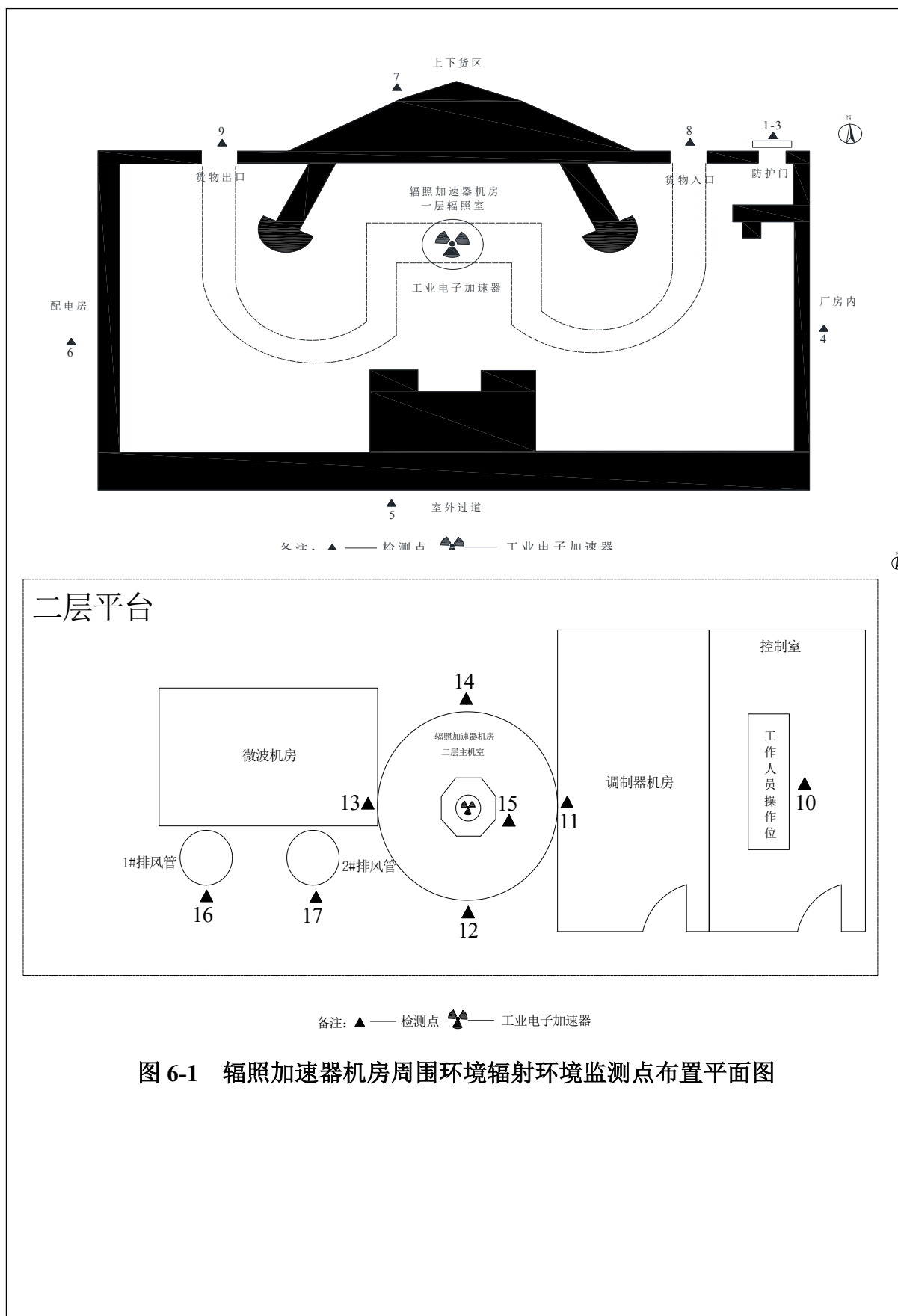


图 6-1 辐照加速器机房周围环境辐射环境监测点布置平面图

续表 6 验收监测内容



图 6-2 湖州雷大辐照技术有限公司及周围环境辐射环境监测点布置平面图

## 表 7 验收监测

### 7.1 验收监测期间运行工况记录

浙江中一检测研究院股份有限公司于 2026 年 1 月 15 日对湖州雷大辐照技术有限公司辐照加速器机房周围辐射环境水平进行监测。

本项目 1 台电子加速器工作时，其运行监测工况见表 7-1。

表 7-1 电子辐照加速器设计、运行及监测工况

设备型号	最大设计工况	监测工况
DL-DZ-10/20	电子束能量：10MeV 束流：2.0mA	电子束能量：10MeV 束流：1216 $\mu$ A

### 7.2 验收监测结果

本项目验收监测结果见表 7-2、表 7-3，该结果表明：该公司 1 台 DL-DZ-10/20 型辐照电子加速器在相应曝光条件下，其工作人员操作位及周围环境的辐射水平均符合《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）的相关要求。

表 7-2 辐照加速器机房周围环境监测结果

点号	监测点位置	监测结果（nSv/h）			
		射线装置未运行时		射线装置运行时	
		校正值	标准差	校正值	标准差
1	一层辐照室防护门（左侧）外表面 30cm	135	1	147	1
2	一层辐照室防护门（中部）外表面 30cm	137	1	146	2
3	一层辐照室防护门（右侧）外表面 30cm	136	1	148	1
4	一层辐照室东墙外表面 30cm	138	1	145	1
5	一层辐照室南墙外表面 30cm	139	1	146	2
6	一层辐照室西墙外表面 30cm	140	1	147	1
7	一层辐照室北墙外表面 30cm	141	1	144	1
8	一层辐照室货物入口	138	1	264	2
9	一层辐照室货物出口	139	1	0.43 $\times 10^3$	0.01 $\times 10^3$
10	二层工作人员操作位	141	1	148	1

## 续表 7 验收监测

续表 7-2 辐照加速器机房周围环境监测结果

点号	监测点位置	监测结果 (nSv/h)			
		射线装置未运行时		射线装置运行时	
		校正值	标准差	校正值	标准差
11	二层主机室东墙外表面 30cm	140	1	$0.35 \times 10^3$	$0.02 \times 10^3$
12	二层主机室南墙外表面 30cm	136	1	$0.62 \times 10^3$	$0.02 \times 10^3$
13	二层主机室西墙外表面 30cm	135	1	$0.33 \times 10^3$	$0.01 \times 10^3$
14	二层主机室北墙外表面 30cm	136	1	$0.54 \times 10^3$	$0.01 \times 10^3$
15	二层主机室顶棚外表面 30cm	137	1	$0.38 \times 10^3$	$0.01 \times 10^3$
16	1#排风管外表面 30cm	133	1	142	1
17	2#排风管外表面 30cm	132	1	141	1

注：以上监测结果未扣除仪器对宇宙射线的响应部分，除特殊位置外，常规监测点距地面高度均为 1m。

表 7-3 湖州雷大辐照技术有限公司及周围环境 X- $\gamma$  辐射剂量率监测结果

监测点号	监测点位置	监测结果(nSv/h)	
		测量值	标准差
1	3#厂房东侧（园内道路）	133	1
2	3#厂房南侧（园内道路）	135	1
3	3#厂房南侧（8#厂房一层）	134	1
4	3#厂房南侧（5#厂房一层）	134	1
5	3#厂房南侧（7#厂房一层）	132	1
6	3#厂房西侧（配电房门口）	136	2
7	3#厂房西侧（2#厂房一层）	135	1
8	3#厂房北侧（园内道路）	131	1

## 续表 7 验收监测

## 7.3 剂量监测和估算结果

按照环评报告中的计算公式（UNSCEAR--2000 年报告附录 A），计算 X- $\gamma$ 射线产生的外照射人均年有效剂量：

$$H_{E-r} = D_r \times t \times 0.7 \times 10^{-6}(\text{mSv}) \quad (1)$$

其中：

$H_{E-r}$ ：X- $\gamma$ 射线外照射人均年有效剂量，mSv；

$D_r$ ：X- $\gamma$ 射线空气吸收剂量当量率，nGy/h；

$t$ ：X- $\gamma$ 照射时间，小时； 0.7：剂量换算系数，Sv/Gy。

由于本项目所用仪器已经通过其内置的测量常数将 X- $\gamma$  射线空气吸收剂量率  $D_r$  转化为光子剂量当量率  $H^*(10)$  的显示读数，因此计量评估公式（1）可以简化为运行实用量  $H^*(10)$  来保守评估计算  $H_{E-r}$ ：

$$H_{E-r} = H^*(10) \times t \times 10^{-6}(\text{mSv}) \quad (2)$$

其中：

$H^*(10)$ ：周围剂量当量率，nSv/h。

## 7.3.1 辐射工作人员附加剂量

根据现场监测结果，结合公司现场实际情况，开机后电子加速器周边警戒线内严禁人员靠近，操作人员在操作位操作，保守估计公司辐射工作人员年工作 300 天，加速器每天连续 8h 出束，电子加速器年运行时间约 2400 小时。根据监测结果，以一层辐照室货物出口为参考点，一层辐照室货物出口辐射剂量率值最高为  $0.43 \times 10^3 \text{nSv/h}$ ，未运行时为  $139 \text{nSv/h}$ ，根据监测结果和公式（2）可以保守计算出辐射工作人员接受的附加年有效剂量约为： $(0.43 \times 10^3 - 139) \times 2400 \times 10^{-6} = 1.15 \text{mSv}$ ，远低于辐射工作人员职业照射的年剂量管理限值（ $5 \text{mSv}$ ），符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）中关于“剂量限值”的要求。

## 续表 7 验收监测

公众附加剂量：保守估计公众在一层辐照室货物入口居留因子取 1/4，年受照时间约 2400 小时，测得 X 射线剂量率开机状态时最高为 264nSv/h，关机状态时为 138nSv/h，保守计算出这位公众接受的附加年有效剂量约为 0.076mSv，公众所受辐射照射远低于公众的剂量管理限值（0.1mSv）。

由以上监测数据的估算结果可知，本项目辐射工作人员接受的附加年有效剂量最大约为 1.15mSv，公众接受的附加年有效剂量最大约为 0.076mSv，以上受照剂量远低于《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的相应年剂量限值 20mSv 和 1mSv，也低于本评价的管理目标值 5mSv/a 和 0.1mSv/a。

### 7.3.2 辐射工作人员个人剂量监测结果估算

公司辐射工作人员个人剂量监测委托有资质的浙江亿达检测技术有限公司承担，每 3 个月为一个测量周期。个人剂量监测开展未满一个季度，结果暂未出具。根据公司提供的相关信息，本项目相关的辐射工作人员信息见表 7.4。

表 7.4 本项目辐射工作人员相关信息

序号	姓名	性别	最近一次培训时间	最近一次体检时间
1	江宇峰	男	2025.03.12	2025.04.07
2	曾湘川	男	2025.04.16	2026.01.16

## 表 8 验收监测结论

### 8.1 安全防护、环境保护“三同时”制度执行情况

项目建设落实了安全防护、环境保护“三同时”制度。有关工作场所安全防护设计、个人防护用品配置、监控系统配置等按相关标准规范要求设计、建设，并与主体工程同时投入使用；环境影响评价文件及其审批文件中要求的防护安全和环境保护措施已落实。

### 8.2 污染物排放监测结果

(1) 据现场监测和检查结果，该项目在正常运行工况下，辐射工作人员接受的附加年有效剂量远低于辐射工作人员职业照射的剂量管理限值（5mSv），公众所受辐射照射远低于公众的剂量管理限值（0.1mSv），均符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB18871-2002）的相关要求。

(3) 本项目辐照室内设有机排风系统，可有效将辐照室内臭氧排出，能满足相关要求。

### 8.3 工程建设对环境的影响

根据监测结果和公式估算结果表明，辐射工作人员年有效剂量约为 1.15mSv，小于职业辐射工作人员 5mSv 的个人剂量管理限值；公众年有效剂量约为 0.076mSv，低于公众的剂量管理限值（0.1mSv）。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符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》（GB 18871-2002）规定的职业照射和公众照射年有效剂量限值要求。

### 8.4 辐射安全防护、环境保护管理

(1) 湖州雷大辐照技术有限公司新建一台辐照电子加速器项目落实了环境影响评价制度，该项目环评报告及其批复中的要求已基本落实。

(2) 由监测结果可知，该公司 1 台 DL-DZ-10/20 型辐照电子加速器在相应的曝光工作条件下，其工作人员操作位及周围环境的辐射水平均符合《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）的相关要求。

(3) 公司成立了辐射防护安全管理委员会，制定了各项辐射防护管理制度，制度内容较全面，管理措施有效。

## 表 8 验收监测结论

(4) 公司已为辐射工作人员进行了职业健康体检、个人剂量监测和辐射安全培训，制定了年度评估报告制度。

综上所述，湖州雷大辐照技术有限公司新建一台辐照电子加速器项目基本符合相关规定，具备竣工验收条件。