

温州顺通电子加速器有限公司
辐照加速器改建项目竣工环境
保护验收监测报告表

杭旭验（2025）第 0020 号

建设单位：温州顺通电子加速器有限公司

编制单位：杭州旭辐检测技术有限公司

2025 年 03 月

建设单位法人代表： (签字)

编制单位法人代表： (签字)

项目 负责人： (签字)

填 表 人： (签字)

建设单位：温州顺通电子加速器有限公司 (盖章) 编制单位：杭州旭辐检测技术有限公司 (盖章)

电 话：15067881620 电 话：0571-85815015

传 真：/ 传 真：0571-85383753

邮 编：325400 邮 编：310022

地 址：浙江省温州市平阳县水头镇占江村 地 址：杭州市拱墅区华西路
299、301号4幢6楼305
室

目 录表 1 项目基本情况

建设项目名称	温州顺通电子加速器有限公司辐照加速器改建项目				
建设单位名称	温州顺通电子加速器有限公司				
项目性质	<input type="checkbox"/> 新建 <input checked="" type="checkbox"/> 改建 <input type="checkbox"/> 扩建				
建设地点	浙江省温州市平阳县水头镇占江村				
源项	放射源		/		
	非密封放射性物质		/		
	射线装置		使用II类射线装置		
建设项目环评批复时间	2024年07月18日	开工建设时间	2024年08月20日		
取得辐射安全许可证时间	2024年10月09日	项目投入运行时间	2024年12月20日		
辐射安全与防护设施投入运行时间	2024年12月20日	验收现场监测时间	2025年01月07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	杭州旭辐检测技术有限公司		
辐射安全与防护设施设计单位	浙江华冲科技有限公司	辐射安全与防护设施施工单位	浙江华冲科技有限公司		
投资总概算	1000万元	辐射安全与防护设施投资总概算	24.6万元	比例	2.46%
实际总投资	750万元	辐射安全与防护设施投资实际环保投资	30万元	比例	4%
验收依据	<p>1、项目环境保护相关法律、法规和规章制度：</p> <p>(1)《中华人民共和国环境保护法》(2014年修订)，中华人民共和国主席令第9号，自2015年1月1日；</p> <p>(2)《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6号，2003年10月1日；</p> <p>(3)《建设项目环境保护管理条例》，2017年7月16日国务院第682号令修改；</p> <p>(4)《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》，2019年3月</p>				

	<p>2 日经国务院令 第 709 号修改；</p> <p>(5) 《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法（2021 修订）》，生态环境部令 第 20 号，2021 年 1 月 4 日起施行；</p> <p>(6) 《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》，原环境保护部令 第 18 号，2011 年 5 月 1 日；</p> <p>(7) 《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 10 日；</p> <p>(8) 《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 10 日；</p> <p>(9) 《关于发布〈建设项目竣工环境保护验收暂行办法〉的公告》，国环规环评[2017]4 号，原环境保护部，2017 年 11 月 20 日；</p> <p>(10) 《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 15 日；</p> <p>(11) 《关于发布射线装置分类办法的公告》（原环境保护部国家卫生和计划生育委员会公告 2017 年第 66 号），2017 年 12 月 5 日；</p> <p>(12) 《浙江省生态环境保护条例》，2022 年 8 月 1 日起施行。</p> <p>2、项目竣工环境保护验收技术规范：</p> <p>(1) 《环境γ辐射剂量率测量技术规范》（HJ 1157-2021）；</p> <p>(2) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）；</p> <p>(3) 《辐射加工用电子加速器工程通用规范》（GB/T 25306-2010）；</p> <p>(4) 《建设项目竣工环境保护设施验收技术规范 核技术利用》，（HJ 1326-2023）。</p> <p>3、项目环境影响报告表及其审批部门的审批决定：</p> <p>(1) 《温州顺通电子加速器有限公司辐照加速器改建项目环境影响报告表》，温州顺通电子加速器有限公司，2024 年 06 月；</p> <p>(2) 《关于温州顺通电子加速器有限公司辐照加速器改建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〔2024〕9 号，2024 年 07 月 18 日。</p>
--	--

	<p>4、其他相关文件：</p> <p>附件 1 营业执照</p> <p>附件 2 环评批复</p> <p>附件 3 辐射安全许可证</p> <p>附件 4 核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单</p> <p>附件 5 辐射工作人员职业健康检查报告</p> <p>附件 6 辐射安全管理机构、规章制度、应急预案</p> <p>附件 7 个人剂量委托监测协议</p> <p>附件 8 检测报告</p> <p>附件 9 个人剂量检测报告</p> <p>附件 10 建设项目竣工、调试日期公示</p>
<p>验收执行标准</p>	<p>本次验收标准参照环评标准执行，具体如下：</p> <p>(1)《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)</p> <p>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。</p> <p>①防护与安全的最优化</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>②剂量限制</p> <p>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。</p> <p>B1 剂量限值（标准的附录 B）</p>

	<p>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：</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；本项目取其四分之一即 5mSv 作为剂量约束值。</p> <p>第 B1.2 款，公众照射</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计值不应超过下述限值：</p> <p>a) 年有效剂量，1mSv；本项目取其十分之一即 0.1mSv 作为剂量约束值。</p> <p>(2) 《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》（HJ 979-2018）</p> <p>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。</p> <p>4.2 辐射防护要求</p> <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：</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。</p> <p>6.3 其他要求</p> <p>6.3.1 电气系统</p> <p>(1) 必须按加速器装置及厂房建设和公用工程的供电条件设计，确保电压电流的稳定度。</p>
--	--

- (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，应设置高压联锁、高压放电保护装置。

6.3.2 给水系统

- (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。

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 GBZ 2.1 的规定。有害气体的排放应满足 GB 3095 的规定。
- (2) 臭氧的产生和排放，其计算模式和参数见附录 B。
- (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 GB 3095 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。

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。

- (3) 《 γ 射线和电子束辐照装置防护检测规范》(GBZ 141-2002)

3.2 电子束辐照装置

电子束辐照装置的情况分为：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。

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 2.5 μ Gy/h。

(4)《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)

表1 工作场所空气中化学有害因素职业接触限值

序号	中文名	化学文摘号 CAS 号	OELs (mg/m ³)			临界不良健康反应	备注
			MAC	PC-TWA	PC-STEL		
35	臭氧	10028-15-6	0.3	-	-	刺激	-
95	氮氧化物 (一氧化氮和二氧化氮)	10102-43-9 10102-44-0	-	5	10	呼吸道刺激	-

表 2 项目建设情况

2.1 建设内容

2.1.1 项目概述

温州顺通电子加速器有限公司（以下简称“公司”，营业执照见附件 1）成立于 2009 年 08 月 21 日，注册地位于平阳县水头镇占江村。经营范围包括电子直线加速器研发、生产、销售；为宠物产品狗咬胶提供辐照加工及其他物理消毒服务。

温州顺通电子加速器有限公司于 2012 年 12 月 17 日取得了《温州顺通电子加速器有限公司电子直线加速器项目（新建）环境影响报告表审批意见》（温环辐〔2012〕34 号），环评审批内容：新建 2 台 10MeV 电子加速器（最大能量为 10MeV，额定电流为 1.5mA）；该项目于 2014 年 3 月 17 日取得《温州顺通电子加速器有限公司电子直线加速器应用项目竣工环境保护验收监测表》验收意见（温环辐验〔2014〕1 号），本次验收为阶段性验收，验收内容为：新建 2 座加速器室（1 号和 2 号），其中 1 号加速器室中安装使用 1 台型号为 HNL1020A 电子加速器（最大能量为 10MeV，额定电流为 1.5mA），2 号加速器室未投入使用。

温州顺通电子加速器有限公司于 2024 年 7 月 18 日取得了《温州顺通电子加速器有限公司辐照加速器改建项目环境影响报告表审批意见》（温环辐〔2024〕9 号），环评审批内容：改建原有通过审批的 2 号加速器室，对未投入使用的 **2 号加速器室** 平面布局进行了调整，电子直线加速器型号由电子加速器（最大能量为 10MeV，额定电流为 1.5mA）变更为 DZ-10Mev/20KW 型电子直线加速器（最大能量为 10MeV，额定电流为 2mA）。

温州顺通电子加速器有限公司辐照加速器改建项目于 2024 年 08 月 20 日开工建设，并于 2024 年 9 月 20 日竣工。建设单位于 2024 年 10 月 09 日重新申领了《辐射安全许可证》（浙环辐证[C0026]）（见附件 3）。

2024 年 12 月，公司委托杭州旭辐检测技术有限公司承担《温州顺通电子加速器有限公司辐照加速器改建项目》竣工环境保护验收监测服务。我单位在接受委托之后，于 2025 年 01 月 07 日对该项目周边 X-γ 辐射空气吸收剂量率进行了现场检测，并收集了相关技术资料，在此基础上，编制了本项目的竣工环境保护验收监测报告表。

2.1.2 现有核技术利用项目环评、许可和验收情况

公司现有核技术利用项目环保手续履行情况见 2-1，现有射线装置见表 2-2。

表 2-1 现有核技术利用项目环保手续履行情况

序号	项目名称	环评审批内容	环评批复	验收内容	验收批复
1	温州顺通电子加速器有限公司电子直线加速器项目（新建）环境影响报告表	新建 2 间加速器机房室（1 号加速器室和 2 号加速器室），2 台电子加速器（最大能量为 10MeV，额定电流为 1.5mA）	温环辐（2012）34 号	建设 1 号和 2 号加速器室，1 号加速器室配套建设使用 1 台加速器（最大能量为 10MeV，额定电流为 1.5mA），2 号加速器室未投入使用	温环辐（2014）1 号
2	温州顺通电子加速器有限公司辐照加速器改建项目	改建 2 号加速器室，将原有的加速器（最大能量为 10MeV，额定电流为 1.5mA）型号变更为 DZ-10MeV/20kW 型电子直线加速器（最大能量为 10MeV，额定电流为 2mA）	温环辐（2024）9 号	改建 2 号加速器室，配套建设使用 1 台加速器（最大能量为 10MeV，额定电流为 2mA）	本次验收

表 2-2 现有射线装置一览表

序号	名称	类别	数量	型号	设备参数	用途	工作场所	备注
1	辐照加速器	II类	1	HNL1020A	10MeV 1.5mA	辐照 灭菌	1 号加速器室	已环评 已验收
2	辐照加速器	II类	1	DZ-10MeV/20kW	10MeV 2mA	辐照 灭菌	2 号加速器室	本次验收

2.1.3 项目建设地点、总平面布置、周围环境敏感目标分布情况

（1）项目建设地点

温州顺通电子加速器有限公司位于浙江省温州市平阳县水头镇占江村工业园区宠乐路 2 号 3#生产车间，公司北侧依次为温州顺通电子加速器有限公司道路、新建生产车间，西侧为佩蒂动物营养科技股份有限公司 1#生产车间，南侧依次为佩蒂动物营养科技股份有限公司 2#生皮加工车间、内部停车区域，东侧为温州顺通电子加速器有限公司道路、锦绣南路，项目地理位置示意图见附图 1，周边环境及 50m 范围示意图见附图 2，厂区平面及评价范围示意图见附图 3。

本项目建设地点和周边环境与环评审批一致。

(2) 项目总平面布置

本项目的2号加速器室位于3#生产车间，3#生产车间共四层，底层架空，2号加速器室位于一层，东北侧为车间空地，西北侧并列为控制室、剂量室、电源室、调制器室、水冷机组，西南侧悬空无建筑，东南侧为办公室和1号加速器室，1号加速器室西北侧墙体和2号加速器室东南侧墙体共用一堵墙，上方为堆料间（位于二层），下方为实心水泥墙架空层（闲置）。

变动情况：本项目原水冷机组放于2号加速器室东南侧水冷室中，现移至机房西北侧电源间内，项目总平面布置与环评审批的略有改动。

变动原因：1、水冷机组体积变小，由原来的2.5m³调整到1m³；2、水冷机组由敞开式变为封密式；3、水冷机组移至电源间更有利于操作。

(3) 项目周围环境敏感目标分布情况

结合厂区总平面布局及现场勘查情况，本项目辐照加速器实体边界外50m内东北侧为车间空地，西北侧并列为控制室、剂量室、电源室、调制器室、水冷机组，西南侧悬空无建筑，东南侧为办公室和1号加速器室，1号加速器室西北侧墙体和2号加速器室东南侧墙体共用一堵墙，上方为堆料间（位于二层），下方为实心水泥墙架空层（闲置）。因此，本次竣工环保验收项目周围50m调查范围内无居民区、学校等环境敏感点，本项目的主要保护目标为本项目的辐射工作人员、厂内其他工作人员及50m范围内其他公众。

因2号加速器水冷机组位置有所调整，故将在原有的主要环境保护目标中增加2号加速器水冷机组的点，其余情况与环评审批一致，具体情况见表2-3。

表2-3 环境保护目标情况一览表

场所	方位	保护目标	位置描述	最近距离(m)	人数(人)	年剂量限值(mSv/a)
2号加速器室	东北侧	公众	车间空地	紧邻	拟定4人	0.1
		公众	公司道路	3	不定	0.1
		公众	1#生产车间	15	不定	0.1
	西北侧	辐射工作人员	2号调制器室	紧邻	/	5
		辐射工作人员	2号电源室	紧邻	/	5
		辐射工作人员	2号剂量室	1.2	/	5

		辐射工作人员	2号走道	紧邻		5
		辐射工作人员	2号控制室	紧邻	拟定2人	5
		辐射工作人员	2号水冷机组	紧邻	/	5
		公众	公司道路	13	不定	0.1
		公众	2#生皮加工车间	25	不定	0.1
	东南侧	/	1号加速器室	紧邻	/	/
		辐射工作人员	水冷室	紧邻	/	5
		辐射工作人员	1号调制器室	21	/	5
		辐射工作人员	1号走道	24		5
		辐射工作人员	1号剂量室	26	/	5
		辐射工作人员	1号电源室	26	/	5
		辐射工作人员	1号控制室	26	拟定2人	5
		公众	办公室	28	1人	0.1
		公众	楼梯	29	不定	0.1
		公众	公司道路	30	不定	0.1
		公众	新建车间	30	不定	0.1
		公众	公司道路	37	不定	0.1
		西南侧	公众	公司道路	紧邻	不定
	公众		锦绣南路	39	不定	0.1

2.1.4 项目建设内容变动情况

本项目实际建设情况与环评文件及批复中建设内容情况对比见表2-4。

表2-4 实际建设情况与环评审批相符性一览表

名称		环评审批	实际建设情况	与环评是否一致
主体工程	场所	温州市平阳县水头镇占江村工业园区宠乐路2号3#生产车间1层2号加速器室	温州市平阳县水头镇占江村工业园区宠乐路2号3#生产车间1层2号加速器室	一致
	设备	1台加速器	1台加速器	一致
	人员	4名	4名	一致
公用工程		给排水、配电、供电和通讯系统等依托现有设施	给排水、配电、供电和通讯系统等依托现有设施	一致
办公及生活设施		办公室、卫生间等	办公室、卫生间等	一致

<p>总平面布置变动情况</p>	<p>水冷机组放于 2 号加速器室东南侧水冷室中</p>	<p>水冷机组放于机房西北侧电源间内</p>	<p>1、水冷机组体积变小，由原来的 2.5m³ 调整到 1m³；2、水冷机组由敞开式变为封密式；3、水冷机组移至电源间更有利于操作。</p>	
<p>辐射安全与防护设施变动情况</p>	<p>辐照室和主机室内拟设置“巡检按钮”五个，并与控制台联锁</p>	<p>主机室和辐照室内共设置 5 个巡检按钮，并与控制台联锁</p>	<p>因考虑到辐射对巡检按钮的干扰及按钮使用寿命，2 号加速器室迷道两端的巡检按钮位置有所改动，移至靠近主机室附近，其余位置的巡检按钮保持不变</p>	
	<p>辐照室出入口处，各设计有 3 道相互独立的光电报警装置并分别与电子加速器的开、停机联锁 3 道光电装置安装高度分别距离地面 0.2m、0.4m 和 0.6m，每个间隔 0.4m</p>	<p>在主机室和辐照室迷道内均设置三道防人误入的光电装置，分别距离地面 0.2m、0.3m、0.4m，每个间隔 0.4m</p>	<p>由于原定的光电装置 0.6m 高度会挡到铁板，故从距离地面 0.2m、0.4m 和 0.6m 变成距离地面 0.2m、0.3m、0.4m，其余不变</p>	
	<p>本项目拟在辐照室内设置摄像监视系统，监控图像实时显示在控制室的监控电视上，使控制室的工作人员可清楚地观察到辐照室内电子加速器的工作情况，如发生意外情况可及时处理</p>	<p>本项目在辐照室内设置摄像监视系统，监控图像实时显示在控制室的监控电视上，使控制室的工作人员可清楚地观察到辐照室内电子加速器的工作情况，如发生意外情况可及时处理</p>	<p>2 号加速器室西南端的摄像头，因经常性毁坏，而取消设置，其余摄像头位置不变，主机室和辐照室共安装 15 个监控探头，监控画面实时显示于控制室内计算机屏幕上</p>	
<p>环保设施</p>	<p>三废</p>	<p>1、废水：本项目运行过程中没有放射性废水产生，生活污水经化粪池预处理后排入市政管网。 2、废气：本项目 2 号加速器室拟采用机械进风，臭氧排风口拟从辐照室底部引出，通</p>	<p>1、废水：本项目运行过程中没有放射性废水产生，生活污水经化粪池预处理后排入市政管网。 2、废气：本项目 2 号加速器室拟采用机械进风，臭氧排风口拟从辐照室底部引出，通</p>	<p>一致</p>

	<p>风弯管再连接至加速器室外部排气管道，出风口处做屏蔽补偿措施，每小时换气不少于标准次数，室内臭氧通过排风系统排入外环境，臭氧在常温下可自行分解为氧气。</p> <p>3、噪声：噪声主要来源于通风机组，为降低噪声的影响，本项目采取了低噪声的设备，从声源上降低噪声污染。</p> <p>4、固体废物：本项目运行期间辐射工作场所内产生的常规污染物主要是办公过程产生的生活废水及办公垃圾等，无放射性固体废物产生，由建设单位统一集中收集后交给环卫部门及时清运。</p>	<p>通风弯管再连接至加速器室外部排气管道，出风口处做屏蔽补偿措施，每小时换气不少于标准次数，室内臭氧通过排风系统排入外环境，臭氧在常温下可自行分解为氧气。</p> <p>3、噪声：噪声主要来源于通风机组，为降低噪声的影响，本项目采取了低噪声的设备，从声源上降低噪声污染。</p> <p>4、固体废物：本项目运行期间辐射工作场所内产生的常规污染物主要是办公过程产生的生活废水及办公垃圾等，无放射性固体废物产生，由建设单位统一集中收集后交给环卫部门及时清运。</p>	
--	---	--	--

2.2 源项情况

本项目射线装置技术参数见表 2-5。

表 2-5 射线装置技术参数表

规模	设备名称	类别	数量	型号	设备参数	用途	工作场所
环评审批	辐照加速器	II类	1	DZ-10MeV/20kW	10MeV 2mA	辐照 灭菌	2号加速器室
实际建设情况	辐照加速器	II类	1	DZ-10MeV/20kW	10MeV 2mA	辐照 灭菌	2号加速器室

根据表2-5，验收项目的数量、性质、地点和污染防治措施与环境影响报告表及其批复一致。

2.3 工程设备与工艺分析

2.3.1 电子加速器设备组成

本项目加速器拟采购型号为 DZ-10MeV/20kW 的电子直线加速器，电子束能量为 10MeV，束流强度为 2mA，加速器只有 10MeV 一档能量功能，加速器出束能量不可调节。

加速器主要部件包括：中央控制计算机；加速器主体（包括加速管及附件：

电子枪、行波加速管、波导传输线、真空陶瓷窗、真空系统、加速管冷却水套、聚焦磁铁、充气系统、扫描磁铁、扫描盒、支撑架等)；主配电柜；电源柜；速调管及脉冲变压器油箱；调制器柜；安全联锁系统；恒温水冷柜；水管、电缆线组成的互联系统；束下装置一套；屏蔽厂房及相关辅助设备。

加速器的控制柜：加速器的控制与安全保护系统是由可编程控制器（PLC）和主控计算机组成，可自动实现加速器开机、出束、停束、停机的逻辑程序控制；该系统可对加速器进行状态监控和参数设定，并具有安全联锁保护功能。发生异常情况的时候，控制系统可自动切断加速器高电压系统，并显示故障状态。控制系统采用 1 台主控计算机和 4 台 PLC 构成。系统采用的 PLC 是 SIMENS 的 S7200smart 系列。PLC 的 CPU 通过 MPI 总线连接；PLC 与分布式 I/O 间采用 PROFIBUS 总线连接；PLC 与终端如变频器、温控仪、钛泵电源等采用 RS485/232 总线进行连接；主 PLC 与监控计算机以太网连接，采用 TCP/IP 协议，能在互联网上远程监视和维护，进行网络控制。软件采用 STEP7 和 C 语言等编写。部分硬件功能由软件来实现，使得整个系统更易于测试、制造和维护升级。

电子枪：电子枪为普通的二极皮尔斯型电子枪，阴极为钨钨阴极，由一个在陶瓷管中的钼管支撑，通过钨丝电热器加热大约 1050℃，当阴极足够热时就发射电子。阴极和阳极之间的电势差使电子加速，并通过阳极孔注入加速管。电子枪的阳极电压 50kV，脉冲电流 0.55A，束径小于 3.0mm。电子枪安装在加速管前端，法兰为 CF100，螺钉采用不锈钢，如有必要，电子枪边上安装 15L/S 的钛泵。采用电子枪侧面抽气的结构。这样便于保持枪工作在高真空，并采用封接的 95 陶瓷筒，靠良好对中的可阀环片来实现阴极和阳极的对中和间距。枪法兰为 CF100，通过法兰与加速管连接。

本机主要技术特点：

- 1、调制器采用特殊充电技术，解决高重复频率下稳定工作问题。
- 2、采用合理安装减少束流损失。
- 3、采用由多序台 PLC 控制器及自主开发的控制软件组成的中央控制计算机，加速器操作程序。



图 2-1 2号加速器主体实体图



图 2-2 2号加速器相关辅助设备实体图

2.3.2 工作原理

加速器的基本工作原理：电子枪产生的电子通过电子枪高压电位差作用下进入线性的加速结构构成的加速管，在传输的过程中，当加速结构的谐振频率与速调管产生的射频（RF）振荡频率匹配时，脉冲微波功率将无反射地由加速管前

部的耦合器输入。微波高频电磁场使电子束加速结构不断获得微波电磁能而使电子束得到聚束和加速，最后加速的高能、高功率的电子束从加速器出口输出，进入扫描空间，利用磁场力将成束的电子扫开成一定的宽度，从薄的金属膜构成的输出窗引出，对运动的被照物品进行辐照，从而达到消毒灭菌的目的，而且被辐照后的物品还不会残留任何放射性。

2.3.3 主要工艺流程及产物环节

辐照加工是根据辐照加工产品品种、性质、体积、辐照要求，制定辐照区辐照位置、辐照剂量和辐照时间等技术措施，辐照完成后，经标记包装、质量检验和用户签收等工序或发货或入库暂存。公司主要对生产的宠物产品进行消毒灭菌，现对辐照加工工艺流程简述如下：

(1) 调整好加速器运行参数，调整束下传输装置传输速度；

(2) 将产品放置传送带上，调整位置；

(3) 工作人员在车间内巡视加速器周边、控制室等处，主要由货物传输系统开始巡视，再进入加速器室内进行巡视，巡视确定辐照室及主机室内无人且观察加速器室外视频装置确定无人后按下主机室及辐照室内巡视按钮，再启动加速器；加速器操作人员与巡视人员为同一人，操作人员按照规章制度进行巡视可确保加速器启动前巡视工作安全；

(4) 工作人员现场检查各项安全措施无异常，并通过视频装置再次查看室内情况，确保无人逗留；

(5) 启动辐照装置，传送带通过门洞从加速器辐照室货物进口输送进入加速器辐照室消毒灭菌，辐照对象通过束下传输装置从加速器辐照室产品出口传送送出，传送带进行产品传送，辐照过程中会产生X射线、臭氧及氮氧化物。

整个辐照工艺流程流水线自动操作，工作人员在加速器室控制室内操作加速器，另有工作人员在辐照室外进出口对产品进行上货、卸货。

本项目辐照工艺流程及产污位置示意图如图 2-3。

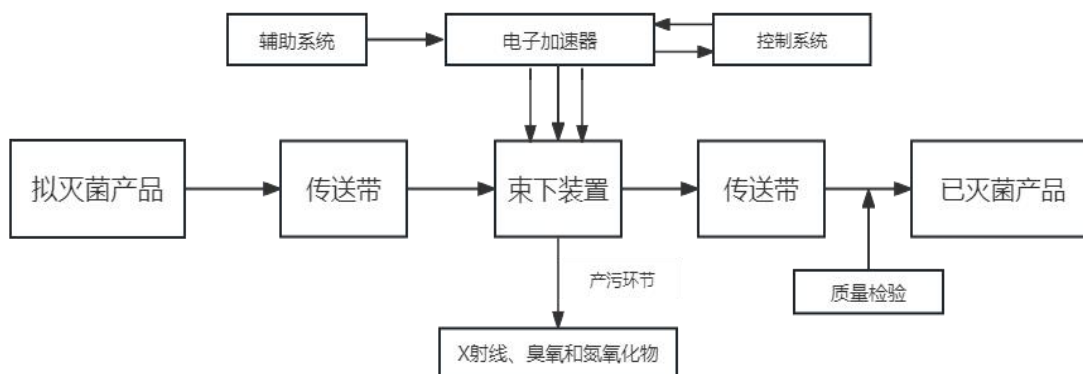


图 2-3 辐照工艺流程图及产污位置示意图

2.3.4 工作方式、人员配置及工作时间

表 2-6 本项目环评情况和实际建设情况对比一览表

对比项目	环评审批	实际建设情况
涉及加速器数量	1 台	1 台
工作制度	每天工作 12 小时，周工作 6 天，年工作 51 周	每天工作 12 小时，周工作 6 天，年工作 51 周
全年辐照装置出束时间	3672 小时	3672 小时
辐射工作人员数量	4 名	4 名
辐射工作人员资质	已取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单	已取得核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单
每名辐射工作人员年受照时间	3672 小时	3672 小时

本项目工作方式、人员配置及工作时间与环评审批的一致。

表 3 辐射安全与防护设施/措施

3.1 项目工作场所的布局和分区管理

3.1.1 辐射工作场所布局

建设单位拟在3#生产车间辐照车间改建2号加速器室，并配备1台DZ-10MeV/20kW电子直线加速器，用于辐照灭菌。机房为地上一层混凝土结构，辐照室、主机室均在同一层，但位于不同房间。加速器周围布置高频振荡器、控制柜、冷却机组等辅助设施，循环冷却水泵通过地下水管与加速器相接。加速器工作时，设备操作人员站立控制柜前设置各个系统相应参数。相较于环评阶段的辐射工作场所布局，项目实际辐射工作场所布局略有变动。

变动情况：本项目水冷机组原放于2号加速器室东南侧水冷室中，现移至2号加速器室电源间内，经对照《关于印发环评管理中部分行业建设项目重大变动清单的通知》和《中华人民共和国环境影响评价法》《建设项目环境保护管理条例》，不属于重大变动。

变动原因：1、水冷机组体积变小，由原来的2.5m³调整到1m³；2、水冷机组由敞开式变为封密式；3、水冷机组移至电源间更有利于操作。

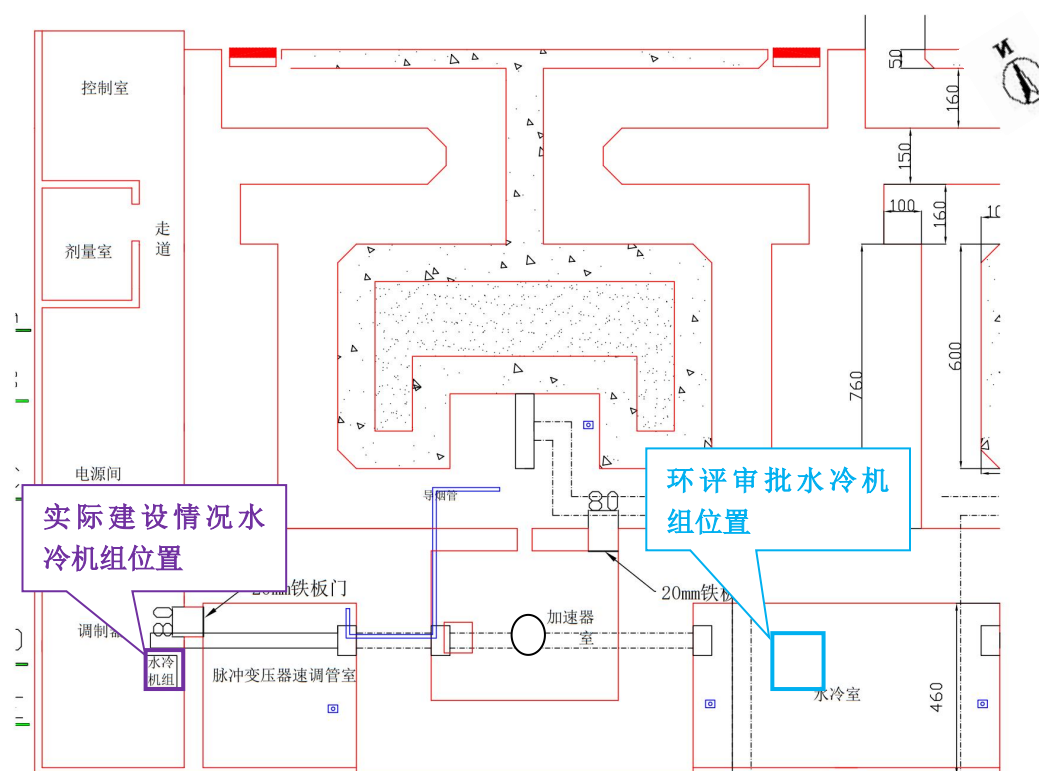


图 3-1 2号加速器辐照工作场所布局变动图

3.1.2 辐射工作场所分区

控制区：2号加速器室辐照室和主机室的区域划分为控制区。电子加速器工作过程中，任何人不得进入控制区，并在加速器室辐照室和主机室及其他必要的地方设置醒目的电离辐射警告标志及中文警示说明等。

监督区：2号加速器控制室、剂量室、水冷室、电源间及辐照室进出口外1m划为监督区。建设单位在装卸货区设置围栏，防止无关人员进入。

水冷机组位置有所变动，但仍处于监督区范围内，故监督区范围不变，本项目辐射工作场所分区与环评审批的一致。

2号加速器室辐射工作场所分区图见图3-1。

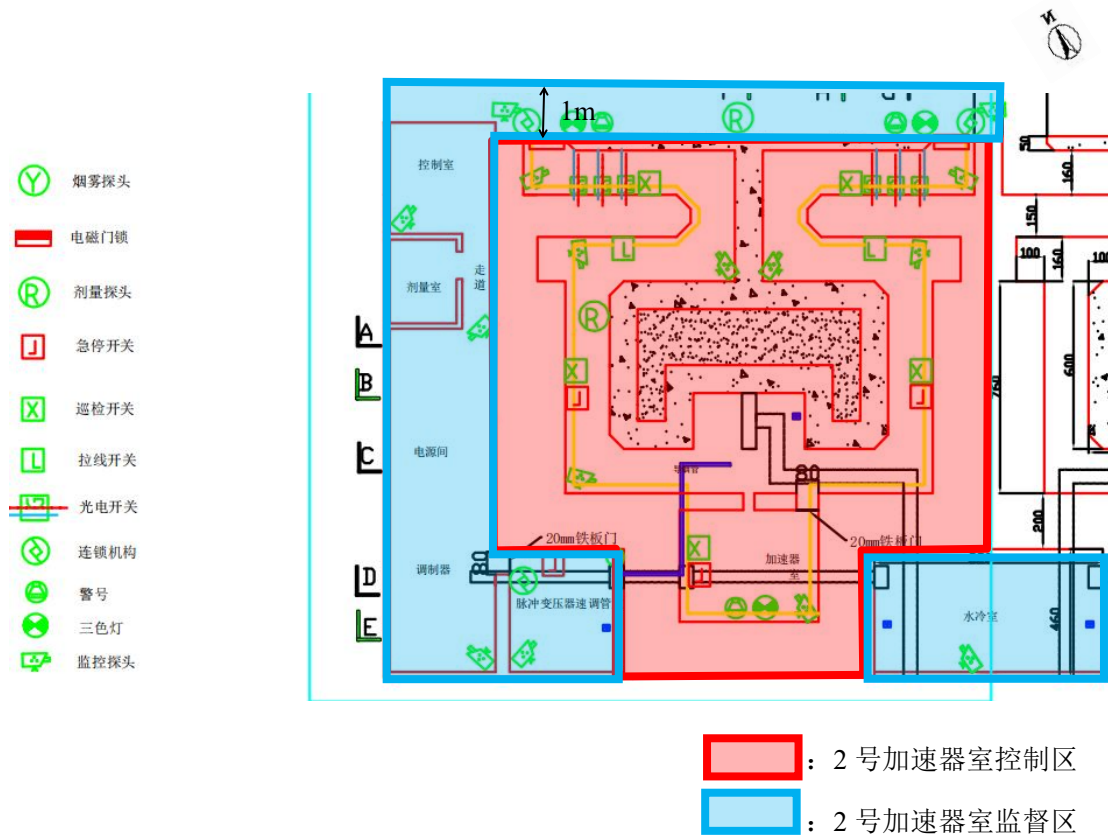


图 3-2 2号加速器室辐射工作场所分区图

3.2 屏蔽设施建设情况和屏蔽效能

3.2.1 屏蔽设施建设情况

本次验收的场所已采取了屏蔽设施，根据相关资料和现场检查结果，本项目落实了建设项目辐射安全与防护“三同时”制度，具体见表 3-1。

表 3-1 2 号加速器室设计屏蔽一览表

机房	项目	环评审批	实际建设情况	与环评是否一致	
2 号加速器室	主机室	主机室内径尺寸	长 5000mm×宽 4000mm×高 2000mm	长 5000mm×宽 4000mm×高 2000mm	一致
		各屏蔽墙厚度	北侧 600mm, 东侧、西侧、南侧为 2000mm	北侧 600mm, 东侧、西侧、南侧为 2000mm	一致
		顶棚厚度	2500mm	2500mm	一致
	辐照室	辐照室内径尺寸	长 13200mm×宽 9200mm×高 2000mm	长 13200mm×宽 9200mm×高 2000mm	一致
		各屏蔽墙厚度	北侧 4000mm+1500mm+500mm 东侧 4000mm 西侧 2500mm 南侧为 600mm	北侧 4000mm+1500mm+500mm 东侧 4000mm 西侧 2500mm 南侧为 600mm	一致
		顶棚厚度	2500mm	2500mm	一致
		迷道尺寸	弓形多折线双迷道, 4000mm+1500mm+500mm 厚, 宽 1600mm, 高 2000mm	弓形多折线双迷道, 4000mm+1500mm+500mm 厚, 宽 1600mm, 高 2000mm	一致
		防护门尺寸	宽 1600mm, 高 2000mm, 电磁门锁	宽 1600mm, 高 2000mm, 电磁门锁	一致
	通风设施	地下 U 型通道, 下穿 100cm, 孔径 50cm	地下 U 型通道, 下穿 100cm, 孔径 50cm	一致	

本项目 2 号加速器室屏蔽防护建设基本与环评一致, 满足相关标准要求。

3.2.2 屏蔽效能

根据验收监测结果, 在电子加速器正常运行时, 温州顺通电子加速器有限公司 2 号加速器室四周 X- γ 辐射空气吸收剂量率监测结果为 (0.17~0.19) $\mu\text{Sv/h}$, 本项目加速器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均不超过 2.5 $\mu\text{Sv/h}$, 满足《电子加速器辐照装置辐射安全与防护》(HJ 979-2018) 机房的辐射屏蔽防护要求。

3.3 辐射安全与防护设施及落实情况

本项目环评文件中辐射安全与防护设施及落实情况见表 3-2, 环评批复要求落实情况见表 3-3。由表 3-2 和表 3-3 可知, 本项目已基本落实环评文件及批复中提出的要求。

表 3-2 环评文件辐射安全与防护设施及落实情况

序号	环评审批	实际建设情况	是否一致
1	<p>钥匙控制。本项目的加速器室均设有控制室，控制室内将设置控制柜。控制柜上设计有加速器的钥匙开关，只有该钥匙就位后才能开启电源，启动加速器进行出束作业；钥匙开关未闭合状态时，电子加速器无法开机出束。同时，电子加速器的开关钥匙也是加速器室辐照室和主机室出入口开关钥匙，并且辐照室和主机室出入口的钥匙在防护门未关闭上锁的情况下，钥匙是无法取出的。当工作人员需要打开防护门进入辐照室或主机室时，该工作人员必须携带该加速器的开关钥匙。因此，加速器在开机出束时，由于没有开关钥匙，防护门无法打开；在防护门打开的情况下，加速器无法开机出束。建设单位拟为每台加速器的辐射工作人员配备 2 台个人剂量报警仪，其中 1 台个人剂量报警仪与加速器的开关钥匙相连，加速器的开关钥匙是唯一的且由运行值班长保管使用。</p>	<p>本项目加速器的主控钥匙开关已与主机室门、辐照室门联锁；从控制台上取出钥匙，加速器自动停机；在运行中该钥匙是唯一的且只能由运行值班长使用；建设单位为 2 号加速器的辐射工作人员配备了 4 台个人剂量报警仪，其中 1 台个人剂量报警仪与加速器的开关钥匙相连，加速器的开关钥匙是唯一的且由运行值班长保管使用。</p>	一致
2	<p>门机联锁。辐照室防护门进出口处设有两个门机联锁装置，速调管室铁门处设有 1 个门机联锁装置，在防护门未闭合的状态下，电子加速器不能启动工作；在电子加速器高压启动后，一旦防护门被打开，联锁装置将立即切断</p>	<p>本项目加速器辐照室和主机室出入口与加速器束流控制和加速器高压联锁。在防护门未闭合的状态下，电子加速器不能启动工作；在电子加速器高压启动后，一旦防护门被打开，联锁装置将立即切断电子加速器的高压，使电</p>	一致

	电子加速器的高压，使电子加速器立即停止出束。	子加速器立即停止出束。	
3	束下装置联锁。辐照室内的传输系统均与辐照室内的电子加速器联锁。电子加速器未出束时，当辐照室内的传输系统出现故障时，将不能启动该辐照室的电子加速器进行出束作业；在电子加速器正常出束作业情况下，当辐照室内的传输系统出现故障，将立即切断加速器电源，使得辐照室内的电子加速器立即停止出束。	本项目辐照室内的传输系统均与辐照室内的电子加速器联锁。电子加速器未出束时，当辐照室内的传输系统出现故障时，将不能启动该辐照室的电子加速器进行出束作业；在电子加速器正常出束作业情况下，当辐照室内的传输系统出现故障，将立即切断加速器电源，使得辐照室内的电子加速器立即停止出束。	一致
4	信号警示装置。辐照室和主机室出入口处设置醒目的“当心电离辐射警告标志”和工作状态指示灯及音响警示信号，工作状态指示灯与电子加速器高压连锁，当电子加速器启动时，指示灯将亮起并发出闪烁信号，音响警示装置启动伴有蜂鸣，以提醒周围人员勿靠近，辐照室进出口外 1m 处划黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。	公司在辐照室出入口处设置醒目的“当心电离辐射警告标志”和工作状态指示灯及音响警示信号，工作状态指示灯与电子加速器高压连锁，当电子加速器启动时，指示灯将亮起并发出闪烁信号，音响警示装置启动伴有蜂鸣，以提醒周围人员勿靠近，辐照室进出口外 1m 处划黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。。	一致
5	巡检按钮。辐照室和主机室内拟设置“巡检按钮”五个，并与控制台联锁。电子加速器开机前，辐射工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；未按下“巡检按钮”前，电子加速器将不能进行出束作业。	主机室和辐照室内共设置 5 个巡检按钮，并与控制台联锁。电子加速器开机前，辐射工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；未按下“巡检按钮”前，电子加速器将不能进行出束作业。	因考虑到辐射对巡检按钮的干扰及按钮使用寿命，2 号加速器室迷道两端的巡检按钮位置有所改动，移至靠近主机室附近，其余位置的巡检按钮保持不变。此次调整经对照《关于印发环评管理中部分行业建设项目重大变动清单的通知》和《中华人民共和国环境影响评价法》《建设项目环境保护管理条例》，不属于重大变动，不影响迷道巡检规则；人员仍需从迷道左边口进入、

			右边口出来，并按顺序依次按下巡检按钮，中途少按或不按次序操作，均无法完成巡检。只有正确完成巡检流程，才能合上高压出束。
6	<p>防人误入装置。辐照室出入口处，各设计有3道相互独立的光电报警装置并分别与电子加速器的开、停机联锁。3道光电装置安装高度分别距离地面0.2m、0.4m和0.6m，每个间隔0.4m，当有人员误入辐照室、主机室，身体将任意一处红外线挡住后，若电子加速器处于开机状态下，将立即自动切断电源，电子加速器将立即停止出束，同时发出异常情况下的警示声音。通过此措施，防止在电子加速器开机过程中，人员误入辐照室、主机室造成误照射。</p>	<p>在主机室和辐照室迷道内均设置三道防人误入的光电装置，分别距离地面0.2m、0.3m、0.4m，每个间隔0.4m。当有人员误入辐照室、主机室，身体将任意一处红外线挡住后，若电子加速器处于开机状态下，将立即自动切断电源，电子加速器将立即停止出束，同时发出异常情况下的警示声音。通过此措施，防止在电子加速器开机过程中，人员误入辐照室、主机室造成误照射。</p>	<p>由于原定的光电装置0.6m高度会挡到铁板，故从距离地面0.2m、0.4m和0.6m变成距离地面0.2m、0.3m、0.4m，其余不变，不存在安全隐患，经对照《关于印发环评管理中部分行业建设项目重大变动清单的通知》和《中华人民共和国环境影响评价法》《建设项目环境保护管理条例》，不属于重大变动。</p>
7	<p>急停装置。辐照室和主机室内拟设置“急停开关”四个，紧急停机开关距地面高度1.55m；在电子加速器控制柜上同样设计有急停开关。所有急停开关均有明显的标志，供应急停机使用。当出现紧急情况时，只需拉下或按下任一急停开关，则该辐照室内的电子加速器将立即切断高压，停止出束。在紧急情况、事故处理完毕后，需将急停开关复位后，电子加速器才能重新启动。在辐照室、主机室内设置有紧急开门按钮，便于人员在紧急情况下撤离辐照室、主机室。</p>	<p>在辐照室、主机室内各墙面均设计有紧急停机拉线开关，紧急停机开关距地面高度1.55m；在电子加速器控制柜上同样设计有紧急停机按钮开关。所有紧急停机开关均有明显的标志，供应急停机使用。当出现紧急情况时，只需拉下或按下任一紧急停机开关，则该辐照室内的电子加速器将立即切断高压，停止出束。在紧急情况、事故处理完毕后，需将紧急停机开关复位后，电子加速器才能重新启动。在辐照室、主机室内设置有紧急开门按钮，便于人员在紧急情况下撤离辐照室、主机室。</p>	一致

8	剂量连锁。在辐照室迷道内拟设置固定式辐射监测系统探头，与辐照室出入口门等连锁，显示面板位于控制室内。当显示面板上的辐射剂量率大于预设值时，将发出警告信号，同时主机室和辐照室门无法打开。通过固定式辐射监测系统，辐射工作人员可以及时了解电子加速器的工作情况以及辐照室、主机室中的辐射水平。	公司已在辐照室和主机室的迷道内设置固定式辐射检测仪，与辐照室和主机室的出入口门等连锁。	一致
9	通风连锁。本项目排风机与控制系统连锁，辐照室排风机正常工作后，电子加速器才能出束；在排风机未正常工作时，电子加速器将无法进行出束作业。在电子加速器正常运行过程中，当排风机发生故障时，电子加速器将立即停止出束作业。加速器的控制软件设计有正常停机后排风机延迟关闭系统，即：电子加速器正常停止出束后，即时对排风机发出停止工作指令，排风机将按预设时间继续工作。若电子加速器非正常停止出束，则排风系统的运行不受限制。	辐照室、主机室配置一套通风系统，排风量为20000m ³ /h，已与控制系统连锁。辐照室排风机正常工作后，电子加速器才能出束；在排风机未正常工作时，电子加速器将无法进行出束作业。在电子加速器正常运行过程中，当排风机发生故障时，电子加速器将立即停止出束作业。满足《工作场所有害因素职业接触限值 第1部分：化学有害因素》（GBZ 2.1-2019）中臭氧浓度限值的要求。	一致
10	烟雾报警。本项目烟雾报警系统通过导烟管与控制系统连锁，遇有火险时，电子加速器将立即停机并停止通风。	加速器辐照室迷道内已设置烟雾报警装置，遇有火险时，加速器将立即停机并停止通风。	一致
11	实时摄像监视。本项目拟在辐照室内设置摄像监视系统，监控图像实时显示在控制室的监控电视上，使控制室的工作人员可清楚地观察到辐照室内电子加速器的工作情况，如发	本项目在辐照室内设置摄像监视系统，监控图像实时显示在控制室的监控电视上，使控制室的工作人员可清楚地观察到辐照室内电子加速器的工作情况，如发生意外情况可及	2号加速器室西南端的摄像头，因经常性毁坏，而取消设置，其余摄像头位置不变，主机室和辐照室共安装15个监控探头，监控画面实时显示于控制室内计算机屏幕上，经对照

<p>生意外情况可及时处理。为了避免强辐射场对视频信号的干扰，建设单位拟在迷道口安装视频摄像头，通过反射镜来获取辐照室内图像。</p>	<p>时处理。为了避免强辐射场对视频信号的干扰，建设单位拟在迷道口安装视频摄像头，通过反射镜来获取辐照室内图像。</p>	<p>《关于印发环评管理中部分行业建设项目重大变动清单的通知》和《中华人民共和国环境影响评价法》《建设项目环境保护管理条例》，不属于重大变动。</p>
---	--	---

辐射安全与防护设施变更详见图 3-3 和图 3-4。

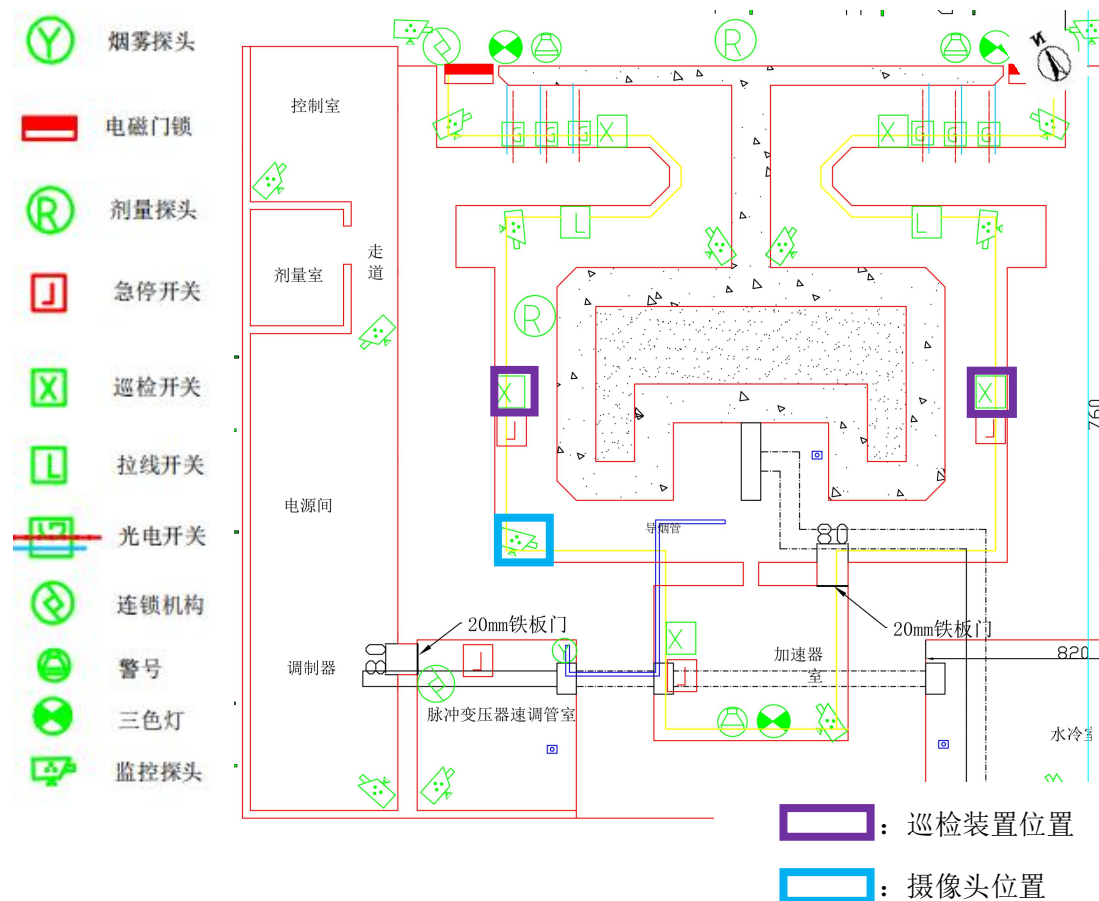


图 3-3 环评阶段辐射安全与防护设施

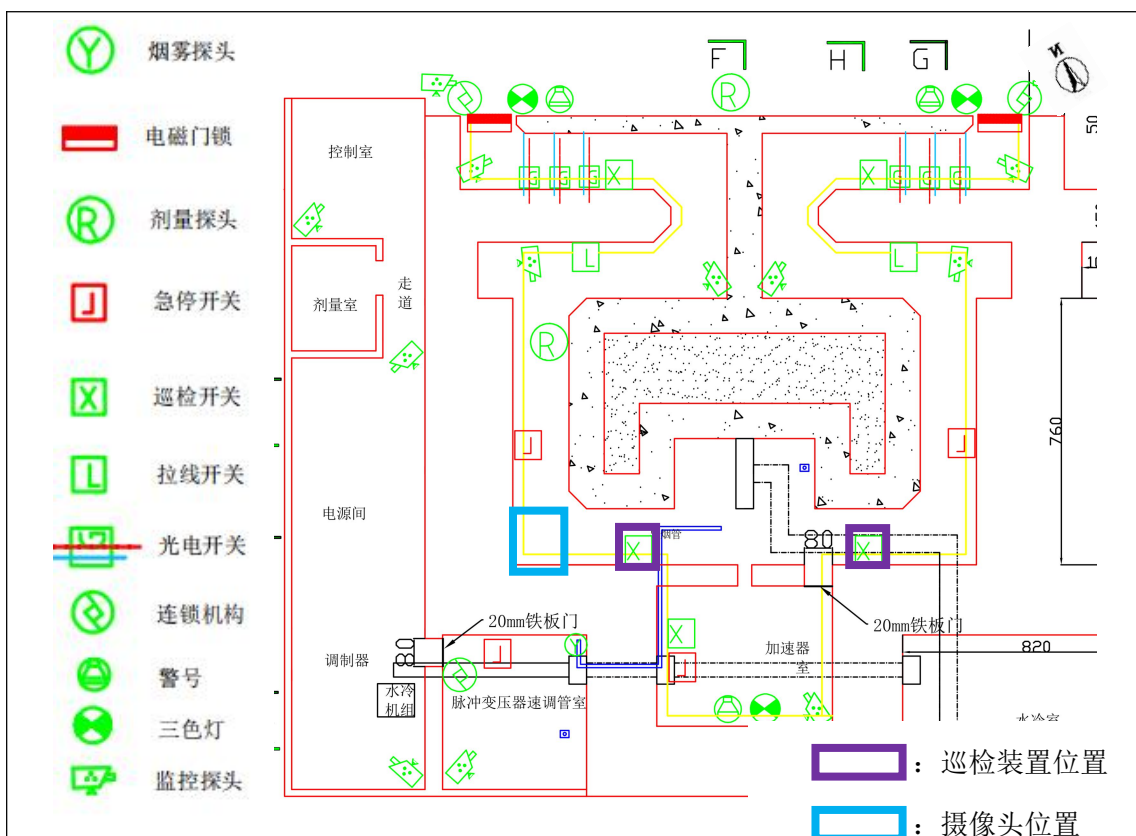


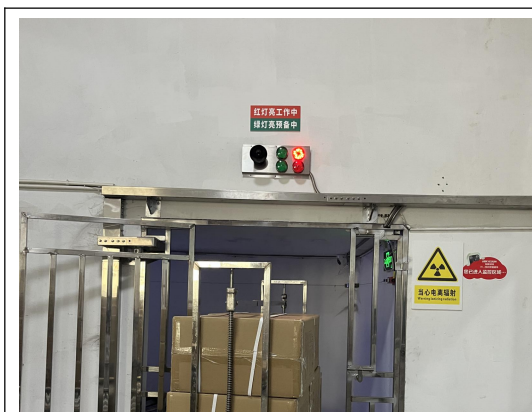
图 3-4 实际建设情况辐射安全与防护设施

表 3-4 环评批复要求落实情况

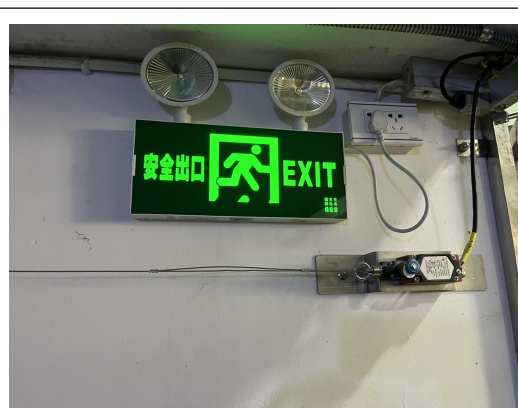
环评批复要求	验收阶段落实情况
<p>严格按照报告表提出的要求建设和运行，按要求设置排风系统、安全联锁系统、巡检按钮、紧急停机按钮或拉绳、光电报警装置、实时监控装置、剂量监测系统、辐射警示标志等防护措施，符合《电子加速器辐照装置辐射安全和防护》(HJ979-2018)中的相关要求。确保辐射工作人员和其他人员受到的剂量低于各自管理限值，严防辐射事故发生。</p>	<p>已落实。 公司已严格落实各项辐射安全管理措施，工作场所设置警示标志和警示说明，并按要求配置安全装置。</p>
<p>建立辐射防护管理机构，明确各成员职责；制定完善各项辐射安全管理规章制度、操作规程、监测计划和辐射事故应急预案；严格落实各项辐射管理规章制度。</p>	<p>已落实。 公司已建立辐射安全管理规定、辐射防护安全领导小组及其职责、辐射防护和安全保卫制度、加速器的操作规程、设备检修与维护保养制度、辐射环境监测方案、监测仪表使用与校验管理制度、辐射工作人员培训/再培训制度、个人剂量监测和职业健康体检管理制度、辐射事故应急预案等制度，严格按照制度开展工作。</p>

<p>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、联锁装置及报警系统的有效性、警告标志的状态、辐照区域人员等情况，落实风险防范措施，确保射线装置使用安全。</p>	<p>已落实。 公司已建立设备检修维护制度和射线装置使用登记制度，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、联锁装置及报警系统的有效性、警告标志的状态、辐照区域人员等情况，落实风险防范措施，确保射线装置使用安全。</p>
<p>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；配备剂量监测仪，剂量报警仪，佩戴个人剂量计，个人剂量计按规定到有资质的单位开展检测，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。</p>	<p>已落实。 公司已制定人员培训计划，4名辐射工作人员已取得核技术利用辐射安全防护考核合格证书。辐射工作人员均持有个人剂量计，个人剂量计每3个月送浙江正安检测技术有限公司检测，并建立个人剂量监测档案。4名辐射工作人员已分别于2024年05月04日在温州市人民医院进行了职业健康检查，检查结果显示均可继续从事原放射工作。</p>
<p>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。</p>	<p>已落实。 2024年12月31日，公司按时向温州市生态环境局平阳分局提交年度辐射安全评估报告，公司的辐射安全与防护状况整体良好。</p>
<p>项目须严格执行环保“三同时”制度，项目日常环保管理工作由温州市生态环境局平阳分局负责。项目建成后应在申领辐射安全许可证后方可在许可范围内从事辐射工作，并依法依规做好“三同时”环保竣工验收工作。</p>	<p>已落实。 公司严格执行建设项目环境保护“三同时”制度，该项目正在依照法律法规要求开展辐射环保设施竣工验收工作，验收合格后投入正式运行。</p>



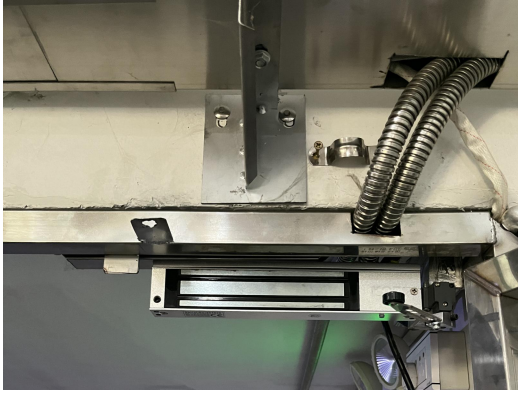



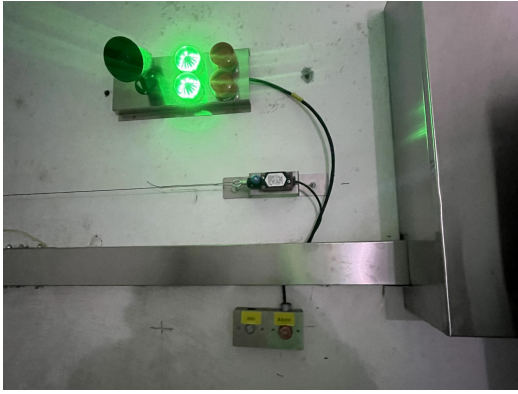
防护措施落实情况见下图 3-3。



辐照室入口三色警示灯
电离辐射警示标志



辐照室内入口紧急拉线开关

	
<p>辐照室摄像头</p>	<p>辐照室巡检按钮和紧急按钮</p>
	
<p>辐照室内行人检测光电装置</p>	<p>辐照室门机联锁装置</p>
	
<p>辐照室摄像头</p>	<p>辐照室应急照明系统</p>
	
<p>辐照室内排风口</p>	<p>主机室三色警示灯、紧急拉线开关、巡检</p>

	<p style="text-align: center;">按钮和紧急按钮</p> 
<p style="text-align: center;">主机室烟雾报警装置</p>	<p style="text-align: center;">主机室摄像头</p>
	
<p style="text-align: center;">制度上墙</p>	<p style="text-align: center;">电子直线加速器操作流程</p>
	
<p style="text-align: center;">控制柜钥匙开关、紧急停机按钮</p>	<p style="text-align: center;">监视器面板</p>

 <p>恒温技</p>	
<p>在线辐射监测报警仪</p>	<p>X-γ 辐射巡测仪</p>
	
<p>辐射工作人员佩戴个人剂量计</p>	<p>2号加速器排风筒</p>
	
<p>迷道入口</p>	

图 3-5 2 号加速器室周围辐射安全与防护设施照片

3.4 三废处理设施的建设、处理能力

3.4.1 放射性三废处理设施的建设、处理能力

本项目在运营过程中不产出放射性废弃物，故不涉及放射性三废处理设施的建设 and 处置。

3.4.2 非放射性三废处理设施的建设、处理能力

电子加速器在开机运行时，电子束与辐照室空气可通过电离作用产生臭氧（O³）和氮氧化物（NO_x），它们是具有刺激性作用的非放射性有害气体。故本项目在运营过程中产生的非放射性污染物为臭氧、氮氧化物。

具体处置方式见表 3-5。

表 3-5 本项目非放射性三废处理设施的建设、处理能力

类别	污染物类别	环评审批中“三废”处置方式及处置能力	实际建设情况	是否与环评审批一致
废气	臭氧 氮氧化物	本项目 2 号加速器室拟采用机械进风，臭氧排风口拟从辐照室底部引出，通风弯管再连接至加速器室外部排气管道，出风口处做屏蔽补偿措施，拟安装的抽风机排风速率约 2000m ³ /h。加速器运行期间及停机后一直保持运行，使加速器辐照室内部始终处于负压状态，防止臭氧和氮氧化物溢出辐照室内，每小时换气不少于标准次数，室内臭氧通过排风系统排入外环境，臭氧在常温下可自行分解为氧气。	本项目 2 号加速器室拟采用机械进风，臭氧排风口拟从辐照室底部引出，通风弯管再连接至加速器室外部排气管道，出风口处做屏蔽补偿措施，拟安装的抽风机排风速率约 2000m ³ /h。加速器运行期间及停机后一直保持运行，使加速器辐照室内部始终处于负压状态，防止臭氧和氮氧化物溢出辐照室内，每小时换气不少于标准次数，室内臭氧通过排风系统排入外环境，臭氧在常温下可自行分解为氧气。	一致

3.5 辐射安全管理情况

3.5.1 辐射安全许可制度执行情况

该公司已于 2024 年 10 月 09 日申领辐射安全许可证，证书编号：浙环辐证[C0026]，有效期至 2028 年 02 月 23 日。

检查结果表明，建设单位目前名称、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。实际与辐射安全许可内容明细相一致。

3.5.2 辐射工作人员管理情况

(1) 辐射工作人员培训、考核情况

现有辐射工作人员合计 4 名，4 名辐射人员轮流操作 1 号加速器和 2 号加速器，满足工作需要。4 名辐射工作人员均参加辐射安全和防护专业知识及相关法律法规的培训，并取得了合格证，做到了持证上岗。辐射工作人员考核情况统计见表 3-6，核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单见附件 4。

表 3-6 辐射工作人员考核情况一览表

序号	姓名	考核时间	证书编号	备注
1	戴*好	2023 年 04 月	FS23ZJ16000**	核技术利用辐射安全与防护考核成绩报告单均处在有效期内
2	尤*艺	2023 年 04 月	FS23ZJ16000**	
3	洪*翔	2022 年 09 月	FS22ZJ16001**	
4	王*根	2022 年 09 月	FS22ZJ16001**	

(2) 辐射工作人员职业健康体检情况

公司 4 名辐射工作人员已于 2024 年 05 月 04 日在温州市人民医院进行了职业健康检查，检查结果显示均可继续从事原放射工作。本项目辐射工作人员职业健康检查结果统计见表 3-7，辐射人员职业健康检查报告见附件 5。

表 3-7 本项目辐射工作人员职业健康检查结果一览表

序号	姓名	体检结果	备注
1	戴*好	可继续从事电离辐射工作	在岗期间
2	尤*艺	可继续从事电离辐射工作	在岗期间
3	洪*翔	可继续从事电离辐射工作	在岗期间
4	王*根	可继续从事电离辐射工作	在岗期间

3.5.3 辐射安全管理落实情况

(1) 关于辐射安全与环境保护管理机构

公司已成立以黄*芸为组长的辐射防护管理机构，明确了岗位职责，制定辐射环境管理规章制度，符合《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》的要求，使用 II 类射线装置的单位，应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，并以文件形式明确管理人员职责。

(2) 辐射工作人员配置和能力分析

现有辐射工作人员 4 名，无新增辐射工作人员，培训合格证书均在有效期内。

4名辐射人员轮流操作1号加速器和2号加速器,每台加速器2名辐照工作人员,能够满足工作需要。

若之后有新增辐射工作人员,则需在辐射工作人员上岗前,公司组织其进行岗前职业健康检查,并建立个人健康档案,符合辐射工作人员健康标准的,方可参加相应的辐射工作,并公司建立并保存辐射工作人员的培训档案。

(3) 辐射安全管理规章制度

公司已根据《放射性同位素与射线装置安全许可管理办法》等要求制定了一系列辐射安全规章制度,具体见表3-8,辐射安全管理机构、规章制度、应急预案详见附件6。

表3-8 公司已有辐射安全管理规章制度一览表

序号	制度名称
1	辐射工作安全责任书
2	加速器安全操作规程
3	辐射防护和安全保卫制度
4	设备检修维护制度
5	射线装置使用登记制度
6	辐射人员培训计划
7	监测方案制度
8	辐射事故应急预案评估

3.5.4 辐射监测

(1) 年度监测

建设单位已根据《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》的相关规定,委托有资质的环境监测机构进行监测。建设单位已制定《自行检查和年度评估制度》,检测数据每年年底向当地生态环境局上报备案,环评阶段和实际验收阶段对比一览见下表。

表3-9 年度监测计划对比一览表

	环评审批	实际情况	是否一致
检测项目	X-γ辐射剂量率	X-γ辐射剂量率	一致
检测频度	每年常规检测一次	每年常规检测一次	一致
监测范围	电子加速器辐照装置机房四周及50m范围内环境保护目标	电子加速器辐照装置机房四周及50m范围内环境保护目标	一致
监测依据	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)	《环境γ辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)	一致

监测记录 保存	监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存	监测记录应清晰、准确、完整并纳入档案进行保存	一致
<p>验收阶段的监测计划与环评阶段的一致。</p>			
<p>2024年12月，建设单位委托杭州旭辐检测有限公司进行年度监测，公司加速器室周围X-γ辐射剂量率数据符合《电子直线加速器工业CT辐射安全技术规范》（HJ785-2016）的要求。</p>			
<p>后续检测计划落实要求：</p>			
<p>建设单位需每年委托有资质第三方机构进行1次辐射工作场所的辐射监测工作，并编写检测报告。监测工况：在射线装置正常工作工况条件下进行监测。监测因子：X-γ辐射周围剂量当量率。监测频次：1次/年。</p>			
<p>建设已配备1台X-γ辐射巡检仪，每季度对工作场所进行一次周围剂量当量率监测。</p>			
<p>(2) 个人剂量监测</p>			
<p>公司已按要求为4名辐射工作人员配备了个人剂量计，并与浙江正安检测技术有限公司签订个人剂量检测协议（见附件7），每3个月将个人剂量计送至该公司进行剂量检测，建立个人剂量档案。</p>			

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 建设项目环境影响报告表中对辐射安全与防护设施/措施的要求

4.1.1 本项目设备辐射屏蔽设计

本项目 2 号加速器室设计屏蔽参数见表 4-1。

表 4-1 2 号加速器室设计屏蔽参数表

机房	项目	内容
主机室	主机室内径尺寸	长 5000mm×宽 4000mm×高 2000mm
	各屏蔽墙厚度	北侧 600mm, 东侧、西侧、南侧为 2000mm
	顶棚厚度	2500mm
辐照室	辐照室内径尺寸	长 13200mm×宽 9200mm×高 2000mm
	各屏蔽墙厚度	北侧 4000mm+1500mm+500mm、东侧 4000mm、西侧 2500mm、南侧为 600mm
	顶棚厚度	2500mm
	迷道尺寸	弓形多折线双迷道, 4000mm+1500mm+500mm 厚, 宽 1600mm, 高 2000mm
	防护门尺寸	宽 1600mm, 高 2000mm, 电磁门锁
	通风设施	地下 U 型通道, 下穿 100cm, 孔径 50cm

备注:

- ①四周屏蔽墙体及顶棚均采用密度不低于 2.35g/cm 的混凝土一次浇筑而成, 无气泡, 无裂缝;
- ②机房的辐射防护设施, 必须与主体工程同时设计、同时施工、同时投产;
- ③机房设施的设计, 应有辐射防护工程师参加: 施工阶段, 辐射防护人员应对辐射防护设施的工程质量进行检查, 以保证设计要求。

4.1.2 其他辐射安全防护措施

(一) 钥匙控制。本项目的加速器室均设有控制室, 控制室内将设置控制柜。控制柜上设计有加速器的钥匙开关, 只有该钥匙就位后才能开启电源, 启动加速器进行出束作业; 钥匙开关未闭合状态时, 电子加速器无法开机出束。同时, 电子加速器的开关钥匙也是加速器室辐照室和主机室出入门开关钥匙, 并且辐照室和主机室出入门的钥匙在防护门未关闭上锁的情况下, 钥匙是无法取出的。当工作人员需要打开防护门进入辐照室或主机室时, 该工作人员必须携带该加速器的开关钥匙。因此, 加速器在开机出束时, 由于没有开关钥匙, 防护门无法打开; 在防护门打开的情况下, 加速器无法开机出束。建设单位拟为每台加速器的辐射工作人员配备 2 台个人剂量报警仪, 其中 1 台个人剂量报警仪与加速器的开关钥

匙相连，加速器的开关钥匙是唯一的且由运行值班长保管使用。

(二) 门机联锁。辐照室防护门进出口处设有两个门机联锁装置，速调管室铁门处设有 1 个门机联锁装置，在防护门未闭合的状态下，电子加速器不能启动工作；在电子加速器高压启动后，一旦防护门被打开，联锁装置将立即切断电子加速器的高压，使电子加速器立即停止出束。

(三) 束下装置联锁。辐照室内的传输系统均与辐照室内的电子加速器联锁。电子加速器未出束时，当辐照室内的传输系统出现故障时，将不能启动该辐照室的电子加速器进行出束作业；在电子加速器正常出束作业情况下，当辐照室内的传输系统出现故障，将立即切断加速器电源，使得辐照室内的电子加速器立即停止出束。

(四) 信号警示装置。辐照室和主机室出入口处设置醒目的“当心电离辐射警告标志”和工作状态指示灯及音响警示信号，工作状态指示灯与电子加速器高压连锁，当电子加速器启动时，指示灯将亮起并发出闪烁信号，音响警示装置启动伴有蜂鸣，以提醒周围人员勿靠近，辐照室进出口外 1m 处划黄色警戒线，告诫无关人员不得靠近。

(五) 巡检按钮。辐照室和主机室内拟设置“巡检按钮”五个，并与控制台连锁。电子加速器开机前，辐射工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；未按下“巡检按钮”前，电子加速器将不能进行出束作业。

(六) 防人误入装置。辐照室出入口处，各设计有 3 道相互独立的光电报警装置并分别与电子加速器的开、停机连锁。3 道光电装置安装高度分别距离地面 0.2m、0.4m 和 0.6m，每个间隔 0.4m，当有人员误入辐照室、主机室，身体将任意一处红外线挡住后，若电子加速器处于开机状态下，将立即自动切断电源，电子加速器将立即停止出束，同时发出异常情况下的警示声音。通过此措施，防止在电子加速器开机过程中，人员误入辐照室、主机室造成误照射。

(七) 急停装置。辐照室和主机室内拟设置“急停开关”四个，紧急停机开关距地面高度 1.55m；在电子加速器控制柜上同样设计有急停开关。所有急停开关均有明显的标志，供应急停机使用。当出现紧急情况时，只需拉下或按下任一急停开关，则该辐照室内的电子加速器将立即切断高压，停止出束。在紧急情况、

事故处理完毕后，需将急停开关复位后，电子加速器才能重新启动。在辐照室、主机室内设置有紧急开门按钮，便于人员在紧急情况下撤离辐照室、主机室。

（八）剂量连锁。在辐照室迷道内拟设置固定式辐射监测系统探头，与辐照室出入口门等连锁，显示面板位于控制室内。当显示面板上的辐射剂量率大于预设值时，将发出警告信号，同时主机室和辐照室门无法打开。通过固定式辐射监测系统，辐射工作人员可以及时了解电子加速器的工作情况以及辐照室、主机室中的辐射水平。

（九）通风连锁。本项目排风机与控制系统连锁，辐照室排风机正常工作后，电子加速器才能出束；在排风机未正常工作时，电子加速器将无法进行出束作业。在电子加速器正常运行过程中，当排风机发生故障时，电子加速器将立即停止出束作业。加速器的控制软件设计有正常停机后排风机延迟关闭系统，即：电子加速器正常停止出束后，即时对排风机发出停止工作指令，排风机将按预设时间继续工作。若电子加速器非正常停止出束，则排风系统的运行不受限制。

（十）烟雾报警。本项目烟雾报警系统通过导烟管与控制系统连锁，遇有火灾时，电子加速器将立即停机并停止通风。

（十一）实时摄像监视。本项目拟在辐照室内设置摄像监视系统，监控图像实时显示在控制室的监控电视上，使控制室的工作人员可清楚地观察到辐照室内电子加速器的工作情况，如发生意外情况可及时处理。为了避免强辐射场对视频信号的干扰，建设单位拟在迷道口安装视频摄像头，通过反射镜来获取辐照室内图像。

4.1.3 “三废”的治理

（1）施工期

1.施工废水

项目施工期间产生废水主要为施工人员生活污水。施工人员生活污水经污水处理设施处理达标后纳管排放。

2.施工扬尘

为确保浇筑连续性，施工期间拟采用商品混凝土，不在现场进行灰土搅拌作业。为有效降低施工现场扬尘，拟安排人员在干燥天气洒水降尘。

3.施工噪声

项目施工期拟采取降噪措施如下：

①合理安排施工时间，除混凝土浇筑可在夜间（22:00—次日 6:00）进行外，其余施工工序不得在夜间进行。为确保墙体辐射屏蔽效果，混凝土需要连续浇筑。夜间施工必须提前申请当地人民政府或者相关部门批准，并公告附近公众。

②选用低噪声施工设备。

③运输车辆必须限速、严禁鸣笛。

4.固体废物

施工期间产生的建筑废渣由施工单位安排车辆运至建设主管部门指定地点堆放。

评价要求：运输车辆必须做到密闭，不得沿途洒落。

（2）营运期

1、废水：本项目的加速器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，故本项目运行过程中没有放射性废水产生。本项目运行期废水主要为辐射工作人员产生的生活污水，生活污水经化粪池预处理后排入市政管网。

2、废气：辐照加速器在工作状态时，产生的射线会使机房内空气电离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，臭氧和氧化物的产额越高。臭氧的产额大约是氮氧化物的两倍，对人体产生较大危害。因此本项目主要考虑辐照室臭氧的产生和排放影响。

本项目 2 号加速器室拟采用机械进风，臭氧排风口拟从辐照室底部引出，通风弯管再连接至加速器室外部排气管道，出风口处做屏蔽补偿措施，拟安装的抽风机排风速率约 2000m³/h。加速器运行期间及停机后一直保持运行，使加速器辐照室内部始终处于负压状态，防止臭氧和氮氧化物溢出辐照室内，每小时换气不少于标准次数，室内臭氧通过排风系统排入外环境，臭氧在常温下可自行分解为氧气。

3、噪声：噪声主要来源于通风机组，为降低噪声的影响，本项目采取了低噪声的设备，从声源上降低噪声污染。

4、固体废物：本项目运行期间辐射工作场所内产生的常规污染物主要是办公过程产生的生活废水及办公垃圾等，无放射性固体废物产生，由建设单位统一

集中收集后交给环卫部门及时清运。

4.2 建设项目环境影响报告表中工程建设对环境的影响及要求

4.2.1 实践正当性分析

温州顺通电子加速器有限公司拟改建 2 号加速器室,并配备 1 台辐照加速器(DZ-10MeV/20 kW型加速器),用于辐照灭菌。其加速器运行所致辐射工作人员和周围公众成员的剂量符合《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB18871-2002)中关于“剂量管理限值”的要求。因而,只要按规范操作,该公司使用加速器是符合辐射防护“正当实践”原则。因此,该项目使用辐照加速器的目的是正当可行的。

4.2.2 辐射防护屏蔽能力分析

在设置辐射工作场所时已充分考虑了其性能和特点、周围工作场所的防护与安全,对辐射工作场所选址和布局设计进行了综合考虑,辐射工作场所屏蔽设计原则符合辐射工作场所使用和辐射防护安全的要求。

4.2.3 环境评价结论

2 号加速器室辐照室墙外 30cm 处辐射剂量最大值为 $0.27\mu\text{Sv/h}$,满足《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能超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的规定要求。

2 号加速器室主机室墙外 30cm 处辐射剂量最大值为 $1.16\times 10^{-5}\mu\text{Sv/h}$,满足《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能超过 $2.5\mu\text{Sv/h}$ 的规定要求。

加速器在距离 X 射线辐射源 d_s 处地面,天空反射的 X 射线周围剂量当量率最大额为 $1.77\times 10^{-8}\mu\text{Sv/h}$,所以屋顶天空反散射对地面参照点的剂量率贡献值几乎可以忽略不计。因此本项目加速器室屋顶的防护设计可以满足辐射防护要求。

职业人员受到的最大年有效剂量为 0.99mSv/a ,公众受到的最大年有效剂量为 0.07mSv/a 均能够满足《电离辐射防护与辐射源安全基本标准》(GB 18871-2002)中剂量限值要求和本项目管理目标剂量约束值要求:职业人员年有效剂量不超过 5mSv ,公众年有效剂量不超过 0.1mSv 剂量约束值要求。

实际工作中辐射工作人员及公众的活动区域与加速器室均有一定的距离,经过距离的进一步衰减后,本项目对工作人员和公众造成的辐射影响将进一步降低,项目的建设和运行对工作人员和公众影响更符合剂量约束值的要求。

4.2.4 结论

综上所述,温州顺通电子加速器有限公司开展辐照加速器应用,在落实本报告提出的所有污染防治措施和辐射管理基础上,将具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施;其运行对周围环境产生的影响能符合辐射环境保护的要求,该建设单位基本具备其所从事的辐射活动的技术能力和辐射安全防护措施,故从辐射环境保护角度论证,该项目的建设运行是可行的。

4.3 环境影响评价文件批复

温州市生态环境局文件于 2024 年 7 月 18 日对《温州顺通电子加速器有限公司辐照加速器改建项目环境影响报告表》进行了审批(温环辐(2024)9号),批复的主要内容及要求如下:

温州顺通电子加速器有限公司:

你单位申请审批的函、由杭州旭辐检测技术有限公司编制的《温州顺通电子加速器有限公司辐照加速器改建项目环境影响报告表》(以下简称《环评报告表》)和其他相关材料收悉。经研究,现将审批意见函告如下:

一、根据《环评报告表》及本项目环评行政许可公示期间的意见反馈情况,原则同意《环评报告表》的结论。

二、项目位于温州市平阳县水头镇占江村工业园区宠乐路 2 号 3#生产车间 1 层,温州顺通电子加速器有限公司拟改建原有空余的 2 号加速器室,将未建设的 1 台电子加速器进行调整,将电子直线加速器(最大能量为 10MeV,额定电流为 1.5mA)变更为 DZ-10MeV/20kW 型电子直线加速器(最大能量为 10MeV,额定电流为 2mA)。项目具体建设内容和周边环境见环评报告表。

三、项目运营中,你单位须落实各项污染防治措施,严格执行污染物排放标准。重点做好以下工作:

1、严格按照报告表提出的要求建设和运行,按要求设置排风系统、安全连锁系统、巡检按钮、紧急停机按钮或拉绳、光电报警装置、实时监控装置、剂量监测系统、辐射警示标志等防护措施,符合《电子加速器辐照装置辐射安全和防

护》(HJ979-2018)中的相关要求。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。

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方案;严格落实各项辐射管理规章制度。

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、联锁装置及报警系统的有效性、警告标志的状态、辐照区域人员等情况,落实风险防范措施,确保射线装置使用安全。

4、做好人员安全防护和管理工作。操作人员必须经辐射安全和防护知识培训合格后上岗;配备剂量监测仪,剂量报警仪,佩戴个人剂量计,个人剂量计按规定到有资质的单位开展检测,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。

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。

四、项目的环境影响评价文件经批准后,建设项目的性质、规模、地点、采用的生产工艺或者防治污染、防止生态破坏的措施发生重大变动的,建设单位应当重新报批建设项目的环境影响评价文件。

项目的环境影响评价文件自批准之日起超过五年,方决定该项目开工建设的,其环境影响评价文件应当报原审批部门重新审核。

五、项目须严格执行环保“三同时”制度,项目日常环保管理工作由温州市生态环境局平阳分局负责。项目建成后应在申领辐射安全许可证后方可在许可范围内从事辐射工作,并依法依规做好“三同时”环保竣工验收工作。

六、根据《中华人民共和国环境影响评价法》第二十二条、《中华人民共和国行政许可法》第三十八条第一款等有关法律法规,现决定准予许可,若你单位及项目利害关系人对本审批意见内容不服的,可以在六十日内向温州市人民政府提起行政复议,或者在六个月内向鹿城区人民法院提起行政诉讼。

表 5 验收监测质量保证及质量控制

5.1 检测单位

本次验收委托杭州旭辐检测技术有限公司开展本项目的监测工作，该公司已通过检验检测机构资质认定（CMA 资质认定证书编号：241112051740）。

5.2 监测人员能力

参加本次现场监测的人员，均经过省级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。

5.3 现场检测的质量控制

参加本次现场监测的人员，均经过监测技术培训，并经考核合格，做到持证上岗。

现场检测设备（便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪，型号 JC-NAI-300）在使用前预先进行校正，保证检测数据的有效性。

5.4 质量保证及质量控制

- （1）监测单位已通过计量认证，具备相应的检测资质和检测能力；
- （2）监测单位制定有质量体系文件，所有活动均按照质量体系文件要求进行，实施全过程质量控制；
- （3）本次监测所采用的监测仪器已通过计量部门检定合格，并在检定有效期内；
- （4）合理布设监测点位，保证各监测点位布设的科学性和可比性；
- （5）监测方法采用国家有关部门颁布的标准；
- （6）监测表严格实行三级审核制度。

表 6 验收监测内容

6.1 监测项目

为掌握温州顺通电子加速器有限公司辐照加速器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探伤工作场所及周围环境辐射水平进行了验收监测。

监测因子: X- γ 辐射剂量率

监测频次: 电子加速器关机状态和正常开机状态下,在每个点位以约 10s 的间隔读取/选取 10 个数据,记录在原始数据记录表中。

监测时间: 2025 年 01 月 07 日

6.2 监测布点

根据《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)有关布点原则,在本项目 2 号加速器室四周及 50m 范围内环境保护目标处布设监测点位,保证各监测点位布设的科学性。监测点位布设见图 6-1、6-2。

6.3 监测仪器

检测仪器的参数与规范见表 6-1。

表 6-1 监测仪器参数与规范

仪器名称	便携式 X、 γ 辐射周围剂量当量率仪
仪器型号	JC-NAI-300
仪器编号	JC185-10-2024
能量响应	25keV~3MeV
量程	0.03 μ Sv/h~100mSv/h
检定(校准)机构	上海市计量测试技术研究院
检定(校准)证书号	2024H21-20-5562119001
有效期	2024 年 10 月 30 日-2025 年 10 月 29 日
检测规范	环境 γ 辐射剂量率测量技术规范 HJ 1157-2021

6.4 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:《环境 γ 辐射剂量率测量技术规范》(HJ 1157-2021)。

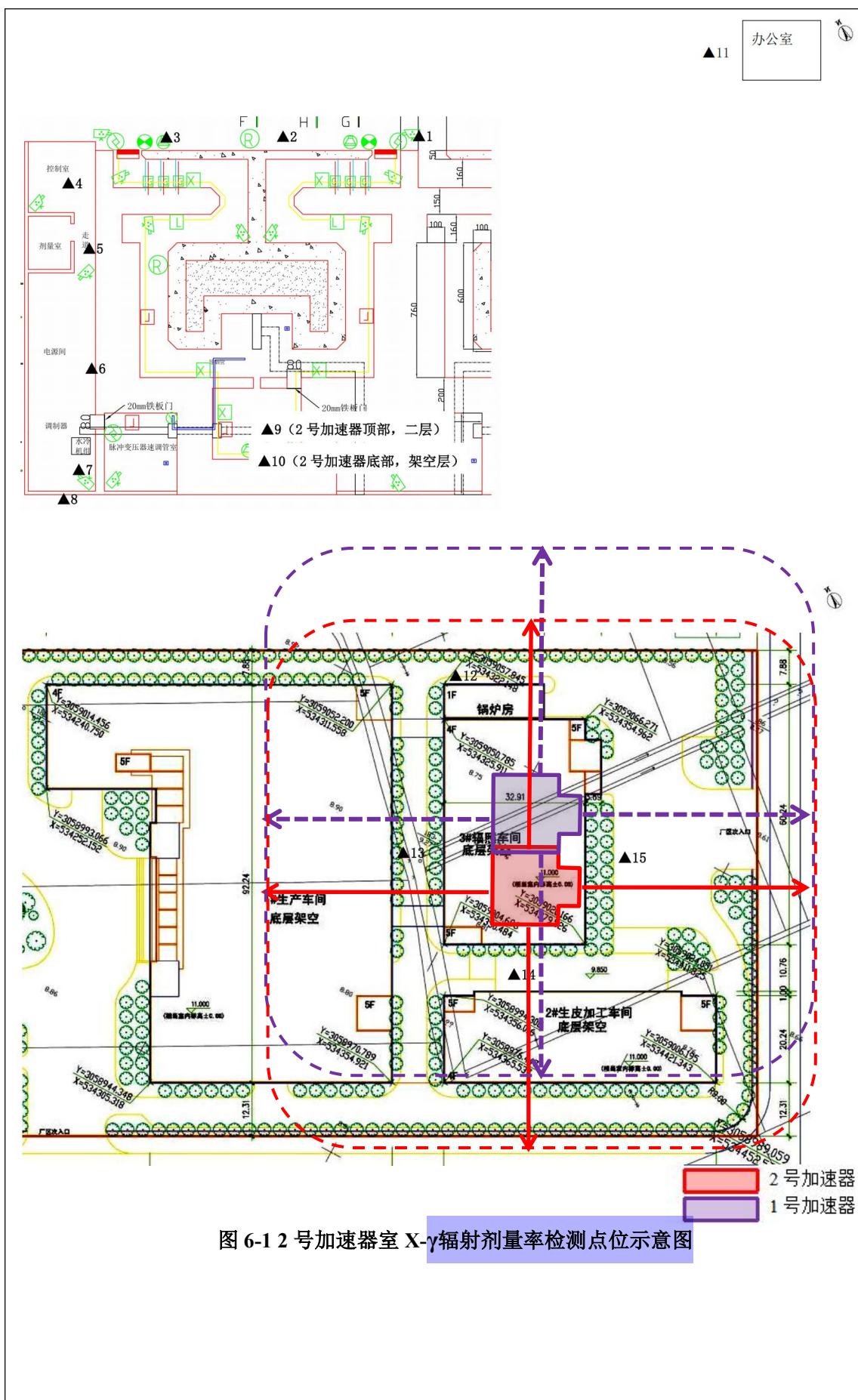


表 7 验收监测

7.1 监测工况

根据《温州顺通电子加速器有限公司电子直线加速器应用项目竣工环境保护验收监测表》，1号加速器已完成自主验收，当前可正常运行。考虑到实际运行中1号与2号加速器会同时运转，需评估两者辐射的叠加影响。

在1号加速器正常运行的工况下，对2号加速器室开机和关机时四周的X- γ 辐射剂量率展开监测，验收监测工况一览表详见表7-1。

表 7-1 验收监测工况一览表

设备名称	设备型号	最大设计工况	监测工况	备注
电子直线加速器	HNL1020A	15kW	11kW	1号加速器 正常工况
电子直线加速器	DZ-10MeV/20kW	20kW	13.4kW	2号加速器 正常工况

7.2 监测结果

7.2.1 2号加速器室周围X- γ 辐射空气吸收剂量率监测结果

1号加速器正常开机运行，2号加速器室开机和关机状态下四周监测结果见表7-2，检测报告详见附件8。

表 7-2 2号加速器室四周监测结果一览表

检测 点位 号	点位描述	开机检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)		关机检测结果 ($\mu\text{Sv/h}$)	
		平均值	标准差	平均值	标准差
▲1	辐照室出口东侧门缝 30cm 处	0.18	0.01	0.18	0.01
	辐照室出口中间表面 30cm 处	0.17	0.01	0.17	0.01
	辐照室出口西侧门缝 30cm 处	0.18	0.01	0.17	0.01
	辐照室出口上侧门缝 30cm 处	0.18	0.01	0.18	0.01
	辐照室出口下侧门缝 30cm 处	0.18	0.01	0.19	0.01
▲2	辐照室东北侧墙外 30cm 处 (中侧)	0.18	0.02	0.18	0.01
▲3	辐照室入口东侧门缝 30cm 处	0.17	0.01	0.17	0.01
	辐照室入口中间表面 30cm 处	0.18	0.01	0.17	0.01
	辐照室入口西侧门缝 30cm 处	0.17	0.01	0.17	0.01
	辐照室入口上侧门缝 30cm 处	0.17	0.01	0.18	0.01
	辐照室入口下侧门缝 30cm 处	0.18	0.01	0.17	0.01
▲4	2号加速器室西北侧墙外 30cm 处 (控制室)	0.19	0.01	0.18	0.01
▲5	2号加速器室西北侧墙外 30cm 处	0.18	0.01	0.17	0.01

(剂量室)					
▲6	2号加速器室西北侧墙外30cm处 (电源间)	0.18	0.01	0.16	0.01
▲7	2号加速器室西北侧墙外30cm处 (调制器)	0.18	0.01	0.17	0.01
▲8	2号加速器室西北侧墙外30cm处 (水冷机组)	0.19	0.01	0.16	0.01
▲9	2号加速器室顶部墙体外30cm处 (二层)	0.18	0.01	0.17	0.01
▲10	2号加速器室底部墙体外30cm处 (架空层)	0.17	0.01	0.17	0.01
▲11	办公室	0.17	0.01	0.17	0.01
▲12	锅炉房西北侧	0.18	0.01	0.18	0.01
▲13	1#生产车间东侧	0.18	0.01	0.17	0.01
▲14	2#生皮加工车间北侧	0.17	0.01	0.17	0.01
▲15	停车场内	0.17	0.01	0.17	0.01

注：检测结果未扣除宇宙射线的响应。

根据表 7-2 可知，1 号加速器和 2 号加速器同时开机时，四周 X- γ 辐射剂量率在 (0.17~0.19) $\mu\text{Sv/h}$ 之间；1 号加速器开机 2 号加速器关机时，四周 X- γ 辐射剂量率在 (0.16~0.18) $\mu\text{Sv/h}$ 之间。

监测结果表明，电子加速器在正常运行时，2 号加速器室的防护性能满足《电子加速器辐照装置辐射安全与防护》(HJ 979-2018) 中规定的“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能超过 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

7.3 剂量估算结果

7.3.1 人员工作制度及装置运行时间

本项目正式投入运行后，2 号加速器室每天工作 12 小时，周工作 6 天，年工作 51 周，共计 3672 小时。

7.3.2 剂量估算公式

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：

$$P_{\text{年}} = \dot{H} \times U \times T \times t \times 10^{-3}$$

式中：

$P_{\#}$ ——年受照剂量，mSv/a;

\dot{H} ——关注点辐射剂量率， $\mu\text{Sv/h}$;

U ——使用因子，本项目均取 1;

T ——居留因子;

t ——年受照时间，h/a。

7.3.3 年有效剂量估算

本项目辐射工作人员的 X- γ 辐射剂量率增值选自 2 号加速器室西北侧墙外 30cm 处（控制室）点位：0.19 $\mu\text{Sv/h}$ ，代入上述公式，可计算得出本项目辐射工作人员所受外照射年有效剂量（年受照时间为 3672h，辐射工作人员的居留因子取 1），则年受照剂量为 0.69mSv/a。

由于辐射工作人员共同参与 1、2 号加速器的操作，故剂量监测和估算结果，还需结合 1 号加速机房操作时的监测结果，根据公司提供的资料，1 号加速器的年受照剂量取自 2024 年四个季度的个人剂量叠加后的最大值（0.215mSv/a，详见附件 10），故 2 号加速器辐照工作人员的最大年受照剂量为 0.905mSv/a。

本项目公众人员 X- γ 辐射剂量率增值选自 2 号加速器室顶部墙体外 30cm 处（二层）点位：0.18 $\mu\text{Sv/h}$ ，代入上述公式，可计算得出本项目辐射工作人员所受外照射年有效剂量（年受照时间为 3672h，公众人员的居留因子取 1/16），故 2 号加速器公众人员的最大年受照剂量为 0.041mSv/a。

由表 7-4 可知，本项目辐射工作人员和公众人员年受照剂量最大值分别为 0.905mSv/a 和 0.041mSv/a，满足《电子加速器辐照装置辐射安全与防护》（HJ 979-2018）中规定的辐射工作人员、公众人员年有效剂量约束值 5mSv、0.1mSv 的要求。

表 8 验收监测结论

8.1 工程建设对环境的影响

(1) **项目建设与环保制度：**温州顺通电子加速器有限公司在 3#生产车间辐照车间改建 2 号加速器室，并配备 1 台 DZ-10MeV/20kW 电子直线加速器，用于辐照灭菌，根据《中华人民共和国放射性污染防治法》和《建设项目环境保护管理条例》等规定进行了环境影响评价工作，按照生态环境主管部门和环评报告提出的要求，在建设过程中执行了国家对建设项目要求的“三同时”等环境保护管理制度。

(2) **安全与防护措施：**根据核实《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》《放射性同位素与射线装置安全和防护条例》以及环评措施的落实情况，温州顺通电子加速器有限公司在设立专门管理机构、制定各项安全操作规程、采取有效防护措施等方面基本符合《放射性同位素与射线装置安全和防护管理办法》对使用射线装置单位的要求。在运行期间各项辐射防护措施、环保设施运行正常。

(3) **辐射环境监测结果：**根据表 7-2 可知，1 号加速器和 2 号加速器同时开机时，四周 X- γ 辐射剂量率在 (0.17~0.19) $\mu\text{Sv/h}$ 之间；1 号加速器开机 2 号加速器关机时，四周 X- γ 辐射剂量率在 (0.16~0.18) $\mu\text{Sv/h}$ 之间。

监测结果表明，电子加速器在正常运行时，2 号加速器室的防护性能满足《电子加速器辐照装置辐射安全与防护》(HJ 979-2018)中规定的“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能超过 2.5 $\mu\text{Sv/h}$ ”的要求。

(4) **辐射工作人员剂量估算：**由表 7-4 可知，本项目辐射工作人员和公众人员年受照剂量最大值分别为 0.905mSv/a 和 0.041mSv/a，满足《电子加速器辐照装置辐射安全与防护》(HJ 979-2018)中规定的辐射工作人员、公众人员年有效剂量约束值 5mSv、0.1mSv 的要求。

8.2 要求与建议

- (1) 进一步完善和规范辐射安全管理档案。
- (2) 严格执行辐射环境监测计划，定期对 2 号加速器室周围进行辐射水平

监测。

综上所述,温州顺通电子加速器有限公司辐照加速器改建项目辐射工作场所设计合理,满足防护要求,严格执行了各项规章制度,各种辐射安全防护措施达到了环评报告及其批复文件提出的要求。验收监测结果及剂量估算结果表明,本项目各项环境影响满足相应的验收标准要求。依据《建设项目竣工环境保护验收暂行办法》的有关规定,本项目具备竣工验收条件。