

试验检测过程中设备维护与校准管理的优化策略

文 / 郑焕坤 广东佳信检测有限公司

摘要：随着试验检测行业发展，设备维护与校准管理的重要性日益凸显。当前在管理体系、技术支持、资源保障及数据管理等方面存在流程不规范、技术手段落后、资源配置不合理、数据管理不完善等不足。强化该管理对确保检测结果准确、提升设备可靠性意义重大。旨在通过完善管理体系、加强技术支持、强化资源保障及建立数据管理与反馈机制，优化设备维护与校准管理。

关键词：设备维护；校准管理；资源保障；数据管理

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.10.081

引言

在试验检测领域，设备如同精准的“眼睛”，其维护与校准的精准度直接决定检测结果的可靠性。然而，当下现状却不容乐观，管理体系流程模糊，技术支持手段陈旧，资源保障分配失衡，数据管理也存在诸多漏洞。这些不足不仅影响检测效率，更对结果的准确性构成威胁。

一、完善设备维护与校准管理体系

（一）构建标准化管理流程

设备的标准化管理流程需涵盖全生命周期，从采购到报废各环节均应制定详细标准和规范。采购时，依据试验检测需求明确设备精度、量程、稳定性等技术指标，选择资质和信誉良好的供应商。例如，高精度电子天平精度需达万分之一克以上，供应商须有 ISO 9001 认证。设备到货后，严格验收，包括外观检查、性能测试、计量检定等。验收人员按标准检查设备指标，如万能材料试验机需经 5 次拉伸、压缩试验，误差控制在 $\pm 1\%$ 以内。

设备使用中，制定详细操作规程，明确操作步骤、注意事项和安全警示。操作人员需经专业培训并考核合格后上岗。建立设备使用记录制度，记录使用时间、人员、试验项目、设备状态等信息，如气相色谱仪需记录样品名称、进样量、分析时间和色谱图。定期维护保养设备，根据类型、使用频率和环境制定维护周期和内容，如离心机每运行 500 小时或 3 个月进行清洁、润滑和校准。设备故障时，维修人员需判断故障原因并有效维修，维修后重新校准和测试。无法修复或维修成本过高的设备应及时报废并核销资产。

（二）明确责任分工与监管机制

明确各部门和人员职责是管理体系有效运行的关键^[1]。设备管理部门负责制定设备维护与校准计划，组织采购、验收、安装、维修、报废等工作，并管理设备档案。使用部门负责设备的日常使用、清洁、保养，及时报告故障和异常情况。使用人员需严格按操作规程使用设备，不得擅自拆卸或改装。质量监督部门负责监督设备维护与校准工作，定期检查设备使用记录、维护记录、校准证书等，发现问题及时整改。例如，每月抽查设备使用和维护情况，抽查比例不低于 20%，对违规操作和未及

时维护等问题下达整改通知书。同时，建立健全责任追究制度，对因责任心不强、违规操作等导致设备损坏或检测结果不准确的部门和人员，严肃追究责任，视情节轻重给予警告、通报批评、扣发绩效奖金等处理。

（三）建立设备档案与信息管理系统

设备档案是全生命周期管理的重要记录，需建立完善的档案管理制度。档案应涵盖采购合同、技术资料、验收报告、使用说明书、校准证书、维护和维修记录、报废审批表等。档案管理人员要及时收集、整理和归档相关资料，确保完整性和准确性。例如，每台设备建立独立档案袋，按时间顺序装订，便于查阅管理。

同时，建立设备信息管理系统，利用信息化技术实时监控设备基本信息、使用、维护和校准情况。管理人员可通过系统了解设备运行状态和维护需求，合理安排维护校准；使用人员可在线查询操作规程和使用记录，提高使用效率；质量监督人员可远程监督维护校准工作，及时发现问题。系统还可设置维护提醒功能，维护周期临近时自动向管理人员和使用人员发送提醒邮件和短信，确保维护工作按时进行。

二、加强设备维护与校准技术支持

（一）引入先进技术手段

在试验检测设备维护与校准中，引入先进技术手段至关重要。首先，采用自动化校准技术，如高精度电子测量仪器的自动校准系统，可在预设时间间隔内自动校准，精度达 $\pm 0.01\%$ ，显著提高校准准确性和效率。其次，利用智能传感器技术实时监测设备运行状态，采集温度、压力、振动等关键参数，采样频率高达每秒 1000 次，通过数据分析及时发现潜在故障隐患，为预防性维护提供依据。

此外，引入虚拟现实（VR）和增强现实（AR）技术辅助设备维护与校准。VR 技术可创建设备虚拟模型，维修人员可在虚拟环境中进行拆解、组装和维修训练，提升维修技能。AR 技术则可将操作指南、维护手册等信息以虚拟形式叠加在实际设备上，维修人员通过 AR 眼镜直接获取信息，无需翻阅纸质手册，提高工作效率。同时，建立设备远程监控与诊断中心，利用互联网和物联网技术连接各地设备，技术人员可实时获取运行数据和状态信息，远程诊断故障并指导维修，缩短停机时间。如图 1 所示。

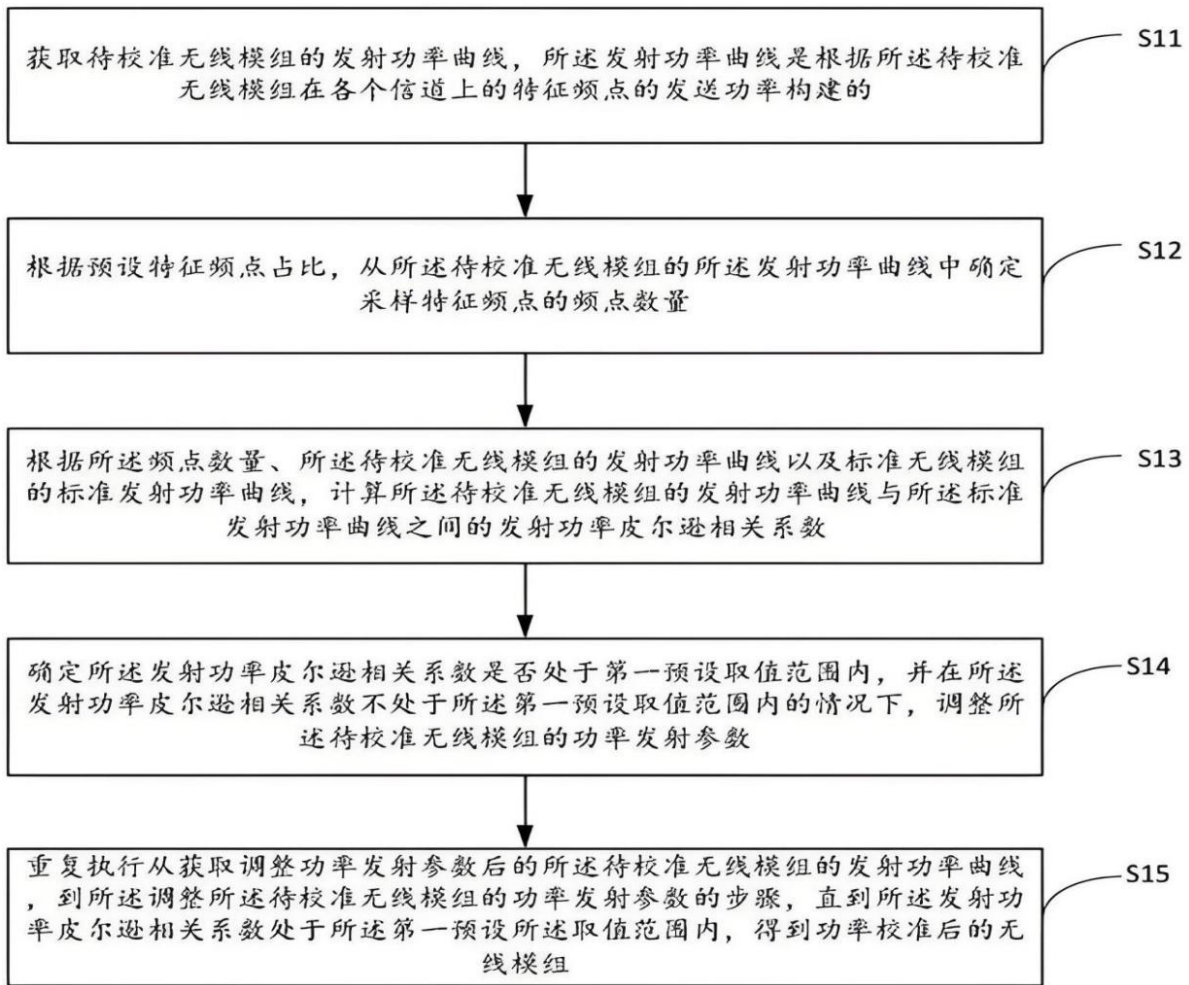


图1 无限模组校准流程示意图

(二) 提升人员技术能力

制定全面系统的培训计划是提升人员技术能力的关键。根据设备类型和维护校准要求，设计分层分级培训课程，涵盖设备工作原理、操作方法、维护要点和校准技术等内容。新入职技术人员需接受至少3个月的基础培训，包括200小时理论学习和100小时实操练习；经验丰富的技术人员每年至少参加2次高级培训课程或技术研讨会，每次不少于40小时，以更新知识和提升技能。鼓励技术人员参与外部培训和认证考试，与专业培训机构和行业协会合作，提供外部培训机会，如计量校准员培训和考试，获取资质证书。同时，设立培训奖励机制，对通过外部培训和认证的技术人员给予物质奖励，如报销培训费用、发放奖金，提高其积极性。此外，建立内部技术交流平台和导师制度。搭建在线论坛、技术分享会等平台，促进技术人员交流经验、分享心得、解决实际问题。建立导师制度，由技术骨干担任导师，对新入职人员进行一对一指导，每月至少交流2次，每次不少于1小时，帮助其快速成长。

(三) 优化技术支持流程

建立设备维护与校准的技术支持快速响应机制至关重要。需设立专门的技术支持热线和在线客服平台，

确保技术人员遇到问题时能及时获得帮助。技术支持人员应在接到求助后的1小时内响应，紧急问题需在2小时内到达现场处理。同时，建立技术支持知识库，整理常见设备故障、解决方法和维护校准技巧，方便技术人员查询学习，并确保知识库每月至少更新10%的内容。利用信息化管理系统，全程记录技术支持过程，包括服务请求、处理过程和结果，以便评估和分析。定期总结分析技术支持记录，每月统计故障发生率和解决时间，针对高频问题组织专项研究，制定更有效的解决方案。此外，加强与设备供应商和专业技术机构的合作，建立长期合作关系，及时获取设备技术资料 and 软件更新信息。积极参加行业技术交流活动 and 研讨会，每年不少于3次，与同行共同探讨新技术、新方法，不断提升技术水平。

三、强化设备维护与校准资源保障

(一) 合理规划维护校准预算

设备维护校准预算规划要兼顾多方面。先按设备类型细分，像高精度测量设备，鉴于其对校准精度要求严苛，通常每3个月校准一次，单次校准费用约5000元；常规检测设备每6个月校准，每次费用约2000元；大型复杂设备每年全面维护校准，费用约20000元。依设

备使用频率与重要性，关键且使用频繁的设备，维护校准预算占总预算40%，使用少的占20%。考量设备老化及维修历史。新设备保修期内，维护校准预算约占购置费用5%；使用超5年的老旧设备，因故障风险高，预算提至购置费用15%。参考维修记录，如某型号设备常现电路故障，每次维修约3000元，预算预留相应资金。另外，考虑市场价格波动与通胀，和供应商签长期协议，约定校准服务价格涨幅每年不超5%，并预留10%弹性预算应对突发需求。

（二）优化设备备件管理

优化备件管理对保障设备运行与控本意义重大。先建立科学分类体系，分常用、关键、特殊备件。常用备件如密封圈、过滤器，按3个月使用量储备；关键备件如核心传感器、重要控制器，确保至少1套备用；特殊备件依特殊需求储备，与供应商建紧急供应渠道。据历史数据预测需求，如某设备密封圈月均用10个，依使用计划提前采购。强化供应商管理。选至少3家优质供应商，从产品质量、交货期、价格等定期评估。与优质供应商签长期协议获优惠，如某供应商备件采购价降10%。设黑名单淘汰不良供应商。最后，实施备件信息化管理。用库存软件实时监控，记录出入库、使用设备等信息。借数据分析，库存周转率低于0.5时，调整采购；库存低于安全库存预警补货。还能实现备件共享调配，提高利用率。

（三）提高资源利用效率

提高设备维护与校准资源利用效率是优化关键。合理安排设备使用时间，避免过度使用与闲置^[3]。多台多功能设备，按实验需求统筹，平衡使用时间，提升整体利用率。制定规范培训操作人员，减少操作不当致故障，如培训可使此类故障降30%。开展设备共享合作，与其他实验室或企业针对昂贵大型设备，如高精度质谱仪，协商共享，按使用量分摊维护校准费用，提高利用率、降低成本。定期评估设备性能并改造。通过性能测试与数据分析找问题。对性能落后但有价值设备，技术改造升级，如换关键部件、更新软件，提升性能可靠性，延长寿命，减少更新成本。

四、建立设备维护与校准数据管理及反馈机制

（一）建立数据信息化管理系统

搭建数据信息化管理系统，需全面采集设备全生命周期数据。以中等规模检测实验室为例，约200台设备，除记录名称、型号等基础信息，每次维护记录日期、内容、时长；校准记录日期、机构、依据、结果，如长度测量设备校准结果精确到0.01mm。选用如Oracle数据库，依设备类别、使用部门分类存储。每日增量备份，每周全量备份，备份数据保存超3年。运用Tableau等工具可视化数据，以柱状图展示维护频率，折线图呈现校准周期性能变化。系统支持按设备编号、维护时间、校准结果等组合查询，数秒内获取数据。以下为某类设备一段时间内维护与校准相关数据示例表格：

表1：某类设备维护与校准关键数据统计

设备编号	维护次数	校准误差 (mm)	平均无故障运行时长 (小时)
001	5	0.02	480
002	3	0.03	520
003	6	0.01	450
004	4	0.02	490
005	2	0.04	550

（二）构建反馈与持续改进机制

构建该机制，要多维度建立反馈渠道。在设备现场设意见反馈表，每周汇总，同时开通线上平台，方便操作人员随时反馈，如设备异常声音、振动幅度等。组建专业团队，含设备工程师、质量控制专家与数据分析人员。每周召开会议，用SPC等方法分析反馈数据。如针对校准结果波动，绘制控制图找影响因素，像环境温度、校准设备稳定性。依据分析结果制定改进措施。若某类设备因维护流程不规范致故障多，重新修订流程，明确维护间隔500小时及关键部件维护操作。实施后持续跟踪，优化方案。

（三）保障数据的安全性与可靠性

保障数据安全可靠是关键。安全方面，采用多层次访问控制，按职责权限设不同级别，普通操作人员仅能查看基本信息与操作记录，设备管理人员有读写权限。对敏感数据如校准原始数据用RSA加密，每季度换密钥。可靠性方面，建立验证机制。录入时按预设格式与逻辑规则实时验证，如校准日期格式、结果范围。每月抽检10%数据人工核对。建立异地灾备中心，每6小时同步关键数据，确保主中心故障时数据可快速恢复。

结语

设备维护与校准管理对试验检测至关重要。通过构建标准化流程、明确责任分工，完善了管理体系；引入先进技术、提升人员能力，强化了技术支持；合理规划预算、优化备件管理，保障了资源供给；建立数据管理与反馈机制，实现了动态改进。多管齐下，可有效提升设备管理水平，确保试验检测的准确性与可靠性，为行业发展筑牢基础，助力试验检测工作迈向新高度。

参考文献

- [1] 张磊, 刘亮. 建筑材料检测运行管理的优化策略分析 [J]. 大众标准化, 2025, (02): 172-174.
- [2] 范宏宇, 段军伟. 大数据在特种设备检验和管理中的应用 [J]. 中国设备工程, 2025, (01): 156-158.
- [3] 李亚锋. 基于真实稳态的设备运行保障研究 [J]. 中国设备工程, 2025, (01): 58-60.