 DOI: https://doi.org/10.12349/iser.v7i6.10788

Calibration Methods and Requirements for Energy Efficiency Testing Equipment of Electronic and Electrical Products

Xinhua Ma

Guangdong Dongdian Testing Technology Co., Ltd., Dongguan, Guangdong, 523000, China

Abstract

Against the backdrop of ongoing global energy conservation and emission reduction policies and continuously upgraded energy efficiency standards for electronic and electrical products, the accuracy of energy efficiency testing data directly impacts product energy efficiency rating assessments, market access, and industry compliance. As the core tool for data acquisition, the metrological performance compliance and standardized calibration practices of energy efficiency testing equipment are critical prerequisites for ensuring precise and reliable test results. This paper systematically examines the significance of calibration for energy efficiency testing equipment, analyzes the calibration principles and applicable methods for common testing devices, clarifies technical requirements, procedural standards, and quality control 要 点 , validates calibration methodologies through practical case studies, identifies current challenges in calibration practices, and proposes optimization recommendations. The aim is to provide scientific and standardized calibration guidelines for energy efficiency testing institutions and manufacturers, thereby enhancing the reliability and comparability of testing data.

Keywords

electronic and electrical products; energy efficiency testing; testing equipment; calibration methods; technical requirements

电子电器产品能效检测设备校准方法及要求

马新华

广东东电检测技术有限公司，中国 · 广东 东莞 523000

摘　要

在全球节能减排政策持续推进、电子电器产品能效标准不断升级的背景下，能效检测数据的准确性直接关系到产品能效等级评定、市场准入及行业合规发展。能效检测设备作为数据采集的核心工具，其计量性能是否达标、校准工作是否规范，是保障检测结果精准可靠的关键前提。本文围绕电子电器产品能效检测设备校准工作，系统梳理校准的核心意义，剖析常用能效检测设备的校准原理与适用方法，明确校准技术要求、流程规范与质量控制要点，结合实际校准案例验证校准方法的有效性，同时指出当前校准工作存在的问题并提出优化建议，旨在为电子电器能效检测机构、生产企业提供科学、规范的校准技术参考，提升能效检测数据的可靠性与可比性。

关键词

电子电器产品；能效检测；检测设备；校准方法；技术要求

1 引言

1.1 研究背景

随着全球能源危机日益加剧，节能减排已成为各国工业发展与环境保护的核心战略。电子电器产品作为社会生产、居民生活的刚需产品，其能耗水平直接影响全社会能源消耗总量。我国先后出台《能源效率标识管理办法》《电子电器产品能效限定值及能效等级》等一系列政策法规与国家标准，对空调、冰箱、洗衣机、计算机、照明器具等各类电子电器产品的能效指标提出严格要求，能效检测成为产品出厂、市场流通、质量监管的必备环节。

能效检测设备是测量产品能耗、能效参数的专用计量器具，其精度、稳定性、重复性直接决定检测数据的可信度。若检测设备未经过规范校准，极易出现计量偏差，导致产品能效等级误判，既可能使低能效产品流入市场，违背节能减排目标，也可能让合格产品被误判为不合格，损害企业合法权益。因此，建立科学、统一、规范的能效检测设备校准体系，明确校准方法与技术要求，是保障电子电器产品能效检测工作质量、推动行业健康发展的重要技术支撑。

1.2 国内研究现状

国内近年来随着能效监管力度加大，相关校准研究逐步深入，国家计量技术规范、行业标准陆续发布，针对各类专用能效检测设备的校准方法逐步完善，但在设备通用性校

【作者简介】马新华（1995–），男，中国陕西汉中人，助理工程师，从事轻工电器研究。

准、现场校准技术、校准结果不确定度评定等方面仍存在不足，部分中小型检测机构、生产企业存在校准流程不规范、校准项目不全面、校准结果应用不到位等问题，影响了能效检测整体质量。

1.3 研究目的与意义

本文通过系统研究电子电器产品能效检测设备校准方法及技术要求，梳理各类常用设备的校准要点，规范校准操作流程，解决实际校准工作中的技术难点，为行业提供可落地的校准技术方案。一方面，保障能效检测数据的准确性、溯源性，满足国家能效监管与市场准入要求；另一方面，提升检测设备的使用性能，延长设备使用寿命，降低检测误差，助力电子电器企业优化产品能效设计，推动全行业节能减排目标落地，同时为我国能效检测校准技术与国际接轨提供理论参考 [1]。

2 电子电器产品能效检测设备概述

2.1 能效检测设备的分类与应用场景

电子电器产品能效检测主要围绕有功功率、无功功率、能耗、待机功耗、能效比等核心参数开展，对应的检测设备根据检测对象与功能可分为三大类：

一是通用能效参数检测设备，包括数字功率计、电能质量分析仪、交流稳压电源、电子负载等，适用于家电、办公电子、小家电等各类产品的基础能耗参数检测；

二是专用能效检测设备，如空调能效测试装置、冰箱冷柜能效测试系统、洗衣机能效检测平台、照明能效测试仪等，针对特定品类电子电器产品的能效检测需求定制，适配专项国家标准检测要求；

三是辅助检测设备，包括温度传感器、压力传感器、计时仪、数据采集系统等，配合主检测设备完成环境参数、运行参数的同步采集，保障检测工况符合标准要求。

2.2 能效检测设备的核心计量性能要求

能效检测设备需满足准确性、稳定性、重复性、溯源性四大核心计量性能：准确性要求设备测量值与真实值的偏差在允许范围内；稳定性要求设备在规定检测时长内计量性能无明显波动；重复性要求多次重复测量同一参数的结果偏差符合标准限值；溯源性要求设备校准结果可追溯至国家计量基准或国际计量基准，确保检测数据的统一性与可比性 [2]。

2.3 校准对能效检测设备的核心作用

校准是通过量值传递，确定检测设备示值误差、修正设备测量结果的计量活动，对能效检测工作具有三重核心作用：一是验证设备计量性能是否符合国家标准与检测方法要求，判定设备是否可正常使用；二是获取设备测量误差值，通过修正系数优化检测数据，消除系统误差；三是建立完整校准档案，满足国家计量认证、能效检测资质认定的审核要求，保障检测工作的合法性与规范性。

3 电子电器产品能效检测设备校准方法

3.1 校准的基本原则与量值溯源要求

能效检测设备校准需遵循先溯源、后校准、全覆盖、重规范的基本原则，所有校准用标准器必须具备有效的计量校准证书，量值可直接追溯至国家计量基准，校准方法需符合国家计量技术规范、对应能效检测标准的要求。校准工作需覆盖设备所有参与能效检测的计量参数，不得遗漏关键校准项目，确保校准结果全面反映设备计量性能。

3.2 通用能效检测设备校准方法

3.2.1 数字功率计校准

数字功率计是电子电器能效检测的核心设备，主要校准项目包括电压、电流、有功功率、功率因数。校准采用直接比较法，选用精度高于被校功率计一个等级的标准功率源、标准功率表作为标准器，在恒温（23 ± 2）℃、相对湿度 45%~75% 的环境下，将标准功率源与被校功率计串联接入校准回路，分别设置额定电压、不同电流负载点，依次测量各参数示值，计算示值误差、重复性误差。

校准公式：\Delta = \frac{X - X_0}{X_0} \times 100\%，其中 \Delta 为示值误差，X 为被校设备示值，X_0 为标准器测量值。针对待机功耗等小功率检测场景，需增加低功率点校准，保证微能耗检测精度。

3.2.2 交流稳压电源校准

校准项目包括输出电压稳定性、输出频率误差、波形失真度。采用高精度数字多用表、频率计、波形分析仪作为标准器，在空载、额定负载两种工况下，测量电源输出参数，连续监测 1h，计算电压波动度、频率偏差与波形失真率，确保电源输出满足能效检测对供电稳定性的要求。

3.3 专用能效检测设备校准方法

3.3.1 家电能效测试系统校准

针对空调、冰箱等制冷家电能效测试装置，除校准基础功率参数外，重点校准温度采集系统、压力采集系统、运行计时系统。温度传感器校准采用二等标准水银温度计或标准铂电阻温度计，在 -20℃ ~60℃检测温度范围内选取多个校准点，比对测量误差；压力传感器通过标准压力源进行加压校准，确定示值误差；能效测试平台的运行计时功能，选用高精度电子计时仪校准，保证运行时长测量精准 [3]。

3.3.2 照明能效测试仪校准

主要校准光通量、输入功率、色温等参数，采用分布式光度计、标准光强源、高精度功率计作为标准器，在暗室环境中完成校准，确保照明产品能效、光效参数检测符合 GB/T 24908 等国家标准要求。

3.4 现场校准与实验室校准

针对固定安装的大型能效检测系统，采用现场校准法，不拆卸设备，携带便携式标准器进入检测现场，模拟实际检测工况完成校准，避免设备拆卸影响性能；小型便携式检测设备采用实验室校准法，送至具备资质的计量校准机构，在标准环境下开展全项目校准，保证校准精度。

3.5 校准结果不确定度评定

校准工作需完成不确定度评定，分析标准器精度、环境条件、人员操作、测量重复性等影响因素，建立不确定度

数学模型，计算合成标准不确定度与扩展不确定度，判定校准结果是否满足检测要求，为检测数据误差分析提供依据。

4 电子电器产品能效检测设备校准技术要求

4.1 校准环境要求

校准环境是保障校准结果准确的基础，通用校准环境需满足：环境温度 18℃ ~28℃，温度变化率不大于 1℃ /h；相对湿度 30%~75%，无凝露；校准场地无强电磁干扰、无振动、无粉尘，远离热源与腐蚀性气体；供电电源为交流 220V ± 1%、50Hz ± 0.5Hz，配备稳压、接地装置，避免电源波动影响校准结果。

专用能效检测设备校准需额外满足专项环境要求，如制冷家电能效测试设备校准，需控制环境温度波动 ≤0.5℃，保证温湿度场均匀性符合检测标准；照明能效设备校准需在暗室中进行，避免杂光干扰光参数测量。

4.2 校准人员与标准器要求

校准人员需经专业培训，掌握计量校准基础知识、能效检测设备工作原理与校准操作技能，持证上岗；校准用标准器必须具备有效的计量校准证书，其最大允许误差需小于被校设备最大允许误差的 1/3，保证校准结果的可信度，标准器需定期送检，确保自身计量性能达标。

4.3 校准项目与校准周期要求

4.3.1 校准项目要求

校准需全覆盖能效检测关键参数，不得简化校准项目：通用设备必须校准电压、电流、功率、功率因数、稳定性；专用设备需额外增加专项检测参数校准；辅助设备需校准温度、压力、计时等辅助参数，确保所有参与检测的计量参数均经过校准。

4.3.2 校准周期要求

校准周期需根据设备使用频率、工作环境、性能稳定性综合确定，参考国家计量技术规范，通用能效检测设备校准周期不超过 1 年；专用大型能效测试系统校准周期不超过 6 个月；频繁使用、现场环境恶劣的设备，需缩短校准周期，增加期间核查频次；新购置、维修改造后的设备，必须先校准再投入使用 [4]。

5 校准实践案例与问题优化建议

5.1 校准实践案例分析

以某家电检测机构的空调能效测试系统校准为例，该系统用于空调制冷量、能效比检测，包含数字功率计、温度传感器、压力传感器、数据采集系统。本次校准依据 JJF 1261《家用和类似用途电器能效测试装置校准规范》，选用标准功率表、标准铂电阻、标准压力传感器作为标准器，在标准环境下开展全项目校准。

校准结果显示，数字功率计有功功率示值误差超出允许范围，温度传感器低温点测量偏差偏大，经分析为设备长期使用导致元器件老化、传感器漂移。校准人员出具校准修正系数，指导机构对设备进行维修调试，复检后所有参数均符合校准要求，有效避免了能效检测数据偏差，保障空调能效等级评定准确。

5.2 当前能效检测设备校准存在的问题

一是部分企业对校准工作重视不足，存在超周期使用、漏校准、只校准主设备忽略辅助设备等问题；二是小型检测机构缺乏专业校准人员，现场校准操作不规范，不确定度评定流于形式；三是部分新型电子电器能效检测设备无对应校准规范，校准方法无统一标准，导致校准工作难以开展；四是校准结果应用不到位，未根据校准修正系数优化检测数据，校准价值未充分发挥 [5]。

5.3 优化建议

第一，强化行业校准意识，落实国家计量管理要求，将设备校准纳入能效检测质量管控体系，杜绝未经校准设备投入使用；第二，加强校准人员专业培训，提升人员操作技能与不确定度评定能力，规范校准流程；第三，加快完善新型能效检测设备校准规范，推动校准技术标准化，填补技术空白；第四，建立设备期间核查机制，在两次校准期间定期核查设备性能，及时发现计量偏差；第五，加强校准结果应用，利用校准修正系数优化检测数据，提升能效检测精准度。

6 结论

电子电器产品能效检测设备校准是保障能效检测数据准确、支撑能效监管工作的核心技术环节，其校准方法的科学性、校准要求的规范性，直接决定检测结果的可靠性。本文通过系统研究，明确了能效检测设备分类与核心计量性能，梳理了通用设备、专用设备的差异化校准方法，细化了校准环境、人员、周期、档案等全流程技术要求，结合实际案例验证了校准工作的实际价值。

未来，随着电子电器产品品类不断更新、能效标准持续升级，能效检测设备校准技术需同步创新，需加强智能化校准、在线校准技术研究，推动校准工作向高效化、精准化、智能化发展，为我国电子电器行业绿色低碳发展提供更坚实的计量技术保障。

参考文献

[1] 国家市场监督管理总局.能源效率标识管理办法[S].2016.

[2] JJF 1261-2018,家用和类似用途电器能效测试装置校准规范[S].北京:中国计量出版社,2018.

[3] GB 21455-2019,房间空气调节器能效限定值及能效等级[S].北京:中国标准出版社,2019.

[4] IEC 62301,Household electrical appliances - Test method for energy consumption of standby mode[S].2019.

[5] 张宏,李丽.电子电器能效检测设备计量校准技术研究[J].计量与测试技术,2022,49(07):89-91.

[6] 王健.家电能效检测系统校准难点及解决方案[J].中国计量,2021(11):102-103.\