

电子电器能效检测标准方法比对实践探讨

薄磊 宋家汉

中国电器科学研究院股份有限公司/威凯检测技术有限公司, 广东省广州市, 510663;

摘要: 在“双碳”目标推进与电子电器产业追求高质量发展的背景下, 能效测试作为评估产品节能特性的关键手段, 其结果的精确度与一致性对市场监管的有效性、技术进步及国际贸易的顺畅有着直接的影响。鉴于各国、各地区以及行业团体所制定的能效测试标准方法之间存在着技术参数、执行步骤和设备需求等方面的差异, 这可能导致测试结果出现不一致的情况。本文以比较不同标准的实际应用为研究重点, 明确对比分析的技术层面及其实施逻辑, 并通过家用冰箱检测案例来探讨这些标准间的差异如何影响最终结果, 同时识别出实际操作中遇到的标准适应性问题 and 人员操作的一致性挑战。

关键词: 电子电器; 能效检测; 标准方法比对; 检测

DOI: 10. 64216/3080-1508. 25. 11. 020

引言

随着全球范围内能源短缺问题日益严峻及低碳生活观念深入人心, 电子产品及其组件的能效表现逐渐成为衡量行业竞争力的关键因素之一。中国不仅是这些产品的制造与消费大国, 也已经建立了一套包括国家标准和行业标准在内的能效率量体系。通过实施能效评估标准间的对比研究, 明确它们之间的区别及其对结果的影响程度, 并制定出一套标准化的比较流程, 对于促进检测结果的一致性、加强标准间协作以及维护良好的市场竞争环境具有极其重要的实际价值。

1 检测电子电器能效的重要性

促进节能减排, 支持碳中和目标: 电子产品与家用电器作为全球能源消耗的关键领域之一, 其能源效率直接影响了总的碳排放量。以空调为例, 《房间空气调节器能效限定值及能效等级》(GB 21455-2019) 标准规定了一级能效空调的能效比(SEER)必须达到或超过 5.8 级。假设全国范围内的空调都能满足一级能效要求, 则每年可望减少数亿吨的二氧化碳排放量。通过测量产品的能源使用效率, 可以促使制造商改进技术, 从而降低对化石燃料的依赖, 并为全球气候变化控制提供重要数据支持。

2 电子电器能效检测标准方法比对分析

2.1 制冷设备能效检测的标准方法

2.1.1 实验室焓差法

基于热力学第一定律, 实验室焓差法通过模拟特定的标准条件(比如室内干球温度设定为 27℃、湿球温度

19℃, 而室外则分别为 35℃和 24℃)来测定制冷装置进出口空气的焓值、风量以及所需输入的能量。利用这些数据可以计算出制冷效率与能耗之间的比率, 即所谓的能效比 EER。这里提到的焓是指空气中包含的所有形式能量的总和——既包括显热也涵盖了潜热。结合了精确测量得到的风量信息后, 我们能够准确地评估制冷系统的性能表现。

检测步骤:

实验条件模拟: 在人工气候室内设置标准环境条件, 利用温湿度传感器对环境参数进行实时监控与调节。

仪器校准: 校准焓差仪、风速仪及电参数测量仪, 确保数据精度。

稳定运行: 启动设备并运行至少 30 分钟, 待参数稳定后开始测量。

数据收集过程包括了对进出口风温、湿度水平、空气流动速度以及电力消耗情况的同步监测, 整个记录周期至少持续一小时。

在热力学分析中, 我们通过计算焓差与风量的乘积来确定制冷系统的制冷能力, 并据此结合系统输入功率来评估其能效比(EER)值。

该方法广泛应用于空调、冰箱等制冷设备的研发验证及型式试验中, 是国际上认可的能效检测标准。

2.1.2 现场实测法

在实际操作条件下, 利用便携式设备测定冷量输出、电能消耗及相关环境因素, 并通过热平衡分析或空气焓变计算方法来评估效率。这种方法无需构建复杂的模拟环境, 但需要对变量进行严格控制以降低外界因素的影响。

响。

检测步骤:

首先, 环境准备: 应当选取一个封闭的测试空间, 确保没有直射的日光或任何外部热源的影响。

其次, 参数监控环节采用了温湿度计、风速测量仪及功率检测设备来同步获取室内外的温度、湿度、风速以及装置的实际功耗数据。

最后, 制冷效能的测定: 一种方法是热平衡法, 该方法通过监测被冷却区域内的温度变化及其热容量来推算出制冷量。另一种则是空气焓差法, 此技术要求在空调系统的进气口与排气口处安装温湿度传感器, 以测量进出空气之间的焓值差异, 并结合风速数据计算总制冷效果。

该方案适用于已部署设备的能源效率审核及节能措施成效评估, 特别适合那些对环境温湿度控制有严格要求的设施, 例如医疗机构和数据处理中心等。

2.1.3 IPLV 综合评估法

对于像冷水机组这样的变负荷运行设备, 其综合能效可以通过测量不同负荷点(即 100%、75%、50%及 25%)下的性能系数(COP), 并基于这些数据进行加权平均来计算得出。这种方法能够较好地反映出设备在非满载

状态下的平均效率水平, 从而更加接近于实际工作条件下的表现。

检测步骤:

首先, 关于负荷点的设定: 依据设备容量卸载的原则, 明确各个负荷点的具体运行参数。

其次, 在工况控制方面, 需确保蒸发器内的流体流量稳定在最大设计流量的正负 5%范围之内, 并且出水温度的变化幅度不超过 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 。

第三, 数据收集阶段: 当各个负载点均达到稳定状态后, 我们将对制冷效能、电力消耗及相关环境指标进行测量。

第四, 针对污垢修正: 在模拟设备长时间运行后可能出现的污垢累积情况, 对冷凝器或蒸发器的传热系数进行相应的调整。

第五, IPLV 的计算: 依据各个负荷点上的 COP 数值及其对应的权重系数, 来评估整体能效表现。

应用场景:

对于诸如冷水机组和热泵这样的变负荷设备而言, 其能效认证可参照《GB 19577-2024》标准执行。

2.1.4 方法对比与最优选择

三种检测方法的优缺点及应用场景见如下表 1 所示。

表 1 三种检测方法的优缺点及应用场景

方法	优点	缺点	最优场景
实验室焓差法	测量精度优异, 具备广泛国际认可度, 可直接用于研发验证与型式试验	设备投入成本高, 测试周期偏长, 且依赖专业实验室场地条件	空调、冰箱等制冷设备的标准检测
现场实测法	贴合设备实际运行工况, 操作简便易行, 适用于已安装设备的能效复查	易受外界环境干扰, 数据修正流程复杂, 需严格控制测试变量	医院、数据中心等场所的设备评估
IPLV 法	可准确反映变负荷运行效率, 支撑部分负荷性能优化, 适配动态工况评估	测试周期较长, 需采集多负荷点数据, 且对设备控制逻辑要求较高	高冷水机组、热泵等变负荷设备认证

2.2 厨房电器能效检测的标准方法

2.2.1 热效率测试法

通过测定厨房电器将电能转换为热能的效能, 以此来评价其能源利用状况。这一评估方法依据的是能量守恒的原则, 即通过比较输入到设备中的电能与最终产生的热能之间的比率, 来确定该设备的能量转换效率。

检测步骤:

首先, 对于待测试的电器设备(如电饭煲、电磁炉), 需要将其放置于温度控制在 25 摄氏度上下浮动不超过 2 摄氏度的标准环境中静置两小时, 以此来确保所有样本均处于相同的初始条件之下。

其次, 在参数配置方面: 依据相关规范选定操作模

式(例如, 选择电饭煲的“煮饭”功能), 并加入规定量的水分或是食物替代品。

最后, 数据收集: 采用功率分析仪对输入功率进行实时监控, 并利用温度传感器追踪加热介质的温度变化情况。

2.2.2 待机功耗测试法

方法: 通过对设备在待机模式下所消耗的电力进行测定, 以此来评价其在非活动状态时的能量损耗水平。这种处于待机状态下的能耗不仅影响着用户的长期使用成本, 还直接关系到整个系统的能源效率。

检测步骤:

首先, 调整设备状态: 将家用电器设置为待机模式

（例如，使微波炉处于“时钟显示”状态），并关闭所有主动运行的功能单元。

其次，在仪器的连接方面，需采用精度不低于 0.5 级的高精度功率分析仪接入电源回路之中，以便能够持续监控功率的变化情况。

最后，关于数据记录部分：需收集至少 15 分钟的设备待机状态下的能耗信息，并从这些数据中选取稳定期的数据点来计算平均值，以此作为最终的研究结果。

2.2.3 加热均匀性测试法

方法论：通过对加热装置在处理介质（例如食物或水）时温度分布的均匀程度进行测量，可以探究其烹饪性能与能效之间的关系。均匀加热有助于避免因局部过热而造成的能量损失。

检测步骤：

首先，进行介质的准备：在指定容器内部署多个温

度传感器（例如采用 9 点阵列布局），并加入规定量的水或模拟食品。

其次，对于操作模式的设定：将设备调整至最大功率加热状态，并持续运行直至达到预设的目标温度（如 100℃）。

最后，数据收集阶段涉及对所有温度测量点的实时温度变化进行同步记录，并基于这些数据计算出最大温差与平均温差之间的比率。

该技术适用于电磁炉、电陶炉等平面加热装置，以及烤箱之类的三维热源设备。它在提升烹饪体验的同时，也显著增强了能源利用效率，成为衡量现代厨房电器性能的重要标准之一。

2.2.4 方法对比与最优选择

三种检测方法的优缺点及应用场景见如下表 2 所示。

表 2 三种检测方法的优缺点及应用场景

检测方法	优点	缺点	最优场景
热效率测试法	精准量化热转换效率，与能效等级划分直接挂钩，国际标准通用性强	测试条件需严格把控，对设备初始状态敏感，整体测试周期偏长	电饭锅、电磁炉等热转换设备认证
待机功耗测试法	操作流程简单，可快速评估闲置能耗，直接助力用户降低电费开销	仅能体现待机状态能耗，无法评估工作效率，需与其他方法配合使用	微波炉、电压力锅等待机设备检测
加热均匀性测试法	可间接优化能效表现，提升烹饪效果，减少局部过热导致的能量损耗	需部署复杂传感器阵列，数据解读依赖专业经验，标准体系尚待完善	电磁炉、烤箱等加热设备性能优化

2.3 工业设备能效检测的标准方法

2.3.1 电机效率测试法

方法论：通过对比电机输入的电能与输出的机械能，可以评估其能量转换效率。这种方法基于能量守恒原则，要求在计算过程中去除诸如机械损耗、铁损和铜损等因素的影响，从而直接体现电机本身的效能水平。

检测步骤：

首先，进行无负载测试：在此过程中，电动机将在没有外加负载的情况下运转，目的是测定其输入功率以及在空载状态下的能量损耗（比如铁芯损耗、空气阻力造成的损耗等）。

其次，对于温度上升的监测：采用红外热成像技术或温度传感设备来追踪电动机外壳及核心组件（例如定子线圈）的温度变化轨迹，以确保这些区域的温升不超过规定的安全阈值（比如 F 级绝缘材料允许的最大温升为 105 开尔文）。

最后，关于效率的评估：通过整合无负载状态下的能耗与实际运行时的能量损失数据，我们可以估算出电

机在标准工作条件下的效能水平（例如，达到 IE3 标准的电机其最低效率要求为 91.9%）。

该方法适用于诸如工业电机、风机及泵类装置的能源效率认证，是《GB 18613-2020》等国家标准所采用的核心检测手段。

2.3.2 空压机比功率测试法

方法论：通过测定空气压缩机在特定时间段内产生的气体体积与所消耗电能之间的比率（即比功率，单位为 kW/m³/min），来评价该设备生成压缩空气的效率。较低的比功率意味着更高的能源利用效率。

检测步骤：

首要条件在于运行状态的稳定性：空气压缩机需连续工作至少两小时，以保证压力和温度等关键参数达到稳定状态。

其次，对于流量的测定，采取诸如涡街流量计等设备来进行实时的排气量监控，并将其调整至标准条件下（即温度为 20 摄氏度、压力为 101.3 千帕）进行测量。

最后，关于功率的采集：运用功率分析仪器来同步

监测并记录输入的电功率值，并通过与系统运行时长相结合的方式，以此计算出总的电力消耗量。

该指标在螺杆式及离心式空压机的能源效率评估中具有重要应用价值，是推动工业压缩空气系统实现节能改进不可或缺的一部分。

2.3.3 方法对比与最优选择

三种检测方法的优缺点及应用场景见如下表3所示。

表3 三种检测方法的优缺点及应用场景

检测方法	优点	缺点	最优场景
电机效率测试法	直接反映电机本体能效水平，标准体系成熟，国际通用性良好	依赖专业测功设备，测试周期较长，对负载匹配度要求较高	工业电机、风机、泵类设备认证
空压机比功率法	量化压缩空气系统效率，为节能改造提供数据支撑，操作相对简便	需精准流量计量，受环境温湿度影响显著，泄漏检测需额外设备	空压机系统能效评估与优化
锅炉热效率法	全面评估热转换效率，支撑燃料成本优化，适配多种燃料类型测试需求	需使用复杂烟气分析仪器，测试易受燃料质量波动干扰，数据调整难度大	工业锅炉、热电厂能效认证

3 结束语

电子电器产品能效测试标准间的比较研究是连接不同规范体系、确保测试结果一致性的关键途径，其实行质量直接影响到能效管理的有效性和行业的国际化进程。本篇论文通过界定对比的核心方面、借助具体案例探讨差异、归纳问题并提出解决方案，构建了一个从理论到实践再到优化的完整逻辑框架。展望未来，在智能检测技术不断进步的背景下，探索“人工智能+比对”模式具有重要意义，利用机器视觉监督操作流程及算法模型自动调整标准间的差异，能够持续增强对比过程中的效率与精确度，为电子电器领域的节能改造提供更为坚实的技术支持。

参考文献

[1]陈巍. 电器节能评估标准研究——以电饭锅能效检测系统为例[J]. 质量与标准化,2022, (12):46-49.

[2]柯胜根. 家电安全能效检测标准及家电安全能效体系的完善[J]. 电子技术与软件工程,2017, (09):226.

[3]余国瑞,孙健. 电子电器产品能效检测设备校准方法及要求[J]. 认证技术,2012, (11):47-49.

作者简介：薄磊（1985.11.12—），性别：男，民族：汉，籍贯：河南，学历：研究生，职称：中级工程师，研究方向：家用电器、电子电器行业检测，能力验证。