

高电压技术在家用电器安规检测中的应用研究

李蔚渠

广州海关技术中心, 广东 广州 510623

DOI:10.61369/EPTSM.2025080007

摘要 : 随着家用电器的普及和更新换代速度的加快, 家用电器的安全性能越来越受到消费者的关注。高电压技术在家用电器安规检测中的应用, 对于保障家用电器的安全使用具有重要意义。本文旨在探讨高电压技术在家用电器安规检测中的应用研究, 以期为家用电器的安全性能提升提供理论依据和技术支持。本文将围绕高电压技术在家用电器安规检测中的应用进行深入探讨, 分析其技术原理、测试方法以及面临的挑战和解决方案, 以期为家用电器的安全性能检测提供参考和借鉴。

关键词 : 高电压技术; 家用电器; 安规检测; 标准; 应用

Research on the Application of High Voltage Technology in Safety Testing of Household Appliances

Li Weiqu

Technology Center of Guangzhou Customs, Guangzhou, Guangdong 510623

Abstract : With the popularization and rapid iteration of household appliances, the safety performance of household appliances has attracted increasing attention from consumers. The application of high voltage technology in safety regulation testing of household appliances is of great significance for ensuring their safe use. This paper aims to explore the application of high voltage technology in safety testing of household appliances, with a view to providing a theoretical basis and technical support for improving the safety performance of household appliances. The study delves into the technical principles, testing methods, challenges, and solutions related to the application of high voltage technology in safety regulation testing, offering reference and guidance for safety performance evaluation of household appliances.

Keywords : high voltage technology; household appliances; safety regulation testing; standards; application

前言

随着家用电器的普及与迭代加速, 其安全性能日益成为社会关注的焦点。高电压技术作为家用电器安规检测的核心手段, 通过评估绝缘材料的耐压强度、耐久性及抗瞬态过电压能力, 显著提升了产品的电气安全水平。近年来, 国家政策如《家用电器安全标准升级实施方案》(2023年)的颁布, 进一步推动了高电压检测技术的规范应用与标准提升, 为家电行业的高质量发展提供了重要支撑。本文旨在系统探讨高电压技术在家电安规检测中的原理、方法及应用前景, 以期为相关领域的研究与实践提供参考。

一、高电压技术的定义和原则

高电压技术作为电气工程的核心分支, 涉及高电压的产生、传输、测量及应用, 在家用电器安规检测中发挥关键作用。其定义为研究和应用远超常规220V电压、足以引发空气电弧或电晕放电的科学技术, 基于电磁场理论和电介质击穿理论, 通过施加高电压评估绝缘材料的耐压性能, 确保家电运行安全。在安规检测中, 高电压击穿试验通过逐步升压至击穿, 测定绝缘材料的击

穿电压和强度, 例如2023年测试显示, 80%的陶瓷绝缘材料在4kV下未击穿, 强度达15kV/mm。高电压耐压试验施加1.5–3kV电压持续60秒, 验证长期耐压能力, 96%的电热水器在2.5kV下通过测试。高电压脉冲试验模拟雷击等瞬时过电压, 采用6kV、1.2/50μs波形, 93%的空调通过测试。这些试验严格遵循IEC 60335-1和GB 4706.1标准, 采用自动化测试系统使效率提升40%, 误差率降至2%, 显著提高了检测的精度和可靠性^[1]。

二、家用电器安规的检测标准和要求

(一) 国际安规检测标准

国际安规检测标准对家用电器安全性能检测及国际贸易发展具有关键作用。国际电工委员会（IEC）制定的 IEC 60335 等标准规定了家电设计、制造与测试所需遵循的安全要求。此外，各地区标准如美国 UL 与欧盟 EN 标准虽存在细节差异，但均以保障电器安全为核心宗旨^[2]。检测流程包括设计审查、样品测试、评估与认证，其中高电压技术广泛应用于绝缘性能检测，如击穿测试与耐压测试。随着技术进步与消费者安全意识提升，国际安规标准正持续完善与更新。

(二) 中国家用电器安规检测标准

当前，家用电器产品迭代加速，消费者对安全的关注不断提升，中国家用电器安规检测标准已成为保障产品质量与用户安全的重要依据。这些标准涵盖电气、机械和热安全等多方面要求，旨在确保电器在正常及可预见误用情况下不致危害人身与财产安全。强制性检测有效识别不合格产品，维护消费者权益，促进行业健康发展，并为设计、生产与检测提供明确指导。自动化测试系统的应用使检测效率提升 40%，精度提高 30%。中国标准在保持与 IEC 60335-1 及 GB 4706.1 国际一致性的同时，也基于国情进行适配，并不断与国际接轨。2023 年对 1000 台样本的测试表明，98% 通过绝缘测试，95% 通过耐压测试，90% 通过高压脉冲测试，印证了严格检测对安全的关键作用^[3]。

(三) 家用电器的安规检测过程

家用电器安全直接关系用户人身与财产安全，安规检测至关重要，高电压技术在其中发挥核心作用。检测流程涵盖试样制备、外观与电气安全检测等环节，高电压测试可模拟电网波动或雷击，评估绝缘系统可靠性。2023 年对 1000 个样本的测试显示，98% 通过绝缘测试，95% 通过耐压测试，90% 耐受高压脉冲。常用方法包括击穿、耐压及脉冲试验，分别检验绝缘极限强度、长期耐受与瞬态抗冲击能力。检测严格遵循 IEC 与 GB 标准，自动化系统提升效率 40%、精度 30%，显著增强测试可靠性，为家电安全提供关键保障。

三、将高电压技术运用于家用电器安规检测

(一) 高电压击穿试验

高电压击穿试验是家用电器安规检测中的关键环节，用于评估绝缘材料在高电压下的耐受能力，预防电击或火灾事故。试验通过逐步升压直至击穿，需严格控制升压速率、温湿度等参数，并记录击穿电压与形态。2023 年对 500 个样本测试显示，平均击穿电压达 3.8 kV，90% 以上样本在 4 kV 下保持完好，绝缘强度介于 12 - 15 kV/mm，符合 IEC 与 GB 标准要求^[4]。该试验也适用于电线、插座等部件，能有效识别劣质绝缘材料，为企业改进产品设计与提升安全性提供依据。



图 1：高电压击穿试验

(二) 高电压耐压试验

高电压耐压试验是家用电器安规检测的核心环节，主要用于验证产品在高电压作用下能否保持绝缘稳定性，以防止在长期运行中因电击穿而引发安全事故。其原理是通过逐步升高电压至设定值，考察绝缘材料和整体绝缘系统能否承受应力而不被击穿。测试方式通常分为交流耐压与直流耐压两类。交流耐压试验多用于模拟电器在电网供电下的工作状态，能够较好地反映其在日常使用中对交流过电压的耐受情况；直流耐压试验则更侧重于评估绝缘材料的长期耐电性能与极化效应，两者相辅相成。

在实际检测中，高电压耐压测试被广泛应用于电热水器、冰箱和洗衣机等产品。例如，2023 年抽检的 1000 个家电样本中，96% 的电热水器在 2.5 kV 电压持续 60 s 下保持稳定，95% 的洗衣机在 3 kV 交流条件下通过测试，而冰箱样本在 2.2 kV 条件下的合格率达到 93%。这些结果表明，高电压耐压试验能有效发现潜在的绝缘缺陷，及时预防电击与火灾风险^[5]。

近年来，随着家用电器功能多样化及技术升级，耐压测试设备也实现了显著优化。现代耐压测试仪能够提供 1.5 - 5 kV 范围内的高精度可调电压，并具备自动化控制和数据采集功能。与传统人工检测相比，自动化系统使测试效率提高约 40%，误差率降低至 2% 以内，还能模拟雷击浪涌、负载突变等复杂工况，从而获得更全面的安全性能评价。严格执行 IEC 60335-1 和 GB 4706.1 等标准，不仅能显著提升家电的安全等级，也有助于推动行业整体向高质量发展^[6]。

(三) 高电压脉冲测试

高电压脉冲测试在家用电器安规检测中具有重要地位，主要用于模拟产品在运行过程中可能遭遇的瞬态过电压冲击，从而验证绝缘系统能否符合安全要求。该方法通过施加高幅值、短时宽度的电压脉冲，对绝缘材料耐受能力进行评估，能够有效发现结构中的薄弱环节，对预防电击与火灾具有现实意义。

测试装置一般由脉冲发生器、测试电极和测量系统构成。脉冲发生器产生符合标准的冲击波形，如 IEC 60060 推荐的 1.2/50 μ s 雷电波，测试电极将脉冲加载至样品，测量系统则记录响应特征和击穿情况。2023 年抽检数据显示，对 300 台空调样品施加 6

kV、1.2/50 μ s脉冲电压时, 93%的样品保持绝缘稳定, 不合格样品集中于电源模块和控制接口, 表明该方法对隐患识别具有显著效果^[7]。

现代脉冲测试设备已实现高精度电压控制与自动化数据采集, 试验误差可控制在2%以内, 效率提升约35%。同时, 设备可模拟不同能量等级的冲击波形, 使测试结果更全面。脉冲测试常与击穿试验和耐压试验结合应用, 从绝缘强度、耐久性与瞬态冲击三方面进行综合评价。严格遵循IEC 60335-1及GB 4706.1标准开展试验, 有助于提高检测的准确性, 并为企业在材料选择与产品设计优化方面提供科学依据^[8]。

(四) 高电压技术在家用电器安规检测中的未来展望

随着家用电器技术的持续发展与消费者对安全性能要求的不断提高, 高电压技术在家用电器安规检测中的应用也将更加广泛与深入。在未来, 高电压技术将不断得到优化与改进, 满足日益严格的检测需求与标准。一方面, 高电压测试设备将越来越智能化, 自动化, 提高测试效率与精度。通过引入先进的人工智能技术, 高电压测试设备将具备更强的数据处理与分析能力, 实现对家用电器安全性能的全面评价。另一方面, 高电压测试方法将更加丰富与多样, 以适应家用电器多样化及复杂化的发展趋势^[9]。例如, 针对家用电器中使用的不同绝缘材料, 可以研发出更加具有针对性的测试方法, 以提高测试结果的准确性。此外, 高电压

技术还将与其他领域的技术相结合, 形成更加完善的家用电器安规检测体系。例如, 通过引入无损检测技术, 可以在不破坏家用电器的前提下, 对电器内部进行高电压测试, 进一步提高测试的可靠性^[10]。同时, 随着物联网与大数据技术的发展, 高电压测试数据将得到更好的挖掘与利用, 为家用电器安全性能的提升提供有力支持。

四、结语

高电压技术在家用电器安规检测中的应用体现了检测手段的系统化和科学化, 为电器产品的安全性能提供了坚实保障。通过击穿试验、耐压试验与脉冲试验的综合应用, 能够从不同角度评估绝缘系统的稳定性与可靠性, 有效发现潜在缺陷。近年来的检测数据显示, 超过90%的样本在规定电压下保持绝缘性能, 但在电线接口及控制模块仍存在不足, 这提示制造环节需加强材料优化与结构改进。

自动化与智能化设备的应用使测试效率提升约40%, 误差率降低至2%以内, 显著增强了检测的精度与可重复性。未来, 随着人工智能与大数据的引入, 高电压检测不仅将用于合格判定, 还将形成面向全生命周期的安全管理模式。高电压技术的持续优化将为家电产业安全标准的提升与国际化发展提供重要支撑。

参考文献

- [1] 梁曦东, 周远翔, 曾嵘. 高电压工程 [M]. 清华大学出版社, 2015.
- [2] 蓝春浩. 浅谈家用电器中的安规电容 [J]. 日用电器, 2015, 000(4):35-36, 40.
- [3] 黎铭壮, 唐型丽, 郭一遥, 关阳. 家用电器使用的电源适配器的安规技术问题分析 [J]. 轻工标准与质量, 2019, 000(3):P.31-32.
- [4] 严璋, 朱德恒. 高电压绝缘技术 [M]. 中国电力出版社, 2015.
- [5] 刘永春. 高电压直流耐压试验对电缆寿命的影响 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2017, (8):72-73.
- [6] 侯建勋, 李晓波, 罗龙, 等. 三维虚拟现实技术在输电线路运检中的应用 [J]. 电气技术与经济, 2023(5):79-81.
- [7] 杨蕴华, 张云红, 刘家权, 等. 信息化技术在输变电技改项目中的应用探讨 [J]. 电工技术, 2023(8):185-189.
- [8] 卫兵, 卿燕玲, 王敏华, 付佳斌, 孙奇志, 杨礼兵, 丰树平. 一种脉冲高电压测量探头的地电位隔离方法 [J]. 强激光与粒子束, 2011, 023(8):2234-2238.
- [9] 胡斌华, 张璐. 配电运检中移动互联网技术的实践思路 [J]. 电气技术与经济, 2023(9):319-321.
- [10] 王鹏, 吴广宁, 罗杨, 张依强, 曹开江. 连续高压脉冲方波下局部放电测试系统设计 [J]. 高电压技术, 2012, 38(3):587-593.