

电动汽车充电桩电能表技术创新与未来发展趋势

陈 高

浙江瑞银电子有限公司 浙江杭州

【摘要】在电动汽车产业蓬勃发展的浪潮中，充电桩电能表的技术创新至关重要。本文深度剖析其现有技术，从测量原理到通信、智能化程度，探究提升测量精度、优化通信及增强智能功能的创新路径。

【关键词】电动汽车充电桩；电能表；技术创新；发展趋势

【收稿日期】2025 年 1 月 10 日

【出刊日期】2025 年 2 月 11 日

【DOI】10.12208/j.ijme.20250006

Technological innovation and future development trends of electric vehicle charging pile energy meters

Gao Chen

Zhejiang UBS Electronics Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang

【Abstract】In the wave of rapid development of the electric vehicle industry, technological innovation in charging pile energy meters is crucial. This paper provides an in-depth analysis of existing technologies, exploring innovative approaches to improve measurement accuracy, optimize communication, and enhance intelligent functions, ranging from measurement principles to communication and smart capabilities.

【Keywords】Electric Vehicle Charging Pile; Energy Meter; Technological Innovation; Development Trends

引言

在“双碳”目标引领下，电动汽车保有量呈井喷式增长，成为能源转型的关键力量。充电桩电能表作为电动汽车充电过程中的核心计量与数据交互设备，宛如产业的“智慧枢纽”。然而，当前电能表技术在面对复杂充电场景时，测量精准度、通信效率等方面短板凸显，无法充分满足产业高速发展需求。推进技术创新，成为提升充电服务品质、保障产业稳健前行的当务之急，本文将深入探索其创新与发展之路。

1 电动汽车充电桩电能表现有技术状况分析

1.1 电能测量原理与技术应用现状

当前，电动汽车充电桩电能表主要采用电磁感应原理和电子式测量技术。电磁感应式电能表通过电流线圈和电压线圈产生的交变磁场，驱动铝盘转动来计量电能，结构简单、成本较低，但测量精度有限，易受环境因素干扰。电子式电能表则利用模拟乘法器或数字信号处理技术对电压、电流进行采样和计算，测量精度较高，响应速度快，能适应多种复杂的充电模式，如快充、慢充以及新兴的无线充电。不

过，在面对电动汽车充电时电流的快速变化和高频谐波干扰，部分电子式电能表仍会出现测量误差。

1.2 通信技术在电能表中的应用情况

通信技术是实现充电桩电能表数据交互的桥梁。现阶段，常见的通信技术包括 RS485 总线、电力线载波通信（PLC）以及无线通信技术。RS485 总线通信稳定、抗干扰能力较强，在早期充电桩建设中应用广泛，可实现电能表与充电桩控制器之间的数据传输，但布线复杂，扩展性有限。无线通信技术如蓝牙、Wi-Fi、4G/5G 得到越来越多的应用。蓝牙适用于近距离数据传输，常用于充电桩的本地调试与维护；Wi-Fi 可实现局域范围内的高速数据传输，方便用户通过手机 APP 查询充电信息；4G/5G 通信技术则突破了距离限制，能将电能表数据实时上传至云端，实现远程监控与管理，但存在通信费用较高、信号覆盖不足等问题。

1.3 电能表智能化程度现状剖析

现有的充电桩电能表智能化程度参差不齐。部分电能表仅具备基本的电量计量和简单的数据显示

功能,智能化水平较低。一些稍具智能化的电能表,可根据充电时间、电量进行计费,并能将数据传输至后台管理系统,实现对充电桩的远程监测。然而,真正具备深度智能化功能的电能表占比较少。例如,在智能电网环境下,电能表难以实时感知电网负荷变化并动态调整充电功率,无法实现与电动汽车电池管理系统的深度交互,对用户的充电行为分析也较为简单,难以提供个性化的充电服务。

2 电动汽车充电桩电能表的技术创新要点

2.1 提升测量精度的技术创新策略

为提升测量精度,可采用先进的采样技术和算法优化。一方面,运用高精度的 A/D 转换器,提高对电压、电流信号的采样分辨率,能精准捕捉充电过程中的微小信号变化。结合数字滤波算法,有效滤除高频谐波、噪声干扰,确保测量数据的准确性。例如,采用卡尔曼滤波算法,可对充电过程中的动态信号进行实时估计和修正,降低测量误差。另一方面,引入新型传感器技术,如基于罗氏线圈的电流传感器,具有响应速度快、线性度好、测量范围宽等优点,能更精准地测量电动汽车充电时的大电流。

2.2 优化通信技术的创新方向

在通信技术优化方面,融合多种通信方式是趋势。采用混合通信架构,如将 RS485 总线与无线通信相结合,在保证数据传输稳定性的同时,提高系统的灵活性和扩展性。对于长距离通信,利用 5G 通信技术的高带宽、低时延特性,实现电能表数据的快速、可靠上传,满足实时监控和远程控制的需求。在局域范围内,借助物联网技术,构建基于 LoRa 或 NB - IoT 的低功耗广域网,实现电能表与周边设备的互联互通,降低通信成本。此外,开发高效的数据加密算法,保障通信过程中的数据安全,防止数据被窃取或篡改。

2.3 增强智能化功能的创新举措

增强电能表智能化功能,需从多方面发力。利用大数据分析技术,对大量的充电数据进行挖掘,分析用户充电习惯、充电时段、充电电量等信息,为充电桩运营商提供精准的运营决策支持,如合理规划充电桩布局、优化充电价格策略。引入人工智能算法,实现电能表的智能诊断和预测性维护。通过对电能表运行数据的实时监测和分析,提前预测设备故障,及时进行维护,减少停机时间。

3 技术创新对电动汽车充电桩电能表性能提升的影响

3.1 提高测量准确性的具体成果

技术创新显著提高了电能表的测量准确性。采用先进采样技术和新型传感器后,电能表的测量精度可从传统的 $\pm 0.5\%$ 提升至 $\pm 0.1\%$ 甚至更高。以某品牌新型充电桩电能表为例,在对电动汽车进行快充测试时,其测量误差较旧款电能表降低了 80%,有效解决了快充过程中因电流快速变化导致的测量不准确问题。精准的测量不仅保障了电费结算的公平公正,还为用户提供了更可靠的充电电量信息,提升了用户对充电服务的信任度。

3.2 改善通信稳定性与效率的表现

通过通信技术优化,电能表通信稳定性与效率大幅提升。混合通信架构的应用,使数据传输中断率降低了 90% 以上。5G 通信技术的引入,数据上传速度提升了数十倍,实现了电能表数据的秒级更新。在某大型充电场站,借助物联网通信技术,电能表可与周边多个充电桩、监控设备实时交互数据,构建起高效的充电管理网络,管理人员能通过手机 APP 实时查看每个充电桩的运行状态,及时处理异常情况,提高了充电场站的运营效率。

3.3 实现智能化管理与服务的成效

智能化功能的增强,使电能表实现了智能化管理与服务。大数据分析为充电桩运营商提供了精准的运营决策依据,某运营商通过分析用户充电数据,优化了充电桩布局,将设备利用率提高了 30%。人工智能算法实现了电能表的智能诊断,故障预警准确率达到 95% 以上,提前发现并解决设备潜在问题,减少了设备维修成本。智能充电控制功能有效平衡了电网负荷,在用电高峰期,通过动态调整充电功率,降低了对电网的冲击,保障了电网安全稳定运行。

4 电动汽车充电桩电能表技术创新的行业影响

4.1 对充电桩运营商运营模式的变革影响

技术创新推动了充电桩运营商运营模式的变革。精准的电能测量让运营商能依据不同时段、不同车型的充电需求,精确核算成本,进而推出定制化的充电套餐,如针对网约车司机推出夜间低价大容量套餐,满足其高强度充电需求。借助大数据深度分析用户行为,运营商可精准洞察各区域的充电需求热度,

优化充电桩选址和建设规划,避免资源浪费,大幅提高投资回报率。智能化的设备管理通过实时监测设备运行状态,提前预警故障,减少维修频次与时长,降低运营维护成本。

4.2 在电动汽车产业链中的协同发展作用

在电动汽车产业链中,电能表技术创新促进了各环节的协同发展。与电动汽车制造商合作,电能表凭借更精准的数据交互,能与车辆电池管理系统深度契合,根据电池实时状态调整充电参数,避免过充、过放,实现更高效、安全的充电过程,延长电池使用寿命,提升电动汽车的整体性能。与能源供应商协作,智能充电控制可依据电网实时负荷,灵活调整电动汽车充电功率与时间,助力能源供应商更好地平衡电网负荷,减少峰谷差,提高能源利用效率。

4.3 对能源管理与电力系统的优化影响

对能源管理与电力系统而言,电能表技术创新具有重要优化作用。智能充电控制功能可利用价格杠杆,引导电动汽车在电网低谷时段充电,鼓励车主参与需求响应,削峰填谷,使电网负荷曲线更加平滑,减少因峰荷建设的冗余发电与输电设施,降低电网建设和运营成本。通过实时监测充电数据,能源管理部门能清晰掌握不同区域、不同时间段的能源消耗情况,为制定分时电价、推广清洁能源等科学的能源政策提供详实依据。此外,电能表与智能电网的深度融合,凭借其对分布式能源的精准计量与监测,有助于实现分布式光伏、风电等能源的高效接入和管理,推动能源绿色低碳转型。

5 电动汽车充电桩电能表的未来发展趋势展望

5.1 多技术融合的发展趋势探讨

未来,电动汽车充电桩电能表将呈现多技术融合的发展趋势。人工智能、物联网、区块链等技术将与电能表深度融合。人工智能技术借助深度学习算法,对电能表海量运行数据进行分析,进一步提升智能诊断和预测性维护能力,提前数月精准预测设备潜在故障,甚至实现自我修复,减少设备停机时间。物联网技术以其强大的连接能力,构建更庞大、高效的智能充电网络,让电能表与充电桩、车辆、能源管理系统等各类设备实现无缝连接,实时共享数据。

5.2 适应新能源发展的技术演进方向

随着新能源的发展,电能表技术将不断演进。在可再生能源接入方面,电能表需具备对分布式光伏、

风电等新能源发电的高精度计量和实时监测功能,通过智能算法实现新能源与电动汽车充电的协同管理,优先利用可再生能源为电动汽车充电,降低对传统能源的依赖。在储能技术应用方面,电能表要能与储能设备紧密交互,根据电网电价波动、用电需求等因素,优化储能设备的充放电策略,实现低谷充电、高峰放电,提高能源利用效率。同时,随着氢燃料电池汽车等新型电动汽车的发展,电能表技术也需适应新的高电压、大电流充电模式和独特的计量需求。

5.3 满足用户需求的个性化定制趋势

满足用户需求的个性化定制将成为电能表发展的重要趋势。用户对充电服务的需求日益多样化,未来电能表将支持个性化的充电设置,如用户可根据自身工作、出行规律,结合实时电价政策,自由设定充电时间、充电功率等参数,实现经济、便捷充电。通过手机 APP 等终端,用户能实时查看充电进度、费用明细,借助智能分析功能获取个性化的节能建议,如在电池健康状态良好时适当提高充电速度以节省时间。

6 结论

综上所述,电动汽车充电桩电能表的技术创新是推动电动汽车产业发展的关键一环。通过对现有技术剖析,实施精准的创新策略,实现了电能表性能的显著提升,对行业运营模式、产业链协同以及能源管理产生了积极影响。展望未来,多技术融合、适应新能源发展、满足个性化需求将引领电能表技术持续创新,为电动汽车产业的繁荣发展注入强大动力。

参考文献

- [1] 张铁英,王强,胡建宇.电动汽车充电桩检定过程中相关问题探讨[J].中国标准化,2025,(04):167-170.
- [2] 邓戎荣.电动汽车充电桩电能计量问题分析[J].中国标准化,2025,(03):214-217.
- [3] 戴煊丁,何雨辰,钱丽娟,等.基于时空网络的电动汽车充电桩电能表误差估计方法研究[J].计量学报,2025,46(01):126-132.
- [4] 黄秋泽.电动汽车直流充电桩的电磁兼容测试分析[J].汽车知识,2024,24(01):104-106.
- [5] 康艳.电动汽车充电桩电能计量问题分析[J].汽车与新动

力,2023,6(02):27-30.i.1000-3797.2023.02.015.

学,2018.

- [6] 唐子涵.民爆器材生产企业智慧用电管理系统的设计与应用[J].煤矿爆破,2020,38(06):32-36.
- [7] 张贺然.智能电表自动检定系统的设计与应用[D].沈阳农业大学,2020.
- [8] 任杰.煜邦公司智能电表营销策略研究[D].河北大

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



OPEN ACCESS