

摘要：影响电动车使用增长率最大的因素是电池，而对电池整体性能有着关键性影响的便是电池传感器。本文将介绍电池传感器技术的进步对提升电动车电池性能的重要作用，对电流传感进行详细探讨，比较不同的传感技术以及各自的优缺点，同时介绍了 AS8510 的性能及在电动车中的应用。

关键词：电动乘用车 (PEV)；混合动力汽车 (HEV)；电池传感器；分流传感器；霍尔传感器；精度；AS8510

中图分类号：TP212.2 文献标识码：B 文章编号：1006-883X(2015)06-0038-03

收稿日期：2015-05-28

电流传感器接口在电动汽车 电池管理系统中的关键性作用

Sabine Jud Gernot Hehn

ams (艾迈斯) 公司

一、前言

电 动车在降低温室气体排放、促进可持续能源发展、提高城市空气质量上被给予厚望，其广泛使用将为地球生态和人类生活带来诸多益处。但到目前为止，电动车替代常规内燃机乘用车 (ICE) 的进展仍然缓慢，其中最主要的三大障碍是：消费者对采纳新技术的迟疑、高额的初始购买成本以及充电基础设施的缺乏。所以，尽管电动车在各项空气污染物如氮氧化物、一氧化碳和碳氧化物方面都是零排放，但仍然只有极少数的消费者考虑购买。

事实上，电动车多年来在低能耗且短程行驶需求的细分市场上一一直很成功，如用作送奶车或高尔夫球车。但自从一些创新性汽车设计，如日产聆风和雪佛兰伏特于 2010 年底问世以来，电动乘用车 (PEVs) 得到了更广泛的应用。已问世十年的混合动力汽车 (HEVs) 销量也得到了稳步增长。根据派克研究公司 (Pike Research) 的最新报告，2020 年各类电动车全球年销售量将达到 380 万辆。^[1]

其中，影响电动车使用增长率最大的因素是电池，它一方面决定了电动车的购买价格，另一方面，电池

的性能——续航能力、使用寿命以及功率输出，又在很大程度上决定了消费者是否会视电动车为常规内燃机汽车的理想替代品。

而对电池整体性能有着关键性影响的便是电池传感器，电池能否持续充电以及能否正常运行依赖于传感器测量数据的准确性和可靠性。本文将介绍电池传感器技术的进步对提升电动车电池性能的重要作用，进而提升消费者对电动车的青睐度。

二、电池管理系统的功能

电池管理系统 (BMS) 对保护电池不受损害、延长电池使用寿命及维持电池性能以执行相应应用功能是必不可少的。也就是说，电池管理系统对电动车达到安全要求和性能要求都起着重要作用。

电池管理系统基本功能包括：

- (1) 测量电池电压；
- (2) 测量电池输入电流 (充电时) 和输出电流 (放电时)；
- (3) 测量单电池电压；
- (4) 测量电池组温度；

[1]Worldwide Electric Vehicle Sales to Reach 3.8 Million Annually by 2020; Pike Research

(5) 当以上测量数值超过最高或最低限度时断开电池；

(6) 平衡堆叠电池组中各个电池储存的电量；

(7) 检查系统组件的运行状态以保证电池管理系统的功能安全；

(8) 计算和检测电池的充电状态 (SOC)、健康状况 (SOH) 和功能状态 (SOF)；

(9) 将以上数据反馈给电动车系统。

电池管理系统能否良好地执行以上功能取决于电池传感器输入数据的精确性。本文将对电流传感进行详细探讨，比较不同的传感技术以及各自的优缺点。

三、比较分流 (Shunt-based) 传感器和霍尔 (Hall-based) 传感器

目前有两种基本的电流测量技术包括：

1、分流传感器

电路可以通过一个已知电阻值的分流电阻器直接测量电压降，并将电压测量值转化为电流测量值。

分流传感器需要插入电流路径中，这将对其所测量的系统产生一定影响。过去，分流传感系统灵敏度较差，这就需要一个高电阻值的分流器来捕捉足够精确和分辨率的电流值。高电阻则又产生了高插入损失和高能耗。而如今，分流传感器借助模拟电路在设计 and 制造技术上的巨大进步可以准确测量电流，并仅有 $100\mu\Omega$ 的分流电阻，其产生的插入损失和磁传感器大致相同。在分流传感系统中，电阻器的电压降将会被放大（最好使用可以消除偏差的架构）并变得数字化。

2、磁场传感原件（霍尔传感器）

可以测量载有电流的导体所产生的磁通量，磁通量的强度随着电流的变化而变化。

在磁电流传感器中，电流导体需安装在贴近霍尔传感元件的位置，这可以通过两个方法实现：一是将电流导体和霍尔元件放入同一封装中，另一个是用铁质金属圆环（环绕导体）作为磁通集中器，将传感元件置入圆环的空隙中。磁通量继而可以通过霍尔元件

表 1 两种电流测量方法的主要特性

	分流传感器	霍尔传感器
总精度	非常好 (0.1%)	一般 (1.5%)
线性度	非常好	一般 (带补偿)
偏差	无偏差	需消除偏差
抗干扰性	高抗干扰性	易受杂散磁场和金属的影响
绝缘性	不绝缘	绝缘 (3-5kV)
插入损耗	很低 ($50\mu\Omega\sim 100\mu\Omega$)	很低 ($<100\mu\Omega$)
带宽	中等 - 高 (1~100kHz)	中等 - 高 (1~50kHz)

直接感应，或者使用一个封闭环结构将总磁通量补偿为零，然后校正电压会与需测量的电流形成比例关系。因为磁系统不需要插入电流路径，从本质上来讲是独立的，所以它的安装更简便。但是，它受非线性的影响（霍尔元件在本质上是非线性的），并容易受杂散磁场的干扰。

这两种测量方法都有其优缺点，表 1 比较了两种电流测量方法的主要特性，其中的数据显示，在系统制造商最关心的参数，分流传感器优于磁性传感器。

四、电动车高度精确电池电压和电流测量方法

电动车电池传感器设计最具挑战的就是如何对一个很宽的电流范围 (1mA ~ 1kA) 进行高精度地测量，这需要一个测量范围大于 100mV 的传感器接口，且测量的分辨率小于 $1\mu\text{V}$ 。这种测量系统的主要特征是：噪音低、高线性度、零偏差。

Ams 公司高度集成的传感器接口 AS8510 兼具以上特征，可在保证最佳电流和电压测量的同时，提供两个独立的数据获取通道，同时零偏差测量两级的电流和电压信号。

在锂离子电池中，通过对电池的电流进行持续而精确的测量获得 SOC 数据，其中，基于对空载电池进行同样精确测量的校准周期以及电池的温度都起到了协助测量的作用。另外，精确的 SOC 数据获取需要对整个信号和温度范围内的准确测量以及一个准确的时基（由外部的石英表提示）。SOC 数据可以向驾驶员提示“剩余里程”，同时也可以让电池管理系统避免过放电风险。



图 1 一部宝马 i3 在法国巴黎充电站充电

电流通过高精度和高稳定度的电阻器—— $100\mu\Omega$ 锰铜分流器——进行测量。借助其诸如高线性 16 位 Σ - Δ ADC、零偏差架构和温度可调节的 ADC 参考等特征，AS8510 可对完整的汽车温度范围、输入范围和使用周期进行精确到 0.2% 的电流测量。另外，对参考值的精确计算和增加设备的使用周期已经成为了 AECQ100 质量标准之一。

电压是电池管理系统测量的另一重要参数，精准的电压测量对于锂电池安全而高效的充电以及电量平衡非常重要。在 AS8510 中，外部减弱的电池电压直接被数字化，要么与电流测量同时进行，要么经过配置后使用不同的采样率。跟电流测量功能相同，电压通道可以进行精确到 0.2% 的测量（当对 ADC 参考的温度漂移完成软件纠正时）。

AS8510 相比其他电池测量芯片，能提供更好的精度、稳定度和更长的使用周期，可以让电动车和混合动力车制造商进一步满足驾驶者对于两次充电之间驾驶范围的需求，同时降低购买电动车的使用寿命周期成本。

五、AS8510 在汽车行驶中的性能

宝马 i3 是如今批量生产的电动汽车中电池传感器选用 AS8510 的绝佳案例（见图 1）。电池管理系统对 i3 电机内 400V 锂电池的电压和电流进行监测，并保证电动车电池系统的功能安全。当有特定校准方案支持时，电池管理系统的传感系统可以在 AS8510 的整个使用期和整个运行温度范围（ -40°C ~ $+125^{\circ}\text{C}$ ）内进行精确到 $\pm 0.5\%$ 的电流测量和精确至 $\pm 0.1\%$ 以上的

电压测量。

在汽车传动系统要求愈来愈高的情况下，ams 非常荣幸能支持宝马等汽车制造商实现超精确电池参数测量。同时，凭借其芯片设计师的专业模拟技术以及公司在奥地利格拉茨工厂所使用的先进模拟电路晶圆制程技术，ams 已经为未来电池管理发展趋势做好准备。

六、总结

影响电动车使用增长率最重要的因素是电池，它是决定电动车价格的最重要因素。电池的性能，如续航能力、使用寿命和功率输出，在很大程度上决定了消费者是否会视电动车为常规内燃机车的理想替代工具。

电池传感器对于电池的整体性能起着很重要的作用，电池能否持续充电以及能否正常运行依赖于传感器测量的准确性和可靠性。电池传感技术的进步可以极大地提高动力传动系统的电池性能，从而提高消费者对电动车的亲睐。

Key role of current sensor in battery management system of PEV

Sabine Jud, Gernot Hehn
ams AG

Abstract: Battery has the most important influence on the growth of PEV usage. And the battery sensor is the dominant performance factor for battery. The major role of progress of battery sensor technology played in improving battery performances is introduced. The basic principle of current sensing technology are given. The strengths and weaknesses of different current sensing technologies are compared with each other. The properties of AS8510 from ASM and its applications in PEV are presented.

Keywords: Pure Electric Vehicle(PEV); Hybrid Electric Vehicle (HEV);battery sensor; Shunt-based sensor; Hall-based sensor; accuracy; AS8510

作者简介

Sabine Jud, ams(艾迈斯)公司, 移动传感器市场部经理, 毕业于奥地利格拉茨应用科技大学。

Gernot Hehn, ams(艾迈斯)公司, 应用工程师, 移动传感器业务部。