

wBMS技术： 电动汽车制造商的新竞争优势

Norbert Bieler, 电动业务开发总监

Paul Hartanto-Doeser, 电动系统技术专家

特斯拉对电池“超级工厂”的巨额投资，以及大众汽车计划到2030年¹在欧洲建设6座专用电池生产厂，均表明电池已成为汽车行业最具战略意义的组成部分。

汽车制造商努力降低电池在汽车整个生命周期中的尺寸、重量和成本影响，并延长电池支持的续航里程，这将对他们的市场份额和竞争力产生巨大影响。随着越来越多的旧电动汽车达到使用寿命，汽车制造商甚至将争夺从报废车辆中回收的所谓二次电池衍生的价值。

关于电池发展的新闻头条往往强调对新材料的研究，有时甚至是非常奇特的材料，有朝一日这些材料可能能够比今天的锂技术储存更多的电荷。电池的另一个完全不同的部分——电池管理系统(BMS)，其监视电池的充电状态(SOC)和健康状态(SOH)——往往得不到关注。但事实上，由ADI公司开发并由通用汽车在其模块化Ultium电池中率先采用的新型无线电池管理系统(wBMS)技术，有望为汽车制造商带来新的贯穿电池整个生命周期的竞争优势——从电池模组首次组装开始到在电动汽车中运行，再到处置，甚至进入电池的梯次利用。

继通用汽车发布Hummer EV（众多配备wBMS的车型中的第一款）²之后，ADI公司开展了一系列生产计划，展示了我们的无线技术如何实现电动汽车电池的设计、生产、维修和处置的转型。

与电池中有线连接相关的成本、空间、重量和设计问题

ADI公司开发wBMS技术的灵感来自于对常规电动汽车电池包中通信布线缺陷的分析。该分析借鉴了ADI公司的专业知识：ADI公司提供市场上准确度非常高的常规BMS，而在无线通信领域，ADI公司是5G无线电技术的领先企业之一。它还为工业环境开发了非常强大的Mesh网络技术。

在常规电动汽车电池中，通过布线来支持电池包中每个电池单元与电子控制单元(ECU)之间的通信，ECU调节电池的运行以确保其为车辆提供电力。

电池内部的这种通信需求反映了大型电池包的复杂架构：它由模组组成，每个模组包含多个电池单元。自然生产差异意味着在额定容差范围内，每个电池单元都有自己的特性。为了最大限度地提高电池容量、寿命和性能，需要监视电池运行的关键参数——电压、充电/放电电流和温度，并且每个模组都需要单独记录。这是BMS中单元监控单元的工作。

但是，每个电池的数据只有在到达BMS的ECU后才会起作用，ECU控制每个模组的电池供电和取电方式，并维护电池的安全功能。

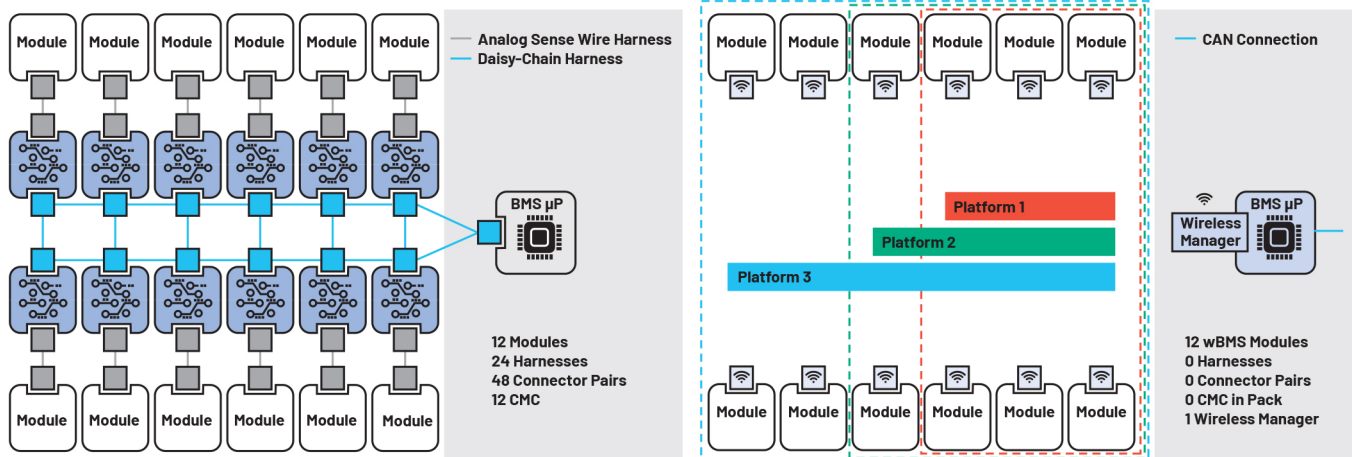


图1. 典型的复杂、多组件有线BMS网络（左），以及由ADI公司wBMS技术实现的更简单的布置（右）

因此，电动汽车电池需要通过某种途径将数据从每个模组（测量电压、电流和温度的地方）传输到ECU的处理器（参见图1）。传统上，这些连接是通过电线进行的；有线连接的优点是大家熟知且易于理解。

但其缺点也非常多：铜线束很重，占用的空间如果由电池填充的话，则会提供更大的电能容量。此外，连接器可能会出现机械故障。换言之，电线增加了开发工作、制造成本和重量，同时也降低了机械可靠性和可用空间，导致行驶里程减少。如能摆脱线束，汽车制造商也会获得新的灵活性来设计电池包的外形尺寸，以适应车辆的设计要求。

电池线束的复杂性还使电池包的组装变得困难且昂贵：必须手动装配有线电池包并进行端接。这是一个高成本且危险的过程，因为电动汽车的高压电池模组是充电的。为了维护装配过程的安全并保护生产线工人，须实施严格的安全规程。

ADI公司模块化且可扩展的wBMS系统平台提供的优势是：OEM可以将电池包组装完全自动化。取消（信号）线束后，电池模组唯一需要的连接是电源端子，这可以由机器人在自动化过程中轻松完成。通过消除体力劳动，OEM还能消除装配线工人的安全风险（参见图2）。



图2. wBMS技术消除了信号线束，从而支持完整电池包的自动化机器人生产

在通用汽车实施wBMS技术的过程中，Ultium模組的可扩展架构也有助于降低通用汽车的电池包成本。虽然Ultium电池于2021年首次亮相，但此类模組将部署在通用汽车的所有车型中，不仅用于重型车辆，还用于所有公路汽车——从高性能和高档汽车到小型车辆。正如通用汽车全球电气化和电池系统执行董事Kent Helfrich在2020年9月的新闻公告中提到的那样，“可扩展性和降低复杂性是我们Ultium电池的主题——无线管理系统是这种惊人灵活性的关键推动力”³。

因此，汽车制造商有很多充分的理由在新的电动汽车电池系统中用鲁棒的无线技术取代BMS的电线。但是，ADI公司wBMS技术的优势不仅仅局限于在特许经营商前厅出售的新车。

- ▶ **维修**——安全的无线功能意味着电池包的状况可以通过授权修理厂中的诊断设备方便地分析，而无需接触电池包。如果检测到故障，有故障的模組可以轻松移除和更换。无线配置简化了电池系统中新模組的安装。
- ▶ **处置**——电池包内可回收金属和潜在危险材料的处置安排需要批准和监管。简单的连接和通信线束的取消，使得电池模組的拆卸比有线电池更容易且更快速。
- ▶ **梯次利用**——未来电动汽车电池的寿命可能会超过车辆本身的寿命：特斯拉总裁埃隆·马斯克估计，电池在完全失效之前的典型寿命相当于“100万英里”。因此，从报废电动汽车中回收电池并重新用于可再生能源储存系统和电动工具等应用的二次电池市场正在兴起。这为负责回收或处置报废电动汽车中电池的电动汽车制造商创造了新的价值来源。

wBMS技术支持轻松读取每个智能模組的关键电池数据，这意味着可以单独确定每个电池的状况。例如，该数据可以提供关于一个模組的SOC和SOH的信息。结合模組最初生产时的数据，二次电池模組将能在下一应用中得到优化使用，每个模組在销售时都有一套详细的规格可供查阅。数据的现成可用性增加了模組的转售价值。

用于电池数据采集的完整无线系统

wBMS技术利用了ADI公司在两个长期拥有领先地位的领域的积累：传感测量和射频通信。wBMS技术是一种完整的解决方案，汽车制造商很容易将其集成到电池包设计中。它为每个电池模組提供一个无线电池监视控制器(wCMC)单元，并通过无线管理器单元控制通信网络。通信网络将多个电池模組无线连接到ECU。

除无线部分外，每个wCMC单元还包括一个一流的电池管理系统，它能对各种电池参数进行高精度测量，以便应用处理器分析电池的SOC和SOH。

鲁棒的通信架构

ADI公司在wBMS系统中实施的无线网络协议以汽车行业对可靠性和安全性的要求为核心。与Bluetooth®或Wi-Fi网络等面向消费电子的无线技术不同，wBMS解决方案基于全网时间同步技术，致力于在所有工作条件下实现可靠和安全通信，这是汽车应用所要求的。

wBMS在通用汽车量产电动汽车中的使用，证明了其在最恶劣环境中的可靠性：基于wBMS的电池已在100多辆公路和越野测试车辆中运行了数十万公里，涵盖从沙漠到寒冷北方的各种环境以及最恶劣的条件。经受考验的可靠性和成功通过所有OEM安全性和鲁棒性认证，使wBMS将很快应用于各种乘用车。

ADI公司还通过了wBMS来支持汽车制造商的ISO 26262功能安全标准合规计划。无线电技术和网络协议以特别方式开发，使得系统能够很好地应对嘈杂的环境，并利用复杂的加密技术在监控单元和管理器之间提供安全通信。安全措施避免了罪犯或黑客等非预期接收者对无线网络上传输的数据的欺骗。此外，接收到的内容与所发送的数据完全一致，中间无法修改，预期接收者能够确切地知道哪个源发送了消息。

电池价值的生命周期管理

在整个电池包的生命周期中，从初始组装到处置再到梯次利用，电池包中嵌入的wBMS功能可确保车辆制造商及其所有者能够轻松跟踪电池状况，保持性能和安全，并使其价值最大化。整个系统——包括电池模組的电池监控单元和ECU之间的交互——都由ADI技术把控，配置设置由制造商定义。

wBMS技术还得到了ADI公司电池生命周期洞察服务(BLIS)技术的支持，从而可以通过基于边缘和云的软件来支持可追溯性、生产优化、储存运输中的监控、早期故障检测和延寿。

wBMS和BLIS技术共同使汽车制造商能够在电池包开发和生产方面的投资获得更高回报，提高其电动汽车业务战略的经济性，帮助加速市场向低碳、可持续的个人出行未来转变。

参考资料

- ¹ Anmar Frangoul。“大众汽车将在欧洲建设六座‘超级工厂’以提升电池产能”。CNBC，2021年3月。
- ² Hummer EV产品页面。GMC，2021年。
- ³ “通用汽车的未来电动汽车将搭载业界首款无线电池管理系统亮相”。General Motors，2020年9月。

作者简介

Norbert Bieler是一名电气工程师，专注于微电子，先后在Siemens VDO、Continental Automotive和ADI公司工作，拥有25年的汽车管理综合经验。Norbert的专长在于车辆系统、架构和功能，以及用于内饰、底盘和动力系统的电子设备。在过去15年中，他一直专注于整个车辆传动系统的混合动力和电气化。他领导业务开发和战略，以及为汽车制造商、一级供应商和战略合作伙伴网络定义新技术和创新的电动汽车项目的开发。联系方式：norbert.bieler@analog.com。

Paul Hartanto-Doeser是一名电气工程师，在低功耗射频、无线通信和微电子领域拥有20年的经验。他曾在汽车门禁系统、半导体测试系统和无线传感器网络等不同应用领域担任多种工程职务。自2021年以来，他侧重于车辆电气化专用的合格技术。他热衷于与客户合作，利用尖端技术构建创新系统。联系方式：paul.hartanto-doeser@analog.com。

在线支持社区



访问ADI在线支持社区，中文技术论坛

与ADI技术专家互动。提出您的棘手设计问题、浏览常见问题解答，或参与讨论。

请访问ez.analog.com/cn

