

Technical Article

赋能电池智能化迈入新阶段



Wenjia Liu, vice president and general manager of battery management solutions, Texas Instruments



- 深入了解每个电芯内部发生的情况为何有助于让电池更安全、寿命更长。
- 具有集成式 EIS 引擎的新型电池监测器支持在 400V 和 800V 电池系统中进行更早的热失控检测。

无论是为电网提供还是为电动汽车 (EV) 供电, 当今的电池系统都需要安全、可预测地输送电能。电网级储能系统 (ESS) 的使用寿命可长达 20 年, 但仍必须随着电网条件的变化进行充电和放电。EV 电池包必须能够在长达数年的行驶、充电和温度变化期间保持可靠。

从外部看, 两个系统可能看起来都很稳定。但在每个电芯内部, 电化学生变往往早在电压、电流或温度测量数据出现异常前就已发生。

随着电池在 EV 与储能系统中承担愈发关键的作用, 这种内部状态监测盲区带来的问题也愈发突出。除了从外部监测电池包外, 电池管理系统现在还必须检测每个电芯内部发生的情况。要了解这种偏移, 就需要认识到表面水平测量的局限性。

为什么电压和温度监测不足以解决问题

每个电池管理系统都依赖于电压、电流和温度。这些测量很重要, 但主要从外部读取电芯数据。测量结果无法完全揭示影响电池内部安全性、老化和性能的电化学变化。

此外, 外部传感器只能被动做出反应, 而不能主动工作。只有在电池内部发生变化并到达表面后, 传感器才会记录电压、电流或温度测量值。此时, 系统是在对已发生的情况做出响应。

这种差距在热失控等安全关键型事件中尤为重要，热失控是一种自热链反应，在这种反应中，电芯产生热量的速度比散热速度快。热失控可能从内部电化学反应开始，在外部传感器响应之前便已产生热量。到系统触发警报时，问题可能已经接近不可逆转的地步。

各国监管机构已经做出响应。中国 EV 电池国标 (GB) 38031 新版修订规范将于 2026 年 7 月落地施行，新规强制要求，电池包在单体发生热失控后，至少两小时内不得起火或爆炸。许多设计人员对该国标及后续新规的硬性要求心存顾虑。解决方案并非摒弃传统检测方案，而是新增一套可深入感知电芯内部状态的监测系统。



EIS 如何感知每一个电芯的内部状态

电化学阻抗谱分析 (EIS) 是一种测量技术，用于分析电池电芯如何在多个频率上响应小电信号。通过应用电信号并分析电芯的阻抗响应，EIS 可让您更深入地了解电芯的荷电状态、运行状况、温度以及热失控风险的早期指标。提前捕捉这类预警征兆，是区分普通可检修事件与致命故障的关键；一旦发生致命故障，将危及安全、造成设备停机，或是给电池系统带来不可逆的损坏。

数十年来，这种测量在很大程度上需要专业的实验室设备。但如今，无需额外的传感器或成本高昂的重新设计工作，即可将该功能构建到每个电芯中。

虽然电压、电流和温度监测仍然是基础，但 EIS 作为补充的主动监测方案，可捕捉尚未在表面显现的变化。

电芯级智能对 EV 和 ESS 设计有何意义

一旦了解各个电芯的内部状态，电池管理就能成为更广泛生态系统的一部分，该生态系统让提高安全性、可靠性和性能所需的操作得以参考电芯级洞察。

对于汽车原始设备制造商和一级供应商而言，随着 EV 平台向更高的电压和更多的电芯数发展，电芯级洞察非常重要。TI 的电池 EIS 芯片组采用 TI 的 **BQ79826Z-Q1 电池监测器**，通过将 EIS 测量引擎直接集成到电池监测器

中来满足这一需求，并支持 400V 和 800V 架构的高电芯数系统。图 1 说明了电池监测器如何集成到整个电池管理系统 (BMS) 架构中，包括其与电芯、通信总线和电池包监测器的关系。

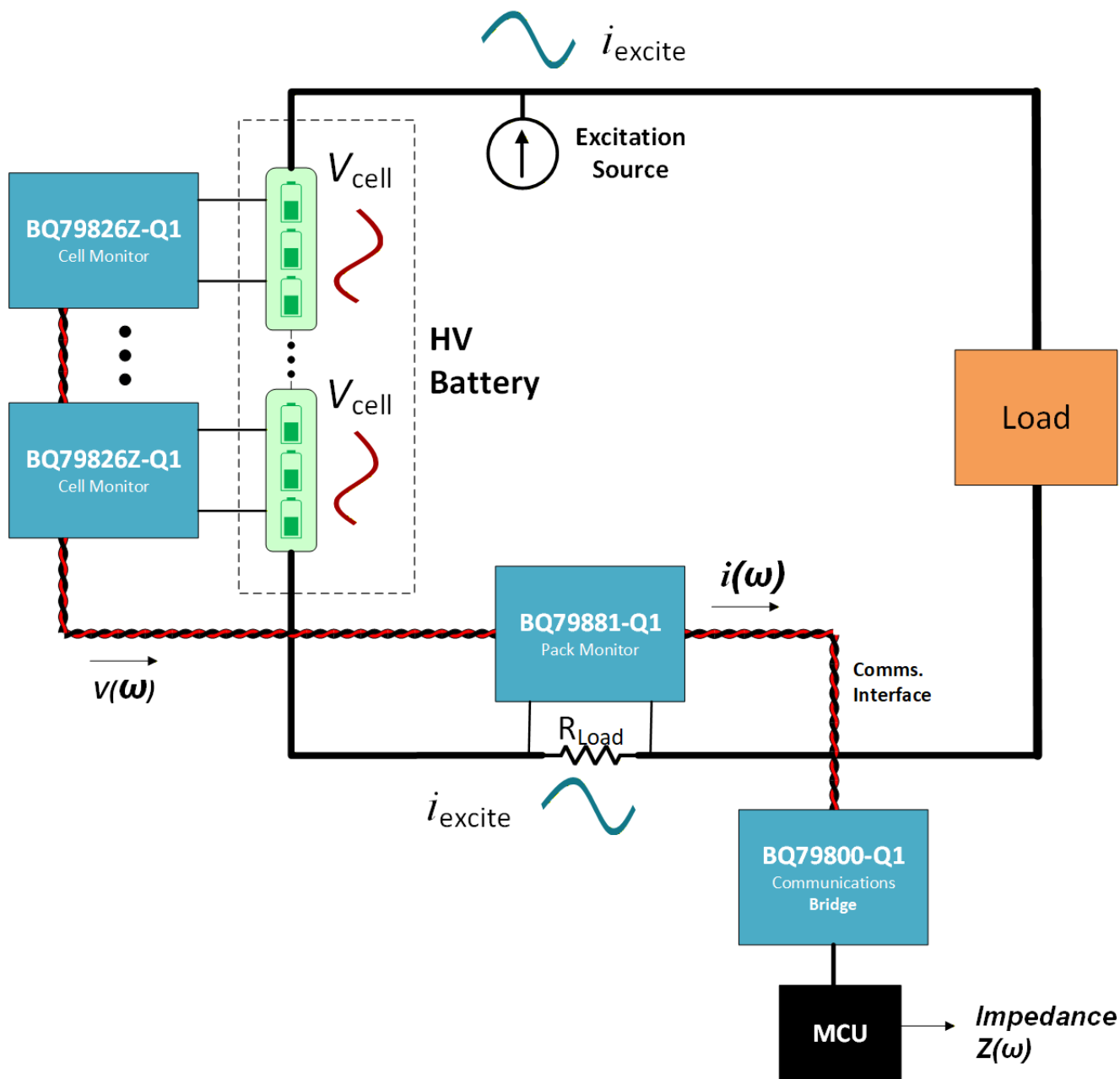


图 1：TI 的电池 EIS 芯片组在整个 BMS 架构中采用 BQ79826Z-Q1 电池监测器，并集成了 EIS 引擎。

ESS 的使用寿命可长达 15 到 20 年。对电芯健康状况的实时洞察可帮助操作员更早地识别退化、更有效地计划维护，并保持系统按预期工作和运行。与主动电池平衡功能配合使用时，源自 EIS 的数据有助于在大型电池组中实时重新分配能量，从而提高效率和性能。

通往预测式电池管理的技术路线

传统的电池管理系统会在故障发生后对其做出响应。到系统触发警报时，问题可能已经接近不可逆转的地步。这种从反应式监测到预测性电池管理的转变正在成为电池系统设计中一项最重要的变化。

EIS 会生成内部电化学数据，系统可以随着时间的推移进行跟踪。在该数据上训练的机器学习模型可以识别电池容量衰减或热风险之前的阻抗模式，从而使电池管理系统能够预测变化，而不是被动检测变化。这些数据可构建更完整的电池曲线，帮助系统在性能下降之前检测到状况，从而延长系统寿命。

随着时间的推移，这些电池曲线可以帮助人工智能增强型电池系统超越隔离式测量，进入更全面地了解电池的阶段。然后，优先事项将变成将数据转换为更好的决策、更快的操作，以及更安全、更可靠的系统。

电池管理的未来

随着电池使用量的增加，更深入的电芯级智能在高压 EV、储能系统以及工业和消费类设备中将变得越来越重要。业界需要在问题出现之前，通过电池管理来了解电池内部的情况。

如果组织将这些洞察做到实用、可扩展且可负担，并以在故障或严重失效出现前预判电池状态为目标，即可助力打造下一代更安全、更可靠的电池系统。

其他资源

- 要了解有关基于 EIS 的电池监测的更多信息，请阅读技术白皮书“[使用电化学阻抗谱进行下一代电池监测](#)”
- 订购 [BQ79826Q1EVM-086 评估模块](#)并开始 EIS 设计。

商标

所有商标均为其各自所有者所有。

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月