

Technical Article

實現下一階段的電池智慧



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



- 為什麼深入了解每個電池芯內部的狀況，有助於實現更安全且使用壽命更長的電池。
- 搭載整合式 EIS 引擎的新電池監控器，支援 400V 和 800V 電池系統中早期的熱失控偵測。

不論是支援電網或電動車（EV）供電，現今的電池系統預期都能安全且可預測地提供能源。電網規模儲能系統（ESS）的使用壽命可能為 20 年，但仍必須在電網情況改變時進行充電與放電。EV 電池組必須歷經多年駕駛、充電與溫度變化，仍能維持可靠性。

從外部看，兩個系統可能看起來都很穩定。但在每個電池芯內部，電化學變化可能早在電壓、電流或溫度測量顯示任何變化之前就已開始。

隨著電池在電動車和儲能系統中扮演更重要的角色，這個能見度差距變得越來越重要。除了從外部監控電池組外，電池管理系統現在也必須偵測每個電池芯內的情況。若要了解這種轉變，就必須認識表層測量的侷限性。

為什麼電壓和溫度監控不足

每個電池管理系統都需仰賴電壓、電流和溫度。這些測量值非常重要，但它們主要是從外部讀取電池芯狀態。它們無法完全揭示電池芯內部影響安全性、老化與效能的電化學變化。

此外，外部感測器只能被動反應，無法主動預測。只有在電池芯內部變化形成並傳導至表層後，感測器才會記錄到電壓、電流或溫度測量值。屆時，系統已是在對進行中的狀況作出反應。

這項落差在熱失控等安全關鍵事件中最為重要；熱失控是一種自熱連鎖反應，電池芯產生熱量的速度快於其散熱速度。熱失控可能始於內部電化學事件，並在外部感測器反應之前產生熱量。當系統觸發警報時，該狀況可能接近不可逆。

監管機構正在因應。中國 Guobiao (GB) 38031 國家 EV 電池標準更新將於 2026 年 7 月生效，要求電池組在熱失控開始後至少兩小時內防止起火或爆炸。許多設計人員對此標準與未來要求所需的內容有疑慮。解決之道並非取代傳統感測，而是為電池芯本身增加更深層的可視性。



EIS 如何看待每個電池芯

電化學阻抗光譜 (EIS) 是一種測量技術，可分析電池如何在多個頻率中對小型電子訊號做出反應。透過套用電子訊號並分析電池芯的阻抗反應，EIS 可更深入了解電池芯的充電狀態、健康狀態、溫度，以及熱失控風險的早期指標。及早偵測這些警訊，是可控維護事件與嚴重故障之間的關鍵差異；後者可能危及安全、導致作業停擺，或對系統造成不可逆的損壞。

數十年來，這類測量大多需要專業的實驗室設備。但如今，無需額外感測器或昂貴的重新設計，即可將功能建置到每個電池芯中。

雖然電壓、電流和溫度仍為基礎，EIS 則增加了一層互補的主動式感測能力，可偵測尚未顯現在表層的變化。

EV 和 ESS 設計中的電池層級智慧代表的意義

一旦了解個別電池芯的內部狀態，電池管理便會成為更廣泛生態系統的一部分，將電池芯層級的洞察與提升安全性、可靠性和效能所需的行動連結起來。

對汽車原始設備製造商和 tier-1 供應商而言，隨著 EV 平台轉為採用更高電壓和電池芯數量，電池芯層級洞察變得至關重要。TI 的電池 EIS 晶片組採用 TI 的 [BQ79826Z-Q1 電池監控器](#)，可將 EIS 量測引擎直接整合至電池監控器中，支援 400V 與 800V 架構的高電池芯數系統，進而滿足這項需求。圖 1 說明電池監控器如何整合在完整電池管理系統 (BMS) 架構中，包括其與電池芯、通訊匯流排和電池組監控器的關係。

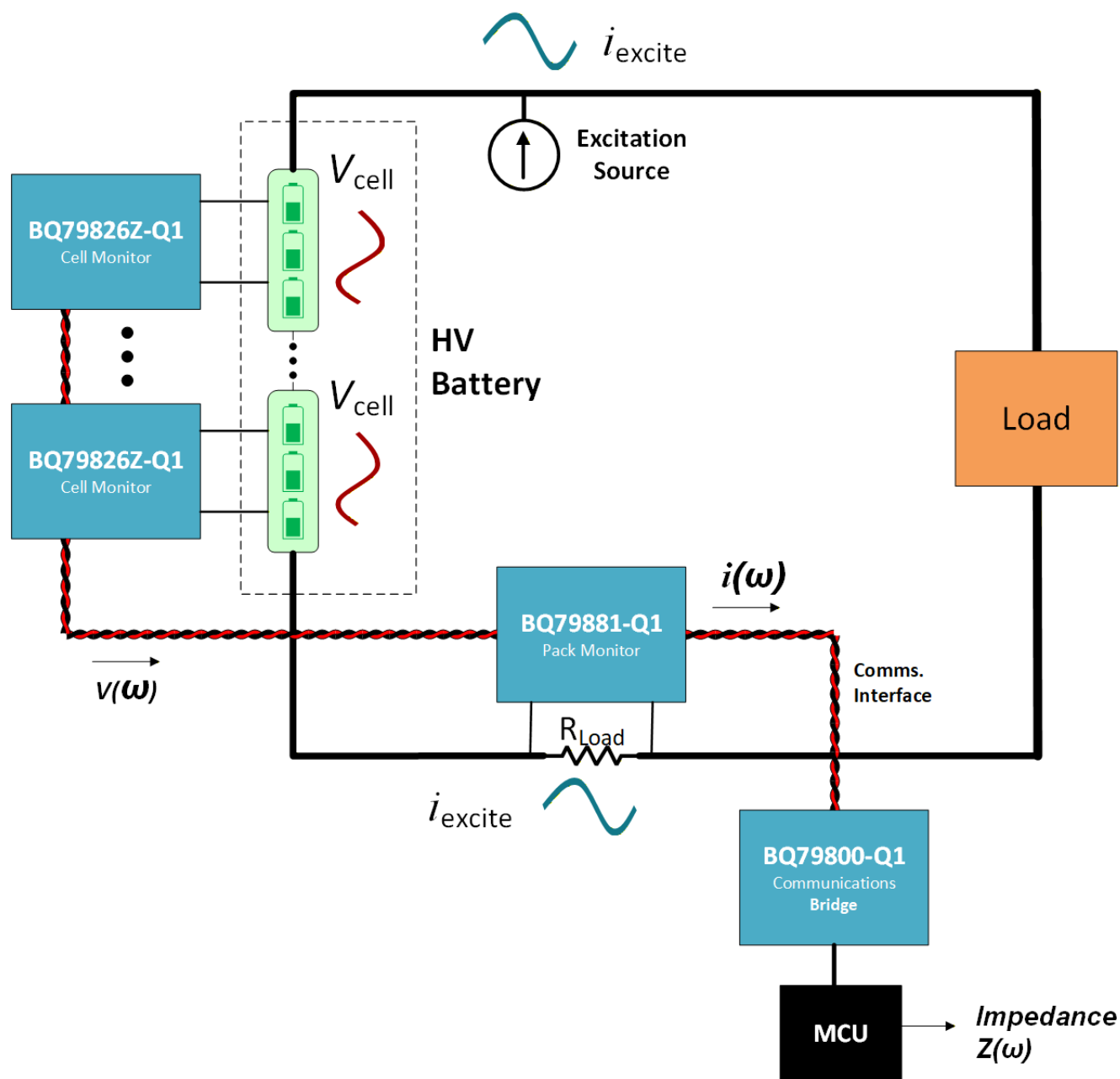


圖 1：完整 BMS 架構中的 TI 電池 EIS 晶片組，採用具整合式 EIS 引擎的 BQ79826Z-Q1 電池監控器。

ESS 預期可使用 15 至 20 年。即時洞察電池芯健康狀況有助於操作員提早發現退化情況、更有效地規劃維護，並保持系統正常執行和執行。當與主動式電池芯平衡搭配使用時，EIS 衍生資料有助於在大量電池芯之間即時重新分配能量，進而提升效率與效能。

邁向預測性電池管理之路

傳統電池管理系統會在故障發生後才作出回應。當系統觸發警報時，該狀況可能接近不可逆。從被動式監控轉向預測性電池管理，正成為電池系統設計中最重要的變革之一。

EIS 會產生內部電化學資料，供系統長期追蹤。以該資料訓練的機器學習模型，可辨識發生在電池容量衰退或熱風險之前的阻抗模式，讓電池管理系統能夠預測變化，而不是被動偵測變化。這種資料可以建立更完整的電池特性檔，協助系統在劣化影響效能之前偵測到異常，進而延長系統壽命。

隨著時間的推移，這些電池設定檔可幫助人工智慧增強型電池系統超越隔離式量測，深入了解電池。接下來的重點，便是將該資料轉化為更完善的決策、更快的行動，以及更安全、更可靠的系統。

電池管理的未來

隨著電池應用不斷擴展，更深入的電池芯層級智慧在高電壓 EV、儲能系統，以及工業與消費性裝置中將變得越來越重要。業界需要更聰明的電池管理技術，必須在電池出狀況前，就先弄清楚電池裡面到底發生了什麼事。

能讓這類洞察變得實用、可擴充且符合成本效益的組織，將能在導致故障或嚴重失效的電池狀況發生之前加以預測，並將有助於定義更安全、更可靠的新一代電池系統。

其他資源

- 若要進一步瞭解以 EIS 為基礎的電池監控技術，請閱讀「[採用電化學阻抗光譜的新一代電池監控技術](#)」技術白皮書。
- 訂購 [BQ79826Q1EVM-086 評估模組](#)，開始進行 EIS 設計。

註冊商標

所有商標皆屬於其各自所有者之財產。

重要聲明與免責聲明

TI 以「現狀」及所含一切錯誤提供技術與可靠數據 (包含產品規格書)、設計資源 (包含參考設計)、應用或其他設計建議、網頁工具、安全資訊和其他資源，且不承擔所有明示或默示保證，包括但不限於適銷性或用於特定用途之適用性的任何默示保證，或不侵害第三方智慧財產的任何默示保證。

所述資源可供專業開發人員應用 TI 產品進行設計使用。您應自行負責 (1) 選擇適合您應用的 TI 產品，(2) 設計、驗證與測試您的應用，與 (3) 確保應用符合適用標準，以及任何其他安全、安保、法規或其他要求。

這些資源得進行修改且無需通知。TI 對您使用所述資源的授權僅限於開發資源所涉及 TI 產品的相關應用。除此之外不得複製或展示所述資源，也不提供其它 TI 或任何第三方的智慧財產權授權許可。如因使用所述資源而產生任何索賠、賠償、成本、損失及債務等，TI 對此概不負責，並且您須賠償由此對 TI 及其代表造成的損害。

TI 的產品均受 [TI 的銷售條款](#)、[TI 的通用品質指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他適用條款，或連同這類 TI 產品提供之適用條款所約束。TI 提供此等資源並不會擴大或以其他方式改變 TI 對於 TI 產品的適用保證或保證免責聲明。除非 TI 明確將某產品指定為自訂或客戶指定型號，否則 TI 產品均為標準、類比、通用裝置。

TI 反對並拒絕您可能提出的任何附加或不同條款。

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

上次更新 10/2025

IMPORTANT NOTICE AND DISCLAIMER

TI PROVIDES TECHNICAL AND RELIABILITY DATA (INCLUDING DATASHEETS), DESIGN RESOURCES (INCLUDING REFERENCE DESIGNS), APPLICATION OR OTHER DESIGN ADVICE, WEB TOOLS, SAFETY INFORMATION, AND OTHER RESOURCES "AS IS" AND WITH ALL FAULTS, AND DISCLAIMS ALL WARRANTIES, EXPRESS AND IMPLIED, INCLUDING WITHOUT LIMITATION ANY IMPLIED WARRANTIES OF MERCHANTABILITY, FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE OR NON-INFRINGEMENT OF THIRD PARTY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS.

These resources are intended for skilled developers designing with TI products. You are solely responsible for (1) selecting the appropriate TI products for your application, (2) designing, validating and testing your application, and (3) ensuring your application meets applicable standards, and any other safety, security, regulatory or other requirements.

These resources are subject to change without notice. TI grants you permission to use these resources only for development of an application that uses the TI products described in the resource. Other reproduction and display of these resources is prohibited. No license is granted to any other TI intellectual property right or to any third party intellectual property right. TI disclaims responsibility for, and you fully indemnify TI and its representatives against any claims, damages, costs, losses, and liabilities arising out of your use of these resources.

TI's products are provided subject to [TI's Terms of Sale](#), [TI's General Quality Guidelines](#), or other applicable terms available either on [ti.com](#) or provided in conjunction with such TI products. TI's provision of these resources does not expand or otherwise alter TI's applicable warranties or warranty disclaimers for TI products. Unless TI explicitly designates a product as custom or customer-specified, TI products are standard, catalog, general purpose devices.

TI objects to and rejects any additional or different terms you may propose.

Copyright © 2026, Texas Instruments Incorporated

Last updated 10/2025