標準與法規

車用驗證正在改變

高算力平台重塑車規可靠度邏輯

電動車與軟體定義車輛（Software Defined Vehicle, SDV）發展後，汽車產業的競爭重心正出現變化。車輛雖仍仰賴機械結構、動力系統與零組件工程，但電子控制、人工智慧（Artificial Intelligence, AI）運算、中央運算平台與軟體服務，對整車體驗與產品差異化的影響已逐漸擴大。隨著更多車型與平台導入高效能晶片、集中式架構與空中下載（Over the Air, OTA），車用驗證也被推向更複雜的場域。除了單一元件的可靠度外，系統長時間運作是否穩定、開發流程能否追溯、資安風險能否持續管理，也成為車用驗證必須面對的新課題。

此變化已逐漸反映在第一線驗證實務中。宜特科技可靠度工程處專案整合管理部資深經理陳文賢與產業服務部資深經理林忠逸觀察，SDV 時代對驗證帶來的壓力，主要來自軟體角色的改變。在部分高算力平台與集中式架構中，軟體已從附加功能，成為牽動硬體運作條件、功耗表現與可靠度評估方式的重要因素。當「車能不能動」不再是唯一問題，驗證的範疇也隨之擴大，持續更新、長期運作的汽車平台，能否在不同使用條件下維持穩定與安全，也必須被納入考量。

高算力進入車內
驗證從元件走向系統壓力

車用驗證的改變，並不意味著既有標準被全面推翻。對車用電子而言，汽車電子協會（Automotive Electronics Council, AEC）訂定的AEC-Q100、AEC-Q104等國際規範仍是產業共同遵循的基礎。其中，AEC-Q100主要針對車用積體電路（Integrated Circuit, IC）的可靠度驗證，AEC-Q104則適用於多晶片模組等產品。也就是說，晶片、模組與相關零組件仍須先通過溫度、濕度、振動、壽命與可靠度等基本門檻。真正不同的是，車內電子系統的複雜度已大幅提高，驗證對象也從單一元件，擴大到會彼此牽動的整套系統架構。

中央運算平台、高密度封裝與高效能晶片導入車內後，單一零件即使符合規範，放進整車環境後也未必能穩定運作。功耗、散熱、訊號完整性、機構配置與軟體負載，都可能改變系統實際承受的壓力。陳文賢的觀察也與此一致，他指出驗證基礎並沒有消失，但隨著車內電子元件增加，驗證範圍已涵蓋更複雜的系統層級，在這些系統級壓力中，最先浮上檯面的是散熱問題。

由於車內空間有限，晶片、記憶體、電源管理與通訊介面被整合進更集中的架構，單位面積承受的功耗與熱密度跟著升高。過去熱管理多被視為系統設計中的配套條件，如今卻成為影響可靠度判斷的核心變數。

與此同時，車輛的使用型態也在改變。傳統汽車每天實際運作時間有限，但隨著自動駕駛、車隊營運與共享移動服務的發展，車輛若未來接近全天候運轉，電子系統面對的壽命壓力將明顯高於一般乘用車情境。這讓散熱不只是空間問題，也成為時間問題。

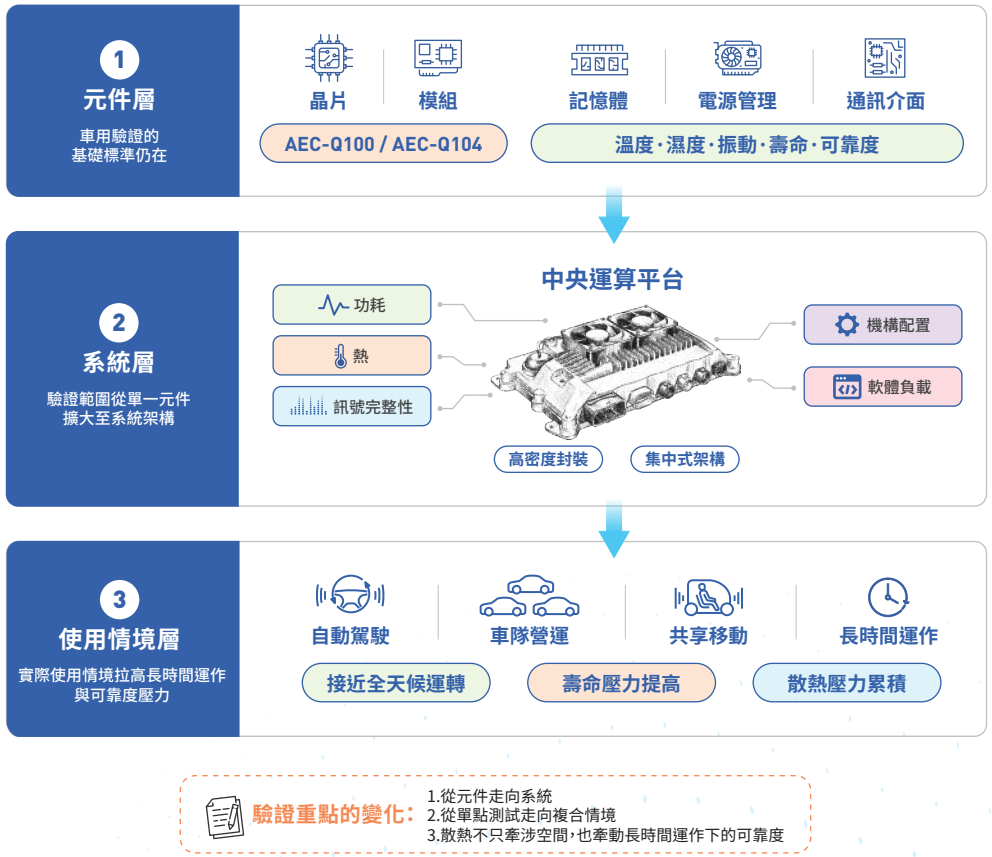
面對車用電子日益嚴苛的熱管理挑戰，能精準模擬極端溫濕度的實驗設計，可嚴格驗證車用電子晶片與模組的散熱可靠度。（圖片提供：宜特科技）

這些壓力在封裝與材料層級已看得到具體徵兆。陳文賢以 BGA (Ball Grid Array) 等高密度封裝為例，在高溫環境下，介面金屬化合物 (Intermetallic Compound, IMC) 可能增生，材料也會因長期受熱而老化；加上車輛行駛過程中的振動，焊點與封裝結構還會承受疲勞效應。單獨來看，這些未必是新問題，但放進高負載運算、長時間運作與車載環境後，彼此疊加形成的壓力，將成為系統可靠度真正必須面對的挑戰。

因此，車用驗證不能只停留在高溫儲存、環境測試等相對靜態的條件，還需把高溫、振動、高負載運算與長時間運作納入同一個情境裡評估，觀察系統在接近實際使用的壓力下如何變化。此一情境設計本身已有相當難度，SDV 還在其上疊加了一個過去硬體驗證較少處理的變數，也就是出廠後仍會持續演進的軟體。

車用驗證對象如何從元件擴大到系統

標準沒有消失，但驗證範圍變大，壓力來源也變多



驗證重點的變化：
1.從元件走向系統
2.從單點測試走向複合情境
3.散熱不只牽涉空間，也牽動長時間運作下的可靠度

OTA 改變可靠度定義
系統異常反應成為驗證重點

軟體之所以成為驗證的新變數，關鍵在於 SDV 不是出廠後就固定下來的產品。OTA 更新讓車輛功能可以持續調整，車廠也能在交付後修正問題、加入新功能，甚至改變既有功能的運作邏輯。這對使用者而言是產品體驗的延伸，但對驗證工程來說，意味著可靠度無法在量產前一次確認就定案。

過去硬體規格在出廠後大致定型，晶片與系統承受的負載可以依照既定使用條件評估，如今一次軟體更新，就可能改變運算負載、功耗表現與任務排程，連帶影響溫度分布與系統壽命。同一套硬體平台，在不同軟體版本下面對的壓力未必相同，可靠度也因此從相對固定的狀態，變成會隨軟體演進持續變動的問題。

林忠逸指出，未來最大的挑戰不只是晶片能不能運作，在持續更新與高負載運算下，系統能否維持穩定與安全也是關鍵。因此 SDV 驗證的壓力之一是風險來源不再侷限於零件本身，也可能來自更新後的系統行為。當平台持續變動，驗證要面對的不只是產品正不正常，還包括系統在異常時能否維持該有的反應。

這個轉變，也牽動了驗證邏輯的調整方向。過去驗證的核心問題相對直接：產品在規定條件下能否正常運作。但在 SDV 與高算力平台上，更難處理的是異常情境，例如晶片過熱、訊號中斷、感測器資料異常、電源瞬間不穩，或軟體更新後造成負載分配改變。這類狀況未必會讓系統立刻停擺，卻

宜特科技可靠度工程處產業服務部資深經理林忠逸指出，SDV 驗證壓力來自系統持續變動，更新後仍須維持穩定與安全。

可能影響車輛的判斷、控制與安全反應。因此，驗證的重點從確認系統能否正常運作，延伸至系統出現異常後的行為與反應。

這也是故障注入（Fault Injection）與硬體迴路測試（Hardware In the Loop, HIL）近年被大量導入車用驗證的原因。林忠逸指出，業界透過主動模擬異常情境的方式，觀察系統在故障條件下是否仍能維持關鍵功能。相較於傳統將產品置於規定條件下檢驗是否通過，這類測試方法更著重於系統遭遇錯誤、干擾與失效時的實際反應，包括能否偵測異常、切換備援、降級運作，或在必要時進入安全狀態。

功能安全與備援設計的重要性也由此提高。前者關注系統在異常狀態下如何避免危害，後者則確保關鍵功能不會因單點故障而中斷。對下一代智慧車平台而言，通過驗證所代表的，不只是產品在正常條件下的穩定運作，更是系統面對異常時仍具備可預期、可追溯的安全反應能力。

而要讓系統在異常後得以回復並找到根本原因，單靠測試手法並不足夠，必須向前延伸至整個開發流程的設計邏輯。

知識小站｜故障注入（Fault Injection）

故障注入是車用驗證常用的測試方法，做法是主動在系統中製造異常條件，例如訊號中斷、感測器資料錯誤、電源不穩、通訊延遲或軟體負載異常，觀察系統能否正確偵測問題並做出反應。

在 SDV 與高算力平台中，故障注入的重要性提高，原因是車輛功能不只仰賴單一零件，而是由晶片、感測器、控制器、軟體與通訊系統共同運作。測試重點也不只是產品在正常狀態下能否運作，而是異常發生時，系統能否切換備援、降級運作、即時提供故障異常資訊給駕駛人知曉，或在必要時進入安全狀態。

產品持續演進
驗證也須回到流程管理

將開發流程納入考量後，驗證面對的問題也隨之延伸：異常發生時，團隊能否找到根本原因，並確保同類狀況不再重複出現。

對 SDV 而言，產品不是一次交付後即告完結，而是透過軟體更新持續演進的平台。因此驗證的重心不能只看單次測試結果，也必須評估開發流程是否具備追溯、修正與持續改善的能力。

林忠逸指出，功能安全國際標準 ISO 26262 與汽車業品質管理系統標準 IATF 16949 的核心精神，都在於產品設計初期便納入潛在失效情境，並建立完整的驗證、追溯與改善機制。如此一來，日後若因 OTA 更新、硬體老化或系統負載變化導致異常，工程團隊才能有效定位問題，判斷成因究竟來自設計、製程、軟體版本，還是使用條件。

他也提醒，車用產業驗證的不只是產品，而是避免問題重複發生的能力。在 SDV 時代，測試只是驗證的其中一環，更關鍵的是讓每一次失效分析都能回饋到設計與管理流程，成為後續開發可參照的依據。

在此脈絡下，資訊安全逐漸被納入車用產業管理範疇。過去車規驗證的重心多放在可靠度、環境耐受、功能安全與品質管理；但隨著車輛具備連網能力、OTA 更新與軟體服務，資安風險已不再侷限於資訊科技（Information Technology, IT）管理層面，而會直接影響車輛功能、使用者安全與供應鏈責任的分配。

歐盟《網路韌性法案》（Cyber Resilience Act, CRA）則讓這項趨勢更具制度壓力。CRA 已於 2024 年 12 月生效，通報義務將自 2026 年 9 月適用，主要義務則自 2027 年 12 月起全面適用。該法案規範的是在歐盟市場提供、具備數位元素的產品，要求相關業者在產品生命週期內納入資安設計、維護、漏洞管理與事件通報機制。

對車用供應鏈而言，CRA 的影響不宜簡化為所有供應商都會直接適用同一套規範，但合規壓力確實可能透過整車廠、系統廠、進口商與市場准入要求向下傳導。只要產品涉及軟體功能、連網能力或數位控制，晶片、模組、控制器與零組件供應商，都可能被要求建立漏洞管理、事件通報與後續修補的對應能力。

林忠逸表示，這意味著車用產業的競爭門檻已從功能安全延伸至資訊安全。未來供應鏈之間的差異，不只在於產品性能或成本，更在於能否同時符合可靠度、功能安全與資安管理的要求。當三項要求各自向前推進，最終都將指向同一個問題：能否將它們整合為一套可長期運作的系統性機制。

驗證數據回到開發流程
形成持續修正的回饋循環

當智慧車走向高算力、中央運算與 SDV，車規驗證面對的問題也跟著轉變。基礎標準仍在，但驗證對象已擴大至系統層級。測試條件也不再侷限於單點環境壓力，而必須涵蓋高負載運算、長時間運作與車載環境交互影響的複合情境。OTA 更新讓可靠度從相對固定的狀態，變成隨軟體版本與系統負載持續變動的問題；資訊安全則在 CRA 等法規推動下，成為供應鏈無法迴避的治理要求。

能否將第一線測試與失效分析累積的資料，持續回饋到功能安全、品質管理與法規遵循流程，讓驗證數據與開發流程形成完整的回饋循環，將是車規驗證下一階段的關鍵課題。對台灣供應鏈而言，這套能力正逐漸成為進入下一代智慧車平台的基本門檻，不只影響單一產品能否通過測試，也決定能否被納入長期合作的車用開發體系。

高算力與 SDV 導入後新增的驗證壓力

管理面向	過去常見驗證焦點	SDV 與高算力平台增加的壓力
元件可靠度	溫度、濕度、振動、壽命等測試	高功耗、高熱密度、長時間運算下的材料老化、焊點疲勞與封裝可靠度
系統整合	各元件或控制單元分別符合規格	功耗、散熱、訊號完整性、機構配置、軟體負載與通訊延遲的交互影響
異常反應與功能安全	產品在正常條件下能否穩定運作	過熱、訊號中斷、感測資料異常、電源不穩時的系統反應
軟體與 OTA 更新	量產前確認硬體與既定軟體版本是否合格	OTA 更新後的運算負載、功耗、任務排程與功能行為變化
車用資訊安全	企業 IT、後端系統與基本通訊防護	連網、OTA、遠端診斷與第三方軟體帶來的攻擊面擴大
上路後監測	量產後主要處理個別故障與客訴	軟體持續更新、硬體老化與車隊長時間運作後的風險變動

MIH 整理，2026/07

長時間測試與失效分析資料，需回饋到後續設計、品質管理與法規遵循流程。SDV 時代的車規驗證，重點已從單次測試結果，延伸至可追溯、可修正的流程管理能力。（圖片提供：宜特科技）

車規驗證從測試結果走向流程管理

流程重點	管理方向	參考依據
設計初期納入風險	定義使用情境、安全目標與潛在失效模式，避免問題到量產後才被發現	ISO 26262、FMEA
測試條件貼近實際使用	將高溫、振動、高負載、散熱與長時間運作納入複合情境評估	AEC-Q100、AEC-Q104
異常情境需可控	模擬故障與軟體更新後的變化，確認系統能偵測、降級或進入安全狀態	HIL、Fault Injection、UN R156
問題需可追溯與修正	串接設計、製造、測試與售後資料，讓失效分析能回饋後續開發	IATF 16949、ISO/SAE 21434

MIH 整理，2026/07