



Minimalism Intrinsic Harmony

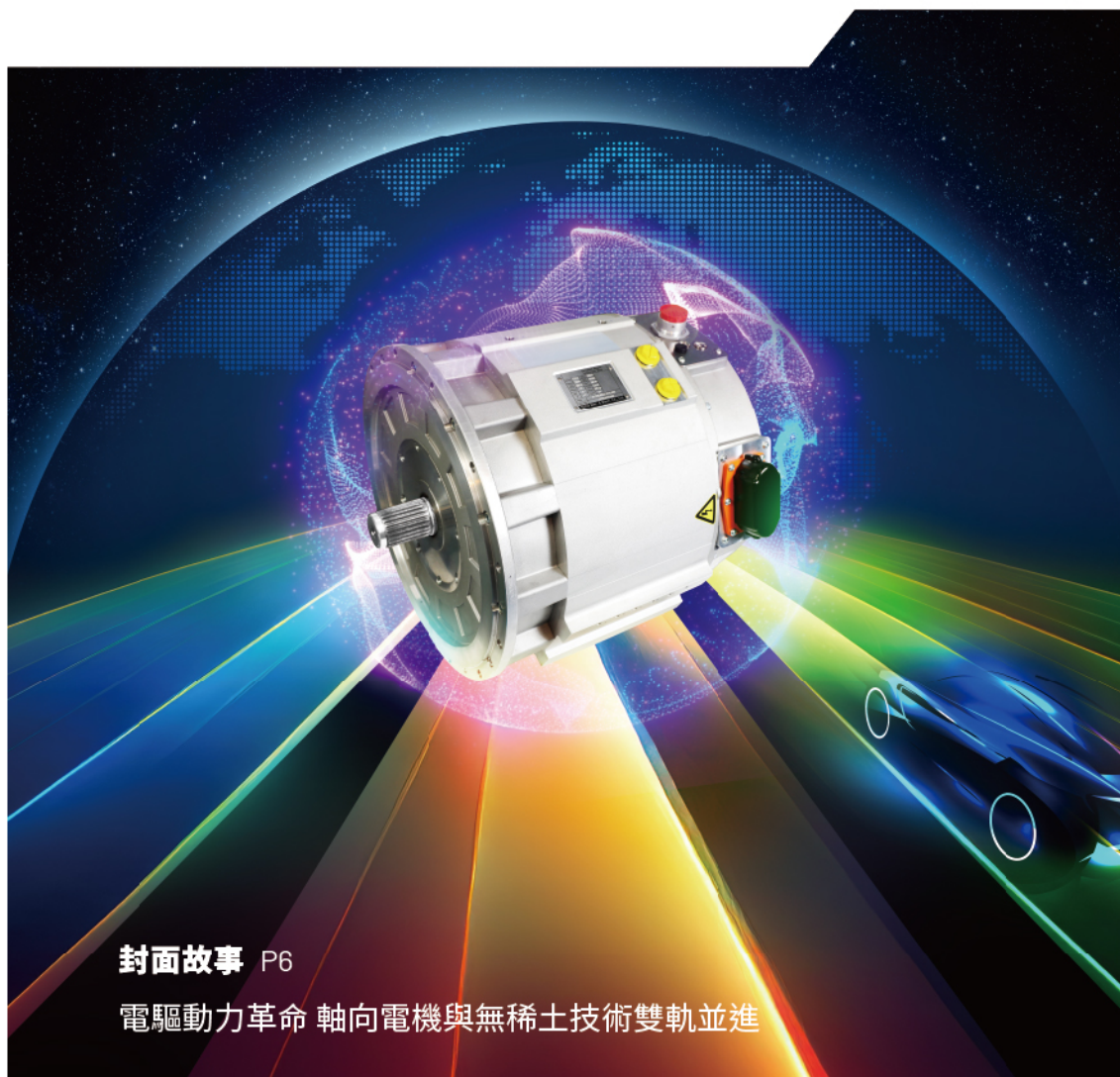
MIH 期刊

技術、系統、市場

三場電機戰役 驅動電動車未來

02
Vol

Oct. / 2025



封面故事 P6

電驅動力革命 軸向電機與無稀土技術雙軌並進

精選議題

P24

市場洞察 - 全球電動車電機市場
多軸格局下的新版圖

P42

科技焦點 - 驅動未來核心技術
電動車電機演進與台灣契機



凝聚共識 定義未來

從開放平台到工程標準 MIH 為產業打下可信基礎

MIH，不只是車的平台，更是信任的架構者。

從設計邏輯、模組分工到測試驗證，
MIH 不斷將「可信任設計」推向更高標準。

在快速變動的產業節奏中，
我們選擇走一條三年打底的穩健路徑。

標準，從來不是限制創新，
而是讓更多創新能共同落地的語言。



Minimalism Intrinsic Harmony

MIH

Contents

05

5 編輯團隊的話

從實作出發 為電動車產業建立共同語言與方法

6 封面故事

電驅動力革命 軸向電機與無稀土技術雙軌並進

電動車產業價值鏈再定義 系統協同成關鍵戰場

稀土替代與供應鏈自主化 台灣在全球能源轉型中的挑戰與機會

24

24 市場洞察

全球電動車電機市場 多軸格局下的新版圖

42 科技焦點

驅動未來核心技術 電動車電機演進與台灣契機

58 標準與法規

為電動車譜寫「動力總譜」：MIH 標準如何讓產業和諧共奏

64

64 未來應用

電機應用邊界拓展 從車輪到天空的驅動革命

70 關鍵視角

電機新核心 控制晶片 驅動電驅產業升級

74 山巔之論

從稀土到系統整合 電動車電機競局中的台灣解方

80 MIH 對話

MIH 會員交流會議：凝聚共識，擘劃台灣電動車產業的「出海口」

MIH 聯盟倡議以 ICT 思維推動電動汽車產業標準化



發行人 劉揚偉
總編輯 周修宏
執行編輯 董政哲

編輯委員 連宏城、黃欽旻、塗雅棋、林瑞芳
法律顧問 施宇軒
發行單位 財團法人 MIH EV 研發院
地址 台北市內湖區基湖路 32 號 6 樓

Email mih@mih-ev.org
編輯製作 大椽股份有限公司
地址 台北市松山區民生東路四段 133 號 12 樓

編輯團隊的話

從實作出發 為電動車產業建立 共同語言與方法

開始構想這本 MIH 期刊時，我們心中想的並不是「一本雜誌」該長什麼樣子，而是產業之間如何深化對彼此的信任？這份信任，不靠宣傳堆砌，也不是靠幾場活動造勢，而是來自一個平台是否有能力持續交出可信的內容與實作的節奏。

MIH 期刊從 MODEL A 開始。這不僅是一個新車專案，更是我們整合標準化設計流程、模組化思維與測試驗證機制的實踐示範。它代表著 MIH 在過去幾年摸索後，走向可被複製、可被學習、可被共創的第一步。

這份期刊不是寫給內部人看的，也不應只是會員消息的彙整。我們的目標，是讓它成為國際 EV 產業願意參考、願意引用的

專業工具書。我們不喊口號、不誇戰略，而是選擇從最務實的「設計流程」、「標準導入」、「工程邏輯」談起，讓每一位讀者 – 不論你是設計主管、產品經理、採購窗口，還是一般車電愛好者，都能理解 MIH 的路線圖。

我們始終相信，標準化不是限制創新，而是創造連結。這本期刊也不只是一個出版品，而是我們打造產業共識、對齊技術語言、拓展國際合作的起點。我們的願景，不是取代誰，而是讓更多人可以一起參與造車的未來。

感謝每一位願意閱讀、參與與分享的讀者。讓我們從這裡開始，重新定義 EV 產業的可能性。▲

封面故事 技術篇



電驅動力革命

軸向電機與無稀土技術雙軌並進

電動車電驅系統正進入新的技術分歧點。業界普遍認為，功率密度已成為下一代電機技術的核心競爭指標，更高的功率密度意味著更小、更輕的驅動單元，不僅能釋放車內空間，更直接影響車輛續航與性能表現。

目前產業出現兩條鮮明趨勢：其一為以英國高性能電機大廠 YASA 為代表、追求極致功率密度的 AFM (Axial Flux Motor, 軸向磁通電機)；其二為 BMW 的 EESM (Electrically Excited Synchronous Motors, 外激式同步電機) / WRSM (Wound-Rotor Synchronous Motor, 繞線式轉子同步電機) 與 Nissan Ariya 的 EESM 所示範的無稀土化路線，目的在降低對稀土材料的依賴。兩者各有優劣與不同挑戰，且與其他路徑（如高效徑向 PM 電機、同步磁阻 / 開關磁阻）並行發展。

YASA 官網與技術文件指出，AFM 的功率密度最高可達傳統徑向電機的三倍。近期，Mercedes-AMG GT XX 概念車搭載三具 AFM，展現「功率密度提升三倍、重量減少三分之二、體積縮小三分之一」的突破性成果。同時，BMW 在第六代電驅系統中採用的 EESM，以及 Nissan Ariya 導入的無稀土 EESM 設計，都證明了無稀土化路線已具備量產可行性。

然而，AFM 雖然在比功率上佔優勢，但因散熱路徑受限，熱管理成為首要挑戰；而無稀土 EESM 雖能降低供應鏈風險，在極端工況下的效率表現則仍有優化空間。

軸向電機：優勢與技術瓶頸並存 核心優勢明顯

AFM 的技術優勢主要體現在三個面向。其一，功率密度與扭矩密度：在相同軸向長度下，AFM 可藉由較大的有效轉子直徑取得更高扭矩密度。以 YASAP400R 為例，官方型錄顯示其淨重 24–28.2kg、軸向長度約 80–107mm，峰值可達 160kW/370Nm、連續 60kW/200Nm，展現短小輕量封裝下的高輸出能力。

其二，效率與損耗優化：AFM 的磁路較單純，有利於降低磁滯與渦流損耗。根據 Emobility Engineering 的專題報導，AFM 的效率通常可超過 96%；IEEE Spectrum 在測試 yokeless AFM 原型時，

效率落在 91–96% 之間。上述資料顯示，在良好設計與對應工況下，AFM 的效率確實可達 95–96% 以上。

其三，空間利用與封裝彈性：扁平結構利於 e-Axle 或輪內驅動的包裝，且常見的雙轉子單定子／單轉子雙定子拓撲可增加有效磁面積、提升輸出。空間利用與封裝彈性：扁平結構利於 E-Axle 或輪內驅動的包裝，且常見的雙轉子單定子／單轉子雙定子拓撲可增加有效磁面積、提升輸出。相較於徑向設計，AFM 重量更輕且體積更小，在封裝效益上更具優勢。

功率密度對照表：AFM vs 徑向電機

指標	YASA P400R (AFM)	Lucid Air 電機模組
重量	24–28.2kg	約74kg(163lb)
尺寸	Ø305mm／長 80–107 mm	Ø約 400mm／長>300mm
峰值功率	160kW	500kW(670hp)
峰值扭矩	370Nm	約 900Nm (整車四驅扭矩>1,200 Nm)
功率密度	5.7–6.7kW/kg	~6.8kW/kg

MIH 整理，2025/09

表格解讀

- 1_YASA P400R (AFM) 在重量與體積上明顯縮小，雖然峰值功率遠低於 Lucid Air 電機，但單位重量下的功率密度已接近同級高性能徑向電機。
- 2_Lucid Air 電機屬於徑向設計，但透過方形繞線、油冷與高填充率，將功率密度推到極高水準 (~6.8 kW/kg)，顯示徑向電機仍有競爭力。
- 3_AFM 的優勢更多體現在模組小型化與封裝彈性，而徑向電機則憑藉成熟製程與散熱管理，在量產效能上依舊強勢。

決策指引

何時選 AFM：

適合高性能、空間受限場景，例如跑車、超跑、賽車，或需高功率密度的特殊車款。

何時選徑向電機：

適合大宗量產、成本敏感的乘用車與商用車，供應鏈成熟、可靠性高。

供應鏈門檻與成本：

AFM 技術新、散熱與製造精度挑戰大，成本高、供應鏈不成熟；徑向電機則有完整供應鏈，成本效益優勢明顯。

一句話總結：AFM = 高功率密度 + 高成本，適合小量高端車
徑向電機 = 成熟穩定 + 低成本，適合大眾量產車

技術挑戰不容忽視

然而，軸向電機也面臨四大技術挑戰。散熱與熱管理是最大難題。雖然某些線圈繞組較接近外表面有利散熱，但扁平化結構與高封裝密度可能使熱量集中，內部熱傳導受限。業界必須採用更複雜的冷卻策略，如油冷、直接浸沒式冷卻或高導熱結構設計。

製造精度與成本問題同樣嚴峻。雙定子或雙轉子結構需要精準的氣隙控制，磁鐵定位與軸向運動剛性要求極高。製造過程需要更多精密工序，包括材料、加工工藝、裝配精度等各環節成本都較高，量產規模尚未成熟到足以壓低單位成本。

轉速與慣性限制也不容忽視。軸慣大、扭矩特性在轉動時的慣性力與噪音控制亦可能限制轉速運作。隨著功率密度提升，結構剛性、NVH (Noise, Vibration and Harshness，噪音、振動與乘坐品質) 控制更具挑戰性。最後是可擴展性與標準化程度偏低。相比徑向電機的成熟供應鏈，軸向電機在大功率量產、可靠性驗證、標準化設計方面仍有不足。不

同拓撲結構間的設計變異大，通用化設計困難。

AFM 的散熱與封裝瓶頸，反映出電驅系統並非僅靠電機本身的改良即可解決，還必須從功率模組與整體系統設計中尋找突破口。正因如此，半導體與電源方案供應商的角色愈發關鍵。

在 AFM 等高功率密度電機追求性能突破的同時，散熱與封裝始終是最大挑戰。對此，TI (Texas Instruments，德州儀器) 台灣暨南亞策略客戶半導體行銷與應用業務總經理潘先俐指出，可以從功率模組端切入，以新材料與架構改善整體系統的散熱效率。她以 TI 的做法為例，該公司透過在功率模組中導入 GaN (氮化鎵) 寬能隙半導體，不僅能在更小體積下提供更高功率密度，還能有效改善散熱瓶頸。這項技術已在 OBC (On-Board Charger，車載充電器) 與高壓 DC/DC Converter (直流轉換器) 上展現成果，縮小模組體積並提升熱管理能力，正好對應 AFM 所面臨的「高比功率 × 散熱限制」難題。

軸向電機的四大技術挑戰

挑戰	原因	對應解法
散熱與熱管理	線圈被雙轉子包夾、扁平化結構導致熱傳路徑受限；高封裝密度使熱量集中	油冷、液冷（水 - 乙二醇）、直接浸沒式冷卻；高導熱材料、散熱片、水套設計
製造精度與成本	雙定子／雙轉子結構需精準氣隙控制；磁鐵定位與剛性要求高；材料、加工與裝配工序複雜	改進製程自動化、提升加工精度；與材料供應商協作；量產後分攤成本
轉速與慣性限制	扁平結構與大直徑設計造成慣性力與離心力過大；高功率下結構剛性與 NVH 控制更難	強化機械結構設計；使用高強度材料；先聚焦低中速、大扭矩應用
可擴展性與標準化不足	與徑向電機相比，量產與可靠性驗證不足；拓撲差異大，難以形成通用設計	建立標準化模組；推動供應鏈成熟化；加強車廠驗證與長期測試

MIH 整理，2025/09

國際廠商技術路徑解析

據《MotorTrend》報導，Mercedes-AMG Concept GT XX 搭載三具電機，總輸出超過 1,000 kW (約 1,340–1,360 hp)，媒體指出該系統來自 AMG 旗下的 YASA 所開發的 AFM。相較於傳統徑向電機，AMG 在發表中強調，基於相同功率輸出的比較，該設計能實現「三倍功率密度、重量減少三分之二、體積縮小三分之一」的突破。

根據 YASA 技術文件，其核心特色在於「Yokeless And Segmented Armature」架構，能減少外鐵殼重量並改善散熱效率；扁平線圈設計則可提高銅填充率、降低導體損耗。YASA 公布的最新原型電機可輸出約 550 kW，重量僅 13.1 kg，功率密度達 42 kW/kg。

BMW 在第六代電驅系統中導入 EESM，希望減少對稀土永磁材料的依賴。部分技術評論認為該架構透過滑環向轉子供電，並可能封裝於密閉腔體以提升耐用性，不過 BMW 尚未公開完整細節，因此仍屬技術觀察層級。

另一方面，根據 Mahle 的技術發表，該公司最新開發的 EESM 在典型電動車工作條件下效率可達 95–96%，並具備耐高溫與抗退磁特性。但由於需要外部電源為轉子勵磁，整體系統設計仍需額外能量供給。

Nidec 近年已從研發展示邁向實際應用。該公司的軸向電機採用薄型設計，具備高扭矩輸出，並能支援無齒輪直驅模式。針對高扭矩運行下的噪音與振動問題，

Nidec 在結構支撐與電波形控制上做出優化，以降低扭矩波動。據《Electrive》報導，Nidec 與 Renesas 在 2023 年共同推出的第二代 100 kW 電軸 (e-Axle，一體化整合電機、逆變器與減速機的電驅系統) 相較前代減重約 19%，扭矩與功率密度提升 20%，顯示技術正加速走向成熟。

除了硬體端的材料替代與架構創新，國際上也開始出現「SDM (Software Defined Motor，軟體定義電機)」的嘗試。TI 近期推動此概念，並透過 Motor Control SDK 與無感測器 (Sensorless) 演算法，讓電機的扭力、轉速與動態性能以軟體靈活調校。這代表即便採用低稀土甚至無稀土的磁體設計，也能透過演算法補償性能差異，讓電驅系統在效率與成本之間取得平衡。這種「以軟補硬」的思路，正好呼應產業在資源受限下的新挑戰。

對台灣供應鏈而言，這些技術變化已不再只是國際趨勢，而是實際的合作需求。信通集團總監黃安正指出，印度市場已有客戶開始嘗試導入無稀土、甚至無磁體的電機方案。作為代工夥伴，信通不僅協助驗證，還透過參與客戶的投資決策，及早掌握產品動向。他強調，代工模式的優勢在於能快速向客戶學習，並在不同材料與設計路徑浮現時，預先完成供應鏈與製程上的準備。

這顯示台灣代工廠正藉由靈活性與貼近市場的特性，嘗試在全球電驅技術的轉折點找到切入機會。

台灣產業切入機會 既有優勢與產業基礎

台灣在電機、散熱風扇、精密機械、半導體與電子材料等領域擁有深厚製造經驗與完整供應系統，這些正是電驅與散熱模組化發展的重要基底。未來可從三個方向切入。

首先是散熱技術創新。台灣既有風扇散熱元件製造能力，可與電機廠合作發展油冷、浸沒冷卻、熱介面材料、高導熱基材等散熱解決方案。推動模組化散熱概念，將電機與冷卻系統、電控器整合設計，縮短熱阻與熱路徑。

第二是模組化平台與動力總成整合。推動整合式動力總成研發，可降低包裝體積重量，簡化供應鏈並控制成本。台廠與國際整車廠可透過 ODM 或共同開發形式合作，先進入中等規模車型或 PHEV 商用車市場驗證技術。

第三是差異化定位與先行市場選擇，這部分需要策略思維。除一般乘用車外，可選

擇商用車、特種用途車或工業移動平台作為切入點。這些應用對功率密度要求高，但量產週期與成本壓力相對較低。

在挑戰方面，台灣廠商的產品技術可靠性尚未經大量車用場景驗證，AFM 在極端動態負載、高轉速頻繁變化下的耐久性仍在觀察期。此外成本競爭壓力巨大，與中國、歐洲、美國廠商競爭時，規模經濟與資本投入是重大障礙。

最後則是認證門檻嚴格的法規，車用安全、EMC、振動、耐熱等需通過國際認證，新技術驗證成本與時間不容小覷。

在全球電驅技術加速演進下，台灣憑藉散熱、精密製造與半導體優勢，正從散熱突破、模組整合與差異化定位三方向切入。下表對照國際車廠技術路徑與台灣優勢／限制，突顯台灣在全球供應鏈中的潛力與定位。

國際電驅技術路徑與台灣切入機會對照表

公司／主體	技術路徑／特色	核心優勢	挑戰或限制
Mercedes-AMG / YASA	軸向磁通電機 (AFM)，採用 yokeless and segmented armature、扁平線圈設計	功率密度提升 3 倍，重量減少 2/3，體積縮小 1/3；效率提升	散熱受限，製造精度要求高，量產仍具挑戰
BMW	第六代 EESM (無稀土同步磁阻 / 勵磁電機)	降低稀土依賴，耐用性提升 (密閉腔體設計)	效率表現尚待觀察；需外部勵磁電源
Mahle	新一代 EESM，效率 95–96%，耐高溫與抗退磁	成本降低，供應鏈風險減少	系統設計複雜，需額外能量供給
Nidec	薄型軸向電機，支援直驅；與 Renesas 推第二代 100kW 電軸	高扭矩輸出，重量減 19%，功率密度提升 20%	高扭矩下 NVH 挑戰，需要結構與波形控制
TI (德州儀器)	軟體定義電機 (SDM)，Sensorless 演算法，MotorControl SDK	軟體調校彈性大，可補償低稀土或無稀土設計缺點	屬新興概念，需整車端驗證與接受
信通	代工模式，協助驗證無稀土甚至無磁體方案	靈活、貼近市場，能快速回應客戶需求	缺乏自有品牌，技術驗證與量產規模仍待強化

MIH 整理，2025/09

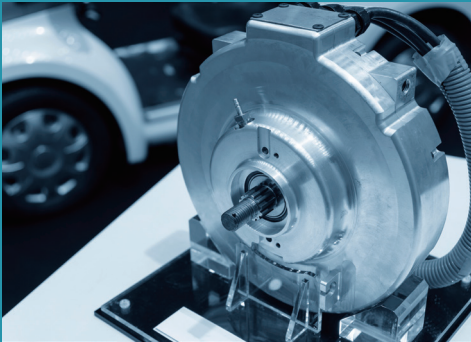
結語： 多元化技術路徑下的台灣定位

全球電機市場正朝多元化發展。根據 IDTechEx 預測，2025-2035 年電動車用電機市場將持續演化，永磁電機使用率雖保持 75% 以上，但稀土依賴與價格波動促使歐洲 OEM 轉向 EESM 或其他少稀土型式。

對台灣而言，機會與挑戰並存。憑藉精密機械、散熱與電子材料等製造優勢，若能在軸向電機關鍵部件展現創新與差異化，就有望在全球供應鏈中取得一席之地。未來策略應聚焦於高附加價值的

邊緣應用市場，透過與國際 OEM 或 Tier 1 合作累積經驗，同時強化材料科學、製程升級與模組化研發的基礎。

更重要的是，台灣需在軸向電機與無稀土電機兩條技術路線上同步布局，並在散熱技術與平台化設計上尋求突破。唯有如此，才能在國際合作與市場競爭中驗證可靠性與成本優勢，從而在這場功率密度競賽中，扮演舉足輕重的供應者角色，而不只是追隨者。



科普補充

在電動車中，電能轉動車輪的過程可以簡化成三步驟：

- 1 電池輸出電流進入定子→產生旋轉磁場。
- 2 磁場帶動轉子旋轉→輸出軸開始運轉。
- 3 輸出軸連接車輪→推動整台車前進。

電機的組成

在電動車裡，電機就是「心臟」，負責把電池裡儲存的能量轉換成推動車輪的力量。從外觀上看，它只是一個圓筒狀的裝置，但若將它剖開，可以看到幾個密不可分的重要部分。

最外層是外殼 (Housing)，好比電機的盔甲，不僅保護內部零件，也協助散熱。外殼之內環繞著定子 (Stator)，上面纏繞著銅線圈，當電池輸出的電流流過這些線圈時，就會產生旋轉磁場。這個磁場是驅動的源頭。

定子中央是轉子 (Rotor)，它像車子的「肌肉」，受到磁場帶動而轉動，並透過輸出軸將動力傳遞給車輪。轉

子內部可能裝有磁鐵 (Magnet)，也可能是繞線結構，不同設計會影響效率、成本，甚至車輛的加速特性。

為了讓轉子能長時間平順旋轉，電機兩端安裝了軸承 (Bearing)，像潤滑的關節，減少摩擦與能量損耗。當車輛高速行駛或頻繁快充快放時，散熱更是關鍵，因此外殼與冷卻設計確保電機在各種工況下都能穩定運作。

對電動車來說，定子提供磁場、轉子輸出旋轉力、軸承讓動力傳遞更順暢、外殼與冷卻維護安全。這些組件共同作用，把電池裡的電能轉換為推動車輛前進的動能，讓一台安靜的 EV 得以平穩又有力地行駛在道路上。

封面故事 系統篇



電動車產業價值鏈再定義

系統協同成關鍵戰場

隨著電動車產業持續推進，全球競爭的重心正快速轉移。過去廠商比拚的是單一零件的性能，如今則進入「系統整合」的較量時代。車廠期待的不只是高效能電機或先進逆變器，而是能將「電機模組 × 驅動控制 × 散熱設計 × 軟體演算法」全面協同的解決方案。這場轉變，正在重新塑造供應鏈的價值層級，也改寫了誰能在新一輪產業競爭中取得優勢。

推動這股變化的核心力量，來自車輛電子電氣架構（E/E Architecture）的演進。傳統分散式 ECU 已逐步由域控制器（Domain Controller）與區域控制器（Zonal Controller）取代，以支援 OTA（Over The Air，遠端更新）與跨域功能整合。這也讓 OEM 與系統業者對供應商提出更高要求，供應商不只要交付零件，更必須確保整體系統效能。對台灣廠商而言，此趨勢代表若要提升國際能見度，就必須完成從模組供應商到能參與架構定義的系統整合夥伴的升級。

技術亮點：Hairpin 繞線與 PM-SRM 的系統潛力

在電動車驅動電機中，Hairpin 繞線（髮夾繞線）逐漸成為主流設計。此技術以矩形扁銅條取代傳統圓線，讓槽內銅材填充率從約 45% 提升至接近 80%，有效降低空隙與能量損耗，從而提升功率密度。

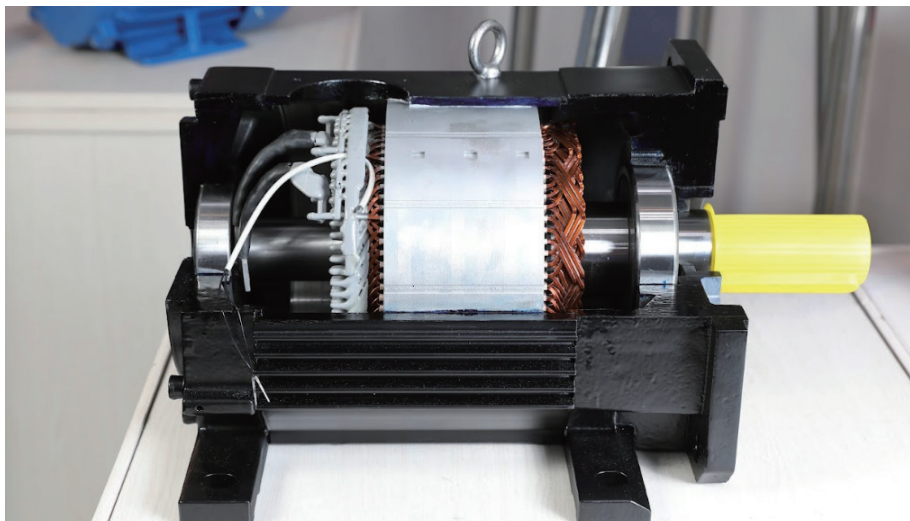
在熱管理方面，Hairpin 繞線的端部結構更為一致，散熱路徑縮短且穩定，使得熱阻下降、溫升更低。最新針對牽引電機的研究也指出，在高功率與長時間運轉下，Hairpin 繞線能減少局部過熱現象，展現優於傳統繞線的熱穩定性。

此外，矩形銅條的直流電阻普遍低於等截面圓線，在中低速工況能減少銅損、提升效率。不過，在高頻或高轉速時，若導體排列設計不佳，可能產生明顯的交流損耗。

值得注意的是，Hairpin 繞線對製程要求極高，需要精密設備進行雷射焊接、端部處理與絕緣塗層控制，投資成本與良率管理的挑戰不小。然而，若能與電控、逆變器及冷卻結構同步設計，Hairpin 繞線不僅能縮小驅動單元體積、降低重量，還能強化整體系統的功率穩定性。

知識小站 | 什麼是 Hairpin 繞線？

Hairpin 繞線是將扁平銅條彎折成「髮夾狀」，插入定子槽後再透過焊接連接形成線圈。相較於傳統圓線繞組，能提升槽填充率、降低電阻與熱損，進而提升電機的功率密度與效率。這項技術目前已廣泛應用於高效能電動車驅動電機。



東元的 Hairpin 繞線電機，透過矩形銅條提升填充率與散熱性能，展現高效能與系統整合潛力。(圖片提供：東元電機)

另一個受到關注的技術是 PM-SRM (Permanent Magnet Switched Reluctance Motor, 永磁切換磁阻電機)，它在傳統 SRM (Switched Reluctance Motor, 磁阻電機) 架構中引入部分永磁體，既能提升低速扭矩與效率，又可保有結構簡單、耐高溫與高可靠度的優勢。更重要的是，PM-SRM 在設計上能減少永磁體用量，降低對稀土材料的依賴，進而減輕原料價格波動或供應鏈風險，這對未來國際市場的長期布局至關重要。

然而，PM-SRM 也面臨挑戰。由於磁阻變化與永磁體飽和效應，容易產生扭矩脈動與電磁噪音，控制策略的複雜度與結構補償的需求相對提高。若能與逆變器、散熱與封裝一體化設計，PM-SRM 在中高轉速及變載工況下，甚至可達到媲美

甚至超越 PMSM (Permanent Magnet Synchronous Motor, 永磁同步電機) 的能效表現。其電控備援與故障容許度，也讓這項技術具備更高的系統安全韌性。

不過信通集團總監黃安正也提醒業界，電機、逆變器、控制器的三電整合雖然是電動車發展的必然方向，但在實務落地前，必須先全面考慮整車的布局與配置。他指出，過去協助國際大廠代工的經驗顯示，往往不是技術本身卡關，而是車架空間配置、接腳定義等細節問題影響進度。他強調，代工廠的價值不僅在於供應零件，更在於能把累積的實務經驗轉化為解決方案，協助客戶縮短開發周期，確保三電系統能順利安裝與運作。

知識小站 | PM-SRM 的定位

PM-SRM (Permanant Magnet Switched Reluctance Motor, 永磁切換磁阻電機) 結合了 SRM (Switched Reluctance Motor, 磁阻電機) 的耐用與簡化結構，以及永磁電機的高效率特性。它透過少量永磁體來提升起步扭矩與能效，同時降低稀土依賴。雖然控制難度較高、噪音與振動需要額外抑制，但在稀土供應風險升高的背景下，被視為下一代電驅動的重要選項。

國際對照： Tesla 與 Lucid 的系統協同典範

Lucid 的競爭力來自徹底的系統思維。該公司將電機、逆變器、齒輪組與冷卻系統設計為一個整合體，目標是「性能最大化、體積與複雜度最小化」。根據 Lucid 技術發表，定子繞線間設有冷卻通道，使冷卻液能直接帶走線圈熱量，降低熱阻並提升長時間高功率輸出的穩定性。

此外，Lucid 採用連續波形繞線 (Continuous-Wave Winding)，減少端部焊點數量，提升製造良率並降低故障風險。再搭配方形銅線，提高定子槽填充率，進一步兼顧效率與熱管理表現。這些設計最終濃縮在 Lucid 的驅動單元中：電機、減速齒輪與逆變器被高度整合，展現出更緊湊與高效的特性。

Tesla 的優勢則來自自上而下的垂直整合。從電池、電機、逆變器、軟體到充電基礎設施，Tesla 幾乎全面掌握，降低供應鏈依賴所帶來的溝通與效率損失。在產品設計上，Tesla 將電機、齒輪與逆變器封裝為單一驅動單元 (Drive Unit)，零件數更少、能量傳遞與散熱路徑更短，重量與體積同步下降，功率密度與系統效率則因此提升。特別是在逆變器部分，Tesla 自 Model3 開始導入 SiC (Silicon Carbide，碳化矽) 功率元件，由 STMicroelectronics 供應，顯著降低開關與導通損失，進一步強化能效。

TI (Texas Instruments，德州儀器) 台灣暨南亞策略客戶半導體行銷與應用業務總經理潘先俐也強調，晶片供應商的角色已不再只是提供單點零組件，而是必須從設計初期就參與整體協作。以 TI 的系統設計團隊為例，便與車廠及 Tier 1 客戶共同開發參考設計，涵蓋功率模組、BMS (Battery Management System，電池管理系統) 到驅動單元的冷卻與控制策略，透過跨部門協作加速產品上市。這種模式讓不同模組之間能在散熱、功耗與成本之間取得更佳平衡，也顯示晶片商正逐漸成為推動系統整合的重要夥伴。

Lucid 與 Tesla 系統協同比較表

面向	Lucid	Tesla
設計思維	系統整合導向：電機、逆變器、齒輪、冷卻一體設計，追求「高性能 × 小體積」	垂直整合導向：掌握電池、電機、逆變器、軟體到充電基礎設施
冷卻技術	定子繞線內建冷卻通道，冷卻液直接帶走線圈熱量，降低熱阻	從外部冷卻進化到一體化冷卻通道，甚至貼近繞線區冷卻
繞線技術	連續波形繞線 (Continuous-Wave Winding)，減少焊點，搭配方形銅線提升填銅率	傳統繞線為主，但持續優化材料與封裝設計
驅動單元設計	電機、齒輪、逆變器高度封裝，體積小、重量輕、效率高	驅動單元 (Drive Unit) 模組化，零件數減少、路徑縮短、功率密度提升
功率元件	以緊湊封裝與散熱優化為重點	Model 3 起導入 SiC MOSFET，降低開關與導通損失
性能效果	高功率密度、散熱效率優異，適合高階車款小體積高性能需求	電機效率提升 8-10%，續航增加 15-18%，具規模化量產優勢
市場策略	以技術差異化，切入高階車款市場	依靠規模與整合能力，兼顧成本控制與性能疊代

MIH 整理，2025/09

台灣定位： 跨域協同的關鍵契機

國際車廠與晶片大廠的案例顯示，系統協同不只是技術突破，更是產業升級的路徑，台灣廠商目前已著手強化全球供應鏈的能見度，將自身電機與電控能量，轉化為能跨域整合的完整方案。

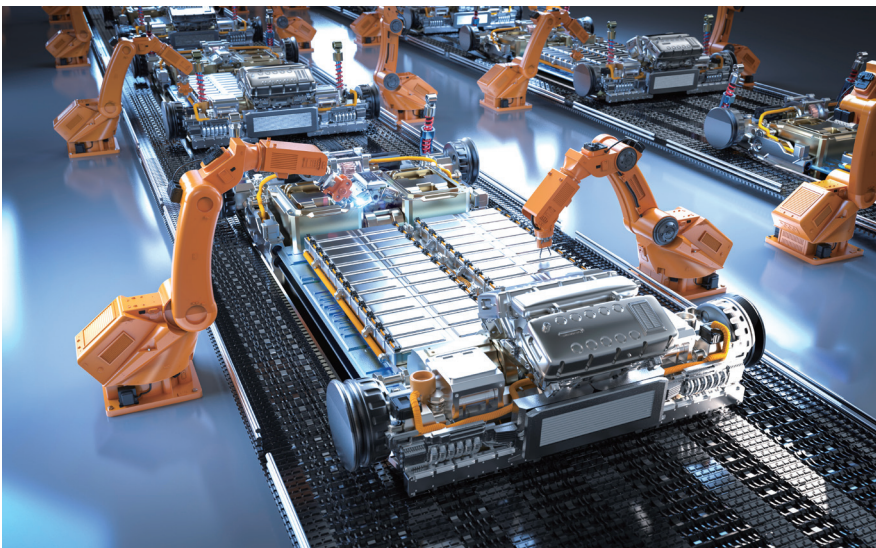
東元自 2021 年加入 MIH 聯盟以來，已成為少數能自主設計與製造高功率、高電壓電機與電控產品的成員。2024 年，東元印度分公司與印度當地電動巴士車廠簽署 3 年提供 5,000 台直驅動力系統合作意向書，此直驅動力系統已完成 9M & 12M 電動巴士動力系統整合調適，並自 2025 年第 4 季開始量產交付。

大同在最新年報中指出，該公司已開發 250kW 市區電動巴士動力系統（包含電動電機與驅動器），並進一步擴展至 330kW 城際電動巴士系統。結合其在重電產業的深厚基礎，顯示大同具備持續擴展交通電動化的條件。

士林電機則與工研院展開次世代碳化矽基動力平台合作，研發內容包括車用功率模組、水冷電機驅動器與髮夾繞線電機定子。這些布局反映其正積極將既有的電控與自動化技術能量，延伸至車用動力系統領域。

信通則以二輪車電機代工為基礎，透過在地化製造、快速提案與三電整合經驗，從零件供應延伸為解決方案夥伴，凸顯台灣業者在跨域協同上的另一種路徑。總監黃安正補充，信通最大的差異化優勢在於快速提案能力。該公司已開發多款公版產品，能依據客戶需求迅速調整，縮短開發時程。

同時，信通在與客戶溝通時，並非僅提供電機，而是會協助檢視整車開發流程，找出包括電池與充電在內的痛點，從而扮演「解決方案夥伴」而非單純零件供應商的角色。



電動車製造正邁向跨域整合新時代，從電池、電機到電控系統皆需高度協同。

台灣的挑战與契機

從東元、大同到士林電機，可以看到台灣廠商已逐步具備跨域協同的基礎，但與國際龍頭相比，差距依舊存在，業者必須建立跨界思維，擁有系統級能力才有機會在全球競爭中站穩腳步。對台灣而言，挑戰在於如何快速補足跨域驗證、國際標準對接與市場落地的缺口。

在此同時，MIH 提供了最直接的舞台，MIH 聯盟已不只是零組件展示，而是透過開放規格、參考設計與國際合作，降低協作門檻，成為台灣廠商升級的跳板。現有超過 2,800 家成員遍及全球 100 多國，涵蓋半導體、電機、電池到雲端服

務，形成跨產業生態，使台灣業者能跳脫區域供應鏈角色，在國際價值鏈中被採用與看見。以電驅動系統為例，廠商可利用 MIH 所提出之標準化建議，進行「電機 × 逆變器 × 電控 × 散熱」等模組間的整合設計與驗證，再推向海外市場。

這不僅是展示技術的舞台，更是參與標準制定與落地應用的關鍵途徑。放眼全球，系統協同已成為電動車產業的必答题，台灣若能善用 MIH 所串連的生態，把零組件優勢轉化為整合方案，將有機會在未來掌握價值鏈話語權。

系統協同驅動價值升級

電動車產業的下一階段競爭，已經從單一零件性能的提升，轉向系統協同的全面較量。無論是 Lucid 強調的高功率密度與熱管理創新，或是 Tesla 展現的垂直整合與持續迭代，都清楚指向同一方向：唯有能同時掌握電機、逆變器、控制策略與散熱封裝的整合能力，才能在全球市場脫穎而出。

對台灣而言，這代表一個關鍵轉折。過去以零組件供應為主的角色，雖然奠定

了基礎，但附加價值有限。若能藉由跨域協作與國際驗證，把電機與電控的既有實力提升到系統解決方案層級，不僅能增加議價空間，更能在價值鏈上扮演影響規格與定義標準的角色。

在全球電動車競爭加速的此刻，系統協同不只是技術選項，而是產業升級的必然路徑。台灣廠商若能及早完成這一步，就有機會把挑戰轉化為優勢，實現從「零件供應」到「價值共創」的躍升。

封面故事 市場篇



稀土替代與供應鏈自主化

台灣在全球能源轉型中的挑戰與機會

電動化與再生能源浪潮持續推進，稀土，特別是應用於永磁電機的磁材，已經不只是原料，更攸關能源轉型的戰略核心。中國長期掌握從開採、冶煉分離到磁體製造的完整產業鏈，使得供應安全與地緣政治風險緊密交織。2025 年以來，北京在出口政策與配額管理上的不透明與集中化，讓市場對供應穩定性的疑慮升高，各國不得不加快布局替代方案與分散供應策略。

政策面的變化同樣劇烈。歐盟《關鍵原料法》於 2024 年 5 月正式生效，將稀土納入戰略資源範疇，並明訂 2030 年「10% 開採、40% 加工、25% 回收」的量化目標，同時限制單一第三國供應比重不得超過 65%，以推動供應鏈多元化與在地化。美國則在 2025 年 7 月通過《大而美法案》（One Big Beautiful Bill Act，簡稱 OBBBA），對《通膨削減法案》（Inflation Reduction Act，簡稱 IRA）中的能源稅務與激勵條款進行重大修訂，市場普遍認為將重新塑造清潔能源與關鍵礦物的投資版圖。

技術端也出現突破訊號。美國新創 Niron Magnetics 正在明尼蘇達州 Sartell 興建以鐵氮（ Fe_{16}N_2 ）為基礎的無稀土磁體量產設施，並獲得能源部超過 5,000 萬美元的支持，直接對應電動車與風電等高成長市場的永磁需求。另一方面，印度 Ola Electric 宣布以鐵氧體磁材打造的「無稀土電機」即將導入二輪電動車產品線，計劃自 2026 年起分階段量產，凸顯「成本可控、供應可得」的在地化解方已具備實際可行性。

在這些國際變局下，台灣所面臨的挑戰不只是如何應對短期價格波動，而是必須在「材料多元化、在地供應鏈整合、國際協作與標準化參與」三個方向之間找到平衡，才能降低對單一來源的依賴，並在新一輪產業重組中掌握話語權與競爭優勢。

國際風險與政策背景 中國壟斷與歐美應對

中國長期主導全球稀土供應鏈，從開採、冶煉到磁體製造幾乎環環掌控，讓稀土議題早已超越單純的產業範疇，成為牽動國家安全的戰略焦點。歐盟目前 100% 的重稀土仰賴中國進口，在地緣政治緊張與疫情物流干擾的背景下，供應風險被放大至前所未有的程度。

美國則選擇以政策和資金全方位介入。IRA 將電動車與清潔能源產業的稀土來源鎖定在「友好國」，並搭配稅收優惠，意圖推動去中國化。2025 年 7 月 4 日簽訂 OBBBA，更進一步調整 IRA 的能源與稅賦激勵條款，重新塑造企業的投資版圖。同年 8 月，美國地質調查局發布《2025 關鍵礦物清單草案》，將名單擴大至 54 種，新增銅、矽、鉀鹽、銀等關鍵

原料。國防部亦投入 5.4 億美元支持 MP Materials 擴充本土稀土與磁體產能，國會推進簡化礦業許可程序，白宮更以行政命令要求「最大化國內產能」，顯示美國正以政策、資金與法規三管齊下。

歐盟則選擇透過制度化的多元化戰略來因應。《關鍵原料法 (CRMA)》自 2024 年生效，設定到 2030 年 10% 開採、40% 在地加工、25% 回收的目標，並限制單一來源供應佔比不得超過 65%。2025 年 6 月，歐盟進一步指定 13 個非歐盟國家的專案為「戰略計劃」，並透過 Global Gateway 與夥伴國合作，以分散來源、降低對中國的高度依賴。

知識小站 | 什麼是重稀土 (HREE)

HREE (Heavy Rare Earth, 重稀土) 是指原子序數較高、原子量較大的稀土元素族群，主要包含 釷 (Gd)、鉕 (Tb)、鐳 (Dy)、釹 (Ho)、鉕 (Er)、鈳 (Tm)、鐳 (Yb)、鐳 (Lu)、釷 (Y)、釷 (Sc) 等元素。相較於輕稀土，重稀土分布更稀少、開採更困難、價格也更高。它們在軍事裝備 (精密雷達、導彈)、電動汽車電機、風力發電機與高端電子設備中扮演關鍵角色，因此被視為高度戰略性資源

國際風險與政策背景表：稀土供應鏈

區域	現況	對策 / 政策動作
中國	壟斷開採、冶煉、磁體	全面掌控、戰略風險
美國	高度依賴進口	IRA 去中化、OBBBA 調整、USGS 擴清單、投資擴產、簡化許可
歐盟	100% 依賴中國	CRMA 目標、來源多元化、13 國戰略專案

MIH 整理，2025/09

循環利用、 材料創新與供應鏈韌性

台灣雖然缺乏天然稀土資源，但政策端已開始啟動回應。環境部在 2025 年 4 月成立「關鍵及戰略資源國家隊」，目標是整合國內業者推動稀有金屬循環利用，並研議建立國家級「關鍵資源清單」，作為未來供應鏈風險管理與政策指引的重要依據。

在技術面，工研院已展開稀土回收研究，嘗試從廢棄家電與電子產品中提煉永磁材料，並建置試量產線進行驗證。雖然距離商業化仍有差距，但「城市採礦」的概念逐漸成形，被視為補足資源缺口的潛在選項。

企業端則已出現早期行動。聯友等業者投入鎢、鈷等稀有金屬回收，並評估引進合規的國際廢料來源；其他廠商則聚焦於低稀土磁體、先進陶瓷與高效矽鋼片等替代材料的應用，試圖透過材料創新來分散風險。

供應鏈端的多元化探索也同步展開。面對中國出口政策的不確定性，台商逐步將目光轉向澳洲、加拿大等替代來源，並加快與國際夥伴的合作洽談。雖然規模仍有限，但方向已經清楚：降低對單一來源的高度依賴，逐步建立更具韌性的供應鏈。

台灣稀土因應策略

面向	行動重點
政策端	2025/04 環境部成立「關鍵及戰略資源國家隊」- 規劃國家級「關鍵資源清單」，做為風險管理依據
技術端	工研院研發稀土回收（廢家電、電子產品提煉永磁材料）- 建置試量產線，驗證「城市採礦」可行性
企業端	聯友投入鎢、鈷等金屬回收，評估國際廢料來源 - 其他廠商開發低稀土磁體、先進陶瓷、高效矽鋼片
供應鏈端	分散來源，轉向澳洲、加拿大等國 - 強化國際合作，降低單一來源依賴

MIH 整理，2025/09

國際案例： 低稀土與無稀土技術的突破與落地

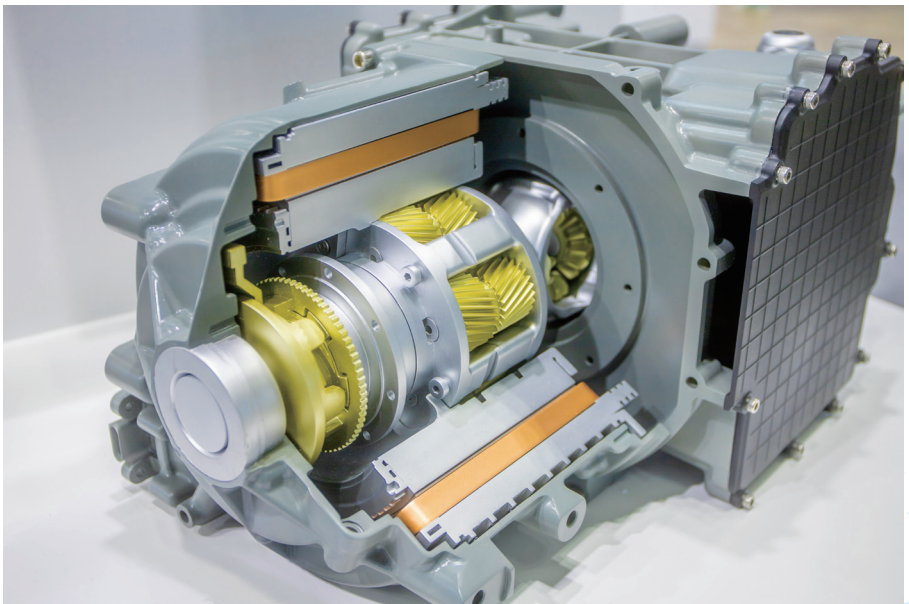
美國新創 Niron Magnetics 正以鐵氮 (Fe_{16}N_2) 為基礎開發無稀土高性能磁體，其性能已逼近甚至挑戰傳統稀土磁材。該公司獲得美國能源部稅收抵免與資金計劃支持，並在明尼蘇達州興建首座大規模量產廠，預計創造逾百個就業機會。雖然良率與成本仍是亟待解決的瓶頸，但此舉被視為切斷稀土依賴的關鍵突破口。

印度 Ola Electric 在 2025 年率先宣布將鐵氧體磁材導入二輪電動車電機，推出所謂的 Ferrite Motor。雖然效率略低於稀土磁體，但其在成本控制與供應穩定性上的優勢明顯，並已規劃自 2026 年起分階段導入量產，顯示低稀土設計已走出實驗室，真正進入市場。

歐洲的策略則呈現「新創創新」與「車廠落地」雙線並進。英國新創 Advanced

Electric Machines (AEM) 主打無稀土、甚至無銅的高回收性電機，已獲得超過 2,000 萬英鎊投資，並與印度車廠展開合作測試。傳統車廠方面，Renault 已在 Megane E-Tech 量產車中採用 EESM，完全捨棄稀土磁材，成為歐洲的量產先例。同時德國 ZF 與 MAHLE 也分別推出無磁石的 I^2SM (逆變器整合同步電機) 與 SCT (開關電容拓撲) 技術。

日本則聚焦於「低重稀土化」與材料工程突破，學研單位持續推進高性能替代磁材研究，大廠 Nidec 也已公開展示無稀土與低稀土電機樣機平台。南韓則走向供應鏈重組，由 POSCO International 攜手美國 Energy Fuels，打造涵蓋礦砂、分離到磁體製造的「非中國一條龍體系」，為車廠提供追溯性更高的替代來源。



各國車廠與新創正積極推動低稀土甚至無稀土電機技術，從材料創新到量產應用，展現全球電動車產業在供應鏈重組與永續策略上的新突破。

台灣案例： 從設計創新到材料替代的多元路徑

在台灣廠商中，東元電機堪稱最積極實踐「設計標準化 × 材料多元化」雙軌策略的代表。該公司將長年工業電機的設計經驗延伸至電動車領域，透過標準化尺寸，降低客製化成本並提升與國際規格的相容性。藉由自主設計與製造，東元已將產品成本壓低約一半，並導入第三代 Hairpin 扁線繞組與槽型最佳化設計，大幅提升效率。

在材料選用上，東元已在工業應用中導入低稀土磁體，並結合中鋼高效矽鋼片與 SiC 功率模組，讓系統效率推升至 98%×99.5% 的高水準。這種「設計補償思維」使東元即便仍需部分依賴稀土，也能憑藉效率優勢維持競爭力。同時，公司更將電機與驅動系統整合，跨足巴士、氫能車、船舶等應用場域，並在美國市場推出結合再生能源與儲能的校車充電方案，展現系統級布局的前瞻性。

大同特殊鋼早在 2016 年就已切入國際車廠供應鏈，為 Honda 油電混合車提供低重稀土磁石，是台灣少數具備早期經驗的廠商之一。這段經歷證明台灣在替代磁材領域具備研發能量，但在成本與性能之間取得平衡，至今仍是全球共同面臨的挑戰。對大同而言，如何將過往的研發成果轉化為新一波電動車市場的競爭力，將是未來的關鍵。

士林電機則從市場需求出發，在永續報告中明訂三年內綠能產品與服務營收佔比要提升至 30%，長期更要達到 50%。這代表公司正將產品組合導向高效率、低稀土或替代材料應用。士林同時積極布局電動車動力系統 (10-150kW) 與充電樁市場，這些領域對磁體材料的依賴度高，恰好成為公司推動材料創新與供應鏈轉型的驅動力。

台灣廠商稀土與電機策略

廠商	核心策略	重點特色
東元電機	設計標準化 × 材料多元化	成本降半、Hairpin 扁線 + SiC、高效矽鋼；跨足巴士、氫能車、船舶
大同特殊鋼	替代磁材早期布局	2016 起供應 Honda 低稀土磁石；具研發能量，挑戰在成本效能平衡
士林電機	綠能轉型與市場擴張	綠能營收目標 30% → 50%；佈局 EV 動力系統與充電樁，推動材料創新
供應鏈端	分散來源，轉向澳洲、加拿大等國 - 強化國際合作，降低單一來源依賴	分散來源，轉向澳洲、加拿大等國 - 強化國際合作，降低單一來源依賴

MIH 整理，2025/09

台灣在全球稀土重組中的挑戰與契機

全球電動化與能源轉型所帶來的稀土供應重組，對台灣既是壓力，也是機會。從美國以政策與資金重塑供應鏈，到歐盟透過法規與戰略專案推動多元化，再到印度率先讓低稀土方案落地，國際案例清楚展現一個共同趨勢：降低對單一來源的依賴，並透過設計與材料創新來建立自主優勢。

對台灣而言，雖然沒有本土稀土礦產，但切入點並非不存在。東元電機已經展現出以標準化與效率設計補足材料不足的能力，大同過去也曾為國際車廠供應低重稀土磁石，累積了寶貴的經驗，而士林則透過產品組合的調整與新能源市場的推進，逐步將低稀土與替代方案納入實際應用。這些路徑共同指向一個方向：台灣雖處於資源劣勢，但仍能透過設計、技術與市場策略找到自己的位置。

然而挑戰不容忽視。台灣在資源端的缺口使其長期仰賴進口，加上研發與投資規模難以與美歐日韓相比，如何跨越成本與商業化門檻，仍是未來能否站穩的關鍵。這意味著台灣必須同時在政策與產業兩個層面加速行動：一方面積極參與國際合作與標準制定，以免在供應鏈重組的過程中缺席；另一方面則要建立在地循環體系，從城市採礦與回收出發，逐步形成具韌性的本土資源循環，並透過補助、研發基金與稅務優惠，為企業在低稀土與替代材料上的投資創造誘因。

唯有將設計創新、材料多元化、系統整合與國際合作三者結合，台灣才有機會在全球稀土替代與供應鏈自主化的浪潮中，從被動的追隨者轉變為主動的創新者，為未來的產業競局建立穩固的定位。▲



全球加速擺脫稀土依賴，台灣雖缺乏礦源，仍可透過設計創新、標準化與循環體系切入，尋找在新能源與電動化浪潮中的戰略定位。



市場洞察

全球電動車電機市場

多軸格局下的新版圖

全球電動車電機市場正處於關鍵轉折期。根據 Fortune Business Insights 資料，2024 年市場規模約 213.2 億美元，預計 2025 年將達 271.6 億美元，年複合成長率約 16.2%。然而成長動能的來源正發生變化：美國因政策逆轉而放緩，中國與歐洲則持續扮演主要引擎，同時墨西哥、印度與日本等市場逐步浮現，形成多軸並行的格局。



在技術發展方面，PMSM (Permanent-Magnet Synchronous Motor，永磁同步電機) 已成為主流，幾乎所有平台都以其為核心；IM (Induction Motors，感應電機) 則退居次要，多用於輔助驅動或入門車款；AFM (Axial Flux Motor，軸向磁通電機) 則在高性能與高功率密度應用展現潛力。這些技術選擇在不同市場形成差異化演進：中國依託龐大內需與政策體系，成為新技術量產最快的舞台；歐洲則以嚴格法規驅動高效率與低稀土化，成為高階驗證場域；墨西哥因美墨加協定與 IRA 政策，快速成為北美供應鏈的製造承接點；印度在二輪與三輪車帶動下，以在地化政策推升多元需求；日本則憑藉效率工程與 SiC 供應鏈韌性，走出漸進而穩健的技術路線。

上述趨勢意味著，台廠不僅要同時應對中國的「規模化競爭」與歐洲的「技術門檻」，還必須因應墨西哥的「政策驅動在地化」、印度的「多車種拉動」與日本的「效率+韌性模式」。唯有在多軸格局下建立差異化應對策略，才能在全球市場重組中找到持續立足之道。

中國

規模化與政策 推動下的高速成長



中國已成全球電動車最大市場，政策與規模並進，推動電驅與電機產業快速成長並加速技術洗牌。

中國電動車電機市場的最大特徵是規模化與高滲透率的雙重優勢。中國汽車工業協會在 2025 年 1 月公布的數據顯示 2024 年中國包含純電動車和插電式混合動力車的 NEV（New Energy Vehicle，新能源車）全年銷量達 1,286 萬輛，年增 35.5%，市占率達 40.9%。值得注意的是，中國乘用車市場信息聯席會同月的報告指出，2024 年月度零售滲透率多次逼近或突破 50%，其中 12 月零售滲透率達 49.4%，顯示中國已進入「每兩台新車就有一台是電動車」的新階段。

中國電動車電機市場的快速發展，離不開政策體系的支持。已於 2024 年 5 月 28 日正式實施的新版國家標準 GB/T18488-2024《電動車用驅動電機系統》，明確規範型號命名、技術要求、測試方法與標識，並首次納入整合式電驅測試與標示要求，對效率與一致性管理提出更嚴格的要求。

同時，雙積分制度 (CAFC/NEV) 持續發揮槓桿作用。中國工信部於 2023 年 12

月公告 2024、2025 年 NEV 積分比例分別為 28% 與 38%，並調整部分抵扣細節，藉由「壓縮燃油車空間、再以市場機制迫使車廠加碼電動車」的設計，為電機需求建立了穩固的政策底盤。

在消費端，NEV 購置稅減免政策延長至 2027 年，2024–2025 年購車免稅，2026–2027 年則減半徵收，確保需求延續性，進一步鞏固了電機產業的中長期成長基礎。

知識小站 | 中國電動車標準與雙積分制度

中國自 2024 年起實施新版 GB/T18488《電動車用驅動電機系統》，規範型號命名、技術要求與測試方法，確保整合式電驅的效率與品質一致性。

同時，雙積分制度以「油耗積分 (CAFC)」與「新能源積分 (NEV)」並行：前者壓縮燃油車空間，後者要求車廠推動電動化，兩者搭配形成市場機制，持續提升電動車滲透率。

中國電動車電機產業正經歷垂直整合與價格競爭的雙重挑戰。2024–2025 年的降價潮，使車廠與供應鏈的毛利率普遍受到壓縮，監管單位也加強對延長付款週期等行為的整頓，導致產業獲利能力承受更大壓力。

與此同時，電驅、控制與功率半導體正逐步走向車廠自行研發、自行生產。

根據汽車產業資訊平台 Gasgoo (蓋世汽車) 公布的 2025 年上半年電驅器供應商排行榜，比亞迪旗下子公司弗迪動力 (FinDreams Powertrain) 以 27.7% 市占率 (1,737,167 套) 居於首位；匯川聯合動力 (INOVANCE Automotive) 以 11.1% 排名第二，華為數字能源則以 5.9% 居第三。這顯示市場逐漸向領先廠商集中，產業集中度持續提升。

在此市場態勢下，弗迪動力成為電動車電機產業垂直整合的代表。透過電池與電驅系統的一體化布局，該公司在電機、控制器與車載充電器等多個環節均居領先地位，展現出「技術自主 + 規模經濟」的競爭優勢。

與此同時，精進電動 (JJE) 則扮演另一種關鍵角色，代表中國電驅供應鏈中少數能與整車廠分庭抗禮的獨立 Tier-1 供應商。JJE 具備從電機、電控、傳動到整合總成的全面技術能力，產品適用於乘用車與商用車市場。

其推出的高整合 3-in-1 模組在北美成功取得一筆歷來最大 OEM 合約，訂單用途為 200kW 橫置式電驅總成，並採用 Hairpin 繞線與油冷 - 水冷複合冷卻設計，兼顧高功率輸出與散熱效率。

更進一步地，JJE 亦於 2023 年 CTI Symposium 發表 2-Speed Electric Beam Axle，專為中型商用車設計，搭載 Hairpin 電機與 SiC 逆變器，強化續航與載重表現。這些產品不僅凸顯 JJE 在技術上的持續突破，也顯示其逐步擴展國際市場的能力與潛力。

整體來看，中國已成為全球電動車電機技術量產與應用最集中的市場。政策、已改標準與稅收優惠共同塑造需求基本盤，產業結構則在價格競爭下快速洗牌，集中於具規模與技術優勢的企業。弗迪動力展現「自主 + 規模」模式，精進電動則以獨立 Tier-1 的角色突破國際市場，形成「車廠自研 + 供應鏈創新」的雙軌特色，並預示未來市場將在效率、可靠性與技術升級之間持續博弈。



中國已成為全球電動車技術與量產重鎮，在政策扶植、稅收優惠與標準制定推動下，形成「自主研發 + 供應鏈創新」雙軌並進的產業格局，帶動效率與技術升級競逐。

中國電動車電機市場全貌 (2024-2025 年)

區塊	核心重點
市場現況	年銷量 1286.6 萬輛 (+35.5%) 市占率 40.9%，滲透率 49.4%
政策推動	GB/T18488:2024 新規上路 NEV 積分：2024 = 28%、 2025 = 38% 購置稅優惠：2024-2025 免稅、2026 起課稅
產業特徵	重整整合 + 價格戰持續
代表廠商	比亞迪 FinDreams 市占 27.7% 「電池 + 電機」一體化優勢 JJE Tier.1 技術突破 (200kW 3-in-1)
收斂趨勢	技術整合、供應鏈集中化 新舊雙軌並行

MIH 整理，2025/09

表格解讀

- 1_ 市場數據：**2024-2025 年中國電動車銷量突破 1,280 萬輛、滲透率逼近 50%，不只是數量增加，而是電動車從增量市場邁入主流市場的結構性轉折，意味著產業鏈配置、整車廠商業模式與競爭格局將全面重組。
- 2_ 政策節奏：**NEV 積分比例由 28% 到 38%，並配合 2026 起課稅，顯示政府策略從「強刺激」逐步過渡到「硬約束」，產業需提前調整成本結構。
- 3_ 技術與供應鏈：**代表廠商資訊凸顯兩種模式並存，FinDreams 依靠電池與電機一體化拉升市占，JJE 則以高功率 3-in-1 模組與 2 檔電驅嘗試切入國際市場，反映出中國供應鏈在內需壓力與全球化布局間的雙重博弈。
- 4_ 長期趨勢：**從「價格競爭」到「集中化」再到「雙軌化」（車廠自研 + 供應鏈創新），整體市場正在快速重組，優勝劣汰的速度將比過去更快。

歐洲

法規推動與技術創新 並行的成長引擎



歐洲電動車市場進入政策與產業雙重調整期。補貼退場與稅制轉向正考驗市場韌性，而基礎建設與供應鏈整合的長期布局，將成為推動綠色交通與能源轉型的核心關鍵。

歐洲電動車電機市場整體領先，但國別間差異顯著。根據國際能源署（IEA）《Global EV Outlook 2025》2024年歐洲新車市場中，含純電動車和插電式混合動力車的電動車滲透率約為20%，反映出歐洲作為全球主要電動車成長引擎的地位。不過，歐洲汽車工業協會（ACEA）的統計則顯示，同年度EU-27的純電動車（BEV）市占率僅有13.6%，低於歐洲整體平均，可見不同統計口徑與區域範圍有所差異。

至於歐洲各國的電動車發展，挪威依舊領跑全球，根據路透 (Reuters) 與 Electriva 在 2025 年 1 月初的報導，該國 2024 年純電車在新車銷量中的佔比達到 88.9%，驗證了高稅制、路權優惠與完善基礎設施三管齊下的政策效應。相比之下，作為歐洲最大汽車市場的德國，歐盟替代燃料觀察站 (EAFO) 以及 Best-Selling-Cars 在 2025 年公布的數據顯示，2024 年 BEV 市佔率僅 13.5%，明顯低於 2023 年的 18.4%。此下滑趨勢反映出補貼下修對需求的直接衝擊，也說明政策穩定性仍是影響市場發展的關鍵變數。

政策方面，歐洲電動車電機市場政策框架的目標明確、執行嚴格。歐盟已於 2023 年 2 月正式立法，確立自 2035 年起新登記乘用車須達成 100% CO₂ 減量目標，等同於新燃油車將全面退場，為產業的中長期投資與產品規格提供明確的硬性約束。

此外，歐盟《關鍵原料法》已於 2024 年 5 月 23 日正式生效，要求歐盟在 2030 年前至少 10% 的戰略原料需由本地開採、40% 由本地加工，並限制單一國家來源不得超過 65%，以確保供應韌性。

這項法規不僅影響材料選擇，更推動低稀土或無稀土技術方案成為政策共識，進一步引導了電機技術創新的方向。

歐洲市場的技術發展以「高效率與高功率密度」為核心方向，高階品牌率先驗證軸向磁通與新型電驅整合技術。Mercedes-AMG 已公開搭載 YASA 的 AFM (Axial Flux Motor, 軸向磁通電機) 新世代動力方案，並在柏林工廠啟動量產規劃。

AFM 雖然成本較高，但卓越的功率密度特性，不僅可提供高性能車型差異化優勢，也為未來技術普及奠定基礎。在量產層面，PMSM 依然是主流，IM 在部分車型中多作為輔助角色。例如 Volkswagen MEB 平台的車款，單電機版本以後驅為基礎，後軸搭載 APP310 或 APP550 的 PMSM；而在四驅車型中，前軸再輔以 IM，提供峰值輸出與抓地控制的彈性。

這種「永磁同步為主、感應為輔」的組合，不僅兼顧效率、成本與可靠性，也有助於複製使用，凸顯出歐洲在技術成熟化與大規模量產上的優勢。

知識小站 | MEB 平台驅動配置

Volkswagen 的 MEB 平台以後驅為基礎，標準版在後軸配置 APP310 或 APP550 PMSM；若升級為四驅車型，則於前軸額外搭載一具 IM，形成「後永磁+前感應」的組合。這種設計兼顧續航效率與高輸出彈性，並提升車輛的抓地力控制。

歐洲電動車電機市場全貌 (2024-2025 年)

區塊	核心重點	補充說明
市場現況	<p>電動車 (BEV+PHEV) 滲透率：約 20% (歐洲整體) EU-27 BEV 市占率：13.6%</p>	<p>歐洲整體領先， 但各國差異明顯</p>
國別差異	<p>挪威：BEV 占比 88.9%， 全球最高德國：BEV 市占率 13.5%， 較 2023 年的 18.4% 下滑</p>	<p>政策下修對需求衝擊明顯</p>
政策推動	<p>2035 零排放目標：新乘用車需達 100% CO₂ 減量 (燃油車退場)CRMA(關鍵原料 法)：2030 年前至少 10% 原料歐盟開採、 40% 歐盟加工，單一國家來源 ≤ 65%</p>	<p>法規明確， 長期約束產業方向</p>
技術特徵	<p>高效率 + 高功率密度為主旋律 Mercedes-AMG × YASA：AFM，功率密度提升三倍 Volkswagen MEB：PMSM 為主、IM 為輔， 兼顧成本與可靠性</p>	<p>展現「高階技術驗證 + 平台化量產」雙軌並進</p>
收束觀點	<p>歐洲屬於「法規驅動 + 高階驗證」 市場效率、低稀土與系統整合成為 政治任務與產品 KPI</p>	<p>對台廠啟示需以高功率密度、 低稀土材料與整合能力切入主流平台</p>

MIH 整理，2025/09



歐洲電動車市場發展不均，挪威以政策與基礎建設領跑，而德國因補貼退場導致市占下滑，凸顯政策連續性對需求的重要影響。

墨西哥

北美供應鏈外溢下的 電驅承接點



墨西哥憑藉美墨加協定與北美政策紅利，成為電動車電驅與電機在地化製造的重要承接點。

墨西哥電動車電驅系統市場正值快速成長階段。根據研究機構 imarc 統計，2024 年墨西哥 E-Axle（整合式電驅動軸；電機 × 減速機 × 逆變器一體化）的市場規模約達 6,000 萬美元，預估至 2033 年將成長至 2.86 億美元，2025 至 2033 年間複合年成長率約為 16.9%，顯示電驅總成需求正進入擴張期。

全球知名的傳動與動力技術供應商 BorgWarner，則在 San Luis Potosí 擴建並新建 eMobility 產線，整合式電驅 iDM 已實現在地組裝，並將產能擴展至電機與功率電子領域。全球汽車零組件龍頭之一的 ZF 集團在 Ciudad Juárez 擴大北美電動化產能投資，作為區域電動化零組件樞紐，涵蓋電動底盤與電控配套系統。

從需求端觀察，根據顧問公司 Prodensa 發布的《EV Automotive OEM Assembly Report》，2024 年墨西哥電動車產量約為 206,870 輛，2025 年預估可達 250,000 輛左右。該報告同時指出，供應鏈企業數量在 2025 年上半年已增至 439 家，為電驅與電機本體創造了本地採購基礎。

墨西哥電驅與電機產業布局，主要受到北美政策框架牽引，美墨加協定汽車原產地規則要求乘用車與輕型卡車的區域價值含量須達 75%，且對核心、主要及補充零件分別設定不同的

區域價值含量門檻與分級認定標準。此規定使電驅模組的北美供應占比必須提升，帶動供應商在墨西哥設廠或擴產，以滿足整車在北美免關稅出貨的條件。

美國通膨削減法案的潔淨車稅額抵減則規定，整車最終組裝須在北美進行，且對電池關鍵礦物與電池組件的北美或友岸來源設有遞增比率要求。此政策讓主機廠與一階供應商將 E-Axle、牽引電機及相關功率電子部署在北美更具經濟合理性，形成終端組裝與上游電驅在地化的連動效應。

就墨西哥本土政策工具而言，聯邦層級對外資車廠的現金補貼與特許措施近年轉趨審慎。自 2024 年起，聯邦政府對中國車廠投資誘因採取克制立場，包括暫停土地優惠與稅務減免，以回應美方對利用美墨加協定進入北美市場的疑慮，此舉改變了部分新進整車商與其上游電驅供應鏈的設廠談判條件。



在需求端稅務誘因方面，墨西哥近年公布加速折舊與成本扣抵等工具，對電動與油電混合車資產提供較高扣抵比率，作為推動電動化的配套措施。各州政府亦透過工業園區、土地使用與地方稅務減免等方案吸引電驅供應鏈進駐。

政策效果在產業面的反映已經顯現。主流一階供應商與日系電機大廠相繼宣布或擴充墨西哥 E-Axle 與電機產能，與北美平台對接。這些投資決策雖非單一補貼政策所致，但美墨加協定規則結合通膨削減法案組裝要求，提供了清晰的經濟誘因與關務確定性，促使電驅核心環節加速在地化。

墨西哥電驅與電機產業發展呈現製造樞紐定位與平台化集成的特徵。在供應鏈角色定位上，墨西哥並非以內需市場驅動電驅產業發展，而是作為北美供應鏈的製造承接點。大量出口導向車款在墨西哥生產，驅動上游電驅模組與電機環節必須同步在地化，使墨西哥電機產業呈現出口導向遠大於內需拉動的格局。在技術傾向上，產線投資多以 IPMSM

(Interior Permanent Magnet Synchronous Motor，永磁同步內嵌式電機)，因其效率與功率密度更符合北美市場需求，部分一階供應商導入扁銅線繞組技術與 800V 電驅架構，以支撐中高階平台的功率需求。相較於中國市場仍存在 IM 輔助應用，墨西哥的布局明顯傾向一體化 E-Axle 模組。

平台化導向方面，主機廠在墨西哥的工廠已逐步過渡到以模組化電動平台為核心的生產體系，要求供應商提供的電驅產品具備跨車型複用性，因此模組化設計、測試一致性與供應韌性成為競爭關鍵。

由於墨西哥主要承接北美出口需求，供應鏈競爭重點並非價格戰，而是成本控制與效率提升。當地供應商更重視製造效率、物流鏈銜接，以及與美國研發中心的協同合作，以符合原廠大規模交付需求。整體而言，墨西哥電驅產業呈現出口驅動與平台化供應的市場特色，定位與中國內需拉動及技術多元化發展模式形成明顯對比。



印度

內需拉動與 在地化加速中



印度乘用車電動化需求快速擴張，在地化製造與政策支持推動電機與電驅市場高速成長。

根據行業機構 MarkNtel Advisors 的報告，2024 年印度電動車電機市場估值約為 US\$ 0.898 億，預計在 2025-2030 年間的 CAGR 可達約 21.5%，其電機本體需求正受到乘用車、商用車，以及二輪與三輪車同步電動化趨勢的驅動。

在車型結構方面，印度二輪與三輪電動車市場的電機需求最為活躍，BLDC (Brushless DC Motor，無刷直流電機) 與 PMSM 在此領域比四輪車與重型車更早獲得採用與本地供應，電機外殼、線圈繞組、電線線束等零組件，當地供應鏈已具備一定落地能力。

在技術發展動向上，PMSM 因其較高效率與扭矩密度，在乘用車與高性能二、三輪車中獲得青睞。同時，成本敏感的低速應用與小功率車型中仍採用 BLDC 或較簡單型式。動力電子與控制器的在地化正逐漸興起，包括溫控管理、功率逆變器與電機控制模組等關鍵零件。未來若與電機本體整合更緊密，可降低成本並提升可靠性。

印度政府透過多項政策工具推動電動車電機產業在地化發展。2024 年 3 月通過的電動乘用車製造促進方案，要求申請企業於三年內設立製造設施，並在五年內達到 50% 國產價值比。此政策旨在鼓勵外資與本地車廠加速電動乘用車整車與關鍵零組件的本地化，包括電驅系統與電機。

印度政府透過多個生產連結誘因計畫，對電動車與零組件製造給予資金補助與關稅減免，包括電機、逆變器、功率電子等關鍵組件，提升本地供應鏈參與度。PM E-DRIVE 提供資金用於提升公共

交通電動化、充電基礎建設及製造業激勵；FAME II 則專注於二輪車、三輪車與電動巴士的購車補貼與技術標準化。這些政策使電驅電機零組件製造獲得需求端確定性與技術落地激勵。

地方政府與州政府工具形成重要補充。多個邦如馬哈拉施特拉邦提供土地、電力與稅務優惠吸引電機或電驅零組件製造業者，並透過工業園區或特殊經濟區搭配基礎設施改善來降低製造成本與物流成本。這些地方政策對電機本體以及模組化電驅系統的落地具有關鍵意義。

印度電動車電機產業的特徵在於多樣化車型需求與在地化製造壓力的交織。與中國、歐洲主要由乘用車驅動不同，印度的需求結構呈現二輪與三輪車為量、乘用車與巴士為質的局面。

在多車種拉動效應下，電動二輪車與三輪車占據電機需求絕大部分，對低成本、高可靠的中小功率永磁同步電機需求旺盛。而乘用車與巴士則推動中大功率電驅平台的開發，逐步導入更高效率的電機與控制器方案。

在地化製造要求日益嚴格。在中央與邦政府政策推動下，整車廠與一階供應商被迫提升電機與電驅模組的本地生產比例，帶動 Tata AutoComp、Mahindra Electric 等本地企業切入電驅系統領域。

供應鏈特徵呈現雙軌發展模式。全球廠商如博世、日立能源、采埃孚等已在印度建立電驅與電機工廠或合資公司，形成跨國技術結合在地製造的模式，既滿足政策國產價值比要求，也承接乘用車平台電機升級需求。市場挑戰主要來自極高的價格敏感度。低價二輪與三輪車市場常壓縮電機設計空間，導致廠商必須在成本、效率與可靠性之間找到平衡，這也成為在地廠商和跨國供應商競爭的核心焦點。

在指標性廠商布局方面，Tata AutoComp Systems 作為塔塔集團旗下汽車零組件大廠，已與多家國際電驅技術供應商合作，在印度建立電機與電驅模組製造能力，特別在電動巴士與乘用車平台上提供整合式驅動解決方案，成為在地化供應鏈的核心企業。

Mahindra Electric Mobility 是印度最早投入電動車的車廠之一，其電驅系統逐步向自研自製推進，特別在電動三輪車和輕型商用車市場累積大量經驗，並將永磁同步電機與電控技術模組化，提升在低價市場的競爭力。

博世印度在邦加羅爾設有電動車技術研發與製造中心，為印度市場提供 PMSM

與電驅控制器，同時出口部分模組至其他新興市場，成為跨國技術結合在地製造的典型案例。

ZF 集團位於印度的子公司 ZF India 已在浦那建立電驅動系統工廠，主攻乘用車與巴士的電驅平台，並結合全球經驗推動高效率電機與逆變器的量產，鎖定印度未來的中高階市場。

印度電動車電機市場的特殊性在於其以二輪與三輪車為量、乘用車與巴士為質的多層次需求結構，使得市場對電機技術的要求呈現低成本與高效率並存的張力。政策方面，生產連結誘因與電動乘用車製造促進方案等對本地化比例的硬性規範，正快速塑造必須在地製造的產業格局，也吸引跨國供應商與本地企業建立合資與合作模式。

對於市場參與者而言，印度市場的挑戰在於價格敏感與政策依存，但同時也是全球少數能在短期內累積龐大二、三輪電機量能的舞台。能夠在低價市場維持可靠性，又在乘用車與巴士平台導入高功率密度電驅方案的廠商，將在這個量大且政策支持強勁的市場中取得長期優勢。

日本

效率工程與供應鏈韌性 驅動的電驅策略



日本透過 HEV 與 BEV 並行策略，搭配 SiC 逆變器與高效率電機技術，逐步推進電動車普及與供應鏈韌性。

日本電動車電機市場正處於漸進擴張階段。IMARC Group 的市場研究數據指出，2024 年日本 E-Axle 市場規模約達 2.95 億美元，2025 至 2033 年間預估複合年成長率為 17.2%，顯示在 HEV 長期主導基礎上，BEV 與 PHEV 逐步推進，帶動電機與電驅總成需求的擴張。

日本市場的發展，與其獨特的政策定義緊密相連。該國政府規劃 2035 年達成「新車 100% 電動化」目標，涵蓋 HEV、PHEV、BEV 與燃料電池車，與歐美聚焦零排放車的策略不同。政策設計一方面確保 HEV 持續占有一席之地，另一方面透過 CEV 補助與供應鏈強韌化措施，推動主機廠與供應商在電機與功率半導體的在地布局。特別是 SiC 功率元件被視為關鍵節點，DENSO 與三菱電機分別對上游材料商展開投資與長約合作，藉此確保電驅逆變器小型化與高效率化的路線能持續推進。

在技術面，日系廠商普遍採取高效率 IPMSM 加 SiC 逆變器的組合，並朝三合一 E-Axle 發展。其中 Toyota 陣營旗下的 BluE Nexus 與 Aisin、DENSO 已量產 150kW 與 80kW 級別電機，對應 bZ4X 與其他跨品牌平台車型；日產透過 JATCO 開發多速 e-axle，以滿足小型車與商用車對起步扭矩與高速效率的雙重需求。另一方面，稀土減量化技術也成為核心議題，Toyota 早在 2018 年便推出免 Tb/Dy 的耐熱磁體，降低重稀土依賴，成為日本在供應鏈安全上的重要差異化。

產業特徵上，日本電機市場的基調仍以 HEV 為本，形成「效率優先、成本漸進」的工程文化。整車廠與一階供應商

之間普遍採縱向整合，但同時透過策略聯盟與外購合作，因應不同車型需求。Honda 部分車型直接採用歐系供應商如 Vitesco 的 E-Axle，並在美國建立在地產線，以配合出口市場需求；而日立 Astemo 與 Nidec 則各自開拓不同市場路線，前者鞏固在日系整車供應鏈的地位，後者則透過中國量產體系的成本優勢積極搶占海外訂單。

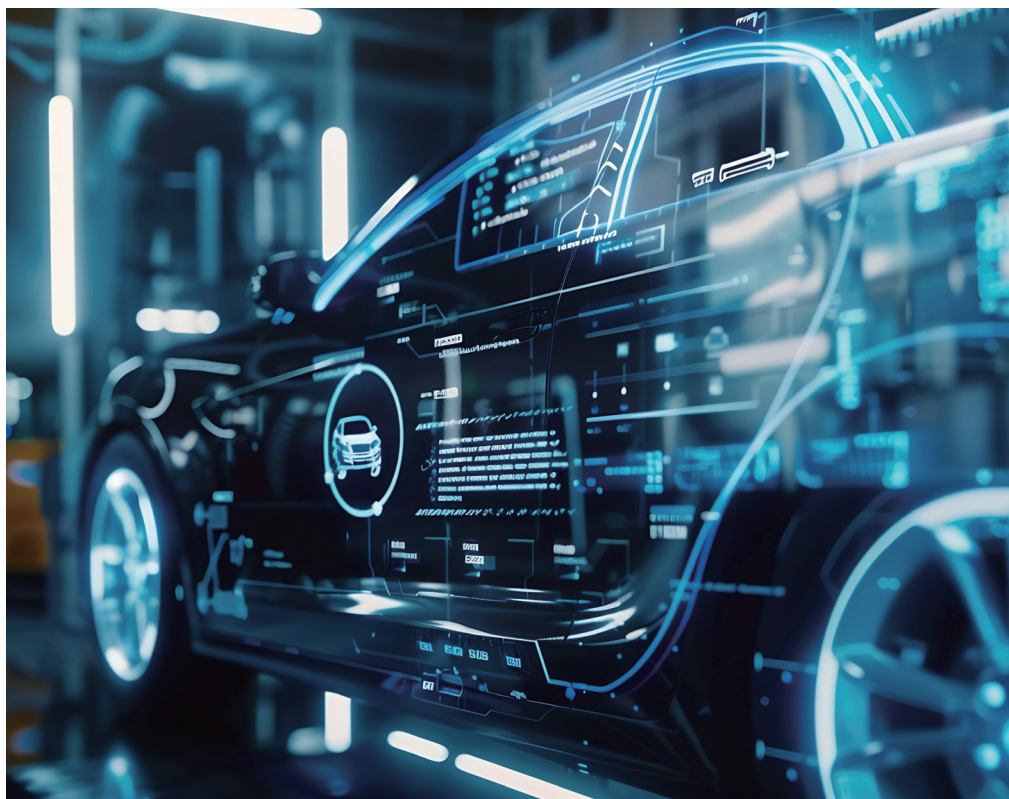
從供應鏈觀察，日本電機與電驅發展呈現出「政策牽引+技術迭代+治理挑戰」三重特徵。政策面確保了 HEV 與 BEV 並行的需求基礎，技術面聚焦於高效率電機、SiC 逆變器與模組化 E-Axle 設計，而產業層則面臨來自中國市場的價格戰壓力與治理風險挑戰。近期 Nidec 的財務與治理問題，凸顯日本供應商在全球擴產過程中必須更加注重財務紀律與供應鏈柔性，以避免在激烈競爭中失去韌性。

整體而言，日本電動車電機市場以「效率工程」與「供應鏈韌性」為核心特色，透過 HEV 的需求橋接，逐步推進至 BEV 與高壓化架構。這種由漸進式政策、技術精益化與產業穩健治理共同塑造的模式，與中國快速規模化、歐美激進零排放車輛（ZEV）導向形成鮮明對比，展現日本特有的電驅發展路徑。

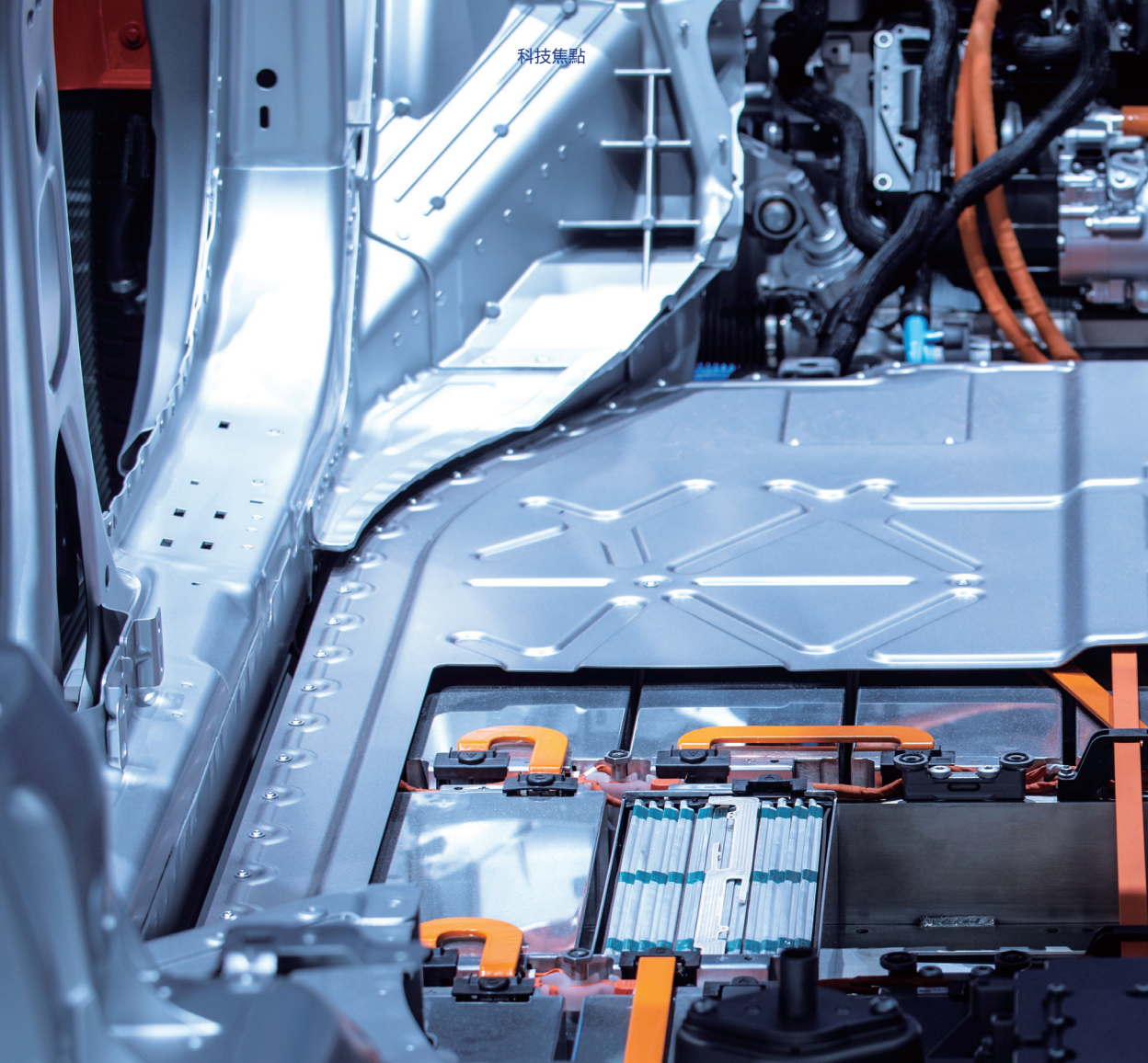
結語： 多軸格局下的策略調整

全球電動車電機市場已進入「多軸並行」的新局面。中國以龐大內需與政策驅動形成規模化優勢，歐洲透過嚴格法規與技術驗證引導高效率與低稀土化；墨西哥則承接北美政策紅利，成為在地製造樞紐；印度內需龐大且政策要求本地化，快速拉動二、三輪電機需求；日本則以效率工程與供應鏈韌性形成獨特路徑。

對台灣供應鏈而言，這意味著必須從「雙市場雙策略」升級為「多市場差異化」：在不同地區依據規模、技術、政策或成本條件，調整產品與合作模式。唯有能在多軸格局下靈活應對、建立跨市場協同優勢的企業，才能在下一輪全球產業洗牌中穩健站位。▲



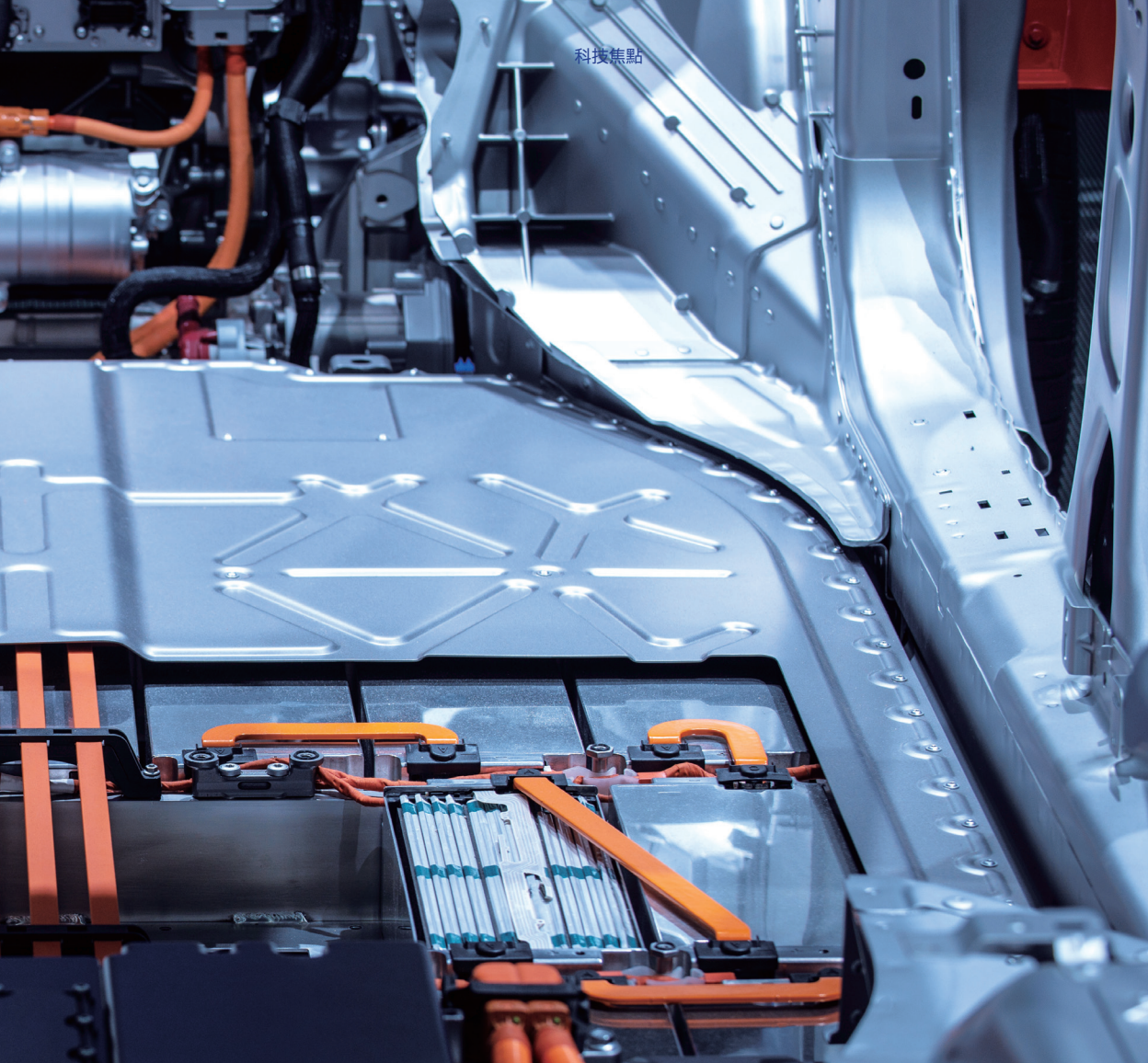
全球電動車電機市場進入多軸並行的新局面，區域政策與需求差異驅動多元路徑，供應鏈必須靈活調整策略以掌握競爭優勢。



科技焦點

驅動未來核心技術

電動車電機演進與
台灣契機



隨著全球電動車市場快速發展，驅動電機技術已成為決定車輛性能、續航力與成本競爭力的關鍵因素。

從早期 Tesla 採用的 IM (Induction Motors, 感應電機)，到當前主流的 PMSM (Permanent-Magnet Synchronous Motor, 永磁同步電機)，再到新興的 AFM (Axial Flux Motor, 軸向磁通電機) 技術，各類電機方案在乘用車與商用車市場中展現不同的技術特色與應用優勢。

需求牽引： 從工業到電動車的技術轉向

電機技術的演進始終緊扣需求的變化。IM 自 19 世紀末問世以來，憑藉結構簡單、成本低與可靠度高的特性，長期主導工業與家電應用。即便在今日，IM 在美國工業市場仍維持約 63.4% 的市占率。

不過，隨著電動車對高效率與高功率密度的強烈追求，驅動系統的設計重點已經出現明顯轉向，PMSM 以效率與功率密度的優勢成為主流；AFM 則憑藉扁平結構與更高的功率密度，逐漸切入高性能或空間受限的車型；EESM

(Electrically Excited Synchronous Motors，外激式同步電機) 因無需依賴稀土磁材，在少數車廠中實現量產，呼應供應鏈自主化的需求。

在工業與家電領域，PMSM 也逐步取代部分 IM，特別是在高效率或需要變頻控制的場景，如高效能空調與伺服電機。至於 AFM，雖然在傳統工業應用仍屬小眾，但其結構優勢與性能潛力，已讓它在航太與高階機械等特殊應用中嶄露頭角。

科普補充

影響電機效能的三大關鍵

電動車的加速表現與續航效率，取決於電機的整體設計與協同表現：

- 1 磁場控制精度：磁場切換越精準，能量轉換效率越高。
- 2 散熱與冷卻設計：有效降溫可維持高效率運轉並延長壽命。
- 3 驅控整合能力：電機需與驅動器、電池管理系統協同運作，達成最佳輸出表現。

電機發展簡史

電機的歷史可追溯至 19 世紀。1820 年丹麥物理學家奧斯特 (Hans Christian Ørsted) 發現電流與磁場之間的關係，為電磁運動奠定基礎。1821 年，法拉第 (Michael Faraday) 實驗出最早的電動旋轉裝置，被視為電機的雛形。19 世紀中期，美國的直流電機 (DC Motor) 首先商業化，廣泛應用於工業與交通領域。1888 年，義大利科學家 Tesla (Nikola Tesla) 發明交流 IM (AC Induction Motor)，憑藉結構簡單、耐用可靠的特性，迅速成為工業驅動的主流，並延續至今。

20 世紀後期，PMSM 因效率高、體積小而逐漸普及，尤其在家電與高效能工業設備中取代部分 IM。進入 21 世紀，隨著電動車崛起，電機技術迎來新一波突破，AFM 與 EESM 等新興架構逐步走向應用，反映出效率、功率密度與供應鏈安全的多重需求。

電動車電機演進格局 效率主流、性能突破與多軌並進

IM 在電動車發展初期曾經扮演關鍵角色。Tesla 2012 推出的 Model S 車型採用的 ACIM，就是具代表性的案例。IM 的優勢在於成本低、無需稀土磁體，因此在政策敏感或成本導向的市場特別合適。

然而，隨著續航里程成為電動車市場競爭的核心指標，IM 效率與能耗表現限制了其發展空間。如今，IM 大多退居至輔助角色，常見於四驅車前軸的「峰值 / 瞬時」配置，在瞬時高扭矩需求下提供額外輸出。

IM 的退場，正好凸顯出 PMSM 的崛起。根據最新資料，這類電機在電動車市場依舊穩居主流。IDTechEx 指

出，2015–2022 年間市占率穩定維持在 75% 以上；市場研究機構 Mordor Intelligence 也披露，在電動車控制器市場中，其占比達到 58.43%，凸顯在驅動整合上的優勢。

整體而言，該技術不僅在市占上具有高度主導性，市場規模與成長潛力也同步展現出持續壟斷的發展軌跡。憑藉高效率、高功率密度與優異的續航表現，PMSM 已成為當前的主流方案，而且它並未止步於既有優勢，透過 Hairpin 繞線、油水混合冷卻等創新設計，不斷推升功率密度與可靠性，這也是 BMW、比亞迪以及 Volkswagen MEB 平台等主流車廠，都選擇此技術作為驅動核心的主因。

知識小站 | Hairpin 繞線是什麼？

Hairpin 繞線是將扁平銅線彎折成「髮夾狀」並插入定子槽，再以焊接連接形成線圈。與傳統圓線繞組相比，它能增加占槽率、降低電阻損耗，並提升電機的功率密度與效率，因此成為新一代 PMSM 的關鍵設計。

不過 PMSM 雖占據了主導地位，市場仍在尋求更高功率密度與更靈活的設計方案，AFM 就是其一。AFM 的功率密度可達 PMSM 的 2 至 3 倍，加上結構扁平，使其特別適合應用在高性能車款或平台化架構中空間受限的場景。目前 Mercedes-AMG 已率先導入 YASA AFM，歐洲新創 Traxial 也推出雙轉子設計，這家來自比利時的新創

公司，專注於軸向磁通電機的研發，並以雙轉子單定子設計為核心特色，藉此大幅提升扭矩與功率密度，同時兼顧量產可行性。

不過，AFM 在具備優勢的同時，也面臨製造難度與供應鏈成熟度不足的挑戰，就此來看，AFM 在短期內仍難以取代 PMSM 的主流地位。

知識小站 | AFM (Axial Flux Motor, 軸向磁通電機) 與 RFM (Radial Flux Motor, 徑向磁通電機) 的差異

RFM 是目前最常見的結構，磁通由中心向外輻射；AFM 則讓磁通沿軸向流動，路徑短而簡單，可降低鐵損，在相同體積下實現更高功率密度。扁平結構也讓 AFM 更適合空間受限的電動車平台。

除了性能取向的技術演進，供應鏈安全也是電機發展的重要驅動力。在稀土材料議題日益敏感的背景，EESM 走出另一條技術路徑，轉子以線圈繞組取代磁鐵，並透過外部電流產生激磁磁場，因此能避免對稀土磁材的依賴。EESM 的商業化，不僅回應了產業對「供應鏈自主化」的迫切需求，也與 AFM 的性能突破、以及 PMSM 的技術深化，共同

勾勒出電動車電機發展的多元格局。從技術選型的策略考量來看，各電機技術的選擇並非單一路線，而是取決於車型定位。追求性能與續航的高階車型，有可能傾向採用 AFM，注重成本與成熟度的大眾車款，則偏向 PMSM；IM 已退居次要位置，僅在少數輔助或成本導向的應用場景出現。



電動車的發展已超越單一技術競逐，從性能、成本到供應鏈安全，皆成為系統設計的重要考量，展現產業朝向永續與自主化邁進的趨勢。

乘用電動車電機 應用案例分析

豪華電動車品牌積極導入先進電機技術，以鞏固性能優勢並提升市場競爭力。Mercedes-AMG 正在將 YASA AFM 導入高性能電動車。此類電機採「無機座、分段定子 (Yokeless & Segmented Armature)」與「雙轉子夾置單一定子」拓撲，具備極高功率密度與緊湊封裝，能在有限空間內榨出更高輸出。AMG 近期公開的 GTXX 概念車即配置三具 YASA AFM，作為 AMG.EA 平台的技術展示，預示未來量產車型的應用前景。

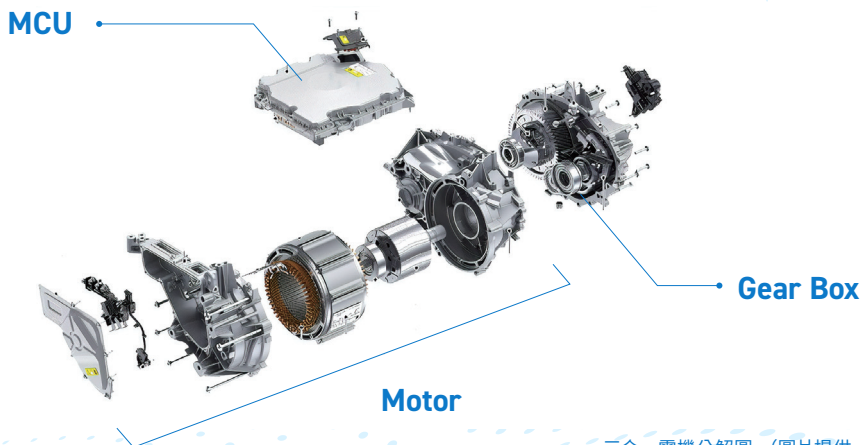
Lucid Air 則採用高效率徑向磁通永磁電機，並透過 wave winding (波形繞組) 與直噴油冷散熱等創新設計，實現極高功率密度與優異熱穩定性。在 Dream Edition 車型中，提供兩種不同版本：Range 版本強調長續航，EPA 認證達 520 英里；Performance 版本則專注性能輸出，馬力超過 1,100 hp，展現豪華電動車兼顧續航與性能的雙重實力。

相較之下，大眾車市場更強調成本與效能的取舍。Tesla 採用混搭方案，Model 3/Y 後軸配置 IPM (Interior Permanent Magnet Motor，內嵌式

永磁電機)，前軸搭載 IM，在多工况下兼顧效率、成本與可關斷前軸空轉的能耗優勢。比亞迪的 e-Platform (含 3.0/3.0Evo) 則以 PMSM 為主，部分 AWD 車型以前軸 IM、後軸 PMSM 的組合 (如 Seal)，並藉模組化設計與規模經濟有效壓低成本。中國自主品牌如上汽 MG、廣汽 Aion 也普遍以 PMSM 為核心，結合自研電控系統，在性能與成本之間取得平衡。

除了 PMSM 與 AFM 之外，無稀土結構的 EESM 也在乘用車市場展現實績。BMW 與 Nissan 就將此結構之一的 EESM 導入量產車，成為車廠降低對稀土依賴的選項之一。EESM 在市場滲透率上雖仍屬少數，但由於能在維持主流水準性能的同時，降低對稀土的依賴，為車廠提供供應鏈彈性，因而成為乘用車電驅技術多元化的重要一環。

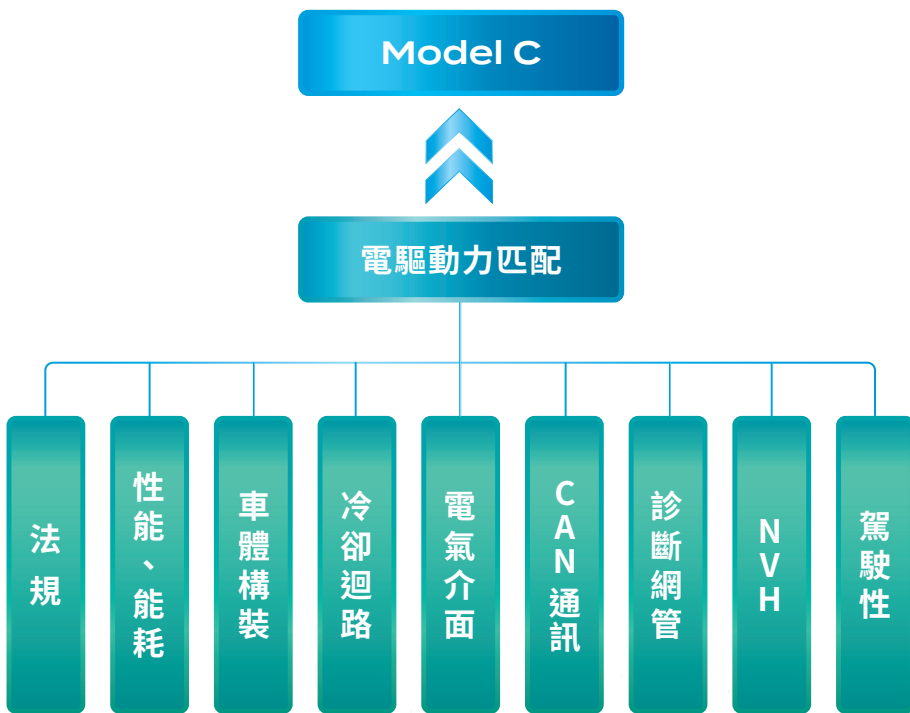
在此脈絡下，鴻華 Model C 的電機設計則展現另一種路徑。它採用高度整合的三合一架構 (Motor + Gear Box + MCU)，搭載永磁同步電機，在高扭矩、高效率與輕量化之間取得了良好平衡。



三合一電機分解圖。(圖片提供：鴻華)

在電機設計上，Model C 採用內嵌式永磁體，使電機直徑更小、功率密度更高，同時降低了轉動慣量。其鐵芯則以厚度僅 0.25mm 的矽鋼片層疊而成，能有效減少渦流損耗，進一步提升效率。繞組設計部分採用 Hairpin 扁線繞組，相較於傳統圓銅線，導體填充率提升約 20%，使電機體積縮小 15-20%，銅損降低，最高效率增加約 1%，並且具備更佳的散熱性能。冷卻設計則結合油冷與水冷模式，透過噴油、中空軸與油冷卻器進行熱交換，有效將定子與轉子產生的熱能帶走，避免因高溫造成繞組絕緣下降或永磁體退磁。

在動力傳輸方面，Model C 採用二級齒輪減速設計，以兼顧車輛的加速性與最高車速。齒輪經過微修型與細高齒設計，確保齒印嚙合的精度，同時降低傳動誤差與噪音。控制核心則是 MCU，其在扭矩控制模式下，每秒可進行高達 500 次的扭矩計算，0-90% 峰值扭矩響應時間小於 25 毫秒，全轉速範圍內的扭矩控制精度更可維持在 $\pm 3\text{Nm}$ 或 $\pm 3\%$ 以內，讓動力輸出能完全契合駕駛者的期待。



電驅動力匹配架構圖。(圖片提供：鴻華)

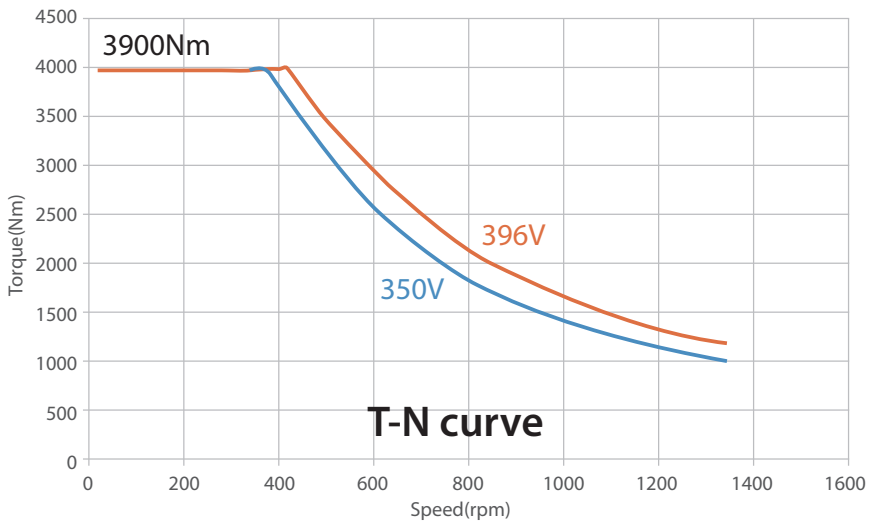
註：CAN (Controller Area Network, 控制器區域網路)

NVH (Noise, Vibration and Harshness, 噪音、振動與乘坐品質)

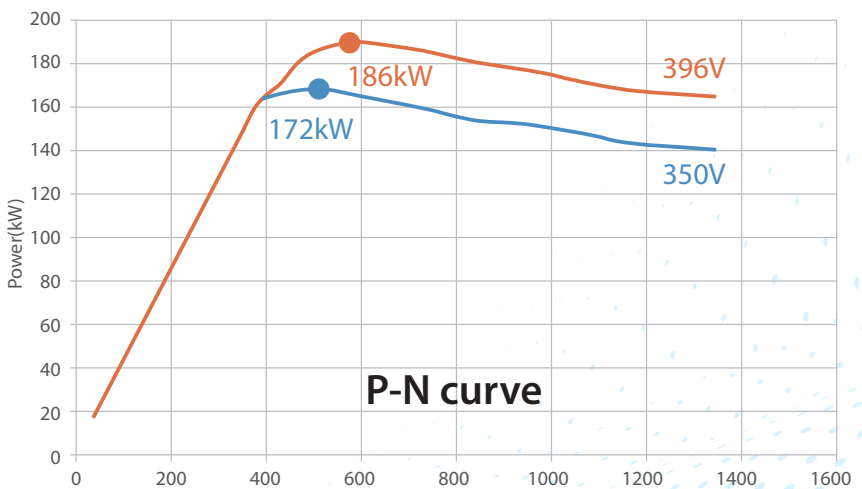
Model C 電機設計的車輛應用

在車輛應用上，Model C 的電機設計充分考量了法規、市場需求與駕駛性 (Driveability)。±3% 以內，讓動力輸出能完全契合駕駛者的期待。性能方面，電機峰值功率分別可達 172kW 與

186kW，峰值扭矩達 3,900Nm，後驅車型 0-100kph 加速僅需 6.9 秒，雙電機四驅版本更快至 3.8 秒，展現強勁的動力表現。



電機峰值扭矩曲線圖。(圖片提供：鴻華)



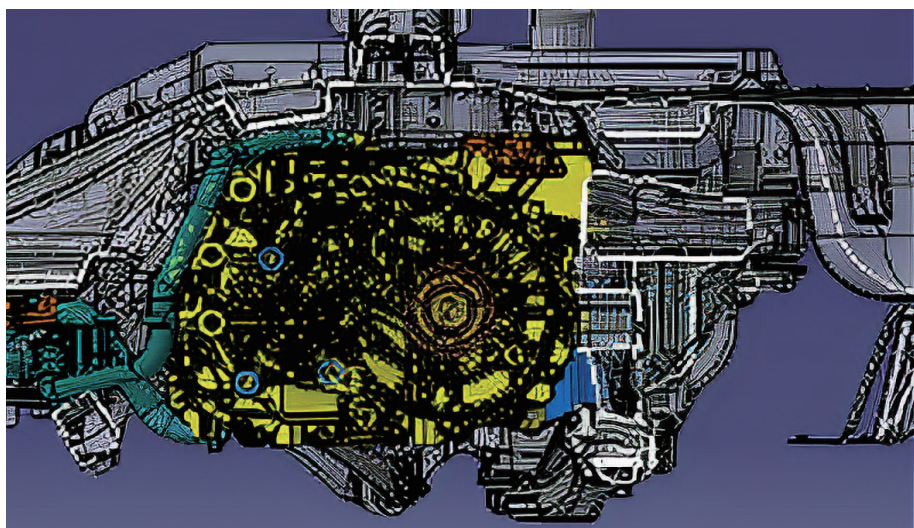
電機峰值功率曲線圖。(圖片提供：鴻華)

效率與續航上，憑藉高效率電機、再生制動回收以及車體低滾阻設計，Model C 搭載不同容量電池時，NEDC 續航里程分別可達 505 公里與 711 公里，超越同級車表現，顯著降低消費者的里程焦慮。

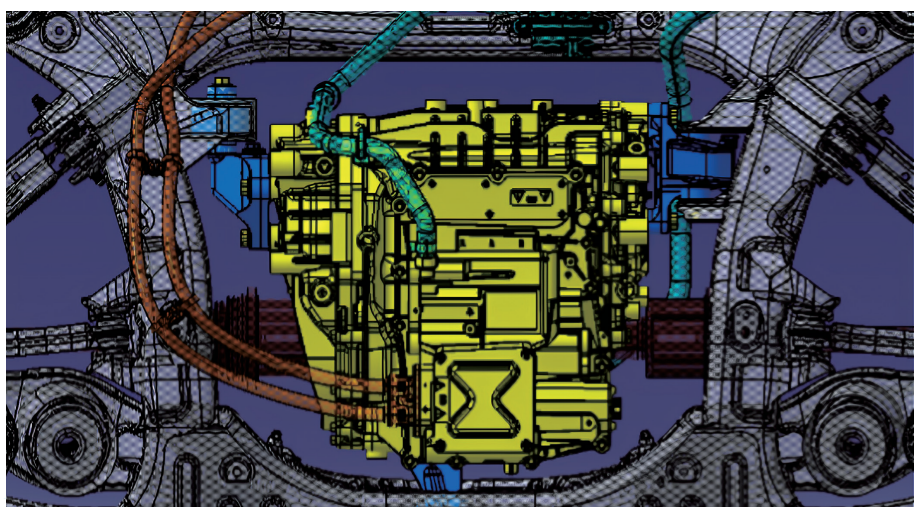
此外，Model C 的設計亦兼顧電機與車體搭載的匹配性。電機體積與重量會影響底盤布局與碰撞安全，因此在設計時特別確保與周邊零件保持適當間隙，以避免在加減速、轉彎或顛簸路面行駛時發生干涉。

懸置系統則針對電機的質心慣性矩與轉動件慣性進行設計，提升振動與噪音控制。冷卻系統則依據整車設計需求，精準回饋水量與溫度限值，確保不同駕駛模式下均能維持最佳效能。

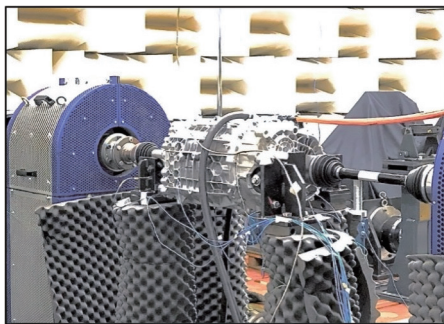
在電氣與通訊介面上，Model C 完成了高低壓線束、接頭規格與鎖點設計，確保訊號與動力傳輸的精確性，同時與 VCU (Vehicle Control Unit，整車控制單元)、BMS (Battery Management System，電池管理系統) 及車載網路保持良好溝通，具備故障履歷記錄、OTA 遠端更新與診斷功能。



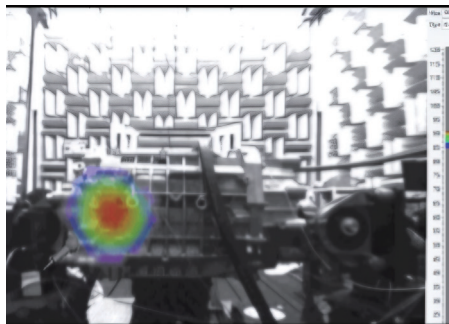
電機與車體匹配左視圖。(圖片提供：鴻華)



電機與車體匹配上視圖。(圖片提供：鴻華)



電機與振動噪音實驗室設施圖。(圖片提供：鴻華)



音源顯像儀試驗結果圖。(圖片提供：鴻華)

NVH 表現方面，工程團隊針對齒槽轉矩、轉矩波動、轉子動平衡以及齒輪噪音進行實車調適，最終使 Model C 的靜肅性表現優於同級車，靜肅性代表的不只是安靜，更是一種穩定與高質感的行駛體驗，提供駕駛更加的舒適感。

為確保耐用性與全球市場的適應性，Model C 經過極端環境測試，包括酷暑 50°C、酷寒 -40°C 與寒帶耐腐蝕實驗，證明其長期使用的可靠性。最後，在駕駛性 (Driveability) 方面，開發團隊透過台架測試與多路況實車驗證，確保動力輸出順暢、扭矩反應即時，並抑制起步抖動，同時兼顧動能回收的平順性，

讓駕駛者能在各種路況下都獲得自然、符合期待的駕駛感受。

整體而言，鴻華 Model C 的電機設計不僅展現了三合一高度整合架構的技術優勢，更在性能、效率、續航與駕駛體驗上達到全面提升，成功打造出符合市場期待的智慧電驅方案。

綜合來看，電機的選型與調校匹配並非單一決策，而是需要在法規、成本、市場需求與工程實作之間進行取舍。透過模擬分析與系統化驗證流程，Model C 成功在性能、能耗、NVH 與駕駛性之間達成平衡，展現出優異的電動車整體產品力。

乘用電動車電機市場定位 × 技術選型對照表

市場區隔	代表品牌／車型	採用電機類型	技術亮點	主要訴求
豪華高階	Mercedes-AMG GTXX、Lucid Air	AFM、高效徑向磁通永磁電機	YASA 環形繞組、wave winding、直噴油冷	高功率密度、極致性能、長續航
大眾車	Tesla Model 3/Y、BYD Seal、上汽 MG、廣汽 Aion	IPM + IM、PMSM	混搭方案、模組化平台	成本效能平衡、規模經濟
新興方案	BMW、Nissan	EESM	無稀土結構、外部激磁	供應鏈安全、稀土替代

MIH 整理，2025/09

商用電動車電機 應用案例分析

與乘用車相比，商用車更重視扭矩輸出、耐用性與 TCO (Total Cost of Ownership, 全生命週期成本)。公車與物流車運行模式相對固定，續航與快充固然重要，但可靠性與長期運行效率才是優先考量。由於需承載重物或頻繁啟停，商用車對低速扭矩與過載能力要求特別高；同時使用年限更長，業者更在意維護成本與故障率。

國際案例方面，在中國電動公車領域，宇通客車大規模採用 PMSM，強調可靠性與維護便利，並透過與供應商合作建立完整的技術規範與供應體系。歐洲部分，各大商用車與公車製造商展現出多元的電機技術路線。瑞典貨車與公車製造商 Scania 採用 PMSM 搭配多速變速箱，在起步與爬坡時可釋放高扭矩，在長途高速巡航時則能維持高效率，展現出兼具高功率密度與高扭矩輸出的優勢，非常適合重載長途運輸。

該公司同時也測試過結合擴展續航的解決方案，但核心驅動仍以 PMSM 為主。需要注意的是，與乘用車多半採用單速減速齒輪箱的趨勢不同，多速變速箱主要出現在重載商用車或部分高性能電動車，屬於針對特定需求的設計選項。Volvo Trucks 也以 PMSM 為主要技術，並在部分車款上引入 IM

作為輔助。Renault Trucks 的策略同樣以 PMSM 為核心，並依車型定位配置單顆或雙／三顆電機。

德國知名商用車輛製造商 MAN Truck & Bus (MAN) 旗下的全能型卡車 MAN Lion's City E 系列，則採用中央電驅動電機 (Central Motor)，雖未有資訊明確指出電機類型，但歐洲電動公車中常見的類型是 PMSM 或 IM，單節公車通常配置一顆中央電機，關節式公車則採雙電機組合，確保長期營運下的效率與穩定性。

來自波蘭的商用車大廠 Solaris，以城市巴士與電動巴士見長，其 Urbino 系列展現了不同思路，主要採用 IM，並提供中央電機或 ZF AVE130 輪轂軸電機方案這種設計兼顧成熟度與維護便利性，讓車隊能依據不同的營運模式選擇中央或輪轂電機驅動。

整體而言，歐洲商用車市場在電機選型上呈現多樣化格局：重卡普遍偏好 PMSM，以滿足長途運輸對高功率與高效率的需求；而城市公車則在 PMSM 與 IM 之間各有應用，取決於營運商對成本控制、維護便利性與技術成熟度的考量。

商用電動車電機市場定位 × 技術選型對照表

市場區隔	代表品牌 / 車型	採用電機	技術特色	主要訴求	應用優勢	商業表現
中國 電動公車	宇通客車	PMSM	大規模量產、 可靠性高	建立完整 供應鏈	成熟方案、 成本優勢	穩居中國市佔 龍頭
歐洲 重卡	Scania	PMSM+ 多速變速箱	高功率密度、 長途續航	重載長途 需求	適合長距離 應用	已投入長途與 物流
歐洲 重卡	Volvo Trucks	PMSM+ 部分採 IM	2-3 電機組 合、12 速 iShift	長途效能、 兼顧續航	強適應性	FH/FM Electric 已量產
歐洲 卡車 / 公車	Renault Trucks	PMSM	單顆或雙顆 配置	靈活佈局、 多車型共享	可因應 多場景	E-Tech 系列滲 透率提升
歐洲 公車	MAN Lion's City E	PMSM 或 IM	單顆設計、 長期營運驗證	維護方便	提供穩定 解決方案	已投入多國公 車案例
歐洲 公車	Solaris Urbino 系列	IM/ZF AVE130 軸電機	中央或輪邊 驅動	成本效益、 維護方便	多元應用 場景	歐洲市占高， 為代表性品牌

MIH 整理，2025/09



電動公車等商用車更注重低速高扭矩與長期運行效率，PMSM 結合多速變速箱的應用，正逐步成為可靠且高效的主流解決方案。

台灣電機產業契機 乘用車靠技術延伸 商用車憑藉務實落地

對台灣而言，乘用車與商用車兩大市場分別代表不同的切入契機。乘用車領域競爭激烈，高階品牌追求極致性能與創新架構，大眾車廠在效率與成本間尋求平衡，新興方案則凸顯供應鏈安全的重要性。此一產業格局雖使台灣難以在整車品牌競爭中直接切入，但也正好凸顯了本地廠商在工業電機與電力電子上的技術累積優勢。

台灣具備穩定製程、可靠性高與模組化設計的能力，可在 Tier-2 或 Tier-3 供應鏈環節發揮作用，協助國際車廠降低成本或提升系統整合度。未來更可透過與國際 Tier-1 廠商合作，參與關鍵零組件共研計劃，或以技術授權模式輸出自有專利，進一步放大技術價值。

在商用車領域，機會更為務實可行。由於商用車市場規模雖不如乘用車龐大，但需求相對穩定，且車隊經營者高度重視耐用性與全生命週期成本，這正符合台灣廠商擅長於品質控管與系統整合的優勢。例如東元電機已在電動公車與商用車動力系統累積量產經驗，展現台灣技術落地的可行性。

未來若能深化模組化設計、強化耐用性，並與國際車廠或系統商建立長期合作，台灣業者不僅能在中低階乘用車市場找到切入點，也能在商用車細分領域打造專屬的技術壁壘。特別是在電動公車電機設計、物流車動力模組等應用場景，若能結合專利布局與獨有技術，將有望形塑難以取代的市場地位，進而提升在全球供應鏈中的話語權。



隨著電動車普及加速，充電基礎設施成為產業競爭與政策布局的核心。台灣正以系統整合與電力電子技術優勢，推動高效率、智慧化充電網絡，為電動交通生態奠定關鍵能量基礎。

電機技術的關鍵挑戰 散熱、材料與系統整合三角平衡

高功率密度電機設計的首要挑戰在於散熱。液冷與空冷各有優劣：液冷效率高，但系統複雜度與成本隨之增加；空冷結構簡單，卻受限於散熱能力。近年出現的油水混合冷卻提供新的解決思路。部分廠商更進一步採用直接油冷技術，讓冷卻油直接接觸繞組，大幅提升散熱效果，但同時也對密封設計與材料相容性提出更嚴苛要求。散熱挑戰帶出的核心問題，不僅是冷卻本身，而是材料與結構能否承受長期高負荷的環境。

也因此，材料的限制成為電機發展的另一關鍵。稀土供應的不確定性，推動業界尋求替代方案，如 EESM 與低稀土 PMSM。挑戰不僅來自供應鏈風險，還包括高溫下磁材退磁的可靠性。對此，業界積極投入新型磁性材料研發，包括釹鐵硼的高溫改良與鈔鈷磁材的應用，以維持性能表現。同時，稀土回收再利用技術也逐漸成熟，為資源永續提供了新的路徑。然而，即使在材料層面找到解方，如何將其與電機設計與電控策略結合，仍是決定最終性能的關鍵。

知識小站 | 什麼是電控策略？

電控策略是電機的「智慧大腦」，負責決定電機在不同情境下如何運轉。涵蓋扭矩控制、效率優化、熱管理、多電機協同與能量回收等面向，直接影響電動車的性、續航與駕駛體驗。

電機技術的另一突破是不再依賴單一組件，而是仰賴整體系統的協同。MCU (Motor Control Unit, 電機控制器) 結合 SiC (Silicon Carbide, 碳化矽) 功率元件，已證明能有效提升效率與功率密度。但要真正發揮優勢，電機、電控、

冷卻與機械結構必須一體化設計。透過模擬與實測驗證，廠商能在設計階段就平衡散熱需求、材料限制與整體架構，最終縮短開發週期並降低成本。這種跨領域的整合，正是電機產業邁向下一階段競爭力的核心。

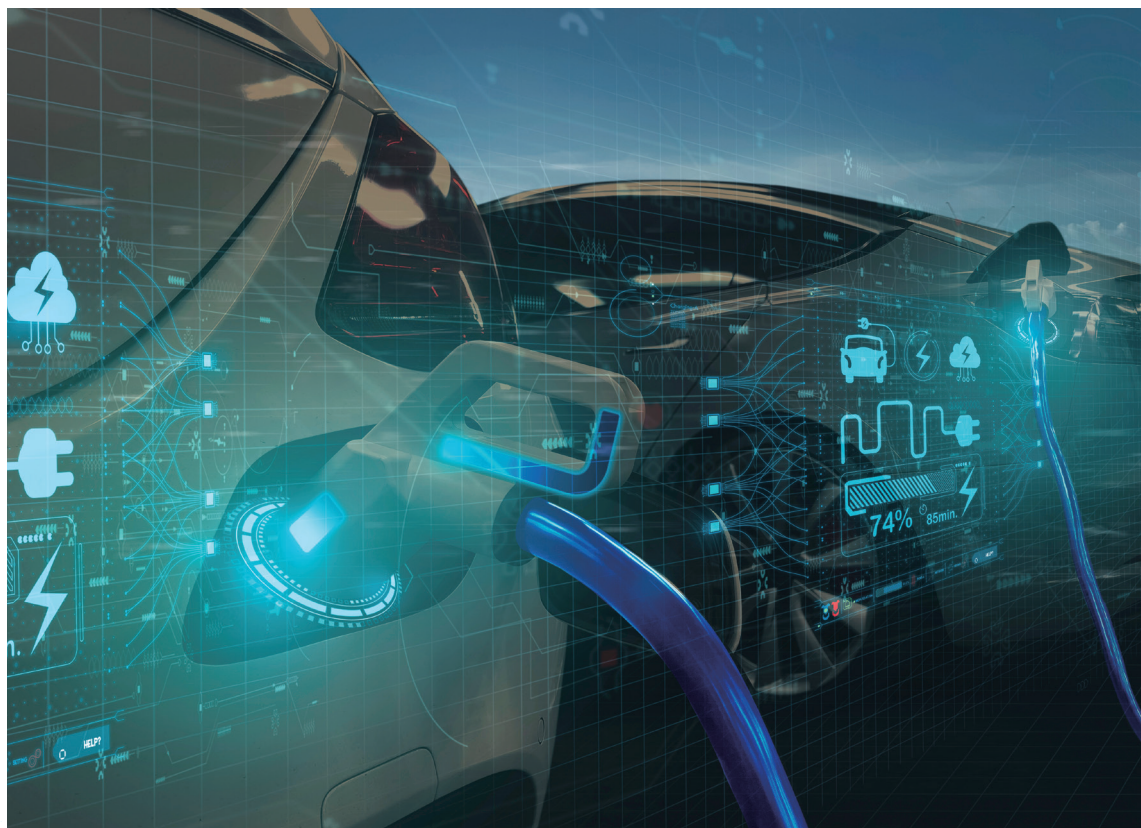
電機技術轉折帶來新契機 台灣從供應鏈參與到國際再定位

電動車的崛起加速了電機技術的進化，也讓高效率、高功率密度成為產業共通的核心追求。PMSM 憑藉成熟度與穩定性，短中期仍將穩居主流；AFM 與 EESM 則分別在性能突破與供應鏈安全上展現潛力，共同構築出多元並進的發展格局。

對台灣而言，這波技術轉折既是挑戰，也是切入國際供應鏈的機會。本地廠商若能善用在工業電機與電力電子領域累積的製程與可靠性優勢，並以模組化設計與國際合作策略作為槓桿，

不僅有望在中低階乘用車市場找到立足點，更能在商用車領域發揮耐用性與全生命週期效益的強項，建立長期競爭力。

未來的電機發展，將不再只是單一元件的比拚，而是散熱、材料與系統整合的「三角平衡」。唯有在這三大環節持續創新，並推動跨領域協同優化，才能真正掌握電動車驅動技術的主導權，台灣產業若能把握此節奏，將不僅是供應鏈的一環，更能在全球電動車產業版圖中找到自己的位置。▲



MCU + SiC 功率元件
電機 / 電控 / 冷卻協同
模擬驗證 → 降成本、縮短週期

系統整合



材料

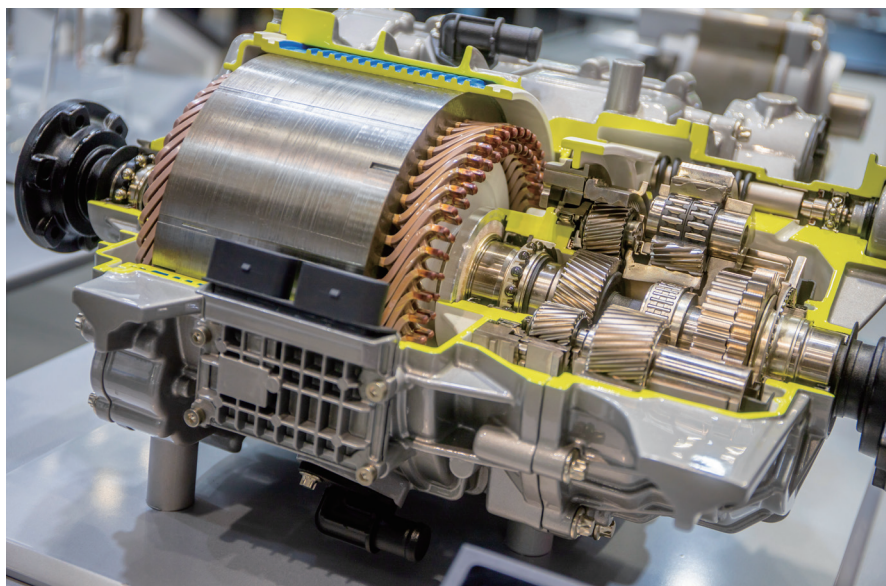
稀土替代方案 (EESM、低稀土 PMSM)
新型磁材 (鈹鐵硼改良、鈰鈷)
回收再利用

散熱

液冷 vs 空冷
油水混合冷卻
直接油冷 → 密封 / 材料挑戰



標準與法規



為電動車譜寫「動力總譜」

MIH 標準如何讓產業和諧共奏

或許從未想過，驅動車輛前進的動力總成 (Powertrain)，如今也將迎來如同智慧型手機般的「軟體定義」時代。如果說，軟體定義車輛 (SDV) 是一個能持續進化的「四輪移動數位載體」，那麼動力總成就是這個載體不可或缺的心臟。然而，在電動車產業百家爭鳴的當下，各家車廠與供應商自研的獨門技術，雖創造了市場的多樣性，卻也導致了開發成本高昂、跨車型整合困難、產品迭代緩慢等痛點。如何讓這顆攸關性能、效率與成本的「心臟」擁有一套共通的设计語言？

為此，MIH 聯盟深入產業整合 OEM 到 Tier-1 供應商的實務經驗，推出《MIH 3-in-1 動力系統標準 (MIH Recommended Powertrain Standard Ver 1.0)》。這不僅是一份技術規格書，更是一套旨在提升產業協同效率、降低開發成本、加速產品上市的行動藍圖。

從單打獨鬥到交響樂團： 動力總成的整合進化論

想像一下，電動車的動力總成系統，就像一個個由關鍵元件組成的交響樂團。在這場精密的合奏中，電機扮演著樂團的「主奏」角色，其高亢或低沉的輸出，直接決定了車輛的加速性能；而負責精準控制電機轉速與扭力的逆變器，則像是樂團中靈魂人物般的「指揮」，每一個指令都牽動著動力的展現；最後，擔任「節拍器」角色的減速齒輪，則穩定地將電機的高轉速，轉化為驅動車輪前進的扎實扭力。這三者缺一不可，共同譜寫出電動車行進間的動人樂章。

然而，這場交響樂的演出形式並非一成不變。過去，樂手們習慣了各自為政的獨奏，但市場對極致空間、效率與成本的追求，正驅使著這場演出從幾個主角的「三重奏」，朝向一場納入 OBC (On-Board Charger, 車載充電器) 與高壓 DC/DC Converter (直流轉換器) 等更多演奏者、結構更恢弘的「交響樂」演進。在這股名為「X-in-1」的高度整合浪潮中，要如何確保所有樂手都能看懂

同一份樂譜、奏出和諧的樂章？這正是 MIH 標準所扮演的角色，它提供了一份通用「總譜」，讓來自不同背景的供應商們，都能在這場宏大的產業協奏中，找到自己的完美聲部。

不過，整合層級的多寡並不直接對應車輛的等級或技術先進性，有可能是瞄準輕量化與低成本導向的市場需求。因此 X 數字的多寡，應視車型需求、產品定位與成本結構而定，並非愈多合一就愈高規。

然而，整合其實也是一把雙面刃。高度的整合雖能降低材料成本，卻也對軟體開發、系統可靠性與維修帶來挑戰。MIH 標準的價值在於它提供了一個彈性的框架，讓 OEM 能根據車型定位、成本考量與開發策略等，選擇最適合的整合層級，並同時確保各模組間的介面與規格一致，大幅降低了整合的複雜度與風險。

X-in-1 整合趨勢與效益分析

整合類型	核心組成	典型應用場景	對產業的效益
3-in-1	電機 + 逆變器 + 減速齒輪箱	主流乘用車、輕商用車	基礎模組：顯著減少零件數量、縮短組裝時間
6-in-1	3-in-1 + DC/DC + OBC + PDU	中高階乘用車	成本優化：大幅降低系統總成本、節省空間
7-in-1	6-in-1 + PTC	高端車型、大型 SUV	體驗升級：提升極端氣候適應性、座艙舒適性
8-in-1	7-in-1 + VCU 或 BMS	高性能旗艦車型	性能巔峰：實現系統高度整合、整車效能最佳化

MIH 整理，2025/09

註：PDU (Power Distribution Unit, 電源分配單元)
PTC (Positive Temperature Coefficient, 正溫度係數)

VCU (Vehicle Control Unit, 整車控制單元)
BMS (Battery Management System, 電池管理系統)

從數據到場景： MIH 標準如何定義「一顆好心臟」

而一份好的標準，必須能轉化為市場上有競爭力的產品。MIH 動力總成標準的核心，便是在「效率」與「關鍵元件規格」兩大面向，給出了清晰的量化指標，讓「好」不再是抽象概念，而是可以被執行的數據。

首先，在效率目標上，標準為攸關續航力的 3-in-1 動力總成效率，制定了清晰的演進路線圖。它不僅區分了不同功率模組的賽道，更點出其背後的市場邏輯，包括 IGBT(Insulated Gate Bipolar Transistor, 絕緣閘雙極電晶體) 模組憑藉其成本優勢與高成熟度，依然是 400V 中階主流車款實現成本效益的首選；而碳化矽(SiC) 模組則以其卓越的高效率與高性能，成為了 800V 車款、追求極致性能與超快充車型的理想選擇。這使得車廠在規劃產品布局時，能更有依據地做出技術決策。

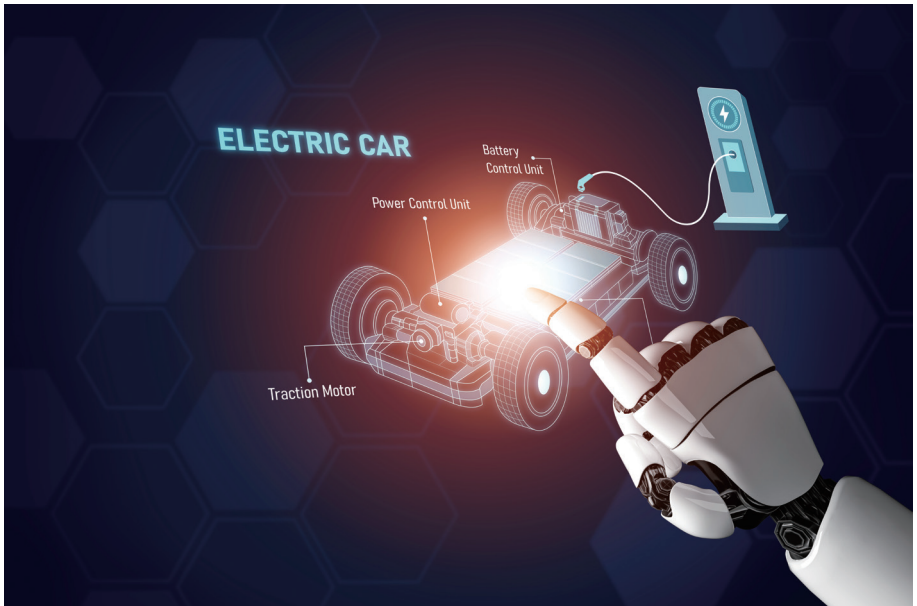
其次，在關鍵元件規格上，標準在彈性與規範之間取得了巧妙平衡。例如，電機功率定義在 50-200 kW，涵蓋 A 級到 F 級車型的主流應用需求，也指導如何透過優化槽滿率與磁鐵配置來提升功率密度，實現模組的輕量化與小型化。而在減速比方面，12:1 至 8:1 的區間則提供了一個兼顧起步加速性與高速巡航效率的黃金範圍，同時也將攸

關駕乘體驗的 NVH (Noise, Vibration and Harshness, 噪音、振動與乘坐品質) 表現納入考量。

不僅如此，MIH 標準更進一步針對不同應用場景提供明確技術建議。例如，在繞線製程上，標準建議：產能每年超過 20 萬套或功率大於 100 kW 者，應優先採用效率更高的扁線設計；冷卻方式則依據功率分為氣冷(<50 kW)、水冷(50-100 kW)、油冷(>100 kW)，避免一體適用的設計盲點。

磁鐵類型方面，標準同時支援永磁電機與無磁性 EESM 架構，讓供應商可根據應用選型，減少開發試錯；至於動力總成控制中樞：逆變器的標準上，MIH 不只定義了硬體如 SiC 功率模組，也進一步納入軟體規格。標準要求逆變器需支援 OTA、功能安全(ASIL-C/D) 等級，以及網路資安保護機制，以因應日益智慧化的車輛需求，並保障未來行車的安全性與可升級性。

而這些具體的參數，如同產業的共同語言，讓 OEM 與 Tier-1 在開發時能迅速對齊，只需一次開發而無需每個新專案中重複設計與驗證，從而真正實現「一次開發，多車型部署」的目標。



MIH 動力總成標準以效率與關鍵元件規格為核心，提供明確量化指標，協助車廠實現「一次開發，多車型部署」。

MIH 動力總成核心規格一覽表

類別	項目	標準規格	市場定位／應用價值
效率目標	IGBT 模組	2025 年 $\geq 90\%$ 2027 年 $\geq 91\%$	適用於對成本敏感的主流車款， 兼具成熟度與經濟性 <small>*此處所指的是整體系統效率，而非單純 IGBT 模組效率</small>
	SiC 模組	2025 年 $\geq 92\%$ 2027 年 $\geq 94\%$	適用於 800V 高壓架構，滿足高性能、 長續航與快充需求 <small>*此處所指的是整體系統效率，而非單純 SiC 模組效率</small>
關鍵元件	電機功率	50-200kW	涵蓋從 A 級到 F 級主流車型， 提供彈性的動力配置基礎
	減速比	12 : 1 - 8 : 1	在加速性能與高速能耗間取得平衡， 兼顧駕乘體驗 (NVH)
	功率密度	≥ 2.19 kW/kg	實現動力總成的輕量化與小型化， 優化整車布局空間

MIH 整理，2025/09

以標準驅動創新提升效率 共同定義下一個動力時代

MIH 標準的真正影響力，並不僅限於規格表上的數字，而在於它能為從設計、製造到維修的整個產業鏈，帶來「全線降低摩擦力」的連鎖效益。

這股力量首先受益的是 OEM 車廠，對他們而言，標準化意味著「開發加速」。經標準驗證的模組可跨車型重複使用，讓新車開發擺脫了從零開始的困境，大幅縮短上市時間，從而能更靈活地應對瞬息萬變的市場。這股浪潮順流而下，接著賦能了 Tier-1 供應商，為他們帶來了「市場擴大」的契機。

過去那種為單一車廠深度客製化的模式，將轉變為開發適用於多個客戶的標準化產品，這不僅提升了規模經濟效益，更強化了企業在全球市場中的商業彈性。最終，這一切價值都將匯流至終端使用者與維修市場，對他們來說，標準化最直接的感受便是「持有成本降低」。

零件規格的統一，讓維修更換不再是昂貴且漫長的等待，而是快速、簡便的標準化作業，這無疑將直接提升車主的整體體驗與品牌信任度。

可以說，MIH 推出的動力總成標準，其意義已不僅止於一份技術指南，而是一項回應產業痛點、與協同合作的關鍵力量。更重要的是，它也為整個電動車產業的未來開啟了新的想像。

著眼未來，MIH 還提出 SDM (Software Defined Motor，軟體定義電機) 概念，SDM 不只讓電機具備遠端更新與策略調控能力，還進一步朝系統可視性與智慧化邁進，支援駕駛模式切換、ADAS 整合與預測維護等新應用。再加上支援 800V 以上高壓架構，以及為 AWD 車型所設計的雙電機模組標準，MIH 正逐步構築出一套可擴展、可模組化的技術藍圖，降低進入門檻、提升系統整合效率。

在電動車供應鏈高度碎片化的今天，MIH 標準所提供的不再只是一張靜態設計圖，而是一個邀請所有產業夥伴參與協作的開放園地。它呼籲企業從被動的「標準使用者」，轉變為主動的「標準共創者」，在這場由標準驅動的產業變革中，透過參與掌握先機，共同定義下一個電動車時代。▲



MIH 推動的動力總成標準，不僅加速 OEM 新車開發，也為 Tier-1 供應商創造市場擴展機會，並最終讓車主享受更低持有成本與更佳維修便利。

未來應用

電機應用邊界拓展

從車輪到天空的驅動革命



電機已不再只是車輛驅動的零組件，而是推動能源轉型與跨域創新的關鍵技術。從陸上的電動車與農業機械，到海上的純電渡輪，甚至正準備起飛的飛行車，電機技術的演進正深刻改變交通運輸的設計邏輯與商業模式。

隨著效率提升、功率密度持續增加，電機應用漸趨多元，除了電動車之外，也積極跨足各領域，從乘用車延伸至農業機械、船舶運輸，甚至飛行載具，成為跨領域的「驅動核心」。電機不僅是車輛動力的來源，更是智慧移動與能源管理生態系統的基石，以下將深入探討這項技術在多元應用場景中的發展現況，以及由此衍生的新商業模式可能性。

乘用車： 電機創新引領設計與成本革命

在所有運輸工具中，乘用車的電動化普及速度最快。根據國際能源總署 (IEA) 《Global EV Outlook 2025》，2024 年全球新車銷量中已有超過 20% 為電動車 (BEV 與 PHEV)，並預計 2025 年將進一步提升至約 25%；相較之下，巴士與貨車的電動化比例仍僅在 3-5% 左右。隨著車廠競逐更高功率密度、更低成本與更靈活的動力配置，電機技術正從傳統中央驅動，逐步延伸到輪穀電機與雙轉子架構等新方案。

英國新創 Protean Electric 即是代表之一，其 ProteanDrive Pd18 輪穀電機將電機、逆變器與控制系統整合在車輪內部，輸出功率達 80 kW、峰值扭矩高達 1,250 Nm，重量僅 36 公斤。這種設計不僅提升效率，也釋放了車廂空間，特別適合中小型乘用車與共享車隊應用。

另一方面，德國新創 DeepDrive 則以 Dual-Rotor 徑向磁通架構切入市

場，其設計相較於傳統電機，可減少約 50% 的磁鐵與 80% 的矽鋼片用量，並採用不含重稀土的磁材，進而大幅降低成本與供應鏈風險。目前，DeepDrive 已與 BMW Startup Garage 展開實車道路測試，並與汽車供應鏈大廠 Continental 攜手開發整合煞車的 Drive-Brake Unit。雖然其技術尚未大規模導入中低價位電動車，但若能夠落實於量產，勢必將進一步推動電動車的普及與成本下探。

整體而言，乘用車電機的演進正從「單純追求性能」轉向「架構創新與材料優化」。對產業而言，電機已不僅是動力輸出的核心零件，更是影響整車設計、供應鏈永續性與市場普及速度的關鍵。未來誰能在性能、成本與量產可行性之間找到最佳平衡點，就有機會在電動車市場的下一波競爭中脫穎而出。

知識小站 | 雙轉子電機

雙轉子電機利用兩組磁場同時作用，在相同材料下輸出更大扭矩，效率可達 96-97%。同時減少磁鐵與矽鋼片用量，並可採用低稀土磁材，是新創公司嘗試降低成本與供應鏈風險的代表方案。

農用車： 永續農業的技術基石

根據聯合國糧農組織 (FAO) 資料，農業部門約佔全球溫室氣體排放的 10-15%，其中柴油農機雖非唯一，但仍是主要能源排放來源之一。隨著全球減碳壓力升高，各地正加速推動農業機械電動化，讓農村能源轉型從概念走向實踐。

在電機選型上，PMSM 已被多方研究與實測證明是最具優勢的方案。義大利帕多瓦大學 (University of Padua) 的研究針對葡萄園與果園專用拖拉機指出，在相同體積與重量下，永磁同步電機能提供更高效率與扭矩密度，並具備良好的

熱管理能力，特別適合長時間、重負載的農務作業。

此外，市場上也開始出現不同的技術嘗試。南韓忠南大學與韓國生產技術研究院 (Korea Institute of Industrial Technology, KITECH) 研究團隊，針對「四輪獨立驅動電動拖拉機」進行模擬研究，展示了 IM 的另一種可能路徑。該團隊透過軟體模擬不同工作條件下的牽引效率與滑差率，結果顯示 IM 在牽引控制與效率表現上具備優勢，顯示其在特定農業應用情境中同樣具備競爭力。

知識小站 | 工作條件模擬 (Operating Conditions)

工作條件模擬是指在軟體環境中再現不同操作條件（如土壤濕度、坡度、負載），以評估電機或車輛的牽引效率與滑差率。這能降低實測成本，並幫助研究人員快速比較不同電機類型的表現。

整體來看，農用車的電動化並非照搬乘用車的發展模式，而是走出屬於自己的道路。PMSM 以高效率與高扭矩密度奠定主流地位，而 IM 則因耐用與成本優

勢提供另類選項，兩條路徑的探索，正逐步重塑農業機械的設計思維，為「零排放農業」奠定技術基礎。



面對農機能源排放與氣候壓力，各國加速以電動與智慧化設備取代柴油機具，推動農村邁向永續與低碳生產的轉型進程。

船舶： 海上能源轉型的先鋒部隊

航運業也同樣面臨嚴峻減碳壓力，國際海事組織 (IMO) 於 2023 年通過新版《溫室氣體策略》(2023 IMO GHG Strategy)，設定目標在 2050 年左右實現國際航運淨零排放，並設立 2030、2040 年的中期檢查點與燃料／技術替代比例要求。

這使得船舶與渡輪成為繼汽車、公車與貨運車輛之後，在交通運輸電動化與低碳轉型中備受矚目的領域。雖然長程貨運與遠洋航行的電動化仍處於早期，但在歐洲已經出現純電與混合渡輪的商業化案例，亞洲與北美也陸續啟動試點專案。

挪威憑藉峽灣地形與短距航線的優勢，率先成為全球電動渡輪的先行者。2015 年，由該國船運公司 Norled 營運、西門子提供電驅系統的「Ampere」號問世，搭載兩具永磁同步電機，單具輸出約 450 kW，成為全球首艘全電動渡輪。目前，挪威已有超過 70 艘純電渡輪服役，新一代大型船舶的電池容

量最高可達 40 MWh，並透過 kW 等級的港口快速充電。丹麥的 Ellen e-ferry 則搭載永磁同步電機與 4.3MWh 電池系統，航程可達 40 海里，展現中短程航線的可行性。此外，挪威的 Bastø Electric 配備 4.3MWh 電池，是世界上最大型的純電渡輪之一。其航線可載客約 600 人，載車能力約 200 輛，且配備岸上高速充電（高達約 9MW）。除了渡輪，港口拖船與自主貨船也逐步電動化，例如 Yara Birkeland 就採用 Kongsberg Maritime 的電推進系統。

觀察全球市場發展，歐洲在政策支持與地理優勢下，率先完成船舶電動化的商業示範。永磁同步電機憑藉高效率與高扭矩特性，已成為短程與中短程渡輪的主流選擇，而感應電機則在耐用性與成本上展現優勢，為大型貨船或混合推進提供解決方案。未來，隨著電池能量密度突破與港口基礎設施逐漸完善，電動渡輪與近岸電動船不僅將持續擴張，更可能成為國際航運邁向零碳的重要推手。



航運業加速邁向低碳轉型，挪威等國率先推動純電與混合渡輪商業化，永磁同步電機成為主流解決方案，展現船舶電動化的可行性與前景。

飛行車： 從原型試驗走向商業化關鍵時刻

隨著城市交通壅塞與區域運輸需求提升，AAM (Advanced Air Mobility，先進空中移動) 被視為下一個交通創新的方向。各國監管機構正在逐步釋出指引與法規架構，美國聯邦航空總署 (FAA) 在近年發布 Powered-lift 飛行器的型式認證 (Type Certification) 指引與營運規則，為 eVTOL 等電動垂直起降飛行器與空中計程車產業提供更明確的適航／認證路徑。

美國新創 Joby Aviation 已進入實機飛行測試與 FAA 型式認證密集階段，該公司計劃在 2026 年左右展開首批商業空中計程車營運。其 eVTOL (Electric Vertical Take-Off and Landing，電動垂直起降飛行器) 設計使用約六具電動推進電機，支援垂直起降與機翼水平巡航模式，航程約為 150 英里。其他競爭者如德國 Lilium 採用電動涵道風扇 (Ducted Fan) 推進設計；中

國的 Xpeng AeroHT (小鵬匯天) 與日本的 SkyDrive 也已進入 CAAC (Civil Aviation Administration of China，中國民用航空局)、JCAB (Japan Civil Aviation Bureau，日本國土交通省航空局) 等監管單位的型式認證或審核基礎文件階段。

上述案例顯示，電機與推進技術正推動空中交通工具從概念與原型逐步走向實地飛行驗證與商業應用。飛行車的電機發展不僅要追求輕量化與高功率密度，還必須符合航空等級的安全與備援設計標準，這意味著高效能永磁電機、高電壓電池系統與先進熱管理將成為未來商用化的核心關鍵。隨著法規逐步明朗與試點飛行經驗累積，飛行車產業正邁向商業化關鍵時刻，對電機產業而言，這不僅是一片全新市場藍海，也是一場關於可靠性、效率與安全性的高門檻競爭。

知識小站 | eVTOL 與航空級備援設計

eVTOL 是一種以電能為主、可垂直起降的飛行器，兼具直升機的靈活性與固定翼飛機的高效率，被視為「空中計程車」與「城市空中交通 (UAM)」的關鍵載具。

由於採多電機推進架構，eVTOL 的電機需具備航空級備援設計，也就是在同一系統中配置多組獨立電機或電源路徑，確保任何單一組件故障時仍能維持穩定飛行。這項設計是通過 FAA 型式認證的核心條件之一，也是飛行車推進系統的最大工程挑戰。



先進空中移動正引領交通新革命。美國新創 Joby Aviation 率先推進 eVTOL 實機測試與 FAA 型式認證，象徵空中計程車邁向商業化的關鍵一步，也揭示低碳、高效率城市航運的未來藍圖。

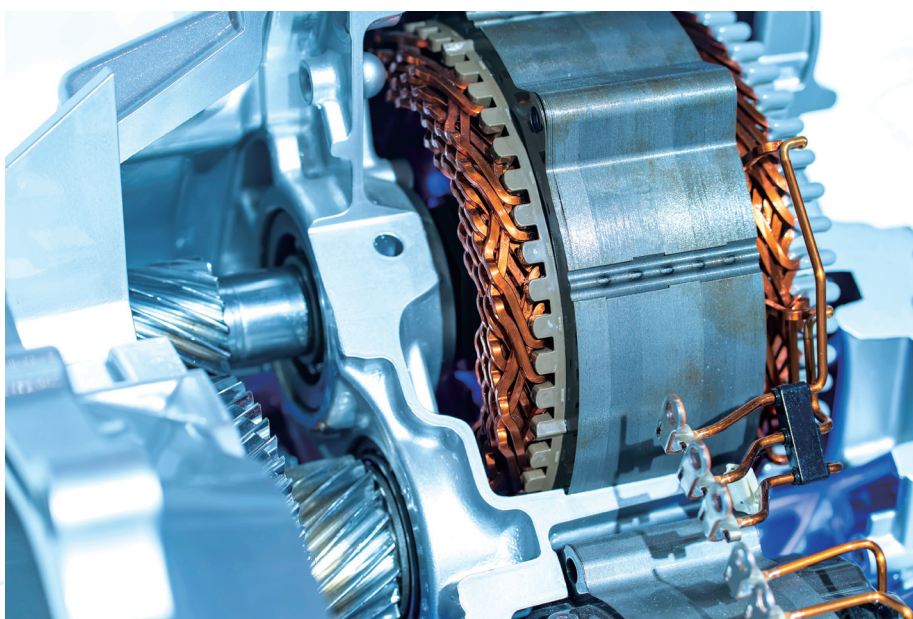
電機新角色 智慧移動生態的驅動核心

從乘用車、農用車、船舶到飛行車的案例可以發現，電機已從單純的動力來源，進化為多領域的驅動核心。無論是輪穀電機帶來的設計自由度，農業機械追求的高效率與低碳作業，抑或是渡輪與港口船隻的零排放航行，甚至飛行車對輕量化與安全備援的極致要求，電機都扮演著連結性能、永續與新商業模式的關鍵角色。

與此同時，電機不再孤立存在，而是與電池、充電基建與再生能源形成緊密鏈結，在交通工具與電網之間，逐漸成為智慧能源管理的重要橋樑。國際海事組

織 (IMO)、美國聯邦航空總署 (FAA)、歐盟等監管單位也一致將電動化視為邁向淨零的核心手段。

展望未來，電機技術的突破方向將集中在降低設計與製造成本、減少稀土依賴，以及車輛與電網的雙向互動。這意味著電機不僅決定交通工具的性能邊界，更將牽動能源系統與數位服務的融合，成為智慧移動生態的基石，串聯陸、海、空的多元運具，驅動新商業模式與跨域創新，並重新定義未來移動的可能性。▲



電機正從單一動力來源進化為跨領域驅動核心，串聯車輛、能源與基建，成為陸海空多元運具邁向淨零與智慧移動的關鍵基石。

關鍵視角



圖片提供：TI

電機新核心 控制晶片驅動電驅產業升級

電機被視為電動車的動力核心，但背後的電機控制晶片與演算法，也是電機充分發揮效能與效率的關鍵之一，這些控制元件負責即時運算扭矩、轉速與效率，將駕駛指令轉化為電流波形，對能耗表現與駕馭體驗具有關鍵影響。

TI (Texas Instruments, 德州儀器) 台灣暨南亞策略客戶半導體行銷與應用業務總經理潘先俐長期深耕電機控制領域，其中 C2000 MCU 平台正是專為電機控制而設計，能搭配多樣化的演算法，讓系統更精準地驅動電機並提升效率。她強調，MCU 與演算法的整合相當於電機的「大腦」，不僅影響輸出是否平順，更決定能否在不同應用情境下達到最佳化的能效。國際晶片業者同樣積極投入此一領域。NXP 與 Infineon 均強調車規級電機控制 IC 的安全與備援設計，尤其在 ISO 26262 功能安全的要求下，確保系統在異常情況下仍能維持基本運作。這些發展顯示，電機控制晶片正逐漸成為推動整個電驅產業升級的核心支點。

控制晶片串聯價值鏈 扮演電機產業升級關鍵要角

從供應鏈來看，電機的價值鏈可分為三個層次：上游是半導體製程，中游是控制 IC 與模組，下游則是系統廠將其整合後落地應用。潘先俐指出，真正的差異化在於能否把這三個層次串聯起來，而不是僅提供單一零件。

潘先俐表示，TI 的優勢在於能夠從製程延伸至模組層級，提供完整的支持。潘先俐說明，TI 擁有自有晶圓廠，能確保長期且穩定的供應，這對車規應用而言尤為關鍵。同時，TI 也透過 C2000 MCU 與 SiC 驅動方案，提出涵蓋電池管理系統、車載充電器與牽引逆變器

的完整參考設計，不僅交付單一 IC，而是協助客戶完成整體系統的設計。這正是 TI System Design Team 的定位：從散熱、封裝到控制策略一併納入考量，以縮短開發週期並降低設計風險。

在這條價值鏈中，其他國際晶片業者也展現不同的策略。NXP 持續強化車規級控制平台，在功能安全與備援架構方面深耕；Infineon 則以 AURIX MCU 搭配 SiC/IGBT，提供兼顧效率與安全的驅動方案。整體而言，掌握控制晶片，就等於掌握了電機產業升級的主導權。



TI 台灣暨南亞策略客戶半導體行銷與應用業務總經理潘先俐指出，MCU 與演算法是電機的「大腦」，決定能效表現與駕駛體驗。

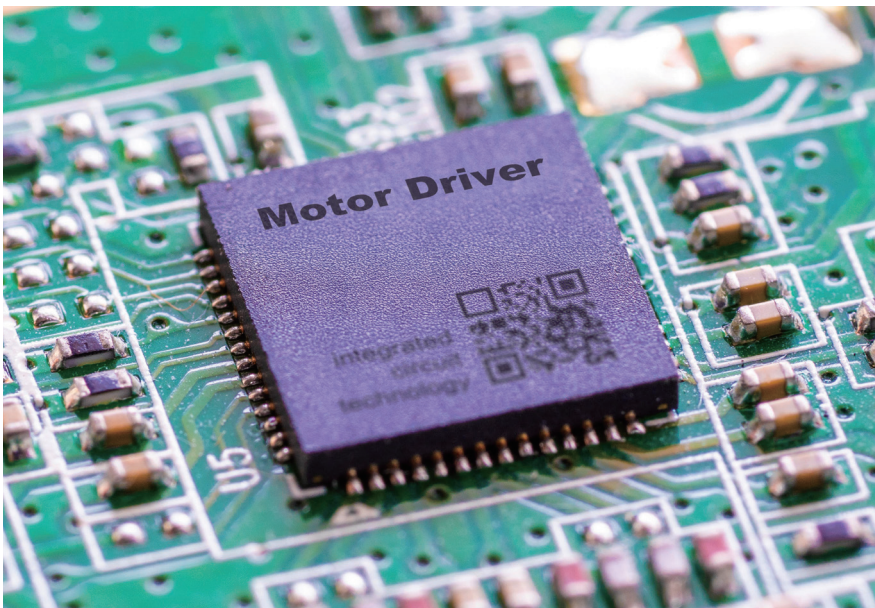
全球競逐電機控制晶片 效率、安全與系統協同成為新戰場

放眼全球，電機控制晶片已成為車廠與系統廠競逐的核心焦點。TI 以 C2000 MCU 為基礎，搭配 SiC 驅動方案，推出涵蓋 800V/300kW 牽引逆變器的參考設計。潘先俐指出，這不僅是一組控制器，而是一套結合冷卻、封裝與演算法的完整解決方案，能協助客戶在更短時間內完成開發並加速量產，她進一步強調，TI 的價值不僅在於提供 IC，更在於協助客戶正確完成系統設計。

其他國際晶片業者也在此領域展開不同策略。NXP 著重於車規級電機控制平台，並在功能安全(ISO 26262) 與 ASIL-D 等級備援架構上深耕，確保即使在異常情況下，系統仍能維持最低限度的運作能力。這些案例顯示，產業競爭已從單純的效能比拼，轉向「效率 × 安全 × 系統協同」的多維度角力。

此一產業發展方向，也反映在技術路線的選擇上。當前有三個趨勢特別受到關注，首先是高頻控制演算法，透過更快速的運算與控制迭代，進一步提升能源轉換效率。第二是安全備援設計，在電控系統日益複雜的情況下，能確保即使發生故障，系統仍具備基本的運行能力。第三則是智慧控制，AI/ML 演算法已開始導入電機狀態監測與自我調整，用於預測性維護與能效最佳化。

觀察產業趨勢，電機控制晶片已是全球晶片商與系統廠的必爭之地，TI 以系統協同與能效優勢領先市場，NXP 與 Infineon 則透過安全與備援設計建立差異化，形成多元並進的競爭格局。



電機控制晶片競爭聚焦於效率、安全與系統協同，國際業者透過高頻演算法、備援架構與智慧控制加速布局，成為驅動電動化的核心關鍵。

台灣電機產業邁向新十字路口 從零件供應走向系統協同



車用電機與晶片技術的結合，推動智慧駕駛與系統整合發展，使台灣廠商有機會在全球價值鏈中展現差異化優勢。(圖片提供：TI)

在全球供應鏈重組的浪潮下，台灣電機產業的挑戰已不僅是零件製造，而是如何與國際晶片商協同，讓產品具備國際競爭力。潘先俐指出，架構化與模組化設計正是台灣產業與國際鏈結的關鍵。TI 近年積極參與 MIH，透過「電機 × 電控 × 晶片」的協作模式，使不同廠商能在共通規格下進行整合，縮短導入時間並提升系統相容性，她強調，此一合作並非單純的零件組合，而是將價值鏈真正串聯起來。

對台灣業者而言，切入點已不再侷限於單一零組件，而是必須朝向系統整合與模組化發展。透過與 TI、NXP、

Infineon 等國際晶片商建立合作關係，台灣電機廠商能將自身的製造與應用能量，納入全球產業的標準架構之中。尤其在車用市場對安全、能效與智慧化要求日益嚴苛的情況下，若能從系統層面切入，將更能展現差異化價值。

整體而言，台灣電機產業正站在新的十字路口，一方面是與國際晶片商協同形成的合作生態，另一方面是本地廠商累積的製造與應用經驗。若能將兩者有效結合，並透過 MIH 等開放性協作機制持續深化，台灣有望在全球電機產業價值鏈中，從零件供應者躍升為系統協同的共同創造者。▲

山巔之論



圖片提供：東元電機

從稀土到系統整合

電動車電機競局中的台灣解方

全球電動車產業正進入新一輪競爭，作為驅動核心的電機，近年的焦點逐漸聚焦在三大戰場：稀土依賴、功率密度提升與系統整合。這些挑戰不僅考驗單一企業的研發與製造能力，更攸關整體供應鏈能否在國際市場中奠定穩固的地位。

稀土依賴已成為各國政府與車廠的共同痛點，如何降低對中國主導供應鏈的高度依賴，分散地緣政治風險，是當前最迫切的課題。功率密度則直指技術核心：如何在有限體積內輸出更高動力，同時兼顧散熱與可靠度？至於系統整合，則牽動成本結構與價值鏈分工，如何讓電機、驅動器、晶片與模組更高效協同，已成為產業必須面對的關鍵挑戰。

在此背景下，東元電機展現台灣少數兼具設計與製造實力的特色。憑藉長期深耕工業電機的標準化與量產經驗，東元選擇以「標準化思維」切入車用市場，回應全球車廠在高度客製化與高成本困境下的需求，成為具備差異化優勢的代表性參與者。

跳脫乘用車紅海 以標準化思維商用車突圍

工業電機能成功量產，靠的就是標準化。像是包含中心高、直徑、長度等基座尺寸的統一規格，確保客戶可以「即插即用」，不需要重新設計整套系統。這種標準化可讓工業電機形成全球性市場規模，並有效降低客戶在採購與導入上的成本與疑慮。

相較之下，電動車乘用車電機並無統一標準，幾乎每個車廠都需要客製化設計。對供應鏈而言，高度客製化導致研發週期拉長，模具成本龐大且難以分攤，商業模式難以為繼，許多 Tier-2 供應商甚至無法獲利。

面對此一市場現況，東元電機總經理高飛鳶指出，該公司選擇避開乘用車紅海，轉向商用車與公車動力系統。憑藉工業電機的模組化設計思維，一套模具只需調整長度，就能涵蓋 6 至 12 公尺以上的不同車型。第一代產品推出至今，整體成本已下降約 50%。

此外，東元在設計初期即規劃未來三代產品的演進路徑，確保產品具備長期競爭力，透過「先設計好平台，再延伸應用」的策略，成功兼顧開發速度與成本控管。

在此同時，信通則選擇另一條路徑，專注二輪與三輪市場。信通集團總監黃安正指出，這類市場的關鍵不在於標準化，而是如何在成本嚴格受限下仍維持可靠性。信通憑藉多年機車零組件經驗，能快速依客戶需求進行調整，縮短開發時間並控制成本，展現「在地化製造+機電整合」的特色。

不論是東元以標準化模組思維切入商用車，還是信通以在地化製造布局二輪、三輪市場，兩家公司路徑雖然不同，但都展現了台灣電機產業在全球競爭中找到差異化優勢的企圖心。

東元電機總經理高飛鳶指出，東元選擇以「標準化思維」切入車用市場，回應全球車廠在高度客製化與高成本困境下的需求，成為具備差異化優勢的代表性參與者。



電機產業三大競爭焦點： 稀土、功率密度與系統整合

觀察電動車電機發展，高飛鳶指出，目前產業正聚焦於三大競爭焦點。其一是稀土議題。全球電機高度依賴稀土磁材，供應鏈長期受制於中國主導的風險日益凸顯。東元因應此挑戰，採取低稀土化設計策略，在確保性能的前提下降低高稀土磁材用量。在最新一代 Powertrain 中，導入 Hairpin 扁線繞組設計，透過更高槽滿率降低銅耗並支援自動化製程，確保量產一致性；同時結合油冷技術，有效提升散熱與耐用度，並已獲歐洲客戶導入

至新一代電驅橋。藉由這些設計，東元不僅降低材料風險，也進一步強化系統可靠性，展現從電機製造商邁向整體解決方案提供者的轉型方向。

其二是功率密度。在有限體積中輸出更大功率，已成為各家車廠近年的競爭重點。除了追求單點效率，更強調在多種運行條件下保持高效，然而散熱與可靠度仍是最大挑戰，尤其在商用車、工程車等重載應用場景中更為明顯。

知識小站 | 低稀土化設計

低稀土化設計指在不犧牲性能的前提下，減少釹、鐳等高稀土磁材的使用。常見做法包括改良磁鋼配方、優化繞組結構，或透過控制演算法提升效率。這能降低對中國稀土供應鏈的依賴，增強供應鏈韌性。

東元的應對方案涵蓋多個面向：在材料創新上，採用中鋼自黏性矽鋼片以降低鐵損並提升能效；在驅動升級上，導入碳化矽 (SiC) 控制器，效率最高可達 99.5%，大幅減少能量損耗；在系統設計上，採取「無減速機」架構，避免系統效率降至僅 70% 的瓶頸。

綜合這些改善，東元電機效率已可達 98%，與 SiC 驅動器搭配後，整體系統效率更可逼近 97%。更重要的是，高效率運行範圍顯著擴大，不再侷限

於單一轉速或負載區間。高功率密度設計不僅意味著電機體積更小，也能減少電池數量，降低整車重量與成本。

其三則是系統整合。傳統上，電機與驅動器由不同團隊開發，導致介面規格不一致，增加測試與調校成本，問題往往要到客戶端才浮現，延長開發與交付時程。隨著動力系統複雜度提升，單一廠商已難以單打獨鬥，必須朝跨領域整合方向前進。

從架構整合到跨域應用 東元以系統解決方案帶動產業協同

自 2018 年起，東元整合電機與驅動研發部門，帶來明顯優勢。在設計階段即可同步檢視潛在問題，降低後期修正成本；驅動團隊能即時回饋電機設計，確保效率最佳化；海外交付時，更展現快速調校、排錯與維運的能力。

在產品策略上，東元聚焦於「電機+驅動+齒輪」的三合一方案，而非追求六合一、七合一的極致整合。理由在於維護便利性：過度整合反而在維修或更換時增加風險與成本；三合一則能兼顧高效率與長期可靠度。

這種系統整合能力，使東元不再只是零組件供應商，更能與控制晶片、電驅模組廠進行「共設計」。這樣的合作模式提升了產品附加價值，也讓東元逐步貼近 Tier-1 供應商的角色定位。

高飛鳶以東元的 Power Hub 可移動式充電站 為例，東元專為美國學區電動校車設計，系統可整合電網、柴油發電機或再生能源，提供快充與慢充雙重模式。在美國校園土地使用規範嚴格、大規模建置固定設施困難的情況下，Power Hub 成為靈活部署的替代方

案。這一案例顯示，東元已不只是提供單一硬體，而是以「完整解決方案」的角色切入國際市場。

在台灣，東元的動力系統也已落地多元場景：氫能公車呼應淨零趨勢、零碳遊船取代傳統柴油、工程車輛展現重載耐用度、無人船舶跨足自主載具領域。相同架構可跨足不同應用，落實「一套系統、多種場景」的策略。

然而，產業協同仍面臨挑戰。以 Hairpin 扁線為例，國內雖已有製造經驗，但在設計與製程整合上仍顯不足。唯有同時具備「設計與製造並行」的能力，才能真正回應市場需求。東元則從系統端提出明確規格與需求，帶動國內零組件廠補強弱點，推動上下游形成更緊密的協作關係，進而打造具國際競爭力的完整產業鏈。

這也映照出另一個問題：當車用電機發展走向系統化與模組化，如何在複雜架構中維持簡單可靠、加速量產驗證？這正是信通以製造與在地化能力切入市場的關鍵。

以簡馭繁 信通強調可靠性與驗證效率

相較於東元從系統整合與跨域應用切入，信通選擇以簡馭繁的路徑。黃安正指出，當前電動車產業的焦點雖放在稀土、功率密度與架構整合，但對 Tier-1 與整車廠而言，真正影響採用意願的，往往不是極致性能，而是產品能否快速導入並維持長期穩定。

他觀察，車廠在量產過程中最大的挑戰之一，是驗證週期冗長與維修風險過高，電驅架構若過於複雜，將在量產後帶來隱憂。因而信通在製造與導入策略上，刻意避免「華而不實」的極致整合，而是聚焦三個核心原則：在地製造、架構可靠、驗證快速。



信通集團總監黃安正強調，信通刻意避免華而不實的「極致整合」聚焦三個核心原則：在地製造、架構可靠、驗證快速。（圖片提供：信通）

標準化整合與國際鏈結， 台灣電機產業的未來路徑

在台灣，MIH 已經建立起一套跨廠協作的機制，成為推動產業整合的重要基礎，未來的推動方向可以聚焦於尺寸、安裝介面與電氣規格的標準化。這些規格僅限於「外觀與接口」的統一，避免核心設計專業外流。若能藉由 MIH 形成產業共識，不僅能降低合作門檻，也能讓台灣供應鏈更容易被國際市場接納。

在市場策略上，台灣應專注細分市場，特別是公車、工程車、船舶、氫能車輛等重載應用。這些領域需要高耐用、高功率密度，與台灣中大型電機製造優勢

契合。市場規模雖不及乘用車，但毛利較高、競爭較少。同一套系統架構可應用於無人船舶、儲能發電機組、特殊工程車，擴大商機面。

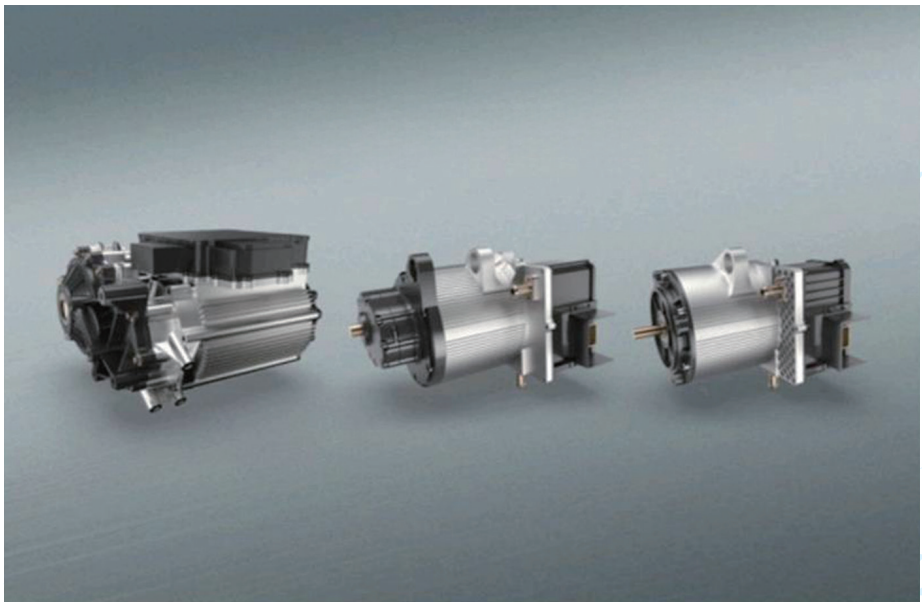
黃安正也指出，對以代工與在地化製造為主的廠商而言，電動車產業的關鍵不在於追逐高端技術，而在於如何縮短開發與驗證週期，確保供應穩定與維修可靠性。他認為，在地採購與快速導入的能力，將是各國在地化戰略下的核心競爭力之一。

面對稀土與功率密度等先端技術議題，信通目前採取審慎觀望的態度，強調應先穩固製造基礎，待產業鏈成熟後再逐步導入。這樣的務實策略，與東元著重系統整合與解決方案延展性的佈局，正形成台灣電機產業兩端互補的力量，一端掌握創新設計的延伸性，一端鞏固在地製造的穩健性。

國際合作方面，印度作為新興市場驗證場域，若能在當地成功運行，產品就能獲得「全球通行證」；墨西哥受惠於美墨加協定 (USMCA)，具有成本與關稅優勢，是台灣切入北美市場的重要跳板；歐洲聚焦於油冷電驅橋、氫能

公車等新應用，強化技術差異化；氫能與儲能市場在日本、南韓、澳洲較為成熟，適合台灣企業擴展應用深度。

從稀土依賴，到功率密度提升，再到系統整合，台灣電機產業已逐漸找到自身的定位。只要善用在地製造的彈性與研發實力，並積極連結國際需求，就能在標準化、模組化與系統整合上展現影響力。對我們而言，「設計國際化 × 製造在地化」是東元的核心戰略，但若加上信通所強調的「快速驗證與簡化架構」，台灣電機產業將能形成更完整的競爭組合，並以「被聽見的聲音」站上全球舞台。▲



信通旗下的微型移動解決方案電機產品，以在地製造兼顧可靠性與成本效益，為二輪與三輪車市場提供高效率動力支援。(圖片提供：信通)



MIH 會員交流會議：凝聚共識， 擘劃台灣電動車產業的「出海口」

MIH 會員交流會於 9 月 18 日盛大舉行，鴻海科技集團董事長劉揚偉與來自產官學界的重要代表齊聚一堂，包括 Miraxia 事業開發行銷經理仲崇睿、宏致集團資深處長李忠強、永輝興電機副理林彥良、立霸工業協理郭鴻彬、杜邦處長張春來、慧國工業協理蔡志哲、鴻華總經理陳清亞、友誠董事長張宏誠、DEKRA iST 副總經理許文其、台灣數位企業總會執行長王怡雯、東元機電系統暨自動化作事業群總經理王榮邦、國家發展委員會簡任視察蔡宜兼、TI 總經理潘先俐、福基創新材料事業群執行長呂岡諭及 Vitalcore 盈聯通科技總監莊皓琳等。

會議聚焦於如何透過標準化、模組化與平台化，降低產業進入門檻並提升整體競爭力。此次交流不僅凝聚了共識，也展現出台灣電動車產業鏈共同尋求國際突破的決心與行動力。

MIH 會員交流會議於 9 月 18 日圓滿落幕，劉揚偉董事長代表 MIH 聯盟理事會與眾多會員代表進行了深度對話，針對聯盟的未來方向、會員服務機制，以及如何共同克服產業挑戰，尋找台灣電動車產業的「出海口」等議題，進行了熱烈而坦誠的交流。

MIH 的核心使命與 四大支柱

劉揚偉董事長指出，作為鴻海集團 3+3 戰略中 EV 領域的延伸，MIH 希望透過建立一個類似產業公會的「電動車生態圈聯盟」，降低電動車產業的進入門檻。聯盟的目標不僅是幫助全球供應鏈與合作夥伴，更希望透過標準化、模組化與平台化，加速台灣供應鏈的商業落地，最終成為串聯全球市場的「出海口」。

為了實現這一願景，MIH 提出了四大服務支柱：

01

標準化的制定與參與

藉由制定統一標準，減少重複投入的成本，加速產品上市。

02

技術協作與產業曝光平台

提供技術交流與產品發表平台，協助會員夥伴推廣產品。

03

推廣通路

建構實質的商業媒合機制，為會員創造更多商機。

04

提升會員價值

透過期刊、展覽、社會責任實踐等方式，建立會員的信心，並將台灣經驗推向國際。

會員的珍貴反饋與期望

在隨後的開放討論環節，來自各行各業的會員代表踴躍發言，分享了他們的觀點與期望。這些意見涵蓋了從傳統製造業到新創軟體公司的多重面向，共同描繪出台灣電動車產業的挑戰與機會。

1. 對標準化與平台化的期待

多位會員強調了標準化的重要性。代表不約而同地指出，台灣傳統汽車零組件產業如螺絲、軸承等，在全球具有強大的競爭力，但苦於缺乏進入整車裝配線的機會。他們期待 MIH 能透過制定「MIH approved」的標準與驗證清單，讓台灣供應商的產品能夠快速獲得整車廠的信任，直接打入國際市場。劉揚偉董事長指出，電動車與傳統汽車最大的不同就是可借鑑資訊產業標準化的經驗，達到更高效率的製造。這如同早期 Intel 建立參考平台 (Reference Platform) 的方式，藉由「示範車」模式，具體展現台灣供應鏈的實力，而非只是空談標準。

2. 強化政府溝通與集體發聲

前國發會副執行秘書蔡宜兼建議 MIH 可以扮演更積極的「公協會」角色，作為台灣供應鏈與政府間的橋樑。由於許多政府資源與政策資訊無法有效傳遞給中小型企業，MIH 可以定期與政府部門溝通，代表會員表達產業需求，爭取政策支持，例如針對材料、技術研發等面向的補助，以提升台灣產品的成本競爭力。這不僅能為會員帶來實際利益，也能讓政府更精準地輔導產業發展。

3. 建立互助合作的生態系

多位會員呼應了建立一個「集體作戰」平台的需求，希望 MIH 能建置一個資訊共享平台，讓會員能快速搜尋到彼此的專長與技術，進而尋找潛在的合作夥伴。這個平台不僅能促進產業內部的媒合，也能讓台灣隊伍能以「打群架」的方式，共同承接海外客戶的大型專案，避免各自為政的困境。同時，也有會員提出，除了資訊整合，MIH 也應為會員提供更明確的市場方向與趨勢洞察，讓大家知道機會在哪裡。

4. 解決 Tier 1 角色空缺與技術整合的挑戰

來自 Moratia 的代表點出了台灣電動車產業的關鍵問題：缺乏 Tier 1 系統整合商。儘管台灣有許多在各自領域表現卓越的 Tier 2、Tier 3 甚至 Tier 4 廠商，但當需要將所有零件整合為一個系統級產品時，台灣普遍缺乏相關的 Know-how 與驗證能力。他期望鴻海能發揮其在 ICT 產業的系統整合專長，扮演「帶頭打群架」的 Tier 1 角色，帶領台灣供應鏈前進。

鴻海的集團策略與產業展望

針對會員的疑慮與期待，劉揚偉董事長也分享了公司的宏觀視野與策略。他解釋了 MIH 不造整車的決策，因為鴻海的目標是成為全球電動車產業的「作業系統」，而非單一品牌的製造商。他強調，鴻海將集團業務分為四大類：系統設計、系統組裝、模組與元件。

鴻海的核心強項在於系統組裝，擅長管理「人、錢、供應鏈」，而「模組」與「元件」的技術能力則有賴於廣大的會員夥伴。他鼓勵台灣供應商專注於技術

研發，只要能在各自的零件領域做到頂尖，便不用擔心鴻海的競爭。

劉揚偉董事長更以過去個人電腦與手機產業的發展經驗為例，指出電動車產業也必然會走向標準化與模組化，這正是台灣的機會所在。他認為，台灣應把握這個轉型契機，將過去在資通訊產業的成功經驗，複製到電動車領域。他也坦言，台灣政府對此一趨勢的重視與投入不足，需要產業界共同努力，讓政府看見台灣產業的巨大潛力。

結論與未來展望

這場會員大會不僅是意見交換的場域，更是 MIH 聯盟與會員之間建立信任與共識的起點。儘管會員們過去曾有過失望，但他們對 MIH 的未來充滿期待。在熱烈的討論中，MIH 聯盟總裁與會員們達成了多項共識，包括強化標準化平台的實際應用、推動會員之間的商業媒合、並與政府進行更積極的對話。

會議最終，劉揚偉董事長再次向會員們表達了感謝，並承諾將會持續改進，讓 MIH 真正成為一個能為會員們創造價值、帶來商機的平台。台灣電動車產業的未來，不在於單一企業的成功，而在於 MIH 聯盟如何凝聚這 2,800 多家會員的力量，共同在國際舞台上發光發熱。



MIH 會員代表熱烈交流，分享電動車產業挑戰與機會，期待透過 MIH 聯盟強化團隊力量，帶領台灣供應鏈走向全球。



MIH 聯盟倡議以 ICT 思維推動 電動汽車產業標準

MIH 會員交流會中，鴻海科技集團董事長劉揚偉、富田電機副總經理林宗達、格斯科技策略長許志帆、愛德克斯協理湯源嘉、盛復工業副總經理廖乾成、協祥機械部長邱琨埕、信昌明芳董事長奚志雄與線上參與的英飛凌高級副總裁曹彥飛、資策會軟體技術研究院院長蒙以亨、德國 Continental 集團亞太區總監邱殷樂等產業代表，共同探討電動車產業標準化的發展方向。

會中聚焦於如何透過 ICT 思維推動跨域協作，藉由系統整合、關鍵零組件標準化與模組化設計，降低研發與製造成本，加速新產品導入與市場應變能力。與會者一致認為，在電動化浪潮下，台灣產業必須從零組件到系統層面全面對齊國際規格，才能形成更具規模與競爭力的產業鏈。透過產業與研究單位的共同參與和經驗分享，本次會議不僅展現了產業共識，也為未來台灣電動車供應鏈的國際布局奠定了合作基礎。

MIH 聯盟由劉揚偉董事長邀集動力、電能、車輛電子、煞車、轉向、車身、環境建構與 ICT 系統整合等龍頭廠商會員探討如何透過標準化，解決電動車產業面臨的成本高昂、開發週期長等挑戰，並借鑒 ICT 產業的成功經驗來推動產業革新。

電動車標準化勢不可擋， 但舊思維面臨挑戰

極端氣候導致各國政府都將碳排放減量視為共識，而電動車正是減少碳排放的重要一環。然而，傳統汽車產業的思維卻成為一大阻礙。過去，汽車製造商掌握了引擎和變速箱這兩項高門檻技術，形成了封閉且分散的產業格局，導致各家廠商各自為政，難以進行標準化。

這種舊模式下，新產品的開發週期非常長，動輒需要四到五年，且每一個專案的投入成本都非常高。特別是每次設計新車時，都會重新開發模具，導致成本居高不下。這種模式在競爭日益激烈

的電動車市場已難以為繼，特別是在中國，新車開發週期已縮短至一年半到兩年半。

劉揚偉董事長認為雖然在電動車時代的進入門檻降低，唯有標準化才能取得競爭優勢，MIH 聯盟的成立正是為了匯集大家的力量，共同推動標準化。ICT 產業的設計方法，例如個人電腦的零組件、CPU 和電源供應器，都有標準化的規格和尺寸，讓設計師可以在固定的架構內進行創新。這種模式不僅大幅降低了開發成本和時間，也讓產品能夠快速迭代。

MIH 會員對電動車標準化的看法與期待

雖然有少數 MIH 會員在會議中提到標準化在汽車業可能面臨挑戰，但多數表達了支持與期待，希望 MIH 可以帶領會員找到合理的開發模式，並推動實質的進展。例如富田電機代表就指出，與個別大客戶合作開發新產品時總是花數年時間及大量人力物力進行深度的配合，成本高昂；但遇到客戶表現不如期待或是出了差錯，也會被牽累，是心中永遠的痛。富田深知標準化可以讓整個動力系統或是車型在開發的過程中協同運作，得以節省開發的時間與金錢，因此對於此次會議非常期待。

德國馬牌 Continental 集團的代表則分享該集團剛完成將汽車電子部門分拆獨立為 Aumovio 子公司並將股票掛牌上市，平台化是馬牌汽車電子部門在三十年前就開始在做，其自動駕駛雷達系統、汽車大腦 Telematics ECU 以及剎車系統在全球市場享有很高的市佔率，期望未來分享知識經驗，與 MIH 一起合作打造標準化平台，也協助中小企業一起成長。

以下整理會員發表的核心觀點如下：

動力與電池系統：有會員表示，身為電機專業製造商，深刻體會到傳統汽車產

業開發成本高、週期長的痛點，因此支持將電機產品通用化，以降低成本並縮短開發時間。另一家電池技術廠商則強調，除了動力效能，電池的安全性也應被納入標準化考量，並希望推動電池模組化，以因應不同車款的需求並降低成本。

半導體與 ICT 經驗：有汽車半導體供應商認為，標準化是解決目前市場過度競爭的有效方案。他們希望將 ICT 產業的經驗應用到汽車領域，並與 MIH 聯盟及其他中小企業合作。

車輛內裝與設計：有會員分享與傳統車廠合作的經驗，指出他們追求獨特設計而不願標準化，導致開發時間長且成本高。他們認為電動車應該是「生活空間」而非傳統交通工具，因此車內功能應模組化並保留更多創新空間。

產業轉型：一家傳統汽車供應商的代表表示，儘管他們是傳統車廠的長期夥伴，但深知舊思維必須改變。面對市場價格走低、速度與品質要求卻不斷提高的趨勢，他們將平台化視為重要發展方向，並期待與 MIH 聯盟合作，將 ICT 產業的成功經驗應用於汽車領域。

未來工作方向

會員也表達，未來的平台化，必須在原有的基礎上有更多的想像力，需要有共同的願景。汽車不再只是汽車，而是另一個生活空間的概念。

劉揚偉董事長則以設計見長的 Apple 為例，指出設計從來就不是完全沒有限制的，而是在一定的標準規格下，採用現成的零組件進行系統整合。他期待未來可以提出一個參考標準，讓電動車也能透過標準化來降低成本並快速迭代。「競爭愈來愈激烈，因為進入門檻已經變低，標準化是能否生存下來的關鍵。」

MIH 聯盟表示，這次會議只是個開端，聯盟將借鏡美國汽車工程師學會 (SAE)

的模式，建立一套標準化的制定流程。這個流程將包括提案、制定、審查、核准和發布等步驟，確保標準的制定是透明且有共識的。

MIH 聯盟的目標是將電動車分為兩大類：一類是傳統的車體控制系統，如底盤、煞車等，這些部分可以透過標準化來確保功能安全與穩定。另一類是與使用者介面相關的高科技系統，例如車載資通訊娛樂系統，這些部分則需要透過標準化來實現快速迭代與創新。

透過本次會議，MIH 聯盟希望匯集各界意見，共同推動電動車產業的標準化進程，以應對市場挑戰，並確保台灣在未來電動車產業中的領先地位。▲



MIH 聯盟標準化會議聚焦電動車標準化挑戰，各界代表積極交流，盼以平台化與模組化模式凝聚共識，為台灣供應鏈打造新優勢。



Minimalism Intrinsic Harmony

MIH

MIH 期刊問卷

親愛的 MIH 會員您好：

感謝您閱讀本期《MIH 期刊》！

我們誠摯邀請您分享意見，協助我們持續優化內容與呈現形式，
打造更貼近會員需求的專業交流平台。

您所提供的意見，將作為未來期刊主題與欄位規劃的重要依據。
歡迎掃描 QR Code 填寫問卷，與我們一同推動平台成長。

凡完成問卷的會員，往後我們將優先邀請參加交流活動，敬請期待。
再次感謝您的支持與參與！





Minimalism Intrinsic Harmony

MIH