



汽車產業的 智慧製造： 部署與影響

汽車研究中心 | 2026年5月



執行摘要

汽車產業正進入人工智慧 / 機器學習 (AI/ML) 與自動化的新階段。根據汽車研究中心 (CAR) 的分析，對於服務汽車、輪胎與電池市場的製造商而言，問題已不再是是否要採用智慧製造，而是應以多快的速度，以及在哪些環節導入智慧製造。

汽車製造商與供應商早已採用業界領先的自動化技術，特別是在車身、塗裝與焊接領域。正在改變的是其應用範圍。全球製造商正逐步進入過去較難以自動化的領域，包括電子組裝、驗證、生產協調與物流。與此同時，AI/ML 也正全面提升現有營運中的預測性維護、檢測精準度與系統效能。

其驅動因素顯而易見：更複雜的生產環境、持續存在的保固問題、不斷上漲的原物料成本，以及全球化競爭加劇，都讓企業在後期補救和採取被動管理的空間愈來愈小。此外，在勞動力市場緊縮的情況下，自動化能支持具成本競爭力的生產，進而推動在地化生產。

這些成果皆是可量化的。製造商指出，透過即時生產分析，特定應用的非計畫性停機時間減少了高達 50%，整體設備效率 (OEE) 提升約 5%，且產量增加了 5% 至 7%。CAR 認為，Autoliv 的生產力成長率從 2023 年的約 4% 加速至 2025 年的 9% 以上，正是持續投資所能帶來成效的最具體指標之一。對比來看，2025 年耐久財製造業的平均生產力成長率僅為 2.7%，而截至 2024 年的資料顯示，汽車零件業 (NAICS 代碼 3363) 的年成長率則介於 2.6% 至 5.9% 之間。

其影響在工廠現場已顯而易見。使用先進 AI/ML 技術的團隊能更早發現問題、減少停機時間，並提升跨廠區的製程一致性。然而，這些效益的分佈並不均勻。根據 CAR 的研究，企業在導入智慧製造上的做法差異 (尤其在品質、運作時間和製程控制方面)，已開始拉開表現優異與表現落後的製造商及供應商之間的差距。

領先企業正將這些能力擴展至各個廠區與製程功能，且對其供應商採取同樣要求的期望也日益提高。整個產業與供應體系正逐步擴大此差距，這將對採購策略、專案執行及長期競爭力產生關鍵性的策略影響。

汽車業：引領產業的智慧製造

2026 年 Rockwell Automation 智慧製造現況調查報告中，汽車業不論在整體部署進度或未來投資意願上，皆與高效能、高科技及生命科學等產業並駕齊驅。下方的矩陣圖依據當前部署程度與規劃投資額對各產業進行定位；汽車業在這兩個維度上均落於領先象限。

製造業智慧製造矩陣

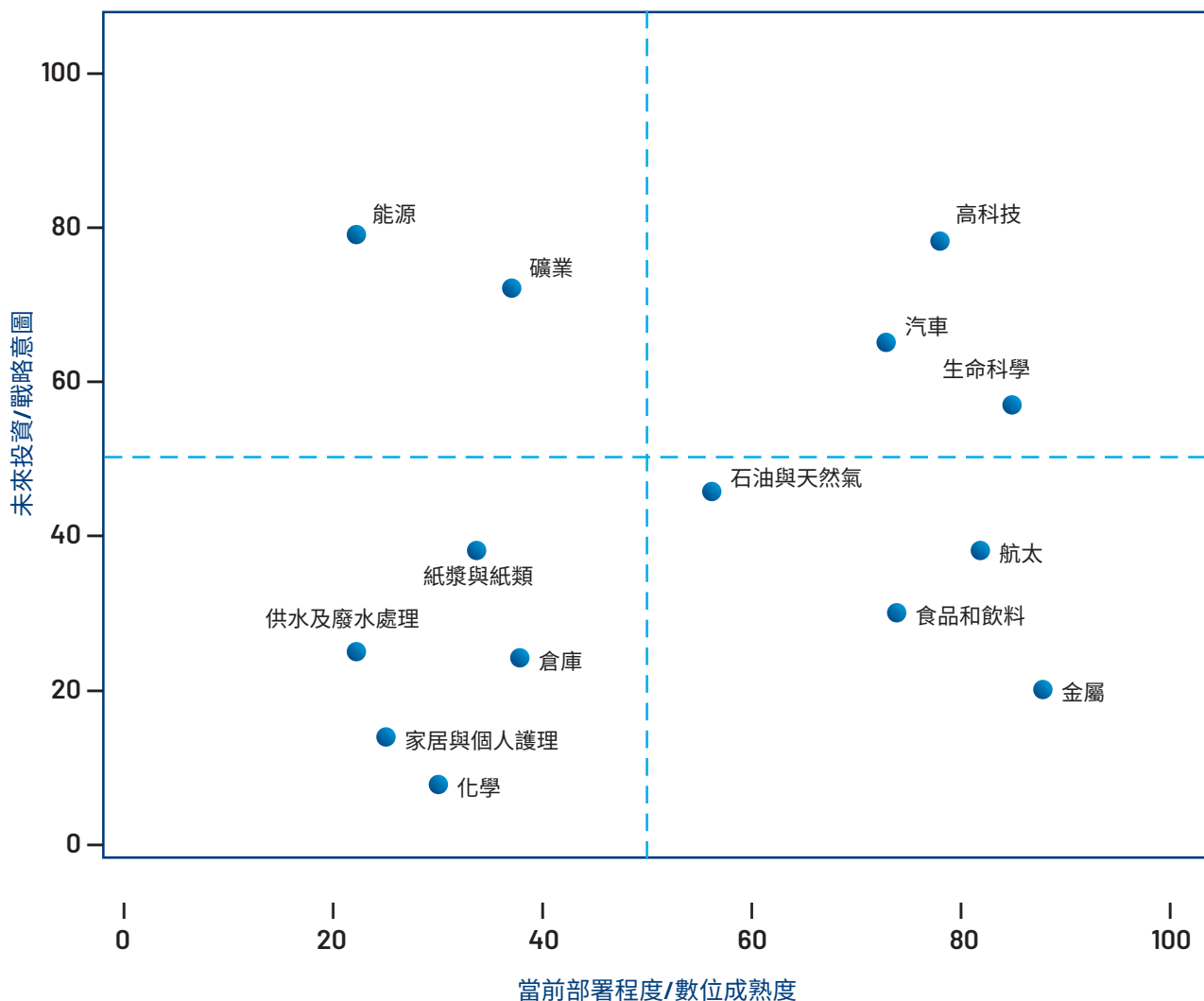


圖 1. 製造業智慧製造矩陣

資料來源：第 11 屆智慧製造年度報告，Rockwell Automation。

方法：本矩陣依據涵蓋所有智慧製造技術類別所彙整出的兩項綜合指標，進行跨產業的對比分析。數位成熟度指數 (X 軸)：藉由填答「已投資」相關技術的受訪者百分比，來衡量當前的技術採用程度。未來投資意願指數 (Y 軸)：透過合併計算規劃在未來 12 個月內與未來 5 年內進行投資的受訪者總百分比，以衡量未來的預期採用程度。

汽車產業在沖壓、車身、塗裝、焊接與總裝等製程上，早已實現廣泛的自動化，其設計旨在追求高重複性、高產量與精密度。然而，這些系統最初的設計並非用來管理即時變異性、預測設備故障，或是跨複雜生產排程進行協調。

CAR 的研究指出，汽車業內部自動化系統的下一階段轉型在於「延伸」，而非「取代」。人工智慧與更廣泛的自動化技術，正逐步深入汽車製造商與供應商過去高度依賴作業員經驗與判斷的領域。以下將說明目前仍存在哪些落差，以及現今技術所能實現的目標。

過往挑戰	智慧製造未來發展路徑
<p>品質與檢驗 人工檢查與製程後驗證在量產規模下容易導致品質不一致</p> <p>製程控制 焊接、扭矩及校準參數過去高度仰賴作業員的經驗判斷</p>	<p>線上感測器與視覺系統可實現連續且自動化的異常偵測</p> <p>自動化製程控制以明確且可量化的標準取代作業員的主觀判斷</p>
<p>電子元件整合 傳統自動化系統當初並非為了因應新型態的故障模式而設計</p>	<p>AI 輔助驗證能主動適應不斷演進的車輛架構與故障特徵</p>
<p>生產協調 生產中斷時的應變處置仍需仰賴人工干預</p> <p>維護 即便已有即時設備資料，維護仍停留在事後反應與定期排程階段</p>	<p>互聯平台能以極少的人工介入實現動態的混線重新排序</p> <p>預測模型將現場營運從傳統的定期維護，轉變為依據實際狀態導向的維護行動</p>

彈性動力系統策略使得內燃機(ICE)、油電混合與純電動(BEV)等不同車款必須在同一條組裝線上混線生產，這讓上述挑戰變得更加複雜。此外，車用電子元件的激增也帶來了更高的軟體複雜度、更嚴格的校準要求以及更多額外的驗證步驟。其最終帶來的實質影響是，生產環境比十年前複雜許多，這也使得業界愈來愈需要系統級的管理與智慧製造解決方案，而非僅停留在單一任務級的自動化。

汽車產業 – 智慧製造：為何是現在

擴大自動化與部署 AI/ML 的推動力，主要源於營運和競爭壓力的雙重交織，且這些壓力在過去幾年中日益加劇：

生產複雜度

多元動力系統的混線生產，增加了日常汽車組裝作業中必須管理的變數數量。單一動力系統的產線可能只需管理數十個製程參數，但同時生產內燃機 (ICE)、油電混合與純電動 (BEV) 等不同車款的混線生產，其需要管理的參數數量則是前者的數倍。此外，車用電子元件比例提升也增加了額外的複雜度，這意味著更多的校準步驟、更嚴格的驗證要求，以及更多潛在的故障點。

彈性製造系統亦會引入額外的變異性。每一種配置都會增加需要監控的參數、需要設定的閾值，以及需要做出的決策。這正是 AI/ML 最能發揮核心價值的領域：從操作員和工程師無法持續監控的高維度製程資料中，識別出隱藏的規律與模式。

營運成本壓力

原物料通膨、消費者對車價可負擔性的限制，以及持續存在的毛利（成本）壓力，使得企業更加關注良率、廢料率、產量與非計畫性停機時間。在這種環境下，後期的品質補救、緊急報修，以及原本可預先防範的生產中斷，都可能帶來極為嚴重的財務損失。例如，在量產型的組裝廠中，單是一次生產停線，每小時的損失就可能高達數萬至數十萬美元。即使預測性維護系統僅能將非計畫停機時間降低幾個百分點，也能帶來顯著的成本改善。

全球競爭

來自中國的競爭，拉高了市場對於開發速度、成本控制及製造整合的要求標準。此外，據報導指出，中國原始設備製造商 (OEM) 之所以能擁有更短的開發週期與更精簡的成本結構，部分原因正是得益於高度整合自動化的生產環境。市場期望本土製造商在生產更複雜車款並提升品質的同時，還能達到同等競爭力的成本結構，這正使原始設備製造商與供應商面臨日益沉重的壓力，必須進一步提升製造績效。

在地化生產與勞動力

汽車製造商推動在地化生產（製造回流）的承諾，正直接面臨供應鏈部分環節中持續存在的勞動力短缺難題。在勞動力供應受限的情況下，自動化仍能維持具成本競爭力的生產。因製造業回流而重返國家 / 地區內的職缺，其自動化程度將大幅高於當初外移的職缺，因而需要截然不同的技能組合與製造模式。系統引導式流程能降低對資深操作員的依賴，即便在缺乏經驗豐富人員的情況下，仍可維持生產的一致性。

現有系統的限制

現有的自動化技術在重複性作業上表現優異，但在因應變異、生產中斷及複雜性管理方面的成效較不理想。汽車產業或許正走向單一任務級自動化所能帶來效益的極限。下一階段在品質、運作時間、生產力與反應速度等績效的提升，將仰賴具備即時學習、適應並支援決策能力的系統，而非僅能執行固定指令的系統。

智慧製造在汽車產業的應用

下方的圖 2 採用 2026 年 Rockwell Automation 的調查資料，將汽車產業的技術部署與未來投資與產業平均值進行對照。迄今為止，汽車產業的投資意向主要集中在品質、分析與自動化系統，此與本文所述之營運優先事項一致。

製造業智慧製造矩陣

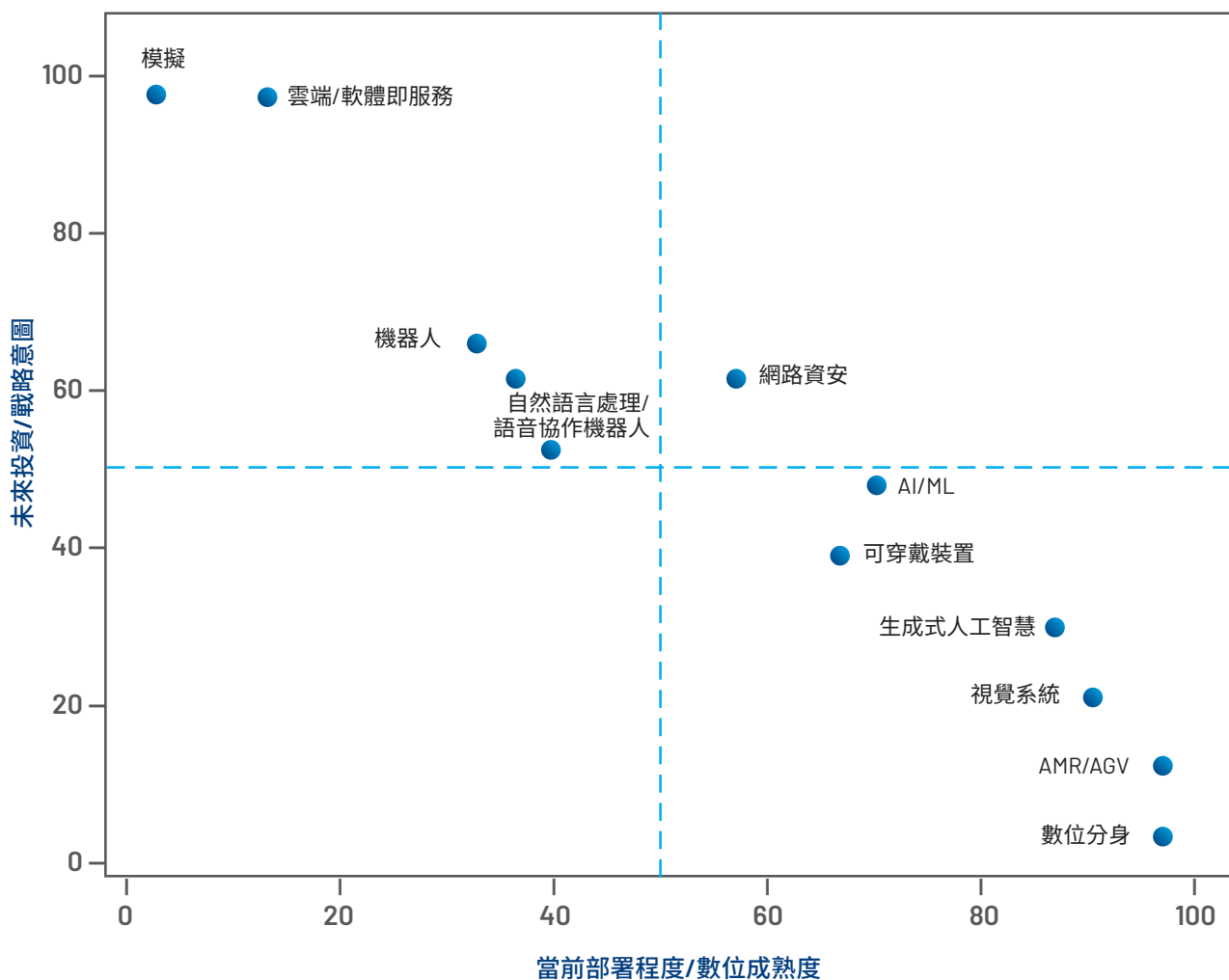


圖 2. 汽車業技術部署與未來投資矩陣

資料來源：第 11 屆智慧製造年度報告，Rockwell Automation。

方法：本矩陣採用兩項綜合指標，針對汽車產業內各個智慧製造技術類別進行對比分析。數位成熟度指數 (X 軸)：藉由汽車業受訪者填答在各技術類別中「已投資」的百分比，來衡量當前的技術採用程度。未來投資意願指數 (Y 軸)：透過合併計算規劃在未來 12 個月內與未來 5 年內對各技術類別進行投資的受訪者總百分比，以衡量未來的預期採用程度。

品質流程

過去的檢驗流程主要包含人工檢查與製程後驗證。如今自動化技術正逐步擴展至生產過程中的線上即時檢測與異常識別。AI/ML 技術主要用於支援瑕疵偵測與分類，但核心的轉變在於將品質控管流程向生產源頭端推移，亦即在問題擴散到後續組裝製程之前就及早攔截。

實際應用範例包括：用於塗裝與表面檢視的 AI 智慧視覺系統、自動化電子元件驗證、車身鈹金的線上即時異常偵測，以及可將製程參數與特定車輛或元件組裝記錄進行連結的生產履歷追溯系統。根據 CAR 的研究，當市場端出現品質問題時，具備完整追溯能力的製造商可在數小時內找出根本原因並鎖定受影響的車群，而非耗時數週。

製程監控與調整

核心製程雖已自動化，但過往的監控與參數調整往往仍高度仰賴操作員與工程師進行事後資料審查。如今愈來愈多企業部署相關系統以實現監控制度標準化以及參數調整自動化，藉此降低對不同班別人員主觀判斷的依賴，並提升跨設備的製程重現性。

範例包括：在偵測到製程偏移時自動調整焊接參數、組裝過程中的扭矩設定驗證與校準、高電子元件佔比車款的自動化校準程序，以及根據即時環境條件動態調整的噴漆參數。在先進的營運模式中，這些調整是以持續且系統性的方式自動進行，而非根據操作員的肉眼觀察才偶爾為之。

設備診斷與維護

傳統的維護決策通常是依據固定排程或採取事後被動反應的方式。如今自動化正逐步擴展至持續性診斷與狀態導向維護的工作流程中。AI/ML 技術能更早識別設備異常，在潛在問題引發故障前即予發現，進而協助減少非計畫性停機時間。

應用範例包括焊接機器人、沖壓機、塗裝線輸送帶及組裝機器人，這些設備一旦發生無預警故障，都將導致高昂的停線生產成本。採用即時監控與預測性分析的製造商指出，在特定應用中，非計畫性停機時間可減少高達 50%，整體設備效率 (OEE) 提升約 5%，且能以可量化的方式更快速地找出產線瓶頸。

生產協調與應變

過去的排程、混線排序及生產中斷應變，向來高度仰賴經驗豐富的現場生產主管。現在，人工智慧和機器學習解決方案正承擔更多這類協調工作，實現即時派工路徑、物流應變與生產復原的自動化。

以某家一級供應商為例，該公司透過將即時生產數據與自動重新排序邏輯串聯，成功減少了停線次數，並消除了過往需要主管介入才處理的應變延遲。

工程與企業職能

人工智慧 / 機器學習的應用也正在擴展至廠房以外的領域。工程團隊正在使用模擬與數位孿生工具，加速車輛開發、縮短實體原型週期，並在投入模具生產前評估製造流程的取捨。品質團隊正在利用現場至工廠的資料連結，以便在生產週期中更早識別保固問題的根本原因。規劃部門正運用數位孿生所提供的情境分析，在多變需求條件下改善生產排序與物流協調。

實務上的改變

擴展自動化與人工智慧 / 機器學習 (AI/ML) 的營運效益日益顯著，也越來越可量化。早期應用的模式一致：更多生產步驟由明確且可重複的系統所管理；問題在更接近發生源頭的位置被偵測；維護正由被動反應轉向依狀態進行；而不同班次及廠區間的決策也更趨一致。

及早偵測問題

在傳統營運模式中，品質問題通常要到產線末端檢驗、客戶端或透過保固資料才會浮現。每一個偵測點的成本都非常高昂。將偵測提前至生產流程本身，可降低圍堵成本及受影響的車輛或元件數量。

人工智慧視覺系統能在噴漆或車身作業期間識別出以往需要人工檢測的表面異常。電子驗證系統能在組裝過程中即時攔截校正與軟體問題，而非等到下線階段才發現。其實際效益在於能縮小問題車輛的防堵範圍、更快速識別根本原因，並在問題被隔離前將受影響的車輛數降至最低。

預測性維護取代事後反應式方法

傳統的定期維護排程，並未考量設備當前的實際運作狀態。在持續監控與 AI/ML 模式識別的支援下，狀態導向維護以即時的設備智慧取代了過去固定的定期排程。

早期部署結果顯示，此做法能減少 40% 至 60% 的非計畫性停機時間。對於沖壓機和焊接機器人等高利用率設備而言，停機時間的減少能直接轉化為生產成本的降低與產量的提升。

減少跨班別與跨廠區的變異

製造業長期面臨的挑戰之一，便是如何在不同班別與不同廠區之間維持一致的績效表現。資深操作員與工程師的判斷力是隨時間累積而來，而這種經驗與判斷並無法自動傳承給新進員工或轉移至其他廠區。系統引導式流程透過將最佳的作法編碼至定義明確且可重複的工作流程中，從而降低了對個人經驗的依賴。

部署標準化監控與自動化製程調整的製造商指出，其各個班別之間的品質指標表現已變得更加穩定一致。在某個車身廠的應用案例中，即時分析識別出一個先前未被單獨找出的總成焊接線瓶頸，進而使循環時間縮短了 5% 至 7%，每小時產量也增加了四台車。啟動團隊若能對製程績效擁有更高的可視性，就能在量產爬坡期間更快速地識別並解決變異，而此階段正是變異衍生成本最高的時期。

營運生產力：Autoliv 的案例

CAR 認為，身為全球汽車安全系統領導廠商的 Autoliv，在供應商層級中提供了一個極具體的實例，充分展現持續進行自動化投資所能帶來的效益。該公司指出，其直接人工生產力的成長速度明顯加快，從 2023 年的約 4% 提升至 2024 年的 8% 以上，並在 2025 年達到 9% 以上。管理層隨後已將年度生產力目標指引上調至 8%，理由是物流與現場營運端仍有進一步導入自動化的空間。

作為自動化技術的早期採用者，Autoliv 本身在生產力表現上就一直是業界的佼佼者。美國勞工統計局 (BLS) 的資料對比出此績效的亮眼之處：整體耐久財製造業在 2020 至 2024 年間的直接人工生產力平均成長率十分微弱甚至呈現負成長，範圍自 2021 年的 0.8% 到 2023 年的 -1.1% 不等，直到 2025 年才回升至 2.7%。汽車零件製造商 (NAICS 代碼 3363) 則顯現出更大的波動性，成長率從 2020 年的 -2.6% 擺盪至 2022 年 5.9% 的高峰，隨後在 2024 年放緩至 2.4% (2025 年資料尚未公布)。對照這些產業基準，Autoliv 在 2024 年達 8.1% 及 2025 年達 9.2% 的表現，充分反映出其早期且持續投入自動化所獲得的回報，該公司的生產力成長率已達整體耐久財產業的近三到四倍，此優勢在成本結構與製造競爭力上更產生了逐年複利加乘的效果。

汽車供應商生產力比較

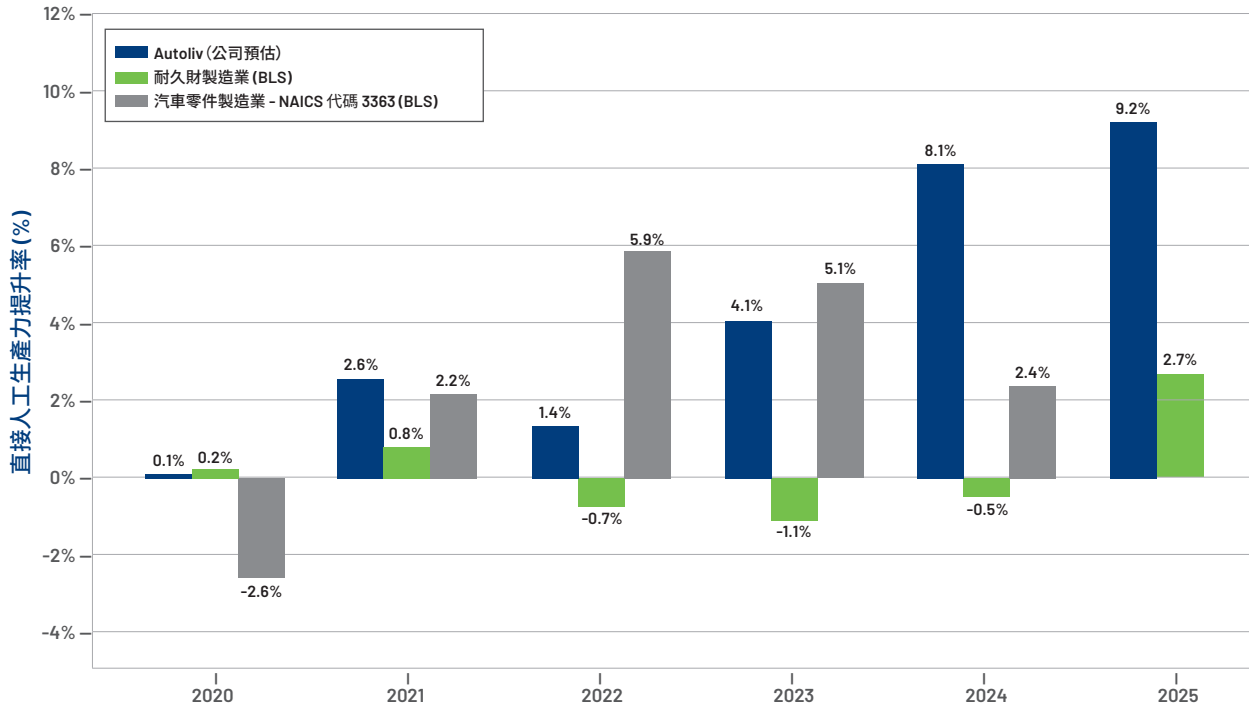


圖 3. 汽車供應商生產力比較，2020-2025 年

資料來源：BLS/BEA；Autoliv 公司預估；CAR 分析 | * 汽車零件業 (NAICS 3363) 目前尚無 2025 年資料

這代表的意義：對汽車產業的策略性影響

績效鴻溝正在顯現

早期採用者指出，無論在品質、運作時間、生產力以及啟動執行力方面，皆獲得了可量化的顯著效益。尚未進行同等投資的企業，目前仍只能仰賴舊有系統與傳統人工流程，來與這些已展現出高效益的對手競爭。此差距正逐年擴大，且根據 CAR 的訪談顯示，這已開始左右車廠的採購策略與發包定案決策。

供應鏈體系的導入進度不均

擁有全球營運規模與專職製造工程資源的大型一級供應商，在部署進度上通常大幅領先。中小型供應商則因資源較匱乏且組織內部頻寬（編制能量）有限，轉型之路顯得更為艱難。領先原始設備製造商的預期與許多供應商目前實際交付能力之間的差距，不僅顯而易見且正持續擴大。原始設備製造商在評估未來的專案時，已愈來愈將自動化能力視為關鍵指標，與成本、過往品質紀錄及產能共同納入考量。

汽車製造商的期望日益提高

隨著汽車製造商將智慧製造全面延伸至生產、工程與品質營運，他們對旗下供應鏈體系的要求也隨之水漲船高。更快速的應變能力、更穩定一致的品質以及更高的生產可視性，正逐漸轉變成基本門檻，而非相互競爭的差異化優勢。

部分汽車製造商已針對特定的零組件(類別明確提出自動化規格要求，這將直接左右採購發包的最終決策。

在地化生產將比以往更高度自動化

在關稅與貿易政策、供應鏈韌性及客戶需求的推動下，擴大在地化生產的承諾正逐步落實，然而這同時也面臨著供應鏈部分環節持續缺工的結構性限制。回流的生產模式將不同於昔日外移的生產模式：它將更具自動化、資料更為密集，且需要不同的勞動力技能組合。

未來的現場營運將高度仰賴系統監控與製程工程，而非傳統組裝作業中的直接人工勞動力。計劃推動此轉型的製造商，必須相應地將員工技能培訓、廠房規劃以及資本支出納入整體考量。

未來展望與下一階段

對於在自動化部署方面已取得顯著進展的製造商而言，下一階段的核心在於結合自動化並善用 AI/ML 技術，而不僅僅是導入新的系統。發展重點正轉向將這些工具加以整合，從而在產量、生產力與製程一致性上帶來可量化的實質提升。AI/ML 已日益成為製造商全面釋放其自動化投資價值的關鍵途徑。

產量與生產力

許多製造商雖然已經部署了監控、分析和自動化系統，但這些系統之間尚未完全整合，也未獲得充分利用。消除這些整合落差，正是下一階段提升績效的重點。將品質控管、設備維護與生產協調等工具進行更完善的整合，無需額外的資本支出即可提高產量。在許多作業中，瓶頸往往不在於硬體產能，而在於「資訊延遲」：亦即從問題開始浮現到正確的人員能採取行動之間的時間差。

更快速的偵測與應變

縮短應變週期是貫穿品質、維護與生產協調的核心營運目標。一個能在設備故障發生前 10 小時就識別出潛在異常的系統，其價值遠高於一個在故障前 10 分鐘才發出警報的系統。一個能在影響 10 輛車之前就攔截到製程變異的品質系統，其價值遠高於一個等到下線階段才發現問題的系統。AI/ML 在製造業所帶來的競爭優勢，本質上在於「速度」：也就是縮短從問題發生到徹底解決之間的時間。

設計、製造與營運之間更緊密的結合

長遠的發展方向是建立高度整合的系統，以目前架構所無法支援的方式，將工程、製造及市場端營運緊密串聯。來自市場端的品質資料，能近乎即時地回饋給工程設計端。製造過程的製程參數，能與車輛在市場實際行駛的性能表現進行關聯分析。生產規劃系統能將現場實際的製造能力限制納入考量，而非僅依據理論上的產能進行排程。

要實現這樣的整合絕非易事，需要資料基礎設施、組織跨部門協調以及流程紀律，而這些都是大多數製造商目前仍在建構的能力。然而，率先達成此目標的企業，將在產品開發速度、品質表現與成本結構上獲得難以快速複製的優勢。

供應商轉型

對於尚未在自動化和 AI/ML 領域進行重大投資的供應商而言，能夠在不受市場淘汰衝擊下迎頭趕上的機會之窗正在縮小。原始設備製造商的期望正在提高，採購評選標準也不斷演進，領先與落後供應商之間的營運差距正日益擴大。CAR 的訪談指出，對大多數中型供應商而言，正確的起點並非推動全面的數位轉型計畫，而是找出兩到三個高影響力的應用環節，讓投資能迅速帶來可量化的成果，並以此為基礎逐步擴展。

關鍵要點

- 汽車產業轉型的起點，是建立在早已領先業界的自動化水準之上。當前的核心轉變在於自動化與 AI/ML 應用的「範疇」與「方法」，而非從零開始建構基礎設施。
- 此波自動化正擴展至過去高度仰賴人工、充滿變異或依賴作業員經驗的領域，包括：電子組裝與驗證、線上即時品質流程、設備診斷以及生產協調。
- AI/ML 技術正推動並支援此一範疇的擴展。其核心價值在於優化自動化與人工系統識別問題的機制、支援維護決策、精進品質流程，並有效管理因多元動力系統混線生產與車用電子元件比例提升所帶來的複雜度。
- 早期的轉型成果皆是可量化的。製造商指出，透過即時生產分析，特定應用的非計畫性停機時間減少了高達 50%，整體設備效率 (OEE) 提升約 5%，且產量增加了 5% 至 7%。CAR 認為，Autoliv 的生產力成長率從 2023 年的約 4% 加速至 2025 年的 9% 以上，正是持續投資所能帶來成效的最具體指標之一。對比來看，2025 年耐久財製造業的平均生產力成長率僅為 2.7%，而截至 2024 年的數據顯示，汽車零件業 (NAICS 代碼 3363) 的年成長率則介於 -2.6% 至 5.9% 之間。
- 績效鴻溝正逐步顯現。企業在自動化部署與 AI/ML 應用上的差異，已導致領先與落後的製造商及供應商之間，在品質、運作時間與成本績效上產生了可量化的顯著差距。
- 整個供應鏈體系存在的差距，將帶來關鍵性的策略影響。針對特定零組件的採購決策，除了傳統的成本與品質標準外，已日益將自動化能力與製造穩定性的評估納入考量。
- 在地化生產將需要更高程度的自動化。在勞動力市場緊縮的情況下，重回國家 / 地區國內廠區的生產線必須具備成本競爭力，這意味著需要導入更多 AI/ML 應用。
- 領先企業的下一階段核心在於提升整體績效，而非僅僅是擴大系統部署。發展重點正從單純導入自動化與 AI/ML 工具，轉向如何從現有的基礎設施中，榨取出可量化的產量、生產力與應變能力效益。

本白皮書由汽車研究中心(CAR)撰寫，並獲得 UHY Consulting Ted Mabley 的協助與貢獻。智慧製造調查資料源自 Rockwell Automation 第 11 屆智慧製造年度報告。公司營運績效資料源自公開財報與 CAR 訪談。生產力對比資料源自美國勞工統計局 (BLS) 與經濟分析局 (BEA)。



CENTER FOR
AUTOMOTIVE
RESEARCH

如需更多資訊，請聯絡：

Rockwell Automation

Wendy Frostino

Wendy Frostino 全球策略行銷經理
汽車與輪胎、電動車、電池產業

wfrosti@rockwellautomation.com



請與我們聯絡。    

rockwellautomation.com

expanding human possibility®

美洲地區：Rockwell Automation, 1201 South Second Street, Milwaukee, WI 53204-2496 USA，電話：(1) 414.382.2000

歐洲／中東／非洲地區：Rockwell Automation NV, Pegasus Park, De Kleetlaan 12a, 1831 Diegem, Belgium，電話：(32) 2 663 0600

亞太地區：Rockwell Automation SEA Pte Ltd., 2 Corporation Road, #04-05, Main Lobby Corporation Place, Singapore 618494，電話：(65) 6510-6608

台灣洛克威爾國際股份有限公司 Rockwell Automation Taiwan Co., Ltd. www.rockwellautomation.com.tw

台北市104建國北路二段120號14樓

高雄市80052新興區中正三路2號19樓A室

Tel: (886) 2 6618 8288

Tel: (886) 7 9681 888

Allen Bradley 與 expanding human possibility 皆為 Rockwell Automation, Inc 的註冊商標。
其他商標為其各自公司的財產。

出版物 AUTO-WP010A-ZC-P - 2026 年 6 月

Copyright © 2026 Rockwell Automation, Inc. All Rights Reserved. 美國印製。