

扣件與緊固工具廠商導入 AI 的執行困境與對策

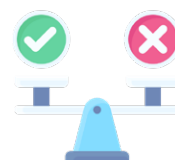
一、導言：從 AI 藍圖願景回到工廠現場

隨著 AI 已逐步導入緊固工具與扣件等傳統製造產業，應用層面涵蓋智慧報價、圖面辨識、模具調校、鍛造力監控、金相判讀、智慧排程與庫存預測等，並在縮短作業時間、提升設備稼動率、降低漏檢及改善庫存週轉等方面展現效益。但在實務上緊固工具與扣件業常出現「概念驗證（PoC，Proof of Concept）可行，實際產線卻難以持續運作」的落差。較務實的導入方式，是從可量測、低風險且效益明確的場域切入，例如：金相辨識、調模導引、智慧報價、動態排程或庫存預測，再逐步串聯資料、固化判斷邏輯，將現場經驗轉為可運用的模型與知識資產。然而，傳統產線仍普遍存在設備介面不一、製程資料不足、急單插單、人工調度及跨部門資訊斷裂等問題，許多關鍵判斷更高度依賴老師傅經驗，使 AI 導入同時面臨硬體、數據、流程與組織等挑戰。本文將從工廠實務出發，分析 AI 導入的主要困境，並提出可執行的改善對策與未來發展方向。

二、傳統業者導入 AI 的四大執行困境

茲將傳統緊固工具與扣件業者導入 AI 所遇到執行困境整體如【表一】，並分別說明。

▼ 表一、傳統業者導入 AI 的四大執行困境



面向	現場常見狀況	AI 卡關原因	改善方向
硬體	老設備缺聯網、訊號不足	無法即時監測與預警	外掛感測、AOI、單機試點
數據	紙本、Excel、ERP 並存	標註不完整、難穩定訓練	欄位標準、標籤與知識庫
流程	少量多樣、急單插單	排程規則常被臨時事件打斷	動態排程、缺料模擬
組織	抗拒改變、人才斷層	系統使用率低、難擴散	Quick Win、KPI 治理、培訓

〔註〕：「Quick Win」：意即快速見效項目或速贏策略，具低投資、低風險、執行期短之特性。

（一）硬體困境：老舊設備缺乏數位化

1. 機台離線與製程訊號斷點：傳統扣件產線瓶頸是設備缺乏即時數位採集能力，若打頭、搓牙、熱處理及表面處理設備沒有標準介面，AI 難以穩定取得壓力、溫度、節拍、震動與稼動等訊號，只能掌握不良結果，卻無法追溯形成過程。因此實務導入通常先從單機訊號擷取、模具監控或線上視覺檢測切入，而非以為直接建置整廠中控便已完成硬體建置。
2. 黑盒設備與即時判讀受限：即使取得資料，也未必能有效判讀。影像辨識必須先解決「看見」，再進入「判斷」；光學條件決定訊號品質，模型則負責解讀。若鏡頭位置、照明、ROI (Region of Interest，影像指定檢測區域)、判定門檻與異常規則未整合設計，即使導入 YOLO (You Only Look Once，即時物件偵測技術) 或 AOI (Automated Optical Inspection，自動光學檢測)，也難形成可落實的現場判定。



(二) 數據困境：資料品質低落與經驗難以結構化

1. 師傅經驗難以轉成資料：傳統產線仰賴老師傅對模具磨耗、熱處理異常、金相組織與設備聲響的經驗判斷，但這些知識沒法明確拆解為可標註、可追溯的資料欄位。實務案例顯示，關鍵不僅是模型辨識，而是先建立圖像資料庫、判讀規則與品質監控指標，讓檢驗時間由 1 至 2 小時縮至 15 至 30 分鐘，並減少 70 至 80% 的檢測人力需求。
2. 紀錄不一致使模型難以穩定：異常紀錄若缺乏標準化分類，照片、批號、製程條件、設備狀態與判退原因又分散於紙本、Excel 或不同生管系統，資料便難以相互對應，AI 也難以從這些零散資料中正確學習各類異常的特徵與判斷規則。

(三) 流程困境：急單插單造成排程失效

1. 少量多樣讓靜態排程快速失真：扣件排程須同步考量盤元到料、模具可用性、前後段產能、外部協力廠時程及交期承諾，非單靠先進先出即可運作。一旦急單插入、物料短缺或製程異常，排程將快速失真並直接影響齊料率、準交率與產線利用率。
2. 人工改單削弱模型穩定性：許多工廠長期依賴生管人員臨場協調與人工改單，雖具彈性，卻使排程邏輯與決策規則隱藏於個人經驗。若未先將甘特圖法則、製程限制、物料條件及生產規則結構化，AI 僅以排程結果，不足掌握決策邏輯，降低模型穩定性與可持續性。

(四) 組織困境：基層抗拒與跨域人才不足

1. 對 AI 取代工作的焦慮：基層人員對 AI 導入仍擔憂受到取代，如品管人員憂慮 AOI 取代人工巡檢，生管人員擔心智慧排程削弱專業判斷，技術人員擔憂製程經驗被系統取代。因此生成式 AI、自動化協作、跨部門應用及程式視覺檢測等教育訓練，是降低阻力的基礎。
2. 缺乏跨域技術與管理中間層：產業面臨供應鏈數位基礎不足與技術人才不足等問題時，關鍵欠缺的是能同時理解製程、資料結構、設備邏輯與現場管理的跨域人才，AI 系統將因此難以從 PoC(概念驗證) 進入現場部署、維運與改善機制。

三、讓 AI 成功落實的四大解決方案



(一) 輕量化數位改造

1. 用外掛感測與視覺模組建立數位可視性：務實作法並非全面汰換設備，而是透過外掛感測器、工業相機、AOI 與單機資料採集，補足既有設備的製程訊號。在取得穩定的影像與製程資料後，則可進一步導入視覺 AI、支援分類、偵測、分割與追蹤等任務，現場可先從受控區域的高速檢測、瑕疵辨識與品質篩選切入。
2. 提升設備稼動率與決策效率：產線影像與多項即時製程訊號，產線影像與多項即時製程訊號，可透過 Edge AI (邊緣 AI) 直接在產線端進行推論，降低資料傳輸延遲，使判斷結果與製程同步。導入成效除模型準確率外，更應評估漏檢率、誤判率、推論延遲與設備節拍等端到端 KPI，才能支援即時剔除、告警、停機或調參建議。

(二) 人機協同經驗傳承數位化

1. 先把老師傅判斷轉為標註規則：經驗傳承數位化並非取代資深師傅，而是將其判斷邏輯結構化。例如：裂紋判退標準、金相組織複判條件、模具磨耗特徵及調模順序，可轉化為異常碼、影像標籤、設備條件與處置規則，形成可供 AI 訓練與驗證的資料，使原本依賴口傳與手感的製程知識標準化。
2. 建構 AI 為技術傳承與決策輔助工具：AI 適合先承擔 SOP 查詢、歷史資料比對、異常提醒及初步診斷，再由現場人員進行最終判斷，結合知識庫與 RAG(Retrieval-Augmented Generation, 檢索增強生成)，可將製程規範、調模經驗、異常處置及品質判定集中於知識庫管理，並根據內容回應相關的製程判斷。

(三) 建立動態彈性排程機制



1. AI 先提供排程建議再由生管決策：AI 排程不宜直接取代生管，而應整合訂單、物料、設備產能、模具、工時及外協時程，產生可行的排程建議，再由生管依急單、客戶需求及現場狀況進行微調，達成可兼顧演算法的資料分析與生管人員實務判斷的人機協同模式。
2. 把缺料、異常與插單納入模擬：智慧排程的價值不只在產出甘特圖，更在於因應缺料、設備異常、急單與外協延誤等例外狀況。透過整合訂單、物料需求、交期、庫存基準線及設備狀態，可動態調整工單優先順序與開工時間，兼顧齊料率、庫存週轉、設備利用率及準交率，使排程由靜態規劃轉為即時調整的生產決策機制；茲將扣件廠 AI 應用導入成熟度與優先啟動情境對照表如下【表二】。



▼ 表二、扣件廠 AI 應用導入成熟度與優先啟動情境對照表

解法方向	優先啟動情境	KPI 指標	適合成熟度
輕量化改造	AOI、鍛造力、單機監控	漏檢率、停機率、稼動率	低到中
經驗傳承數位化	金相、調模、SOP 查詢	檢驗時間、上手時間、命中率	中
動態排程	線材庫存、齊料、急單模擬	庫存天數、準交率、齊料率	中
敏捷轉型	AI 報價、客服、預測維護	回應時間、客訴、維護成本	低到中

(四) 敏捷式轉型與利益共享機制

1. 從 Quick Win 找到成功場域：AI 轉型宜優先選擇效益明確、風險較低的「Quick Win（快速見效項目）」，如：智慧報價、AI 客服、鍛造力監控及品質檢測。透過縮短處理時間、提升良率與降低漏檢，快速驗證導入效益、建立現場信任，再逐步擴展至其他製程與管理環節。
2. 以明確 KPI 衡量成效並推動跨部門 AI 應用：AI 導入應設定可量化 KPI，如：報價時間、客訴結案時間、良率、漏檢率、設備稼動率、庫存週轉及人力工時。透過生產與營運指標持續檢視成效，使 AI 由資訊技術專案轉為業務、生產、品保與設備部門共同使用的決策輔助工具，並作為後續擴充與資源投入依據。

四、扣件業 AI 化的未來展望



(一) AI 能源管理與碳排預測

1. 建立高耗能製程的能源數據管理：扣件業 AI 應用可由品質與排程延伸至能源管理。熱處理、表面處理、空壓系統及大型成形設備皆屬主要耗能環節，應建立分站、分機台的能源資料，串接用電、設備狀態、製程參數、產量及重工率，作為分析製程能效與產品碳足跡的資料基礎。
2. 由碳管理延伸到成本與訂單競爭力：能源資料與生產批次、製程條件及設備狀態串接後，可運用 AI 進行碳排預估、異常能耗預警與能源最佳化，並將能耗納入排程及成本分析，提升節能減碳、產品碳足跡管理及成本估算能力，並強化報價與接單競爭。

(二) 從單點 AI 邁向產業鏈 AI

1. 扣件與緊固工具的共同點與差異：扣件與緊固工具均可應用圖面辨識、AOI 檢測、智慧排程、知識查詢及庫存管理，但兩者在製程上側重點不同。扣件著重冷鍛、搓牙、熱處理及表面處理的製程監控與品質判定；緊固工具則偏重零件辨識、裝配一致性、扭力校正、功能測試與壽命管理。前者重視製程參數與微觀品質，後者則著重裝配、性能測試與產品追溯。茲就扣件與緊固工具加工製程特性與 AI 基礎差異整理如下【表三】。
2. 從智慧工廠升級為智慧產業鏈：AI 若僅應用於單機或廠內系統，整體效益有限。未來可逐步串聯上游材料、模具與牙板，中游成形加工，以及下游熱處理、表面處理與物流資訊，建立跨製程、跨廠域的資料協同機制。透過供應鏈資訊共享與 AI 分析，可提升異常應變、交期協調及資源配置效率，推動智慧製造由單點應用邁向智慧產業鏈。

▼ 表三、扣件與緊固工具的共同點與差異

面向	扣件	緊固工具	相同 AI 基礎
製程核心	成形、搓牙、熱處理、表面處理	零件加工、裝配、扭力與功能測試	視覺辨識、資料整合、追溯
品質焦點	金相、尺寸、表面缺陷	裝配正確、扭力、壽命異常	AOI、預警、知識庫
管理焦點	排程、齊料、盤元與外協	BOM、零件版本、售後維護	報價、排程、客服、庫存



五、結論：數據流轉速度決定未來競爭力

- (一) AI 不是取代傳統製造，而是強化製造經驗：AI 並非完全取代現場人員，而是透過數位化與 AI 工具，將長期累積的製程經驗轉化為可傳承、可追溯及可持續應用的數位能力；從金相檢測、模具調校、SOP 查詢到智慧報價等應用顯示，AI 核心價值在於將分散於人員與製程中的經驗與知識系統化，提升技術傳承與生產決策效率。
- (二) 扣件業應從小規模、低風險場域逐步導入：先做可量測的單點應用，再逐步擴展到整線、整廠與供應鏈，是目前最適合傳統扣件廠的路徑。這種方法既能降低導入風險，也最容易累積現場信任。
- (三) 未來競爭力將取決於數據、模型與組織應變能力：未來扣件產業的差異化，不只在設備或價格，而在於誰能更快把資料流、決策流與回饋流連成閉環。當數據流轉速度快於競爭對手，AI 才會真正轉化為交期、品質、成本與服務的長期優勢以及產業競爭門檻。■

