



邁向智慧製造時代

產業智機化的大未來

未來的智慧工廠究竟呈現什麼樣貌？2018年「台北國際智慧機械暨智慧製造展」(iMTduo)中，工研院運用智慧機械、自動化設備、工業機器人等技術結合物聯網、資通訊科技，所打造軟硬系統整合的智慧製造解決方案，為台灣產業建構工業4.0的實力。



工研院設計研發的智慧機上盒，可輕鬆加裝在舊型設備機台上，協助製造業不需花鉅資更換設備就可升級智慧製造。

撰文／魏茂國

經濟部統計，2017年台灣機械出口金額高達256億美元，機械設備產值也達到1.1兆元、較2016年成長11.1%，創下歷年新高；顯見在全球智慧製造的趨勢發展下，結合台灣優勢的資通訊實力，有利台灣機械產業升級轉型，進一步爭取海外商機。

工研院機械與機電系統研究所所長、智慧機械推動辦公室副執行長胡竹生表示，未來製造業應具有少量多樣的生產能力，相對其他工業強國，台灣更有機會運用電子電機、機械、資通訊等優勢，整合產、官、學、研力量共創「產業智機化、智機產業化」。

在今年的台北國際智慧機械展中，工研院結合機械、資通訊、電光、微系統、雷射與積層製造等領域，及相關業者，以智慧製造的架構規劃「感測控制」（IaaS）、「聯網平台」（PaaS）與「應用服務」（SaaS）3個層次的技術展區，將智慧製造的基礎建設、雲端運算平台與應用軟體，全部服務化，共同展出智慧製造領域的創新技術，呈現未來智慧工廠的樣貌與可能。

智慧製造3層架構 助企業快速升級

資訊透明是工業4.0的第一步。透過感測平台，掌握所有機台設備的運作，以及各種工件產品的生產狀況，才能判定並採取下一步智慧製造流程。以「高精密3D視覺檢測系統」為例，利用3D視覺感測器精準掃描3D的生產物件或場景，並結合3D與2D的影像融合分析，可即時在線上進行量測，或是作為瑕疵檢測的工具，可滿足高精密產品的數位自動全檢需求，目前國內已有航太與自行車業者導入使用。

從感測平台獲得相關數據後，接下來要透過聯網平台來蒐集分析數據，並將結果回饋至產線，實現智慧化生產。在此架構下，現場展示的「NIP公版聯網服務平台」，可擷取來自跨廠區或整廠、整線設備的巨量資料，同時進行資料儲存與即時分析運算，並提供可視化工具和機器學習函式庫等功能，業者可利用此工具自行開發物聯網資料加值應用服務，降低平台導入的時間與成本。例如數位控制器廠商就可利用此服務平台，讓設備機台的製作件數、稼動率、機台使用率，甚至是機台運作的異常警示等，都能連結系統呈現在螢幕面板上，產線數據「看得見」，有助於快速調整改善製程，讓生產更順暢。

在智慧製造的現場，目前已有許多工作都可改由機械手臂來執行，不僅能夠做得更快、更好，還能減少人員意外。但面臨不同類型的產品時，「教」機械手臂如何工作就相當重要。應用服務之



高精密3D視覺檢測系統，以電腦視覺技術檢測工件外型，並可視檢測結果調整參數。

一的「智慧型虛擬擴增實境（VR/AR）機械手臂教導」技術，就是針對噴塗、拋光、焊接、去毛邊等加工製程，建置如同工廠內的虛擬環境，利用動作捕捉技術偵測、追蹤與定位真人手勢，再讓機械手臂按照手勢移動軌跡作業，減少重新撰寫程式需耗時來回驗證修改，甚至可從遠端輸入軌跡資料，直接導入機械手臂使用，讓機械手臂也可以做出精巧工藝。

在許多生產環境中，仍有不少需要人機協作、或是人機處於同個工作區間的狀況，要如何讓人機共工更安全、有效率，也是不可或缺的智慧應用技術。2017年底自工研院新創成立的原見精機，就提出通過ISO國際規範、並獲國際大廠採用的「機器人觸覺感測技術」，可在既有的工業機器人上升級，加裝靈敏的表面觸覺感測裝置，不受荷重或物體材質影響，只要發生碰撞就會立即啟動防護機制停止運作；或是利用相同技術規劃人機協作空間，若有人員進入協作空間，觸發感應，機器人就會降速運轉，便於檢查生產狀況或工件品質等作業。

整合虛實的智慧製造產線

智慧製造必須串聯每個生產流程與步驟，讓每段製程都能「瞻前顧後」，使整條產線變得更智慧。現場展示的「運具產業網宇實體系統（Cyber-Physical Systems；CPS）製造產線」，就是以汽機



車零組件等產品，展現虛實整合的技術特色。

由於傳統製造業的機台設備新舊不一，有些已經是10多年前的機台，這樣要如何連網溝通？考量到台灣製造業者現有的機器設備大多未具備智慧連網功能，為使更多業者能體驗導入工業4.0的好處，工研院設計研發「工業製程通用型智慧機上盒」（Production Information Box；PI Box），只要加裝在舊型設備機台上，不需耗費鉅資更換設備，就可經由感測器擷取各項資訊加以應用，提升生產設備的智慧化程度。

為了讓不同的機台「講同樣的話」，工研院依照歐洲塑膠與橡膠機械製造商協會（EUROMAP）提出的射出成型機國際規範標準，專為工業4.0需求開發「射出成型機智慧機上盒」（Injection Moulding Information Model Box；IM² Box），讓射出成型機能以OPC-UA的通訊標準傳輸製造資訊，並與製造執行系統（Manufacturing Execution System；MES）整合，確實掌握生產狀態及製程參數的變化。

產線上工件的即時檢測，則是確保智慧工廠的產出快速精準的要件。產線上的塑膠工件，可透過「曲面輪廓尺寸檢測模組」，只需一般相機拍



當人員進入工作區域時，人機協作安全情境模組會自動降至安全速度，保護人員工作安全。

攝的2D影像，就可在線上快速完成3D工件的外型檢測，並將檢測結果回饋，用以調控制程參數；或是運用雷射掃描的「3D曲度檢測模組」為工件建模，分析工件的曲度品質、外觀輪廓等；內建演算法的「快速品質量測技術」，不只能測量幾何公差，還能與工件設計圖檔比對運算，確保正確無誤。此外，主要應用於迴轉機械的「設備預兆診斷系統」（Prognosis Monitoring System；PMS），則可分析設備運作時的震動訊號與模



運具產業
CPS
製造產線模組

製程設備數據聯網
(SMB)

在傳統製造設備上加裝
智慧機上盒。



曲面輪廓尺寸
檢測模組

以相機拍攝2D影像，在線上
快速完成3D工件的外型檢
測，並依檢測結果調控制程
參數。



3D曲度
檢測模組

運用雷射掃描分析
工件的曲度品質、
外觀輪廓。



態，搭配系統內建的專家知識及人工智慧演算法，掌握設備的健康狀態，達到預兆診斷、預防保養等功能。

智慧製造最大的特色與價值，莫過於製造數據的收集、分析再回饋產線，達到參數最佳化、產能模擬等附加價值，這次展出的「熱塑變形製程參數優化」就具備這樣的功能。這些輔助射出成型製造的智慧技術，還能結合生產週期、模具、機台、材料的管理，共同整合成「射出成型智慧製造整合方案」（Intelligent Manufactory 4.0；iMF4.0），協助製造業者確實掌控生產狀態，達到智慧製造的最佳生產模式。

展現未來智慧工廠樣貌

現場也以自行車花鼓產品的加工製程，作為「工具機智慧工廠」的動態示範產線。當中的「稼動率監控系統」以簡單易懂的可視化介面，從遠端就能監控各廠房及各機台的稼動狀況，協助管理者評估產線安排；「自動刀具路徑產生技術」（iCAM）僅需要輸入工件的電腦輔助設計（CAD）檔案，加上特徵自動辨識模組，就能自動計算出最

佳的刀具加工路徑，比起傳統由人為經驗判斷，可縮短規劃時程80%以上，並提高量產時的加工效率50%以上。

於「生產排程管理系統」中，則介接了企業資源規劃（Enterprise Resource Planning；ERP）與製造執行系統等資訊，加上機台、人員、工具、物料等資源，可透過演算法自動產出生產排程，甚至在插單等訂單需求變動下也能快速重新排程，幫助管理人員掌控生產狀況。經由工具機生產的工件，目前雖然可在線上進行簡易量測與檢查，但仍無法精確得知工件精度，運用「智慧自動化量測系統」，可利用機器人自動上下料，夾取工件進行3次元量測，不只能減少由人工換料的時間，還可將量測結果上傳至雲端系統，以建立產品資訊、提升品管效率，且能符合少量多樣的生產模式。

從製程感測、智慧連網、線上即時檢測、智慧生產排程、稼動率監控與產能模擬、設備故障預診斷，甚至連上企業ERP與MES系統，智慧工廠可望集精確、快速、彈性與客製化於一身，真正回應製造服務化的世界製造趨勢。■

快速品質量測技術

測量幾何公差，並與工件設計圖檔比對運算，確保正確無誤。



設備預兆診斷系統 (PMS)

分析設備運作時的震動訊號與模態，搭配系統中的人工智慧演算法，掌握設備的健康狀態。



熱塑變形製程參數優化

收集製造數據，分析後再回饋產線，達到參數最佳化、產能模擬等附加價值



iMF4.0射出成型智慧製造整合方案

整合生產週期、模具、機台、材料的管理，協助業者掌控生產狀態。

