

迎向智慧機械大未來

智慧感測器應用廣 製造與消費齊受惠

工研院於南臺灣創新園區舉辦「創新技術發表暨研討會」，會中分享「臺灣智慧機械發展契機與展望」，以及「智慧感測器導入工業應用的發展趨勢」等主題，並展出多項智慧微系統、物聯網應用技術，期許集合各界能量，推動產業區域創新價值。

整理／胡家璇 攝影／謝慕郁 圖片提供／工研院

第一次工業革命以蒸汽機帶動機械取代人力，第二次工業革命使用電力與內燃機達成量產，第三次工業革命由電資科技和數位控制使生產自動化。而如今，世界正邁入網宇實體系統（Cyber-Physical System；CPS）、巨量資料（big data）、物聯網（Internet of Things；IoT）、3D 技術組成的第四次工業革命，亦即所謂的「工業 4.0」。

智慧機械為工業 4.0 的基石

工業 4.0 為全球製造業大勢所趨，2015 年全球製造業物聯網市場規模約為 529 億美元，預估 2020 年將成長至 1,332 億美元，年複合成長率達 20.3%。

製造業使用物聯網的主要用途為預測修護及製造流程最佳化，也就是製造商藉由物物相連的供應鏈，不僅能在銷售前了解產品在特定狀態下的操作效能，銷售後亦能蒐集客戶端的使用狀況資訊，並回饋到設備製造端，同時監控設備健康狀態，提供預測保養計畫，建立完整的生產履歷。如此的「智慧機械」便是實現工業 4.0 的基石。

智慧機械主要包含四大要素：機台本體，包含結構件與完成特定功能所需的驅動器與傳動裝置；智慧感測器或感知模組；資料儲存、運算與控制模組（包含

演算法、數位化模型與控制程式）；和通訊模組，因此能在未知與多變的環境下感知周遭，並透過各類控制模型，自動調整機械本身的反應活動來完成特別的任務。

智慧感測器方興未艾

工業 4.0 仰賴智慧機械，智慧機械則仰賴智慧感測器充當連網裝置的五感，負責前端資料蒐集與辨識，再將訊號即時送至後端，交由雲端運算分析，以隨時調整參數，提升製造精確性。

根據 IEEE1451 標準定義，智慧感測器是內建有小型記憶體和標準化實體連結能力的感測器，能與處理器和數據網路溝通，以完成訊號探測、變換處理、邏輯判斷、功能計算、雙向通訊、多點傳感，內部可實現自我辨識、檢驗、校準、補償、診斷等部分或全部功能，精確性遠優於傳統感測器，目前較常應用在壓力、溫度、加速度、位移等數值的量測。

而智慧感測器主要應用領域則包括航空與國防、汽車工業（廢氣排放系統、懸吊系統、安全氣囊及加速計等）、程序控制、能源環保業（如瓦斯業、電力工業、熱能、水力電廠、焚化爐等）、醫療照護、環境及交通監控、智慧家庭、消費性電子等等。



2016 南臺灣產業創新研發成果展以「創新領航 蜂潮再起」為主題，期許集合產官學研能量，共同推動南臺灣產業區域創新及價值創造。

工研院智慧微系統科技中心經理蘇中源在談到智慧感測器導入工業應用時指出，以雷射掃描為核心技術，整合 3D 輪廓量測演算法，以及多自由度運動平台定位，建構全自動化的非接觸檢測系統，達到高重複精度及量測速率的效能，可於產線上提供前所未有多樣化的零組件品管檢測，擺脫過去曠日廢時的往返量測室，並透過數位化的檢測資訊，工件品質具可追溯性，可簡易連結工業 4.0 生產系統，技術應用產業，包含汽機車精密零組件、工具機產業、電子及印刷電路板產業和航太工業等。

智慧感測器工業應用實例

德商 DMG MORI 為機床、車削中心、車床、超音波與雷射加工方面的世界級製造商，正在進行一項名為「Machine tools 4.0」的智慧工具機研發計畫。Machine tool 4.0 原型機以裝置在機內各運動軸系上的軸承，作為機台運作狀態監控資料來源，再透過巨量資料分析處理大量即時資訊，讓智慧工具機具有更高的生產效率與可使用性，和更低的能源消耗。

此外，該公司並將 Machine Tool 4.0 研發成果轉化為 Sensor package i4.0 方案，新功能包括：機台保護控制（Machine Protection Control；MPC），使用安裝在

主軸的感測器量測震動狀況；主軸伸長感測（Spindle Growth Sensor；SGS），使用感測器偵測與進行主軸變形補償；刀具交談系統（Tool Dialog System；TDS），使用非接觸讀寫方式進行刀具資料管理；以及冷卻液流量監控，確保冷卻效能。

臺商高聖精密生產鋸床為主的各種金屬加工設備，透過以網宇實體系統（CPS）理論為基礎的智慧維護系統中心（Intelligent Maintenance System；IMS），開發機台健康預測平台，也是全球第一家在鋸床上裝感測器的公司。

鋸床上的智慧化健康感測器能分析即時傳回的數據，得知機台健康狀態，提供診斷與預報和異常狀態警示。對機台供應商而言，其研發團隊能累積知識，進行迴路式產品改良設計；機台使用者則可安心生產、即時應對與監控。而感測器的維護時程規劃和機台運作歷史紀錄則可讓料件供應商事先備料，讓供應鏈管理更有效率；服務供應商則可遠距診斷，進行失效因素分析和預測性維護。

推動方案 建立市場競爭力

2016 年 7 月行政院通過智慧機械產業推動方案，正式將智慧機械列為政府五大創新產業計畫之一，旨在



目前將智慧感測器用於工業製造為大勢所趨，強調的是可靠生產、高耐用度、長期穩定，且因應用環境多變，客製化程度相當高，不易跨過技術門檻。

工研院智慧微系統中心副主任 范玉玟

建構智慧機械產業的新生態體系，使臺灣成為全球智慧機械研發製造基地及終端應用領域整體解決方案提供者。

工研院產業經濟與趨勢研究中心（IEK）經理熊治民於演講中表示，臺灣欲發展智慧機械技術與產業，必須先建構結合感測器、機器學習、擴增實境、網宇實體系統等技術的商業模式，在利基型應用市場建立能協助客戶創造價值的產品與服務。接著透過智慧機械方案應用實施與擴散，協助國內機械產業與製造業能在成本、品質、交期、售後服務領域建立市場競爭力。

他舉例說，在工具機上裝五軸 3D 列印機，集車銑、研磨、金屬 3D 列印、材料改質等多功能於一體，一機多用。機器人未來的趨勢，則是在傳統機器人上加裝感測器後，再加上人工智慧，讓機器人進行深度學習後彼此分享知識。東元的智慧馬達和上銀的智慧滾珠螺桿，便是臺灣逐步轉向智慧生產線和智慧機械元件應用的例證。

工研院為產業智慧機械化的重要推手

為推動臺灣智慧機械產業，工研院在經濟部的支持下，扮演串聯產業上、中、下游業者的角色，希望孕育出具代表性的物聯網智慧感測產業供應鏈。目前工研院已開發出多款以智慧感測為主的平台裝置，研討會現場便展出有十幾項創新技術，遍及生活中食衣住行各層面，包括以下技術應用：

「蔬果農藥清洗檢測系統」使用微機電（MEMS）感測技術，針對市面上常見的水溶性農藥檢測特定吸收

光譜，再推算農藥殘存量，只要將蔬果放進結合感測器的「智慧洗菜機」，再搭配專屬手機應用程式，就能即時檢測洗菜機裡的蔬果是否還殘存農藥。

「雷射 3D 掃描量測系統」以雷射掃描為核心技術，整合高解析雷射測頭、高速感測取樣控制、全域 3D 點雲空間重建技術及 3D 輪廓掃描量測演算法，以更精密測量汽機車、航太、3C 零組件和模具。

「移動式視覺導引機器人系統」可讓無人搬運車乘載六軸機械手臂，大幅提高系統的運作彈性與智能化



3D 視覺智慧導引系統可在任意堆疊環境感知多組取放工件之 3D 姿態，再以 sensor fusion 整合提供機械臂最佳取放運動路徑。

程度，亦可配合生產管理，運用於倉儲搬運和紡織業，進行風險高、易缺工的任務。

「3D 視覺模組及影像辨識技術」採用高精度 3D 光學感測，讓機械手臂在任意堆疊環境感知最佳放取物件的 3D 位置，即使物件偏移，手臂會自動調整，再以 sensor fusion 系統規劃最佳夾取路線。此系統亦可偵測人物 3D 位置，能應用於門禁保全、商用人流分析。

「連續式脈搏血氧監測模組」採用反射式多波長光學模組設計，透過自動調光、強健式訊號處理、脈動訊號特徵動態偵測與運動脈搏偵測與計算，可克服動態雜訊干擾，提供全天候日常活動中連續且準確的血氧、脈搏量測數據。

「力／扭力感測模組」採用創新平面式應變規的貼附方式與多軸解耦設計，能大幅降低貼附組裝時間與誤差，提升組裝精度縮短後續校正測試時間，可協助機械手臂進行精微零組件自動化精密組裝、插件、樣板測試、點膠等等。

「多功能環境感測暨控制模組」是可攜式居家環境品質監測裝置的關鍵元件，可偵測一氧化碳與揮發性有機氣體等對人體有害的氣體，並提供警示資訊，可應用於穿戴式電子產品、3C 消費性電子產品。

「MEMS 振動監測系統」整合寬頻震動感測創新結構設計與低雜訊讀取 / 校正電路技術，因而可抗高應力、抗旋轉與抗衝擊，提升加工穩定度並延長刀具壽命，可應用於滾珠螺桿、工具機、多軸機器人等。

工業用智慧感測 臺灣須急起直追

熊治民表示，發展臺灣智慧機械產業有三項重大議題：關鍵技術研發與取得、加速創新商業模式發展、跨領域跨產業合作。

一、臺灣的物聯網、雲端運算產業化發展程度高，但巨量資料商業化的專業人才不足，數位製造、人工智慧、擴增實境等技術發展則落後國際，因此必須思考如何善用自行研發、國際合作、購併擁有技術與產品的國外廠商等方式取得技術，才能在較短時間內與投入較少資源下獲得足夠的關鍵技術。

二、智慧機械出現後，企業需要跳脫傳統營運思維，



「多功能環境感測暨控制模組」是可攜式居家環境品質監測裝置的關鍵元件。

構思新的營運方案與獲利模式，思考如何從售後服務或製造服務領域獲得更多營收與利潤。廠商不再單純賣機台，而是賣使用機台對客戶產生的價值。政府則須檢討相關法規與建構能協助新商業模式發展的基礎設施，例如高速、穩定、低成本的通訊網路，及支持建立實驗應用場域。

三、發展智慧機械涉及多種領域技術，而且大多不是傳統機械廠商專注的領域。如何讓機械廠商與智慧感測器、物聯網、雲端平台、巨量資料、人工智慧等產業廠商合作，將是臺灣發展工業 4.0 的當務之急。除了要讓不同領域業者有互相交流資訊的管道，還要讓多方享有共同語言與協作平台，進行工作、權益與風險分攤。

微系統中心副主任范玉玟受訪時指出，國內研發的智慧感測器原本著重於手機及消費性產品的應用，例如麥克風、慣性元件，重視高靈敏度與快速生產。然而目前將智慧感測器用於工業製造為大勢所趨，強調的是可靠生產、高耐用度、長期穩定，而且因應環境多變，客製化程度相當高，不易跨過技術門檻。

德國為工業 4.0 的領導大國，日、中、韓在此領域的發展亦突飛猛進。臺灣的智慧機械產業目前雖規模不大且產量仍少，但只要急起直追仍大有可為。工研院等法人單位已蓄積豐沛研發能量，將優先與國內廠商合作，再逐漸與國際連結，逐步厚植臺灣產業邁向「全球智慧機械之都」的基礎能量。■