

機器人與智慧自動化 應用發展

文／蔡禎輝

編按：海基會「2014大陸台商端午節座談聯誼活動」於6月4日特別安排台商參訪新竹工研院，參觀多項創新技術成果，對於這項貼心安排，參與台商紛紛表示肯定。為服務讀者，本刊特請工研院針對當日簡報內容，以深入淺出方式介紹台灣目前創新科技的發展情況。

機器人在製造業中的應用，早在1959年就有第一家工業製造廠Unimation在美國成立；國內也在70年代開始推動生產線自動化，將機器人大量應用在食品、印刷、汽車零配件、金屬鑄造、塑膠製模等傳統製造業。當時使用機器人的著眼點，其一是降低成本、節省人力；其二則是以機器人代替人類從事3K（骯髒、辛苦、危險）生產環境下的辛苦勞動，有效解決高風險工作環境下的人力短缺問題。機器人的應用與功能，也大多集中在搬運、焊接、噴漆等基礎工作層次。但因應當前大量客製化、製造程序複雜及產品生命週期短的消費性產品發展趨勢，過去傳統自動化技術將無法滿足此應用領域需求。近年來由於資通訊（ICT）技術的快速發展，如電腦運算能力的快速提升、記憶體成本的降低等原因，造就出適合智慧型技術發展應用的環境，歐美各國紛紛投入智慧機器人研發，希望讓機器人從事更為精確細膩、附加價值更高、生產彈性更大、更能因應高品質要求的工作，加速了智慧型自動化的發展，所謂「智慧型自動化」的定義為整合軟硬體與技術服務，透過智慧化循環流程（圖一）：感測（Sensing）、處理（Processing）、判斷（Reasoning）、回應（Reacting），開發出具環

境感知，人機安全互動與自主決策能力的設備與系統，以因應多元、多樣的製造與服務需求。智慧型自動化最為關鍵之技術即為智慧機器人，使得智慧機器人之供應需求大增。

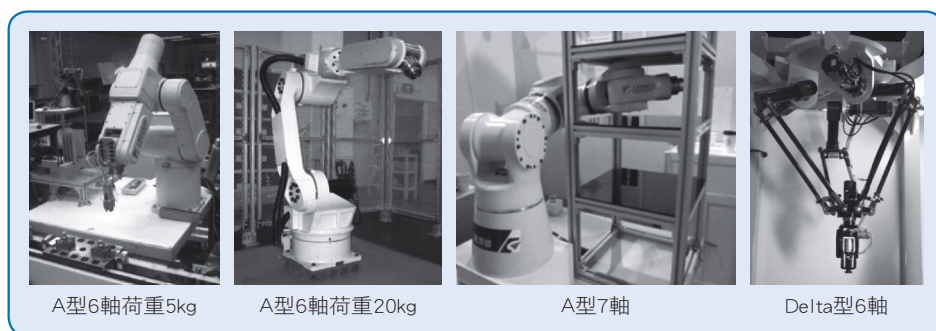


圖一 智慧型自動化的意涵

工業機器人需求快速升溫

目前全球機器人產業仍持續成長，根據國際機器人聯盟（International Federation of Robotics；IFR）統計數據指出，2012年全球工業機器人市場約有15.9萬台，預估2013年將可增加至16.2萬台，2014~2016年全球工業機器人市場將可分別續增至約16.4萬台、17.8萬台、及19.2萬台。其中成長動能主要來自：(a)汽車產業以外的應用領域逐漸成長，例如電子、醫療、食品等產業。(b)亞洲地區汽車業、電子製造業持續擴大機器人設備使用。(c)中國大陸在沿海地區缺工因素及工資高漲趨勢的驅動下，出現大量的自動化系統解決方案需求。(d)各國政府的政策推動，起了推波助瀾之效。

以製造業每萬人使用機器人的數量來看，2012年的全球平均值為58台；其中，歐洲地區為



圖二 工研院開發多款不同樣式機器人

80台、美洲地區為68台、亞洲地區為47台。在個別國家方面，南韓、日本及德國為全球工業機器人使用密度（每萬名作業員使用工業機器人的數量）最高的國家，分別有396台、332台及273台；台灣排名全球第11，達到124台；大陸排名全球第28，僅有23台。中國大陸目前較低的機器人使用密度為該市場發展帶來想像空間，在未來10年，這是一個看不到天花板的地區。

以工業機器人應用領域來看，搬運作業為全球機器人應用最多的領域，2012年的銷售總量約佔44%。其次為焊接作業年銷售數量佔28%，第三大為組裝與拆裝機器人約佔10%。

機器人發展重點

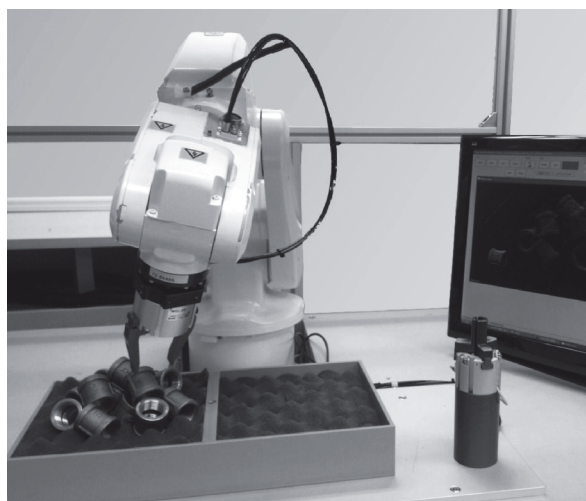
傳統的工業用機器人應用缺乏彈性和不易使用，除了難以因應少量多樣的彈性製造需求，亦不具備複雜組裝的能力與人機協同工作能力。因應這方面的產業需求，工研院機器人團隊進行手眼力協調控制器之研發，全面導入智慧視覺與力量感測技術，並已在直覺教導和人機安全做出突破，圖二是目前工研院已設計製造多款不同樣式機器人，包含Delta型、SCARA型、A型6軸、A型7軸等機器人，未來工業機器人仍將朝更智慧化與自動化的功能、更具效率可感受力量的設計、更安全與順應學習機器人等方向發展。

一、發展更具智慧化、自動化的機器人

工研院針對機器人的「大腦」與「眼睛」，亦

即「控制器」與「視覺系統」列為發展重點，目的是解決對於複雜多變之工作環境下，機器手臂智慧程度不足的問題，例如目前在許多組裝生產線上，組裝工作中之部件可能為任何角

度、任何大小，對於多數機器手臂來說過於複雜，需要預先整理過才可自動化。而工研院開發之隨機容器內取物（Random Bin Picking, RBP）系統（圖三），可讓機器人辨識與挑取不同形狀、大小、且未經分類整理的部件，解決夾持組裝前置作業問題，如此可大幅提升自動化產線之彈性，且工研院所開發的視覺系統，能相容於各大主流產業用機器人廠牌。視覺系統技術之架構依其攝影機架設位置可分為固定式（Eye-to-hand）、移動式（Eye-in-hand）、混合式（Hybrid）等三種架構，採取何種架構需根據來料、工件形狀及運用場合等情況而定。此外，發展機器人自主控制器，包括位置型控制器、順應型控制器及手眼力控制器等，產品主要特色為具機器人防碰撞、機器人運動軌跡奇異點規避與機器人精度校正等功能。工研院也協助業者開



圖三 3D RBP系統

發控制軟體，能夠針對特定的功能需求修改程式。尤其以國內的製造業者所接到的訂單來說，都是量比較少，但式樣相對多，代表國內的製造業者，必須面臨更頻繁的換線需求。

二、發展更具效率可感受力量的機器人

力量控制技術可應用於3C產品的組裝，市面上3C產品的外殼大多以卡榫接合，由於機器組裝力量往往不易拿捏，不是把外殼擠破，就是組裝不完整為提升產品生產的品質與效率，發展具備感知力量的機器人，以利機器人在組裝時，可運用力量感測器取得組裝完成的力量回饋資料，依此來判定組裝是否完成。以主機板的製程為例，操作員須將DRAM插滿主機板上，進行燒機測試，測試完成後再將DRAM拔出。此製程可利用多軸產業機器人搭配力量控制技術，達成插拔自動化的目標，透過力量感知與控制，則可感應DRAM插拔過程的力量交互作用，並用以即時調整多軸產業機器人的姿勢。

三、發展更安全與順應學習機器人

對於生產多樣少量客製化產品的企業而言，將面臨如何快速換線需求，因此減少機器人程式撰寫，使機器人更容易、更快速導入極為重要，工研院利用馬達電流回饋方式取代力感測器之適應性迴授控制，可進行直覺式工作教導，工研院的機器人可讓一般使用者直接拉著機器手臂來快速教導機器人動作，不用耗費長時間慢慢撰寫程式來設定機器人，使得未來一般使用者在使用機器手臂時，就像使用智慧型手機般簡單，同樣的技術，也能讓機器人撞到人時會自動停止，以減低碰撞傷害，提升人與機器人共同工作時的安全性。

自主研發機器人促進產業升級

如今產業機器人能負責的產線工作日趨多元，包括取放、分類、填裝與包裝、堆棧、組裝與拆裝、搬運、鎖螺絲、檢驗、噴漆、膠合、打磨、

拋光、噴砂及焊接等，其應用產業亦隨之急速擴張，從汽車工業、電子業、半導體業及金屬業等精密製造領域，都出現將工業機器人引進至產線上的應用風潮。目前工研院在整合機器人之智慧自動化聚焦應用的產業領域為：(a)3C產業：此部分是以後端的檢測及組裝為主；(b)金屬加工產業：此部分是鎖定金屬加工業的產品與原料的搬運移載，以機器人設計來滿足業者的需求。以下針對幾項智慧自動化相關應用進行介紹：

一、機器人手機組裝／拆卸單元

瞄準3C產業的需要，工研院結合視覺辨識技術與六軸垂直關節型機械手臂，使機器手臂變得更聰明，能夠自主地從事組裝狀況判斷，以迅速靈巧的動作，勝任精密的手機組裝與拆卸的工作，並且公差只有0.02mm。運用視覺辨識技術的演算，不但在組裝過程當中，能夠檢測出組裝狀態是否有失誤或缺料；在組裝完成之後，還能再利用裝設於機械手臂上的鏡頭，進行檢查的工作。由於整套系統都是由國人自主研發，便能迅速針對不同生產線的需求，進行客製化調整。經過測試，平均組裝一只手機只要60秒；即使再加入複雜的零組件，組裝時間也能控制在兩分鐘之內完成，預期其產能效益可提升50%以上。工研院進一步導入力量控制系統，將力量感測器加入馬達出力軸，讓機器人不僅專注於位置精度，還能兼顧力量大小的控制，達成更高度精密產品的組裝。

二、機器人鎖螺絲自動化

傳統的機器手臂，必須要將等待被鎖上的螺絲固定在一定的位置；對於業者來說，必須先耗費固定物件的時間和成本，設計夾治具，才能讓生產線運作。工研院將視覺辨識技術與機械手臂相結合，在機械手臂的工作範圍上方，裝設一組鏡頭，將視覺辨識與定位技術，應用於螺絲孔洞搜尋與定位計算。如此一來，機器手臂便具備辨識待鎖螺絲的角度和方向的能力，不需要夾治具先將螺絲固定，不

但省下業者去設計昂貴夾治具的時間和成本，也讓生產過程更具彈性。本技術應用於伺服器機殼組裝生產線，藉由鎖固自動化系統之導入，可提高產能約30%。

三、機器人異型件組裝自動化

目前主機板的電容插件，由於物件細小且異質性高，主要還是仰賴人工處理，平均每人每天需置放 11,000顆電容，且有極性錯放、針腳位置誤差、主機板定位不準的問題。但透過具視覺辨識能力的插件組裝自動化系統，可以在主機板插件之前，辨識出小型電容零件的極性位置，迅速而正確的進行電容插件，從供料到插件，插件速度由人工之2.4秒／顆提昇到0.9秒／顆。在目前的人工處理程序下，大約每100片會有一至兩片插件失誤，錯誤率其實不低。但若以自動化的機械手臂來處理，不但能夠使錯誤率降低，更具備人工所不能及的高速優勢，對電子業與半導體產業的發展，將有很大的幫助。

四、水五金產線動態視覺導引夾取

傳統的水五金生產線，由於五金形狀各異，業者必須分別設計多種夾治具去夾取，設計之後還必須生產製造，不但耗費資本，也浪費時間。工研院開發動態視覺導引定位技術，使機械手臂能透過視覺辨識系統，判斷各種不同形狀的物件姿態，自動以正確的角度，抓取正在輸送帶上移動的不同形狀水五金零件，完成自動化入料加工動作。更重要的是，讓業者只要透過軟體修改，就可以用同一條生產線機具，生產多樣化的產品。不但對提升國內水五金業者的國際競爭力，有很大幫助，若結合自動化或加工設備製造商，還能增加國內機器人系統整合商的附加價值。

五、金屬滑塊自動化加工系統

國內某精密線性傳動零組件專業廠商，目前滑塊端面鑽孔仍需人工整列及上下料，且製造程序之

自動化不完整，以致產量不足以因應市場之需求。工研院協助整合6軸A型機器人、自動搬運系統、視覺技術與CNC加工機，成功建立金屬滑塊自動化加工系統，生產系統兼具防碰撞功能，若在運送過程中遇到可能發生之碰撞，機器人就會即時主動停止，以提升工作環境的安全性。對於機械加工廠來說，不但能節省搬運的人力，產能提升60%，而且使用國人自主研發的生產系統，更具維修迅修、擴充便利，使用界面容易上手的好處。

六、複合化多用途鈹金自動化加工系統

鈹金加工業者主要生產各式鈹金工件，像3C通訊電子、電力設備、家電、電腦機殼及辦公家具等，由於產品推出的速度與以往相比較，已經越來越快，鈹金業客戶群在如此競爭激烈的環境中，多樣少量的生產需求無形中造成工作準備時間的大幅增加。目前傳統的鈹金加工廠大致由以下數種設備所組成：電腦沖床、雷射切割機、電腦折彎機、光纖雷射沖孔複合機及攻牙設備等，且在上下料的部分皆須由人工來進行，往往需要龐大的勞力。工研院開發20公斤荷重級6軸折彎機械手臂，用於自動化折彎機之鈹金工件上下料及折彎製程，及開發兩套含陣列式吸盤之機械取放手臂，乙套整合於光纖雷射沖孔複合機台上進行快速取放，另乙套於機台旁進行鈹件素材物料之彈性自動上下料。導入後，可節省人力5人／線，綜合效率提升30%。

隨著生產方式的改變，未來在生產製造方面勢必會走向彈性製造，以更智慧、更環保的方式來生產更多樣化、生命週期短的終端商品。而能夠達成智慧生產的工業機器人，便是此一過程的要角。發展智慧自動化的機器人並不只在於降低生產成本，更有提升品質、改善工作環境、提升資源利用效率及減少生產廢棄物等等的產業升級價值，因此，可以預估新一波智慧自動化可有效降低勞動人力，取而代之是高階技術性人力需求。🔗

（本文作者為工研院機械與系統研究所副所長）