

掌握臺灣產業的轉型升級契機

下一波工業革命 工業4.0顛覆科技想像

德國倡議的工業 4.0 (Industry 4.0) 係結合機械製造、電子電機和資通訊 (ICT) 等 3 大產業構成的智慧製造，而這 3 大產業都是臺灣的優勢，當工業 4.0 成為德國傾全力發展的國家策略之際，攸關臺灣未來經濟發展榮枯的策略在哪裡？朝野間又應如何迎戰下一波工業革命浪潮，找到臺灣另一個轉型升級契機？

撰文／編輯部 圖片來源／工研院

「工業 4.0 是物聯網加工廠的概念，相較於過去的工業 3.0，最大差異是大量生產可轉向為小量客製化生產，而且成本更低、效率更高」，致力於工業 4.0 發展的工業電腦龍頭廠研華董事長劉克振在由工研院主辦的「解密科技寶藏：工業 4.0 趨勢論壇」中，點出了臺灣要積極邁向工業 4.0 的重要性，他強調，臺灣絕對不能在此潮流中缺席。

工業 4.0 是臺灣製造業發展新契機

工業 4.0 是全球先進製造國家下一波的競爭舞臺，也是臺灣製造業發展的新契機，結合了機器人、物聯網、自動化產線。這些工業 4.0 的概念將傳統的生產線產生大幅變革，新世代智能工廠即將誕生，是臺灣製造業升

級的契機。

18 世紀末，人類藉由水和蒸氣，進入機械化生產時代，20 世紀應用電力，生產變得更有效率，不到 50 年的時間，電腦、數位科技進入工廠，更增加精密度與效率，現在，加入物聯網，智能工廠的潛力即將爆發，加入網路後的智能工廠，將和競爭對手產生區隔性和不可取代性。

工研院產業經濟與趨勢研究中心主任蘇孟宗表示，表面上臺灣內需市場很小，其實臺灣最大的內需市場就是散布在全球的工廠，當融合消費者需求應用的物聯網和工業 4.0 結合，生產變成從設備自動化演進成工廠智慧化，少量多樣、分散製造、快速回應將成為製造業競爭的核心。

當融合消費者需求應用的物聯網和工業 4.0 做結合，生產變成從設備自動化演進成工廠智慧化，少量多樣、分散製造、快速回應將成為製造業競爭的核心。

工研院產經中心主任
蘇孟宗

工研院發展工業 4.0 的關鍵技術

一、手眼力協調機器人

未來工廠裡，智能機器人將扮演關鍵角色，工研院副院長張所鉅特別指出，機器人在智慧化與自動化的演化上面，將成為生產進步的關鍵力量，工研院最新研發的手眼力協調機器人，已被視為未來工廠的雛型。

「要把兩個幾磅重的大磁鐵做對正、相吸，人類來做都還沒校正，兩顆手掌大的磁鐵就吸住了，連拔都拔不動，機器人不一樣，一抓就可以校正了。」張所鉅所指的就是手眼力協調機器人的最新技術「力量控制」，但要控制之前，必須先知道磁鐵的相對位置，用到的是另一個關鍵技術「3D 視覺能力」。

工研院創新研發的手眼力協調機器人，能夠像人類一樣，輕易把軟板插到插槽，在檢查筆記型電腦 USB 插槽的時候，機器人可以先用視覺評估，然後精準的插入而不傷及筆電。張所鉅指出，小小一個動作，力量要控制好，「用力太大，輸送帶上的筆電移動位置，機器人要重新校正，而用力太小則會導致無法插入。」

視覺技術讓機械手臂擁有 3D 視覺能力，可以靠視覺導引、定位，成為夾取物件的成功要件。3C 產品的生命週期較短，生產線少量多樣，常得快速換生產線，傳統機器人只能重複同樣動作，換線也要費時更改設定，不足以適任現在少量多樣的生產線樣態。因此，團隊在機械手臂上導入 3D 視覺技術與力量控制技術。

除了視覺定位，手眼力協調機器人的關鍵技術還有矩陣的感測器，可以協助機器人知道抓取的位置與力量大小。

工研院研發的機器人，具備 3 大力量控制功能，第一、力量控制能順應導引，讓作業員能牽著機械

手臂來指導機器做重複的事；第二、人機安全，因為機器手臂有能力感測碰撞力量，感測到外物和人的碰撞，機器手臂會立即停止；第三、對於易碎物品、軟性物品的夾取，能精確控制夾取力道。由於視覺定位以及力量感測能力，使得普通的機器能更接近人類的行為能力，可以幫助作業員做更高端、更精密的組裝檢測工作，這個機器人可以協助解決國內 3C 和 3K 業者面臨的缺工、工資上漲和管理問題。

二、新世代智能工廠控制系統

工研院布建全臺最強機器人大腦團隊，半導體是資通訊產業的心臟，控制器則是工業 4.0 的大腦。大量客製化、以人為中心的製造環境、客戶高度參與製造、生產履歷與品質等 4 個趨勢，將主導未來製造業的發展潮流，「更快、更聰明」為智能工廠的特色，工研院以工具機產業為基礎，提出新世代智能工廠控制系統的範例，為一個開放式增值控制系統，由開放式智慧製程增值軟體、高整合性多軸精密控制平臺及全數位整合性伺服、產學研加值合作等 4 大平臺所建構。完成車削中心、綜合加工中心及鑽削中心等 3 項 β -site 關鍵機種驗證，協助工具機業者導入開發應用，導入終端使用者深度驗證，支援國產智慧控制器整體軟硬體技術升級自主。

為提升工具機械製造複雜外型與更具流線形產品的能力，工研院以切削目標為導向，開發虛擬工具機設計平臺，在此平臺上，透過全數位科學化的分析流程，完成產品加工工具機的設計、調機等作業，這項全自動拓樸結構生成技術，可減少單機設計的結構設計時程 60% 以上，性能提升 50% 以上，重量僅需原本的 70% 以下，有助於工具機產業達到自主數位設計製造的目標。

既然製造業升級為智慧製造對臺灣如此重要，發展工業 4.0 又將面臨哪些挑戰？劉克振表示，第一是無線低功耗的 IC 的問世與大量應用，電信商及資通訊廠商應如何參與其中；第二是大型系統集成廠商的養成，他認

為政府應該像當初發展半導體工業一樣，帶頭去育成幾家大型的集成廠商，搶占先機。

智慧機器人扮演關鍵角色

智慧製造為實現智能工廠的第一步，從關鍵的機器人技術開始。智慧機器人應用將在工業 4.0 時代扮演關鍵角色，1981 年起國際上使用機器人的數量進展緩慢，到近 5 年才大幅成長，尤其 2011 年後成長幅度更明顯，平均從 2008 年到 2013 年機器人數量成長率達 12%，單 2013 年全球使用 17 萬多個生產機器人，中國大陸、美國、德國、日本都是使用生產機器人的大宗。一般觀察機器人使用的密度是以每 1 萬員工有幾個機器人來當指標，韓國是 1 萬個員工裡面大約 450 個機器人在工作，臺灣大概是每萬人 150 個，與美國、法國、義大利、西班牙水準接近。

在經濟部技術處的補助之下，工研院已研發出 3D 視覺能力的機器人，並且靠著矩陣感測器，能判斷夾取物件的位置、方向、力道大小。其中許多的技術進步概念是靠著軟體、知識背景提升硬體能力，而不是靠軟體，這是工業 4.0 很重要的概念，例如用學理上面的動力學、機器結合的模型方式，讓定位精度大幅提升。

以前自動化機器時代，是靠中央控制器，對馬達發出指令，進入到工業 4.0 的智慧工廠、智能製造時代，廠內每個設備都連上物聯網，因此成功的關鍵在於模組的 3C 能力，第一個 C 要能 computing，無論是馬達、幫浦、或是壓縮機，要自己能夠計算，再來是能夠傳輸的 communication 能力，第三個 C 是它能夠 control 的境界，每一個本體模組內要能控制、要能計算和傳送。

簡單來說，將來在手機上操作，經過雲端、透過指令，可以直接下指令給軸承、馬達，直接跳過中央控制器，將原本金字塔型的控制系結構，壓成了平面，更具彈性與效率。

新聞小辭典

何謂工業 4.0

蒸汽動力帶動機械化生產是第 1 次工業革命，電力帶動大規模生產是第 2 次，資訊化是第 3 次，第 4 次則是全球製造業的下一步，即生產全面聯網的智慧製造，在這樣的架構下，生產計畫會視工廠或消費者的需求即時調整，而所有的資訊會在產品與生產設備間透過網路傳遞，產出最能達到生產者理念或消費者需求的產品。工業 4.0 於 2011 年首度在德國漢諾威工業展被提出，德國政府隔年訂為國家重大政策，由聯邦教育及研究部和聯邦經濟及科技部雙主導，結合傳統機械業、電子電機業及資通訊業，建立產官學研共同平臺，全力推動。

工業 4.0 的迷思： 機器會百分之百取代人力

在發展智慧製造的過程中，人力可能被機器人取代的議題也引發社會學家、經濟學家的高度關注。事實上，以德國西門子公司的四川成都廠為例，目前其工廠自動化只有 50%，然而所訂定的目標是希望 4 年內到達 100% 自動化，此舉是否意味有更多員工的工作將被機器人取代？西門子的規畫並非如此，即 4 年後當工廠自動化到 100% 時，產能會提升 4 倍，相對的，人力必須增加 2 倍。

工業 4.0 不是機器人取代人力的時代，而是人機協同時代。

工研院副院長
張所鈺

臺灣應該育成中大型的集成商來服務產業，加上有大中華市場作為後盾，產業成功機會很大。

研華科技董事長
劉克振

臺灣具備 3C 關鍵能力

張所鈺指出，從這 3C 的能力來看，臺灣在電腦計算、通訊的技術已經是世界一流，但在第 3 個 C 的 control 中，則應該加強 sensor（感測器）的部分，「但在 3 強中臺灣已占 2.5 強，對於進入工業 4.0 時代，臺灣站在有利的地位。」張所鈺信心滿滿。

在去年，美國白宮科技顧問室向總統歐巴馬提出 AMP 2.0（先進製造夥伴關係 Advanced Manufacturing Partnership; AMP）計畫以提升美國製造業在國際地位，並定位研發創新技術、人才培訓、培養商業氣氛 3 大支柱，每一個支柱各規畫 20 億美元預算。

臺灣也不希望在工業 4.0 的國際浪潮中缺席，因此多管齊下投入資源。如由經濟部工業局編列經費補助中小企業在工業 4.0 上的發展，科技部則編列預算讓學界來做基礎研究，教育部也規畫如何在課程中訓練人才。最大宗的人才培育宜從學校著手，可由教育部、科技部聯手，在大學課程中以「工業 4.0」學程培養學生，像 10 幾年前推的奈米科技學程一樣。臺灣製造業占 GDP 產值約 20% ~ 25%，提升製造業的效益，即是增加國內的經濟成長實力。

劉克振認為，工業 4.0 在臺灣要推動成功，政府應該育成大規模的集成業者。他強調，在過去的產業，集成商並不重要，例如在 15 年前，大家都認為搜尋引擎是全世界最不賺錢的公司，過去也沒有 Facebook，後來網路出現了騰訊、阿里巴巴、Google 等網路服務公司。現在當紅的「物聯網」則是一個新的世代，各國立於同一基準點上，他認為臺灣的機會很大，最重要就是一個集成的產業。

他進一步說明，雲端軟體這一層就是集成業者，有了軟體，SI（系統整合）和自動化工程師才能將應用放在

雲端上面，集成業者之於工業 4.0 就像是 Android 之於 App 一樣，臺灣要做一個工業的 Android，使得集成商可以在上面加工，這就是智慧工廠發展的關鍵。

劉克振指出，沒有集成商只能小打小鬧，無法成大事，他認為臺灣應該育成中大型的集成商來服務產業，包括設備業、食品藥品、金屬加工等產業機會都很大，再加上有大中華市場作為後盾，前景十分樂觀。

臺灣現階段面臨產業迷航，劉克振表示，當年前行政院長孫運璿宣示全力發展科技業，政府傾力育成像台積電一樣的企業，才能造就臺灣一波高科技榮景。面臨工業 4.0 的國際趨勢，政府也要有能力去育成大型的 SI 集成商，培養發展工業 4.0 的骨幹，為臺灣下一波產業榮景奠定基礎。■



工研院主辦「解密科技寶藏：工業 4.0 趨勢論壇」，探討臺灣如何積極邁向未來工業的方向（左起工研院副院長張所鈺、研華董事長劉克振、經濟部技術處專委周錦煌、工研院產經中心主任蘇孟宗、解密科技寶藏計畫主持人薛文珍）