

從設備投資轉向知識投資時代來臨

推動ICT人才加入製造領域

工業 4.0 以資通訊與知識數位化技術為基礎，在發展上除了要掌握包括智慧感測系統、異質網路整合、物聯網開發平台、CPS-Based 應用服務及巨量資料分析等關鍵技術外，更要加強人才與知識投資，這是臺灣目前最需要努力的方向。

口述／工研院機械與機電系統研究所所長 胡竹生 整理／廖珮君 攝影／黃鼎翔 圖片提供／工研院、法新社

談到工業 4.0 的發展，首先要釐清它的定義，目前各國政府、各個組織對工業 4.0 的定義都不太一樣，其中，歐盟 FP7 計畫 ISM2020 定義了工業 4.0 的三個方向：以使用者為中心能夠快速地自我調整、靈活度高且能自我組織的價值鏈、具備持續發展的能力，此定義很值得參考。

簡單地說，工業 4.0 就是利用先進的資通訊與知識數位化技術，來建立具備自我決策與持續優化能力的製造系統，這套系統可以自我持續進步，並可被精準評估、預測。

從這個定義來看，「工業 4.0」與「工廠自動化」是兩個完全不同的製造模式，工業 4.0 雖然也需要自動化

技術，但是它在通訊技術、控制架構、製造設備、人機介面、人員操作、製程模擬與優化、製造模式……等各面向上，都和工廠自動化不一樣。舉例來說，工廠自動化使用的通訊技術，是各個系統商或設備供應商自行制定的通訊標準，工業 4.0 則建構在統一的通訊標準上；在製程優化上，工廠自動化依靠人的經驗，工業 4.0 則採用大數據分析與人工智慧的幫助；另外，工業 4.0 其中的一個理想，是產品／工件本身會攜帶製造程序和製造記憶，有別於工廠自動化的集權式架構，期望能達到最大的製造彈性。

從實務面來看工業 4.0 四大特色

但是，符合工業 4.0 概念的製造模式，和現在究竟有哪些不同的地方？接下來，針對工業 4.0 的幾個主要差異，從比較實務的面向，提出說明如下：



工業 4.0 是以資通訊和知識數位化技術為基礎，來建立具備自我決策與持續優化能力的製造系統。

臺灣要實現工業 4.0，不只需要有人才願意研發技術，更需要這些人才有決心、有意願，實際走進工廠，親身到製程現場觀摩與學習。



工研院機械與機電系統研究所所長 胡竹生

一、混合客製化與大量製造的生產線

首先是大量客製化。工業 4.0 強調以客戶需求為中心，工廠生產線不會像以前一樣只有量產生產線，而是混合客製化與大量製造的生產線，這時候需要的不只是資通訊技術，就連產線布局都是一門大學問，甚至，未來有可能廠區內若干機台可自主移動，可以很有效率地依據客戶訂單組成生產線。

二、透過統計模型預估交期

其次是端到端的智慧製造，大家都知道，工廠的訂單量、出貨量和交貨時程，彼此之間是相互影響的，如果製造業者能夠從這個關係中，建立出一個統計模型，當客戶下單後，在訂單還沒有交給工廠前，只要輸入幾個關鍵數字，統計模型就能預估交期並回覆給客戶。

統計模型模擬出來的結果是否精確，就需要虛實整合系統（Cyber Physical Systems；CPS）及資料不斷回溯的幫助，換句話說，統計模型的建立，不是一次就能成功，必須不斷地循環及修正，才能讓預測結果趨近於真實。

三、考量製程設備實際狀況的製造設計

第三個特色是製造設計（Design for Manufacturing），臺灣仍然是全球代工業的重鎮，所謂代工是指，客戶開出產品規格，要求代工廠生產，通常代工廠必須面對其可製造性，以及大量生產上品質一致性的風險。

由於臺灣製造業投入代工領域多年，在不同產業類

別都累積了一定的經驗與技術，這讓臺灣的代工業者可在接到客戶訂單時，主動分析客戶所提出的規格能否量產，倘若無法順利量產，還可告訴客戶如何調整規格，這樣的能力就是「製造設計」，這部份在臺灣做得很好的例子是晶圓代工，在接到客戶訂單時，就能夠準確的告訴客戶製造程序，交期以及必要的設計修正等。

製造設計做得好，會讓製造的品質以及效能大幅提升。但要把製造設計做好，需要的不只是資通訊技術的協助，例如：CAD / CAM，還要思考如何將製程設備的實際使用狀況數位化，反饋至系統內。

因為製程設備被安裝至工廠現場後，不只會逐年老舊，也可能被改裝，如果不能將這些狀況反應至製造設計的評估系統內，那麼系統模擬出來的結果有可能會不夠精確。所以，製造業者要思考的是，如何把現場運作的知識數位化，現場操作人員是最了解製程設備的人，唯有把存在於他們腦海中的無形知識與經驗，有系統的數位化與儲存運用，才能做好製造設計，這是臺灣製造業目前亟需去建立的能力。

四、透過系統模擬達到製程最佳化

最後是製程最佳化，以系統模擬製造流程，調整裏面的製造參數後，導入實體的製造流程中，並找出誤差值，然後再回過頭來修正，如此不斷循環下去才有機會去達到製造最佳化的目標。要把這件事情做好，則必須提升工廠內部人員的素質與知識。

以晶圓代工業為例，長期以來就大量聘請受過研究所訓練的工程師，到工廠內管理製程設備，這些一流人才具備在機械，電機與資通訊等的深入知識，可以從基礎學理上去瞭解機台的特性是什麼，所以比較能從科學化的角度去面對，而不是重複地在 trial-and-error（反覆試驗），只能產生短期的效果。

因此，我想強調，臺灣要實現工業 4.0，不只需要有人才願意研發技術，更需要這些人才有決心、有意願，實際走進工廠，親身到製程現場觀摩與學習，光是憑想像寫軟體是不夠的，唯有親自到現場瞭解設備狀況與使用需求，才能產出對製造流程有價值的成果。

掌握智慧感測關鍵技術

一開始有提到，工業 4.0 是以資通訊和知識數位化技術為基礎，如果再往下展開，這些關鍵技術包括智慧感測系統、異質網路整合、物聯網開發平台、CPS-Based

應用服務及巨量資料分析，而智慧感測系統是臺灣現階段很重要的發展項目。

雖然，臺灣有很多感測器供應商，但受到規模與資金的限制，多半只能發展單一感測器，造成市場無法做大，因為工業 4.0 對整合感測器的需求，遠大於單一感測器，導致製造業者只能花錢向國外採購高價產品，間接影響了工業 4.0 在臺灣的發展。

所以現在最重要的問題是，如何建立感測器的供應鏈。臺灣的利基點是，擁有規模龐大的設備業及現成的需求市場，只是因為需求的數量不夠大，生產成本太高，感測器供應商不願意投入，要解套只能靠晶圓廠的協助，偏偏晶圓廠接單最重視的就是下單數量，數量不夠高，往往不願意接單，形成一道難解的題。

也就是說，臺灣在發展智慧感測系統上，技術和市場都不是問題，有問題的是產業結構，我們必須思考如何克服產業結構的問題，建立需求，才有可能推動工業 4.0



工研院成功開發出 CPS 研磨拋光機器人技術，希望用機器人來做拋光的動作，解決國內水五金產業在研磨拋光製程上遇到的人力缺工問題。

發展，甚至有機會外銷到全球市場。

至於其他的技術，現階段也都有不同的發展議題。像異質網路整合雖然需要若干年的時間，但現在就要開始做資安規劃，因為以前通訊標準不統一，駭客不會有興趣竊取資料，但網路整合後，可以拿到的資料變多了，資安風險也就跟著大大增加，所以在整合網路之前，必須先思考如何避免資料被竊或工廠被癱瘓，這是現在最重要的課題。而物聯網應用開發平台，用雲端運算的用語來說就是 PaaS（Platform as a Service，平台即服務），如何在一個平台上開發不同軟體應用，且可以通用於國際市場，是這個平台最重要的任務。

CPS-Based 帶動創新營運模式

這邊我想特別提出來的是 CPS-Based 應用服務。透過 CPS-Based 的應用，有可能為企業帶來一些創新的營運模式，飛機引擎製造商奇異航空（GE Aviation）就是最好的例子。

GE 所製造的每一台引擎都具備連網能力，好讓管理中心能夠隨時隨地監控引擎狀況，一旦發現在空中飛行的引擎可能有問題時，馬上將汰換零件送到最近的機場，當飛機降落時就能立即更換。

從 GE 的案例可以看出，無論設備商賣出了幾台設備，也無論賣到哪些，只要透過連網就能隨時掌握設備的狀況，然而這只是 CPS 的其中一種應用，在工業 4.0 架構下，CPS 可以開發出各種不同應用，像工研院 2016 年成功開發出 CPS 研磨拋光機器人技術，希望用機器人來做拋光的動作，解決國內水五金產業在研磨拋光製程上遇到的人力缺工問題。



GE 所製造的每一台引擎都具備連網能力，好讓管理中心能夠隨時隨地監控引擎狀況，一旦發現在空中飛行的引擎可能有問題時，GE 馬上將汰換零件送到最近的機場，當飛機降落時就能立即更換。

另外，目前幾個大廠都在討論的產線 CPS 應用，工研院也正在研究中，例如：虛擬產業機器人、虛擬輸送機、虛擬堆料站、虛擬工件等等，主要是因為工研院有硬體設備，所以做出來的模擬器比較容易落地。

人才是發展工業 4.0 關鍵

不論是研發工業 4.0 的關鍵技術，或是推動落實在生產製造，人才與知識投資都是極為重要的。

相較於有形的資產像是設備，廠房或是原物料等，人才與知識的無形資產，從製造業的角度，確實不容易評估其效益。然而透過人才把知識轉化成價值，卻是工業 4.0 時代必須具備的基礎。以德國為例，其境內的軟體人才有一大部份都投入製造領域，使得德國在製造領域一直保持他們的競爭力。

再回頭看看臺灣，我們有很龐大的資通訊產業基礎，但是投入製造領域的卻相對稀少，如果政府能夠推動更多人才進入製造領域，如果企業主願意改變投資方向，從設備投資轉向知識投資、提供好的薪資和福利聘請一流人才，我相信臺灣工業 4.0 的發展將會指日可待。■