

# 工業4.0

## 智慧製造發展趨勢與商機

文 / 魏傳虔、古亞薇

### 智慧製造的定義

面臨商業環境競爭、市場需求變動快速及產品生命週期縮短的情況，廠商在產品製造階段，更要具備有自動化且快速反應市場需求、多樣性能力和整合性資訊的製造能力。然而，如何落實有效率及具效益的「製造」，一直是製造業者所在意的問題，但隨著不同科技以及軟硬體技術的提升，開始以具「智慧性」的方式進行及解決製造過程中的問題。

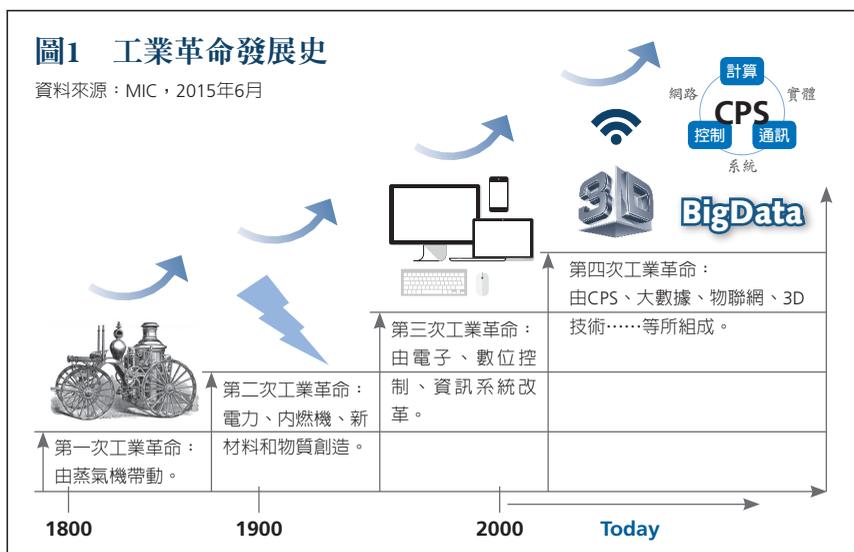
雖然早期對智慧製造一詞並沒有明確的定義及範

疇，但仍有部份演化及觀念的改進歷程，作為參考。如下圖1所示，在工業革命發展史中，從蒸氣機到電力應用，再轉換到電子化、自動化的應用時代，分別屬於工業革命1.0、2.0與3.0的里程碑與起始點。

進入二十一世紀後，由於資訊科技的發展，帶動自動化、大數據、雲端技術、以及人工智慧技能的提升，製造業開始藉由上述的技術來改善生產環境及技術創新，進而由製造業生產的提供者，開始從製造端轉換來滿足不同工作層級和角色的服務提供者。

在定義方面，所謂智慧製造（Smart manufacturing）是指在整體製造過程中導入智慧化，如結合資訊、技術與人工智慧等，並可對製造體系（包括單一企業與整體供應鏈）中的每一環節帶來影響，使其能在正確的時間，選擇適當且有效率的方式，完成原訂工作項目內容，並可妥善處理製造過程之突發狀況。

智慧製造將完整改變產品在研發、製造、物流、銷售等不同價值活動的流程，並有效



改善勞動者與作業環境的安全考量，達到零排放、零事故的目標。此外，智慧製造可增加工廠的彈性、減少能源的使用、改善永續環境、降低產品成本，並可利用次世代的材料作為新產品的開發。

智慧製造領域涵蓋智慧工廠、物聯網、服務聯網等子系統。所謂智慧工廠係指運用ICT硬體、軟體與系統整合技術，使工廠生產行為具有物聯網（IoT）、資料蒐集分析（Big Data）、人工智慧（Artificial Intelligence, AI）、虛實系統整合且具人機協同作業等特色，稱之為「智慧工廠」。

### 智慧製造驅動因素分析

影響「智慧製造」此一新興領域，得以快速成為產、政、學、研各界關注的焦點，並讓政府部門視為提升國家整體製造業附加價值的重要施政目標，成為產業各界作為競爭力強化的關鍵成功因素。然從「自動化」階段要進階到「智慧化」階段，並不是一蹴可幾的事情，而是需要一段時間的持續演進。歸納影響「智慧製造」在近幾年快速興起的原因，主要有下列幾個因素。

#### 一、先進國家積極提出「工業4.0」或「再工業化」等改革訴求，吸引先進技術返回母國投資

##### （一）德國推出「Industry 4.0」

工業4.0（Industry 4.0）是德國政府提出的高科技戰略計劃，投資金額預計高達2億歐元，主要是由德國聯邦教育及研究部和聯邦經濟技術部聯合資助，主要是用來提昇製造業的電腦化、數位化、與智能化。計畫重點在於以「虛實合一系統」（Cyber-Physical System, CPS）為核心，以「智慧工廠」為精神、機器人為焦點，但更強調創造人機協同作業之環境。

##### （二）美國推出「先進製造夥伴計畫（Advanced Manufacturing Partnership, AMP）」

表1 各國智慧製造相關政策主要內容

發佈時間	戰略名稱	主要內容
2011年	美國先進製造業夥伴關係計畫	創造高品質製造業工作機會以及對新興技術進行投資
2012年	美國先進製造業國家戰略計畫	圍繞中小企業、勞動力、夥伴關係、聯邦投資以及研發投資等提出五大目標和具體建議
2013年	美國製造業創新網路計畫	計畫建設由45個製造創新中心和一個協調性網路足額掛全國性創新網路，專注研究3D列印等有潛在革命性影響的關鍵製造技術
2013年	德國工業4.0戰略實施建議	建設一個網路：資訊物理系統網路；研究兩大主題：智慧工廠和智慧生產；實現三項集成：橫向集成、縱向集成與端對端的集成；實施八項保障計畫
2013年	「新工業法國」戰略	解決能源、數字革命和經濟生活三大問題，確定34個優先發展的工業項目，如新一代高速列車、節能建築、智慧紡織等
2013年	韓國國家機器人產業政策—機器人未來戰略	韓國將實施十年大計（2013~2022），投入3,500億韓元（約3.17億美元）在機器人研發計畫上，希望能搶先一步，在全球機器人市場站穩腳步。另外，南韓也正積極推動大邱市成為機器人產業聚落，預計2017年6月建置完成
2014年	日本製造業白皮書	重點發展機器人、下一代清潔能源汽車、再生醫療以及3D列印技術
2015年	英國製造業2050	推進服務+再製造（以生產為中心的價值鏈）；致力於更快速、更敏銳地回應消費者需求，把握新的市場機遇，可持續發展，加大力度培養高素質勞動力
2015年	韓國製造業創新3.0	「製造業創新3.0」的目標是透過資訊技術、軟體、物聯網等新興技術的整合，導入智能生產概念並在2020年時實現10,000家的智能工廠（Smart Plant）建置
2015年	「中國製造2025」規劃	主要目標是由製造大國邁向智慧強國，並以三步走的戰略方向，擬定每十年一個計畫目標，總計三十年的大型計畫。計畫主軸為發展主軸「體現資訊技術與製造技術深度融合的網路化、智慧化製造」
2014年	台灣製造業生產力4.0推動策略	投資兩期九年450億新台幣，選定七大應用領域作為擴散的起點，協助更多中堅企業晉升4.0企業

資料來源：各國家網站，MIC整理，2015年6月

此新策略計畫是由美國國家科學和技術委員會（NSTC）所公佈，主要計畫內容是依美國國會要求，作為引導聯邦先進製造研發計畫與活動之參考；並且確保美國製造業的先進製造領導地位之報告基礎上完成的。製造業長期以來是美國經濟發展及解決國家重大挑戰創新解決方案的重要基礎，此次策略規劃重點是希望改善聯邦政府的政策，以加速製造部門的發展，並指出必須解決的挑戰，以維持美國製造業的長期健康。而詳細內容與其他國家的重要政策內容，如表1所示。

## 二、大陸低製造成本優勢，正被新興市場競爭者追上

美國波士頓顧問集團（BCG）於2014年9月發表「全球製造業經濟大洗牌：世界成本競爭力的變動（The Shifting Economics of Global Manufacturing）」報告指出，過去十年來全球製造業成本競爭力版圖已經產生劇變，引發企業界委外代工及投資策略大洗牌，從而使全球經濟發生重大轉變。其依據25個主要出口國的製造業工資、勞動生產力及能源成本等因素，編製「全球製造業成本競爭力指數（以美國為100，指數愈低者成本競爭力愈佳）」，來評估2004至2013年間各國製造業直接成本的變動。近10年來隨著工資、生產力、能源成本、匯率及其他因素持續改變，台灣的競爭力指數為97，在25國中排名第六，次於印尼、印度、泰國、墨西哥，與中國大陸的96幾乎不分軒輊。

BCG是以薪資、生產力、能源成本和匯率作為考量製造業競爭力的因素。這四大因素在過去10年間的變化，已經使各國相對的製造成本結構產生巨大改變。2014年的數據顯示，在全球前25大出口經濟體

中，僅墨西哥、中國大陸、台灣、印度、印尼、泰國和俄羅斯的製造成本低於美國。

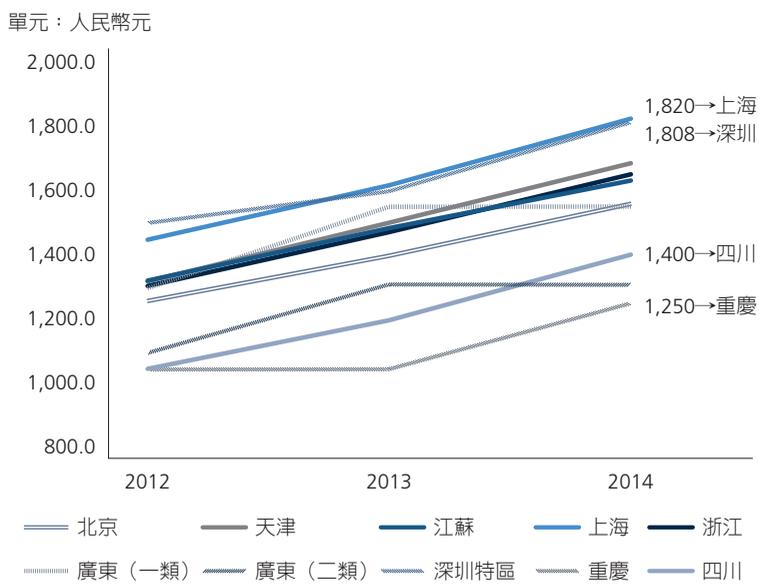
金磚四國的巴西、俄羅斯和大陸，競爭力都較十年前明顯退步。巴西在過去10年，薪資翻了一倍多，兌美元匯率升值20%，工業電力成本增加90%，天然氣成本增加近六成，但生產力卻只提升3%。俄羅斯的工資也飆漲224%，自己雖然是產油與天然氣的大國，但工業電力成本竟然還飆漲78%。印尼和印度薪資成長也不少，但因燃料補貼，製造業成本的增加相對有限。

## 三、大陸勞動成本上漲與缺工，加速各國業者轉型「智慧工廠」

過去中國大陸因工資低廉、勞動力豐沛，加上各地方政府提供之賦稅減免，成為過去全球資訊相關產業業者投資布局之首選，且比重逐年增加。而後因賦稅減免不再、勞動力開始出現緊縮及薪資成本逐年調升，導致中國大陸生產比重開始出現逐年降溫的狀況，全球各國業者除返回母國進行投資設廠之外，並積極轉往東南亞、南美等新興地區布局。

圖2 中國大陸主要地區最低法定薪資

資料來源：中國大陸官方網站，MIC整理，2015年6月

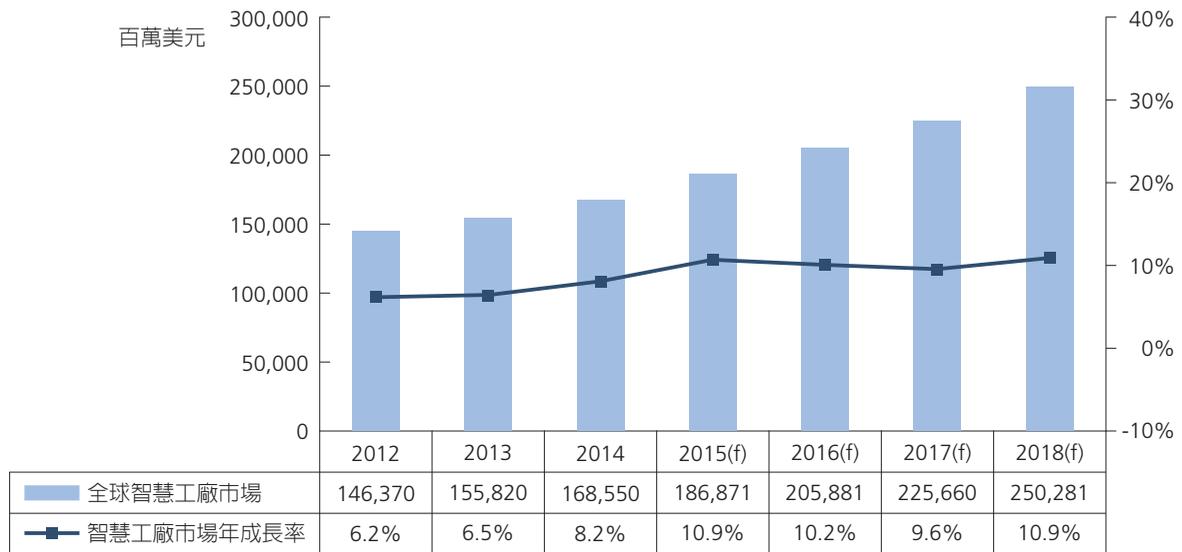


## 全球智慧製造發展現況

根據市場統計資料顯示，2015年全球智慧製造市場規模預計超過1,800億美元。其中以「智慧製造設備與系統」所佔比重最高，其次則為「工業型機器人」（含機器手臂、機器視覺等應用），兩者比重約為90%~95%；「虛擬工廠設計與自動化整合系統」比重仍低。

「物聯網」部分則限於國際通訊標準尚未底定，與「巨量資料與雲端運算」一樣，屬於應用範疇廣泛，如何從各自領域中切分多少規模是屬於「智慧工廠」領域，及軟體服務業者屬

圖3 全球智慧製造市場規模 資料來源：MIC，2015年6月



於事業起始階段，短期之市場規模不會太大。長期觀察結果，硬體佔比可望逐漸降低，軟體、服務等比重則逐年上升，預估2018年該領域比重可望增至三成關卡。

### 台灣產業未來發展機會

整體而言，我國工業電腦產業以代工設計製造為主，多數業者的核心研發能力為硬體設計，仿效國際大廠軟硬體結合做法之難度太高，而且軟體的應用與整合，在智慧工廠雖然佔有相當高的重要性，若無一台具有高度穩定性、平均故障間隔時間與程式邏輯控制器相當、甚至表現更優秀的工業電腦，智慧工廠也無法被實現。

因此，在物聯網裝置、智能裝置、機器人與機器手臂等領域中，基於智慧工廠對物聯網建置與機器手臂導入之需要、PAC可滿足智慧工廠更複雜的作業控制需求，又比工業電腦擁有更高可靠性，對於有意在智慧工廠應用領域發展的工業電腦業者，強化PAC、物聯網網路閘道器、開放式系統機器手臂控制器等產品線之佈局，將有利爭取更多智慧製造之發展商機。

由於智慧工廠可說是自動化工廠的升級版，兩者最大差異在於「巨量資料與雲端運算」、「虛擬工廠設計與自動化系統整合」等領域的應用，主要原因在於這兩個領域的技術，不僅尚未發展成熟，也沒有普及應用於製造業中。但是兩者在物聯網裝置、智能裝置、機器人與機器手臂等領域的差異並不大，如機器人與機器手臂應用於汽車、鋼鐵等製造業已經十年以上。

我國業者當然可以用既有產品去爭取智慧製造商機，但也很容易因此失去其應有的潛在商機。以機器人與機器手臂為例，當機器手臂應用於不同垂直應用領域時，這代表機器手臂的使用環境與使用空間也將不同，當機器手臂的置放空間有限時，原先可搭配、但體積不符需求的控制器產品將不適用，原本具有競爭力的產品線，也將頓時失去競爭優勢。

因此，建議我國相關業者除在已取得競爭優勢的垂直應用領域，強化產品規格，如性能、規格、I/O介面、價格等，維持既有產品優勢之外，也應掌握所聚焦之垂直應用領域的智慧製造導入趨勢，並隨時調整產品規格與增減產品線，以能在客戶需求條件產生變化時，即時掌握商機。

(本文作者為資策會產研所MIC資深產業分析師)