

從國際智慧製造趨勢看台灣產業的機會與挑戰

工研院產經中心(IEK) 馬仁宏博士

全球金融風暴與中國大陸工資連年上漲，先進國家重新檢視「重金融、輕工業」的產業發展思維，並掀起「再工業化」與「製造業回流」浪潮。在此浪潮下，美國提出「先進製造夥伴計畫 (AMP)」、德國提出「工業4.0計畫」等重量級政策，企圖重建與引導全球智慧製造技術發展。台灣過去擅長之靈活與低成本製造優勢將受到挑戰。台灣產業如何掌握此國際趨勢、如何挖掘新興機會與面對未來競爭挑戰是本文探討重點。

1. 製造業是台灣產業發展的根基

製造業是以生產與販售有形硬體的產業。依據「中華民國行業標準分類」，製造業定義為：凡從事以物理或化學方法，將材料或物質轉變成新產品，不論其使用動力機械或人力，在工廠內或在家中作業，均歸入製造業。產品之大修、改型、改造作業、產業機械及設備之維修及安裝、組件之組裝視同製造業。

從歐美先進國家的發展歷程與台灣工業化經驗，可以歸納出製造業的幾個特徵。第一，發展製造業可以創造就業，特別是創新科技業。根據 Berkeley 經濟系教授 Enrico Moretti 之研究，科技業每增加一個工作，約可創造約五個其他工作，其中許多是服務業。第二，製造業所販售之有形產品利於外銷出口，創造整體經濟成長。對於國內市場不大的台灣而言，製造業產品之出口是經濟成長主要動能之一。第三，製造業與工業是國家整體實力之綜合產業，並且製造業是諸多產業的基礎。以台灣資

通訊與機械製造業來說，這些製造業的產品除出口外銷外，更讓台灣農業科技化與精緻化，對於台灣服務業的加值與創新也扮演關鍵角色。第四，科技製造業是一個變化快速且產品生命週期短的產業。產業變化快速就會面對原有產業（舊產業），如何在新環境中轉型與改造問題。因此先進國家無時無刻都在思考如何將原有產業群聚，透過政策的介入進行調整與活化。第五，製造業也是受到科技創新影響巨大的產業。所謂的科技創新即是下世代技術的發明與商品化，例如對於 TFT LCD 顯示器產業來說，AMOLED 技術即是具潛力之下世代產品。科技創新快速，那麼製造業廠商需要更快速的研發速度與新興技術商品化能力。

總體來說，對台灣產業發展而言，製造業是關鍵與重要的。因此，台灣製造業發展過程中，需要以 Outside-in 角度，釐清台灣製造業在全球產業的優勢、劣勢與定位，並提出獨特價值主張，方能保有國家與產業在全球激烈競爭下之競爭優勢（Competitive Advantage）。

2. 美國先進製造夥伴計畫 (AMP) 推動與對台灣影響

對美國而言，「製造業移回美國」與「再工業化」一直是美國歐巴馬總統重要的政策理念。一個很有名的對話是歐巴馬總統問蘋果公司 (Apple Inc.) 執行長賈伯斯說：「要怎麼樣才能讓 iPhone 回到美國生產？」賈伯斯卻堅決地回答說：「這些工作機會是不會回到美國的。」

賈伯斯是著眼於企業全球營運角色，因為企業製造外包已經是這些國際化全球部署一部份。然而，美國政府企圖將製造業工作拉回美國，一方面致力於先進製造技術能力的提升，一方面重新建構製造業基盤，在歐巴馬總統第二任後始終沒有停止過。

從今年 2 月歐巴馬總統的國情咨文中亦可看出，美國持續宣誓強化製造業回流之決心，他指出：「我們的首要任務就是讓美國成為新的就業工作和製造業的嚮往之地」、「經歷了 10 年的就業工作流失之後，過去三年，我們的製造業增加了 50 萬個就業。Caterpillar 也將就業從日本帶回國內。Ford 將就業從墨西哥帶回國內。經過了在中國等國家開設工廠之後，Intel 開始將最先進的工廠開設在國內。今年，Apple 也將再次在國內生產 Mac 電腦。」

上述將製造業重新拉回美國都屬於歐巴馬總統所推動「先進製造夥伴計畫」(Advanced Manufacturing Partnership, AMP) 政策一部分。

「先進製造夥伴計畫」起源於 2011 年中，其目的是要透過產、官、學之合作，找出研發 (R&D) 的投資機會、促進競爭前的合作，共享設備和基

礎設施，進一步促使美國先進製造業變革。

「先進製造夥伴計畫」推動方向乃是由一指導委員會提出，此指導委員會是由 18 名產學界知名人士組成，任務包括提出可以在美國商業化之新興技術、建議支持商品化發展的經濟和創新政策、提出有利於在美國投資先進製造業之教育與人力發展策略、建議共享的設備和基礎設施，以及協助在美國的生產製造商，特別是中小企業。

「先進製造夥伴計畫」將在全美成立 15 個製造創新研究院，以縮短基礎研究與業界技術開發間之差距。第一個成立的製造創新研究院為設立在俄亥俄州與進行 3D 列印技術 (3D Printing) 開發之「國家積層製造創新研究院」(National Additive Manufacturing Innovation Institute, NAMII)，其運作架構如圖一所示。「國家積層製造創新研究院」運作架構包括聯邦政府 (涵蓋不同部會)、州政府 (涵蓋三個州)、學術單位 (涵蓋 9 個研究型大學與 5 個社區大學) 與超過 40 個廠商參與之先進製造創新中心。「國家積層製造創新研究院」與經濟部在工研院南分院所成立之「雷射光谷推動計畫」有些類似，均是希望建置先進的 3D 列印技術，提升機械製造業的國際競爭力與附加價值。

對於台灣製造業影響上，我們認為可分三個方面來討論。首先，我們認為即使美國製造業回流，台商以靈活製造彈性及供應鏈完整之優勢，仍能在全球製造價值鏈上扮演關鍵角色。這點，宏基創辦人暨智榮基金會董事長施振榮先生在今年 4 月份一次公開演講中，也表達相似看法。其次，若美國重新投資先進製造技術與產業，則未來製造業的版圖與運作模式將大幅改變。以「國家積

層製造創新研究院」所開發之 3D 列印技術為例，《經濟學人》雜誌將之 3D 列印技術比喻為「未來將改變世界的製造技術」，並稱 3D 列印技術將引發「第三次工業革命」。第三，若製造業重新回到美國，對於台灣機械與自動化產業將出現巨大商機，特別是整廠、整線、單元與單機自動化及軟硬體整合技術。當然，機會與挑戰是相對的，就看未來台灣製造業如何面對此美國製造回流趨勢並積極因應。

3. 德國工業 4.0 計畫推動與對未來數位製造的影響

另一個製造業的重要政策發生在歐洲工業大國德國。全球最大的自動化展「德國德國漢諾威工業展(Hannover Messe)」剛在 4 月 12 日落幕。今年漢諾威工業展中，俄羅斯是合作國，開幕典禮也由德國總理梅克爾及俄羅斯總統普丁親自出席，並發表對於未來工業發展的看法。

2013 年漢諾威工業展共有 11 項展覽，涵蓋「工業自動化(Industrial Automation)」、「傳動與控制(Motion, Drive & Automation)」、「能源與技術(Energy)」等。合計共有 60 個國家，超過 6,000 家廠商的參與，台灣也有超過百家廠商參展。

2013 年漢諾威工業展之展場主題(theme)為「整合產業」(Integrated Industry)，並強調生活與產業的界線、產業與產業的界線、軟體與硬體的界線、實體世界與網路世界的界線，將因科技（特別是網路與物聯網科技）的發展更加模糊。而「整合產業」背後的推動中心思想即是德國正積極推動之「工業 4.0 計畫」。

與英國與美國等傳統工業化國家相比，德國製造

業占 GDP 的比重仍超過 20%。根據工研院產經中心(IEK)之調查，1991 年時德國製造業 GDP 占比約 27%，2000 年時雖減少至 23.1%，但自此至 2008 年始終維持在 23% 左右；相較之下，英國的製造業 GDP 占比從 1991 年起一路下滑，至 2008 年時僅為 12.3%。

此外，德國製造業占全部商品出口比一直保有 80% 以上的相對高占比。因此當歐元貶值時，德國出口大為獲利，製造業藉其高出口占比，也曾為德國的「經濟奇蹟」帶來不少貢獻。德國對於高科技產業與製造業的重視也表徵在國家政策上。現階段德國國家級發展戰略為聯邦教育研究部負責的「2020 高科技戰略」及聯邦經濟科技部負責的「聚焦：工業之國德國」，並以此兩政策當成德國政府擬定未來工業政策之基礎。

「工業 4.0 計畫」即是上述「2020 高科技戰略」與「聚焦：工業之國德國」架構下之重點跨部會計畫。「工業 4.0 計畫」之推動小組包括 acatech 研究院、廠商包括 Bosch、Trumpf、Siemens、SAP、學研機構如 Fraunhofer、阿亨大學與德國機械設備協會 VDMA 等。其目的為透過產、官、學、研之合作，建立德國能在 2020 年持續領先世界製造與自動化技術之「虛實合一製造系統」(Cyber-Physical System, CPS)。

「工業 4.0 計畫」之內涵是相對於先前「工業 1.0」、「工業 2.0」與「工業 3.0」，其對比如圖二所示。德國所提出之未來「智慧工廠」的情境是：未來工廠以全新生產流程運作，除可垂直與工廠及企業管理流程形成網絡外，亦可以水平透過網路與外部供應鏈結合，完成即時控制整個價值創造網絡-從訂單到交貨-的連結。此外，「智慧工廠」可同時實現產品及其生產系統生命周期工

程的整合，並達到資源效益應用可增加，避免不必要浪費且降低存貨及縮短客製化產品交貨時間效益等。

「工業 4.0 計畫」之整體執行經費雖不多（德國政府補助 2 億歐元），但私部門廠商投入的積極度在今年漢諾威工業展已清晰展現。德國正積極打造一個完全數位化的「製造生產系統」，並大量將網路技術、軟體技術、物聯網（IoT）技術、雲端運算技術與 Big Data 技術整合起來。

德國透過「工業 4.0 計畫」計畫有機會引導製造業的革命（至少德國取名為工業 4.0 時即有此思維），值得具有 ICT 技術優勢的台灣產業積極思考與進一步規劃未來走向。

4. IEK VIEW

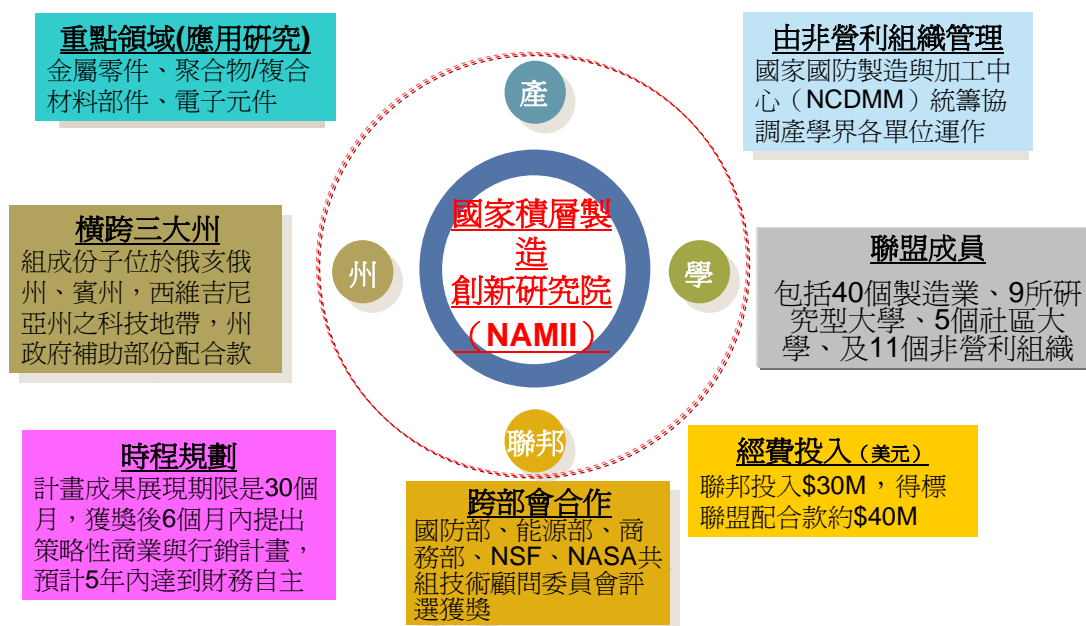
本文以 Outside-in 觀點，先介紹製造業特徵與對台灣整體產業發展之重要性，之後討論因全球金融風暴與中國大陸製造基地轉型，引發先進國家「製造業回流」浪潮，及介紹美國「先進製造夥伴計畫（AMP）」及德國「工業 4.0 計畫」等政策內容，與此兩個會影響未來製造業版圖之重量級政策對於台灣的可能影響。主要建議包括：

1. 台灣產業各界，包括製造業與機械及自動化產業，應持續觀測「先進製造夥伴計畫（AMP）」及「工業 4.0 計畫」之推動進展與成果，特別是相關參與國際廠商在此政策下所開發之新產品、新技術、新服務與新商業模式(Business Model)。以為後續產品發展與研發方向之參考。
2. 網際網路的浪潮所引發之雲端運算與 Big

Data 等新興技術將在未來幾年大幅滲透到原本製造業。台灣原本在資通訊領域即掌握優勢，如何在此優勢下，積極建構未來製造業之資通訊軟硬體與服務基盤，是未來可持續深入之新商機。特別是機械設備業與自動化產業如何積極投資網路與資運軟體，提升附加價值與國際競爭力是未來機械業高值化重要路徑之一。

3. 台灣是一個小國家，在科技研發上不易有前瞻領先思維與能量。值此美國重新建構先進技術與德國建構虛實合一製造技術之際，產官、學界應積極透過國際合作與網路，與相關單位及組織建立密切合作關係。相關關鍵技術的發展，或許台灣無法取得超前，但若能以台灣快速商品化之優勢並積極進行國際合作，在未來新興產業上仍能有一番作為。

圖一 美國「先進製造夥伴計畫 (AMP)」之「國家積層製造創新研究院 (NAMII)」運作架構



資料來源：NIST；OSTP；工研院IEK整理（2012/9）

圖二 德國「工業 4.0」之特徵與先前工業世代之內涵比較

	過去 工業1.0和2.0	現在 工業3.0	未來 工業4.0
超系統	模擬通信 • 國內市場 • 主機	網際網路和企業網路 • 出口市場 • 電腦	物聯網 • 本地化市場 • 行動計算 (Mobile Computing) 與雲端運算 (Cloud Computing)
系統	新泰勒主義 (Neo-Taylorism) • 庫存生產 • 機械設備導向 • 主組織	精實生產 (Lean Production) • 及時生產 • 流程導向 • 團隊組織	智慧工廠 • 個性化生產 • 彈性生產 • 升級的操作者
次系統	機械化 • 傳統機器 • 工作計劃 • 面板 • 轉輪	自動化 • 數控機床 • ERP/MES • 3D-CAD/CAD-CAM • 控制台	虛擬化 • 社會機器 • 虛擬生產 • 智慧型產品 • 行動設備

資料來源：工研院IEK王寶苑整理 (2013/03)