

美國智慧製造生態系統的發展與啟示



邱 創 鈞
Chiou, Chuang-Chun

東海大學工業學博士，現任東海大學工業工程與經營資訊學系暨研究所教授、東海大學精實系統團隊核心成員。具多年實務管理及擔任企業訓練與輔導顧問經驗，曾赴美國Texas A&M大學、加州大學Irvine分校、英國愛丁堡Napier大學、澳洲Australia Catholic University大學進修與研習，並受邀至中國大陸多所名校授課與交流。近年經常擔任公部門專案審查與經濟部工具機整合行銷案之審查委員。期刊、研討會及專書論文等研究著作逾百篇。研究主題涵蓋管理科學、精實管理、供應鏈管理與服務科學。

自2011年德國「工業4.0」的號角響起後，各製造大國陸續推出各自的工業4.0版本，雖然各國的版本不同，但本質上都指向同一個核心議題，就是智慧製造。本文探討美國如何整合產官學研資源與善用聯盟機制以發展具有美國特色的智慧製造生態系統，並探討他們的發展策略對台灣製造業有甚麼樣的啟發。

共生共榮的智慧製造生態系統

猶如在自然生態中的生物處在一個特定環境之中，生物需要相互作用，不斷進行物質的交換和能量的傳遞，以維持旺盛的生命力。面對智慧化環境，當今企業所便需要發展一個適合大家共生共榮的智慧製造生態系統。而智慧製造生態系統的建立需軟硬兼施，虛實並進。硬體技術包括感測裝置、網路裝置、機器人、3D列印、智慧型手機；軟體方面則包括雲端平台、大數據分析、人工智慧、虛擬實境VR/擴增實境AR等技術。因此，製造業導入雲端平台、利用人工智慧及大數據分析、結合工業互聯網等技術，透過平台連結產業上中下游，以形成可快速客製化的製造生態體系，在下游端讓用戶參與產品設計研發、智慧製造、物流配送等，在上游端則匯集多家企業提供製造資源，如此形成一個環環相扣，共生共榮的智慧製造生態系統。

美國先進製造夥伴計畫的推動

「聚焦應用快速的商品化的科技，分享政府研發設施，促進產業協同研發以降低商品化風險，回應顧客的需求，也能為公

司創造更高的利潤。」這是歐巴馬總統宣布推動美國的「先進製造夥伴計畫（Advanced Manufacturing Partnership, AMP）時所設立的目標。

自德國提出「工業4.0」後，相關議題迅速在全球發酵，身為製造強國的美國當然不會在智慧製造的競技場上缺席。

談到美國的智慧製造，不禁令人想到2011年6月24日，這是美國製造業值得紀念的一天，在匹茲堡卡內基梅隆大學的優美校園裡，聚集了美國產官學界的重要人物，當然還有時任總統的歐巴馬先生。當天歐巴馬總統公布推動美國的「先進製造夥伴計畫」，隆重宣示對「再工業化」戰略上的重視。這項AMP計畫最初是由美國總統科技顧問委員會（the President's Council of Advisors on Science and Technology, PCAST）在2011年6月發佈的「確保美國先進製造業領導地位」政策報告中提出的。歐巴馬總統隨即任命美國陶氏化學公司（Dow Chemical）的執行長 Andrew Liveris和麻省理工學院校長 Susan Hockfield，擔任AMP計畫的領導，參

與的學術單位有麻省理工學院、卡內基美隆大學、史丹佛大學等知名學府，產業界則有康寧玻璃、福特汽車、英特爾、寶僑等大企業。目的在建構一個製造業產官學研聯合的基礎平台以形成一個創新智慧製造生態體系。

同年11月在美國商務部所屬的美國標準與技術研究院（NIST）設立國家先進製造項目辦公室（Advanced Manufacturing National Program Office, AMNPO）。主要負責協調產業界、學界和聯邦政府部門，統籌規劃與先進製造相關施政、管理公開競爭的研究所篩選創建流程。透過共同投資新興技術來創造高水準的美國產品，保持美國國內先進製造的競爭優勢。後來於2013年又推出AMP2.0版，由此可以看出歐巴馬政府在先進製造的決心。仔細分析其推動策略乃先以平台建構為起點，善用其網路與軟體優勢，設定重要的發展項目為實踐，以確保美國的先進製造地位。

策略性共創平台的建構

美國在製造技術提升上善用聯盟方式來推

動。諸如，建立先進製造技術聯盟(AMTech)藉由公私部門合作，為業界提供必要資源，為鼓勵創新技術與提升現有技術，先進製造技術聯盟提供「技術提案獎 (planning award)」和「專案執行獎 (project award)」補助支持具長遠競爭力的基礎和應用研究，目的是從基礎研究中找出符合長期產業研發需求的技術，並依據需求迫切性排序，促進更高效率的製造技術移轉，整合價值鏈上所有相關企業。如此在資源的投入上更顯得有優先順序。

在制定標準與智慧連結化方面,美國工業物聯網聯盟(Industrial Internet Consortium, IIC)為AT&T、Cisco、GE、IBM與Intel於2014年共同成立，目前已有超過200家會員，如軟體平台廠商PTC、機電大廠ABB、雲端廠商Microsoft、測試廠商National Instrument、傳統製造大廠Siemens與晶片廠商Qualcomm，生態系相當完整。以聯盟形式逐步影響各組織制定標準的流程和走向，進而提供測試場域，讓創新技術與商業模式得以實行。

在工業物聯網架構演進上，IIC在2015年於發表工業網路參考架構 (Industrial Internet Reference Architecture, IIRA)，針對跨

工業領域會遇到的安全隱私、連線與互通性問題制定架構，讓現存標準或未來可能出現的新標準能統一在此安全架構下運作。IIC也與不同聯盟合作，如2015年3月與開放互聯聯盟 (Open Interconnect Consortium, OIC) 結盟，主要由英特爾和戴爾等公司組成，而透過技術互通與資訊分享，相容於彼此的參考架構和開發框架。至於連接雲端最令人頭疼的資安問題，IIC也於2016年9月發布IIRA第一版安全協議，是由晶片製造商、設備開發商與終端用戶共同訂定。

智慧型製造領導聯盟的推波助瀾

以上介紹可發現，美國推動智慧製造有政府主導的AMP計畫、先進製造技術聯盟 (AMTech)，也有民間企業發起的工業物聯網聯盟(IIC)。此外，還有由一稱為「智慧型製造領導聯盟」 (Smart Manufacturing Leadership Coalition, SMLC) 的個非營利機構組織，也發起倡議致力於製造業的未來。智慧型製造領導聯盟是一個非營利性組織，由製造業公司、供應商、技術公司、製造商集團、大學、政府機構和實驗室所組成。此聯盟的目標是讓這些製造業的利益相關者形成協同研發、實作和推廣的團體，可以發展出相關的方法、標準、平台和共享的基礎架構，促進智慧化製造。



以上美國推動智慧製造的策略及作法可發掘，智慧製造透過工業網際網路是要將之前工業革命所帶來的眾多機器、裝置和設備，與數位化革命帶來的雲端運算、資訊和通訊系統進行緊密連結，以創造新的智慧製造。

主流企業的智慧製造實踐

姑且不論奇異公司(通用電氣GE)近年的股價表現，若要推舉美國代表性的智慧製造實踐案例，絕大部分的人都會直覺地想到GE公司。GE工業互聯網將把所有各自獨立運作的“應用孤島”緊密連接，運用大數據分析技術、雲端運算技術、移動技術，建構一個由機器、設備與人工智慧組成的龐大的網路。

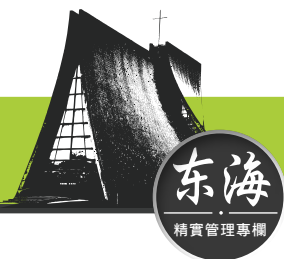
有別於消費性互聯網，GE所建構的工業互聯網是垂直的，是將產業深度的經驗，轉化為有用的知識，這正是所謂「互聯網+」的模式。工業互聯網主要從數據中獲取有價值資訊，以進行決策。

GE在2013年11月一口氣推出了9項全新的工業互聯網服務技術，涵蓋運輸、能源、醫療等多個領域。GE的工業型網際網路乃從技術應用面切入，並和GE的航空、鐵路、醫療儀器與工業型網際網路結合。透過「互聯網+」的組合公式，讓風電廠變成數位化風電

廠，也讓航空公司的每一台飛機發動機都能進行單獨的資料分析，提升燃油管理效率。此外，還能讓醫院的醫療設備提升診斷能力和利用率。

另外，便是微軟與GE所推出一套提供企業用戶在Azure雲端服務中使用GE的PaaS (Platform as a Service) 平台Predix。Predix平台可提供產業企業用戶打造工業網路應用程式，用來連結工業資產、蒐集和分析工業資料，同時也能提供即時資訊來優化工業基礎建設。例如Predix中的資產性能管理(Asset Performance Management, APM)和營運優化服務。GE的APM系統每天共監控和分析來自1兆個設備資產上的1,000萬個感測器，所發回的5,000萬條資料，終極目標是為客戶實現100%的無障礙運行。此專案是藉由蒐集該公司所售出機器上的資料並加以分析，以用於提高機器效率。

GE以工業網際網路為技術核心、不斷進行軟硬體整合，加速製造業的服務化及智能化；這項重大新策略使GE從一個傳統設備製造公司，轉型進入以互聯網為新發展方向的公司。Predix工業互聯網平台，有時還會令人誤以為是美國國家級的智慧製造行動。



GE在伊梅特（Jeffrey Immelt）任內的工業銷售上，從61億美元提升到174億美元。其中GE航空增長三倍，達到60億美元。而交通、醫療、能源等都有2~3倍的增長。跟競爭對手如施耐德、西門子、ABB相比，GE獲利與股價表現顯得落後不少。但其在全球工業設備製造業的龍頭企業，在航空，鐵路，能源，醫療等行業的高端關鍵設備製造方面具有舉足輕重的產業地位。或許是出於大公司的穩健持重的特性，在發展工業互聯網概念時採用了比較保守的方式。伊梅特以GE現有的產品和市場規模，只要引入工業互聯網，使相關設備的效率提高1%，十年下來就可以為各個產業節省數千億美元的開支。這就足以證明GE是該進軍工業互聯網。

生態系統發展的策略與特徵

美國以製造強國的姿態發展先進製造，台灣所擁有的資源與能耐當然無法與之相比擬。我們未必要循著美國的模式推動發展，但其發展經驗卻可以作為借鏡。

歸納以下幾點建議。首先，需政府之大力支持，美國有前總統歐巴馬親自開啟先進製

造夥伴計畫，有豐沛的產官學研及非營利組織促成智慧製造領導聯盟，加上具有相當份量的主流企業的積極實踐智慧製造。這些都是非常重要的關鍵要素。

其次，必須透過平台整合，台灣之前早有A-Team、M-Team等整合模式，本身應該有能力對特色產業建構一個產官學研聯合平台，以提供一個智慧製造生態體系。使產品設計、開發、生產、銷售等垂直與水平價值鏈，提升智慧製造服務的應用層次，讓生態體系內的成員做最有效的互動。

最後，亟需鎖定深耕代表性產業善用虛實整合，落實精實系統，為企業帶來真正的價值，為客戶帶來更高的服務滿意度。藉由智慧製造生態體系切入全球先進製造供應鏈，方能生存立足。過去臺灣錯過了數位化與互聯網的浪潮，如今先進智慧製造成為兵家必爭之地，電子電機、機械及資通訊業正好是臺灣的強項，如何運用生態系統發展競爭優勢，讓臺灣製造業在全球供應鏈佔有一席之地，實為當務之急。^{M4}

由本欄作者執筆「面對未來的智造者：工業4.0泡沫化後的製造業再興」（大寫出版）預定於10月出版，敬請期待。