

迎接工業4.0智慧型精實製造的挑戰

文 ◆ 劉仁傑



劉 仁 傑
(Ren-Jye Liu)

日本神戶大學經營學博士，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。曾任日本大阪市立大學商學部客座教授、美國賓州大學華頓商學院訪問學者。中文及外文著作十分豐富，著書四度獲得經濟部金書獎，包括《日本企業的兩岸投資策略》(聯經)、《重建台灣產業競爭力》(遠流)、《企業改造》(中衛)、《共創》(主編，遠流)。長期致力於精實系統推動、台灣製造產業體系變革暨台日商策略聯盟研究，經常應邀到國內外大學、大型企業，講授追求物質文明與精神文明的製造管理理論與實務洞悉心得。

工業4.0是一種透過物聯網 (IoT)、大數據 (Big Data) 等數位化科技，整合顧客與供應鏈夥伴，能夠調適顧客需求、節約資源，達成大量個別客製生產的智慧製造。德國於2010年提出《高技術策略2020》，2011年德國科技院 (ACATECH) 啟用工業4.0名稱，在2011漢諾威工業展一舉成名。

工業4.0在德國政府國家政策帶動下，已經成為繼美國製造回流之後，全球最受注目的製造議題。工業4.0被認為是相對於蒸汽機、電力、電腦普及的第四次工業革命，德國政府的行銷得宜，凝聚了強大的群策群力效果，不僅在聲勢上大幅領先美國2011年提倡的先進製造夥伴計劃 (AMP)，更帶動各工業國的危機意識。受到德國工業4.0啟發的包括日本的數位化製造、大陸的中國製造2025，以及臺灣的生產力4.0。

究竟工業4.0與精實系統的關聯為何？在本質上是否迥異於既有製造思想？這可能是最近一年最熱門的問題。本文特別整理作者在許多場合回答這個問題的精華，分享給讀者。

延伸精實系統精神 學習3S價值創造

先說結論，工業4.0在本質上是精實系統的延伸，是一種智慧型精實製造。GE (奇異) 與小松 (Komatsu) 堪稱鼻祖，領先全球。在精實系統基礎上，能否秉持開放精神與發展出 Solution Business，則是迎接工業4.0智慧製造的最大挑戰。

源自豐田生產體系的精實系統，主張「為後製程製造」與「平準化生產」，在本質上具備顧客價值、精實流程，以及產出穩定而能夠預測等特質。這些特質正是工業4.0追求的目標。豐田汽車堅持：(1) 先合理流程、再進行電腦化 (2) 動腦筋與用心「改善」 (3) 結合供應商一起學習。而這三大堅持，也正是支配智慧製造是否成功的軟實力。

相對而言，堅持現場主義的精實系統，卻有可能忽略ICT技術的新型智慧能力。換句話說，ICT技術影響製造日新月異、感測器的廉價與普及，讓物聯網提供具科學依據之優異課題與問題解決質量。實務界用3S價值創造，說明智慧型製造的特徵。亦即 (1) 透過感測器

(sensor) 做到即時連接與資料儲存 (2) 透過運算軟體 (software) 迅速進行假設、分析與驗證 (3) 提出解決方案 (solution)。

因此，讓精實系統進一步強調顧客價值與3S價值創造，形成徹底消除浪費、具備個別客製精神的智慧型精實製造，可能是工業4.0最重要的貢獻。事實上，用這個角度檢視全球智慧製造的實踐企業，最早的並不在德國，而是美國的GE與日本的小松 (Komatsu)。

GE與小松率先實踐智慧製造

GE設立在東京日野市的醫療器材廠，是全球GE研修精實製造的總道場，被認為是推動製造服務化與製造回流的秘密武器。GE是實踐製造服務化的先驅。其營業額與服務部門比重變化，在1980年為250億美元，服務部門占15%，於1990年增加到500億與45%，到了2000年，營業額達到年1,225億，服務部門的營收首度超過75%。GE同時也是製造回流先驅，2013年將中國與墨西哥生產的電熱水器與洗衣機移回肯塔基州的Louisville廠。

正因為產品出貨不僅不是結束，而是服務部門真正獲利的開始。換句話說，GE創造了使用顧客的新需求，用「軟體實力」創造硬體的最大附加價值。譬如，GE正透過飛機引擎、醫療器材、發電設備的感測器，分析作業情形、溫度與能源消耗，提出各色各樣的改善方案。其中，最早簽約成為Flight Efficiency Services (FES) 顧客之一的義大利航空，就因此每年省下1,500萬美元的油耗。

小松是日本最大的建設機械企業，2001年將連接衛星定位系統 (GPS) 的KOMTRAX列為基本配備，啟動智慧製造。小松利用GPS與感測器，即時回報機具狀態資訊，經演算整合，

分送顧客與服務據點。具代表的solution包括 (1) 透過水溫變化預知故障，讓使用顧客邁向零故障損失 (2) 掌握不正確操作、感知被不正常移動或零件拆除等，達到提高顧客使用效率與防止失竊的目標。

經由GPS的使用資訊，掌握不同地區使用顧客特質與成本結構，有效發展Solution Business，更是獨樹一幟。譬如從中國大陸人工成本低、建設機械的24小時使用與全年無休，精算出油耗居成本結構之冠，預知油電混合建機在中國的商機。如同預估，2008年推出的油電混合建機熱賣，2009年在中國的占有率一舉從18.7%提升到21.2%，最大競爭對手卡特比勒則從13% 跌到8.7%。

智慧型精實製造的3個挑戰

近期德國相關研究陸續指出，中小企業是實踐工業4.0的最大瓶頸，日本中小企業也有相關發現。中小企業在能力與人才上受到限制固然是重要原因，與整個產業界同步，迎接智慧型精實製造3個觀念變革的挑戰，才是最大關鍵。

第一：堅持後製程就是顧客。從觀察後製程實際作業流程提出解決方案，追求雙贏。包括資材管理、零組件加工、機器組裝、產品出貨、顧客服務，全面落實才能發揮智慧製造效果。

第二：堅持服務主導邏輯。顧客價值不在產品性能，而是來自顧客的使用價值或感知過程。重視顧客價值的服務主導邏輯，是從銷售產品邁向提供解決方案的Solution Business的精神指標。

第三：共創開放平台與信任機制。開放才能進行3S價值創造，才能把餅做大、做精。信任才能從資訊共享邁向價值共享，共同防止資訊外流與駭客攻擊。

MA