

從產品的演化過程來談 智慧製造的成功要素



邱 創 鈞
Chiu, 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。

創造產品價值的智慧化演變

產品創新設計決定企業是否能為顧客創造新的價值，進而直接影響企業的競爭優勢。2007年Apple公司推出創新的iphone智慧型手機即是最佳寫照，它不只是一支行動電話，它擁有拍照、攝影、個人數位助理、播放音樂、收發郵件、語音留言、瀏覽網頁，還有外加APP等功能。iphone智慧型手機跳脫以往的手機功能框架，給使用者更多的想像與應用空間，這就是為顧客創造新的價值。我們可借鏡智慧手機的發展歷程來審視當產品朝向智慧化的演變時，製造系統是否也智慧地擴充其能力？製造系統與產品在智慧化的演變過程是否具有其特殊的成功要素？因此，本文將從產品的智慧化演變過程來談智慧製造的成功要素。

從單機演化到智慧化製造體系

以智慧工具機的智慧化演化過程來看，在1952年，Parsons公司與麻省理工學院合作，結合數值控制系統與辛辛那提公司的銑床，研發出第一台NC工作母機，將傳統機械，提升為數值控制。隨後微處理器被應用到數值控制上，大幅提升其功能，諸如，防振控制、可高速、高精度加工，延長刀具壽命、熱變位控制、主軸監控、保養監控、棒材供給控制等等。當時工具機產品演化的重點在發展工

具機本身的機械與控制性能，較少連結外部軟體技術來提升機台性能與產能。

工具機單機功能的提升在1990到2000年間，由於五軸工具機、車銑複合加工機開始普及化，其功能變得比以往更複雜。使用者已經很難完全發揮機台的效能。此時，工具機產業開始重視軟體在工具機中的重要性。國際大廠例如MAZAK、OKUMA、DMG等開始提出所謂的智慧工具機的概念，並且開始發展特有的軟體功能以協助使用者發揮工具機性能。然而，此時的智慧工具機仍較偏重於單機功能，如操作安全防護、加工效能提升、診斷監控等功能。直到2011年，隨著德國所提出的工業4.0風潮而起，國內外工具機大廠便開始大量投入發展軟體技術，並朝智慧工具機的產品開發方向邁進。

當工具機產品專注發展單機的功能提升時，僅使產品在監測控制上顯得更加聰明，但還稱不上有智慧。隨著物聯(IOT)、雲端技術(Cloud)與大數據(Big Data)等數位化科技的成熟，工具機彼此之間可以透過網路連結溝通，如此便可以達成劉仁傑教授在MA第94期「精實智慧製造最前線」一文中所提的“精實智慧製造應用架構”圖中所指出的網宇系統與實體系統之協作關係。因而智慧工具機便在所形成的生產體系中，持續向外部系統擴充，更可結合如行銷、供應鏈、維修等外部系統，以發展形成打破疆界的系統體系(system of systems)。

智慧製造的要素

在智慧製造方面大致有三種發展模式，一種是以強大的製造業為後盾，並善用IT，此以德國為代表；另一種是以資訊產業為主軸，來改善製造業，美國傾向利用此模式；中國選擇第三種模式，亦即資訊產業和製造業相互促進拉抬。不論是甚麼發展模式，在智慧製造系統中，一定需包括：創新型科技、自動化生產製造、智慧化精實管理、和創造價值的設計這四大要素。

要素一 創新型科技

首先來看驅動工業4.0的創新型科技，其中包括物聯網、大數據、虛實整合系統。(1) 物聯網IOT，是建立各式物件的網路，共享物件彼此的資訊。透過物件間的資訊分享，並且將資訊連接到後端分析的數據中心，可以進行物件的管理與控制，達到智慧環境的目標。簡言之，在智慧製造中有了IOT技術，可隨時掌握人、機料、環境的狀況。(2) 大數據，則需要資料探勘的技術，可根據資料的產生速度、來源異質性與數量，會有不同的處理方法。由於工具機工作環境與製程要求的複雜程度，擷取的資料產生速度與數量可能達巨量等級。例如：切削、振動、溫度等數據的收集分析。資料與處理後的資訊將會產生過去難以想像的價值，使用者可以直接進行參數調整的維護手段，透過巨量資訊分析提供更完善的售後服務。(3) 虛實整合

系統 CPS則是針對製造系統的不同面向建立各種虛實模型，並建立網宇與實體系統之互動介面。

美國GE在2012年啟動工業型網際網路之後，一方面從技術應用面切入，GE不斷將自己的航空、鐵路、醫療儀器與工業型網際網路結合。另外推出Industry Internet Operating System 平台（Predix），提供企業用戶在Azure雲端服務中使用 GE的工業PaaS（Platform as a Service）平台Predix。它提供企業用戶打造工業網路應用程式，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以優化工業基礎建設。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，轉型進入以物聯網為新發展方向的公司。

要素二 智動化生產製造

一般製造業強化生產競爭力的過程可分為三個階段：第一階段是製造部門本身透過自動化，提高生產效率、降低成本，並增進生產過程的安全性與降低對環境的影響。例如機械手臂、機器視覺、運動控制的應用。第二階段，是藉由生產流程最佳化，建立製造智慧，透過電腦模擬與製程模型，創造可靠的製造能力，以滿足客製化、多變化、快速化等需求。但以往自動化大致分美日歐三個系統。美系廠商

包括Rockwell、奇異電子(GE)、Honeywell等；日系廠商如三菱、歐姆龍(Omron) 歐系以Siemens、施耐德電機、ABB等為代表。過去各自的系統相容性不高，以致無法協作。第三階段，生產設備相容、互通已成為基本需求，透過智慧製造所建立獨特競爭優勢，在製程與產品上增加顧客價值創新能力。例如，西門子（SIEMENS）在德國安貝格（Amberg）工廠，日本電裝（Denso）「高效工廠」都是高度自動化和標準化的智慧工廠。

要素三 智慧化精實管理

在之前提及劉仁傑老師的大作中亦指出精實智慧製造應用架構，其中實體系統(physical system)非常需要取得現場的管理資訊。最直接的就是掌握生產現場中的人、物、機器設備、工作環境的最新狀況。不僅是做個別單元的最佳化，更需使之達到最佳組合狀態。以物在場所的科學定位為前提，以完整的資訊系統為媒介，以實現人、物、機器設備的有效結合，通過對生產現場的整理、整頓，把生產中不需要的物品清除掉，把需要的物品放在規定位置上，使其隨手可得，促進科學化生產現場管理，達到高效生產、優質生產與安全生產。而其後端的網宇(cyber system)則必須負責資料分析，將資訊可視化，進而提出最是的解決方案與防止問題的再發生。並回饋到實體系統以進行持續改善(continuous improvement)。

透過可視化管理的概念，讓管理者有效掌握企業資訊，實現管理上的透明化與可視化，如此管理效果亦可以滲透到企業人力資源、供應鏈、客戶管理等各個環節。在可視化的解決方案中，研華所提出生產資料擷取、生產異常維護、設備全域管理、生產過程追溯，產線倉儲物流，廠務設施監控，生產能耗分析等系統，其內容涵蓋MES、AGV、OEE、WMS、AODON、Recipe Management、看板管理、生產設備管理、網路設備管理、ATE檢測、環境監控、設備遠端雲服務等十二個基於CPS的生產程序控制與資訊系統，這些均是將資訊可視化的良好實踐案例。

要素四 創造價值的設計

為顧客創造新價值，在民生應用的設計案例非常多，例如iRobot公司的Roomba吸塵器使用感測器與軟體掃描打掃空間，分析各不相同的房間地板並規畫清潔方式。較複雜智慧化的產品可了解周遭環境、自行診斷自己的服務需求，並可配合使用者的偏好來調整。自主性不但可減少需要人來操作的情況，也可改善在危險環境中的安全性，並可從遠距執行操作。除此

之外，還可運用外部連結協作，為顧客創造價值。而在工業創新設計的應用方面，例如GE在2013年專心投入智慧製造；近年在矽谷設立軟體分析中心，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。

由此可知，未來將智慧製造系統內在及外部顧客回饋的資訊，透過大數據分析，強化設計更貼近顧客需求，並容許在開發晚期與產品出售之後，進行更多設計上的修改，且更有效率。企業也可以讓硬體開發與軟體開發的執行速率更加同步化。

綜觀上述，由產品與生產製造系統的智慧化發展軌跡來看，智慧型的製造工廠必然邁向自動監控、自主式的機器學習以達優化解決。而在四大要素和其推動智慧製造的實際案例中發掘，科技其實不是真正的重點，焦點乃在因生產智慧產品所引發的競爭轉型。而生產智慧產品的製造系統是否能夠智慧化成功，則需將上述的四大要素做最有利的整合。未來台灣乃至其他國家的製造業想要在世界競技台上佔有一席之地，則必須向智慧製造方向邁進，快速回應客戶需求，為顧客創造新的價值，以取得致勝的競爭優勢。^{M4}