

工具機自動化與智慧化融合的實體系統



巫 茂 熾
(Mao-Chih Wu)

東海大學精實系統團隊核心成員。歷任連豐機械設計工程師，友嘉實業研發部課員、課長、經理、協理，事業部副總經理等職務。大型研發專案的FMS主導性新產品、五軸加工技術暨加工機業界科專計劃主持人。近年積極致力於工具機業，精實製造管理、產品開發管理與電腦系統導入之實踐與輔導。

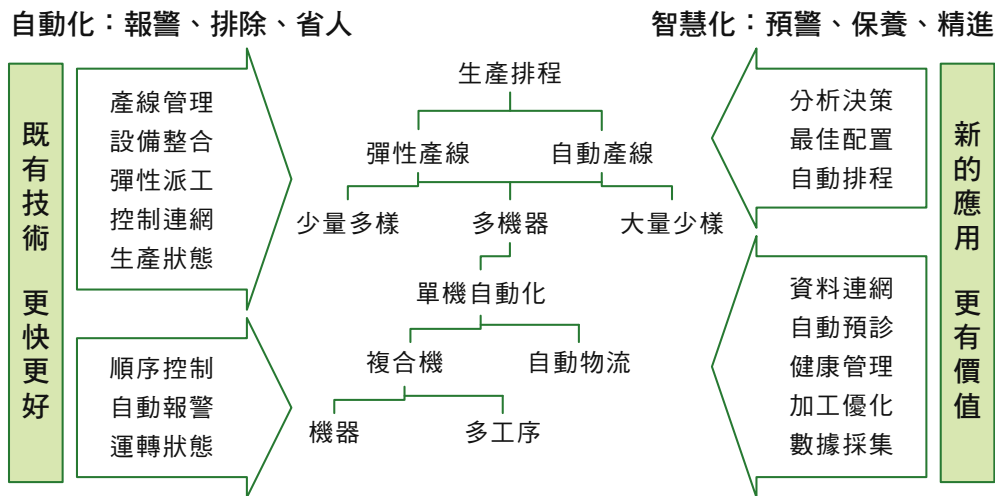
回顧1990年代的電腦整合製造系統(CIMS, Computer Integrated Manufacturing System)、設備連線即時管理系統(EMS, Equipment Management System)，是運用資訊科技來強化工廠管理的自動化，當時的彈性製造系統(FMS, Flexible Manufacturing System)則是多樣少量生產自動化的解決方案。

2011年，德國科技院(ACATECH)提出工業4.0，則是用製造能力解決市場不確定，智慧製造是解決的方案。而「生產製造設備的智慧能力」，以及「滿足顧客需要的調適能力」是大量客製化(mass customization)的課題、製造業的挑戰。

自動化的方案，用控制設備的方式確保計畫執行，運作期間若發生問題，則自動報警並停機，快速排除後繼續執行任務。然而市場不確定的因素瞬息萬變，自動化與彈性化已無法徹底解決現在的難題，需要再融合以數據分析決策的智慧能力。自動化與智慧化融合的實體系統，能預知設備異常提前改善或先期採取對策，創造更大的價值。

工具機的實體系統

工具機產品，從人和馬匹的勞動被機械力取代的機械化階段，再到運用電力滿足大量生產的電氣化階段；當電腦崛起普及後，機械與電腦融合的數值控制器，可即時取得資料達到監控，此時邁入數位化階段，以及最近應用網路技術搭配感測器，即時取得設備訊息的數據，改善產銷瓶頸，創造新價值的智慧化階段。這四個階段的目的，可用省人力的自動化，和提高應變力的智慧化



自動化融合智慧化的智慧製造實體系統圖

來說明。如上圖，在生產製造領域，工業4.0的變革，是在自動化的基礎上，增加智慧化的功能。

將數值控制器裝在機器上，提高生產精度和效率，設備搭配自動上下料的自動化整合技術，可以節省人力，這是將資訊工具運用到生產設備的自動化方案。

自動化生產線方案，根據生產樣式多寡和批量大小的需要，有單樣大批量的自動產線，和多樣小批量的彈性產線。自動化的技術創新，在機器層，需要有順序控制、自動報警和運轉狀態監視的功能。數台單機連成的產線層，則需要設備整合、產線管理、狀態監控、彈性派工以及產線連網上傳生產資訊的功能。

工業4.0的智慧化變革，是大量訂製、提高顧客調適能力的解決方案。智慧生產是在自動化基礎下，融入資料收集、加工優化的設備健康管理和預診功能，透過設備連網，將生產實態上傳，結合生產需求透過運算，能自動排程與最佳配置，少量多樣也能發揮最大產能，具有分析決策的智慧能力。

從價值提升到價值創造

早期的自動化是用I/O(輸入/輸出)點來控制機械，並搭配序列埠 (Serial port, 如RS-232) 做資料上傳、下載。1980年代起，機器使用步進馬達、伺服馬達、NC、PLC、CNC等產品和技術，提高機器產品的自動化程度。從1990年代起，再增加電腦技術和整合技術的應用，將機器連結起來成為CIMS成

員之一的自動化產線。

自動化的設備或產線，偵測到故障信號，會自動停機、報警，待故障排除後才能繼續生產。設備或產線運轉期間，收集來的運轉資料，經分析可以得到生產稼動率，故障率等產能的績效指標。降低人力、縮短故障等待維修時間、提升產能是自動化的目標。隨著控制軟體開放、硬體升級，自動化能力越來越好，整合的深度越來越深、範圍越來越廣，現在比過去更快更好，大幅提升整合的效益。

設備的智慧化是在數值控制的基礎下，將影響設備運作的參數數位化，如將溫度變化、變形、振動、液體壓力、電流等設備運轉的控制器外部數據採集起來。控制器可以掌握的內部數值、操作指令與情境，屬於控制器內部數據。將外部數據與內部數據結合起來，這些資料經過演算，可以預測未來可能的問題，並提出建議與對策。如發現加工有劣化的趨勢，則控制器自動修正加工參數，提升加工速度或精度，讓加工有更好的效果。若發現設備狀態有異常，表示設備的健康將要有問題，則提前預警，利用生產排程空擋，停機保養與檢修設備。設備智能化的健康管理，可以消除無預警的停機，產能和交期可以得到保證。

產線上設備層的加工時態和操作情境資料，透過網路上傳，除了被即時監控，更能應用收集的狀態資料，透過決策系統微調排

程計畫，甚至自動修正排程，讓產線以最佳的方式貢獻產能，這是產線的智慧化價值。

偵測到故障訊息，讓設備或產線在最短時間內恢復生產；大量且重複的工作用機械力取代人力，在控制技術升級與開放的條件下，控制數據可以在更短時間內收集與下達，自動化的生產價值大幅提升。運用設備或產線狀態的數據，做好檢康管理，自動決策與最佳配置與排程能實現，採集並應用設備運作數據，讓變化不會影響生產計畫，智慧化可以創造比自動化更多的價值。

實體系統是智慧製造創造價值的關鍵

實體系統(Physical Systems)具有數位化、連結化、智慧化的功能（參閱《面對未來的智造者-工業4.0的困惑與下一波製造業再興》大寫出版，2018年10月），可以將設備層與產線層的控制數據和運作數據，即時上傳到智慧製造的資料庫。

人工智慧(AI, Artificial Intelligence)給的資料越多，它就會變得越聰明，且學習更快，發揮的價值就越大。所以AI必須要有計畫與預測資料，以及收集回來可以信賴的實際資料等大數據(Big data)。大數據是指要有即時正確與豐富的資料，實體系統是提供設備與產線製造大數據的實際資料。如前所述，實體系統能夠即時充分掌握，設備和產線的控制和運轉數據，讓運用AI技術的智慧製造發揮更大的價值。M4