

邁向智慧製造的 底層邏輯與技術地圖

新的外在環境挑戰每天都在不斷地上演，儼然已成為21世紀的日常。造成經營管理上的衝擊層出不窮，諸如，多波段起伏的COVID-19疫情引發缺工、缺料、供應鏈斷鏈與市場端突如其來的報復性大量訂單，以及烏俄戰爭引發的貿易分化與能源危機等問題。面對新挑戰，經營者無不絞盡腦汁思考因應對策。同時，新的管理解決方案、新的管理思維概念與新的科技名詞不斷地被提出來。特別是，上下游流程彼此高度依賴的全球化製造業，所遭受的衝擊更是激烈震盪。面對這些新挑戰，如何掌握外在環境事物的變與不變，經營者如何掌握世界運作的底層邏輯，透徹地分析問題的根本邏輯以及洞察事理的本質，並尋求解決問題的有效技術與方法，便成為一項非常至關重要的事。

藉由底層邏輯的思考有助於辨明公司經營與製造現場最核心的問題以及解決問題後可以創造的價值

近年來，因筆者參與「經濟部工業局協助製造業智慧應用升級輔導計畫」審查工作的緣故，有機會可以近距離地觀察台灣製造業對智慧化的投入以及對工業4.0的嚮往。尤其，機械設備製造與金屬製品加工業者申請比率最高。當每一件申請案在進行審查時，都會先請受輔導廠商說明智慧化的目的與需求，也就是說透過這次的計畫執行希望可解決受輔導廠商的痛點是甚麼？換個角度來說，提供智慧化解決方案的廠商將可以協助提供的價值是甚麼？這樣的檢視步驟正與精實管理所強調的刪除浪費以及創造價值的基本主張完全吻合。由此看來，數位技術投入都只是達成目的的手段工具而已，真正最需要釐清的是藉由底層邏輯的思考方式去辨明，並從製造現場作業管理與生產流程的本質出發，去挖掘最底層與最核心的問題是甚麼？解決問題與數位化乃至於智慧化後可以創造的價值又是甚麼？



邱 創 鈞
(Chiu, Chuang-Chun)

東海大學工學博士，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。聯絡信箱：cjchiou@thu.edu.tw

據觀察，在國內製造業智慧應用升級輔導計畫中常見智慧化之解決方案，對應到可以幫業者想要的解決痛點與解決問題後可以創造的價值大概有以下幾類可供即將投入的公司參考：

首先，常見一般受輔導廠商初步想要解決的痛點是針對花費大量人力時間去統計機台的生產狀況、生產報工及計算設備稼動率。因人工收集資料不能即時呈現，又深怕有所遺漏錯誤。透過機聯網(IOT)可以自動地將生產數量、設備閒置時間、換線換模時間直接紀錄、並呈現出等待閒置(waiting/idle)的時間太長、過量生產(overproduction)與過高庫存水準等(inventory)等現場的諸多浪費問題，進而驅動企業對於製造現場的改善。此階段的技術重點在於結果(outcome)自動記錄與即時呈現。在已結案的個案中發現很多公司做得不錯。公司也很滿意在初階段僅僅加了機聯網SMB，便可使這些浪費無所遁形，設備稼動率大幅提高，透過簡單的可視化便有助作業人員可以專注於更有價值的生產活動上。

其次，很多智慧化升級輔導計畫中之解決方案，亦可從精實管理所強調「減少不良品的浪費(Defects)」的觀點切入，透過機聯網收集產品生產履歷資訊，針對人、機、料、法、環等製程(process)加以監督控制。諸如生產歷程中加工製程設定參數、刀具、模具磨耗監測、機台故障紀錄、品質檢測參數監控等等。其所衍生的價值便是可以滿足下游客戶對製程參數詳細資料的要求，更有利於可快速查詢與事後問題追蹤。換句話說，就是將加工過程透明化。再則，除了更加細部的製程/過程(process)資料的紀錄與查詢，也可以透過記錄可以發展出即時通知App等。製造過程透明化與即時化讓管理更迅速且有效率的處理問題，以減少不良品的浪費。

再則，部分智慧化升級輔導計畫中之解決方案也加入了可預測(predictability)功能，例如，透過刀具磨耗趨勢與切割材質相關性或機台設備故障型態，或設備停滯時間過久，可以推估更換刀具與機台預防保養的最佳時機，然而目前此類的申請案件比率仍然

偏低。還有，可協助企業面對急單與插單，精準調整生產順序的自動排程、預估完工時間，預測用料、精準發出訂料單、優化生產效率等更進階功能的申請個案，但是此類進階功能普遍尚未臻完善。而目前申請案件中智慧化之解決方案可以因應環境變遷而產生具有自適性的策略，與對策等這些高階智慧化之解決方案，卻是尚未出現。

依據上述觀察，現今智慧化升級輔導計畫的需求思維尚停留在自動化，由數位化系統取代人力的角度，至於具可預測功能的申請案件仍為少數，而更高階可自適性的智慧化方案仍付之闕如。還有一點重要的現象即是通常由受輔導廠商參加審查會議的代表層級，可以直接看出公司對智慧應用升級案的重視程度，以及反映在成果驗收時所達成的效益，當然更可以看出該公司是否有一套推動智慧製造的策略方針以及如何落實的技術地圖。

一張可執行的技術地圖來指引建構所需要的智慧工廠

眾所周知，工業4.0所標榜的智慧型工廠與前三次工業革命最大不同在於，它並不是僅僅著重某一項創新的工業技術的應用與推廣，而是著重於整合現有先進的工業相關的技術、銷售與產品體驗，透過人工智慧的技術建立自適化能力、提高資源效率的智慧型

工廠，並自主性洞悉商業環境變化，以整合同下游客戶以及上游供應商等夥伴的一種智慧型產業經濟創新。

以台灣的產業環境來看，台灣製造業普遍規模不大，在大約15萬家製造業的公司中，其中百分之96.53%為中小企業。規模不大的公司建構智慧型工廠要一次到位似乎風險太高，所以可採穩健的方式，由基本的控制生產製造作業層級開始往上提升至現場管理控制層級，再結合APS與MES系統，然後再加入AI的分析與預測功能。進而在提升至公司經營策略的層級，最後，發展成能體察市場與環境變遷而產生一自適性佳的智慧型協同運作模式。

要往理想目標前進需先衡量自身企業體質，因為不同精實水準的製造現場，要求能力與活用智慧科技的內涵，亦即精實智慧製造的模式，也會不一樣。可依企業需求分階段導入，創造最適價值。可參考劉仁傑教授所提出的三個階段來實施：第一，基礎建構階段，以標準化能力的建構作為核心。第二，組織慣例建構階段。組織成員致力於檢視問題、防止再發、持續改善的組織慣例建構，也就是透過日常活動，自主自律地達成QDC(品質、交期、成本)目標的能力建構。第三，動態調適階段。精實智慧製造系統的最終目標是能夠因應環境變化，檢視既有解

決方案，包括進行組織變革、新技術的應用與開發等，展現其可持續創造顧客的動態調適化能力。

先以精實管理當作基底，並衡量自身企業體質以確立智慧升級的價值與效益基本核心後，技術發展地圖可依下述四個步驟逐步實踐：

第一，可設置聯網使製造現場可視化，透過設置聯網的資料收集方式，即時反映製造現場正在發生的事件(包含人員、物料、設備、製程、量測、環境資訊)。為此，創造資料的時間價值，資料即時揭露才能並據此數據進行決策，畢竟時間就是金錢。

第二，建構數據分析後台使問題原因透明化，公司需要建構一套統計與數據分析的後台，分析為什麼產生這些數據，現場到底發生這些事？能透過資料分析了解各「浪費事件」發生的原因，並且累積處理知識。

第三，開發智慧推測模型使事件可預測性，協助現場管理主管可以洞燭機先，以預知哪些事要發生了？能透過資料了解未來可能發生的事件，參數與結果關聯性的預測並且依據預測進行決策。

第四，建立組織自適的網宇實體系統，讓系統學習能夠依據發生的事件自動進行最有利的策略回應，這正是智慧工廠的終極實踐目標。

智慧化製造是製造業數位轉型升級以提升國際競爭力的重要利器，它的成功要素綜合整理以下三點建議。首先，智慧化轉型成功與否在於高階經營者的實際參與，確實從底層邏輯，透徹地思考根本問題。依據精實管理概念的價值創造之底層邏輯，擬定的執行方案與方略。如同東海精實研究團隊所倡導的先精實後智慧化，消除浪費，確立價值。其次，從務實的角度來看，公司必須先衡量自身企業體質，依照自身製造現場的精實水準，選擇合適的智慧科技方案。不然方案建置不當也是形成一種浪費且違反精實的作為。最後，一定要有一張循序漸進，可執行的技術地圖，而不是前後連貫性不佳整合性不足的智慧化方案組合而已。^{M4}

