

精實水準與智慧製造

本欄作者群於2018年10月共同推出著書《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)，提倡顧客價值典範、先精實化再智慧化，引起非常廣泛的迴響。此期間我們發現，產官學界對智慧科技高度期待的激情不再，一種從價值創造流程本質思考的務實思維日漸成形，殊覺欣慰。

本文首先分享三年多來在第一線與製造現場夥伴的互動過程中所觀察到的智慧科技應用趨勢。其次，結合所屬團隊的兩個相關研究成果，探討精實系統與智慧製造之間的互動與拉抬。最後加以整合，提出不同精實水準的製造現場，實踐智慧製造的可能模式。

智慧科技應用的三個趨勢

檢視新近實務觀察，導入MES(Manufacturing Execution Systems)、數位化管理、戰情室…等的華麗展示，以及對未來智慧化實踐的過度期待，已經不復存在。與此相對的，實體系統優化的體會、現場引進智慧科技的痛點或懷疑，不僅豐富了對話，也反映在三個重要趨勢。

(1) 智慧科技應用的基礎建設，不僅是虛擬系統的通信標準，更著重實體系統的作業標準。

譬如：智慧排程軟體雖然有助於對應市場需求，但現場疲於因應插單與催料的結果，可能長期荒廢實體系統標準的建立與優化。許多一流的現場都已經體會到，不必急於連結行銷AI(Artificial Intelligence,人工智慧)或導入智慧排程軟體，讓製程穩定的標準作業改善、透過製程連結縮短LT(Lead Time)，才是智慧製造的治本之道。



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，著書五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)、《世界工廠大移轉》(共著，大寫)、《面對未來智造者》(共著，大寫)。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察心得。

(2) 自動化可立即節約人力，但可能掩蓋改善機會。

一家汽車零組件廠原規劃將瓶頸製程「上油防鏽」自動化，但經過兩年的沖床換模改善，以及後製程機械加工與組裝作業的流程改善，刪除了這項作業。換句話說，沖壓依照後製程需求作業，讓金屬件沒時間生鏽，凸顯了原有防鏽作業的浪費。總經理對我說：「若未先精實流程就直接導入自動化，可能讓這項浪費永遠存在！」

(3) AI從治標到治本，挑戰才剛剛開始。

除了前述行銷活用之外，AI的視覺辨識能力在品質把關上成果有目共睹。惟從價值創造觀點，同樣也需有系統性長期考量。從品質管理的演進觀點，品質檢驗是最初期的階段，本身不具價值。透過檢測數據，回饋到製程改善，甚至設計改善的源流階段，才符合結合品質工程創造顧客價值的精實系統思維。

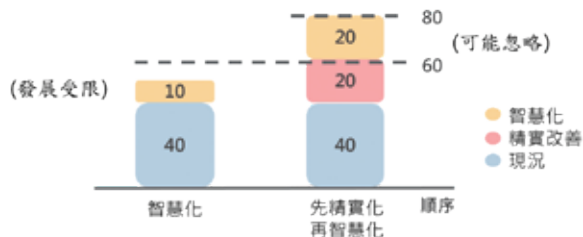
這三項從實務世界觀察到的趨勢，說明了實踐智慧製造的共同本質，亦即精實系統的穩定性與可預測性，不僅是智慧製造實踐的

基礎，也是讓精實思維與智慧科技可持續相互拉抬的關鍵。

智慧科技帶動破壞型創新？

三年多來，我們持續與產業現場並肩作戰，活用TPS(豐田生產體系)課程的產學合作，摸索智慧科技的應用，並多次發現，部分企業很期待用智慧科技帶動破壞型創新。

一位工具機企業總經理與TPS課程的三位學生，共同驗證一項假設：「採用智慧製造能夠趕上推動TPS的對手」。三位學生用3個月的時間，以一個機種為例，模擬從接單到出貨的總體LT、組裝工時與待料時間，智慧化與TPS(先精實化再智慧化)兩個模式的可能



資料來源：王繹涵、邱紫菱、紀湘菱（2020），東海大學TPS課程產學合作報告

圖1、邁向智慧工廠的兩個模式

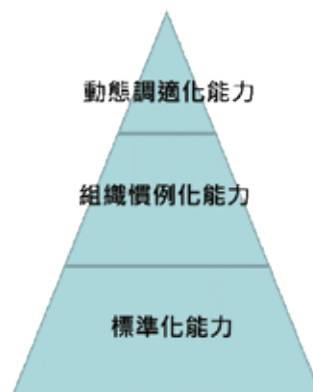
改善空間，結論如圖1所示。亦即，智慧化在改善潛力上只有TPS的四分之一。

智慧化模式對出貨、研發馬上能提出成效，譬如預估交期與品質數據提供，具備迅速取得顧客信任的服務價值。但因現場基礎不穩，承諾會因收集到的數據不準確而產生變數，現場往往疲於因應，發展明顯受限。

相對而言，TPS模式從SOP(標準作業程序)的建立與改善開始，節拍組裝與配套供料對縮短交期與產效提升，大幅領先智慧化。惟後半部可能因為精實成果帶來自信，可能忽視進一步活用智慧科技解決跨部門問題的精進空間。

2019年出爐的另一個研究，則提供了整合兩個模式的思考脈絡。我們以日台各兩家主流工具機大廠為對象的研究發現，生產技術精進程度與TPS實踐水準息息相關，台灣企業的TPS實踐成果已經受到不重視生產技術的制約。我們認為，TPS的實踐與演進可分為以下三個階段：(1)標準化階段，(2)實施整體改善的組織慣例化階段，(3)因應外部環境變化、自主進化的動態調適化階段(圖2)。在不同階段，智慧科技應用的空間與成果迥異。

智慧化模式固然在功能型應用，諸如導入自動化或檢測AI，以及連結行銷末端的平台建構，可能發揮破壞性創新效果，但對於實體系統的標準建構與優化，少有啟發。換句話說，廠商未進到(2)整體改善階段，網宇系統的智慧功能，不僅無從發揮，甚至可能延宕製造現場的基礎建設。相反的，因為精實



資料來源：一宮美幸、劉仁傑（2019），「生產技術支援TPS實踐機制之探討」，東海大學工業工程與經營資訊研究所技術報告。

圖2、反映精實水準的三個能力

改善成果卓著而輕視智慧科技的風潮，也持續存在。豐田汽車、DMG森精機近年積極強化軟體人才招聘、思考產業生態平台化的動態調適，就是很好的反思證明。

精實智慧製造發展的三個階段

基於以上分析，標準化水準偏低、無法洞察浪費、未能持續創造價值，是讓智慧科技受挫的原因。這正是主張消除浪費，積極追求顧客價值與產出穩定的精實系統的主軸。精實智慧製造(Lean Smart Manufacturing, LSM)強調以合理流程與顧客價值作為主體，結合資訊的傳達與智慧運算，形成全新的競爭力。因此，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，也不一樣。本文嘗試用三個階段，提出整合性實踐模式。

第一，基礎建構階段，以標準化能力的建構作為核心。在生產現場，標準化能力是指

制定、執行與改善SOP，以及透過教育訓練達成SOP的品質與交期的能力。除了生產技術的基礎之外，從批量生產邁向流程生產的精實變革思維，決定建構的速度與品質。塑造危機意識，才能洞察現行作業浪費；實踐整理整頓，就能體會穩定與標準化的重要，致力於做好基礎建設。

在這個建構與改善SOP的階段，用VSM(Value Stream Mapping,價值溪流圖)與理解析浪費，用整頓與ECRS(刪除、合併、重排、簡化)致力於製程連結，激勵員工的創意與靈活性，堪稱關鍵。因此，只要資訊系統能夠協助紀錄SOP與工時、品質與數量的達成即可，不必急於投資新興智慧科技，先放在通信標準的建構，包括SMB(Smart Machine Box,機上盒)的活用方式等。關於消除流程瓶頸、品質問題的解決，以不花錢的改善與低成本的數位化方法，作為前提。

第二，組織慣例(Organizational Routines)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。重心在於發現問題、解決問題的範例創造與機制形成。以組織自律能力與軟硬體防呆除錯能力的自動化(Autonomation)作為目標。一個典型是具備改善意願的組織，透過VSM、清掃，以及生產活動的數據收集，凸顯問題、解決問題，發展單件流、配套店面，精進SOP。

因為已擁有穩定的製程SOP與精實產線，發展智慧排程有效拉動供應商的精實配套供

料，對重點製程或設備導入智慧型防呆與除錯，能夠持續精進精實產線。AI應用也從成品檢測，逐步轉到製造流程的檢測與原物料製程的品質監測，甚至發展讓製程不會產生不良品、設備故障事前預知等治本的精實改善。從組織變革與智慧科技活用觀點，可說是數位轉型的執行與初步成果呈現的階段。

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。此時，智慧科技不僅可以監控製程，定期檢討SOP、檢視包括供應商在內的製造流程；更重要的是從顧客價值觀點，運用精實數位系統，系統性地精進價值流程；甚至防微杜漸，提供激勵組織創造顧客的危機數據與全新思維。

關注TPS如何調適環境變化

彼得杜拉克遺留的名言：企業存立的條件就是創造顧客。精實智慧製造的實體網宇系統，在消除浪費與創造價值的同時，如何發揮持續創造顧客的企業最基本職能，可視為終極目標。近年豐田汽車如何從TPS邁向精實智慧製造，舉世矚目。全球汽車產業正面臨電動化、智慧化與平台化的百年一度的劇烈環境變遷，TPS如何發揮動態調適化能力，值得我們拭目以待。^{MA}