

精實智慧製造

共創平台與核心主張

文：劉仁傑
東海大學 工業工程與經營資訊學系 教授
科技部精實系統知識應用聯盟 主持人

新冠疫情前曾應邀往訪大阪、名古屋、福建、杭州、捷克、雅加達與胡志明市的智慧工廠，今年則聚焦在台灣中部的製造回流現場。他們對智慧製造的期待與挫折，卻是有意一同。

這些自認為積極推動智慧製造的現場，除極少數獲得具體成果的企業之外，可區分為三個類型。第一個是已導入部分智慧工具或 MES，內容卻虛有其表，成果乏善可陳。第二個是推動數位轉型，透過數位化發現問題，正面臨問題改善的挑戰。第三個透過數位化達到局部改善，目前仍無法實踐價值。

本文扼要介紹作者團隊檢視當前智慧製造推動困境，所提倡與開發的精實智慧製造 (Lean Smart Manufacturing, LSM) 共創平台 (co-creative platform)，並引述兩個典範案例：大金空調與越南台商 A 廠，說明三個核心主張。

LSM 追求精實流程與顧客價值

作者近年積極提倡的 LSM，針對處於不同類型的智慧製造現場，提出能夠創造價值的共創平台，試圖提供邁向智慧製造的實踐架構。

觀察近年產品雲端的智慧工具應用軟體、解析引擎、應用平台與資料庫趨於成熟，IC Tag(物)、感測器(設備)、穿戴物件(作業員)、網路攝影機(地點)等日漸廉價化，數位化成本大幅降低。然而，透過智慧製造真正取得價值的典範案例，仍然非常少。

譬如，部分工具機企業的現場智慧化工具

使用水準大幅提升，卻無法解決配套供料問題，在降低在製品庫存、提升組裝效率上乏善可陳。如果推動 MES，最終卻無法提升產效或縮短交期，在價值創造上就沒有說服力。又譬如，很多企業導入自動化設備取代人力、導入 SMB(機上盒)試圖連結新舊機器，卻大都僅限於新舊機種的翻譯與連結，諸如達到即時監控、作業時間記錄、停機或異常通知等，仍無助於全廠負荷的平準化或縮短交期。

針對這些案例，智慧製造導入過程呈現了兩個問題。第一，欠缺目的，無法凝聚共識以形成 PDCA 的改善循環。第二，製造流程的標準化水準偏低，智慧工具沒有發揮餘地。

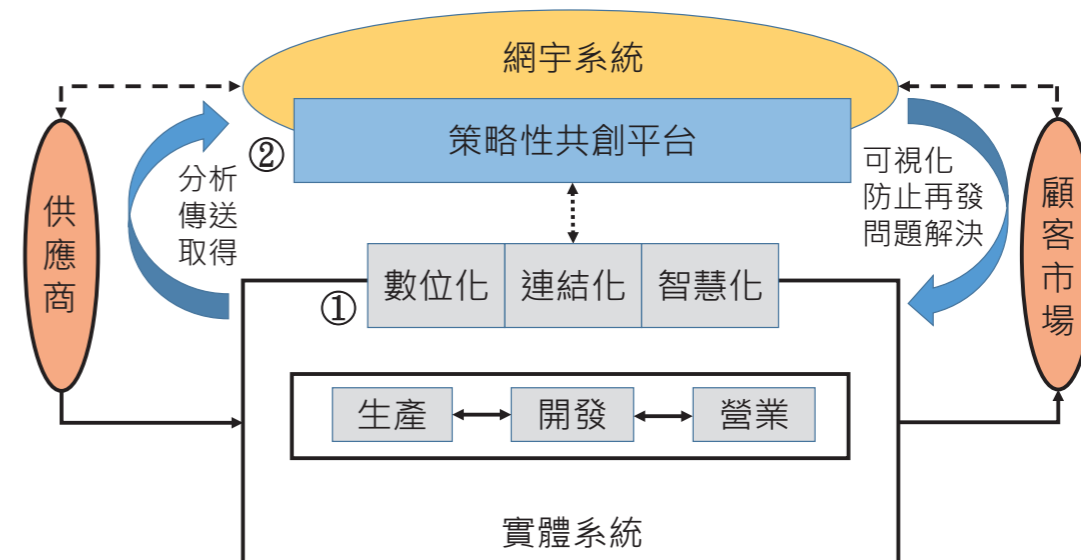


圖 1. 精實智慧製造的架構與共創平台 (資料來源：東海大學精實系統團隊)

精實系統正好能夠解決這兩項關鍵問題。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與產出穩定等特質。因此，LSM 強調結合精實學習、合理流程與顧客價值，結合資訊的傳達與智慧運算，形成全新的競爭力。

從實體改善邁向策略性共創平台

LSM 主張目的遠比技術重要，消除浪費與創造價值是目的，沒有目的，手段本身高明並沒有意義，甚至只是高成本的象徵。LSM 最終要透過 CPS(網宇實體系統)，有效連結 IT 與實體，從實體世界取得的資料，傳送進入網宇的雲端世界，並透過高度分析處理之後，對實體世界做出具體的貢獻。就製造現場而言，實體系統的穩定，也就是製造流程的標準化與合理化，是實踐 CPS 的前提。

因此，LSM 是從一個能夠消除浪費與創造價值的實體系統開始。它才能夠提升到網宇層次，在系統上取得、傳送與分析資料，持續改善實體系統、提升顧客價值。LSM 就如同它的名稱，重點不在於技術上能做什麼，而在於實質上能夠多麼聰明的創造價值。

LSM 的架構與共創平台如圖 1 所示，包括了三個要素，亦即實體系統和網宇系統間的相互作用，企業與顧客市場、供應商間的相互作用，以及前述兩個層次的共創平台。我們主張發展能夠活用產業暨個別企業差異化優勢的 LSM，務實地從實體系統的智慧工廠平台建立出發，漸進地延伸到網宇系統的策略性共創平台。

首先是從實體系統出發的智慧工廠平台建立與活用。它從日常人們執行定型化和非定型化工作的同時，結合苟日新、日日新的改善與學習，最終提供顧客產品和服務的實體世界。前提是現場作業與事務流程的標準化，在標準作業的基礎上逐步活用數位化、連結化與智慧化的共創平台，使工廠能夠自主運行。基於人的感情和物性設備的條件時時刻刻都在變化，網宇系統的資訊處理能力能夠有效支援實體系統，實體系統的改善與學習能力支配問題解決的品質。

第二是策略性共創平台的實踐，試圖用精實讓智慧工廠實踐價值。策略性共創平台就是為了策略性實現實體系統與網宇系統之互動合作，並解決顧客的問題；其核心系統包括相互運用網宇系統內的資訊、實現差異化等 ICT 的基礎建設。

LSM 的 3 個核心主張

檢視智慧製造現場的挫折與工業 4.0 熱潮減退，忽略實體系統改善、過度迷信智慧工具或依賴網宇系統，堪稱主因。從 LSM 觀點，重點應放在持續改善實體系統和組織學習能力，並導入最適合的網宇系統。實體系統的製造現場擁有豐富的知識和經驗，這是長時間累積下

來的組織慣例 (organizational routines)，不僅支持網宇系統的解決問題能力，精實思維也有助於網宇系統的運行。

檢視企業邁向智慧工廠的期待、迷惘與挫折，我們提出三個量身打造的核心主張。

核心主張 1. 先精實化再智慧化

源自豐田汽車的精實系統已經成為全球製造管理的顯學，透過製造流程的穩定與配套，被認為是調適市場變化最有效的生產模式。精實系統的實踐水準，代表性指標包括製程時間 (Lead Time, LT)、首次合格率 (First Time Through, FTT)、解決問題能力等，更直接支配智慧工具的有效程度。

大金空調從 2003 年開始投入精實變革，當時滋賀廠的廠內 LT 是 68.1 小時，深受插單與半成品 (WIP) 充斥之苦。持續改善結合海外投資，讓大金不僅連年獲利超過 10%，更成為全球空調霸主。廠內資料顯示，以五年為單位，2008、2013、2018 年的 LT 分別為 9.5、5.9、4.0 小時。換句話說，現在早上 8 時發出的原物料 (如製程最長的板金鋼材)，下午 1 點組裝完的空調就在裝箱出貨了。

滋賀廠的福谷恒史部長對我說，這個精實化過程，依賴同仁的精實學習、動手做與問題解決。近年投入智慧工具實踐數位化，有效連結工廠本身、協力廠與顧客，已經展現了部分成果。大金的案例顯示，標準化與數位化是基礎建設，應先從不花錢的標準化建構與流程精進做起，再逐步引進智慧工具。

我們的研究成果也顯示，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)。一般而言，廠商須達到 (2) 整體改善階段之後，再進入網宇系統，才有意義。

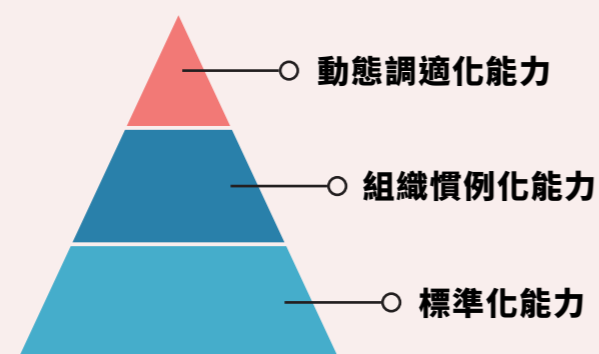


圖 2. 反映精實水準的三個能力 (資料來源：一宮美幸、劉仁傑 (2019)，東海大學工工所技術報告)

核心主張 2. 發展結合目的與共識的實踐流程

很多企業將決策推給老闆，認為速度最快。但是，在智慧製造方面，我卻看到非常多由老闆拍板的失敗案例，反省與回饋的速度則相對緩慢。

與此相對的，我卻在胡志明市看到非常漂亮的授權現場成功案例。

越南台商 A 廠推動精實系統超過十年，在品牌評鑑中列全球據點的前 30%。2018 年在品牌要求下設立智慧工廠，用雷射切割機取代裁剪機。在初期導入過程，工廠的精實小組就發現了兩個相互矛盾的問題：(1) 每台超過 5 萬歐元，回收困難，師出無名；(2) 若將裁剪部門改成三班制可達到損益平衡，但將形成裁剪前後的半成品堆積，使精實系統的 LT 倒退 5 年。

精實小組呈報集團老闆，除已購入與使用的 3 台，取消尚未進廠的預訂機台。此舉雖然讓品牌企業不愉快，甚至用訂單威脅，在現場堅持與老闆支持下勉強獲得解決。對於已經使用的 3 台，經過反覆改善與測試，最後決定使用在新產品試作與超小訂單產線，因為具備不需要打造模具 (裁剪用斬刀)，能夠縮短開發時間與小訂單交期的價值，有機會成為未來迎戰多樣少量市場訂單的超前佈署！

歷經近三年的今天看來，卻是非常智慧的決策與實踐流程。對比外表亮麗、成果卻乏善可陳的同業智慧工廠，我對 A 廠的精實小組負責人與工廠最高主管 (副總)，充滿敬意。他們沒有將決策推給集團老闆，甚至看穿了歐美品牌廠商積極鼓吹單一製程自動化、未理解精實系統真諦的盲點。

A 廠的案例說明，釐清目的、凝聚共識才能發展出具有價值的智慧工廠實踐流程。精實觀念能夠幫助智慧工具找到應用亮點，發揮價值創造效果；價值共有才能資訊共享，跨部門的智慧製造實踐就是一種組織變革。結合目的與共識才能發展出事半功倍的實踐流程，擅用 IoT 工具，成為面對未來的智造者！

核心主張 3. 堅持顧客價值

作者近年積極提倡從性價比 (Cost Performance, CP) 典範邁向顧客價值 (Customer Value, CV) 典範的重要性，認為是製造業服務化、製造回流，以及產業升級轉型的解決方案。特別是中小企業的工業 4.0 利用大都處於摸索階段，基於資源受限，尤應堅持生產流程合理化與顧客價值追求。

顧客價值就是解決顧客痛點所獲得的超額價值。組裝現場的痛點是欠料，如果倉儲部門能夠配套供料，就能彰顯其價值；工廠管理的痛點是插單，如果精實小組能夠凝聚共識、落實單件流、縮短 LT，就能讓插單消失，因工廠出貨順暢而凸顯其定位；工具機使用顧客的痛點是市場要求交期愈來愈短，如果工具機企業能夠提出縮短交期的 Turn key 解決方案，就一定能夠獲得超額的利潤，並贏得顧客的讚揚。

我們主張以「後製程就是顧客」作為起點，亦即從理解後製程痛點，提出解決方案、追求雙贏，這是用精實讓智慧工廠實踐價值的開始。長期而言，企業還要結合市場動態發展，關注顧客的顧客，甚至最終顧客，用本文提倡的兩個策略性共創平台，實踐可持續的顧客價值。