

製造企業的數位化類型與案例

文/劉仁傑 東海大學榮譽教授・大阪公立大學客座教授
巫茂熾 特別助理

2011年，德國吹奏「工業4.0」名曲，帶動以IoT(物聯網)為中心的智慧工廠。這是繼1980年代有效掌握物料需求的MRP(Material Requirement Planning)，2000年代跨越部門藩籬的整合型資訊系統ERP(Enterprise resource planning)誕生之後，數位科技應用的重大突破。然而，回顧三次數位科技創新的衝擊，在伴隨著高度的期待與陣痛上，有異曲同工之妙。

作者團隊在2018年出版《面對未來的智造者》(大寫)，曾引用美國知名調研企業Gartner的「技術成熟度指標」，說明被大眾接受的技術，都經過黎明期、泡沫期，再從谷底的破滅期，緩步進入啟蒙期、安定期。今天我們重新檢視當初工業4.0風潮，相對於功能性3D列印的成熟、結合AI自動駕駛的日漸成形，製造工廠的智慧化進展則相對緩慢。

基於相信精實智慧製造(Lean Smart Manufacturing, LSM)在支援工廠數位化與整合化的重要，本文首先回顧數位科技創新與製造企業價值創造的關聯。接著從LSM觀點歸納製造企業數位化的類型，並據此檢視新進的企業案例，最後提供邁向精實企業的股份基礎與實踐數位化的具體建議。

數位科技創新與製造企業的價值創造

我們輔導過的知名TPS實踐現場，經常讓參觀者訝異的一件事，是現場精實暢流的背後，並沒有使用他們想像的高階數位科技。譬如2010年代中期，我們在機械企業落實了裝配節拍化與配套送料，卻只使用了MRP、E-BoM與M-BoM，以及相對簡單的ERP技術。直到今天，伴隨網際網路日臻成熟的ERP，在支援現



場提升品質、交期與成本上，發揮效益依然十分有限。相反的，為了導入ERP所造成的生產混亂，卻不在少數。至於近年投入巨資、廣被報導的幾家中小型智慧工廠，仍無法呈現對LSM價值創造的合理貢獻。

扼要地說，製造的價值創造來自消除流程浪費與提高顧客價值。價值創造過程通常需解決3個層次的問題，亦即1)資訊的收集與解析、2)資訊價值的探索、3)組織執行力。這正是成功企業的3個關鍵：讓問題看得見、方法能理解、大家願意做。而失敗企業則剛好呈現相反的模式：看不見、不理解、不相信。

以機械企業實踐裝配節拍化為例，需先洞察從產品的功能E-BoM到製造M-BoM的價值形成原理(2)，活用數位科技產出採購暨生產計畫、配套發料單與節拍組裝圖(1)，以及號召跨部門同仁予以落實(3)。這個過程若欠缺整合從物料編碼開始的開發設計與採購進料的數位科技，一定事倍功半；但如同當初豐田汽車使用看板拉動需求一樣，資訊流結合物流的構思，能夠呈現消除浪費的原理；而洞察這個原理的TPS召集人，領導解決問題的學習型組織運作與執行，才是最終擴大成效的支配性要因。(表1)

以MRP、ERP、IoT為代表的三次數位科技創新，雖然能力呈現幾何級數精進，在上述價值創造過程做出貢獻的變化卻不大。如果說ChatGPT是IT 3.0的代表，IT 1.0應該就是ATM。小企業花點錢使用ChatGPT過濾電話，就像當初銀行採用ATM一樣，有立即的成效。對ERP的啟發是，若想要將價值創造轉為競爭優勢，就不能只想用套裝軟體達成長期成果。ERP是歐美大企業幕僚規畫的結晶，嚴格說並不適合變化劇烈、缺料頻仍的台灣中小企業。因此，落實ERP的成功關鍵，不在數位科技本身，而在於比較高水準的標準作業，以及緩和不安定的解決機制。這正是精實的結晶，也就是一流企業同步重視的標準作業精進與生產前店面管理機制。而數位科技與精實機制的相互拉抬，就形成了相對於競爭對手的差異化優勢。

LSM是一個能夠消除浪費與創造價值的實體系統。LSM的特徵是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。連續十餘年參加東海大學TPS課程產學合作研討會的鼎新電腦說：系統廠商依靠賣軟體的時代已經結束，與顧客

表1 價值創造過程的問題解決

問題層次	解決方法	裝配節拍化專案實例	關鍵
1.現況與方法的可視化	資訊的收集與解析	活用數位科技產出配套發料單與節拍組裝圖	數位科技應用能力
2.價值創造的原理	資訊價值的探索	洞察從產品功能到及時配套供料的精實裝配原理	融合精實與數位的價值創造洞察能力
3.價值創造的實踐	組織執行力	總經理暨專案負責人號召跨部門同仁的問題解決與實踐	達成目標的組織領導與問題解決能力



企業一同實施流程變革、解決問題。面對少子化趨勢，我們正修正「先精實、再智慧」的LSM思維，鼓吹與精實改善同步，積極運用數位化工具。

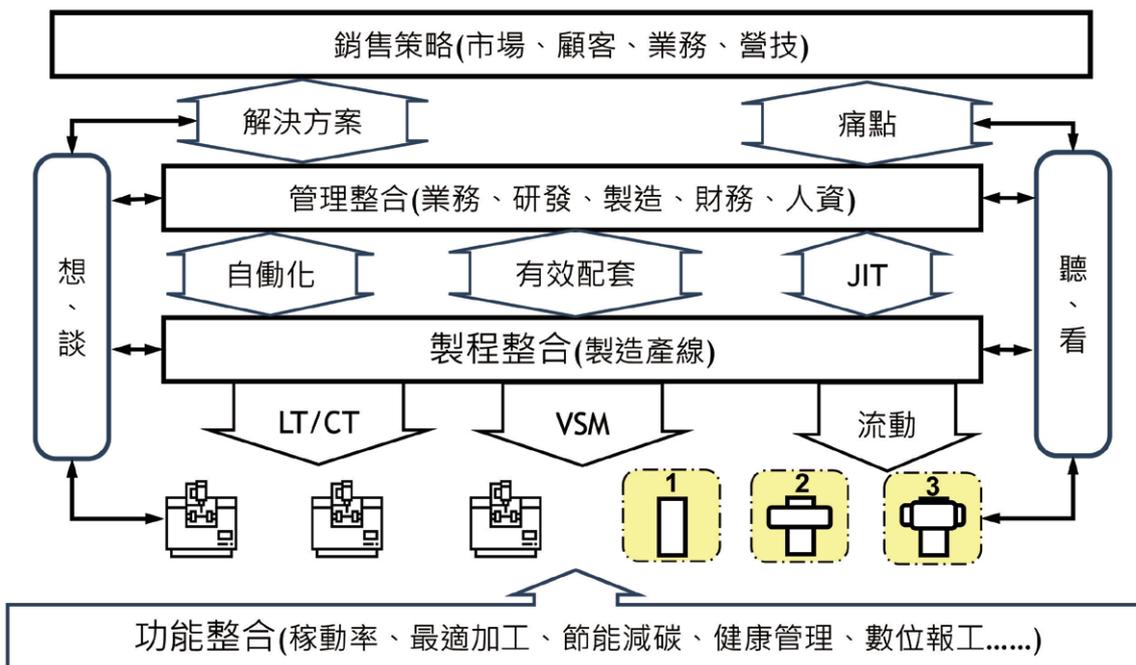
經過十餘年的努力，台灣挑戰智慧工廠，各處多點開花、各有千秋，在製造業撒下開枝散葉的種子。譬如，協助製造業導入設備聯網、生產管理可視化與智慧化應用的智慧機上盒(Smart Machine Box, SMB)計畫，以及TAMI(臺灣機械工業同業公會)的數位化精實管理TPS補助計畫，都發揮了推波助瀾的效果。然而，我們發現結合精實改善與數位科技應用的過程，存在著改善目的暨部門目標等多元特性，讓兩者間存在著隔閡與陷阱，仍難以形成相互拉抬的良性循環。基於此，洞察製造系統數位化的多元發展過程，歸納活用數位工具的类型，才能擁有邁向精實企業的股份基礎。

製造企業數位化的四個類型

物聯網影響企業價值創造的疆界與原理，甚至被期待同步解決既有的社會問題。2001年小松推出KOMTRAX(GPS)，有效預防故障與掌握使用動態，兼具設備功能與銷售需求掌握，不僅被認為是最早的物聯網傑作，更留下了最豐富的策略意涵。

從LSM的推動歷程，數位科技在製造業應用可區分為功能整合類與經管整合類。功能整合發展比較成熟，通常是點的問題解決。經管整合類從銷售市場到製造現場，則可細分為銷售策略、管理整合、製程整合三類，對製造產業的具體貢獻發展較晚，卻是邁向精實企業、融合數位與精實的最重要環節。因此，LSM觀點下製造企業數位化的四個類型定位與分工，如圖1所示。

LSM觀點的製造企業數位化類型圖





功能整合以監控和強化製造設備功能規格最具代表。譬如：掌握設備稼動率、產出兼顧設備效率或精度的生產力與良率、採用最佳減碳手段、保證設備運轉順暢、以預防保養取代故障停機搶修的健康管理、結合設備運轉與製造資料的數位報工…等。功能整合在品質檢測上也廣被應用，多以AI檢測的面貌呈現，大幅削減檢測人力。TPS專家提醒，檢測與減少檢測人力只是手段，減少製造流程不良才是目的。

製程整合聚焦在製造現場的產線數位化，透過整合功能類資訊(如優化產線)、銜接管理整合，創造產線更大的價值。功能整合的數位化資料上傳，被製程整合收集運用，以製造加值的順序，將每個製造工序的物料、加工與等待時間、數量、換料、換模等資料，用價值流圖(Value Stream Mapping, VSM)的架構呈現。製程實際狀態用VSM可視化，用在創造價值以及精實改善的同時，不僅讓製造流程的改善成果反映在產線的流暢，有效縮短LT(Lead Time)和CT(Cycle Time)、達成消除浪費與節能減碳，還能回饋在標準作業與工時的基礎提升。

管理整合聚焦在企業內跨部門的管理和改善。MRP與ERP由西方大企業開發，雖然已經非常成熟，但最近才摸索如何支援精實管理。ERP具備報價、接單、製造、出貨、售後服務等物流與金流的管理模組，結合製程整合的即時資訊，才能比較計畫和執行的差異，進行即時補救，甚至採取防止再發的因應對策。換句話說，以解決異常、保證穩定產出的自動化機制，以及發現浪費、徹底改善的JIT機制的精實製造，決定企業內各功能部門作業的管理整

合績效，亦即透過有效配套、產線暢流，達成準時交貨良品給顧客的價值創造目標。另外，結合較晚推動的產品開發管理、供應鏈管理、遠距售後服務等，管理整合範疇已經延伸到企業間的管理與改善。

取得市場末端動態，曾經是AI大數據的行銷顯學。持續競爭力的銷售策略，應著眼於顧客現場的使用資訊，提供具有價值的產品或服務。機會從顧客提出的採購需求或問題開始，以銷售為首的方案團隊，到顧客現場觀察與聆聽，挖掘顧客沒有發覺的內隱痛點或有效資訊。滿足高性價比需求的產品或服務提供，已經無法創造價值。顧客價值來自挖掘顧客痛點，亦即深入顧客真正的需求與問題，在組織內結合管理與製程整合的反覆交流與可能支持，思索為顧客提供有效的解決方案，為雙方創造更大的價值。

以上四種類型，企業在進行數位能力的改善與提升，沒有一定的優先順序，與企業特質和既有能力有關。檢視當前提供創造顧客價值的目標，從最弱的環節優先導入數位工具，是邁向製造企業數位化的最高指針。

LSM觀點的製造企業數位化案例

作者最近兩年實際參與論壇或研討會發現，製造企業導入數位化的成功案例，有逐漸增加的傾向。本文從近兩年四次的分享報告，整理出6個典範案例與精實數位融入點，歸納如表2。

明昌國際是全球工具箱櫃的領導廠商。陳琮仁總經理分享金屬工具車的精實研發與產品創新，包括了解客戶需求、分析競爭者產品、彙整提出自身能夠提供給的顧客價值、定義新



表2 製造企業數位化案例一覽表

企業	案例名稱	融入點	發表人	論壇或會議名稱(主辦)
明昌國際	金屬工具車的精實研發與產品創新	管理整合	陳琮仁 洪郁修	2023/11/28 精實論壇與提高標竿新書發表會(成大精益中心、精實協會)
漢翔航空	以精實管理帶動智慧製造轉型	功能整合	陳石坤	2024/8/26中小企業經營管理主題系列講座：精實智慧製造(經濟部中小署)
富豐興精密	多樣少量加工廠的精實數位融合	製程整合	巫茂熾	2024/10/22精實企業-數位與精實融合論壇(經濟部產發署、機械公會、工研院)
七駿科技	促進精實轉型的數位融合	管理整合	李兆華 許瑞愷	
4家企業(匿名)	數位與精實的融合：簡易智慧化	管理整合	楊大和	
鉸基手工具	導入iXacs精進TPS的現地現物改善	製程整合	劉仁傑 吳團焜 陳彩微	2025/3/18精實數位論壇(經濟部產發署、機械公會、工研院)

資料來源：作者整理

產品開發功能規格等步驟。明昌國際認為，使用VSM釐清研發流程現況與掌握顧客價值，是開發新產品成功的關鍵，堪稱是跨越營業、開發與製造的管理整合案例。

漢翔航空陳石坤博士具有豐富的智慧工具應用與輔導經驗，分享包括機台稼動率、刀具壽命管理、切削液管理、機台運轉與耗能監控等成功案例。他的案例顯示，數位工具在發現異常與及時排除、節能減碳、提高良率等功能型數位化應用的龐大潛力。

由機械公會與工研院主辦的「精實企業—數位與精實融合」論壇，則發表製造企業數位化的三組輔導案例。

首先是作者之一巫茂熾顧問輔導的富豐興精密。富豐興每月交貨約450品項，其中53%

月交貨未達五件，是典型的多樣少量加工廠。秉持先精實、再數位的原則漸進改善，目前已採用數位報工掌握機械加工實況，並將零件加工流程以VSM呈現，進行消除浪費與加工SOP改善。同時在這個基礎進行即時動態派工，降低製令變更頻率、插單等廠內混亂痛點，達成提高達交率、縮短LT的目的。製程可視化突顯浪費、動態派工提升加工價值，精實數位互助出製程整合的亮點，正朝向管理整合延伸。

其次是李兆華顧問、許瑞愷教授輔導的七駿科技。他們用精實手法降低批量，從改善生管備料、讓CNC加工匹配塗層工序，同時搭配數位化呈現生產進度、協助ERP計劃生產的每日派工，並將ERP資料以VSM呈現，奠定進一步改善的基礎。這個案例顯示數位科技結合精



實機制的管理整合，能夠有效降低塗層工序對技術的依賴、突破生產線瓶頸。

成功大學楊大和教授則採用自行開發的JJC(Just-in-time Jidoka Cycle)，對扣件、微生物發酵、電源轉換器與螺絲起子等4家企業的輔導成果。他提出促進價值流動、易懂易學易實踐、低成本數位功能設計的智慧簡易化三原則，彌補了既有資訊系統的不足，有效改善品質、成本與交期。JJC的兩根支柱：簡易自働化與簡易數位化，融合了精實的順序生產與數位的限量資訊，饒富管理整合意義。

精實融合數位蔚為趨勢，但從TPS現地現物出發的數位化仍然非常少見。鉍基手工具2020年啟動精實變革，2024年使用數位化IoT加速了TPS精實改善循環(吳團焜總經理)、驗證了精實改善的雄厚潛力與數位應用的精進效果(陳彩微總經理)。劉仁傑教授總結精實數位轉型的顧客價值創造，包括：(1)現場追求精實，讓數位發揮價值；(2)IoT的可視化、自動記錄與統計，可彌補現場的盲點；(3)精實數位轉型帶動現場改善、加速活用改善成果，有效提升現場士氣；(4)未來朝向接軌管理和功能整合，可望進一步提升顧客價值。

六個案例顯示，過去聚焦在管理整合與功能整合，與ERP模組特質、IoT特定功能等即時效益追求有關。製程整合牽涉複雜的人、工、料、法，長期被忽視。而銷售整合需連結最終使用者的情境，對代工起家的台灣製造企業亦尚屬少見。我們長期關注的精實改善，不僅突顯了製程整合的重要性與發展空間，更有機會透過豐富管理整合與功能整合，提升製造價值創造能力。

精實智慧企業的共同目標

顧客價值創造的原點在於掌握需求資訊，從現地現物出發的精實智慧製造，能夠有效實踐價值創造管理。同時提升顧客價值與企業獲利，是製造企業數位化四種類型的共同目標。最後，我們重新檢視LSM，以及從這個觀點的類型與案例，對精實智慧企業的數位科技應用，提出3個具體的啟發與建議。

首先，對於投資最多、以ERP為代表的管理整合，數位化案例的最大啟發是斧正削足適履的重要。既有ERP模組難以因應劇烈變化與缺料等現況，企業的對策是繼續致力於TPS改善的標準作業建構、品質提升與交期縮短。換句話說，積極納入精實機制，是連結製程整合和銷售策略的數位化，真正解決顧客痛點、消除浪費的有效方案。

其次，從TPS現地現物的改善觀點，製程整合的數位化，還在筆路藍縷階段，顯示融合數位與精實的雄厚潛力。先從可視化出發，讓正確資訊帶動改善，接著思考與管理整合和功能類數位化進行無縫接軌，進一步精進流程、提升產效。其中，製造產線實際狀態的有效回饋，就能提供管理決策的微調、修正與改善，有機會在源頭漸少浪費。

最後，銷售策略是將產品或服務賣好賣對，充分發揮自身製造能力的關鍵。產品開發設計階段，決定百分之七十的成本，而產品價格決策幾乎決定了企業的獲利。從使用現場掌握顧客需求的有效資訊、從開發設計階段追求一次做對，就是企業內部資源用在刀口的具體展現。數位化從製造現場出發、結合管理流程與功能整合，能夠提供銷售與服務最為有效的支援。