頂尖工具機

製造現場的TPS特質

東海大學精實系統團隊2007至2011年間實地訪問了台日主要的工具機企業，2012年出版著書《工具機產業的精實變革》(中衛)，廣被研讀，締造了兩年三刷佳績；同時，在東海大學建置精實系統實驗室，主持科技部精實系統知識應用聯盟，每年舉行TPS研討會推廣精實系統應用知識，應邀輔導崴立機電、上銀科技等工具機企業，帶動了長達十餘年的工具機產業TPS學習風潮。

2020年2月我們再度前往DMG森精機與AMADA，進行訪問與交流，檢視十餘年間日本領導廠商在TPS實踐的持續深化。我們發現，工具機產業多樣少量的產業特質，正結合顧客價值創造，逐漸在台日兩地頂尖企業，呈現了豐富的TPS實踐內涵。我們相信，兩地的TPS實踐成果，將持續提升台灣工具機企業的總體能力。

本文試圖有系統地回答工具機產業界的經常提問，從DMG森精機、AMADA、崴立機電與上銀科技等企業的具體成果，分享工具機現場第一線的TPS特質觀察。這個精簡版論述採用TPS的後拉概念，從依照出貨需求的組裝開始，區分為6個主題。

明確的組裝LT：有效派工與拉式供料

相對於汽車產業，工具機組裝的最大特徵是採取定點裝配、人員移動模式，以明確的SOP與LT(Lead Time，製程時間)作為基礎。由M-BOM經過平準分解的裝配分站，支配著組裝派工與配套供料的順暢程度。2005年這個裝配節拍化的概念首先實踐在AMADA富士宮事業所，被視為重要的里程碑，成為台日工具機企業競相學習的對象。

DMG森精機在2000年代初期，推動由一個人組裝全機的auto camp方式，2010年起逐步進化到目前中型車床從結構精度到組

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)。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。

裝完工的12日節拍組裝模式。無獨有偶，崴立機電也在2011年推動精實變革，2013年對外公開MC節拍裝配線。在這三家主流企業的推波助瀾之下，2010年代後期定點節拍裝配模式已經成為全球工具機產業的主流。

2020年實地檢視領先企業的組裝現場，都已在精實基礎上摸索數位轉型，呈現了兩大特色。第一，組裝派工與SOP精進的相互活用，亦即透過與作業同步的插卡或掃描QR-code取得的報工數據，定期檢討標準工時、改善SOP，提高產效。第二，有效拉動長達40天的物料採購、進料與組裝前的物料配套。

資材可視化：配套供料、店面管理、先期確認

符合裝配手順與需求的高水準配套供料車，是一流工具機組裝現場的共同特色，也是讓組裝同仁專心裝配的關鍵。這個配套供料車的形成可區分成三部曲。第一，組裝SOP的M-BOM裝配分站能力，基礎源於現場組裝同仁關於SOP的共識形成、制定與精進。第二，資材同仁進料與備料的店面管理能力。除了傳統的先進先出與儲位管理之外，特別關注因應配套供料要求的可視化水準與事前掌握能力。第三，從採購或外包到進料的先期確認能力。特別是透過與協力廠商的長期互動，一方面正確掌握其排程結構進行有效跟催，另一方面帶動相互學習、同步進行生產流程變革。

台灣素以產業群聚著稱，第三點的帶動供應鏈廠商共同變革的能力，已經成為重要指標。在組裝廠的帶動鼓吹下，部分加工、板金與模組廠商陸續加入東海大學的TPS課程，非常令人欣慰。當然，外包廠商能否成為組裝廠實踐TPS的重要助力，關鍵還是在組裝廠本身的製程改善能力；亦即組裝廠本身的變革能力，支配協力廠的模組單件流與加工精實化。

模組暨副線的組裝單件流

AMADA的轉塔、DMG森精機的刀塔、崴立機電的主軸與上銀科技的滑塊，共同特色就是組裝的單件流變革。單件流組裝讓LT非常短，達到100%為後製程組裝的目標。他們都歷經批量組裝的孤島作業時代，組裝完成

的庫存動輒達到數周，成品組裝現場卻仍然缺料，理由是模組組裝與最終產品組裝沒有連動關係。

以AMADA的轉塔為例，轉塔組裝採用單件流cell模式後，每套轉塔LT約8小時，完全可以依照需要組裝。我們看到6個工位，作業員在可以調整高度和旋轉的工作台，用工具循序將零件組成轉塔。右側有大型零件的儲位，前方有一台可以左右上下移動的有軌車，擔任大型零件的搬運。左邊有物料架。正後方是工具架，工具架的旁邊有小型零件料架，讓操作者方便拿取零件和工具。工具架的旁邊，有LCD，以3D的方式顯示轉塔的組裝方式和程序，讓每位組立人員根據SOP作業。在完成的轉塔店面區，保持一至兩天的安全庫存，約六至九組轉塔，有效防止製造過多或缺料。

上銀科技說：「幾年前仍採批量組裝，LT冗長，帶給工具機客戶很大的困擾；這幾年實踐模組單件流，已大幅縮短LT。希望下一波景氣到來時，能夠有效支持工具機廠商縮短交期與提升產效。」讓我們拭目以待！

機械加工的精實變革

台灣擁有非常完整的加工外包供應鏈，工具機廠長期享受外包的價格優勢。然而，在台灣工具機廠試圖避開標準機的競爭紅海，邁向複合化、客製化等機種升級的過程，加工能力卻成為非常嚴峻的發展限制。雖然台灣主流廠商開始摸索內製或聯盟，總體成果仍然非常有限，極可能成為未來發展的最大瓶頸。

關於這點，持續堅持內製的DMG森精機與AMADA，至少提供了兩點重要的啟發。

第一，長期而言，機械加工廠兼具縮短本身工具機組裝LT、對使用顧客展示加工價值的雙重意義。機械加工廠的精實化、複合化與五軸化，已經蔚為趨勢。精實化提升鑄件加工流程的同步與連結、複合化變革則有效縮短了LT，對組裝的有效配套作出貢獻。台灣加工廠商實踐加工精實過程，極需組裝廠顧客的鼓勵與牽成。我們仍然看到工具機組裝廠用傳統單一的成本要求，扼殺了加工廠配合多樣少量改善交期的意願，非常可惜。

第二，致力於品質穩定與加工工法改善，提升加工價值。DMG森精機的新加工廠用德國大型DMC340取代日本五面加工機、將日本機台主軸立臥頭改善為萬向頭，分別提高了49%與15%的產效。AMADA的土歧廠則納入熱處理，發展從素材到成品的一貫加工廠，大幅縮短交期。兩家企業的加工變革被認為是精實智慧加工的新嘗試，已經在提升顧客價值上得到驗證。

活絡的人力資源應用

如同前面所述，TPS主張為後製程製造，

透過節拍組裝、配套供料、單件流、精實加工與店面管理，達成消除浪費、縮短LT，效果十分顯著。與此同時，人力資源活用也從技能學習，多能工培育，進入了全新的活絡境界。扼要整理各企業的活絡機制，可彙整成三大項。

第一，打破定員制度，動腦筋建立緩衝機制，確保人員有效產出。DMG森精機設置一條因應美國銷售需要的庫存機組裝線，沒有固定編制，閒置戰力隨時可以透過掃描QR-code加入組裝工作。崴立機電精裝室設有大型機模組店面，在活用剩餘人力的同時，有效壓縮了大型機現場的實際組裝LT。這些無固定編制、不緊急、一定需要的最低店面數量，有效吸納了現場分散的多餘人力。

第二，敦促檢討既有標準、提升解決問題能力。包括管理部門從報工、品質等數據，列舉具有潛力的問題，激發現場同仁的思考與解決；邀請現場一同檢討智慧化方案，檢視目的與流程，提升實用性。這些案例顯示，數位變革不僅能夠帶動製造系統的可視化，所累計的數據正逐步支援標準化、精進前述精實流程。

第三，自主自律推動改善活動。迥異於由上而下的大型改善專案，上銀科技活用內部人才，自主自律推動相關改善活動，包括TPM改善發表活動、TPS改善競賽活動等，在業界傳為美談。

生產技術暨資訊系統的問題解決

台灣工具機產業在2012年創造生產值與出口值的歷史高峰之後，面臨嚴峻的挑戰。本文聚焦頂尖企業製造現場，從TPS觀點提供了工具機企業達成顧客價值的系統性檢視指標。最後，我們要強調，前述5項「可視化指標」的背後，還存在兩項基礎能力，需隨同TPS的實踐水準同步精進，才得以相得益彰。

第一個是生產技術能力，反映在品質與SOP的精進。生產技術能力支撐製程與產品的穩定，生產技術能力愈高，有效配套、單件流與節拍裝配等流程愈安定。因此，TPS是生產技術與流程技術的集合體，也就是大野耐一提倡的「自働化」與「JIT」兩根支柱，歷久而彌新。

第二個是資訊系統能力，反映在MPS、採購與生管的精進。這是讓接單、採購、進料、加工、模組組裝，到最終組裝與出貨，得以順暢的基礎系統能力。1980年代納入BOM表的MRP、2000年代跨越企業內外籬籬的ERP，到最近的IoT應用，結合精實系統的導入、致力於問題解決，管理效能才得以凸顯。MA