

多樣少量機械加工廠 導入精實數位改善「與交期」

掌握現況、突顯問題、穩定製程，是精實管理的精髓。加工現況即時可視、資訊共享是數位工具的專長。本文用中台灣的實際案例，說明多樣少量的精密機械加工廠導入精實數位模式《參閱本專欄第139期，精實先行數位加速的「精實數位模式」》，兩者間如何互助互補，減少工序間的等待時間、優化SOP與改善換模換料作業，達成縮短製程時間(LT，Lead Time)、提高達交率的目標。

F 公司是精密機械零件的加工廠，廠內有CNC車床、立式加工機、CNC內外徑圓筒磨床、立式磨床等設備約40台，員工人數30多人，其中6位是工廠管理人員。統計最近半年每月交貨的平均品項約450種，交貨數量的比率：單件15%、2到5件38%、6~20件34%、21-49件9%、50件以上僅佔4%；LT超過90天佔比約15%、89天到60天約20%。製程時間(LT)中，工序間的等待時間總和，廠長粗估大約佔50~90%以上。

品項很多、批量很小，且顧客經常更改交期，急單與插單的要求有增無減，是外在環境給與F工廠的挑戰。F工廠為了滿足交期，需要不斷的重新安排每個零件的加工順序，但是由於不確定的外在因素變化巨大，對加工現場管理造成很大的混亂與干擾。每個零件從開始加工到最後工序完工的製程時間(LT)冗長又不穩定，完工日期無法預測，交期一延再延，是顧客對F工廠的抱怨。

釐清現況、發現問題、優化製程，是導入精實數位管理的目的。F工廠收集紀錄每個零件每次的加工資訊，首先以VSM(Value Stream Mapping，價值流圖)思維建立加工途程履歷資訊、檢討履歷資料消除LT的時間浪費、精進SOP。其次以WIP(Work In Process)的即時資訊，採用動態派工方案，降低等待時間對交期的影響。



巫 茂 熾
(Mao-Chih, Wu)

東海大學精實系統團隊核心成員、資深顧問。歷任連豐機械設計工程師，友嘉實業研發部課員、課長、經理、協理、事業部副總經理等職務。彈性製造系統的主導性新產品、五軸加工技術暨加工機業界科專等專案計劃主持人。近年積極致力於精實製造與客製化管理、精實智慧製造、產品開發管理與電腦系統導入之實踐研究。

VSM特色的零件加工SOP與途程履歷資訊

VSM是精實管理的手法之一，可將作業流程內所有程序的執行內容可視化。進一步分析，可以呈現創造價值的三種層次，分別是能夠創造價值的工作，如加工時間；不能產生價值但一定要作的事情，這是必要的浪費，如換模換料作業；以及完全不會產生價值的程序，這是真正的浪費，如等待加工的時間。

F 工廠的零件加工SOP，融合VSM的價值分析要素，包括工序的加工、換模、換料時間，以及工序間的等待時間。零件每次加工的資料，都被整理分析記錄下來，這些零件的加工流程資料，日積月累就成為具有VSM特色的零件加工途程履歷資訊。將履歷資訊滾動計算更新修正，可以得到更符合實況的零件加工SOP。

F 廠的加工設備透過透過機聯網的自動報工功能，收集設備加工的零件資料，加工工序、開始與完成時間、批量等加工實態資料。設備無法聯網的工序則採用手動輸入資料的報工方式，如熱處理、表面處理，以及廠內的工序。

每個零件每次加工所有工序的報工資料，

經過資訊系統的儲存、整理、歸納、分析、運算後，可以得到每個零件的加工途程資訊，並依序記錄下來。首先第1工序的加工時間、換模換料時間、完工數量，其次是第1工序和第2工序間的等待時間、第2工序的加工時間、換模換料時間、完工數量，一直到最後完工工序的第n-1工序和第n工序間的等待時間、第n工序的加工時間、換模換料時間、完工數量。零件每次的加工資料都要詳細完整紀錄，才能累積為零件加工途程的履歷資訊。

運用數位工具，掌握零件加工途程的完整履歷資訊，以價值流分析履歷資訊，可以挖掘不合理的現象、發現問題。

價值流 突顯LT的時間浪費

零件LT(製程時間)是從第一個工序開始加工，到最後一個工序完成加工的所有時間。深入分析探討，F 工廠的零件加工流程履歷資料，發現LT冗長、不穩定的主要問題有，換模時間長短不一、換料時間差異大、加工時間偶爾會比平均值長、工序間的等待時間則大起大落差異很大。

換模時間是卸下的零件與換上的零件品項不同，即前一個零件(A)最後一件完工，到新

品項零件(B)第一件開始加工的時間。分析加工流程履歷的資料，發現相同零件同一位操作員或不同的操作員，都有換模時間差異大的問題，經過檢討確認是既有SOP不完善、首次加工來不及建立合理的SOP是主要問題。

換料時間是指設備在加工相同零件的裝卸時間，即前一個零件(A)完工時間，到換上相同的零件(A)開始加工時間。仔細觀察與檢討，一人操作多機、裝卸物料手順、未落實定點定位，是換料時間差異過大的主要因素。

同零件的加工時間幾乎是大同小異，但是在加工流程履歷資料的紀錄發現，偶而出現加工時間特別長的現象。經過討論與歸納，首件加工、刀具磨耗換刀具或刀具補正，是造成加工時間差異大的因素。

數位工具呈現的換模、換料、加工的時間差異問題，F工廠透過精實變革來縮小這些差異。首先是意識改革、落實SOP與改善對策。再來是精進，如換模前準備妥善，降低內換模的時間;善用刀具磨耗管理，降低加工中更換刀具的頻率、時間;建立編寫CNC加工程式的共同規範，減少首件加工的測試時間。

工序間等待時間，是零件在前一個工序最後一件完成加工，到本工序第一件開始加工的時間累計，包含下班和休假的非工作時間。多樣少量的加工型態，工序間的等待時間每次都不一樣，且差異很大，從數分鐘到

數十天都有，這也是縮短加工LT的最大挑戰。

動態派工讓工序更緊湊 提高達交率、減少等待時間

等待時間不能創造價值，它是真正的浪費，要設法降低、消除。然而多樣少量的生產型態，工序間同時會有多種WIP等待機器上線，零件加工工序很難連起來，等待是無法避免。

每台機器旁，等待加工的WIP很多，基於提高設備稼動率的習慣，作業員會先拿不需更換刀具、夾具的零件上線加工。如果有被排程人員指示急單的零件，才會被插單優先加工。然而，排程人員掌握的資訊有限、決策有時間落差;作業員偶而會忘記插單要求，加工順序與排程指示不同，造成交期與顧客的要求落差很大，以上現象是我們在加工現場觀察、與作業員們交流確認的發現。

零件加工途程的履歷資訊，呈現工序間的等待時間，是製程時間(LT)很長的主要因素。儘可能將加工的工序連起來，加快零件在加工途程的流動速度，可以縮短等待時間與LT。但非量產的加工型態，工序間多品項WIP等待上線加工的情況無法完全消除，針對多樣少量的加工廠，讓等待時間對交期的影響最小，是F工廠改善LT、交期的對策。

多樣少量的訂單、交期變動幅度大的外在因素，以及SOP不確實、WIP加工順序紊亂的內部問題，衍生重新安排生產計畫的情況

屢見不鮮。缺乏可靠的參數，計畫趕不上變化，在多樣少量的加工現場，落實生產排程有很大的困難。

生產排程是計畫層，由於運算參數一變再變，不穩定，造成排程計畫在現場無法落實，所以F工廠在執行層採用動態派工的解決方案。等待上線加工的零件品項很多，當設備要換線(更換新品項)時，從眾多等待加工零件，選擇對準時交貨最有利的品項優先加工，是F工廠導入動態派工的目的。

動態派工就是當機器完成加工要更換新零件加工前，收集每個等待加工零件的派工參數並運算，將等待加工中所有零件的上線順序安排出來，這些排序就是給操作者的加工順序指示。由於派工參數分分秒秒都在變動，人腦的演算需時較久且常有誤差，所以設備每次換線都會用更新後的派工參數資料，透過數位工具來運算，可以即時得到正確的派工排序表。派工運算的參數是以能夠達成不延遲、不過早、最少的等待時間、提高準交目標來決定，如插單要求、交貨日期、實際等待時間、尚未加工的工序等資料。

瑕不掩瑜 精益求精

F工廠的CNC機器，運用控制器的OPC(Open Platform Communications)功能，透過乙太網路(Ethernet)從每台機器的CNC指令取得加工資料，轉換為精實管理需要的資訊。因為廠內的所有設備沒有額外增加任何一個感測器(sensor)，所以收集的加

工資料在管理上有不夠精細的瑕疵，以致必要浪費的改善還有很大的空間。然而，精實數位模式，對於多樣少量機械加工廠的零件加工SOP精進優化、縮短工序的等待時間與LT、提高達交率，有很大的貢獻。

譬如，換料時間和換模時間是必要的浪費，F工廠機聯網收集的資料不足，內換模時間與外換模時間無法區分;等待時間也包含換料、換模時間;首件的加工程式驗證、刀具補正等時間也無法辨別，是需要精進、努力改善的課題。

F工廠的零件加工SOP，是根據零件加工途程履歷的資料滾動更新。透過精實手段，持續不斷檢討改善，每個工序的換模時間、換料時間、加工時間，以及加工序間的等待時間，除了可以縮短加工LT，同時也能夠修正與進化SOP。^{M4}

