

台灣工具機廠商 精實改善的IE基礎：工程平衡分析

文 ◆ 東海大學工業工程與經營資訊系 張書文副教授



張 書 文
(Chang, Shu-Wen)

日本東京大學工學博士，現任東海大學工業工程與經營資訊學系專任副教授。東海大學精實系統團隊核心成員。留學時期曾於日本三協精機、日產協力廠 Calsonic 實習。目前從事中部產業產品開發和生產系統升級轉型相關研究和活動。譯有《產品設計與開發》（麥格羅希爾）、《實踐FMEA手法》與《設計開發的品質管理》（中衛）等書。在自行車產業A-Team組織間學習機制的研究基礎下（《共創》（遠流）），2006年暑假期間與中衛中心共同遊說兩家整機廠，於同年9月成立「台灣工具機產業雙核心協同合作團隊（M-Team）」（機械工業雜誌288期），並長期參與和協助日籍顧問在M-Team廠商引進日式生產系統的過程。

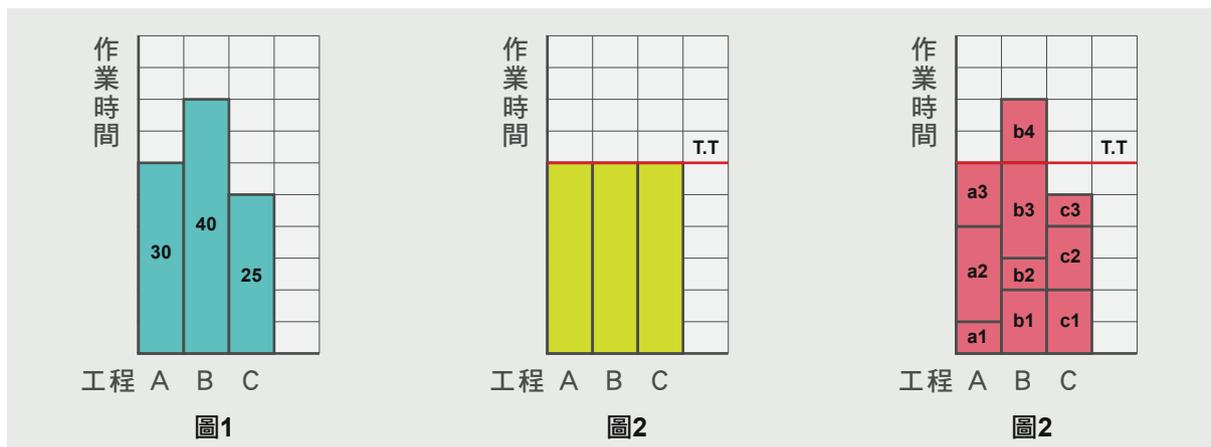
1990年代初期開始，台灣工具機廠商開始嘗試性地引進精實生產思維，並進行合理化改善。2006年9月台灣工具機產業的整機廠與零組件廠，啟動了雙核心協同合作計畫（後來俗稱M-Team），並於2011年4月擴大籌組「M-Team聯盟」，更全面性地引進精實生產思維。有些非M-Team聯盟的廠商也積極地透過各種管道，引進精實生產的思維，並且開始體會到精實改善的效益。例如，慶鴻機電、台灣引興和台勵福等廠商，委託國瑞汽車輔導引進精實生產系統。

引進精實思維的過程中，可以利用基礎的IE手法分析出各種浪費，並且加以改善。相對於台灣的電子產業的廠商，工具機廠商的IE手法普及程度仍有提昇的空間。為了協助台灣工具機廠商引進IE手法，提高分析和改善的細膩度，在本期中筆者將介紹「工程平衡分析」手法。

工程編排與工程平衡分析

由複數作業員分工，製造產品或零件時，就需要編排生產線的工程（或稱為製程, process）。工程編排的好壞會影響到作業效率。如果工程編排不佳，可能會造成作業員彼此的等待浪費、人員利用率的浪費，或者整條生產線lead time變長。假設有如圖1所示的生產線，由三個工程A、B和C組成，各工程的作業時間分別為30、40和25。若生產速度設定為40，則工程A和工程C會出現等待的浪費，這樣的浪費稱為「工程平衡損失¹」。此外，工程A和B、B和C工程之間會出現線上庫存。

進行工程編排效率的主要分析工具為「工程平衡分析圖²（如圖1）」。工程平衡分析圖是一種可以用來掌握「製程」或「生產線作業」的編排設計，以及人力安排問題點的圖



解法。工程平衡分析是根據生產節拍時間（TT, Takt Time）進行工程編排設計（例如，新產線的工程設計），或者針對現有工程指出其瓶頸工程³和工程間的平衡損失，以及人力編排上的浪費等，然後進行改善。

評估「工程編排優劣」的指標是「工程平衡率」，或稱為「生產線平衡率」。

其計算方式如下：

$$\text{生產線平衡率} = \frac{\text{各工程之作業時間總和}}{(\text{瓶頸工程} \times \text{工程數})} \times 100\%$$

¹ 在日本稱為「工程編成損失」。

² 在豐田生產系統中，也被稱為「山積表」。

³ 生產線的各工程中，作業時間最長的工程。如圖1中的工程B。

以圖1的生產線為例，其工程平衡率 = $(30+40+25) \div (40 \times 3) \times 100\% \doteq 79.2\%$

一般而言，工程平衡率最好要在70%以上。如果要做到完全的平準化境界（亦即，各工程時間均相同的“同期化/同步化”），則工程平衡率為100%。

工程編排設計方式

編排生產線各工程時，首先應該先決定生產節拍時間（T.T）。

生產節拍時間 = 1天或1個月之中可用於生產的時間 ÷ 1天或1個月的生產數量

接著，準備詳細工程分析圖（製作方法請參考本雜誌2014年3月號⁴）。然後，以生產節拍時間TT為上限，從詳細工程分析圖中，切割出作業員A可以完成的作業量，作為工程A，以此類推切割出工程B和工程C。切割各工程的作業時間時，每位作業員的時間的理想規劃值剛好為TT值。不過，實際在工程編排的時候，每位作業員的工作量，可能無法正巧編排在T.T值範圍內。可能的原因包括：沒有依照上述規則編排工程，導致工程本身編排不佳，造成平衡損失（亦即，工程平衡率低）；大型零件集中在某一作業員附近，卻無足夠放置空間；單人作業所需的使用的工具太多，無法勝任；作業員技能無法勝任該工程內的工作等；安全問題等。

⁴ 張書文, 2014, “台灣工具機廠商精實改善的IE基礎：詳細工程分析”, MA 工具機與零組件雜誌, No.58(3月號), pp.124-125.

工程平衡分析圖的製作與改善上的應用

工程平衡分析圖包含2個軸向：「作業時間」和「工程別（作業別亦可）」。製作工程平衡分析圖前，得先量測各工程內的各項作業時間。假設工具機模組的副組裝線由A, B, C三大工程



圖4改善前



圖5改善構想



圖6改善後



圖7改善前



圖8改善構想



圖9改善後

組成。A由a1, a2, a3, a4 四個作業構成；工程B由b1, b2, b3, b4, b5三個作業構成；工程C由c1, c2二個作業構成，若其工程平衡分析圖如圖4所示。圖4的副線組裝工程可以如何改善呢？最理想的狀況是如圖5所示，b4和b5的作業，可以分別切割給工程A和工程C的作業員，而得到圖6的改善結果。但其前提是工程A和工程C的作業員，都必須訓練成可以分別承擔作業b4和b5。當然可以只針對工程B進行改善，使其整體作業時間下降到T.T以下亦可。但是這樣的話，工程A和工程C都會出現浪費。

工程平衡分析圖也可以用來分析人力編排不

佳的情況。如圖7所示，工程A, B, C的總作業時間皆低於T.T，三個工程皆有浪費，尤其是作業員c負責的工程C浪費最多。此時若可以將作業員c負責的作業，分擔給作業員a和作業員c（如圖8）。則可以省下一個作業員人力（如圖9），可以想像作業員a和作業員b承擔了作業員c負責的工作，而省下的作業員c人力可以調到人力不足的地方。

由上述說明可知，工程平衡分析圖具有分析生產製程編排效率，並藉以作為改善的依據。台灣工具機廠商若能善用此圖進行分析改善，假以時日，必能逐漸排除浪費，提高效率，邁向精實的生產線境界。