

台灣工具機廠商 精實改善的IE基礎：動作經濟原則

本專欄以促進精實知識的學習與實踐為目的，由東海大學精實系統團隊成員執筆。東海大學精實系統團隊成立於1992年，目前以劉仁傑教授與張書文副教授為中心，成員包括國內外產學界人士，2006年從自行車A-Team研究成果出發，促成工具機M-Team的設立。2012年在東海大學取得40坪空間，結合產業界資金與實物捐助，設立精實系統實驗室。精實系統團隊以邁向全球精實系統研究重鎮自許，試圖透過精實系統實驗室這個教學、研究和產學互動平台，貢獻台灣產業社會。

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(2版~5版)》(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(張書文, 2011)。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)，更全面性地引進精實生產思維(張書文, 2007)。由於成效顯著，引起廠商效法學習，M-Team也因而擴大為「M-Team聯盟」。同時，我們也看到許多非M-Team聯盟的廠商積極地引進精實生產的思想，並且開始體會到精實改善的效益。

台灣工具機廠商在引進精實思維的過程中，可以透過基礎的IE手法或原則進行改善，排除作業/動作浪費。為了協助台灣工具機廠商進行改善，在本期中筆者將介紹「作業/動作浪費」的基本分析的要領、改善的著眼點以及在IE領域中，古典的「動作經濟原則(Principles of Motion Economy)」，協助改善人員思考改善方案，或利用這些原則進行作業台、作業區域的最佳化設計。

作業/動作浪費的意義與分析要領

以往的台灣工具機廠商的組裝或機械加工活動，可以觀察到許多作業/動作浪費。作業/動作浪費可能會導致人員或投入工時的增加或作業不穩定。造成作業/動作浪費的原因，包括孤島作業、作業場所佈置/設計不佳、教育訓練不足等。

在分析作業/動作浪費時，一般通常會將作業/動作分成三大部份：「附加價值作業/動作」、「附帶作業/動作」和「浪費」。以下針對此三個部份簡述如下：

①附加價值作業/動作：又稱為實質作業/動作，也就是依照某種特定目的進行的作業/動作。例如，切削加工作業中，把工件「切削」成所需的形狀。組裝作業時，鎖緊螺絲以固定2種零件的動作。即便是附加價值的作業/動作，仍可以透過方法改善而進一步縮短時間。例如，用手轉動起子鎖緊螺絲，改成使用氣動/電動起子。

②附帶作業/動作：執行附加價值作業/動作所需附帶進行的作業/動作。例如，組裝作業時，作業員伸手取用起子的動作；或者是切削作業中，機器的換刀動作。由於附帶作業/動作無法產生附加價值，因此這類作業/動作的時間也必須盡量降低。

③浪費：與該作業/動作無關者。例如，走動、閒聊、等待。分析作業/動作浪費時，首先得先收集作業/動作過程的內容和時間數據。此時可以利用錄影裝置記錄這些影像，以利分析或日後討論。接著，針對這三大部份的發生情況進行統計，以便掌握改善前後三大部份分別所佔比率(可繪製成圓餅圖來呈現各部份比率)。根據筆者以往的統計資料顯示，台灣工具機組裝作業現場，一般在改善前附加價值作業/動作的時間約佔20-30%、附帶作業/動作時間約40-50%，而浪費則可能高達20-30%。由這樣的分佈比例可以推估，如果能將「③浪費」的部份降為0，並把這部份用在進行實質作業，則實質作業/動作比率可以提高到60%。若又能降低附帶作業/動作時間20%，則附加價值作業/動作時間可望提高到80%以上。

作業/動作浪費的改善：著眼點、動作經濟原則

分析作業/動作的浪費比例後，接著進行作業/動作浪費的改善。改善的著眼點可以彙整成表1。

表1. 作業/動作浪費改善的著眼點

著眼點	範例
縮短步行距離	改變作業區佈置，讓作業區儘量靠近。 改變設備或作業台的大小。
減少手部作業/動作範圍	改變材料/零件/工具的位置。 改變作業點的垂直高度或水平面的深度。 改變設備，以免妨礙手的動作。
加強作業/動作的穩定性	設計治具時，讓工件容易安裝和取下。 材料/零件/工具容易取出和放回。
儘可能兩手同時作業/動作	設計治具/輔具，廢除單手作業/動作。

出處：張書文整理

上述作業/動作改善的著眼點和範例，其背後的改善思維源自於IE古典的動作經濟原則。動作經濟原最早的概念源自於Frank B. Gilbreath的動作和動素研究，爾後在1930年代，Ralph M. Barnes將其具體化成為原則，總共可以分成三大類：身體部位使用原則、作業場所佈置原則、工具和設備設計原則，共22項原則（參考表2）。美國的製造業在二次大戰期間，使用動作經濟原則獲得很大效益，戰後豐田汽車公司也將動作經濟原則融入其生產系統中。其

5S的「整頓」的三定思想中，也可以看到動作經濟原則的應用。例如，定品和定位的概念。

動作經濟原則可以降低工作站或比較微觀層次的動作浪費，減輕作業員的疲勞、提高作業的舒適感，又同時能夠提高工作效率。改善人員可以利用這些原則來改善現有的作業/動作浪費，更進階的作法是利用這些原則來設計各種生產作業區域/作業台，乃至於設計工具機產品（例如，應用類別II或III）。

表2. 動作經濟原則

類別I：身體部位使用原則(9項)
(01)兩手應該同時開始，同時結束。
(02)除了休息時間外，兩手不應該同時為空閒狀態。
(03)兩手的動作應該「反向」「對稱」，並且「同時」進行。
(04)手和身體的動作應儘量採用最低等級，又能滿意地執行工作為佳。 • 動作的5個等級：手指動作；手腕動作；手肘動作；手臂動作；肩膀和身體動作。
(05)作業員儘量利用物體的動量（重力、慣性）來協助其工作，但克服動量所需的肌力應該儘量降到最低。
(06)相較於包含突然或劇烈方向改變的直線運動，順暢的手部連續動作較佳。
(07)相較於受限制或受控制的運動，彈道式的動作比較迅速、容易和確實。
(08)設計工作時，儘可能地考量到讓作業員以「容易」和「自然的節奏」進行。
(09)對於眼睛注意力的仰賴應力求減少，儘可能讓需要注意力的部份靠近。
類別II：作業場所佈置原則(8)
(09)所有的工具和材料應該有明確和固定的擺放位置。
(10)工具、材料/零件和控制裝置應靠近使用地點。
(11)利用「重力式材料/零件的容器和裝置」，將材料/零件搬運到使用位置。
(12)儘量利用「墜送搬運裝置」。
(13)為適當的視覺條件預作準備，好的照明是得到滿意視覺感受的第一要件。
(14)材料/零件和工具應依照最佳動作順序擺放。
(15)作業台和椅子的高度，應該儘量設計成容易以站姿和坐姿進行作業。
(16)椅子的類型和高度應該能夠讓每位作業員保持良好姿勢。
類別III：工具和設備設計原則(6)
(17)儘量利用治具、夾具或腳踩裝置，協助解除作業時的手部負擔。
(18)儘量將兩種或多種不同功能工具合而為一。
(19)儘量將工具、材料/零件預放在作業位置。
(20)每個手指頭在執行特定動作時，應像打字一樣，依各指頭的本能分配其負擔的動作。
(21)設計操縱桿、手輪或其他控制裝置的位置時，應讓作業員在身體位置變化最小的情況下，快速和容易地操作這些裝置。
(22)應將工具或設備設計成不需要動到身體的位置。

出處：張書文翻譯整理自Barnes(1980)

參考文獻

- [1] 張書文, 2011. “台工作機械業における生システム革新”, 工業研究, vol.25, pp.55-63.
 [2] 張書文, 2007. “台灣工具機產業雙核心協同合作團隊成立經緯”, 機械工業雜誌, 288期, pp.151-154.
 [3] Ralph M. Barnes, 1980. Motion and Time Study Measurement of Work, New York: John Wiley & Sons.