

參數化製程時間公式之制定

藍俊雄¹

南華大學企管系副教授

于健²

南華大學電子商務系助理教授

摘要

建立製程時間公式可針對當產品規格改變時製造所需之時間進行預先評估與推測。本研究以傳統球型空氣閥之製造為例，將製程分成機器製程與人力操作製程兩大類，透過對數調整以及多元迴歸分析法建立機器製程參數化時間公式，並運用合成評比與工作抽查技術制定人力操作製程單元時間，進而建立其參數化製程時間公式。透過本研究中所提出的參數化時間公式，管理者僅需將產品規格特性視為參數輸入公式中即可得知製造所需時間。不同規格產品製程所需之時間可快速且有效地加以估計，除可分析工廠產能，亦可作為人員績效評估之依據。

關鍵字：時間公式、合成評比、工作抽查、多元迴歸分析。

¹ 嘉義縣大林鎮中坑 32 號 南華大學企管系
TEL : (05)2721001 轉 56519 E-mail: chlan@mail.nhu.edu.tw

² 嘉義縣大林鎮中坑 32 號 南華大學電子商務學系
TEL : (05)2721001 轉 56544 E-mail: cyu@mail.nhu.edu.tw

壹、前言

常見的工業用氣壓閥約可分為三類：球閥之尺寸約從 1/4 吋到 6 吋不等，主要用於水管中央之整流用，並調整及控制流體進入。牙閥之尺寸約從 1/2 吋到 16 吋不等，大都用於造紙業公司，它是由上至下來進行開關，因此較適用於大流量之設計。而逆止閥之尺寸約從 1/2 吋到 6 吋不等，主要是用於防止流體逆流，用於較高之流量，如化學工業及飲料工業等均為廣泛應用。而各製造工廠亦不斷尋求衡量其工作生產力之有效方法，藉以預估批量製程時間，進而作為工作人員績效評估之準則。業界大多以時間研究方法進行之（Gagnon, 2000）。

本研究之目標公司以生產工業用氣閥為主。氣閥製程可分為機器製程及人力操作製程兩大部分。在機器製程部分，工廠中每台機器針對給定的操作都有固定的運作時間，故可依每項產品不同的加工及製造的方法來為不同產品的機器加工單元訂定時間公式。在實行上，只要時間研究施行的次數夠大，則任何一種工作均可以被設計或導出其適用的時間公式。一般而言，若用以發展時間公式之數據，對單元終止點的定義均相同，且在公式發展過程中不發生任何計算錯誤，則時間公式所提供的結果，將和用以發展此公式的數據同樣正確。有了單元時間公式，針對不同規格特性的產品的生產製程，管理者僅需將產品各種規格特性視為參數輸入單元時間公式中，即可快速獲得產品機器製程所需的預估時間。

另一方面，在人力操作製程部分，工作抽查法（Work sampling）常用於測量人員生產的單元標準時間。工作抽查為一調查工作過程中，各活動所佔之時間比率的技術。簡言之，工作抽查法乃透過對事物進行隨機瞬時觀察，以其結果代表此事物之一般概況。其方法實施過程省時又可節省大量的費用，而所得結果具有統計理論依據，可用於制定人工操作的標準時間數據。故工作抽查法廣為企業

使用，實因其費用低廉且結論可靠之故（Gowan, 1999）。

本研究以時間研究之方法，建立球型閥生產製程之標準時間公式。透過工作抽查設計，結合碼表測時與方法時間衡量中 4M Data 之預定單元動作時間加以合成評比法以訂定合成評比係數，再藉由工作抽查所得之資訊以求取人工製程之標準時間。至於可變單元的機械製程之參數化時間公式則以多元迴歸模式配適個案公司之歷史資料。建立個案公司估算生產不同規格產品所需之操作工時標準，除可有效預測其生產力外，亦可作為工作人員績效評估之依據（Brenda, 2001）。

本研究共分為以下部分：本節為前言，第二節描述本研究之實驗設計，第三節為個案研究，透過個案工廠之生產數據實際說明時間公式之制定過程，最後為本研究之結論。

貳、實驗設計

球型閥生產製程可分成人工製程與機器製程兩大部份，以下分別說明兩種製程時間公式之制定過程：

一、人工製程

對球形閥這項產品而言，人工組裝的程序不因產品規格不同而有顯著差異，故本研究將其視為固定單元處理。人工製程所需的時間可透過工作抽查與合成評比技術之整合運用來加以制定。實施工作抽查前需先將欲制定時間標準的操作之工作順序擬定。接著再將此操作做細部的單元劃分，然後根據廠商之建議，選定工廠中一特定員工做為施測目標，依下列程序測量其動作時間作為標準動作時間：首先對此員工作一短時間有系統地小樣本組之抽樣調查，並計算各工作單元的單元出現率與出現率的標準差，這些數據被視為初步所需的數據。

將上述數據代入觀測次數公式中加以運算，可得實施正式抽查之應抽查次

數，再由所有單元分別求出工作抽查應實施之抽查次數中選取最大值做為衡量本操作之應抽查次數，再將此應抽查次數除以實施抽查觀測之總天數，便為一個工作天中所需之觀測次數。每天應抽查次數決定後，接著需決定每天要從事觀測的時點。每天觀測時點乃依據亂數表而決定以使每天每次實施抽查的時點具隨機性，且使觀測的時點能代表在一個工作天內的任意時刻之動作。決定好觀測時點後即開始實施觀測。實施觀測時，觀測人員不得有主觀介入，必須以瞬時觀測作成客觀的判斷，即以觀測人員的第一眼所觀察的受測員工動作為主。如受測員工於某一觀測時點不在工作位置時，則將其記錄於「閒置單元」內。表 1 代表工作抽查時所應用之表格。

表 1 工作抽查表格

產品：									
工作單元：									
抽查日期： 年 月 日									
time									
單元 1									
單元 2									
單元 3									
單元 4									

二、機器製程

因球型閥的規格隨市場的需求不同而變化較大，本研究將機械製程標準工時視為可變操作單元來處理。接著探討可變單元的機械製程時間公式的建立方法及步驟：

- (一) 收集個案工廠曾經生產過之各種不同規格，如孔數、孔徑、孔深等參數的球型閥製造所需的時間資料，再將這些製程時間資料取對數後視為此可變單元之歷史資料（稱為對數時間）。製程時間數據對數化的

目的在於使資料變動的情形較為平緩。

(二) 以製程時間為依變數，孔數、孔徑、孔深等規格參數視為自變數，應用 SPSS 電腦軟體配適出多元線性迴歸模型以建立參數化之可變單元時間公式。個案工廠藉由此公式可對任意規格的產品製造所需的機械製程對數時間進行預測，再將預測值反對數後即可得到該規格產品製造所需的預估時間。

分別完成上述機器製程與人工製程兩大部份的時間公式制定後，將此兩部分時間實施合併後，即可得任意給定規格的球型閥製造所需的總正常時間，即總製造時間等於機器製程時間加人工製程時間。再將總製程時間加以合理的寬放，即可得該產品之製程標準時間。

參、個案研究

本研究選定某氣閥製造工廠作為個案，說明球閥製造時間公式之制定過程。整個製造球閥過程分為車床、鑽孔（機器製程）、清洗、組裝及包裝（人工製程）幾個部分。本研究在與廠方管理人員討論後，先將人工組裝操作分成九個工作單元。接著由廠方建議一組裝人員為代表，並以一個工作天（8 小時，計 480 分鐘）作為一個樣本組的收集區間，並以每十分鐘進行系統抽樣一次，每天共得 48 次的抽查記錄。上述測量連續執行 10 個工作天後，共可得 10 個樣組共 480 次的抽查記錄。圖 1 為此 480 次抽查中各單元出現次數的情形。再依據這 10 個樣組可計算各工作單元的單元平均出現率與出現率的標準差（見圖 2），並將這些數據視為初步所需的數據（見表 2）。

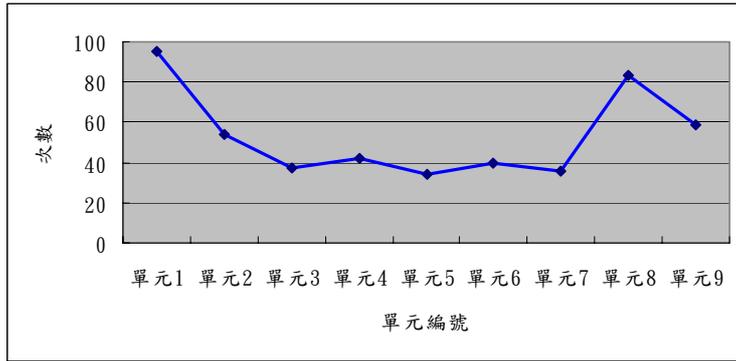


圖 1: 預試之各單元出現的次數折線圖

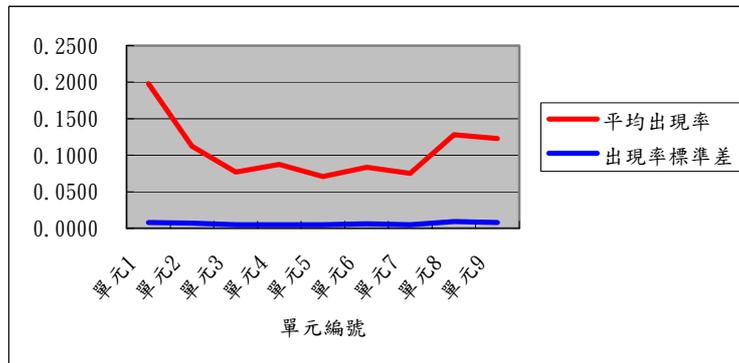


圖 2: 預試之各單元的平均出現率與出現率標準差折線圖

表 2: 各單元的平均出現率，標準差，與經計算後之應抽查次數

工作單元	次數	平均出現率	出現率標準差	抽查次數
單元 1	95	0.1980	0.0080	2482
單元 2	54	0.1125	0.0070	2727
單元 3	37	0.0771	0.0050	2847
單元 4	42	0.0875	0.0050	3194*
單元 5	34	0.0708	0.0050	2632
單元 6	40	0.0833	0.0060	2122
單元 7	36	0.0750	0.0050	2775
單元 8	83	0.1279	0.0090	1766
單元 9	59	0.1229	0.0080	1685
	480			

接著再將各單元之數據代入觀測次數公式，式(1)

$$n_i = \frac{p_i(1-p_i)}{\sigma_{p_i}^2} \quad (1)$$

其中

n_i = 以第 i 個單元預試資料為主時所得之應抽查次數

p_i = 第 i 個單元在預試中單元平均出現比率

σ_{p_i} = 第 i 個單元在預試中單元出現比率標準差

中運算，並選出各單元中應抽查次數的最大值 $\max\{n_i \forall i = 1, 2, \dots, 9\} = 3194$ ，詳細過程亦呈現於表 2。為使抽查具有相當程度的代表性，本研究採取工作抽查中常用的區間 4 周 20 個工作天來實施抽查。故將 3194 除以觀測期間天數 20 天，可得一天所需的觀測次數約為 160 次，因此在這 20 天中總抽查次數變為 3200 次。再應用亂數表，則每天 160 次的觀測時刻便可對應得出。在經過 20 天工作抽查的觀測期間後，可以記錄到每個工作單元的出現次數，之後再蒐集該施測對象在觀測期間內的工作成果。

表 3: 各單元的觀測時間與合成評比係數

單元	O_i (觀測時間)	N_i (正常時間)	單元評比係數	合成後各單元之評比係數
1	4.32	--	--	1.1219
2	2.46	--	--	1.1219
3	1.68	--	--	1.1219
4	1.92	--	--	1.1219
5	1.56	1.69	1.0833	1.1219
6	1.80	--	--	1.1219
7	1.62	1.88	1.1605	1.1219
8	3.78	--	--	1.1219
9	2.64	--	--	1.1219

至於合成評比係數 1.1219 的決定，乃先將各人工單元以碼表量測，每單元各 30 次後取其平均值當作該單元的碼表量測時間，並且發現到單元 5 與單元 7 所得之碼表時間最短，故對此兩單元進行 4M Data 之方法時間衡量技術之分析以制定此兩單元之單元預定動作時間。接著將碼表量測所得各單元的平均時間視為各單元的觀測時間 O_i ，而 4M Data 分析技術所得之單元預定動作時間視為該單元之單元正常時間 N_i ，然後執行合成評比技術後求出合成評比係數，詳細資

料結果列於表 3 中。

透過工作抽查結果以決定各單元的正常時間之公式如下式(2)所示：

$$T_n(i) = \frac{n_i \times T \times \bar{p}}{p_a \times N} \quad (2)$$

其中

- $T_n(i)$ = 第 i 個單元之正常時間
- n_i = 第 i 個單元在抽查期間出現之次數
- T = 抽查執行的總時間
- \bar{p} = 合成評比係數
- p_a = 抽查期間產品之產出數量
- N = 總抽查次數

在本研究中 $T = 20 \times 8 \times 60 = 9600$ (分)， $\bar{p} = 1.1219$ ，該員在抽查期間共完成 2080 個球型閥，即 $p_a = 2080$ ，以及 $N = 3200$ 次。故各單元之正常時間值列於下表 4，且每個球型閥製造中所有人工的總正常時間， $T_{operator}$ ，為 5.0881 (分)。

表 4: 抽查後各人工操作單元的出現次數與正常時間

單元 i	單元 i 出現次數 n_i	單元 i 正常時間 $N_i(i)$
1	640	1.0365
2	320	0.5178
3	234	0.2887
4	272	0.4401
5	230	0.3722
6	266	0.4305
7	243	0.3932
8	568	0.9191
9	427	0.6909
Total	3200	5.0881(分)

固定單元 (人工製程) 作業時間完成後，接著要建立可變單元 (機器製程) 作業時間的參數化公式。將該公司歷年來所有生產不同規格 (孔數、孔徑、孔深) 的球型閥製造所需的時間加以收集彙整，(該公司產品孔數介於 1~8 孔之間，孔徑介於 0.25 吋到 4 吋之間，孔深則介於 0.25 吋至 3 吋之間) 其中相同規格球型

閥的機器製程時間均以平均值表示。將所有這些不同規格產品的製程時間取對數後之值視為歷史資料的輸入。而將這些製程時間數據取對數之原因乃取對數後可使時間數據依規格不同造成變動的情形趨於平緩化，使其更適合於預測。再應用 SPSS 套裝軟體配適出多元線性迴歸模型以建立一參數化之公式，藉由此模型可對任意規格（不同鑽孔數、鑽孔孔徑及深度）的產品製造所需的對數機器製造時間進行預測後，再將預測的對數時間取反對數即可得到該規格的產品製造所需的預估機器製程時間， $T_{machine}$ 。根據收集該公司近年來不同規格的球型閥製程時間之數據取對數後經 SPSS 套裝軟體所配適出的多元線性迴歸模型如下式(3)所示，其中 x_1 代表孔數（個）， x_2 代表孔徑（吋）， x_3 代表孔深（吋）。

$$\ln T_{machine} = 0.392x_1 + 0.289x_2 + 0.676x_3 - 1.226 \quad (3)$$

且此模式係數檢定均為顯著，R-squared 值達 0.937 顯示模式配適度良好。故

$$T_{machine} = \ln^{-1}(0.392x_1 + 0.289x_2 + 0.676x_3 - 1.226) \quad (4)$$

所以球型閥製造總時間， $T_{total} = T_{operator} + T_{machine}$ ，之參數化公式如下式(5)所示。

$$T_{total} = \ln^{-1}(0.392x_1 + 0.289x_2 + 0.676x_3 - 1.266) + 5.0881 \quad (5)$$

往後若有新規格的產品僅需將規格參數（孔數 x_1 ，孔徑 x_2 ，以及孔深 x_3 ）代入此參數化的時間公式中，則預估之製程正常時間便可求得。將預估之產品製程之正常時間， T_{total} ，寬放 10%，可得該新規格球型閥製程之預估標準時間， $T_{standard}$

參見式(6)。

$$T_{\text{standard}} = 1.1 \left\{ \ln^{-1} (0.392x_1 + 0.289x_2 + 0.676x_3 - 1.266) + 5.0881 \right\} \quad (6)$$

肆、結論

在作業方法與流程是最適與合理化的前提下，藉由作業標準時間的制定可反應出平均、合格、受過訓練的操作者，維持以操作的正常速度，以完成工作所需的時間標準。因此在建立標準時間之前，必須先詳細分析各種方法改善的可能性。因而操作分析、工作簡化、動作研究，以及方法標準化等均須在實施工作衡量前加以進行。而標準時間的訂定與時間研究進行時的操作方法，有直接的關係，不但和使用的工具與設備有關，亦和操作者的動作方式、工作站的佈置、原料的情況，以及工作環境等之影響。這方面的影響應適當的加以控制。

本研究四個主要貢獻列述如下：1. 理論與實務之整合，並提出具體的應用方法與步驟。2. 構建出參數化之時間公式，以易於估算生產不同規格球型閥所需的預估操作工時標準。3. 由於人工組裝部分之標準作業時間可由本研究中獲得，因此可利用此人工組裝部分之標準作業時間作為衡量員工作業效率的方式，藉以做為獎勵與懲處的標準。4. 藉由產品製造時間標準的估計與工廠產能的分析下，工廠之生產力將可獲得有效地預測。

另外，本研究中可隱約看出球型閥製造的總時間中人工組裝時間部分著實佔有顯著的比率。因此，要特別加強和訓練員工之組裝技術，使其更熟練於產品組裝上，降低人工組裝所需的時間，進而增進產品之總製程時間以改善生產力。綜言之，本研究適用於工業產品製程中擁有固定人工操作單元與可變操作單元之產品製程作業，建立完善且可供依循之程序並為具有敏銳思考力之管理者提供人員

績效衡量之參考依據。

參考文獻

1. Brenda, B., 2001. Teaching Instructional Design: An Action Learning Approach, *Performance Improvement Quarterly*, 14(2) : 37-52.
2. Gagnon, E. J., 2000. How to Measure Work, *Material Handling Management*, 55(2):71-77.
3. Gowan, C. B., 1999. Which Work Measurement Tool? *Manufacturing Engineering*, 122(3):18:19.
4. Niebel, B. & Freivalds, A., 1999. Method, Standards, & Work Design. 10th ed., New York, WCB McGraw-Hill Co. Inc.
5. Pape, E. S., 1992. Work Sampling. In Handbook of Industrial Engineering, 2nd ed., New York, John Wiley & Sons.

Determine Parameterized Time Formula in Manufacturing Process

Chun-hsiung Lan

Department of Business Administration, Nanhua University

Chien Yu

Department of Electronic & Commerce, Nanhua University

Abstract

Develop time formula in product manufacturing process is aimed to pre-evaluate the time spending in manufacturing a unit of product while product specification is variable. This paper discusses the time formula of globe valve production. The production process is divided into machine process and operator operating process, we combine logarithm technique and multiple regression analysis to establish the parameterized time formula of the machine process and the operator operating time is obtained by applying synthetic performance rating and work sampling techniques. The manager may take the time formula to estimate the production time of the product by input the parameterized product specifications to the formula. Therefore, the productivity of the plant as well as the performance of the operator can be evaluated.

Keywords: time formula; synthetic performance rating; work sampling; multiple regression analysis.