

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

工廠自動化與經濟效益關係之研究 - 台灣製造業之實證研究

Factory Automation and Economic Performance- Empirical Study of Taiwan Manufacturing Industry

計畫編號：NSC 87-2415-H-002-007

執行期限：86 年 8 月 1 日至 87 年 7 月 31 日

主持人：林惠玲教授 執行單位：國立台灣大學經濟學系

一、中文摘要

本文利用 84 年製造業自動化廠商的資料去分析自動化設備的生產彈性，並比較自動化設備、非自動化生產設備、其他固定資產設備、R&D 資本的生產彈性是否有所不同，同時我們分析不同產業與不同自動化設備的生產彈性的異同，實證結果發現：

~ 就全體製造業而言，自動化生產設備的生產彈性最大，可見得廠商採取自動化生產，相對其他資本而言，較能提高生產力，因此目前採用自動化設施，將是廠商提高生產力、競爭力的一個有效的方法。

TM 單一採用自動化設備的廠商，其自動化生產彈性為 0.12，相較於採用二種、三種或四種自動化設備的生產彈性為小。採用多種自動化設備的廠商，具有顯著的規模報酬遞增的現象，此結果顯示自動化設備具有規模經濟利益，且亦有助於提高勞動的生產彈性。

≡ 自動化密度較高的產業，相對其他產業的生產彈性均較高，顯示自動化深度愈大，其生產力愈大。

> 實證結果亦指出食品業、紡織業、化學材料業、塑膠製品業、金屬基本工業、機械設備業、電力及電子業等產業，自動化的生產彈性均大於非自動化的生產彈性、

其他固定生產設備以及 R&D 資本的生產彈性，顯示這些產業的廠商為提高生產力，進行自動化將是有效的方法。

關鍵詞：自動化技術，生產力，經濟效益，生產函數。

Abstract

The purpose of the study is to investigate the effect of investment on different levels of automation or different types of automation technology on economic benefit and to measure the effect of automation depth on economic benefit, which can be used to evaluate the result of automation and the degree of technological changes.

The data will mainly come from eighth (1995) automation surveys conducted by statistic department of the ministry of Economic Affairs. According to the empirical results we have following conclusions:

1. The production elasticity of automation capital is larger than any other capital. This fact shows that the adoption of automation is the useful method to increase productivity.

2. The production elasticity of multiple automation is larger than single automation. Moreover, the use of automation has economic scale, which leads to increase returns to scale.

3. The effects of automation on productivity are determined by automation depth. In other words, the more depth of automation produces the more productivity.

4. In those industries: food, Textile, Chemical material, plastic manufacturing, Metal industry, Mechanic equipment, and electric and electronic industry have larger productivity when the firms adopt automation production.

Keywords: Automation, Productivity, Economic performance, Production function.

二、緣由與目的

生產自動化技術的發展由來已久，然而，由於過去台灣地區勞動力豐富，產業多屬勞動力密集產業，因而對生產自動化技術的採用並不普遍。近幾年來由於國際及國內經濟情況及環境的急劇變化如新台幣升值，勞力不足工資上漲，環保意識提昇，中國大陸及東南國家的興起，致使我國許多產業及產品在國際市場上逐漸喪失原有的競爭優勢，尤其是勞動力密集的產業所面臨的衝擊最大。這些勞動力密集產業的廠商於是乃紛紛採取自動化技術，降低成本提高其競爭力以解決其困境。因此，台灣製造業廠商生產自動化技術的採用與台灣製造業未來的生產力與競爭力有密切關係，而成為一個值得重視的問題。

自動化技術的生產力（經濟效益）為廠商是否採用自動化技術的重要因素之

一，若能了解各種自動化技術的經濟效益，必有助於了解台灣產業在技術升級，競爭力的提高程度，亦可提出輔導廠商加速採用自動化之建議，以提高生產力。

國內外研究探討自動化技術的採用或擴散的文獻相當多（請參考自動化技術之採用與擴散 - 台灣製造業之實證研究，國科會報告），但研究自動化與經濟效益的文獻尚不多。Carlsson, Taymaz, Tryggvason "Factory Automation and Economic Performance: A Micro-to-Macro Analysis" 曾指出瑞典為全世界 FMS 自動化密度最高的國家，其他自動化技術如 industrial robot, CNC 僅次於日本，CAD 僅次於美國。該文並探討瑞典製造業自動化的經濟效益，該經濟效益除從個別廠商的問卷結果可得知外，作者還設立了一個 Micro-Macro Model 利用因素分析法去探討自動化在減少成本、增加產量、增加投資報酬、技術進步、品質等方面的影響，結果發現自動化在 GNP、投資報酬率的貢獻程度相當大。國內學者在該方面的探討尚不多，不過國內探討研究發展對生產力的影響相當多，研發的資本與自動化的資本均是促進技術進步的重要因素，因此本文將參考研發的資本對生產力影響的文獻（包括研究方法），來探討自動化對生產力的影響。本文研究目的包括：

1. 實證研究不同層次自動化技術（如高層次與低層次或不同種類自動化技術如 CAD/CAM 或 FMC/FMS 等）對生產力（經濟效益）的影響程度。

2. 實證衡量自動化深度對生產力（經濟效益）的影響程度。

3. 實證衡量在不同產業中自動化對生產力的影響是否不同。

4. 比較 R&D 資本，自動化資本對生產力的影響是否有差異。

三、84 年自動化調查分析

自動化技術在不同產業，不同廠商將有不同的地位，也發揮不同的功效，主要的功效為提高生產力，降低單位成本，改善品質，新產品技術的改善，減少勞工依賴，改善作業環境，減少工作危險性，克服人力上的限制如替代笨重工作、無聊的工作，以及提高精密度等。根據經濟部自動化調查資料可知民國 80~84 年廠商採用自動化的比率，自動化軟硬體生產設備總值佔營業收入的比率以及自動化設備密集度（平均每位直接員工所使用的自動化軟硬體生產設備之金額）分別如下表：

表 1

年	使用自動化比率	自動化軟硬體設備佔營業收入比率	自動化設備密集度(萬元)
80	56.07	22.98	121.81(81)
82	58.30	22.45	131.92(82)
84	61.24	25.30	162.41(83)
			177.99(84)

由表 1 可知自 80 至 84 年間是增加的趨勢，若以最近的 84 年觀察自動化設備密集度，以化學材料業（665 萬元）、金屬製造業（411 萬元）、石油及煤製品製造業（320 萬元）最多。而以成衣服飾業（8.81 萬元）、皮革、毛皮及其製品製造業（12.88 萬元）最少。有關自動化之效益根據調查資料得其效果如下：

表 2 自動化之效益

單位：%

年	節省人力	產能增加	降低不良率
80	-	42.20	15.43
82	10.86	45.12	19.16
84	10.99	27.33	12.30
	(669.7萬元)	(3127.4萬元)	(536.8萬元)

由表 2 可知自動化的經濟效益主要為

提高生產力，由於缺乏自動化投資金額以及其收益之金額，不易比較自動化設備的投資報酬率的情形和變化。

本文以分析 84 年自動化調查資料為主，再與工廠校正資料串聯，以獲取較完整的廠商營運資料。我們的樣本共有 2732 家，其中有自動化的廠商為 2520 家，再剔除有問題的資料¹，共計 2362 家，該樣本的初步統計分析如表 3 與表 5。

表 3 為 84 年製造業及各產業的特性資料，其中研發資本、購買技術資本均是利用 81~84 年的經費支出資料經過折舊調整而加總的“資本”（請參見下節 - 變數的衡量）。此外，表中均以千元為單位，並以民國 85 年為基期平減而得。觀察該表可知附加價值低的產業如成衣服飾業、木竹製品業、家具裝設品業、印刷業、橡膠製品業、塑膠製品業多屬勞力密集，每人固定資產設備、自動化設備密度均相對較小，我們計算了表 3 中（除廠商家數與員工人數外）各變數的相關係數，如表 4。

由表 4 可知每人附加價值與自動化設備密集度或每人固定資產額有較高的相關，但與利潤率相關不高，這是因為生產的增加與成本的降低，不一定代表利潤提高，影響利潤的因素除了生產面外，還有需求面、市場面的因素等。

表四

	每人附加價值	每人研發資本	每人固定資產	自動化設備密集度	利潤率
每人附加價值	1				
每人研發資本	0.1324	1			
每人固定資產	0.7264	0.6107	1		
自動化設備密集度	0.3857	0.2639	0.6014	1	
利潤率	0.7364	-0.3186	0.1435	0.0119	1

表 5 為自動化設備效益的調查結果，

¹ 全部軟硬體設備減自動化軟硬體設備為負，附加價值為負，銷售額為 0，員工人數為 0，等。

在節省人力方面，菸草業、皮革業、電子業較高，產能方面則以菸草業、家具業較高，而降低不良率方面則以機械設備業、金屬製品業、金屬基本工業較高。總效益而言，全體製造業平均每家廠商可增加 1500 萬元的生產價值，該生產價值相對收益，平均比率達 7%，亦即若廠商將生產的產品均銷售出去，每 1 元的銷售可增加獲利 0.07 元，若就各產業來看，自動化的效益以塑膠製品業 (0.22)、印刷業 (0.13) 最高，若就每元自動化生產設備的效益，則高達 0.75，且以橡膠製品業、金屬基本工業以及電力及電子業最高，均超過 1。

四、模型設定

自動化設備的經濟效益主要是提高生產量，節省成本，改善不良率等，因此將影響廠商的生產力。為了了解自動化對生產力的影響效果，我們利用 Cobb-Douglas 生產函數來估計自動化軟體生產設備對生產力的影響。Cobb-Douglas 生產函數中考慮了五個生產因素： \sim 自動化軟體生產設備； TM 非自動化軟體生產設備； S 其他固定資產設備； > 員工人數； œ R&D 資本； Y 外在產業的 R&D 資本。

Cobb-Douglas 生產函數設定如下：

$$Y_i = A_i K_{1i}^{r_1} K_{2i}^{r_2} K_{3i}^{r_3} L_i^{r_4} R_i^{r_5} S_i^{r_6} V_i$$

上式取對數可得：

$$y_i = a + r_1 k_{1i} + r_2 k_{2i} + r_3 k_{3i} + r_4 l_i + r_5 r_i + r_6 s_i + e_i$$

其中 $y_i = \log Y_i$ ， $k_{1i} = \log K_{1i}$ ，其餘類推。

有關各變數衡量方法說明如下：

(1) Y_i ：代表 i 廠商產出，我們以附加價值衡量之，而附加價值 = 營業收入 - 耗用原材、物、燃料 - 生產用電力費用。

(2) K_{1i} ：截至 84 年底自動化軟體生產設備總值。

(3) K_{2i} ：截至 84 年底非自動化軟體生產設備總值。

(4) K_{3i} ：截至 84 年底全部固定資產 - $K_{1i} - K_{2i}$ 。

(5) L_i ：84 年底員工人數。

(6) R_i ：R&D 資本。在開發中國家 R&D 資本除包括 R&D 資本支出外，亦包括國內外購買的技術額。然而 R&D 資本一般考慮其遞延性及其累積性 (Katrak (1989) 及 Raut (1985))。因此我們將 R&D 資本定義為：

$$R_i = \sum_{t=0}^3 u^t RDEXP_{it-t}$$

其中 $RDEXP_{it}$ 代表第 t 期的 R&D 支出， u 代表 rate of obsolete，一般文獻以 15% 衡量，且是幾何遞減。Griliches (1978) 曾利用不同的 u 值，結果發現實證結果對 u 的選擇並不敏感，因此目前大部份在此方面的實證研究均採此比率，我們亦以 $u = 15\%$ 利用 4 年 (遞延 3 年) 的 R&D 支出及國外技術購買額，躉售物價指數調整為 85 年的價格水準去計算 R&D 資本。

(7) 外在產業的 R&D 資本代表 R&D 資本的外溢效果，則以下列公式衡量：

$$\sum_{t=0}^3 u^t \sum_{i=1}^{N_j} RDEXP_{it-t}$$

其中 N_j 代表產業的廠商家數，而產業是以二位數字產業分類。同樣地，加總 $RDEXP_{it}$ 時亦是經過躉售物價指數平減。

五、實證研究結果與分析

為了比較自動化資本與 R&D 資本的生產彈性，進行實證研究時，我們將四年 (81~84 年) 均未有 R&D 支出的廠商剔除，因此共得製造業 1349 家廠商，該 1349 家廠商我們的實證結果為：

截距	$\ln K_1$	$\ln K_2$	$\ln K_3$	$\ln L$	\dots	\bar{R}^2	F
I	4.8421	0.1346	0.1054	0.0350	0.8080	0.0387	0.8176 1209.0

	(46.03)	(10.24)	(8.35)	(9.00)	(32.97)	(5.54)			
II	4.4922	0.1373	0.1067	0.0355	0.8038	0.0363	0.0224	0.8178	1009.6
	(19.90)	(10.38)	(8.45)	(9.12)	(32.67)	(5.09)	(1.75)		

由上述結果可知自動化設備的生產彈性為 0.1373，相較非自動化設備 0.1067，及其他固定資產設備 (0.0355) 均較高。此外，由上表亦可知 R&D 資本的生產彈性為 0.0363，R&D 的外溢效果為 0.0121。總運用資產的生產彈性合計為 0.2795，勞動的生產彈性為 0.8757，與 Griliches 1984 年研究美國製造業的結果相比較，美國的資本的生產彈性、勞動的生產彈性均較小，但在 R&D 資本與其外溢效果方面則大很多 (分別為 0.11~0.16 及 0.39~0.50) 若與 Hall & Mairesse 研究法國製造業生產函數，其資本的生產彈性為 0.18~0.19 間，而 R&D 資本彈性為 0.17~0.25 間，亦與台灣的資本彈性與 R&D 資本彈性有相當的不同。由我們的實證結果可知，台灣的 R&D 資本生產彈性不大。

為了比較不同產業與不同種類自動化設備的生產彈性，我們分別估計了一些重要產業的生產函數，由於各產業內廠商接受 R&D 的外溢效果是相同，因此，在比較各產業時，將代表 R&D 外溢效果的產業 R&D 資本去掉。表 6 為全體產業以及一些重要產業的生產函數的實證結果。表 6 中的前五列迴歸模型中各變數的平均數可看出大部份產業的自動化設備均較非自動化的生產設備為多，僅非金屬礦物製品業、運輸工具業的自動化設備較少。就自動化資本的生產彈性而言，由表 6 可發現以金屬基本工業最高，達 0.2889，這是因金屬基本工業的設備主要是自動化設備與其他固定資產，另外，機械設備業、塑膠製品業的自動化資本生產彈性約達 0.18，可能是因其產品標準化，適合自動化大量生產，或屬勞力不易進行等。此外，我們亦由表 6 可知製造業的總生產彈性大於 1，是

屬規模報酬遞增 (但就個別產業而言，食品業、紙漿業、電力及電子業、運輸工具業屬規模報酬遞增)，其他產業則為固定規模報酬不變。由於自動化設備主要分為 5 種：一般自動化機器設備、CAD/CAM、NC/CNC、工業機器人、FMC/FMS 等，大部份廠商均先採用一般自動化機器設備，再採用較高級的自動化設備，因此我們分析了使用自動化設備種類的生產彈性，表 7 中的第二欄 '一種自動化設備' 是指廠商有一般自動化設備，接著的二、三、四種自動化設備則是指廠商具有其他 CAD/CAM、NC/CNC、工業機器人、FMC/FMS 等一種、二種、三種的自動化設備， a_1 及 a_2 則代表至少擁有一般自動化設備與 CAD/CAM， a_1 、 a_2 及 a_3 則代表至少有一般自動化設備 CAD/CAM 與 NC/CNC 三種自動化設備。

觀察表 7 可知擁有二種自動化設備的自動化設備生產彈性最大，達 0.1935，三種自動化設備，或至少有 a_1 、 a_2 二種自動化設備的生產彈性則略小，約為 0.18，四種或至少有 a_1 、 a_2 、 a_3 三種的生產彈性則約為 0.15，雖然如此，自動化設備愈多種的其勞動的生產彈性愈大，如二種自動化設備時為 0.7215，而三種為 0.7543，至少二種為 0.7489，四種為 0.9692，至少三種為 0.8760，且自動化設備愈多的廠商其總生產彈性愈大，如四種自動化設備的總生產彈性為 1.2250。

六、結論

本文利用 84 年製造業自動化廠商的資料去分析自動化設備的生產彈性，並比較自動化設備、非自動化生產設備、其他固定資產設備、R&D 資本的生產彈性是否有所不同，同時我們分析不同產業與不同自

動化設備的生產彈性的異同，我們發現：

~ 就全體製造業而言，自動化生產設備的生產彈性為 0.1373，均較非自動化生產設備（0.1067）、其他固定生產設備（0.0355）以及 R&D 資本（0.0363）R&D 外溢的生產彈性（0.0224）為大，可見得廠商採取自動化生產，相對其他資本而言，較能提高生產力，因此目前採用自動化設施，將是廠商提高生產力、競爭力的一個有效的方法。

™ 單一採用自動化設備的廠商，其自動化生產彈性為 0.12，相較於採用二種、三種或四種自動化設備的生產彈性為小。採用二種自動化設備時，生產彈性最大（為 0.1935），然而採用二種以上自動化設備時，生產彈性卻下降。因此自動化設備的採用在促進生產力時，有其限制性。然而採用多種自動化設備的廠商，具有顯著的規模報酬遞增的現象，此結果顯示自動化設備具有規模經濟利益，且亦有助於提高勞動的生產彈性。

⊆ 若以每直接員工的自動化設備來衡量自動化的深度，結果發現化學材料業的自動化深度最高，約為 7000 千元，其次為金屬製品業（2818 千元），及非金屬礦物製品業（2316.4 千元），這些自動化密度較高的產業，其生產彈性分別為 0.2681、0.2889 以及 0.1545，相對其他產業的生產彈性均較高，顯示自動化深度愈大，其生產力愈大。

⊃ 實證結果亦指出食品業、紡織業、化學材料業、塑膠製品業、金屬基本工業、機械設備業、電力及電子業等產業，自動化的生產彈性均大於非自動化的生產彈性。其他固定生產設備以及 R&D 資本的生產彈性，顯示這些產業的廠商為提高生產力，進行自動化將是有效的方法。

七、參考文獻

(一)中文部分：

林英輝，「我國自動化層次、程度與產業製程關係」，國立中央大學產業經濟研究所論文，民國七十八年。

陳忠榮、龔鳴盛、及沈國基，如何促進國內自動化產業升級及發展以有效支援產業自動化之研究，民國八十三年。

鄭文農，「臺灣高層次自動化機器設備採用之探討 - 以存活時間模型分析」，國立中央大學產業經濟研究所碩士論文，民國八十四年六月。

經濟部統計處，中華民國臺灣地區第六次生產自動化調查報告，民國八十二年六月。

經濟部統計處，中華民國臺灣地區第七次製造業自動化調查報告，民國八十四年六月。

經濟部統計處，中華民國臺灣地區第八次製造業自動化調查報告，民國八十六年六月。

(二)英文部分：

Abdullah, Maison bt, 1991, Capital labor substitutability in Malaysian manufacturing, *Developing Economies of Third World*, New York: Garland Pub..

Cainarca, G.C. and Colombo, M.G. and Mariotti, S., 1989, "An Evolutionary Pattern of Innovation Diffusion: The Case of Flexible Automation", *Research Policy* 18, 59-86.

Carlsson, Bo, Erol Taymaz, and Kjell Tryggestad, 1994, "Factory Automation and Economic Performance: A Micro-to-Macro Analysis", *Economics of Technology*, O. Granstrand, 37-63.

Chorafas, Dimitris N., c1982, Office automation, the productivity challenge,

- Prentice-Hall series in data processing management, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall.
- Cuneo, Philippe and Jacques Mairesse, 1984, "Productivity and R&D at the firm level in French manufacturing", in: Z. Griliches, ed., 'R&D, patents, and productivity' (University of Chicago Press, Chicago, IL), 393-416.
- Dwivedi, Suren N., Alok K. Verma, and John E. Sneckenberger, c1991-, CAD/CAM, robotics, and factories of the future '90: 5th International Conference on CAD/CAM, Robotics, and Factories of the Future (CARS and FOF'90) proceedings, Berlin; New York: Springer-Verlag.
- Fried, Harold O., C.A. Knox Lovell, and Shelton S. Schmidt, 1993, The measurement of productive efficiency: techniques and applications, New York: Oxford University Press.
- Granstrand, Ove, ed., 1994, Economics of Technology.
- Griliches, Zvi, , 1986, "Productivity, R&D, and basic research at the firm level in the 1970s", *American Economic Review* 76, 141-154.
- Griliches, Zvi and J.A. Hausman, 1986, "Errors in variables in panel data", *Journal of Econometrics* 31, 93-118.
- Griliches, Zvi and Jacques Mairesse, 1983, "Comparing productivity growth: An exploration of French and US industrial and firm data", *European Economic Review* 21, 89-119.
- Hall, Bronwyn, H., Jacques Mairesse, 1995, "Exploring the relationship between R&D and productivity in French manufacturing firms", *Journal of Econometrics* 65, 263-293.
- Hirschhorn, Larry, Mokray, Joan, 1992, "Automation and Competency Requirement in Manufacturing: A Case Study", *Technology and The Future of Work*. Oxford, 15-45.
- Kalecki, Michal, Szworkski, Adam, "Economic Problems of Production Automation in Capitalist Countries", Collected works of Michal Kalecki, Vol. 2, Capitalism: Economic dynamics.
- Mairesse, Jacques, 1990, "Times-series and cross-sectional estimates on panel data: Why are they different and why should they be equal?", in: J. Hartog, G. Ridder, and J. Theeuwes, eds., Panel data and labor market studies (North-Holland, Amsterdam), 81-95.
- Mairesse, Jacques and Zvi Griliches, 1990, "Heterogeneity in panel data: Are there stable production functions?", in P. Champsaur et al., eds., Essays in honor of Edmund Malinvaud (MIT Press, Cambridge, MA).
- Mairesse, J. and M. Sassenou, 1991b, "R&D and productivity: A survey of econometric studies at the firm level", *Science-Technology-Industry Review* 8 (OECD, Paris), 317-348.
- Radhaeamanan, R., c1988, 'Robotics and factories of the future: proceedings of the second International Conference, San Diego, California, USA, July 28-31, 1987', Berlin; New York: Springer-Verlag.
- Raut, Lakehmi K., 1995, "R&D spillover and productivity growth: Evidence from

Indian private firms ” , *Journal of Development Economics* 48, 1-23.

Tay, Richard, Yun, Chang Zeph, 1991, “ Industrial Policy for Promoting Automation: An Econometric Analysis of Major Industries in Singapore ” , *Journal of Economic Development* 16(2), December, p25-43.

Young, Jan B., c1991, Modern inventory operations: methods for accuracy and productivity, Automation in manufacturing, New York: Van Nostrand Reinhold.

表3

產業別	廠商家數	員工人數	每人附加價值 (千元)	自動化設備密集度 (千元)	每人研發資本 (千元)	每人購買技術資本 (千元)	每人產業內研發資本 (千元)	每人固定資產 (千元)
全部產業	2362	170.31	1418.09	1382.87	43.00	2.15	159078.38	2323.99
		(329.85)	(1938.65)	(3570.86)	(410.35)	(13.49)	(417970.85)	(3303.12)
11 食品業	161	190.16	2017.29	1446.20	19.03	0	26691.85	3287.85
		(250.75)	(1729.01)	(1966.57)	(35.19)	(0)	(35099.56)	(3511.48)
12 菸草業	4	310	12248.78	2018.21	13.02	0	64.68	9753.24
		(153.69)	(3743.45)	(2133.88)	(17.90)	(0)	(36.45)	(5762.12)
13 紡織業	180	220.30	1037.19	1598.48	20.18	0.01	44415.62	2593.99
		(459.21)	(874.85)	(2656.74)	(70.29)	(0.04)	(62024.48)	(2501.68)
14 成衣及服飾品業	27	224.15	593.34	147.57	2.33	0.17	4544.62	838.33
		(247.84)	(252.75)	(179.18)	(3.99)	(0.51)	(5765.43)	(992.20)
15 皮革、毛皮及其製品業	23	214.04	1299.72	237.38	62.36	0	8463.28	1909.49
		(349.83)	(600.67)	(312.37)	(237.10)	(0)	(6081.06)	(1950.63)
16 木竹製品業	15	80.80	941.44	440.06	3.25	0	1435.58	1207.95
		(55.15)	(577.18)	(403.38)	(7.82)	(0)	(1615.29)	(1106.30)
17 家具及裝設品業	36	120.03	759.04	523.39	21.56	0	12303.36	1187.15
		(193.58)	(431.73)	(447.55)	(62.26)	(0)	(12888.78)	(994.30)
18 紙漿、紙及紙製品業	76	137.28	1299.94	1154.44	13.50	0	10832.12	2670.36
		(152.51)	(996.84)	(1342.83)	(29.87)	(0)	(13113.42)	(2459.51)
19 印刷及有關事業	43	89.12	731.81	1095.74	10.30	0.01	5230.04	1388.76
		(92.92)	(366.31)	(1207.43)	(32.72)	(0.03)	(5896.13)	(1695.45)
21 化學材料業	99	246.46	3727.07	6997.70	67.56	0	38811.58	7513.29
		(309.98)	(6035.27)	(12492.15)	(84.40)	(0)	(56531.85)	(7960.33)
22 化學製品業	116	111.72	1597.41	1054.57	78.99	0	61331.58	2155.81
		(104.14)	(1345.01)	(1360.36)	(128.49)	(0)	(134930.15)	(1929.61)
23 石油及煤製品業	8	989.88	4051.30	2570.12	200.94	0	91650.72	14048.14
		(1443.29)	(2886.52)	(3406.82)	(546.80)	(0)	(215105.95)	(12647.64)
24 橡膠製品業	44	215.16	920.89	678.10	25.16	0.84	11553.52	1461.25
		(342.24)	(676.11)	(1017.87)	(33.61)	(2.64)	(16486.32)	(1598.85)

產業別	廠商家數	員工人數	每人附加價值 (千元)	自動化設備密集度 (千元)	每人研發資本 (千元)	每人購買技術資本 (千元)	每人產業內研發資本 (千元)	每人固定資產 (千元)
25 塑膠製品業	222	108.03 (180.69)	941.62 (633.54)	780.14 (1133.37)	17.61 (47.12)	1.01 (7.55)	67630.72 (87218.73)	1573.87 (1768.23)
26 非金屬礦物製品業	125	111.34 (102.89)	1354.82 (1252.05)	2316.35 (5250.17)	12.26 (25.98)	0.17 (9.54)	25441.37 (37209.87)	2913.68 (3383.14)
27 金屬基本工業	165	24.54 (179.97)	2500.96 (2777.16)	2817.99 (4045.74)	24.54 (104.16)	0.01 (0.03)	38484.42 (41479.18)	3691.01 (4171.93)
28 金屬製品業	238	80.13 (95.82)	1033.53 (843.15)	907.45 (1321.12)	14.64 (36.16)	2.64 (16.89)	83717.99 (93082.21)	1734.53 (2127.53)
29 機械設備業	121	112.28 (157.73)	970.97 (736.29)	663.67 (784.92)	35.06 (87.25)	0.02 (0.10)	125153.35 (162461.61)	1509.16 (1908.72)
31 電力及電子業	388	276.74 (524.45)	1317.88 (1331.07)	807.92 (1639.55)	120.75 (993.30)	4.41 (19.37)	669409.16 (835992.63)	1447.71 (1704.80)
32 運輸工具業	176	189.11 (398.14)	1085.19 (861.96)	703.85 (1051.73)	35.55 (73.73)	6.21 (20.11)	152531.12 (192052.12)	1805.47 (2114.87)
33 精密器械業	33	94.27 (87.09)	687.21 (286.43)	447.00 (620.69)	29.10 (61.86)	0.19 (0.43)	40383.19 (50283.49)	1088.54 (967.73)
39 雜項工業	62	122.85 (143.08)	1043.53 (1255.60)	425.56 (436.44)	18.98 (27.68)	0.08 (0.34)	30616.39 (40953.58)	967.81 (831.02)

註：表3中每產業有二列數值，第一列為平均值，第二列為標準差。

表5

產業別	節省人力 百分比	產能增加 百分比	降低不良 率百分比	節省人力 金額 ~	產能增加 金額 TM	降低不良率 金額 _S	(~ + TM + _S)/SALE	總效益 ~ + TM + _S	總效益佔自動 化設備比率	每人效益
全部產業 (2362 家)	5.18 (21.92)	13.28 (21.80)	4.76 (10.11)	2471.82 (18715.64)	11058.88 (44810.74)	1531.22 (12013.45)	0.07 (0.85)	15061.93 (55558.14)	0.75 (7.17)	144.93 (594.73)
11 食品業 (161 家)	4.52 (7.57)	11.11 (16.96)	2.73 (6.33)	1835.89 (4715.09)	10894.44 (51299.74)	753.74 (3278.02)	0.03 (0.08)	13484.07 (53167.01)	0.47 (2.58)	101.46 (289.63)
12 菸草業 (4 家)	14.00 (6.32)	46.25 (69.69)	2.00 (0.82)	850.00 (1121.01)	8750.00 (6344.29)	3250.00 (2500.00)	0.003 (0.004)	12850.00 (8954.99)	0.06 (0.10)	57.97 (58.93)
13 紡織業 (180 家)	6.01 (13.14)	11.63 (18.19)	4.37 (7.68)	2851.03 (12234.65)	8249.01 (38600.78)	1087.67 (4224.03)	0.04 (0.14)	12187.72 (46998.25)	0.17 (0.57)	96.36 (339.44)
14 成衣及服飾品業 (27 家)	1.81 (4.31)	9.74 (15.48)	2.37 (6.42)	832.96 (2104.97)	2449.81 (6549.32)	321.48 (862.93)	0.04 (0.12)	3604.26 (7139.70)	0.40 (0.68)	48.52 (136.67)
15 皮革、毛皮及其製品業 (23 家)	12.91 (30.68)	7.74 (12.77)	2.35 (4.68)	1976.96 (3630.54)	7358.57 (16548.78)	984.78 (4166.41)	0.02 (0.06)	10320.30 (19325.93)	0.37 (0.72)	71.80 (144.79)
16 木竹製品業 (15 家)	5.13 (7.93)	8.67 (16.84)	2.53 (7.72)	366.67 (797.91)	1953.33 (6232.73)	183.33 (644.11)	0.02 (0.07)	2503.33 (7612.03)	0.10 (0.23)	41.36 (122.97)
17 家具及裝設品業 (36 家)	3.61 (7.32)	18.22 (50.35)	6.83 (16.60)	1131.83 (2418.76)	5401.56 (13861.49)	615.42 (1866.46)	0.03 (0.06)	7148.81 (17523.56)	0.26 (0.44)	61.64 (108.28)
18 紙漿、紙及紙製品業 (76 家)	3.84 (5.53)	12.63 (19.52)	3.29 (7.76)	5470.29 (34727.70)	9126.13 (36657.73)	384.51 (985.28)	0.03 (0.11)	14980.93 (69990.62)	0.57 (2.59)	130.54 (581.99)
19 印刷及有關事業 (43 家)	3.93 (6.88)	17.91 (22.03)	4.07 (7.80)	1113.09 (2499.44)	4964.47 (11205.71)	1103.60 (3068.56)	0.13 (0.53)	7181.16 (14533.26)	0.44 (1.48)	163.04 (652.85)
21 化學材料業 (99 家)	3.10 (6.98)	8.92 (17.04)	2.50 (5.55)	1530.03 (4479.31)	8775.66 (28993.51)	884.70 (3226.29)	0.03 (0.15)	11190.38 (30207.50)	0.20 (0.75)	107.56 (436.63)
22 化學製品業 (116 家)	2.91 (4.34)	15.73 (22.02)	4.69 (9.80)	1207.24 (2426.62)	16992.96 (57355.66)	1664.50 (6672.89)	0.06 (0.16)	19864.70 (60962.09)	0.43 (0.93)	244.15 (776.70)
23 石油及煤製品業 (8 家)	0.88 (2.47)	3.13 (7.04)	1.38 (3.50)	555.00 (1569.78)	250.00 (707.11)	75.00 (175.25)	0.001 (0.002)	880.00 (2293.67)	0.006 (0.02)	2.77 (5.29)
24 橡膠製品業	4.59	13.34	5.73	1403.91	5449.68	691.73	0.04	7545.32	1.85	54.66

產業別	節省人力 百分比	產能增加 百分比	降低不良 率百分比	節省人力 金額 \sim	產能增加 金額 $^{\text{TM}}$	降低不良率 金額 $\text{\textcircled{S}}$	($\sim +^{\text{TM}} + \text{\textcircled{S}}$)/SALE	總效益 $\sim +^{\text{TM}} + \text{\textcircled{S}}$	總效益佔自動 化設備比率	每人效益
(44 家)	(7.67)	(21.29)	(14.36)	(3756.17)	(18942.51)	(2560.02)	(0.08)	(24902.40)	(11.44)	(108.62)
25 塑膠製品業	3.83	10.41	4.38	1184.44	6318.63	1056.97	0.22	8560.04	0.45	136.66
(222 家)	(8.06)	(16.27)	(10.83)	(4125.59)	(28723.68)	(5015.60)	(2.69)	(34312.07)	(1.99)	(680.88)
26 非金屬礦物製品業	4.32	14.27	4.74	4302.13	11369.59	2296.19	0.07	17967.91	0.56	216.54
(125 家)	(8.02)	(22.66)	(7.93)	(32236.74)	(29836.86)	(6944.45)	(0.17)	(47489.78)	(2.21)	(692.62)
27 金屬基本工業	5.12	15.16	6.14	3971.20	22896.12	3468.36	0.04	30335.68	0.41	338.53
(165 家)	(9.62)	(21.29)	(13.00)	(14661.07)	(74445.13)	(14495.13)	(0.09)	(86177.95)	(1.19)	(1306.69)
28 金屬製品業	3.43	13.66	6.15	1748.72	5174.86	953.44	0.08	7877.02	1.43	142.60
(238 家)	(5.80)	(18.40)	(12.87)	(11355.14)	(16485.78)	(6748.63)	(0.34)	(23448.73)	(17.36)	(569.48)
29 機械設備業	3.44	15.64	6.91	1515.82	10254.56	911.45	0.07	12681.83	0.42	156.90
(121 家)	(8.90)	(25.79)	(14.50)	(6273.70)	(47840.54)	(3867.74)	(0.19)	(53212.09)	(1.06)	(539.83)
31 電力及電子業	9.49	15.60	4.96	4237.99	18973.35	3243.79	0.08	26455.12	1.63	152.88
(388 家)	(49.62)	(27.36)	(9.15)	(35207.85)	(64304.69)	(26224.34)	(0.31)	(85089.27)	(9.88)	(482.14)
32 運輸工具業	5.56	11.66	5.02	1823.59	9315.37	497.66	0.04	11636.62	0.66	74.16
(176 家)	(13.31)	(16.99)	(9.43)	(9113.41)	(35532.65)	(1322.50)	(0.11)	(41684.90)	(3.14)	(222.89)
33 精密器械業	3.45	12.18	6.00	961.94	3212.73	638.27	0.05	4812.94	0.84	75.85
(33 家)	(6.12)	(16.73)	(10.51)	(2087.58)	(10891.59)	(1696.45)	(0.14)	(13063.61)	(2.77)	(231.72)
39 雜項工業	4.06	12.42	3.74	615.27	3514.48	703.31	0.03	4833.06	0.32	52.00
(62 家)	(7.51)	(19.58)	(6.70)	(1284.00)	(12073.66)	(3012.58)	(0.09)	(15058.17)	(0.66)	(161.71)

表 6

變數	全體產業	11 食品業	13 紡織業	18 紙漿、紙及 紙製品業	21 化學材料業	22 化學製品業	25 塑膠製品業
附加價值 (千元)	473477	613617	485838	354039	832625	189960	188137
員工人數 L	237	223	342	206	240	113	164
自動化設備 K_1	250654	200409	406014	259922	941195	76842	104321
非自動化設備 K_2	182386	174369	437050	234929	778833	48903	73521
其他固定資產 K_3	470859	444159	506729	470413	567225	161937	145507
R&D 資本 K_4	18004	62802	11963	6983	19702	10013	4904
截距	4.8421 (46.027)	5.0433 (11.21)	5.1606 (9.44)	5.2190 (6.551)	4.5840 (6.96)	6.3486 (10.85)	5.065 (16.99)
$\ln K_1$	0.1346 (10.24)	0.0920 (1.714)	0.1268 (2.24)	-0.0533 (-0.52)	0.2689 (3.43)	0.0121 (0.2)	0.1876 (4.272)
$\ln K_2$	0.1054 (8.35)	0.0729 (1.70)	0.1237 (2.07)	-0.0588 (-0.75)	0.1293 (1.88)	0.1001 (1.78)	0.0628 (1.83)
$\ln K_3$	0.0349 (9.00)	0.0357 (2.522)	0.0244 (1.43)	0.0214 (0.74)	0.0362 (1.63)	0.0020 (0.083)	0.0278 (2.68)
$\ln L$	0.8080 (32.97)	1.0251 (10.38)	0.6734 (5.73)	1.6886 (5.97)	0.4971 (2.84)	0.7814 (6.85)	0.6919 (11.07)
$\ln K_4$	0.0387 (5.538)	0.0200 (0.751)	0.0375 (0.97)	-0.0854 (-1.65)	0.0632 (1.09)	0.0853 (2.147)	0.0527 (2.78)
\bar{R}^2	0.8178	0.8014	0.7362	0.7727	0.7046	0.6452	0.8813
d.f.	1343	107	83	25	62	90	103
$\sum_{i=1}^5 r_i$	1.1216 (7.569)	1.2455 (3.82)	0.9721 (0.116)	1.4725 (2.881)	0.9770 (0.20)	0.9928 (0.083)	0.9717 (0.74)
檢定 $\sum_{i=1}^5 r_i = 1$	Reject	Reject	Accept	Reject	Accept	Accept	Accept

表 6 (續)

變數	26 非金屬礦物 製品業	27 金屬基本工 業	28 金屬製品業	29 機械設備業	31 電力及電子 業	32 運輸工具業	33 精密器械業
附加價值 (千元)	329210	514462	149281	206990	74454	407120	62149
員工人數 L	159	197	118	173	354	264	96
自動化設備 K_1	168164	687513	81814	76449	242231	121562	20280
非自動化設備 K_2	300587	133481	54754	51197	132398	145347	17286
其他固定資產 K_3	320837	589395	165390	254046	530328	309627	39222
R&D 資本 K_4	4692	8060	3492	13038	47340	19198	3581
截距	3.9073 (6.91)	4.7867 (11.27)	5.0108 (11.24)	5.1766 (12.86)	5.0569 (24.45)	5.0732 (15.21)	5.7489 (7.18)
$\ln K_1$	0.1545 (2.54)	0.2889 (5.81)	0.1013 (1.69)	0.1876 (3.61)	0.1109 (3.82)	0.0334 (0.860)	0.0069 (0.061)
$\ln K_2$	0.2324 (4.11)	0.0589 (1.068)	0.1135 (2.70)	0.0248 (0.59)	0.0734 (3.82)	0.1130 (3.18)	0.0354 (0.485)
$\ln K_3$	0.0443 (2.73)	0.0372 (2.85)	0.0525 (3.03)	0.0205 (1.49)	0.0303 (3.67)	0.0149 (1.40)	0.0197 (0.762)
$\ln L$	0.6809 (4.86)	0.6751 (5.71)	0.7323 (7.39)	0.7913 (7.50)	0.8844 (17.29)	1.0312 (13.99)	0.9903 (8.58)
$\ln K_4$	0.0065 (0.20)	-0.0262 (-1.11)	0.0606 (2.56)	0.0467 (1.78)	0.0480 (3.15)	0.0002 (0.010)	0.0295 (0.86)
\bar{R}^2	0.8187	0.8326	0.7936	0.8580	0.8721	0.8488	0.8672
d.f.	45	78	94	60	268	104	18
$\sum_{i=1}^5 r_i$	1.1020 (1.06)	1.0464 (0.61)	1.0598 (0.90)	1.0722 (1.10)	1.1469 (5.034)	1.2054 (4.101)	1.0858 (0.85)
檢定 $\sum_{i=1}^5 r_i = 1$	Accept H_0	Accept H_0	Accept H_0	Accept H_0	Reject	Reject	Accept H_0

表 7 使用自動化設備情形

變數	一種自動化設備(480 家)	二種自動化設備(294 家)	三種自動化設備(144 家)	四種自動化設備(71 家)	有 a_1 、 a_2 (312 家)	有 a_1 、 a_2 、 a_3 (110 家)
附加價值 (千元)	336764	392386	661495	1017706	662012	803193
員工人數 L	180	216	320	485	342	446
自動化設備 K_1	182186	217514	338017	549754	323502	345455
非自動化設備 K_2	211748	119943	197687	268881	175500	218918
其他固定資產 K_3	255313	429065	511772	538037	523270	704042
R&D 資本 K_4	11675	10677	26089	69006	35736	52959
截距	48817	4.5025	5.2372	4.1425	4.7379	4.8147
	(28.78)	(18.46)	(11.59)	(9.09)	(18.76)	(12.31)
$\ln K_1$	0.1219	0.1935	0.1806	0.1542	0.1857	0.1534
	(5.78)	(6.53)	(3.08)	(2.87)	(5.89)	(3.09)
$\ln K_2$	0.1148	0.1128	0.0641	0.0675	0.0928	0.0817
	(5.65)	(3.98)	(1.18)	(1.23)	(2.90)	(1.67)
$\ln K_3$	0.0420	0.0449	0.0273	0.0289	0.0409	0.0286
	(6.87)	(4.96)	(1.95)	(1.98)	(4.92)	(2.23)
$\ln L$	0.8038	0.7215	0.7543	0.9692	0.7489	0.8760
	(20.99)	(13.71)	(6.54)	(9.50)	(13.32)	(10.26)
$\ln K_4$	0.0354	0.0261	0.0509	0.0350	0.0241	0.0069
	(3.43)	(1.67)	(1.70)	(1.025)	(1.38)	(0.26)
\bar{R}^2	0.8235	0.7970	0.7013	0.8980	0.8039	0.8576
d.f.	475	288	138	65	307	104
$\sum_{i=1}^5 r_i$	1.1180	1.0988	1.0774	1.2550	1.0923	1.1466
	(4.49)	(2.767)	(0.48)	(4.51)	(2.70)	(2.97)
檢定 $\sum_{i=1}^5 r_i = 1$	規模報酬大於 1	規模報酬大於 1	規模報酬大於 1	規模報酬大於 1	規模報酬大於 1	規模報酬大於 1