

工廠自動化與經濟效益關係之研究—臺灣製造業之 實證研究

林惠玲 陳正倉

國立臺灣大學經濟學系

(收稿日期：2000年2月18日；接受刊登日期：2000年10月11日)

摘要

本文利用民國84年製造業自動化廠商的資料去分析廠商自動化設備採用的原因與效益，以及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、研究發展(R&D)資本的生產彈性是否不同。此外，我們同時分析不同產業與不同自動化設備的生產彈性的異同。

關鍵詞彙：自動化技術，生產力，經濟效益，生產函數

一、前言

歐美先進國家生產自動化技術的發展與使用由來已久。民國80年代以前臺灣地區因為勞動力豐富，工資相對低廉，且產業大都屬勞動力密集產業，因而，廠商對生產自動化技術的輸入與採用並不普遍。但是自民國80年代以後，由於國際及國內經濟情況及環境的急劇變化如新臺幣升值，勞力不足工資上漲，產業結構改變，環保意識提升，及中國大陸及東南亞後進國家的經濟發展，致使臺灣許多產業及產品在國際市場上逐漸喪失原有的競爭優勢，尤其是勞動力密集產業所受衝擊最大。這些勞動力密集產業的廠商為因應此種改變於是乃紛紛尋找解決之道。其中有些廠商將工廠遷移至東南亞國家或中國大陸，以降低工資，形成產業外移。有些廠商則致力於生產技術的提升，或多角化發展新的高附加價值的產品，形成產業結構的改變。有些廠商則採用自動化技術，提高生產效率及降低成本，形成資本密集及技術密集。

根據經濟部問卷的定義，所謂自動化的涵意有兩個：一個是「自動化生產設備」，另一個是「自動化生產技術」。前者是指廠商在生產產品或提供勞務過程中所需之生產設備，具下列功能之一者：(1)自動進料、卸料功能；(2)自動監測、檢校功能；(3)自動處理資料及運算功能；(4)自動裝配、加工或控制生產條件功能。後者是指(1)配合自動化生產設備所需之專利權或專用技術；(2)電腦輔助製造、設計或管理所需之專用技術或套裝軟體。因此本文所謂的自動化是指廠商是否採用自動化生產設備(硬體)或使用自動化生產技術(軟體)而言。

廠商採用自動化技術為因應臺灣經濟環境變化的方法之一。到底採用自動化技術的經濟效益(生產力)為何？若能

了解各種自動化技術的經濟效益，必有助於了解臺灣產業的技術升級，競爭力提高的程度，從而提出適切的輔導與鼓勵廠商加速採用自動化之方案，避免產業外移，增進就業及國民所得。因此，對臺灣製造業廠商生產自動化技術的採用是一個值得研究與重視的問題。

國內外研究探討自動化技術的採用或擴散的文獻相當多(請參考林惠玲(2000))，但研究自動化與經濟效益的文獻尚不多。國外方面如 Carlsson *et al.* (1994)曾指出瑞典為全世界彈性製造系統(FMS)自動化密度最高的國家，其他自動化技術如工業機器人(industrial robot)，電腦數值控制(CNC)僅次於日本，電腦輔助設計(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 模型，利用因素分析法去探討自動化在降低成本、增加產量、增加投資報酬、技術進步、品質提升等方面的影響，結果發現自動化技術在國民生產毛額(GNP)、投資報酬率的貢獻程度相當大。此外尚有 Wong (1997)曾利用新加坡52家電子廠商探討生產自動化對操作效能、勞工管理效能、工人福利與工人的薪資四種組織績效(organizational performance)的影響，結果發現：生產自動化對操作效能及勞工福利的影響較大，且四種績效有顯著的正關係，此外影響四種績效的自動化設備亦不同。國內方面由於蒐集資料不易，因此學者在自動化技術與經濟效益方面的探討尚不多。藍科正與蔡宏正(1992)曾探討電子組件業廠商自動化對生產績效的影響。他們自行抽樣調查得民國80年有效廠商124家，並選取績效指標：產量增加，直接人工減少數，不良率下降，單位製造成本下降；進行計量分析，結果發現對產量增加的影響最大。本文除利用經濟部自動化調查資料分析自動化廠商的

效益外，將仿照探討研究發展（R&D）生產力的方式去估計自動化資本的生產力，並比較自動化資本與研發資本生產力的差異。

政府在推動生產自動化方面，自動化調查最早開始於民國 71 年。政府為了改善勞力密集的產業結構，加強產品競爭力，促進產業升級，乃於民國 71 至 79 年推動第一階段為期 8 年的「中華民國生產自動化計畫」，由工業局自動化小組進行 1 至 5 次自動化調查。其後自民國 80 年又推動 10 年的「中華民國產業自動化計畫」，每兩年由經濟部統計處進行自動化調查，截至 84 年。共進行三次調查（80 年第六次、82 年第七次、84 年第八次）。雖然自動化調查已有 8 次，但調查資料多無連續性，且調查內容在進行實證研究時仍有所不足，因此本研究的資料來源除包括：(1)經濟部第六次至第八次自動化調查報告，(2)經濟部第八次自動化調查原始資料外，尚包括(3)經濟部 84 年工廠校正及營運資料及(4)經濟部 81 至 84 年研究發展資料。

本文利用前述經濟部調查的製造業自動化調查資料，並參考研發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。本研究的目的為：

- (1)分析 80 至 84 年間的自動化設備的使用率與深度及其效益。
- (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有不同。
- (4)實證研究不同種類自動化技術（如一般自動化機器、或電腦輔助設計 / 製造(CAD/CAM)或彈性製造單元 / 系統 (FMC/FMS) 等)對生產力(經濟效益)的影響程度。
- (5)比較研究發展資本，自動化資本，非自動化資本對生產力的影響是否有差異。

本文共分為五部分，除前言外，包括廠商自動化採用與效益分析、模型設定、利用 Cobb-Douglas 生產函數來分析自動化資本對生產力的影響、實證結果與分析，最後為結論與建議。

二、廠商自動化技術的採用與其效益分析

自動化技術不僅在不同產業，不同廠商所占的重要性不同，而且其所發揮的效益也不同。理論上而言，自動化技術主要的效益為提高生產力，降低單位成本，改善品質，提供新的技術，降低勞動投入，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。這些效益可解決勞力短缺、薪資上漲、環境污染等生產成本提高的問題，並可提高產品品質，提升國際競爭力。因此自動化的採用成為臺灣改善勞力密集產業結構，提高產業競爭力與促進產業升級的重要發展策略。

首先我們分析經濟部自動化調查資料，得出民國 80 至 84 年廠商採用自動化設備與技術的比率（採用自動化技術廠商數除以有效樣本廠商數）、自動化設備值比率（自動化軟體生產設備總值占全部軟體生產設備總值的比率）、自

表一 自動化之比率與自動化密集度

年	使用自動化比率(%)	自動化設備數值比(%)	自動化軟硬體設備占營業收入比率(%)	自動化設備密集度(萬元)
80	34.57	56.07	22.98	121.81
82	56.01	58.30	22.45	131.92
84	64.78	61.24	25.30	162.41

資料來源：經濟部統計處民國 82、84、86 年第六次至第八次自動化調查報告。

註：80 年廠商的有效家數有 1259 家，82 年為 7001 家，84 年為 4344 家。

表二 自動化之效益

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

資料來源：經濟部統計處民國 82、84、86 年第六次至第八次自動化調查報告。

註：該表是根據有節省人力，有產能增加，有降低不良率的廠商所填答的百分比計算其平均數，不包括未填答及未有各項效益的廠商。單位：%。

動化軟硬體生產設備總值占營業收入的比率，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），結果如表一所示。

由表一可知，整體而言，80 至 84 年間臺灣地區廠商採用自動化的比率呈現增加的趨勢。而自動化設備值比率，自動化軟體設備占營業收入比率與自動化設備密集度都呈現上升的趨勢，此一結果顯示臺灣廠商對前述國內外經濟環境變動所作的快速反應。

表二則是 80 至 84 年間自動化設備的經濟效益，該表係摘自 80 至 84 年的自動化調查報告。由該表可知，自動化的經濟效益主要為產能增加，而 80 及 82 年因自動化的採用，產能增加更高達 40% 以上，表示自動化的採用確能提高產能。但該表的百分比可能有高估的情形，這是因為該表是根據有節省人力，有產能增加，有降低不良率的廠商所填答的百分比計算其平均數而得，不包括未填答及未有各項效益的廠商。以 84 年為例，有產能增加的廠商有 1081 家，該年產能增加 33,807 百萬元，平均增加率為 27.33%；有節省人力效益的廠商有 1186 家，共節省 7942 百萬元，平均節省人力 10.99%；有降低不良率效益的廠商有 849 家，共提高品質 4557 百萬元，平均降低不良率 12.30%。由表二雖可知採用自動化確能提高產能，改善品質與解決部分勞動短缺的問題。然而由於缺乏自動化投資金額以及其收益之金額，我們不易直接比較自動化設備的投資報酬率的情形和變化。

接著我們將 84 年自動化調查資料與工廠校正資料串聯，以獲取較完整的廠商營運資料。我們得到的樣本共有 2732 家，其中採用自動化的廠商為 2520 家，剔除有問題的廠商⁽¹⁾後共計 2362 家，該樣本廠商資料的初步統計分析結果如表三及表四。

表三 84年自動化投入分析表

產業別	自動化採用率	自動化設備數值比 (%)	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/人)
全部製造業	64.78	61.24	25.30	162.41
11 食品業	68.36	52.35	15.79	116.21
12 菸草業	62.50	56.97	11.34	207.25
13 紡織業	60.34	54.19	36.39	152.99
14 成衣及服飾品業	24.35	46.37	5.41	8.81
15 皮革、毛皮及其製品業	51.06	27.05	3.75	12.88
16 木竹製品業	40.00	45.84	14.80	39.49
17 家具及裝設品業	48.31	54.01	15.21	40.75
18 紙漿、紙及紙製品業	65.15	58.29	31.61	213.98
19 印刷及有關事業	62.50	59.39	32.49	88.95
21 化學材料業	67.74	65.73	53.31	664.78
22 化學製品業	75.57	59.16	15.30	102.29
23 石油及煤製品業	47.37	50.36	15.24	319.83
24 橡膠製品業	62.96	59.47	24.41	79.88
25 塑膠製品業	69.13	58.38	21.30	89.72
26 非金屬礦物製品業	69.70	36.76	27.42	158.94
27 金屬基本工業	63.32	70.99	39.57	411.11
28 金屬製品業	70.28	65.36	26.09	110.05
29 機械設備業	65.35	57.47	17.59	72.36
31 電力及電子業	70.86	67.55	15.27	92.92
32 運輸工具業	58.93	54.63	14.34	82.20
33 精密器械業	65.15	52.88	11.54	37.12
39 雜項工業	62.28	48.12	12.73	44.55

資料來源：經濟部統計處，民國86年第八次製造業自動化調查原始資料。

表四 相關係數表

	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

由表三可知，整個製造業的自動化採用率為64.78%。大部分產業的採用率在60%至70%之間。採用率較高的產業為化學製品業(75.57%)、金屬製品業(70.28%)、非金屬礦物製品業(69.70%)及食品業務(68.36%)。這些產業採用率較高的理由可能是減少工作危險性，克服人力上的限制如替代笨重、單調的工作。採用率較低的產業為成衣及服飾品業(24.34%)、皮革、毛皮及其製品製造業(51.06%)，木竹製品業(40%)、家具及裝飾品業(48.31%)。這些產業採用率較低的理由，可能是因這些產業都屬勞力密集產業，且因產業特性(如手工)的關係而比較不能進行自動化。在臺灣工資上漲的情況下，很多廠商已外移至中國大陸或東南亞生產，部分廠商則停止生產，近些年來這些產業的產值與出口值已呈現明顯的下降。

以自動化設備數值比而言，全部產業自動化設備值比率為61.24%。比率最高的產業為金屬基本工業(70.99%)，其次為化學材料業，最低的產業為皮革、毛皮及其製品業(27.05%)。

自動化深度較高的產業為化學材料業，其自動化設備密集度每人達664.7萬元，而其設備值占銷售額達53.31%。其次為金屬基本工業，其自動化設備密集度每人達411.11萬元，而其設備值占銷售額為39.57%。自動化設備使用的深度最低的為成衣服飾業，每人自動化密集度約8.8萬元，其設備占營業收入約5.4%，占全部資產設備為46.37%。由此可知產業特性不同，採用自動化設備差異非常大，因此在分析自動化設備的生產力時，應就不同的產業分析其生產力。

接著我們按產業別來分析樣本廠商的每人生產力(以附

加價值表示)、自動化設備、研發資本、外溢研發資本、及固定資產的密度(請參見附錄一)。其中研發資本、購買技術資本均是利用 81 至 84 年的經費支出資料經過折舊調整而加總的「資本」(請參見下節一變數的衡量)。表中均以千元為單位,並以民國 85 年為基期平減而得。觀察該表可知每人附加價值最高的產業為菸草業(1,225 萬元),其次為石油及煤製品業(405 萬元)、化學材料業(372 萬元)、金屬基本工業(250 萬元)。這些產業的特色是每人固定資產高,自動化的資本設備亦高,如化學材料業的每人自動化密集度約為 700 萬元,金屬基本工業 282 萬元,石油及煤製品業 257 萬元,均較其他產業為高,因此可知自動化密集度愈高,每人生產力可能亦愈高。電力及電子業的每人生產力在 84 年並未特別高,但從該表可看出其每人研發資本、購買技術資本、產業的研發資本均最高,顯示電子產業的研發投入深度均較其他產業深。另外,附加價值較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。這些產業多屬勞力密集,每人固定資產設備、自動化設備密度均相對較小。我們計算了附錄一中(除廠商家數與員工人數外)各變數的相關係數,結果如表四。

由該表可知,每人附加價值與自動化設備密集度或每人固定資產額及利潤率有較高的相關。但自動化設備密集度與利潤率相關不高,這是因為廠商生產的增加或成本的降低,不一定代表該廠商利潤提高,因為影響利潤的因素除了供給面的因素外,還有需求面以及整個市場供需的因素。

自動化設備的經濟效益為本文最關心的問題。因此我們計算了樣本廠商採用自動化後,在節省人力、產能增加、降低不良率三方面的經濟效益,結果如附錄二所示。附錄二的計算方式是根據本文整理的有採用自動化廠商(2362 家)來計算其平均效益,因此自動化的廠商若沒有節省人力或增加產能或降低不良率的效益則以「零」計算。因此平均的節省人力百分比,產能增加百分比,降低不良率百分比均較自動化調查報告(表二)為低。我們認為自動化調查報告僅計算有效益的廠商,將會高估自動化效益。由該附表二可知,全部製造業平均節省的人力金額占自動化投資金額的比率為 5.18%,其中菸草業(14%)、皮革業(12.91%)、電子業(9.49%)節省人力較多。在產能提高方面全部製造業平均為 13.28%,而以菸草業(46.25%)、家具業(18.22%)產能的提高較多。在降低不良率方面,全部製造業平均約為 4.76%,而以機械設備業(6.91%)、金屬製品業(6.15%)、金屬基本工業(6.14%)不良率降低較多。就自動化總效益而言,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的平均比率達 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,自動化的總效益以塑膠製品業(0.22 元)、印刷業(0.13 元)最高。若就每元自動化生產設備所產生的效益,全部製造業平均高達 0.75 元,亦即投資一元的自動化設備,可獲利 0.75 元。其中以橡膠製品業、金屬製品業以及電力及電子業最高,均超過 1。換言之,廠商採用自動化後,1.33 年即可回收所投資的金額,顯示自動化設備發揮的經濟效益相當快速。

三、自動化資本生產力的模型設定

由上面的分析可知,自動化設備的經濟效益主要在於提高產能,節省人力,降低不良率等方面。這些都是影響廠商生產力的因素。為了解自動化對生產力的影響效果,以及比較自動化設備與研究發展資本的生產力,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。⁽²⁾我們所設定的 Cobb-Douglas 生產函數如下:

$$Y_i = A_i K_{1i}^{\alpha_1} K_{2i}^{\alpha_2} K_{3i}^{\alpha_3} L_i^{\alpha_4} R_i^{\alpha_5} S_i^{\alpha_6} \epsilon_i \quad (1)$$

式(1)考慮了五個生產因素:(1)自動化軟體生產設備(K_1);(2)非自動化軟體生產設備(K_2);(3)其他固定資產設備(K_3);(4)員工人數(L);(5)研究發展資本(R_i);(6)外在產業的研究發展資本(S)。式(1)取對數可得:

$$y_i = a + \alpha_1 k_{1i} + \alpha_2 k_{2i} + \alpha_3 k_{3i} + \alpha_4 l_i + \alpha_5 r_i + \alpha_6 s_i + e_i \quad (2)$$

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

$$\mu = \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \alpha_4 + \alpha_5 + \alpha_6$$

則式(2)可寫為:

$$y_i - l_i = a + \alpha_1(k_{1i} - l_i) + \alpha_2(k_{2i} - l_i) + \alpha_3(k_{3i} - l_i) + (\mu - 1)l_i + \alpha_5(r_i - l_i) + \alpha_6(s_i - l_i) + e_i \quad (3)$$

其中

$$y_i - l_i = \ln \frac{Y_i}{L_i}, k_{1i} - l_i = \ln \frac{K_{1i}}{L_i}, k_{2i} - l_i = \ln \frac{K_{2i}}{L_i},$$

$$k_{3i} - l_i = \ln \frac{K_{3i}}{L_i}, l_i = \ln L_i, r_i - l_i = \ln \frac{R_i}{L_i},$$

$$s_i - l_i = \ln \frac{S_i}{L_i}。$$

式(3)中 l_i 的係數可用來檢視是否為固定規模報酬,若 l_i 的係數為正且顯著,則為規模報酬遞增, α_1 、 α_2 、 α_3 、 α_4 、 α_5 、 α_6 代表自動化資本、非自動化資本、其他固定資本、勞動、研究發展資本及外溢研究發展資本的生產彈性。

有關各變數衡量方法說明如下:

- (1) Y_i 代表廠商的產出。我們以附加價值衡量之(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} 表截至 84 年底自動化軟體生產設備總值。
- (3) K_{2i} 表截至 84 年底非自動化軟體生產設備總值。
- (4) K_{3i} 表截至 84 年底全部固定資產 - K_{1i} - K_{2i}
- (5) L_i 表 84 年底員工人數。

(6) R_i 表研究發展資本。研究發展資本除包括研究發展資本支出外，亦包括國內外購買的技術額。此外，我們利用 perpetual inventory method 去衡量研究發展資本 (Griliches, 1979, 1990; Hall and Mairesse, 1995; Raut, 1995)。(3) 考慮當期與落後期的研發支出及國內外購買的技術額，我們將研究發展資本定義為：

$$R_i = \sum_{\tau=0}^T (1-\delta)^\tau RDEXP_{i\tau} \quad (4)$$

其中 $RDEXP_{i\tau}$ 代表第 τ 期的研究發展及國內外購買的技術金額， δ 代表折舊率，一般以 15% 衡量，且呈幾何遞減。Griliches (1978) 曾利用不同的 δ 值，實證結果發現對 δ 的選擇並不敏感，因此目前此方面的實證研究大部分均採此比率，我們亦設定 $\delta = 15\%$ 來估計研究發展資本。由於我們的研究發展資料僅有 4 年 (即遞延 3 年)，因此以 $T = 3$ 計算研究發展資本。

(7) S_i ：外在產業的研究發展資本，代表外溢的研究發展資本，可以下式衡量：

$$S_i = \sum_{\tau=0}^3 (1-\delta)^\tau \sum_{i=1}^{N_i} RDEXP_{i\tau}$$

其中 N_i 代表二位數字產業的廠商家數。

以上各變數均以 85 年物價指數平減為實質數值，以避免不同年研究發展支出或資本支出或附加價值受物價的影響。

四、實證研究結果與分析

為了比較自動化資本與研究發展資本的生產彈性，在進

表五 1349 家廠商樣本的統計值表

變數	平均數	標準差	最小值	最大值
附加價值 (Y)	474	140	0.927	23136
自動化資本 (K_1)	251	881	0.91	1465
非自動化資本 (K_2)	182	878	0.2	21393
其他固定資本 (K_3)	471	3314	0.01	103457
員工數 (人) (L)	237	413	2	4744
研究發展資本 (R)	42	167	0.02	3317
外溢研究發展資本 (S)	23758	33343	38	89144

行實證研究時，我們以上述的 2,362 家廠商為基礎，剔除 81 至 84 年間均未有研究發展支出的廠商，共可得製造業 1,349 家廠商，該 1,349 家廠商的附加價值 (生產值) 及其各項資本的統計分析如表五。

由表五可知，1,349 家廠商其 84 年的實質附加價值平均數為 474 百萬元，截至 84 年止投入自動化設備平均值為 251 百萬元，非自動化設備為 182 百萬元，其他固定資本為 471 百萬元，平均員工人數為 237 人，研究發展資本為 42 百萬元，外溢研究發展資本為 23758 百萬元。

表六為以附加價值為依變數的實證結果，(4) 各係數代表各生產投入的彈性。該表中的模型 I 未考慮研究發展資本的外溢性，而模型 II 則是考慮研究發展資本的外溢性 (即變數 $\ln S$)。觀察該表可知，研究發展的外溢效果雖然為正，但不具統計顯著，其彈性亦不大，僅為 0.015，相對於利用產業資料的估計結果 (蔡光第與楊浩彥，1996) 為低。這可能是因外溢資本的衡量僅考慮產業內的研究發展資本而並未考慮產業外的研究發展資本所致。其他各變數的係數，二個模型的實證結果相當一致。以模型 II 來看，自動化設備的生產彈性為 0.1356，相較非自動化設備 0.1062 及其他固定資產設備 0.0352 均較高，顯示自動化設備的生產力較高 (總運用資產的生產彈性合計為 0.2770)。研究發展資本的生產彈性為 0.0785，勞動的生產彈性為 0.7776。上述實證結果與 Griliches 研究美國製造業的結果 (Griliches, 1986) 相比較，美國的資本的生產彈性、勞動的生產彈性均較臺灣小，但在研究發展資本與其外溢效果方面則較臺灣大很多 (分別為 0.11 - 0.16 及 0.39 - 0.50)。Hall and Mairesse (1995) 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，研究發展資本彈性為 0.17 - 0.25 間，此亦與臺灣的資本彈性與研究發展資本彈性有相當的差異。由我們的實證結果可知，臺灣的自動化資本的生產彈性相當大，但研究發展資本生產彈性不大，外溢的研究發展資本的生產彈性亦相對的小。

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。由於各產業廠商接受研究發展的外溢效果相同，因此，在比較各產業時，將代表研究發展外溢效果的產業研究發展資本去掉。表七為全體製造業以及一些重要產業的生產函數的實證結果。該表中前五列為迴歸模型中各投入與產出變數的平均數以及每人投入與產出的平均數。由此可看出大部分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。此外，由表七亦可知平均每人附加價值最高的產業為化學材料業 (319.7 萬元) 以及金屬基本

表六 自動化資本、非自動化資本、研究發展資本的生產彈性

模型	截距	$\ln K_1$	$\ln K_2$	$\ln K_3$	$\ln L$	$\ln R$	$\ln S$	\bar{R}^2	F
I	4.5349 (40.12)	0.1338 (10.24)	0.1054 (8.40)	0.0349 (9.02)	0.7790 (30.68)	0.0819 (6.88)		0.8197	1022.87
II	4.2972 (17.89)	0.1356 (10.31)	0.1062 (8.45)	0.0352 (9.09)	0.7776 (30.59)	0.0785 (6.39)	0.0152 (1.12)	0.8198	1254.87

表七 全體產業及一些重要產業的生產函數

變數	全體產業 (1349家)	11 食品業 (112家)	13 紡織業 (89家)	18 紙漿、紙及紙 製品業 (30家)	21 化學材料業 (68家)	22 化學製品業 (95家)	25 塑膠製品業 (108家)
附加價值 (千元)	473477 (1524)	613617 (2266)	485838 (1162)	354039 (1497)	832625 (3197)	189960 (1633)	188137 (1042)
自動化資本 K_1 (千元)	250654 (822)	200409 (827)	406014 (1119)	259922 (750)	941195 (2889)	76842 (573)	104321 (527)
非自動化資本 K_2 (千元)	182386 (611)	174369 (780)	437050 (797)	234929 (805)	778833 (1717)	48903 (416)	73521 (472)
其他固定資本 K_3 (千元)	470859 (1270)	444159 (1899)	506729 (1281)	470413 (1865)	567225 (2402)	161937 (1339)	145507 (947)
員工人數 L (人)	237	223	342	207	240	113	164
研究發展資本 R (千元)	41728 (164)	16144 (71)	31866 (114)	17761 (89)	53435 (225)	24902 (226)	12704 (109)
截距	4.5349 (40.12)	4.6008 (9.73)	4.9354 (8.85)	5.4971 (5.86)	3.9560 (5.42)	5.8512 (9.94)	4.5921 (13.16)
$\ln K_1$	0.1338 (10.24)	0.0921 (1.76)	0.1285 (2.28)	-0.0246 (-0.23)	0.2271 (1.73)	0.0131 (0.22)	0.1861 (4.19)
$\ln K_2$	0.1054 (8.40)	0.0727 (1.75)	0.1205 (1.99)	-0.0369 (-0.45)	0.2761 (3.59)	0.0891 (1.55)	0.0749 (2.14)
$\ln K_3$	0.0349 (9.03)	0.0366 (2.65)	0.0250 (1.46)	0.030 (1.01)	0.0324 (7.48)	-0.0057 (0.231)	0.0260 (2.48)
$\ln L$	0.7790 (30.68)	0.9451 (9.34)	0.6615 (5.50)	1.5563 (5.36)	0.3892 (2.10)	0.7979 (7.06)	0.6705 (10.23)
$\ln R$	0.0819 (6.87)	0.1012 (2.37)	0.0638 (0.95)	-0.0967 (-0.927)	0.0712 (1.93)	0.1368 (1.95)	0.0967 (2.52)
\bar{R}^2	0.8197	0.8014	0.7361	0.7556	0.7159	0.6421	0.8798
d.f.	1343	106	83	24	62	89	102
$\sum_{i=1}^5 \alpha_i$	1.1350 (8.59)	1.2589 (4.28)	0.9849 (0.22)	1.4280 (2.658)	0.9961 (0.04)	1.0313 (0.37)	1.0542 (1.34)
檢定 $\sum_{i=1}^5 \alpha_i = 1$	規模報酬大於 1	規模報酬大於 1	規模報酬為 1	規模報酬大於 1	規模報酬為 1	規模報酬為 1	規模報酬為 1

(續下頁)

表七 全體產業以及一些重要產業的生產函數 (續)

變數	26 非金屬礦物製品業 (51 家)	27 金屬基本工業 (83 家)	28 金屬製品業 (99 家)	29 機械設備業 (66 家)	31 電力及電子業 (274 家)	32 運輸工具業 (110 家)	33 精密器械業 (23 家)
附加價值 (千元)	329210 (1549)	514462 (2039)	149281 (1156)	206990 (1078)	74454 (1460)	407120 (1162)	62149 (648)
自動化資本 K_1 (千元)	168164 (975)	687513 (2074)	81814 (682)	76449 (377)	242231 (523)	121562 (486)	20280 (267)
非自動化資本 K_2 (千元)	300587 (1158)	133481 (583)	54754 (611)	51197 (261)	132398 (341)	145347 (674)	17286 (253)
其他固定資本 K_3 (千元)	320837 (1597)	589395 (1694)	165390 (1085)	254046 (1141)	530328 (819)	309627 (1065)	39222 (605)
員工人數 L (人)	159	197	118	173	354	264	96
研究發展資本 R (千元)	10508 (60)	18822 (110)	10127 (106)	30438 (178)	98792 (303)	50942 (141)	9150 (118)
截距	3.8631 (6.75)	4.7558 (10.35)	4.5742 (9.62)	5.1766 (12.86)	4.7001 (20.94)	5.0324 (14.84)	5.6335 (7.57)
$\ln K_1$	0.1555 (2.57)	0.2807 (5.61)	0.1201 (1.99)	0.1876 (3.61)	0.1121 (3.92)	0.0300 (0.77)	0.0135 (0.115)
$\ln K_2$	0.2313 (4.11)	0.0633 (1.14)	0.1180 (2.75)	0.0248 (0.59)	0.0704 (2.37)	0.1126 (3.18)	0.0398 (0.56)
$\ln K_3$	0.0444 (2.72)	0.0361 (2.74)	0.0536 (3.03)	0.0205 (1.49)	0.0308 (3.78)	0.0144 (1.35)	0.0114 (0.42)
$\ln L$	0.6831 (4.66)	0.6442 (5.41)	0.7227 (6.95)	0.7913 (7.50)	0.8411 (15.98)	1.0082 (12.52)	0.9856 (8.83)
$\ln R$	0.0089 (0.14)	0.0072 (0.170)	0.0726 (1.55)	0.0467 (1.78)	0.1013 (4.25)	0.0218 (0.583)	0.0641 (1.05)
\bar{R}^2	0.8180	0.8300	0.7847	0.8580	0.8788	0.8493	0.8699
d.f.	45	77	93	60	268	104	17
$\sum_{i=1}^5 \alpha_i$	1.1233 (1.31)	1.0314 (0.39)	1.0871 (1.27)	1.0818 (1.25)	1.1556 (5.51)	1.1871 (3.71)	1.0875 (0.82)
檢定 $\sum_{i=1}^5 \alpha_i = 1$	規模報酬為 1	規模報酬為 1	規模報酬為 1	規模報酬為 1	規模報酬大於 1	規模報酬大於 1	規模報酬為 1

註：(1) 菸草業、成衣服飾業、皮革毛皮、漆竹製品、家具裝設品、石油及煤製品、橡膠製品業，因其家數太少，且其自動化的密度均相當低，因此未進行進一步的迴歸分析。

(2) 前六列的數字代表平均數，括弧內的數字代表每人附加價值的平均數、每人自動化資本的平均數，...，以此類推。

(3) 迴歸式括弧內的數字為 t 值。

工業（203.9萬元）。而投入自動化設備最多的產業亦為此二產業，分別為每人自動化資本288.9萬元及207.4萬元。⁽⁵⁾就自動化資本的生產彈性而言，以金屬基本工業最高，達0.2807，再其次為化學材料業為0.2271，此結果顯然表示自動化資本深度愈高，生產力愈高。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，或屬勞力不易進行的生產。紡織業的自動化生產彈性為0.1285，亦指出紡織業自動化仍相當能提高其生產力。電力及電子產業的自動化的生產彈性為0.1121，相對其他產業並不高，但其研究發展生產彈性仍是所有產業最高，為0.1013。表七中各產業的生產彈性的大小與前節的分析的總效益相對自動化設備的比值，不太一致，例如金屬基本工業自動化的生產彈性很高，但總效益相對自動化設備的比率並不高；電力及電子產業自動化的生產彈性不很高，但總效益相對自動化設備的比率卻相當高。這可能是因前節所分析總效益包括節省人力的金額，增加產能金額以及降低不良率的金額，而生產彈性並未能反應節省人力或降低不良率的效益，因而有所差異，此點有待進一步深入探討。

若比較各項投入的生產彈性可知食品業、紡織業、塑膠製品業、金屬基本工業、機械設備業、電力及電子業，自動化資本的生產彈性均較非自動化資本的生產彈性高。此外，自動化資本的生產彈性亦大多較研究發展資本的生產彈性高。顯示自動化資本設備發揮相當大的生產力，並提昇廠商的競爭力。我們亦由表七可知製造業的總生產彈性大於1，是屬規模報酬遞增，顯示有自動化與研究發展投入的廠商其生產力會隨規模擴大而增加。Los and Verspagen (2000)探討高科技產業時，得到規模報酬遞增的結果，與本文的實證結果相當一致。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。

自動化設備主要分為：電腦輔助設計/製造、數值控制工作機械（NC/CNC）、工業機器人、彈性製造單元/系統及其他等6種。表八是樣本廠商採用該6種自動化設備的情形。由該表可知，約有80%的樣本廠商採用一般自動化設備。有31%的廠商採用電腦輔助設計/製造，而數值控制工作機械、工業機器人的採用比率則相對低，FMC/F則僅為1.75%。此一情況相對於歐美國家，臺灣的採用密度較低（請參閱Granstrand (1994)）。由此可知，臺灣廠商所採用的自動化設備都是比較低層次的。以採用的種類數而言，由表八

表八 自動化設備的採用—按種類分

種類	家數	百分比	種類	家數	百分比
一般自動化設備	1,002	79.71	1種	611	48.60
電腦輔助設計/製造	391	31.11	2種	341	27.10
數值控制工作機械	210	16.71	3種	156	12.40
工業機器人	74	5.88	4種	71	5.60
彈性製造單元/系統	22	1.75	5種	10	0.80
其他	414	32.94	6種	3	0.20

可知，48%的廠商採用1種自動化設備，27%的廠商採用2種自動化設備，12%的廠商採用3種設備，採用4種及4種以上設備的廠商依次遞減。由此可知，臺灣廠商所採用的自動化設備主要為1種與2種。

根據經濟部的自動化調查報告可知，一般自動化設備主要的功能為原材料處理、加工成型、包裝工程自動化、組合裝配自動化等。電腦輔助設計/製造主要的功能為電腦輔助設計/製造系統整合應用，及生產製程管理資訊系統自動化。數值控制工作機械主要的功能為電腦輔助設計/製造整合應用及組合裝配工程自動化，工業機器人為噴漆、塗膠工程自動化，及疊棧上下料與搬運。彈性製造單元/系統為倉儲物流系統自動化。

不同自動化設備其功能不同，生產力亦不同。為了分析不同自動化設備的生產彈性，以及不同種類數的自動化設備的生產力，以下我們區分只採用一般自動化設備（簡稱為GA，共480家廠商），只採用電腦輔助設計/製造（30家），只採用數值控制工作機械（11家）；與採用GA及電腦輔助設計/製造（119家），及採用GA及電腦輔助設計/製造（119家）；及採用GA、電腦輔助設計/製造及數值控制工作機械（44家）等三種情形。⁽⁶⁾用以比較不同種類自動化設備對生產力的影響，其迴歸結果如表九。由該表可知，採用GA或電腦輔助設計/製造或數值控制工作機械的廠商其工廠規模不大，平均員工人數在180人以下，屬於中小企業。採用電腦輔助設計/製造的廠商其研究發展的平均資本顯然較高。這3種自動化設備的生產彈性如表九中 $\ln K_1$ 的係數。由這些係數可知，電腦輔助設計/製造（0.2172）及數值控制工作機械（0.3247）的生產彈性明顯大於GA（0.1251），可見得較高階的自動化設備在提高生產力方面有較大的助益。此外，由表九最後二欄可知採用GA與電腦輔助設計/製造及採用GA及電腦輔助設計/製造與數值控制工作機械的廠商特質與生產彈性。採用GA與電腦輔助設計/製造及採用GA及電腦輔助設計/製造與數值控制工作機械自動化設備的廠商其規模相對採用單一自動化設備的廠商較大，平均員工人數為200人以上，為較大規模的企業。其自動化設備的生產彈性雖未如單一高階自動化設備的高，但仍較僅採用GA或採用1種自動化設備的生產彈性為高（請參閱表十），且其勞動生產彈性分別為0.7405及0.8125，均相當高。又其規模報酬係數較大，顯示自動化設備有提高勞動生產力及規模經濟的效益。

表十是區別廠商採用1種、2種、3種、4種自動化設備廠商的特質與其生產彈性。由該表可發現採用較多種自動化設備的廠商其工廠規模較大，且其投入自動化的資產及研究發展資本均較多。就自動化設備的生產彈性而言，使用愈多自動化設備的生產彈性越高，但採用4種自動化設備的生產彈性反而較採用3種自動化設備的生產彈性低。這可能因自動化設備深化後，投入的自動化設備雖多，但除提高生產力外，尚有其他的目的，如改善工作環境，因應勞工的高流動率等（Carlsson *et al.*, 1994），因而使得自動化設備的生產彈性降低。雖然如此，我們發現採用4種自動化設備的勞動生產力最高，達0.9594，可見得自動化設備的深化會提高

表九 不同種類自動化設備的生產彈性

變數	僅採用 GA (480 家)	僅採用電腦輔助 設計 / 製造 (30 家)	僅採用數值控制 工作機械 (11 家)	採用 GA 與電腦 輔助設計 / 製造 (119 家)	採用 GA、電腦輔助 設計 / 製造 及數值控 制工作機械 (44 家)
附加價值 (千元)	336764 (1475)	280962 (1349)	153694 (1208)	284841 (1377)	350296 (1455)
自動化資本 K_1 (千元)	182186 (790)	199491 (837)	91104 (662)	243808 (731)	161385 (645)
非自動化資本 K_2 (千元)	211748 (662)	66759 (482)	89675 (716)	103442 (539)	127722 (441)
其他固定資本 K_3 (千元)	255313 (1195)	118132 (791)	418565 (2044)	215099 (1039)	243064 (772)
員工人數 L (人)	180	180	130	200	260
研究發展資本 R (千元)	30046 (131)	61560 (797)	9650 (92)	30598 (196)	32232 (134)
截距	4.5510 (25.26)	5.0297 (7.58)	3.4981 (2.51)	4.5624 (11.82)	4.8048 (6.39)
$\ln K_1$	0.1251 (5.98)	0.2172 (2.90)	0.3247 (2.87)	0.2067 (5.101)	0.2172 (2.38)
$\ln K_2$	0.1130 (5.61)	0.0157 (0.231)	0.0281 (0.20)	0.1226 (2.80)	0.0702 (0.84)
$\ln K_3$	0.0422 (6.95)	0.0274 (1.23)	0.0253 (1.93)	0.0409 (3.64)	0.0177 (0.91)
$\ln L$	0.7737 (19.50)	0.7586 (5.37)	0.5943 (1.67)	0.7405 (8.24)	0.8125 (4.90)
$\ln R$	0.0798 (4.33)	0.0607 (1.20)	0.0878 (1.60)	0.0363 (1.04)	0.0511 (0.72)
\bar{R}^2	0.8260	0.0846	0.9384	0.8050	0.7850
d.f.	475	25	5	113	38
$\sum_{i=1}^5 \alpha_i$	1.1338 (5.19)	1.0856 (1.89)	1.0603 (1.65)	1.1409 (1.910)	1.168 (1.78)
檢定 $\sum_{i=1}^5 \alpha_i = 1$	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

註：(1)前六列的數字代表平均數，括弧內的數字代表每人附加價值的平均數、每人自動化資本的平均數，…，以此類推。

(2)迴歸式括弧內的數字為 t 值。

表十 多元自動化設備的生產彈性

變數	僅採用 1 種自動化設備 (611 家)	採用 2 種自動化設備 (341 家)	採用 3 種自動化設備 (156 家)	採用 4 種自動化設備 (71 家)
附加價值 (千元)	371893 (1500)	423095 (1541)	762890 (1725)	1017707 (1532)
自動化資本 K_1 (千元)	178237 (789)	223633 (731)	443527 (1097)	549754 (1047)
非自動化資本 K_2 (千元)	200522 (661)	122572 (537)	211482 (598)	268881 (526)
其他固定資本 K_3 (千元)	251355 (1213)	408273 (1367)	608712 (1134)	538038 (1318)
員工人數 L (人)	177	232	333	485
研究發展資本 R (千元)	29459 (162)	31302 (164)	70823 (188)	141726 (211)
截距	4.5317 (29.18)	4.2038 (17.19)	4.5017 (10.12)	3.9726 (7.74)
$\ln K_1$	0.1239 (6.90)	0.1805 (6.91)	0.1840 (3.49)	0.1547 (2.87)
$\ln K_2$	0.1134 (6.66)	0.1047 (4.13)	0.0760 (1.50)	0.0673 (1.22)
$\ln K_3$	0.0381 (7.26)	0.0395 (4.83)	0.0298 (2.33)	0.0287 (1.94)
$\ln L$	0.7816 (22.14)	0.7346 (4.85)	0.6386 (7.10)	0.9594 (8.42)
$\ln R$	0.0854 (5.20)	0.0792 (3.15)	0.1368 (3.02)	0.0521 (0.89)
\bar{R}^2	0.8272	0.8082	0.7500	0.8976
d.f.	605	335	150	65
$\sum_{i=1}^5 \alpha_i$	1.1424 (6.140)	1.1385 (4.28)	1.1652 (2.23)	1.2622 (4.76)
檢定 $\sum_{i=1}^5 \alpha_i = 1$	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

註：(1)前六列的數字代表平均數，括弧內的數字代表每人附加價值的平均數、每人自動化資本的平均數，…，以此類推。

(2)迴歸式括弧內的數字為 t 值。

勞動生產力。此外，由表十亦可發現自動化設備 2 種以上的廠商其總生產彈性越大。如 1 種自動化設備的彈性為 1.1424，2 種為 1.1385，3 種為 1.1652，4 種為 1.2622。此乃表示使用 2 種以上自動化設備，愈具規模經濟。

五、結論

歐美國家生產自動化技術的發展由來已久，然而過去臺灣地區由於勞動力豐富，產業多屬勞動力密集，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遽變化如新臺幣升值、勞力不足、工資上漲、環保意識提昇、中國大陸及東南亞國家的經濟發展，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紛紛採取自動化技術，降低成本，提高競爭力以解決其困境。因此，臺灣製造業廠商生產自動化技術的採用與臺灣製造業未來的生產力與競爭力有密切關係，而成爲一個值得重視的問題。自民國 71 年始政府陸續推動第一階段（71 至 79 年）與第二階段（80 至 90 年）的自動化計畫，自動化的經濟效益如何，值得評估與檢討。

本文利用 84 年製造業自動化廠商的資料分析自動化設備的採用與效益，以及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、研究發展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：

- (1) 臺灣製造業廠商自動化的採用率，由 82 年 34.57% 提昇至 84 年 64.78%。就 84 年而言，各產業的使用率多在 60% 至 70% 間，僅有少數產業如成衣服飾業（24.35%）、木竹製品業（40.0%）、家具及裝設品業（48.51%）較低。這些產業的生產必須以手工而無法完全以機器自動化生產，在臺灣的高工資水準下，已漸漸外移至海外生產。
- (2) 自動化的效益主要爲節省人力、產量增加、降低不良率。自動化設備未來的總效益平均達 0.75，亦即投資一元的自動化設備，可獲取 0.75 元的總效益；換言之，廠商自動化後，平均 1.33 年可回收所投資的金額，顯示自動化設備發揮的經濟效益相當大。此外，產業中以橡膠製品業，金屬基本工業以及電力及電子業最高，均超過 1。
- (3) 就全體製造業而言，自動化生產設備的生產彈性爲 0.1356，較非自動化生產設備（0.1062）、其他固定生產設備（0.0352）以及研究發展資本（0.0785）、外溢

研究發展資本的生產彈性（0.0152）爲大。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，因此採用自動化設備，將是廠商提高生產力、競爭力的有效的方法。

- (4) 就產業別來看，金屬基本工業與化學材料業自動化深度最高，且其自動化的生產彈性亦最高，分別爲 0.2807 與 0.2271。此結果顯示自動化深度愈高，生產力愈高。此外，自動化生產彈性較大的產業有機械設備業、塑膠製品業、紡織業。電力及電子產業自動化的生產彈性不高，爲 0.1121，但其研究發展的生產彈性則爲所有產業最高。此外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研究發展資本的生產彈性，顯示這些產業的廠商爲提高生產力，進行自動化將是有效的方法。
- (5) 廠商採用不同自動化設備，其生產彈性有顯著的不同。採用較高階的自動化設備如電腦輔助設計 / 製造及數值控制工作機械，其生產彈性分別爲 0.2172 及 0.3247，明顯大於採用 GA 的生產彈性 0.1251。此外採用 GA 並同時採用高階的電腦輔助設計 / 製造及數值控制工作機械的生產彈性，除明顯大於只採用 GA 的生產彈性外，其勞動生產彈性提高，並有規模經濟。
- (6) 採用 1 種或 2 種自動化設備的廠商多屬中小型企業，採用 3 種（及以上）自動化設備者多爲較大型企業，且其自動化密度較高。就自動化設備的生產彈性而言，採用 2 種、3 種自動化設備的生產彈性較大。採用 4 種自動化設備的勞動生產彈性及規模報酬係數最大，分別爲 0.9594 及 1.2622。實證結果顯示採用自動化設備能提高勞動生產力並具規模經濟效益。

由本研究的實證結果可知，臺灣製造業廠商採用自動化的經濟效益相當大。採用越高階的的自動化設備，其生產彈性越大。此外，採用自動化設備有助於解決勞動力不足的問題，提昇產能及產品品質，因此，政府應繼續鼓勵與輔助廠商進行自動化，特別是中小企業及紡織業、塑膠製品業、機械設備業等的自動化，以提高生產力與競爭力。

由於本研究的資料僅限於 80 至 84 年的自動化廠商的資料，未能利用 panel data 進行分析在時間過程中自動化的效益以及生產彈性的變化，且未能分析廠商採用自動化前後的生產及成本變化，因此所得的結論可能有所限制。未來若有更豐富的 panel data，值得進一步做更深入的分析。

附錄一

生產力與自動設備密度，研發資本密度，外溢研發資本密度，固定資產密度－按產業別區分

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

(續下頁)

附錄一
生產力與自動設備密度，研發資本密度，外溢研發資本密度，固定資產密度－按產業別區分（續）

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)
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)

資料來源：經濟部統計處，民國86年第八次製造業自動化調查原始資料。

註：每產業有二列數值，第一列為各變數平均值，第二列為其標準差。

附錄二
自動化效益統計表－按產業區分

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①	產能增加 金額②	降低不良率 金額③	總效益 ①+②+③	總效益/ 銷售值	總效益占自動 化設備比率	每人效益(總效 益/員工人數)
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)	15061.93 (55558.14)	0.07 (0.85)	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)	13484.07 (53167.01)	0.03 (0.08)	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)	12850.00 (8954.99)	0.003 (0.004)	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)	12187.72 (46998.25)	0.04 (0.14)	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)	3604.26 (7139.70)	0.04 (0.12)	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)	10320.30 (19325.93)	0.02 (0.06)	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)	2503.33 (7612.03)	0.02 (0.07)	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)	7148.81 (17523.56)	0.03 (0.06)	0.26 (0.44)	61.64 (108.28)

(續下頁)

附錄二
自動化效益統計表－按產業區分（續）

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①	產能增加 金額②	降低不良率 金額③	總效益 ①+②+③	總效益/ 銷售值	總效益占自動 化設備比率	每人效益（總效 益/員工人數）
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)	14980.93 (69990.62)	0.03 (0.11)	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)	7181.16 (14533.26)	0.13 (0.53)	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)	11190.38 (30207.50)	0.03 (0.15)	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)	19864.70 (60962.09)	0.06 (0.16)	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)	880.00 (2293.67)	0.001 (0.002)	0.006 (0.02)	2.77 (5.29)
24 橡膠製品業 (44家)	4.59 (7.67)	13.34 (21.29)	5.73 (14.36)	1403.91 (3756.17)	5449.68 (18942.51)	691.73 (2560.02)	7545.32 (24902.40)	0.04 (0.08)	1.85 (11.44)	54.66 (108.62)
25 塑膠製品業 (222家)	3.83 (8.06)	10.41 (16.27)	4.38 (10.83)	1184.44 (4125.59)	6318.63 (28723.68)	1056.97 (5015.60)	8560.04 (34312.07)	0.22 (2.69)	0.45 (1.99)	136.66 (680.88)
26 非金屬礦物製品業 (125家)	4.32 (8.02)	14.27 (22.66)	4.74 (7.93)	4302.13 (32236.74)	11369.59 (29836.86)	2296.19 (6944.45)	17967.91 (47489.78)	0.07 (0.17)	0.56 (2.21)	216.54 (692.62)
27 金屬基本工業 (165家)	5.12 (9.62)	15.16 (21.29)	6.14 (13.00)	3971.20 (14661.07)	22896.12 (74445.13)	3468.36 (14495.13)	30335.68 (86177.95)	0.04 (0.09)	0.41 (1.19)	338.53 (1306.69)
28 金屬製品業 (238家)	3.43 (5.80)	13.66 (18.40)	6.15 (12.87)	1748.72 (11355.14)	5174.86 (16485.78)	953.44 (6748.63)	7877.02 (23448.73)	0.08 (0.34)	1.43 (17.36)	142.60 (569.48)
29 機械設備業 (121家)	3.44 (8.90)	15.64 (25.79)	6.91 (14.50)	1515.82 (6273.70)	10254.56 (47840.54)	911.45 (3867.74)	12681.83 (53212.09)	0.07 (0.19)	0.42 (1.06)	156.90 (539.83)
31 電力及電子業 (388家)	9.49 (49.62)	15.60 (27.36)	4.96 (9.15)	4237.99 (35207.85)	18973.35 (64304.69)	3243.79 (26224.34)	26455.12 (85089.27)	0.08 (0.31)	1.63 (9.88)	152.88 (482.14)
32 運輸工具業 (176家)	5.56 (13.31)	11.66 (16.99)	5.02 (9.43)	1823.59 (9113.41)	9315.37 (35532.65)	497.66 (1322.50)	11636.62 (41684.90)	0.04 (0.11)	0.66 (3.14)	74.16 (222.89)
33 精密器械業 (33家)	3.45 (6.12)	12.18 (16.73)	6.00 (10.51)	961.94 (2087.58)	3212.73 (10891.59)	638.27 (1696.45)	4812.94 (13063.61)	0.05 (0.14)	0.84 (2.77)	75.85 (231.72)
39 雜項工業 (62家)	4.06 (7.51)	12.42 (19.58)	3.74 (6.70)	615.27 (1284.00)	3514.48 (12073.66)	703.31 (3012.58)	4833.06 (15058.17)	0.03 (0.09)	0.32 (0.66)	52.00 (161.71)

資料來源：經濟部統計處，民國86年第八次製造業自動化調查原始資料。
註：括弧內為標準差。

誌謝

本研究承蒙行政院國家科學委員會經費補助（NSC 87-2415-H-002-007），專任研究助理吳瓊芬小姐協助蒐集資料及文書處理工作，謹此誌謝。

註釋

- (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。
- (2) 我們亦可考慮 CES 或 translog 等更複雜的生產函數，但從過去的研究及其結果，可知利用其他生產函數對於估計生產因素的產出彈性相互一致，請參閱 Greene (2000: Chapter 7)。
- (3) 衡量研究發展資本的方法仍亦應考慮其落遲性(Griliches, 1979)，但由於落遲的時間不易決定，且其遞延模型亦不易決定，研究者多根據資料的限制，決定落遲期數，並以「幾何遞延」來計算。
- (4) 若以 \ln 每人附加價值為依變數進行實證，即上節的模型(式(4))，則實證結果除的係數不同外，其他依變數的係數均相同。
- (5) 迴歸分析的樣本是將 81 至 84 年間均無研究發展資本的廠商去除，因此與上節的樣本結果有些差異，但結論一致。
- (6) 表八所列採用自動化設備(GA)的廠商有 1002 家，是指廠商有採用 GA。這些廠商亦可能同時採用另外 5 種自動化設備。此種廠商的自動化種類、深度可能有很大的不同，因此在進行比較生產彈性時，我們分析只採用 GA，電腦輔助設計/製造及數值控制工作機械等，此時樣本廠商數有相當的差異。

參考文獻

- 沈英輝(1989)我國自動化層次、程度與產業製程關係。中壢，臺灣：國立中央大學產業經濟研究所碩士論文。
- 林惠玲(2000)自動化技術之採用與擴散—臺灣製造業之實證研究。經濟論文叢刊，28(2)，153-184。
- 林惠玲(1997)自動化技術之擴散—臺灣紡織工業與電子電器業之實證研究。行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告(NSC 86-2415-H-002-043-J8)，臺北，臺灣：行政院國家科學委員會。
- 陳忠榮、龔鳴盛、沈國基(1994)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。行政院經濟部生產自動化推行小組委託計畫報告，臺北，臺灣：經濟部。
- 藍科正、蔡坤宏(1992)政府獎勵自動化生產對電子零組件業廠商生產績效之影響。臺北市銀行月刊，22(8)，2-9。
- 鄭文農(1995)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。中壢，臺灣：國立中央大學產業經濟研究所碩士論文。
- 經濟部統計處(1993)中華民國臺灣地區第六次生產自動化調查報告。臺北，臺灣：經濟部統計處。
- 經濟部統計處(1995)中華民國臺灣地區第七次製造業自動化調查報告。臺北，臺灣：經濟部統計處。
- 經濟部統計處(1997)中華民國臺灣地區第八次製造業自動化調查報告。臺北，臺灣：經濟部統計處。
- Cainarca, G. C., Colombo, M. G., & Mariotti, S. (1989). An evolutionary

- pattern of innovation diffusion: the case of flexible automation. *Research Policy*, 18, 59-86.
- Carlsson, B., Erol, T., & Kjell, T. (1994). Factory automation and economic performance: a micro-to-macro analysis. In: O. Granstrand (Ed.), *Economics of technology* (pp. 37-63). Amsterdam and New York: North-Holland.
- Chorafas, D. N. (1982). *Office automation, the productivity challenge*. Prentice-Hall series in data proceeding management. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Cuneo, P., & Mairesse, J. (1984). Productivity and R&D at the firm level in French manufacturing. In: Z. Griliches (Ed.), *R&D, patents, and productivity* (pp. 393-416). Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Dwivedi, S. N., Verma, A. K., & Sneckenberger, J. E. (1991). CAD/CAM, robotics, and factories of the future '90. Paper presented at The Fifth International Conference on CAD/CAM, Robotics, and Factories of the Future. Berlin and New York: Springer-Verlag.
- Fried, H. O., Lovell, C. A. K., & Schmidt, S. S. (1993). *The measurement of productive efficiency: techniques and applications*. New York: Oxford University Press.
- Granstrand, O. (1994). *Economics of technology*. Amsterdam and New York: North-Holland.
- Greene, W. H. (2000). *Economic analysis*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Griliches, Z. (1986). Productivity, R&D, and basic research at the firm level in the 1970s. *American Economic Review*, 76, 141-154.
- Hall, B. H., & Mairesse, J. (1995). Exploring the relationship between R&D and productivity in French manufacturing firms. *Journal of Econometrics*, 65, 263-293.
- Hirschhorn, L. M. J. (1992). Automation and competency requirement in manufacturing: a case study. In: P.S. Adler (Ed.), *Technology and the future of work* (pp. 15-45). New York: Oxford University Press.
- Kalecki, M., & Adam, S. (1991). Economic problems of production automation in capitalist countries. *Collected works of M. Kalecki, Vol. II: Capitalism: economic dynamics* (pp. 374-385). Oxford: Clarendon Press.
- Los, B., & Bart, V. (2000). R&D spillovers and productivity: evidence from U.S. manufacturing microdata. *Empirical Economics*, 25(1), 127-48.
- Mairesse, J., & Sassenou, M. (1991). R&D and productivity: a survey of econometric studies at the firm level. *Science-Technology-Industry Review*, 8, 317-348 (OECD, Paris).
- Radhaeamanan, R. (1988). Robotics and factories of the future. *Proceedings of the Second International Conference*, San Diego, CA.
- Raut, L. K. (1995). R&D spillover and productivity growth: evidence from indian private firms. *Journal of Development Economics*, 48, 1-23.
- Tay, R. Y., & Chang, Z. (1991). Industrial policy for promoting automation: an econometric analysis of major industries in Singapore. *Journal of Economic Development*, 16(2), 25-43.
- Wong, P. K., & Ngim, P. M. (1997). Automation and organizational performance: the case of electronics manufacturing firms in Singapore, International. *Journal of Production Economics*, 52(3), 257-268.
- Young, J. B. (1991). *Modern inventory operations: methods for accuracy and productivity*. New York: Van Nostrand Reinhold.

林惠玲 陳正倉

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

HUI-LIN LIN AND CHENG-TSANG CHEN

*Department of Economics
National Taiwan University
Taipei, Taiwan, R.O.C.*

ABSTRACT

Basing on the eighth (1995) automation surveys conducted by Statistic Department of the Ministry of Economic Affairs, R.O.C., this paper analyzes the adoption and economic benefit of automation. The comparisons of the productivity among automation assets, non-automation assets, and R&D capital are probed. Meanwhile, we discuss the productivity elasticity of automation between two-digit industries and different types of automation.

Key Words: factory automation, productivity, economic benefit, productivity elasticity