

# 新竹科學園區積體電路廠商動態生產力變動的衡量 /隨機生產邊界模式之應用

楊永列

嶺東技術學院財務金融所副教授

Email : lyang@mail.ltc.edu.tw

洪萬吉

嶺東技術學院財務金融所副教授

Email : hwj@mail.ltc.edu.tw

王志清

嶺東技術學院財務金融所碩士班研究生

Email : ltc823@mail.ltc.edu.tw

## 摘要

本文利用民國 82 年至 89 年上市電子業的財務報表中的財務資訊，探討台灣高科技產業中的積體電路產業動態生產效率問題。利用研究發展費用具有遞延的動態特性，以 Almon Lag Procedure 估計新竹科學園區內的積體電路廠商研究發展資本存量，進而使用隨機邊界生產模型(SFA)評估積體電路廠商財務面的動態經營效率。研究結果顯示竹科積體電路產業的 TFPCH 指標 1997-2000 年，均大於 1 代表生產力有改善，但呈現先下降後上升的趨勢，晶片製造產業之 TFPCH 指標大於電路設計產業及其它產業，代表晶片製造產業的生產力改善較電路設計產業及其它產業為高。

關鍵詞：新竹科學園區，隨機生產邊界法，生產效率，生產力。

## 一、前言

二十世紀是人類有史以來科技成長最快速的階段，主要原因是技術與智能之結合，造成產出增加與結構之快速轉變，也就是技術進步與創新運用於高科技產業的發展，而帶來了對經濟成長的貢獻。一個國家的高科技產業表現已被視為衡量其國力指標，先進國家莫不全力以赴投入高科技產業之發展與研究。科學園區內的積體電路產業依舊繼續蓬勃發展，且投資地區也逐漸擴散至南科，此產業目前為國內製造業的明星產業，也是國內外仍就普遍看好未來景氣復甦的產業。

新竹科學園區(簡稱竹科)之開發已滿 20 載，若以 2000 年為例，其營業額達 7054 億元新台幣，進駐之高科技廠商已達 334 家。截至 1999 年底，積體電路廠商營業額高達 4,562.59 億元，佔全園區之 65%，成長率為 22%。竹科雖經三期擴建開發，於區內之土地廠房的利用已呈飽和狀態。目前在區內之廠商多以南科作為其擴建基地。根據工業技術研究院之估計，國內之積體電路產業是以 IC 製造和設計業為主流，其所佔之比重高達 83%，而在園區內正是 IC 製造和設計業的重鎮，若以 2000 年來看，園區內的 IC 製造和設計業分別佔全國九成以上的比重；此外，晶圓代工和 IC 設計業也分居世界第一、二名，也因此扮演其重要性的角色。

然而在 2000 年對竹科而言，是極受挑戰的一年，剛走出 1998 年金融風暴的陰霾，卻又遭逢 1999 年台灣百年的集集大地震，緊接著 2000 年的美國恐怖攻擊事件，使全球景氣更加衰退，但竹科廠商以最短的時間恢復正常運作，使全球業者對台灣刮目相看，也更具信心，讓竹科廠商更具競爭能力，這也促使研

究者想探討竹科廠商效率與生產力變動之構思，而竹科中的積體電路產業也入區多年，早在 1993 年就已成為園區發展的產業，其間也歷經多次景氣循環以及金融風暴，雖然內外存的經營環境有起有落，然而生產效率與生產力變動仍然是此產業永續發展的動力及方向，爰此，本文依經濟部工廠校正暨營運調查與行政院主計處工商普查的縱橫資料 (Panel Data)，以母數方法 (Parametric approach) 的隨機生產邊界模式 (Stochastic Frontier Approach ; SFA) 來衡量 1993-2000 年竹科積體電路產業之廠商的生產效率值與生產力變動指標，以評估並找出生產力變動之來源。此外，也提供積體電路產業之廠商效率與全園區比較，進而瞭解其經營體質。

本文共分為六個部份，首先為前言，敘述整個竹科積體電路產業，其次詳細介紹整個竹科積體電路之營運形態及積體電路之特性，第三部份為理論基礎，第四部份為本研究之資料說明，第五部份為實證模型與結果，最後部份為結語。

## 二、台灣積體電路產業與新竹科學園區發展介紹

### (一)台灣積體電路產業介紹

欲了解台灣積體電路產業之生產力與生產力變動，首先對台灣積體電路產業有一定的了解；以下針對台灣積體電路產業發展及營運生態作一說明，其次針對積體電路此項商品作一介紹。

台灣積體電路產業在長期培植耕耘累積下，已成為台灣主力出口產業，更成為高科技產業的代表典型。二十多年來，台灣積體電路產業的創基發展軌跡及其特質，足為開發中國家高產業發展的借典模式。資訊電子為目前台灣最主力的出口產業，而積體電路產業更是扮演電子業中「火車頭」的角色。

台灣目前為世界第三大資訊國，第四大半導體生產國。1991年台灣半導體元件躍昇進口首位，更有利促進積體電路產業發展的契機，因此九十年代台灣半導體產業具有「進口替代」與「進口擴張」的雙重角色。根據 Dataquest 預測 2010 年全球 IC 產值將達 14000 億美元，以台灣將佔世界 8% 產值估計，近 1000 億美元的產值，對台灣未來經濟發展有重大影響力。

台灣積體電路產業二十餘年來，在政府積極主導下，從交大的半導體實驗室，培植高階基礎技術人才；設立電子工業研究所，自 RCA 引進 CMOS 7um 製程技術，培植 IC 產業發展基礎；商品化衍生公司及創業家戮力提升國際產業競爭實力，累積產業垂直分工發展動量；在國家實驗室研發計畫與國際策略聯盟，結合國際資源綜合營運之中，以提升國際競爭力。

## (二) IC 產業之特性分析

### 1 台灣地區 IC 設計概況

在半導體(IC)產業中，IC 設計實屬上游產業。在設計公司設計完成為經由晶圓代工廠或整合型半導體廠來完成後緒製造或是其他工作而製成最終晶圓半導體半成品。經前段測試再轉由專業封裝廠完成切割及封裝，最後轉由專業測試廠做後段測試。

IC 設計為台灣半導體產業極具競爭力的產業之一，1995 年以前台灣僅有 2 家設計服務公司但 2001 年以後已有 180 多家左右的設計服務中心。IC 設計在 2002 年全球佔有率達 27.8%，僅次於北美。受到全球不景氣影響，2001 年全球半導體產業生產值衰退幅度達 32%，然台灣前十大 IC 設計公司仍舊有 875 億新台幣的產值，比起 2001 年成長了 8.6%。雖然 2001 年 IC 設計產值成長和以往比較明顯低了很多，僅成長 5.9%，但是在 2002 後便以 17.4%在 2003 年 IC 設計總產值更成長了 36.2%，IC 設計將成為台灣 IC 產業成長的主要動力。

IC 設計產業屬於智慧型產業，固 IC 的研發是重要成功關鍵，資訊產品的生命週期比其他產品來的快，IC 設計公司必須滿足客戶須求方能生存；研發成為不二法門。以新竹科學園區設計公司為例，研發費用佔了營業額愈 10%，且在人員教育程度分佈方面，2000 年博碩士比重佔 21.9%，大專學歷以上者更達 64.1%，可見設計公司愈來愈要求高素質人才。

政府亦意識到 IC 設計研發的重要性，為了促使我國 IC 設計研究及創新，提出「獎勵民間開發設計研發園區投資指引」，即獎勵業者在新竹科學工業園

區附近地區開發 IC 設計公司，業者申請中長期資金融資並依相關規定申請課稅減免且將列在行政院開發基金優先考量投資。

就應用領域來看，2000 年至 2005 年資訊應用比例仍屬大宗。由表 1 顯見隨著時間增長，市場漸現飽和，比重下降，唯消費產產品所佔比例增加。未來半導體應用於消費性電子產品的比重預估將會持續增加。

在台灣人民及政府努力下，台灣成為次於美國矽谷的 IC 設計大國，根據工研院統計研究整理台灣前十大 IC 設計廠商如表 2，2000 年和 2001 年差異不大，唯揚智為新入圍者，矽成退居排名外。威盛、聯發依然維持前二大廠商，威盛近年的表現相當好，因倡導 PC133 晶片組不惜與 Intel 帶領的 Rambus 抗爭，近年來更積極擴大版圖，陸續併購 Cyrix 和 IDT Centaur 部門，其領域由晶片組跨入 CPU 領域，挑戰 Intel CPU 的霸權。半導體設計業具備「小而美」特色，產品以創新性取勝，又不似晶圓廠在景氣低迷時須背負龐大的設備攤提費用，因此在高資本報酬率以及高平均產值等誘因下，不但吸引大規模的資本投入，近來積體電路設計公司規模更逐漸由「小而美」朝向大型化發展。半導體產業的完整結構及生產製造優勢提供 IC 產業成功發展，而新竹科學園區便俱備了這樣的條件。

表 1 2000 年至 2005 年 IC 設計業產品比例分佈

IC 設計業產值(億台幣)		2000	2001	2002(e)	2003(f)	2004(f)	2005(f)
		1,152	1,220	1,460	2,075	2,819	3,382
資訊	主機板	31.1%	29.3%	28.7%	28.5%	28.2%	28.2%
	筆記型電腦	4.5%	5.2%	5.3%	5.5%	5.6%	5.7%
	繪圖卡	3.8%	6.1%	5.5%	5.5%	5.2%	5.2%
	滑鼠	3.3%	2.7%	2.1%	1.7%	1.6%	1.4%
	CRT 監視器	2.3%	2.0%	1.0%	0.5%	0.3%	0.3%
	LCD 監視器	0.4%	2.4%	2.7%	2.8%	2.8%	2.9%
	DVD/CD ROM	17.4%	16.3%	15.7%	14.3%	14.3%	13.6%
	其他	3.3%	1.7%	1.2%	1.5%	1.1%	1.5%
通訊	網路卡	4.4%	4.4%	4.6%	4.9%	5.0%	4.6%
	交換器	1.5%	2.7%	2.9%	3.1%	3.5%	3.5%
	ADSL 數據機/Cable 數據機	1.7%	1.1%	1.3%	1.5%	1.6%	1.6%
	數位無線電話	0.5%	0.1%	0.1%	0.2%	0.4%	0.5%
	行動電話	1.2%	1.3%	1.5%	2.0%	2.4%	2.3%
	其他	5.8%	4.5%	3.9%	3.8%	3.4%	3.2%
	音響	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.4%	0.3%
消費性	玩具(含禮品與語音產品)	9.5%	8.0%	8.0%	7.4%	7.5%	8.5%
	DVD/CD Player	2.3%	4.0%	8.2%	9.1%	9.3%	9.4%
	PC Camera	0.8%	1.0%	1.0%	0.9%	0.9%	0.9%
	DSC 數位相機	0.5%	0.9%	1.7%	2.0%	2.1%	2.3%
	數位 STB	0.2%	0.2%	0.2%	0.2%	0.3%	0.3%
	PDA	1.3%	0.8%	0.9%	1.1%	1.2%	1.2%
	其他	1.2%	2.7%	1.1%	1.9%	1.7%	1.7%

資料來源：工研院經資中心 ITIS 計劃(2002/09)

表 2 台灣前十大 IC 設計公司排名

單位：億台幣

2001 排名	2000 排名	公司	2001 (e) 營業額	2000 營業額	成長率 (%)	主要 產品領域
1	1	威盛	343	309	11.0%	PC chipsets
2	2	聯發	154	129	19.4%	Optical storage
3	5	瑞昱	73	54	35.2%	Networking
4	3	凌陽	66	63	4.8%	Consumer
5	-	揚智	54	31	74.2%	PC chipsets/ DVD Player IC
6	8	聯詠	42	42	0.0%	Consumer
7	9	義隆	36	39	-7.7%	Consumer
8	6	盛群	32	45	-29.9%	Consumer
9	7	晶豪	30	43	-30.2%	Memory
10	10	鈺創	27	34	-20.6%	Memory

資料來源：工研院經資中心 IT IS 計劃 (2002/01)

## 2 台灣地區 IC 製造概況

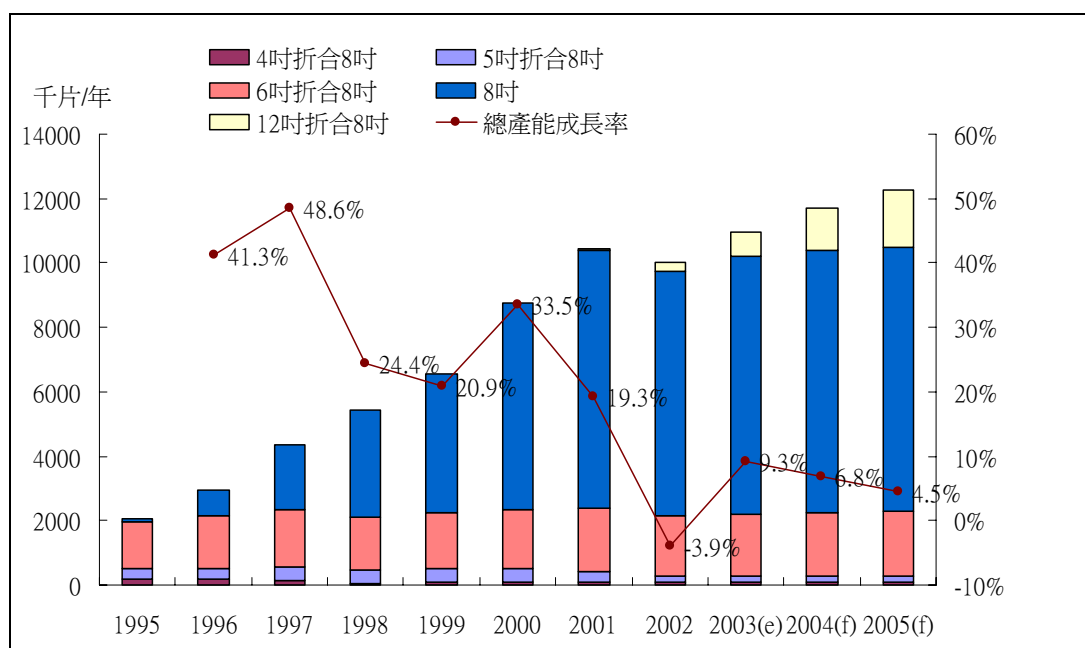
台灣地區 IC 製造業以晶圓代工業務為主，根據工研院經資中心統計結果指出在 2000 年全球半導體景氣達到巔峰，國內 IC 製造業有超過 77 % 的高成長率。IC 製造業亦受 2001 年景氣波動影響，在 2001 年第一季開始，產能利用率從 33.5% 急遽下滑至 19.3%。近年才從波動中回復至 9.3% 的總產能成長率 (圖 1)。台灣專業晶圓代工公司擁有規模產能、高科技人才、先進技術在全球半導體製造業佔有一席之地，2002 年全球半導體市場規模為 1,407 億美元，特別值的注意的是亞太市場半導體市場規模首次超越了美州地區成為全球第一，半導體市場佔有率由 2001 年的 28% 大幅擴大到 2002 年的 36%，年成長率 28% (圖 2)。

積體電路製造業是整個積體電路工業的火車頭，聯電集團和台積電的成



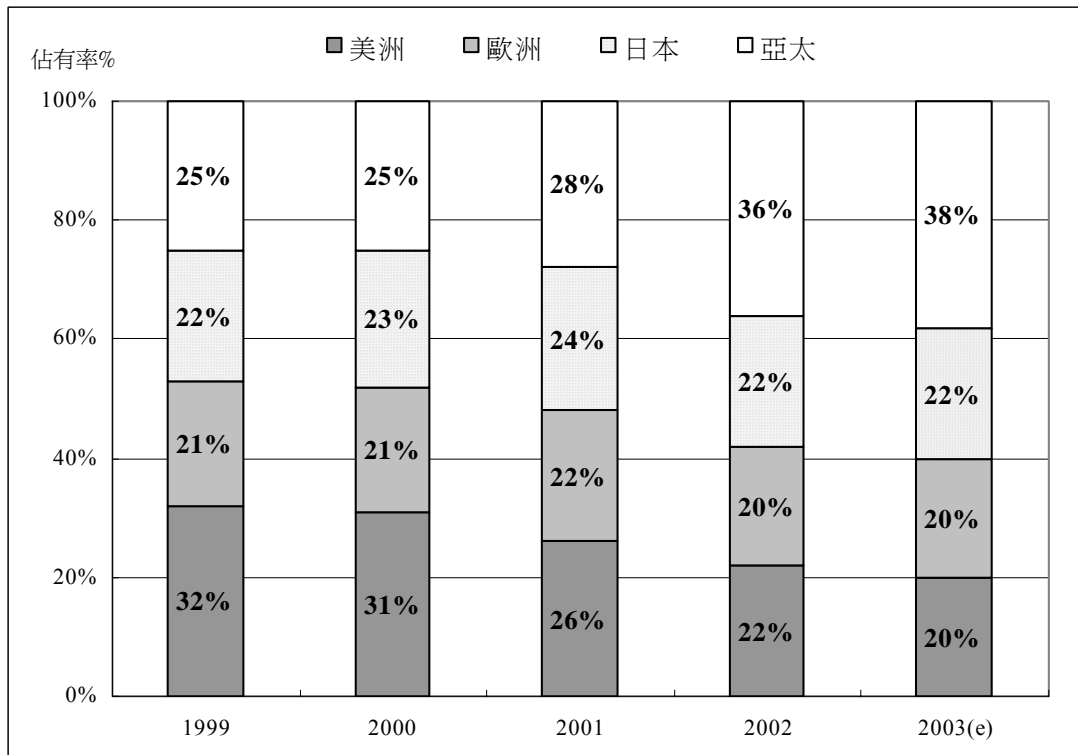
立，不但奠立台灣積體電路產業的基礎，並直接而明顯地帶動其上、下游眾多的相關產業，包括從晶圓材料、設計業、光罩業、封裝業、導線架業、化學材料業、測試業，到設備業等，均與積體電路製造業息息相關。尤其是積體電路製造業的投資金額動輒 10 億美元以上，其衍生的商機十分龐大，是積體電路工業發展上最重要的一環。台灣晶圓代工產業發展近十年，成為全球晶圓代工生產的重鎮。在 2002 年半導體製造業總產值有 11,132 百萬美元，全球佔有率達 14.5%，全球排名第三，位居美、日之後。

圖 1 台灣 IC 製造業產能統計



資料來源：工研院經資中心 ITIS 計劃(2003/01)

圖 2 全球半導體區域市場佔有率



資料來源：WSTS(2003/4)；工研院 IEK-ITIS 計畫(2003/4)

### 3 台灣其他半導體產業

其他產業包括、晶圓材料、設備、封裝與測試業歸類為其他項目，以下針對其他半導體產業作一說明。在矽晶圓材料方面，作為 IC 產業的上游，對控制 IC 製造成本有著關鍵地位，民國 85 年以前，國內積體電路製造業所需之矽晶圓材料百分之百完全由國外進口，一年的進口金額達新台幣 60 億元左右，以日本為首。民國 86 年起，國內中鋼與美國休斯電子材料公司(MEMC)合資的中德電子開始供應國內積體電路製造業所需之八吋矽晶圓材料，至民國 89 年，台灣的矽晶圓材料自給率提高至 51.7%，但日本仍是台灣矽晶圓材料之主要供應國，比重高達 29.4%。未來隨著中德電子以及台灣信越等公司發揮量產效應後，當可大幅提高國內自給率，使台灣積體電路產業結構更趨完整，提升

台灣積體電路工業之競爭力。

基於台灣對於高科技產業的重視，人才大量的投入及政府計劃性的規劃使得台灣地區半導體產業的上、中、下游皆發展完善。在 IC 設備方面，根據 SEMI 統計台灣半導體設備市場在 2002 年 3 月總產值為 4.62 億美元，呈現大規模成長。在前段製程設備方面佔了 2 億美元，而後段封裝設備佔了 1880 萬美元。

在 IC 封裝與測試業方面自 1970 年以來，全球封裝技術每十年都會出現一次技術更替，1980 年以後，資訊相關應用產品市場需求大增，封裝技術型態也從雙邊引腳的 DIP，進化為週邊引腳以表面黏著技術(SMT)為主的封裝型式。在消費性產品及可攜式電子產品時代來臨後，對封裝技術要求更高，因而高腳數的 BGA(Ball Grid Array)成為市場主流。

目前台灣封裝測試業在上游在景氣影響下，受到不小衝擊。目前封裝業平均產能利用率只達百分之五十。且國內自有 IC 產品除部分先進產品之測試留在設計公司與製造廠內進行外，幾乎都在國內從事封裝測試；因此，近年來封裝營收來自國內的訂單在五成左右，測試則約六成。在內在環境打擊下，國外環境亦不見好轉，受到晶圓代工產能利用率因國內晶圓代工廠關閉 8 吋廠的影響下，封裝業訂單下降。且 DRAM 價格因市場飽和下跌，廠商急於降低成本使得封裝業者更是雪上加霜。目前封裝業產值在 2002 年為 2788 百萬美元，成長率為 8.5%；測試業營收估計為 935 億台幣，成長率為 38.1%。

### 三、理論基礎

#### (一) 研究發展資本存量之估計

在估計研發遞延估計方面，基於研發資本存量估計之理論基礎在於分析企業

投在研究發展方面效益之持續性，討論研發是否俱備資產的性質。通常研發投資一方面可以增加銷貨收入另一方面可以減少成本；而銷貨收入扣除成本後則為盈餘，可以同時考慮二種不同的財務效果。基於盈餘可分為營業與非營業盈餘二部份，本研究僅考慮營業盈餘部份，以稅前營餘作為研發效益之變數。根據 Sougiannis(1994)、Lev and Sougiannis(1996)之盈餘迴歸式，本研究將本期盈餘作為前一期固定資產總額，前一期營業成本以及當期與前四期研究支出函數。迴歸式如下：

$$BE_{i,t} = a + c(COST_{i,t-1} / K) + \sum_{k=0}^4 d_k (RD_{i,t-k} / K) + e_{i,t} \quad (1)$$

BE：(營業收入+當期研究發展支出)

K:固定資產總額

COST：營業成本

RD<sub>t-k</sub>: k 期以前之研發費用

i：第 i 家公司，i=1,2...I

t：第 t 期，t=1、2...T。

k：第 k 期，k=1、2...K。

上式之營業盈餘(BE)扣除當期研發成本前的數值作為應變數，基於研發成本在會計上列為當期費用，所以營餘已扣除該項當期支出，故在測試前期研發、營業成本對本期之影響時，需扣除前之營業盈餘較能有效衡量研發效益。

根據 Lev and Sougiannis(1996)，第(1)式有以下之計量問題，迴歸時為控制公

司規模影響及降低異質變異數問題，可以用公司規模變數作平減，而本研究以固定資產總額作為平減變數。另外，盈餘迴歸式中，若公司研發支出歷年相對穩定且俱自我相關(Autocorrelation)，則會產生共線性(Multicollinearity)之問題，則可假設參數以某種簡化型態面結構變化加以克服。本研究根據 Lev and Sougiannis(1996)，以 Almon 遞減方法(Almon lag procedure,1965)來估計研發支出遞延期數，且不會喪失太多自由度。利用此方式，可以求得研發支出遞延係數，作為研發支出资本化並攤銷的依據，來估計研發資本的存量。

## (二) 效率模型-SFA

依 Battese and Coelli (1995) 考慮縱橫資料 (panel data) 的隨機邊界生產函數之模式可設為： $Y_{it} = f(X_{it}; t, \beta) + \varepsilon_{it}$ ，若設  $f(X_{it}; t, \beta) = \exp(X_{it}\beta)$  及  $\varepsilon_{it} = \exp(E_{it})$ ，我們可得：

$$Y_{it} = \exp(X_{it}\beta + E_{it}) \quad (2)$$

$$E_{it} = V_{it} - U_{it} \quad (3)$$

$$U_{it} = Z_{it}\delta + W_{it} \quad (4)$$

此處的：

$Y_{it}$ ：為第 i 個公司在第 t 期的產出觀察值；

$X_{it}$ ：為第 i 個公司在第 t 期之下 k 個不同投入要素觀察值；

$\beta$ ：須估算的未知參數；

$V_{it}$ ：為第 i 個公司在第 t 期生產過程的隨機誤差；

$U_{it}$ ：為第 i 個公司在第 t 期生產過程的技術無效率之非負隨機變數；

$Z_{it}$ ：為個別產業技術無效率外生解釋變數觀察值；

$\delta$ ：為無效率外生解釋變數未知係數；

$W_{it}$ ：為第  $i$  個公司在第  $t$  期技術無效率的隨機誤差；

$V_{it}$  與  $U_{it}$  為獨立不相關；其中  $i=1,2,3,\dots,N$  及  $t=1,2,3,\dots,T$ 。

上述 (2) 式為設定的隨機邊界生產函數，(3) 式為組合誤差項，表實際產出與潛在最大產出之差異，(4) 式為技術無效率效果，同時此效果是由一組外生的解釋變數 ( $Z_{it}$ ) 與隨機誤差項 ( $W_{it}$ ) 組成。由於  $U_{it}$  是受限於非負值，即  $W_{it} \geq -Z_{it}\delta$ ，並且隨不同時點與不同公司而變動。在本文分析中，假設  $V_{it}$  呈常態分配  $N(0, \sigma_v^2)$  與  $W_{it}$  呈截斷性常態分配  $N(\mu_w, \sigma_w^2)$ 。在 (2) 式中的參數  $\beta$ ， $\delta$ ， $\sigma_v^2$ ， $\mu_w$  及  $\sigma_w^2$  之估計值，可利用 Newton-Raphson 或其它非線性反覆求解法求出。

依據邊界生產函數模式，如此第  $i$  個公司第  $t$  期之技術效率值為：

$$TE_{it} = \exp(-U_{it}) = \exp(-Z_{it}\delta - W_{it}) \quad \text{且 } 0 \leq TE_{it} \leq 1 \quad (5)$$

其中  $0 \leq TE_{it} \leq 1$ 。若無  $U_{it} = Z_{it}\delta + W_{it}$  之假設， $E_{it} = V_{it} - U_{it}$ ，將使  $U_{it}$  不能直接觀察到，一般以條件期望值來替代第  $i$  個公司在第  $t$  期之技術效率值，即

$$TE_{it}(EFF) = E[\exp(-U_{it}) | E_{it}] \quad \text{且 } 0 \leq TE_{it}(EFF) \leq 1 \quad (6)$$

### (三) 生產力變動模型

生產理論中有關技術效率(Farrell,1957)乃奠基在生產技術不改變的前提下，衡量 DMU 之產出投入離生產邊界(production frontier)之程度；並所估計出之效率指標作為評估公司生產績效的標準。然而，若將時間因素納入，亦即

考慮多期模型，生產技術可能發生變動(又稱技術變動，係指生產邊界的移動)。因此，在評估公司生產效率時必須將生產技術的變動也納入分析。換句話說，DMU 的生產力的變動應包含效率的變動與技術的變動。由於效率變動與技術變動之性質迥異，故實務上，宜加以區分。為了瞭解同一 DMU 在不同期間中其技術變遷與總要素生產力 (Total Factor Productivity; 以下簡稱 TFP) 之關係，本文利用 SFA 生產力指數來衡量 DMU 多期間其生產力成長之情形。

## 1 SFA 效率變動指標

Battese、Prasada Rao and Coelli (1998) 由 (6) 式，則 SFA 的效率變動指標 (Efficiency change; SFA-EFFCH) 可表示為：

$$SFA - EFFCH = \frac{TE_{i(t+1)}}{TE_{it}} \quad t=1,2,\dots,T \quad (7)$$

若 SFA-EFFCH > 1 代表受評估公司效率改善；SFA-EFFCH < 1，則代表受評估公司效率惡化。而此效率變動表示公司管理方法的優劣與管理階層決策的正確與否，當效率惡化時，表示管理方式與管理階層的決策不當直接的使效率惡化；反之，當管理方式與決策得當時我們所求出的效率是大於一的。

## 2 SFA 技術變動指標

依據 Coelli (1998) 衡量公司之技術進步與退化，定義一個 SFA 的技術變動指標 (Technical change; SFA-TECH) 可表示為：

$$SFA - TECH = \left\{ \left[ 1 + \frac{\partial f(X_{i(t+1)}, (t+1), \beta)}{\partial (t+1)} \right] * \left[ 1 + \frac{\partial f(X_{it}, t, \beta)}{\partial t} \right] \right\}^{\frac{1}{2}} \quad (8)$$

若 SFA-TECH > 1，代表受評估公司技術進步 (Technical Progress)；SFA-TECH < 1，則代表受評估公司技術退化 (Technical Regress)。

#### (四) SFA 生產力變動指標

由 Färe, Grosskopf、Linolgren and Ross (FGLR,1989)的 Malmquist 生產力指標概念將 TFP 變動指標分成效率變動指標(efficiency change, EFFCH)及技術效率變動指數(technical change, TECH)兩部分。亦即  $TFPCH = EFFCH * TECH$ 。我們可將 (7) 與 (8) 兩項指標相乘, 可得由 SFA 來測量的總生產要素生產力 (Total Factor Productivity; TFP) 變動指標 (SFA-TFPCH) 可由下式表示:

$$\begin{aligned} SFA-TFPCH &= (SFA-EFFCH) * (SFA-TECH) \\ &= \frac{TE_{i(t+1)}}{TE_{it}} * \left\{ \left[ 1 + \frac{\partial f(X_{i(t+1)}, (t+1), \beta)}{\partial(t+1)} \right] * \left[ 1 + \frac{\partial f(X_{it}, t, \beta)}{\partial t} \right] \right\}^{0.5} \end{aligned} \quad (9)$$

若  $SFA-TFPCH > 1$ , 代表受評估公司生產力有改善;  $SFA-TFPCH < 1$ , 代表受評估公司生產力降低。

#### 四、資料與變數

竹科園區產業分為積體電路產業、電腦及週邊產業、通訊產業、光電產業、精密機械產業及生物科技產業等六大產業;積體電路產業又可依上、中、下游區分成晶片製造產業、電路設計產業、其它產業等三項細分類產業。本文所使用之資料是竹科管理局所提供的 1993 年-2000 年統計資料;其中 1993 年、1994 年、1995 年、1997 年、1998、1999 年及 2000 年為園區管理局配合經濟部工廠校正暨營運調查資料, 1996 年是將行政院主計處工商普查資料。本文為了使生產邊界敏感性變動程度降到最低, 我們刪除投入產出變數為零的不合理數值, 因此, 本文積體電路產業之縱橫樣本資料總數為 400 筆, 每年之樣本數均不同, 2000 年之樣本最多共有 84 個廠商。電路設計產業中 8 年合計有 193 筆



資料最多,而晶片製造產業中 8 年來僅 100 筆資料,園區積體電路產業 1993 年-2000 年研究有效樣本數如下表 3。

表 3 竹科積體電路產業 1993 年-2000 年樣本數統計表

年度	積體電路	晶片製造(1)	電路設計(2)	其它產業(3)
1993	28	10	10	8
1994	35	10	15	10
1995	37	11	17	9
1996	39	10	17	12
1997	56	14	27	15
1998	57	15	27	15
1999	64	16	31	17
2000	84	14	49	21
合計	400	100	193	107

資料來源：本研究自行整理。

本文使用之產出項為當年度 DMU 實質附加價值 (VADD) 一種；投入項為當年度 DMU 員工人數 ( $L$ )、當年度 DMU 實質固定資本額 ( $K$ ) 及當年度 DMU 之調整後 R&D ( $ARD$ ) 四種，其述統計值如下表 4。

亦因廠商特性( $S$ )而有不同,故其及生產函數可描寫如下：

$$Q=F(L,K,ARD,S) \quad (10)$$

竹科的積體電路廠商 (S) 特性,則包含設廠年齡 (AGE)、購買技術支出 (TD)、及各產業別變數 D1 (晶片製造產業)、D2 (電路設計產業)、D3 (封裝製造產業、晶圓製品產業、光罩製作產業及測試服務產業)。另外,依科學工業園區設置管理條例第三條例所稱科學工業,係指經核准在園區內創設製造及研究發展高級術工業產品之事業。區內廠商之投資計畫須能配合我國工業之發展、且能使用或能培養較多之本國科學技術人員,並具有相當之研究實驗儀器設備,鑑此,廠商之研究發展支出是竹科廠商之必要投入要素,並加以攤銷調整後的研發支出(ARD)為投入變數。因此,本文將(10)式改寫為(11)式,並將本文研究使用之投入與產出變數定義如下表 4; 本文使用之投入與產出變數敘述統計值如下表 5。

$$Q=F(L,K,ARD,S(AGE,TD,D1,D2,D3)) \quad (11)$$

表 4 研究使用變數定義表

變數代號	變數名稱	單位
Q	積體電路廠商實質附加價值	仟元
L	積體電路廠商員工人數	人
K	積體電路廠商實質固定資本額	仟元
ARD	積體電路廠商使用之調整後實質 R&D 支出	仟元
AGE	積體電路廠商成立時間至今已有幾年	年
TD	積體電路廠商有購買技術支出之虛擬變數	購買 1; 不購買 0
D <sub>1</sub>	積體電路廠商屬於晶片製造產業之虛擬變數	屬於 1; 不屬於 0
D <sub>2</sub>	積體電路廠商屬於電路設計產業之虛擬變數	屬於 1; 不屬於 0
D <sub>3</sub>	積體電路廠商屬於其它產業之虛擬變數	屬於 1; 不屬於 0

資料來源：本研究自行整理

表 5 投入產出變數之定義及敘述統計值

產業別	統計量	VADD	L	K	ARD
積體電路(0)	平均數	3460057	702	8407742	665267
	中位數	606549	218	609460	140612
	最大值	142163471	14636	207005370	13589431
	最小值	7104	12	2860	239
	標準差	12012078	1446	22718666	1566127
晶片製造(1)	平均數	11963240	2101	29605525	2093413
	中位數	4979782	1521	19133879	970042
	最大值	142163471	14636	207005370	13589431
	最小值	105570	49	72695	9448
	標準差	22832241	2472	38524870	2738400
電路設計(2)	平均數	750264	195	1283338	275779
	中位數	295076	95	146394	155705
	最大值	11480360	1448	77716932	2463870
	最小值	7104	20	2860	7165
	標準差	1277297	263	7309374	387445
其它產業(3)	平均數	1046612	423	3112103	131728
	中位數	596218	323	1432372	77645
	最大值	6732929	1438	35469504	787606
	最小值	16875	12	6092	239
	標準差	1221544	336	4953761	171437

資料來源：本研究自行整理。

## 五、實證模型設定與結果

### (一) R&D 資本存量之估計

表 6 為估計 1997、1998、1999 及 2000 年研發資本，所作之調整後營業盈餘對當期與前 4 期研發支出之橫斷面迴歸分析，可測試研發效益遞延實現情形，以取得研發支出资本化與攤銷之依據。本文根據實證結果將當年研發支出资本化後，再於研發支出後第 1 至 4 年以研發平均收益貢獻比重作為攤銷率，估算 1997、1998、1999 及 2000 年各公司研發資本存量。表 6 公司調整後營業盈餘迴歸式橫斷面分析

年度	變數名稱	a	c	d0	d1	d2	d3	d4	判定係數	調整判定係數
1997	係數	-0.7948	1.4824	-0.5155	1.7305	-3.2639	2.6946	-1.8709	0.9735	0.9710
	標準差	0.6623	0.0518	0.5691	0.9380	2.0270	2.8123	1.6423		
	攤銷比率			-2.5679	0.5175	0.3783	0.8848	-0.4863		
1998	係數	-1.0412	16.5055	-0.7941	2.0061	-5.6401	0.4312	4.4793	0.7603	0.7351
	標準差	0.8512	2.1841	1.3904	2.9129	3.1978	2.0359	2.9587		
	攤銷比率			-3.9560	0.6000	0.6537	0.1416	1.1642		
1999	係數	0.1213	2.4539	0.3140	0.0617	-0.6260	0.4973	-2.0374	0.9917	0.9907
	標準差	0.2184	0.0493	0.3215	0.4370	0.2635	0.8221	1.7868		
	攤銷比率			1.5643	0.0185	0.0725	0.1633	-0.5295		
2000	係數	-0.0892	2.3379	1.1963	-0.4545	0.9014	-0.5775	3.2766	0.9928	0.9919
	標準差	0.3374	0.0935	0.3606	0.3640	0.7431	1.9928	4.1805		
	攤銷比率			5.9597	-0.1359	-0.1045	-0.1896	0.8516		

$$\text{模型: } BE_{i,t} = a + c(COST_{i,t-1} / K) + \sum_{k=0}^4 d_k (RD_{i,t-k} / K) + e_{i,t}$$

BE: (營業收入+當期研究發展支出)

K: 固定資產總額

COST: 營業成本

RD<sub>t-k</sub>: k 期以前之研發費用

$$\text{第 } k \text{ 年之攤銷比率} = \frac{d_k}{\sum_{k=0}^4 d_k}$$

## (二) SFA 生產效率實證模型

假設竹科 IC 產業之 DMU 均有相同的隨機生產邊界函數，在本文採用

Panel Translog 之隨機生產邊界函數，其函數型態式可設為：

$$\begin{aligned} \ln V_{it} = & \beta_0 + \beta_1(\ln L_{it}) + \beta_2(\ln K_{it}) + \beta_3(\ln ARD_{it}) \\ & + \beta_4(\ln L_{it})^2 + \beta_5(\ln K_{it})^2 + \beta_6(\ln ARD_{it})^2 \\ & + \beta_7(\ln L_{it})(\ln K_{it}) + \beta_8(\ln L_{it})(\ln ARD_{it}) + \beta_9(\ln K_{it})(\ln ARD_{it}) \\ & + \beta_{10}(\ln L_{it})T_{it} + \beta_{11}(\ln K_{it})T_{it} + \beta_{12}(\ln ARD_{it})T_{it} \\ & + \beta_{13}(T_{it}) + \beta_{14}(T_{it})^2 + V_{it} - U_{it}, \\ U_i = & \delta_0 + \delta_1(AGE_{it}) + \delta_2(TD_{it}) + \delta_3(D_{1t}) + \delta_4(D_{2t}) + \delta_5(D_{3t}) + W_{it} \end{aligned} \quad (12)$$

## (三) SFA 生產效率實證結果分析

### 1 SFA-生產效率值

本節利用 Coelli (1996) 的 FRONTIER Version 4.1 使用最大概似法來估算 (12) 式所設定竹科積體電路產業之 Translog 隨機生產邊界函數 (stochastic frontier production function) 的型態，估算結果列於表 7。由表 7 所推估之係數勞動與資本對產出值為非線性的顯著且正面的影響，意即增加這些變數的投入

量將使產出及生產效率增加。  $\gamma = \frac{\sigma^2}{\sigma_s^2} = 0.9122$  表示總無效率中由人為可控

制之無效率所佔之比率為 91.122.00%；而隨機無效率所佔之比率為 8.778%，

代表受評估單位的生產無效率可改善之空間相當大。

表 7 竹科積體電路產業 1997-2000 年 SFA 函數參數估計值

變數	參數	估計係數	標準差	t值	顯著水準
常數項	$\beta_0$	4.7659	1.9779	2.4096	**
Ln L	$\beta_1$	-0.0502	0.7327	-0.0686	
Ln K	$\beta_2$	0.5297	0.4273	1.2397	
Ln ARD	$\beta_3$	0.0763	0.2864	0.2666	
(Ln L)(Ln L)	$\beta_4$	0.0901	0.1088	0.8279	
(Ln K)(Ln K)	$\beta_5$	0.0672	0.0262	2.5668	**
(Ln ARD)(Ln ARD)	$\beta_6$	0.0776	0.0206	3.7568	***
(Ln L)(Ln K)	$\beta_7$	-0.1097	0.0956	-1.1478	
(Ln L)(Ln ARD)	$\beta_8$	0.0785	0.0703	1.1177	
(Ln K)(Ln ARD)	$\beta_9$	-0.1334	0.0390	-3.4159	***
(Ln L)T	$\beta_{10}$	0.1035	0.0727	1.4235	
(Ln K)T	$\beta_{11}$	-0.0329	0.0381	-0.8624	
(Ln ARD)T	$\beta_{12}$	-0.0571	0.0305	-1.8706	*
T	$\beta_{13}$	0.0766	0.3373	0.2272	
T <sup>2</sup>	$\beta_{14}$	0.0867	0.0413	2.1013	**
常數項	$\delta_0$	-2.8884	1.6858	-1.7133	*
AGE	$\delta_1$	-0.2649	0.1275	-2.0783	**
TD	$\delta_2$	-0.3316	0.4718	-0.7028	
D1	$\delta_3$	1.3008	0.8142	1.5975	
D2	$\delta_4$	0.4592	0.6158	0.7457	
D3	$\delta_5$	-4.6484	2.3891	-1.9456	*
Sigma-squared	$\sigma_s^2$	2.6992	0.9371	2.8805	
Gamma	$\gamma$	0.9122	0.0301	30.3139	
log likelihood function				-237.3861	
LR test of the one-sided error				26.7831	

註：\*\*\*表示  $\alpha=1\%$  的顯著水準；\*\*表示  $\alpha=5\%$  的顯著水準；\*表示  $\alpha=10\%$  的顯著水準

資料來源：本研究自行整理。

表 8 竹科積體電路產業 1997-2000 年 SFA 生產效率統計表

產業	統計量	TE	TE <sub>1997</sub>	TE <sub>1998</sub>	TE <sub>1999</sub>	TE <sub>2000</sub>
積體電路(0)	平均數	0.6984	0.7015	0.7230	0.6827	0.6902
	中位數	0.7429	0.7291	0.7698	0.7257	0.7526
	最大值	0.9024	0.8868	0.9024	0.8773	0.8790
	最小值	0.0351	0.2954	0.2422	0.0857	0.0351
	標準差	0.1556	0.1259	0.1438	0.1579	0.1826
晶片製造(1)	平均數	0.6633	0.6558	0.6545	0.6312	0.7211
	中位數	0.7127	0.6629	0.7289	0.6722	0.7457
	最大值	0.8611	0.7896	0.8423	0.8611	0.8529
	最小值	0.0857	0.3265	0.2422	0.0857	0.5065
	標準差	0.1664	0.1266	0.1891	0.2095	0.1116
電路設計(2)	平均數	0.6660	0.6801	0.7094	0.6525	0.6377
	中位數	0.7084	0.7065	0.7367	0.6614	0.7054
	最大值	0.8922	0.8501	0.8922	0.8737	0.8778
	最小值	0.0351	0.2954	0.3793	0.2422	0.0351
	標準差	0.1632	0.1341	0.1285	0.1405	0.2100
其它產業(3)	平均數	0.7934	0.7825	0.8160	0.7861	0.7903
	中位數	0.8049	0.7919	0.8186	0.8025	0.8096
	最大值	0.9024	0.8868	0.9024	0.8773	0.8790
	最小值	0.5265	0.6561	0.7366	0.6160	0.5265
	標準差	0.0685	0.0631	0.0404	0.0650	0.0933

資料來源：本研究自行整理。

## 2 SFA-生產力變動指標值

本節根據 (7)、(8) 及 (9) 式的設定來計算 SFA 的 EFFCH、TECH 及 TFPCH 之結果列於表 9，竹科積體電路產業 1997-2000 年 TFPCH、EFFCH 及 TECH 三種指標趨勢圖列於圖 3。竹科積體電路產業 1997-2000 年產業別 TFPCH 指標趨勢圖列於圖 4。因此造成 1997-2000 年竹科積體電路產業生產力變動來自於效率變動。竹科積體電路產業的 TFPCH 指標 1997-2000 年，均大於 1 代表生產力有改善，但呈現先下降後上升的趨勢，晶片製造產業之 TFPCH 指標大於電路設計產業及其它產業，代表晶片製造產業的生產力改善較電路設計產業及其它產業為高。

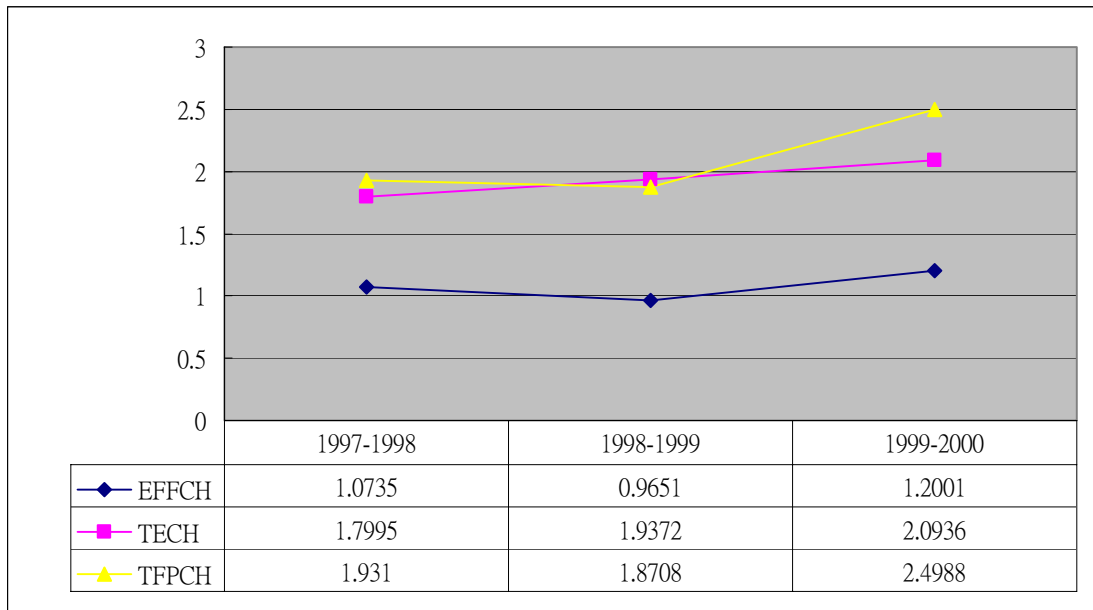


表 9 竹科積體電路產業 1997-2000 年 SFA 平均生產力變動統計表

產業	生產力指標	BASE	1997-1998	1998-1999	1999-2000
積體電路(0)	EFFCH	1.0000	1.0735	0.9651	1.2001
	TECH	1.0000	1.7995	1.9372	2.0936
	TFPCH	1.0000	1.9310	1.8708	2.4988
晶片製造(1)	EFFCH	1.0000	1.0917	1.0285	1.7983
	TECH	1.0000	1.7995	1.9321	2.0920
	TFPCH	1.0000	1.9693	1.9853	3.6991
電路設計(2)	EFFCH	1.0000	1.0841	0.9129	1.0413
	TECH	1.0000	1.7702	1.9116	2.0736
	TFPCH	1.0000	1.9176	1.7468	2.1588
其它產業(3)	EFFCH	1.0000	1.0292	0.9904	1.0351
	TECH	1.0000	1.8628	1.9882	2.1499
	TFPCH	1.0000	1.9152	1.9695	2.2257

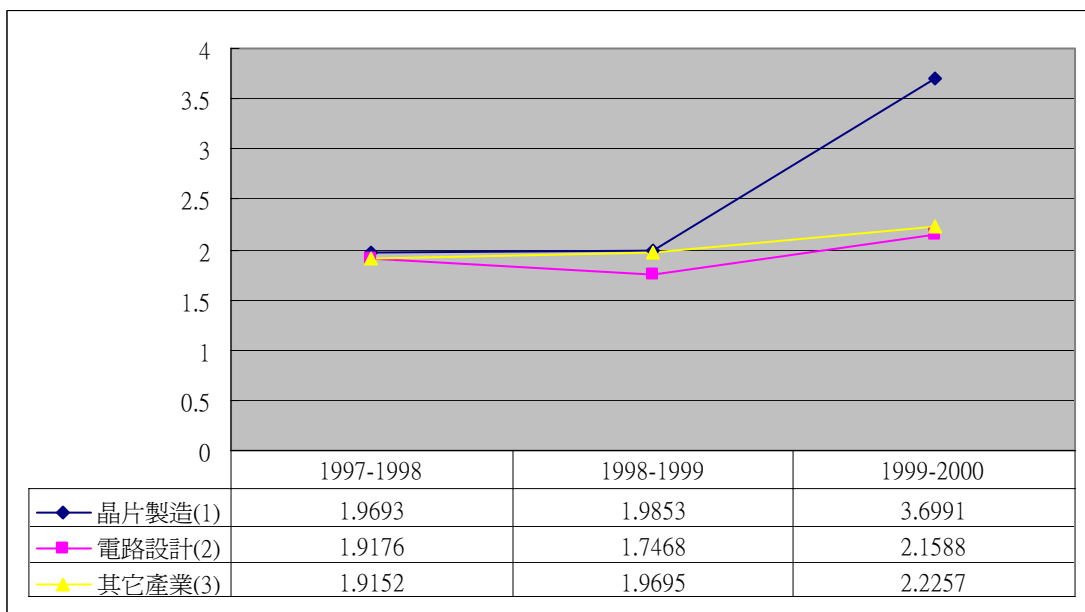
資料來源：本研究自行整理。

圖 3 竹科積體電路產業 1997-2000 年三種 SFA 生產力指標趨勢圖



資料來源：本研究自行整理

圖 4 竹科積體電路產業 1997-2000 年總要素生產力指標趨勢圖(產業別)



資料來源：本研究自行整理

## 六、結語

本文利用了 SFA 來測量的生產力指標，衡量了竹科積體電路產業在 1997 年至 2000 年的 SFA 之生產效率值，以及測度了總生產要素生產力、技術進步及效率跨期變動狀況。根據研究結果造成 1997-2000 年竹科積體電路產業生產力變動來自於效率變動。竹科積體電路產業的 TFPCH 指標 1997-2000 年，均大於 1 代表生產力有改善，但呈現先下降後上升的趨勢，晶片製造產業之 TFPCH 指標大於電路設計產業及其它產業，代表晶片製造產業的生產力改善較電路設計產業及其它產業為高。

## 參考文獻

工研院電子所(2000)「半導體工業年鑑」。

史欽泰(2001)，(台灣 IC 產業的發展史與未來展望)，《科技發展政策報導月刊》。

李文福 (1989)，(台灣製造業生產力的再探討-技術進步生產技術效率與生產規模)，《台灣銀行季刊》，第 40 卷第 4 期。

李文福、王媛慧 (1998)(台灣地區公私立醫學中心與區域醫院生產力變動之研究--無母數 Malmquist 指數之應用)，《經濟論文》，26：3，243-269。

馬維揚 (1998)，(台灣高科技產業發展之實證研究。《台北：華泰文化》。

傅祖壇 (1994)，(要素固定性，對偶成本邊界函數及生產效率之衡量—台灣毛豬農場之實證)，《經濟論文叢刊》，22:4，451-475。

傅祖壇、詹滿色 (1992)，(記帳農家之技術效率及差異來源探討—多種隨

機性生產邊界模型之應用),《中國農村經濟年刊》,創刊號,39-69。

傅祖壇、詹滿色、劉錦添(1992),《生產邊界估計方法、函數型式與個別農場技術效率---台灣稻作與果樹農場之實證》,《經濟論文叢刊》,20: 2, 29--153。

黃旭男(1993)《資料包絡分析法使用程序之研究及其在非營利組織效率評估上之應用》,《國立交通大學管理科學研究所博士論文》。

楊永列(2000)《新竹科學園區廠商效率與生產力變動之研究》,《東吳大學經濟學研究所博士論文》。

顏旭良(1998)《高科技產業經營績效評估與其資源配置特性研究-以新竹科學工業園區為例》,《成功大學企業管理研究所碩士論文》。

李文福、王媛慧(2003)《台灣高科技產業動態經營效率之研究》,《2003 產業經濟研討會》。

張順教(2003)「高科技產業經濟分析」。

Aigner, D.J., C.A.K. Lovell and P. Schmidt (1977), "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models", *Journal of Econometrics*, 6, 21-37.

Banker, R.D., A. Charnes and W.W. Cooper (1984), "Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiency in Data Envelopment Analysis", *Management Science*, 30(9), 1078-1092.

Battese, G.E. and T.J. Coelli (1995), "A Model for Technical Inefficiency Effects in a Stochastic Frontier Production Function for Panel Data", *Empirical Economics*, 20(2), 325-32.

Bregman , A., M. Fuss and H. Regev (1991), “High Tech and productivity Evidence from Israeli industrial firms ”, *European Economics Reviews*, 35, 1199-1221.

Caves, D. W., L. R. Christensen and W. E. Diewert (1982), “The Economic Theory of Index Numbers of the Measurement of Input, Output and Productivity”, *Econometrica*, 50, 1393-1414.

Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes (1978), “Measuring the Efficiency of Decision Making Units”, *European Journal of Operational Research*, 2(6), 429-444.

Coelli, T.J. (1996), “A Guide to DEAP Version 2.0:A Data Envelopment Analysis (Computer) Program”, CEPA Working Paper 96/08, Department of Econometrics, University of New England Armidale.

Fare, R., S. Grosskopf, B.Lindgren and P.Roos (1989), “Productivity Developments in Swedish Hospitals: A Malmquist Output Index Approach, ” in A. Charnes, W.W. Cooper, A.Y. Lewin, and L.M. Seiford (eds.), *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Boston: Kluwer Academic Publishers, 1994.

Farrell, M. J. (1957), “The Measurement of Productive Efficiency, ” *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, General* 120 , Part 3, 253-281.

Malmquist, S. (1953), “Index Numbers and Indifference Surfaces, ” *Trabajos de Esatistica*, 4, 209-242.

Shephard, R.W. (1970), “Theory of Cost and Production Functions, ” Princeton, N. J.: Princeton University Press.