

企業內多廠區間營運效率之研究－應用資料包絡分析法

A Study on the Operational Performance of Multi-plants Inside the Industry －Application of Data Envelopment Analysis

黃允成¹ 薛丞凱²

摘要

半導體產業在我國經濟發展中一直佔有關鍵性的地位，其中以半導體封裝產業在廠區的分佈與人力的使用上較其他半導體產業來得高。然而面對全球半導體封裝產業的競爭，如何在有限的資源下，發揮最有效率的營運成果，使資源的整合更有效率，已經是國內半導體產業經營的重點項目之一。

本研究以個案公司為例，以個案公司內之製造廠區為營運績效表現的受評決策單位，分別以加權單位成本、瓶頸機台數以及總員工人數為投入項；以銷貨金額與銷貨淨利為產出項，藉由蒐集個案公司過去投入項與產出項的營運資料，運用資料包絡分析法，進行製造廠區間的營運效率分析。經本研究利用 DEA-Solver 軟體進行效率分析之結果，找出製造廠區在各項效率表現的優劣勢，再針對不具效率之製造廠區提出經營改善的方向。最後，彙整本研究之結論，提供個案公司營運決策之參考，藉以提升製造廠區營運效率，落實製造廠區之管理功能，以強化個案公司體質。

關鍵詞：半導體產業、資料包絡分析法、營運效率分析、DEA-Solver

Abstracts

The development of the semiconductor-related industries has been playing a critical role on the economic growth of Taiwan. Among all the manufacturers in these semiconductor-related industries, those in the assembly business have relatively higher demands on the operating manpower and facilities. As a result, how to integrate the limited resources in a more effective manner in order to achieve the best organizational performance has been one of the most important business goals of all the semiconductor manufacturers in Taiwan.

In this study a semiconductor manufacturer with multiple operating factories was selected as the research site. Each operating factory of the manufacturer was considered an independent decision making unit for the performance analysis. The performance analysis of an individual factory was conducted using the method of "Data Envelopment Analysis" in which the weighted operating costs, critical number of machines, and total number of employees were used as input variables, while the sales revenue and net profit were used as output variables. The software tool of DEA-Solver was used to perform the indicated performance analysis in order to examine the strengths and weaknesses of the business operations of each of the manufacturing factories. The analysis results were then used to provide suggestions for improving the operating performance of the factories. To conclude, it is proposed that this study has contributed to the participating company by providing it with insightful and practical suggestions that could help it improve the effectiveness and efficiency of its operations and management practices, and in turn enhance its organizational integrity.

¹國立屏東科技大學工業管理所教授

²國立屏東科技大學工業管理所

Keywords : Semiconductor-related Industries、Data Envelopment Analysis、Performance Analysis、DEA-Solver

1. 前言

近年來資訊產品的發展隨著人類的需求不斷地演進與創新，造就資訊科技中最基本且重要的元件—積體電路(Integrated Circuit, IC)，一直保持相當重要的地位。在半導體各項次產業中(IC 設計、IC 製造、IC 封裝及 IC 測試)，台灣的 IC 封裝產業，在全球半導體封裝產值的佔有率雖逐漸增加，但因為半導體封裝業的勞力密集度最高，廠區間產品與製程技術不同以及產能擴充需求分布較多且廣，管理上的困難性較高。基於上述原因，對於 IC 封裝產業的高階管理者而言，所掌管廠區之營運績效表現，該如何有效衡量，提出客觀的營運管理建議，以期加強半導體封裝產業內部競爭力與增加營運獲利，是目前管理者十分重視的一環。

在產業界中衡量績效的方法如比例分析法、加權平均法、變異數分析法等，皆只能針對單項指標的績效進行評比，若要針對多項指標進行綜合性評估時，容易受決策者主觀意見對權重的影響或是利用數學期望值估計，使得績效衡量的結果較不客觀。在過去企業營運績效的研究中，資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)經常被提出使用，藉由蒐集受評決策單位(Decision Making Units, DMUs)在過去一段時間中，所投入與產出之歷史資料進行客觀性效率評估，並協助決策者找出相對無效率之受評單位，提出改善建議。此外，亦可延伸於效率變動的觀察、組織目標設定以及營運策略的擬定等。資料包絡法運用至今，其受評對象的範圍很廣，除了一般營利事業組織之外，非營利組織或政府部門等效率評估亦可適用。

因此，本研究將針對半導體封裝產業內部多個製造廠區之間的生產績效進行探討，蒐集各個廠區過去各項投入與產出營運相關資料，並利用 DEA 績效衡量工具進行運算與分析。綜合以上所述，歸納出本研究目的有兩點，首先是提供企業內部多個廠區之間，營運績效評比之管理依據，其次是針對各廠區不具備 DEA 效率之投入或產出項目提出改善建議。

2. 文獻探討

2.1 資料包絡分析法

資料包絡分析法的理論最早是由 Charnes, Cooper 及 Rhodes 於 1978 年提出，其主要的論點是由經濟學上包絡線(Envelopment)原理演變而來的，主要的衡量項目，除了效率(Efficiency)之外，還包含了效能(Performance)，是目前績效衡量的工具中，少數可以同時衡量效率與效能的工具之一。效率一詞的產生，最早是由物理學領域所提出，後來逐漸應用於工程學中，最後演變至今成為各行各業或是學術理論中不可或缺的衡量基礎。效率的評比可用一個簡單的公式表達： $E=O/I$ ，其中 E 代表效率(Efficiency)，O 代表產出(Output)，I 則代表投入(Input)。效率的意義，表達的是一種為了達成某項目標，投入資源與獲得產出之間的關係。而效能一詞，其代表的意義，是對於組織設定目標的達成程度，所以效率與效能所代表的績效是不同的，有可能效率高但是效能達不到，或是雖然效率低但是都可滿足效能，舉例來說，設備的運作效率有 85%，但是組織投入資源目標僅可滿足該設備 70%效率，所以以生產角度來看，設備的生產效能 100%達成，但是設備的效率仍在 85%。

2.2 DEA 理論文獻

本研究將 DEA 使用模式區分為基本模式與延伸模式，並彙整 DEA 模式使用上的相關資訊如表 1 所示。

表 1 DEA 模式彙整表

DEA 模式	學者	功能	使用時機
基本模式	CCR 模式	Charnes, Cooper and Rhodes (1978) 1. 探討受評決策單位整體效率表現 2. 參考群體分析 3. 差額變數分析	1. 多項投入與多項產出指標之綜合評比 2. 需要客觀性與彈性較大的效率衡量 3. 希望透由分析結果提供改善方向與建議
	BCC 模式	Banker, Charnes and Cooper (1984) 1. 探討受評決策單位投入資源使用率表現狀況 2. 參考群體分析 3. 差額變數分析	
	規模效率模式	Banker, Charnes and Cooper (1984) 探討受評決策單位是否處於最適規模下生產	
延伸模式	確定範圍模式 (AR Model)	Thompson <i>et al.</i> (1986) 同基本模式 (CCR 模式、BCC 模式、規模效率模式)	1. 同基本模式使用時機 2. 當衡量之投入項與產出項指標權重對於受評單位很重要 3. 可以有效訂定出權重界線
	非控制變數模式 (NCN Model)	Banker and Morey (1986) 同基本模式 (CCR 模式、BCC 模式、規模效率模式)	1. 同基本模式使用時機 2. 當衡量之投入項與產出項指標具有不可控制之變數時

資料來源：本研究整理

2.3 DEA 應用文獻

Thore *et al.* (1996) 利用 CCR 模式與 BCC 模式，針對美國 1981~1990 年 44 家電腦公司的營運績效進行評估。在績效指標部份，投入項選取直接成本、間接成本、勞動力、固定資產、資金以及研究費用；產出項選取營業額、稅前盈餘以及市場佔有率。其研究的結果有效地衡量美國 44 家電腦公司的營運績效，並且確認生產效率與產品週期的關聯性。

Yunos and Hawdon (1997) 利用 CCR 模式，進行馬來西亞政府評估 1987 年 27 個國民生產毛額在 1500~2800 美元的發展中國家，其電子公用事業公司之經營績效。在績效指標部分，投入項選取設置成本、勞動力、總系統損失及公共因素；產出項則選取產品數量。其研究結果提供馬來西亞政府與其他發展中國家電子產業的比較，並進一步了解馬來西亞國內電子產業營運績效，獲得無效率產業改善的方向與幅度。

Giokas and Pentzaroulos (2000) 利用 CCR 模式與 BCC 模式，評估 1998 年希臘 36 家電信中心營運績效。在績效指標部份，投入項選取技術人員、非技術人員、顧問及設置網路數量；產出項選取營業額與電話線路數。其研究結果指出有 15 家電信中心具有總體效率，另外，在規模報酬率方面，有 7 家具有固定規模報酬，11 家為遞減規模報酬，18 家為遞增規模報酬，最後針對營運效率不佳之電信中心提出改善建議。

陳禹彰(1995)利用 CCR 模式及 BCC 模式，分析我國八十二年度工業區之生產效率，並配合差額變數及敏感度分析，期望能提供決策者擬定全盤性工業區未來發展之參考。在績效指標部份，投入項選取土地、員工人數及資本額；產出項則選取營業額總數。其研究的結果發現轉型後之加工出口區、科學園區與一般加工出口區的差異，以高雄臨海工業區為效率最佳，且其研究結果可提供高雄成為亞太營運中心有利之佐證。

黃亭瑜(2001)利用 CCR 模式與 BCC 模式，針對 1988~1989 年國內五大民營行動電話業者，進行企業績效評估。在績效指標部份，投入面選取固定資產與員工人數；產出面則選擇營業淨利。其研究結果發現全區經營的電信業者皆為相對有效率之企業，而相對無效率之企業，多半是因為規模無效率所導致。

韓慧林(2004)採用 CCR 模式與 BCC 模式，探討台灣地區前 57 大半導體產業的經營績效。研究區分兩個階段進行，在第一階段的績效指標部份，投入項選取股東權益、資產總額與員工人數；產出項選取營業收入與稅後純益。而第二階段之績效指標部份，投入項選取營業收入與稅後純益；產出項則選擇獲利率與員工產值。其研究結果呈現出第一階段與第二階段具固定報酬規模之企業，其次再針對變動報酬規模效率進行第一階段與第二階段具效率之企業。

綜合以上文獻可得知，利用 DEA 進行績效評估的研究數量至今已經累積不少，但仍存在下列三點研究不足之處：

- 1.大部分 DEA 研究對象多以單一產業多個受評企業或是多個產業多個受評企業為主，而考量同一企業內多廠區的營運績效研究卻不常見。
- 2.有相當多的研究認為 DEA 是績效評估較佳之工具，但往往偏重於企業經營或非營利事業經營方面，應用於實務製造面的研究較為缺乏。
- 3.將 DEA 績效分析工具納入工廠的生產管理工具之一，持續地探討分析結果與提供管理建議，在過去的研究中較為少見。

3. 研究

3.1 DEA 分析流程

過去學者運用 DEA 分析法，進行受評單位之績效衡量與分析時，主要分析架構可歸納有以下五點：(1)定義與選擇 DMUs。(2)選擇適當的投入與產出變數。(3)選擇效率分析模式。(4)進行營運績效分析，並說明其代表之管理涵義。(5)提出結論與建議。

在投入與產出變數選擇，由於 Bowlin(1987)提出，DEA 分析之投入項、產出項與 DMUs 之間選取數量的經驗法則，其主要理論為 DMUs 的個數至少應為投入項與產出項個數總和的二倍以上，目的在於避免過多的變項將會稀釋各個 DMUs 之間的差異性，導致效率分析不具敏感，而失去分析結果的準確性。因此當選取的投入項與產出項個數總合多於受評單位個數時，可利用相關性分析，進行第二步驟篩選，選取相關性較高之變數作為分析使用。

至於 DEA 分析軟體選取的部分，孫遜(2004)提出針對 DEA 軟體使用上的五項評選準則：資料管理、模式選擇、視覺功能、解答分析及報告產生，進行目前常用的 DEA 分析軟體(Frontier Analyst、DEA-Solver、IDEAS、OnFront 及 Warwick-DEA)在應用上的優先權分析。其研究結果顯示，DEA-Solver 為最佳，Frontier Analyst 為次之。因此本研究採用 DEA-Solver 軟體作為 DEA 效率之運算。

3.2 研究設計

3.2.1 決策單位的選擇

本研究之探討主題為企業內多廠區間營運效率分析，因此在受評單位的選擇上不同於過去研究中以企業為主，而是以企業內部的製造廠區為受評決策單位。選取製造廠區作為決策單位，不但可符合同一企業內之廠區外，也滿足 DEA 分析中受評決策單位須具備同質性高的要求。所謂同質性高的意義就是須具備相同的營運目標、工作性質與經營環境，而且各個受評單位的投入項與產出項目皆為相同。

3.2.2 投入與產出變數的選取

Roll et al.(1989)提出，DEA 在應用上可利用多項投入與多項產出指標來進行效率的分析，但不同的投入項與產出項對於研究的結果可能會有所影響，或是呈現不同的管理涵義。為求投入與產出變項較具公信力，提出變數選取之三項原則：首先是參考過去文獻所探討的投入與產出變項、其次是研究對象之組織管理目標，最後則為資料的可獲得性，並依據上述原則進行相關資料的蒐集。

基於 Bowlin(1987)提出的經驗法則，受評決策單位個數至少需為投入項與產出項個數總和的兩倍以上，以避免效率分析結果失真。而企業內部之廠區擴建數目，往往受限於資金、策略或市場需求等因素，內部之廠區數目不一定皆可滿足所有投入與產出項個數兩倍以上，因此當無法將所有變數進行分析時，就需要更進一步利用相關性分析篩選出較具影響力之變數進行研究。

3.2.3 效率分析模式建立

在 DEA 效率分析模式的選取中，因延伸模式的使用時機並不適用於本研究探討內容，如以下二點說明：

- 1.以確定範圍模式(AR Model)而言：因為權重的範圍設定容易受專家主觀認定，而影響分析結果，在本研究中無法有效訂定出合理的权重範圍。舉例來說廠區內的專家即為高階管理者，在考量各個廠區的管理者可能會以對自身廠區有益的前提設定权重範圍，故不採用確定範圍模式。
- 2.以非控制變數模式(NCN Model)而言：本研究所探討之投入項與產出項皆為可控之變數，因此非控制變數模式並不適用。

如上述所提及，故本研究將以 DEA 基本模式為個案研究公司效率分析之基礎，以下將針對基本模式中之 CCR 模式為例進行說明如下：

(1)符號定義：

P ：表示一生產可能集合(Production Possibility set)；

j ：表示性質相同的受評決策單位(DMU)之個數， $j=1,2,\dots,n$ ，共有 n 個；

i ：表示有 i 個投入變數， $i=1,2,\dots,m$ ，共有 m 個；

r ：表示有 r 個產出變數， $r=1,2,\dots,s$ ，共有 s 個；

k ：表示欲評出之第 k 個受評決策單位(DMU)；

x_{ij} ：表示第 j 個 DMU 中第 i 個投入項變數值；

y_{rj} ：表示第 j 個 DMU 中第 r 個產出項變數值；

v_i ：表示第 i 個投入項變數之權重值；

u_r ：表示第 r 個產出項變數之權重值；

h_k ：表示第 k 個 DMU 的效率值；

θ ：表示所欲評估的第 k 個 DMU 與所有 DMUs 的相對效率值；

S_i^- ：表示第 i 個投入項之差額變數(Slack Variable)；

S_r^+ ：表示第 r 個產出項之差額變數(Slack Variable)；

λ_j ：表示第 j 個 DMU 之權重值；

ε ：表示非阿基米德常數，為極小的正數；

(2)推導過程：

假設有一生產可能集合(P)，其中 P 有 n 個性質相同(homogeneous)的 DMU(Decision Making Unit, DMU)，每一個 $DMU_j(j=1,2,3,\dots,n)$ 使用 m 項投入 $x_i(i=1,2,3,\dots,m)$ ， s 項產出 $y_r(r=1,2,3,\dots,s)$ 。欲求出第 k 個 DMU(以 DMU_k 表示)的效率，則 CCR 模式整體效率可由下列分式規劃表示。

$$\text{Max} \quad h_k = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \quad (3-1)$$

$$\text{s.t.} \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1 \quad , j = 1,2,3,\dots,n \quad (3-2)$$

$$u_r \geq 0 \quad , r = 1,2,3,\dots,s \quad (3-3)$$

$$v_i \geq 0 \quad , i = 1,2,3,\dots,m \quad (3-4)$$

公式(3-1)表示目標函數，為評估第 k 個受評單位之整體效率，因效率的基本公式=Output/Input，故以加權分式規劃表達整體效率之目標函數。公式(3-2)表示效率值的限制式，因效率值最理想的定義為投入多少單位則可以產出多少單位，且產出的單位不可能多於投入的單位，所以效率值之上限為 1。而公式(3-3)及(3-4)則表示非負限制，其用意在於避免投入項與產出項之權重值產生負值。然而分式規劃在求解的運算上比較困難，且容易產生無窮多解的情況。因此需將分式規劃模式修正為線性規劃，首先令(3-1)式目標函數之分母值為 1，可得出(3-5)式與限制式(3-6)式，再將(3-2)式之不等式左右端同乘上分母值後調整，可得(3-7)式，最後非負限制之不等式，限制至少須大於非阿基米德常數(ε)，因非阿基米德常數為一個極小之正數，所以可以確保投入項或產出項的權重為大於零的正值。故轉換後之線性規劃模式為：

$$\text{Max} \quad h_k = \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} \quad (3-5)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1 \quad (3-6)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad , j = 1,2,3,\dots,n \quad (3-7)$$

$$u_r \geq \varepsilon \geq 0 \quad , r = 1,2,3,\dots,s \quad (3-8)$$

$$v_i \geq \varepsilon \geq 0 \quad , i = 1,2,3,\dots,m \quad (3-9)$$

由分式規劃轉換成線性規劃之後，已經可以進行計算求解。不過因為限制式的個數有 $m+s+n+1$ 項，而變數的個數只有 $m+s$ 個，在這樣的狀況容易使計算耗時，不具效率，因此 Charnes, Cooper and Rhodes 三位學者利用對偶理論(Dual)，除了可減少限制式的個數，讓計算更有效率之外，也可以藉由對偶轉換後得到差額變數，進行效率改善的分析。故經對偶轉換後可得以下模式：

$$\text{Min} \quad \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m S_i^- + \sum_{r=1}^s S_r^+ \right) \quad (3-10)$$

$$\text{s.t.} \quad \theta x_{ik} - \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} - S_i^- = 0 \quad , i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (3-11)$$

$$y_{rk} = \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - S_r^+ \quad , r = 1, 2, 3, \dots, s \quad (3-12)$$

$$\lambda_j, S_i^-, S_r^+ \geq 0 \quad , j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3-13)$$

$$, i = 1, 2, 3, \dots, m$$

$$, r = 1, 2, 3, \dots, s$$

假設有一無效率之 DMU_k，其投入值與產出值分別為(x_k, y_k)，若要改善其效率值，在投入項部分，可以減少過多的 S_i⁻投入，而在產出項部分，可以增加短缺的 S_r⁺產出。淨投入與淨產出改善建議值分別以(Δx_k, Δy_k)表示，其值可由下列式子求得；Δx_k=x_k-(θx_k-S_i⁻)=(1-θ)x_k+S_i⁻；Δy_k=S_r⁺。因此對於無整體效率之 DMU_k，其投入效率邊界投射值=投入值-淨投入改善建議值；產出效率邊界投射值=產出值+淨產出改善建議值，如以下不等式所示：

$$x_k^* = x_k - \Delta x_k = \theta x_k - S_i^- \leq x_k$$

$$y_k^* = y_k + \Delta y_k = y_k + S_r^+ \geq y_k$$

4. 多廠區效率分析個案研究

4.1 個案公司研究設計

4.1.1 決策單位的選擇

本研究以半導體封裝產業為受評母體，並且以個案研究公司內的製造廠區為受評決策單位。個案研究公司共計有十座廠區，在本研究中將分別以 A 廠、B 廠、C 廠、…、I 廠、J 廠之代碼表示。

4.1.2 投入與產出變數的選取

在考量研究方法所提到的變數選取三原則，以及相關係數篩選之後，本研究所選取之投入與產出變數分別如表 2 所示。

表 2 投入與產出變數定義表

變數符號	變數說明	變數類別	單位	定義
x ₁	加權單位成本	投入項	NT\$/顆	受評廠區內生產各項產品單位成本的加權平均值。加權值採取每月生產比重值。
x ₂	瓶頸機台數	投入項	台	受評廠區中瓶頸站 (W/B, Wire Bonder) 之總機台數。
x ₃	總員工人數	投入項	人	受評廠區之總員工人數 (包含直接與間接人員)。
y ₁	銷貨金額	產出項	KNT\$	受評廠區每月將產品銷售給下游客戶之營業額。
y ₂	銷貨淨利	產出項	KNT\$	受評廠區每月將產品銷售給下游客戶之營業額扣除各項成本支出後, 所得之實際收益。

資料來源：本研究整理

4.2 月營運效率分析

本研究受評估對象共計有十個廠區(A 廠、B 廠、C 廠、...、J 廠, n=10), 投入項變數有三個(i=1,2,3), 分別為 x₁: 加權單位成本、x₂: 瓶頸機台數、x₃: 總員工人數, 產出項變數有二個(r=1,2), 分別為 y₁: 銷貨金額、y₂: 銷貨淨利。利用 DEA-Solver 軟體協助, 以 DEA 基本模式(整體效率、技術效率、規模效率、差額變數分析以及參考群體分析), 分析個案研究公司中, 各個受評廠區在 2006 年 1 月~2007 年 3 月份之間的營運效率分析結果, 如表 3~表 5 所示。

表 3 2006 年 1 月~2007 年 3 月各廠區整體效率表現

月份	A廠	B廠	C廠	D廠	E廠	F廠	G廠	H廠	I廠	J廠
2006/01	0.444	0.847	0.852	0.614	1.000	0.880	0.579	1.000	1.000	1.000
2006/02	0.557	0.735	0.735	0.634	1.000	1.000	0.614	1.000	1.000	1.000
2006/03	0.644	0.738	0.743	0.690	1.000	1.000	0.684	1.000	1.000	1.000
2006/04	0.823	0.889	0.886	0.588	0.915	0.962	0.750	1.000	1.000	1.000
2006/05	0.850	0.995	1.000	0.651	0.694	0.881	0.680	1.000	1.000	1.000
2006/06	0.772	0.833	0.843	0.648	0.650	0.968	0.651	1.000	1.000	0.924
2006/07	0.853	0.960	0.977	0.688	0.692	0.907	0.847	1.000	1.000	0.959
2006/08	0.736	0.848	0.843	0.747	0.744	0.920	0.652	1.000	1.000	1.000
2006/09	0.582	0.818	0.998	0.689	1.000	0.992	0.679	1.000	1.000	1.000
2006/10	0.901	0.789	0.705	0.517	1.000	0.906	0.605	1.000	1.000	0.970
2006/11	0.330	0.758	0.912	0.236	0.603	1.000	0.690	1.000	0.987	1.000
2006/12	0.703	0.870	0.881	0.742	0.845	0.815	0.536	1.000	1.000	0.957
2007/01	0.646	0.727	0.895	0.463	0.656	1.000	0.682	1.000	1.000	0.861
2007/02	0.630	0.885	0.979	0.669	0.587	1.000	0.806	1.000	1.000	1.000
2007/03	0.633	0.832	1.000	0.572	0.534	1.000	0.680	1.000	1.000	1.000

資料來源：本研究整理

由表 3 可得知, H 廠之整體效率表現在這 15 個月中, 皆呈現相對具有效率, 而 I 廠僅在於 2006 年 11 月份未達整體效率, 其他月份皆達相對效率, J 廠則在 2006 年 6 月、7 月、10 月、12 月以及 2007 年 1 月未達整體效率, 其他月份皆達相對效率。另外對於 C 廠而言, 僅有 2006 年 5 月及 2007 年 3 月具有效率, E 廠為 2006 年 1 月、2

月、3月、9月及10月具有效率，F廠則為2006年2月、3月、11月及2007年1月、2月、3月具有效率，其他月份皆不具備效率。表現相對較差的廠別為A廠、B廠、D廠及G廠，這些廠區在這15個月中，皆無具備整體效率較佳之表現。

然而，當受評廠區未達整體效率時，無充分的資訊可顯示出不具備整體效率之受評廠區或是月份，是因為資源的運用效率不佳的影響，或是該廠區未處於最適生產規模所造成的影響，因此接下來需進行技術效率以及規模效率的分析，如表4及表5所示。

表4 2006年1月~2007年3月各廠區技術效率表現

月份	A廠	B廠	C廠	D廠	E廠	F廠	G廠	H廠	I廠	J廠
2006/01	0.729	0.974	0.989	1.000	1.000	0.900	0.729	1.000	1.000	1.000
2006/02	0.740	0.862	0.882	1.000	1.000	1.000	0.749	1.000	1.000	1.000
2006/03	0.825	0.878	0.904	1.000	1.000	1.000	0.811	1.000	1.000	1.000
2006/04	0.945	1.000	1.000	1.000	1.000	0.966	0.874	1.000	1.000	1.000
2006/05	1.000	0.997	1.000	1.000	1.000	0.889	0.779	1.000	1.000	1.000
2006/06	1.000	0.979	1.000	1.000	1.000	0.973	0.807	1.000	1.000	1.000
2006/07	1.000	0.988	1.000	1.000	0.912	0.908	0.939	1.000	1.000	1.000
2006/08	0.889	1.000	1.000	1.000	1.000	0.930	0.793	1.000	1.000	1.000
2006/09	0.650	0.837	1.000	1.000	1.000	0.992	0.685	1.000	1.000	1.000
2006/10	0.927	0.880	0.805	1.000	1.000	0.914	0.686	1.000	1.000	1.000
2006/11	0.648	0.896	1.000	1.000	1.000	1.000	0.859	1.000	1.000	1.000
2006/12	0.903	0.992	1.000	1.000	1.000	0.832	0.689	1.000	1.000	1.000
2007/01	0.887	0.880	1.000	1.000	1.000	1.000	0.855	1.000	1.000	1.000
2007/02	0.935	0.943	1.000	1.000	1.000	1.000	0.893	1.000	1.000	1.000
2007/03	0.958	0.918	1.000	1.000	1.000	1.000	0.813	1.000	1.000	1.000

資料來源：本研究整理

由表4可得知，D廠、H廠、I廠及J廠在這15個月中皆具有技術效率的表現，也就是在資源的運用上，是具有相對較佳的效率。從表3與表4中亦可得知，D廠及I廠在2006年11月未達整體效率與J廠在2006年6月、7月、10月、12月及2007年1月未達整體效率之原因，並非資源的運用效率不佳所引起，而是規模過剩所引起；A廠在2006年5月~7月與B廠在2006年4月及8月不具備整體效率的原因，也是由於規模過剩所引起；C廠非技術效率不佳而影響整體效率的月份有9個(分別為2006年4月、6月、7月、8月、9月、11月、12月及2007年1月與2月)；E廠非技術效率不佳而影響整體效率的月份亦有9個(分別為2006年4月、5月、6月、8月、11月、12月及2007年1月、2月、3月)；F廠非技術效率不佳而影響整體效率的月份有6個(分別為2006年2月、3月、11月及2007年1月、2月、3月)；最後以G廠為技術表現相對最差的廠區，在這15個月中並無有效運用其投入資源。

由表5與表4可得知，G廠在這15個月中，整體效率表現不佳的原因包含資源利用率不佳與生產規模過剩之影響；D廠在技術效率的表現相對較佳，但是生產規模過剩情況最為嚴重，達規模效率70%以上僅有在2006年8月與12月發生，而規模效率最低則於2006年11月發生(僅有0.236)，因此導致D廠的整體效率表現相對最差；A廠在2006年5月~7月與B廠在2006年4月及8月不具備整體效率的原因，是由於規模過剩所引起之外，其他月份則為投入資源運用效率不佳與生產規模過剩所影響；C廠、E廠、F廠除了表4中所提到非技術效率不佳影響整體效率之月份外，其他不具備整體效率之月份亦為資源運用效率不佳與生產規模過剩造成的結果。

表 5 2006 年 1 月~2007 年 3 月各廠區規模效率表現

月份	A廠	B廠	C廠	D廠	E廠	F廠	G廠	H廠	I廠	J廠
2006/01	0.444	0.847	0.852	0.614	1.000	0.880	0.579	1.000	1.000	1.000
2006/02	0.557	0.735	0.735	0.634	1.000	1.000	0.614	1.000	1.000	1.000
2006/03	0.644	0.738	0.743	0.690	1.000	1.000	0.684	1.000	1.000	1.000
2006/04	0.823	0.889	0.886	0.588	0.915	0.962	0.750	1.000	1.000	1.000
2006/05	0.850	0.995	1.000	0.651	0.694	0.881	0.680	1.000	1.000	1.000
2006/06	0.772	0.833	0.843	0.648	0.650	0.968	0.651	1.000	1.000	0.924
2006/07	0.853	0.960	0.977	0.688	0.692	0.907	0.847	1.000	1.000	0.959
2006/08	0.736	0.848	0.843	0.747	0.744	0.920	0.652	1.000	1.000	1.000
2006/09	0.582	0.818	0.998	0.689	1.000	0.992	0.679	1.000	1.000	1.000
2006/10	0.901	0.789	0.705	0.517	1.000	0.906	0.605	1.000	1.000	0.970
2006/11	0.330	0.758	0.912	0.236	0.603	1.000	0.690	1.000	0.987	1.000
2006/12	0.703	0.870	0.881	0.742	0.845	0.815	0.536	1.000	1.000	0.957
2007/01	0.646	0.727	0.895	0.463	0.656	1.000	0.682	1.000	1.000	0.861
2007/02	0.630	0.885	0.979	0.669	0.587	1.000	0.806	1.000	1.000	1.000
2007/03	0.633	0.832	1.000	0.572	0.534	1.000	0.680	1.000	1.000	1.000

資料來源：本研究整理

本研究除了針對個案公司各廠區每個月份營運相對效率探討之外，也對於各廠區每月效率表現的穩定度進行探討，以便了解受評廠區效率表現相對較佳時，是因為持續性表現都很好，或是因為高低起伏大，將效率值拉至一定水準，因此彙整各廠區效率表現之標準差，如表 6 所示。可得知在整體效率方面，A 廠、D 廠及 E 廠的穩定度較差而且效率表現也較差，C 廠的穩定性雖然也較差，但是效率表現屬於中等，可推知 C 廠的效率表現是因為起伏較大，讓效率值可維持一定水準。其次在技術效率的表現上，以 A 廠的起伏狀況最大，其他廠區的表現起伏較不大，技術效率的表現也較佳。最後在規模效率部分，則以 A 廠、D 廠及 E 廠的穩定度較差，無法保持一定的效率水準，在管理面上需多加注意是否有外在的影響或是廠區內部的管理出了問題。

表 6 各廠區營運相對效率標準差

DMUs	A廠	B廠	C廠	D廠	E廠	F廠	G廠	H廠	I廠	J廠
整體效率 (Standard Deviation)	0.158	0.079	0.099	0.129	0.168	0.060	0.081	0.000	0.003	0.040
技術效率 (Standard Deviation)	0.122	0.059	0.060	0.000	0.023	0.054	0.079	0.000	0.000	0.000
規模效率 (Standard Deviation)	0.120	0.055	0.066	0.129	0.166	0.007	0.056	0.000	0.003	0.040

資料來源：本研究整理

將 2006 年 1 月~2007 年 3 月各廠區在這 15 個月三項效率指標匯整成總表，如表 7 所示。可得知：

1. 整體效率的表現上：僅有 H 廠具有 CCR 效率(效率值為 1)，即為整體表現具有效率，而整體無效率之受評廠區以 A 廠(0.674)、D 廠(0.610)、G 廠(0.676)及 E 廠(0.795)的整體效率較差，可改善幅度較大，其餘受評廠區則皆達 0.8 以上。另外，I 廠因為在 2006 年 11 月未達效率(0.987)，其餘月份皆達效率，因此影響整體相對效率未達 1(0.999)，較為可惜。整體效率表現優劣順序為 H 廠>I 廠>J 廠>F 廠>C 廠>B 廠>E 廠>G 廠>A 廠>D 廠。

表 7 個案公司各廠營運相對效率總表

DMUs	A廠	B廠	C廠	D廠	E廠	F廠	G廠	H廠	I廠	J廠
整體效率	0.674	0.835	0.883	0.610	0.795	0.949	0.676	1.000	0.999	0.978
技術效率	0.869	0.935	0.972	1.000	0.994	0.954	0.797	1.000	1.000	1.000
規模效率	0.775	0.893	0.909	0.610	0.799	0.995	0.847	1.000	0.999	0.978

資料來源：本研究整理

2. 技術效率的表現上：有 D 廠、H 廠、I 廠及 J 廠具有 BCC 效率(效率值為 1)，表示這些受評廠區在投入資源上，有充分地運用，而技術無效率之受評廠區除了 G 廠(0.797)之外，其餘受評廠區則皆達 0.8 以上，可得知在技術效率表現上，各個受評廠區的表現普遍較佳。技術效率表現優劣順序為 D 廠=H 廠=I 廠=J 廠>E 廠>C 廠>F 廠>B 廠>A 廠>G 廠。
3. 規模效率的表現上：僅 H 廠具有規模效率(效率值為 1)，表示 H 廠目前是在最適規模下進行生產，也就是固定規模報酬，規模無效率之受評廠區以 A 廠(0.775)、D 廠(0.610)及 E 廠(0.799)的規模效率較差，可改善空間幅度較大，其餘受評廠區則皆達 0.8 以上。規模效率表現優劣順序為 H 廠>I 廠>F 廠>J 廠>C 廠>B 廠>G 廠>E 廠>A 廠>D 廠。

4.3 參考群體分析

依據 DEA-Solver 軟體執行之結果，整體效率與技術效率的參考群體分析如表 8 所示。可得知在整體效率部分：H 廠作為其他廠區無整體效率廠區參考目標的次數為最高(97 次)，而 I 廠次之(46 次)，由此可得知，H 廠與 I 廠對於個案公司的營運貢獻度最高。再來依序為 F 廠(18 次)、E 廠(6 次)、J 廠(6 次)、C 廠(4 次)，其餘受評廠區在整體效率表現上沒有可供其他廠區參考之表現。在技術效率部分：H 廠作為其他廠區無技術效率廠區參考目標的次數為最高(45 次)，而各受評廠區在技術效率的表現上，較整體效率而言較佳，除了 A 廠及 G 廠被參考次數為 0 之外，其他受評廠區皆有成為參考群體之表現。

表 8 參考群體分析表

DMUs	A廠	B廠	C廠	D廠	E廠	F廠	G廠	H廠	I廠	J廠
整體效率 (總參考次數)	0	0	4	0	6	18	0	97	46	6
技術效率 (總參考次數)	0	2	29	29	31	6	0	45	36	2

資料來源：本研究整理

4.4 差額變數分析

經過營運效率分析之後，為了解無效率受評廠區需要減少多少單位投入或是增加多少單位產出，才可具備效率，因此進行差額變數分析。以整體效率為例，其差額變數分析表如表 9 所示。

表 9 整體效率改善目標與幅度表

DMUs		投入項			產出項	
		加權單位成本 (NT\$/類)	瓶頸機台數 (台)	總員工人數 (人)	銷貨金額 (KNT\$)	銷貨淨利 (KNT\$)
A廠	改善前	7.58	444	821	195,382	38,490
	改善後	7.58	429	771	195,382	46,061
	差額分析改善建議	0.00	-15.40	-49.82	0.00	7,570.71
	改善幅度(%) (註1)	0.00%	-3.47%	-6.07%	0.00%	19.67%
B廠	改善前	13.83	478	856	306,089	68,837
	改善後	13.83	467	856	306,089	78,056
	差額分析改善建議	0.00	-10.25	0.00	0.00	9,218.54
	改善幅度(%)	0.00%	-2.15%	0.00%	0.00%	13.39%
C廠	改善前	12.92	491	798	301,417	108,678
	改善後	12.92	477	798	301,417	112,969
	差額分析改善建議	0.00	-14.64	0.00	0.00	4,290.63
	改善幅度(%)	0.00%	-2.98%	0.00%	0.00%	3.95%
D廠	改善前	7.42	150	435	95,128	30,602
	改善後	5.81	150	406	95,128	32,960
	差額分析改善建議	-1.61	0.00	-29.25	0.00	2,358.21
	改善幅度(%)	-21.74%	0.00%	-6.73%	0.00%	7.71%
E廠	改善前	4.69	203	597	137,563	29,485
	改善後	4.41	202	526	137,563	32,695
	差額分析改善建議	-0.28	-1.78	-70.94	0.00	3,209.97
	改善幅度(%)	-5.97%	-0.87%	-11.89%	0.00%	10.89%
F廠	改善前	37.53	860	1,216	588,207	134,376
	改善後	37.53	844	1,216	588,207	143,542
	差額分析改善建議	0.00	-15.37	0.00	0.00	9,166.76
	改善幅度(%)	0.00%	-1.79%	0.00%	0.00%	6.82%
G廠	改善前	15.88	451	947	275,513	70,241
	改善後	15.88	448	947	275,513	78,005
	差額分析改善建議	0.00	-2.75	0.00	0.00	7,764.56
	改善幅度(%)	0.00%	-0.61%	0.00%	0.00%	11.05%
H廠	改善前	23.21	834	2,201	877,316	513,323
	改善後	23.21	834	2,201	877,316	513,323
	差額分析改善建議	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	改善幅度(%)	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
I廠	改善前	42.49	577	909	520,065	227,600
	改善後	41.77	576	909	520,065	227,600
	差額分析改善建議	-0.73	-1.19	0.00	0.00	0.00
	改善幅度(%)	-1.72%	-0.21%	0.00%	0.00%	0.00%
J廠	改善前	94.37	875	1,370	802,700	214,754
	改善後	83.73	875	1,370	802,700	219,673
	差額分析改善建議	-10.63	0.00	0.00	0.00	4,918.34
	改善幅度(%)	-11.27%	0.00%	0.00%	0.00%	2.29%

資料來源：本研究整理

註 1：改善幅度(%)=(改善後 - 改善前之數值之差距) / 改善前數值*100%

以 A 廠為例，若要達到整體效率，在產出項指標固定不變之下，需減少 15~16 台瓶頸機台數及減少 50 位員工，方可達成相對有效率；在投入項指標固定不變之下，則需增加 7570.71KNT\$銷貨淨利；以 D 廠為例，在產出項指標固定不變之下，需減少加權單位成本約 1.61 元及減少 30 位員工，方可達成相對有效率；在投入項指標固定不變之下，則需增加 2358.21KNT\$銷貨淨利。其他受評單位以此類推。

然而單純利用差額變數分析之結果，雖可得知不具效率之受評廠區建議改善的指標與調整值，但對管理者而言無法呈現出差額變數的改善值對於該廠區之調整幅度，可由表 9 的改善幅度欄位看出，受評廠區在整體效率改善目標與幅度值之間的關係，如以下五點說明：

1. 加權單位成本：以 D 廠表現最不理想，改善幅度最高(21.74%)，其次為 J 廠(11.27%)。
2. 瓶頸機台數：以 A 廠表現較不理想，改善幅度為(3.47%)，其次為 C 廠(2.98%)。
3. 總員工人數：以 E 廠表現最不理想，改善幅度為(11.89%)，其次為 D 廠(6.73%)。
4. 銷貨金額：分析結果並無受評廠區需進行調整。

5.銷貨淨利：以 A 廠表現最不理想，改善幅度最高(19.67%)，其次為 B 廠(13.39%)。

4.5 效率分析總結

利用 DEA 基本模式分析個案研究公司內十座製造廠區，在 2006 年 1 月~2007 年 3 月份的營運效率表現結果，將其歸納為以下四點：

- 1.受評廠區整體效率表現：H 廠達最適生產規模，在資源的運用與生產規模皆具有效率，其他受評廠區則不具整體效率，且屬於遞增規模報酬。在不具效率之廠區中，以 D 廠、E 廠、I 廠及 J 廠有單位成本投入過高的情形；A 廠、B 廠、C 廠、E 廠、F 廠、G 廠及 I 廠有瓶頸機台投入過多的情形；A 廠、D 廠及 E 廠則有員工使用過多的浪費。
- 2.受評廠區資源運用表現：有四座廠(D 廠、H 廠、I 廠及 J 廠)在投入資源的使用上有充分應用，其他六座廠則不具技術效率。在不具技術效率的廠區中，以 E 廠有單位成本浪費的情形；A 廠、B 廠、C 廠、F 廠及 G 廠則有瓶頸機台沒有充分運用的浪費；A 廠及 E 廠則有員工工作負荷較少之情況。
- 3.個案研究公司效率分析結果建議：
 - (1)生產規模不足之建議：個案公司已成立 20 年以上的時間，在資源運用上的表現成熟穩定，而生產規模上普遍未達最適規模，因此建議決策者在客戶訂單的選擇方面，做出調配動作，避免各廠區的生產規模不足，影響個案公司之營運效率。
 - (2)本研究分析中發現，A 廠、D 廠、G 廠的整體效率表現皆低於 80%，經實際了解，其封裝 IC 產品屬於製程低階、產品投入量不穩定以及產品獲利能力低，因此建議個案公司評估將廠區轉型的可能性，以提升廠區的營運貢獻。
- 4.受評廠區整體效率分佈：在個案公司資料蒐集期間，十個受評廠區在效率區間分佈次數，總計有 $15(\text{月}) \times 10(\text{廠}) = 150$ 筆資料，其中在整體效率上達 90% 以上有 70 筆，佔 46.7%，表示個案公司在營運效率表現上仍有改善空間。

5. 結論與建議

5.1 結論

半導體封裝產業發展至今，一直是科技產業中備受關注的焦點之一，也因為資訊科技多元化的發展，帶動市場需求的提昇，半導體封裝產業的生產規模隨之不斷地擴大。然而，當產業不斷地為了市場需求擴充規模的同時，是否會注意到各個廠區間資源的有效投入與產出規模之間相對地生產效率。以往在業界中對於多個製造廠區的績效評估方式，多半較難提出綜合性評比與明確的改善建議。資料包絡法的理論的提出已經行之有年，但對於企業內部製造廠區間的營運效率分析仍較為少見。因此本研究以半導體產業中的封裝產業作為研究對象，利用資料包絡法之理論以及 DEA-Solver 軟體計算，進行多廠區間營運績效探討。綜合上述，本研究歸納出以下五點結論：

- 1.透過 DEA 績效分析研究，可讓具有多廠區之企業瞭解到並非生產指標達成即為有效率，仍須探討廠區間資源運用狀況與生產規模的適當性，否則即使生產指標達成，對企業而言仍有資源浪費的情況發生。
- 2.經實證研究發現，DEA 方法不但可運用於非營利事業或企業之間的營運分析，亦適用於企業內多廠區之間的效率分析，並可做為多廠區營運績效之比較基礎。
- 3.在個案公司逐月效率分析中可發現，A 廠在整體效率、技術效率與規模效率的表現皆屬於不穩定狀態，在管理層面上應當特別注意該廠之營運；而 E 廠的規模效率穩定性是各廠中最差的，主要因素是生產規模投入變動所影響。

- 4.由半導體封裝產業之個案公司研究結果發現，該公司 H 廠具有相對較佳之營運效率，因為其技術效率與規模效率值皆具有效率，相對而言表現也最為穩定。
- 5.由實際各廠區分析結果發現，效率表現不佳之廠別為 D 廠，雖然其各月份之表現較為穩定，但是其主要因素為生產規模普遍過剩所致。

5.2 未來研究方向

資料包絡分析法的運用範圍很廣泛，但是應用於生產實務上的研究較不多見，經本研究將其運用於生產製造上的營運績效之後，對於後續研究者在資料包絡分析法的實務應用，提出以下四點建議：

- 1.本研究主要探討對象為半導體封裝產業中的製造廠區，其探討對象亦適用於其他多廠區型態之企業。
- 2.本研究以廠區為受評決策單位，基於生產實務上的應用，建議後續研究者亦可針對同一類型生產設備間的稼動效率進行探討。
- 3.本研究未探討投入項與產出項組合變化對效率的影響，當受評決策單位的投入項與產出項組合改變時，相對效率的值會因而有所變動，可呈現不同的結果與建議，後續研究者可針對此項進行探討。
- 4.本研究所使用的投入項與產出項指標皆為可量化數值，若可探討定性指標與定量指標之間對於整體效率的影響程度，並提出改善建議，亦可為後續研究者加以研究與探討之主題。

參考文獻

1. 陳禹彰(1995)，「台灣地區工業區生產效率之評估研究—資料包絡分析法的應用」，中山大學公共事務管理研究所碩士論文。
2. 陳慧滢(2000)，「科學園區主要產業的相對效率之衡量」，產業論壇，第 2 卷，第 1 期，135-146 頁。
3. 孫遜(2004)，「資料包絡分析法—理論與應用」，初版，揚智文化事業有限公司。
4. 薄喬萍(2005)，「績效評估之資料包絡分析法」，初版，五南文化出版社。
5. 韓慧林(2004)，「台灣地區半導體業績評估」，管理研究學報，第 1 卷，第 4 期，71-89 頁。
6. Banker, R. D., Charnes, A., Cooper, W. W., and Schinnar, A. P.(1981), "Bi-external Principle for Frontier Estimation and Efficiency Evaluations," *Management Science*, Vol.27, NO.12, pp.1370-1382.
7. Banker, R. D., Charnes, A., Cooper, W. W.(1982), "Some Models for Estimation Technical and Scale Inefficiency in Data Envelopment Analysis," *Management Science*, Vol.30, NO.9, pp.1078-1092.
8. Banker, R. D., Morey, R. C.(1986), "Efficiency Analysis for Exogenously Fixed Inputs and Outputs," *Operational Research*, Vol.34, pp.513-521.
9. Bowlin, W. F.(1987), "Evaluating the Efficiency of U.S. Air Force Real-property Maintenance Activities," *Journal of Operational Research Society*, Vol.38, NO.2, pp.127-135.
10. Charnes, A., Cooper, W. W., and Rhodes, E.L.(1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units," *European Journal of Operational Research*, Vol.2, NO.6, pp.429-444.

11. Charnes, A., Cooper, W. W.(1984), "The Non-Archimedean CCR ratio for Efficiency analysis : A rejoinder to Boyd and Fare," *European Journal of Operational Research*, Vol.15, pp.333-334.
12. Farrell, M. J.(1957), "The Measurement of Productive Efficiency," *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, General*, Vol.120, Part3, pp.253-281.
13. Giokas, I. D., and Pentzaropoulos, G. C.(2000), "Efficient Storage Allocation for processing in Backlog-controlled Queueing Networks Using Multicriteria techniques," *European Journal of Operational Research*, Vol.124, NO.3, pp.539-549.
14. Lewin, A. Y., Morey, R. C., Cook, T. J.(1982), "Evaluation the Administrative Efficiency of Courts," *Omega*, Vol.10, NO.4, pp.401-411.
15. Roll, Y., Golany, B., and Seroussy, D.(1989), "Measuring the Efficiency of Maintenance Units in the Israeli Air Force," *European Journal of Operational Research*, Vol.43, NO.2, pp.136-142.
16. Thore, S., Philips, F., Ruefli, T. W., and Yue, P.(1996), "DEA and the Management of the Product Cycle : The U.S. Computer Industry," *Computers and Operation Research*, Vol.23, NO.4, pp.341-356.
17. Thompson, R. G., Singleton, F. D., Thrall, R. M., and Smith, B. A.(1986), "Comparative Site Evaluations for Locating High Energy Lab in Texas," *Interfaces*, Vol.16, pp.1380-1395.
18. Yunos, J. M., and Hawdon, D.(1997), "The Efficiency of the National Electricity Board in Malaysia : An Intercountry Comparison Using DEA," *Energy Economics*, Vol.19, pp.255-269.