

國立高雄第一科技大學
運輸與倉儲營運系

碩士論文

國際貨櫃港埠經營效率分析
- 以 SFA 及 DEA 之比較



研究生：曾立安

指導教授：林立千博士

中華民國九十三年七月

國際貨櫃港埠經營效率分析 - 以 SFA 及 DEA 之比較

中文摘要

貨物貨櫃化之潮流，已使全球貨櫃港在作業方式的差異性不大，港埠營運多為民營化作業，並以最大產出（貨櫃量）及作業效率為目標，故具有一致性的特性。港埠事業的經營效率是多元投入及產出的組合，符合資料包絡分析法（DEA）多元投入及產出特性，惟港埠事業近年順應民營化之趨勢，逐漸朝向民營商業化導向，以追求利潤最大化為目標，符合隨機邊界分析法（SFA）經濟計量方法衡量。本文應用隨機邊界分析法 Cobb-Douglas、Translog 生產函數截斷常態（ SFA_{CD} 、 SFA_{TR} ）分配模式、及資料包絡分析法 CCR 與 BCC 模式等四種效率評估模式，衡量、分析 1999~2002 年期間 27 個國際貨櫃港之貨櫃橋式起重機數、貨櫃船席長度及貨櫃裝卸機具數三個投入項與貨櫃裝卸量一個產出項的相對效率值。

研究發現：1999~2002 年各模式均以香港的績效最佳，其他港埠則呈現各種不同的排序，然而，丹絨帕拉帕斯港在 SFA_{CD} 、 SFA_{TR} 模式均為最後一名；整體受評估港埠平均效率值排序為 SFA_{TR} (0.8217) > SFA_{CD} (0.7979) > DEA_{BCC} (0.7075) > DEA_{CCR} (0.6150)。各年度各模式相對效率值分析部分，各港埠依其本身港埠營運特性適用 DEA 或 SFA 予以解釋。影響港埠效率之亞洲與非亞洲港埠、公司化與公營之港埠管理體制與經濟成長率等三種因素之檢定結果，其中前二者在各模式間均無明顯的效率差異。然而，經濟成長率較高與較低之國家港埠經營效率，僅 DEA 二種模式有明顯的差異，顯示提昇港埠效率時，亦須活絡國家整體經濟。

為提昇 1999~2002 年期間我國港埠經營效率，建議基隆港應持續擴大貨櫃橋式起重機、貨櫃船席長度等二項投入規模或增加貨櫃裝卸量之產出規模，並建議高雄港應減少貨櫃橋式起重機、貨櫃船席長度等二項投入規模。本文亦針對 27 個國際貨櫃港各投入項導入敏感度分析，提供管理者提昇港埠經營效率之參考。

關鍵字：隨機邊界分析法、資料包絡分析法、國際貨櫃港埠、經營效率

Measurement of International Container Port Operating Efficiency with Stochastic Frontier Analysis and Data Envelopment Analysis

Student: Lih-An Tseng

Advisor: Dr. Lie-Chien Lin

Department of Transportation, Warehousing and Logistics

National Kaohsiung First University of Science and Technology

Abstract

When the cargo containerization operations' years came, there aren't differential port operations in international container ports. As most port operations have been privatized, private operators aimed to maximize output (container throughput) and operating efficiencies. Port operations may have characters of consistency. The operating efficiency of port industry is a mix of multiple input and output items to be in compliance with characters of data envelopment analysis (DEA). While privatization of port industry has been prevail in recent years, and toward private operating operations. Private terminal operators aim to maximize profit to be in compliance with characters of stochastic frontier analysis (SFA) with economic efficiency. This paper tries to apply SFA with the Cobb-Douglas and Translog production function for the truncated-normal distribution and DEA with CCR and BCC models, to estimate and measure the relative operating efficiencies of the 27 international container ports with three input items of the numbers of container gantry cranes, quay length, and stevedoring equipment units(including straddle carriers, yard cranes, etc.) and one output item of container volumes from 1999 to 2002.

From the results of the analysis, during 1999 to 2002, the Hong Kong has the best performance in each of the four models, while the other ports show variation of performance in different models. However, port of Tanjung Pelepas has inferior rating in both the SFA_{CD} and SFA_{TR} models. Show all the average operating efficiency values of SFA_{TR} (0.8217) model are the highest, followed by SFA_{CD} (0.7979) , DEA_{BCC} (0.7075) , and then DEA_{CCR} (0.6150) . About the port relative operative efficiencies of each model in every year, it depends on port characters applying DEA or SFA model to describe. The relationships between operating efficiencies of international port and the factors that affect efficiency, e.g., Asian and non-Asian ports, port administrative structure, and economic growth are also discussed. Then, there aren't significantly different with both Asian and non-Asian ports and port administrative structure. The DEA models are only significantly different port operating efficiencies in economic growth. To enhance operating efficiencies of port, so strengthen entirely national economic.

In order to enhance both operating efficiencies of Kaohsiung and Keelung port, this paper suggests port of Keelung to add the numbers of container gantry cranes and quay length, or container volumes, and port of Kaohsiung to reduce the numbers of container gantry cranes and quay length during 1999~2002. This paper also conducts a sensitivity analysis to discuss 27 international container ports with each input item that manager should consider increasing operating efficiencies of port.

**Key words : Stochastic Frontier Analysis, Data Envelopment Analysis,
International container port, Operating efficiency**

誌 謝

大學畢業後最大期望就是進入研究所進修，雖然已累積多年的失敗經驗，卻屢敗屢戰。最後，這一夢想終於實現。

首先感謝高雄港務局黃清藤局長提供在職進修的機會，並承蒙鄧副局長有義、高海大航管系楊鈺池主任的推薦入學，以及謝主任秘書文喜、研發組蔡明泰組長、及研發組張雅富科長、黃世明科長、張秀真科長、陳惠珍小姐、港務組蔡丁義組長及業務組邱文明先生、鄭淑惠小姐、郭彥良先生、與棧埠管理處蘇琴惠小姐等多位同仁的支持與鼓勵，以及高科大運儲所志文、文凱、耀庭、永愛、秀美、湘芸、國仁、世杰等同班同學的相互照應，使我在工作與學業上得以兼顧。由衷謝謝指導教授林立千主任於百忙之中，悉心指導論文撰寫方向，並感謝同門兆君、怡君、建安的鼎力協助，使我在資料蒐集方面更為完善。論文口試期間感謝吳偉銘老師、鄭永祥老師、楊鈺池主任的細心指正，提供許多寶貴修正意見，使我得以順利完成論文。

這段期間，家人無怨無悔的支持使我能全力完成學業，在此表達對母親及內人念萱的歉意，謹將此篇論文，獻給所有關懷我的親友與師長們，非常感謝您們的照顧與鼓勵。

曾立安謹誌於高科大
中華民國九十三年七月

目 錄

中文摘要	i
英文摘要	ii
誌謝	iii
目錄	iv
表目錄	vi
圖目錄	viii
第一章 緒論	1
1.1 研究背景與動機	1
1.2 研究目的	2
1.3 研究範圍	3
1.4 研究流程	3
第二章 文獻回顧	5
2.1 港埠經營效率分析	5
2.1.1 港埠經營模式分析	5
2.1.2 港埠經營效率指標分析	6
2.2 應用 DEA 及 SFA 於港埠之相關文獻	7
2.2.1 應用 DEA 評估港埠效率	7
2.2.2 應用 SFA 評估港埠效率	9
2.2.3 港埠效率評估之投入 / 產出變數探討	10
2.3 同時應用參數法 SFA 及非參數法 DEA 之相關文獻	13
2.4 小結	14
第三章 SFA 及 DEA 方法之比較	15
3.1 基本概念	15
3.2 資料包絡分析 (DEA) 法	16
3.2.1 CCR 模式	16
3.2.2 BCC 模式	19
3.2.3 DEA 之特性	21
3.3 隨機邊界分析 (SFA) 法	22
3.3.1 SFA 概要	22
3.3.2 SFA 分析法	23
3.4 SFA 與 DEA 之比較	25
第四章 實證分析	27
4.1 研究分析架構	27
4.2 資料蒐集及分析	28
4.2.1 選擇受評估對象及單位	28
4.2.2 選定投入 / 產出變數	29

4.3	模式分析及實證結果	31
4.3.1	SFA 模式	31
4.3.2	DEA 模式	34
4.4	效率值分析	35
4.4.1	效率值分佈情況	35
4.4.2	各受評估港埠之效率值排序分析	37
4.4.3	各模式效率值排序情況	48
4.5	差額分析	50
4.6	敏感度分析	51
4.7	影響港埠效率之假設檢定	56
4.7.1	亞洲港埠與其他地區港埠	56
4.7.2	港埠管理體制	57
4.7.3	經濟成長率較高與較低國家	58
4.8	對我國港埠的分析	58
第五章	結論與建議	62
5.1	結論	62
5.2	建議	63
參考文獻		64



【表目錄】

表 1	港口經營型式民營化矩陣 -----	5
表 2	各種港埠 / 碼頭業者間經營型態 -----	6
表 3	應用 DEA 評估港口效率之文獻 -----	8
表 4	應用 SFA 評估港口效率之文獻 -----	10
表 5	相關文獻評估港埠效率之投入及產出變數量整表 -----	11
表 6	應用 DEA 及 SFA 衡量效率之相關文獻 -----	13
表 7	SFA 與 DEA 法之比較 -----	26
表 8	國際貨櫃港埠名單一覽表 -----	28
表 9	貨櫃港埠之投入 / 產出變數一覽表 -----	29
表 10	初選之產出投入變數資料 -----	30
表 11	初選的投入 / 產出變數 Pearson 相關分析 -----	30
表 12	隨機邊界分析之最大似估計值 -----	32
表 13	SFA _{CD} 模式各港 1999~2002 年效率值 -----	32
表 14	SFA _{TR} 模式各港 1999~2002 年效率值 -----	33
表 15	DEA 二種模式之各港 1999~2002 年相對效率值資料 -----	34
表 16	1999~2002 年 DEA 及 SFA 各模式技術效率值之分佈情況 -----	36
表 17	各種模式下各受評估港埠技術效率值排序表 -----	37
表 18	香港效率值分析 -----	38
表 19	新加坡港效率值分析 -----	39
表 20	釜山港效率值分析 -----	40
表 21	上海港效率值分析 -----	41
表 22	高雄港效率值分析 -----	42
表 23	深圳港效率值分析 -----	43
表 24	鹿特丹港效率值分析 -----	44
表 25	洛杉磯港效率值分析 -----	45
表 26	漢堡港效率值分析 -----	46
表 27	安特衛普港效率值分析 -----	47
表 28	丹絨帕拉帕斯港效率值分析 -----	47
表 29	受評估港埠的平均技術效率值 -----	48
表 30	Spearman 等級相關係數矩陣表 -----	49
表 31	DEA _{CCR} 及 DEA _{BCC} 模式之投入變數差額資料 -----	50
表 32	紐約 / 紐澤西港在 DEA 方法中差額變數資料 -----	51
表 33	投入 / 產出變數之相關分析矩陣 -----	52

表 34	DEA _{CCR} 模式敏感度分析之整體效率變動表-----	52
表 35	SFA _{CD} 模式敏感度分析之整體效率變動表-----	53
表 36	DEA _{CCR} 與 SFA _{CD} 模式之投入變數具有優勢者 -----	56
表 37	亞洲與非亞洲港埠之比較 -----	57
表 38	公司化或公營管理體制港埠之比較 -----	58
表 39	經濟成長率較高與較低之國家港埠比較 -----	58
表 40	高雄港及基隆港規模效率分析 -----	60
表 41	高雄港及基隆港在 DEA 方法之差額變數資料-----	61



【圖目錄】

圖 1	本研究之研究流程圖 -----	4
圖 2	Farrell 以等產量曲線衡量生產效率之概念圖 -----	16
圖 3	CCR 模式及 BCC 模式效率衡量圖 -----	19
圖 4	研究分析流程圖 -----	27
圖 5	香港效率值趨勢圖 -----	38
圖 6	新加坡港效率值趨勢圖 -----	39
圖 7	釜山港效率值趨勢圖 -----	40
圖 8	上海港效率值趨勢圖 -----	41
圖 9	高雄港效率值趨勢圖 -----	42
圖 10	深圳港效率值趨勢圖 -----	43
圖 11	鹿特丹港效率值趨勢圖 -----	44
圖 12	洛杉磯港效率值趨勢圖 -----	45
圖 13	漢堡港效率值趨勢圖 -----	46
圖 14	安特衛普港效率值趨勢圖 -----	47
圖 15	丹絨帕拉帕斯港效率值趨勢圖 -----	48
圖 16	各模式平均效率值趨勢圖 -----	49
圖 17	基隆港效率值趨勢圖 -----	59

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

台灣地區因四面環海，係屬海島型經濟類型，發展國際貿易是國家經濟命脈所在，國家對外運輸係以海、空運為主，尤其是海運部分，港埠的發展就像國家經濟的發展的縮影。近半世紀來，隨著台灣地區工商經濟發展的突飛猛進，港埠亦伴隨國家經濟發展軌跡成長，期間歷經勞動力時代，注重產能，造成港埠運量大增，逐漸由勞力密集作業轉向機械化作業；並隨著國家經濟轉型，產業技術進步，產業發展由農業進步到輕工業，邁向生產力時代，著重資本密集，注重成本；再隨著國家產業發展、技術進步，貨物朝向輕、薄、短、小設計，由輕工業轉型重化工業、高精密科技產業發展，港埠運量由量變到質變，逐漸走向競爭力時代，注重貨物價值的提昇及標準化的作業模式，亦即朝向貨物貨櫃化。

因此，隨著貿易自由化、製造流程全球化已使大多數貨品朝向貨櫃化，貿易量大幅增加。製造商及託運人為因應競爭，努力降低運輸時間與成本，同時保證貨物確實送達與即時查詢、追蹤貨物所在位置，導致港口使用者給予港口當局極大的壓力，包括改善裝卸效率、降低港口使用費、擴建港口基礎設施容納大量貨物及大型船舶。基於貨物貨櫃化是目前國際貿易及港埠裝卸作業的主要潮流，為因應此一潮流，許多國家港埠紛紛投入巨資擴建、發展其貨櫃港建設，並引進國內外民營業者之資金、技術、管理經驗，包括興建貨櫃碼頭、增購或汰換超大型橋式貨櫃起重機、場地貨櫃裝卸機具、或引進先進的資訊系統等，以提昇港埠經營效率。為進一步衡量、分析各國際貨櫃港埠經營效率，首先須選擇適當的效率衡量方法。然而，各國際貨櫃港埠因國情、地理環境、政策環境與社經背景等不同條件，而有不同性質的事業目的，有公共性、營利性或兼具公共性與營利性二者等事業目的者，因此，各國際貨櫃港埠經營效率的衡量亦有差異。

一般而言，衡量廠商的效率方法，主要有參數法（parametric method）及非參數法（non-parametric method）二種。前者可分為確定性邊界分析法（Deterministic Frontier Analysis; DFA）及隨機性邊界分析法（Stochastic Frontier Analysis; SFA）等二類，係使用經濟計量模式評估經營績效，目前以隨機性邊界分析法（SFA）為主流，一般係應用於營利性組織，其投入／產出項目較易確認及量化，且投入／產出存在函數關係者（黃旭男，1993）；而非參數法則使用數學規劃模式予以衡量（Coelli, 1996；王美惠，2002），以資料包絡分析法（Data Envelopment Analysis; DEA）較為廣泛應用於多項投入、多項產出之效率評估，尤其在非營利組織或分支機構方面。該二種方法均利用一組樣本廠商從中尋求成本（或利潤、技術）邊界，若廠商位於效率邊界上稱為

最有效率廠商，其他廠商的效率水準則視它們與效率邊界的相對位置而定。上述方法稱為效率邊界法，不受市場價格等其他外生變數的影響。反之，非效率邊界法，則以資產報酬率法等傳統的財務比率衡量績效，亦受投入及產出價格、公司規模及其他外生變數的影響，故不易衡量真實的績效水準（王美惠，2002）。

港埠產業是多元投入及產出的組合，包括巨額資金及基礎設施的投入、及運量及船舶進出港艘次或營收的產出，因而符合 DEA 可衡量多元投入及產出的受評估港埠效率之特性；惟港埠事業近年因順應民營化潮流，而逐漸轉型為民營化的經營型態，將港口碼頭以開放民間業者參與經營方式對外公開標租，期藉由民營業者之經營，增加港口運量、並追求港口經營效率最大化及利潤最大化之目標，故亦符合 SFA 經濟計量方法衡量效率之特性。

綜上所述，以 SFA 或 DEA 所衡量之效率何者較能符合港埠經營特性，仍為眾說紛紜，因此，同時採用 SFA 及 DEA 二種不同的方法衡量港埠經營效率，可作為港埠經營者改善經營效率的參考。

1.2 研究目的

目前各國港埠均呈現激烈競爭狀態，多以貨櫃或貨物作業量之高低為排名基準，碼頭經營者為增加碼頭運量，積極提昇碼頭效率（Heaver, 1995），且在我國高雄港之全球貨櫃港排名下滑的情形下，港埠經營效率方面是否亦同步低落等，係為值得深入探討的課題。為探討現行各國際貨櫃港經營效率，並予以比較、分析，因此，本研究目的如下：

1. 探討國際貨櫃港埠經營模式關係。
2. 藉由參數法隨機邊界分析法（SFA）及非參數法之資料包絡分析法（DEA）等不同的效率評估模式，分析、衡量主要國際貨櫃港埠經營效率值，並分析整體排名順序。
3. 探討主要國際貨櫃港埠在 1999~2002 年四年期間經營效率變動情形。
4. 依據分析結果，探討影響我國港埠（高雄、基隆港）經營效率的因素，並研擬相關資源改善策略，提供港航業者制訂港埠發展策略時之參考。

1.3 研究範圍

為瞭解各國際貨櫃港埠經營效率的良窳，且港埠產業係屬營利性事業或非營利事業，本研究同時使用參數法之隨機邊界分析法（SFA）及非參數法之資料包絡分析法（DEA）等二種效率衡量方法，衡量國際貨櫃港埠經營效率。

現有許多航運專業雜誌如 *Containerisation International Yearbook* 等報告均有刊載全球各地區港埠 / 碼頭的基本資料，並定期發布全球國際貨櫃港埠作業量等相關資訊，故在資料取得貨櫃港基本資料方面較為便利、並具完整性。並且現行貨櫃港的作業型態大都均由民營企業經營，貨櫃作業已朝向標準化的作業機具與裝卸作業流程，故貨櫃港埠具有同質性與一致性，Tongzon（1995b）亦認為以相似港埠的港埠效率相互比較，是具有可信度及有意義。基於資料蒐集可獲得性、完整性與同質性之考量，故選擇全球主要貨櫃港埠做為研究範圍。

本研究以 2002 年全球前 30 大貨櫃港為評選對象基礎，並蒐集 1999~2002 年各港埠設施基本資料。惟因 *Containerisation International Yearbook* 沒有記載中國大陸青島港、廣州港、天津港等港口之基礎資料，或只登錄最近 2002 年單一年度資料，故該等港埠未列入為評選名單，因此，僅將陸香港、上海港及深圳港等 3 個港埠列入名單內。另日本港埠只選擇排序前三名之東京港、橫濱港、神戶港。再加上增列我國基隆港為評選對象，總計選擇 18 個地區 27 個貨櫃港為受評估港埠。

1.4 研究流程

本研究先行確定研究方向、目的及範圍後，進行文獻探討，分析整理港埠經營模式與效率指標分析、以及 SFA 與 DEA 之相關文獻資料，然後建立本研究架構，使用 DEA 之 CCR 及 BCC 模式與 SFA 之 Cobb-Douglas、Translog 生產函數等模式進行國際貨櫃港埠經營效率之實證分析，先以該二種方法衡量各受評估港埠（DMU）之技術效率值，再進行各國際貨櫃港埠之效率值排序分析等結果比較，最後，提出結論與建議。本研究流程詳圖 1 所示。

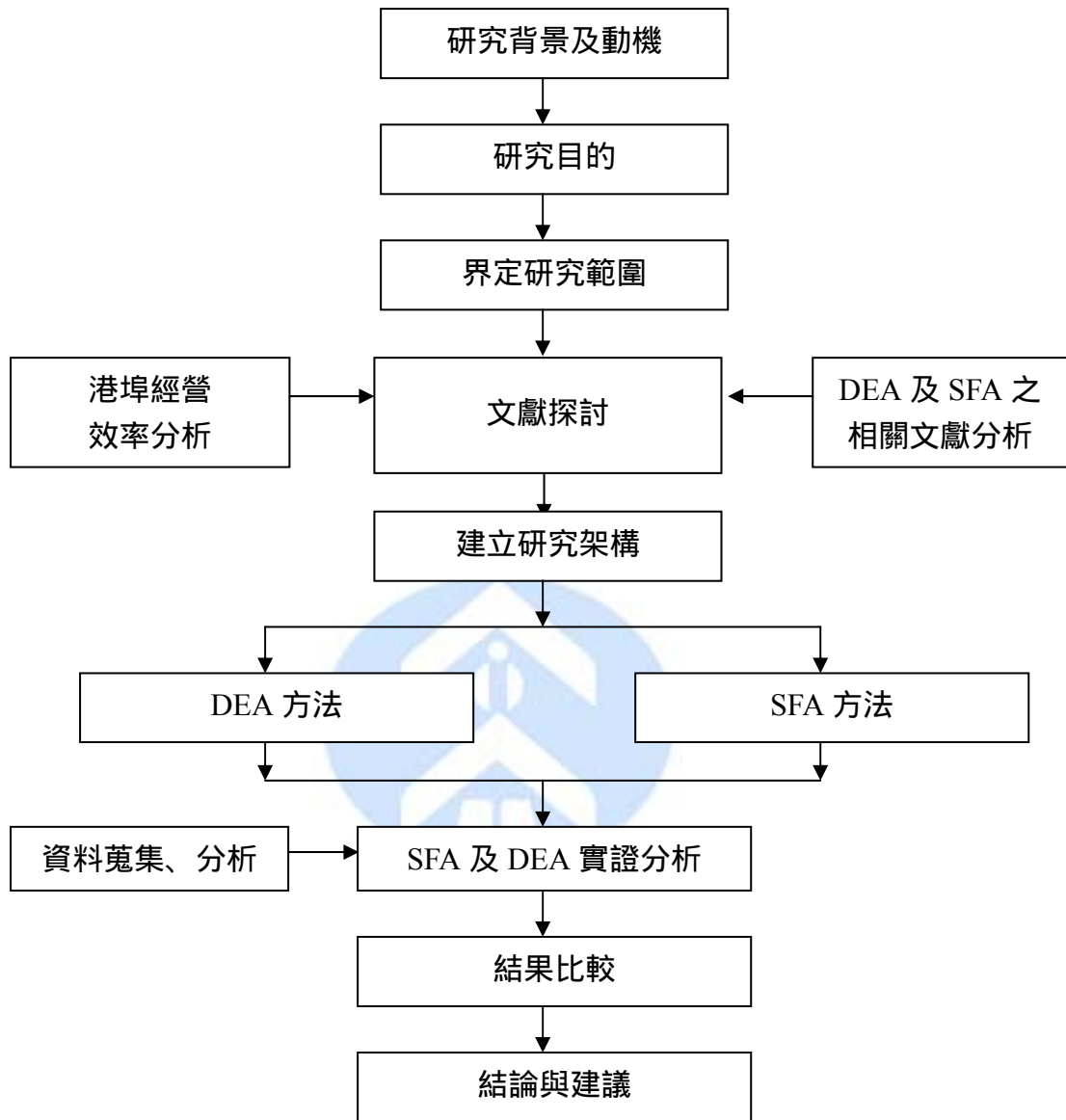


圖 1 本研究之研究流程圖

第二章 文獻回顧

2.1 港埠經營效率分析

2.1.1 港埠經營模式分析

一般而言，國外港口「民營化」的型式，通常係取決於民營化活動的特性及當地環境狀況，較常見的是由原公營港口之「地主港」角色轉變為民營港口之「作業港」角色，並鼓勵國內、外民間業者參與港埠建設及營運，藉由導入民間企業之資金與經營方式，追求卓越的港埠作業績效。有關港口經營型式民營化矩陣如表 1 所示。港口當局為追求經營績效，逐漸將港口經營形式由「公營」、「公民營」轉為「民營」，利用民間資金、技術、經營管理知識，引進標準化、專業化的經驗，提昇港埠作業效率及促進貿易成長（Baird, 2000），因此，當港口由公營轉為純民營港口時，管理者、土地所有者、及使用者的港口功能角色亦逐漸由民營業者所取代。

表 1 港口經營型式民營化矩陣

港口經營型式	港 口 功 能		
	管理者	土地所有者	使用者
公營	公營	公營	公營
公營 / 民營	公營	公營	民營
民營 / 公營	公營	民營	民營
民營	民營	民營	民營

資料來源：Cass (1996)、Baird (2000)。

McDonagh (1999) 提出促進民間部門參與港埠之效益，包括：經由民間部門管理技術改善效率、藉由改善商業回應提昇服務品質、減低經營不善的國營企業之財務負擔或未來補貼之需求、經由民間部門資金投入降低中央或地方政府的財務需求、及增加額外的收益。Heaver *et al.* (2000, 2001) 認為目前港口 / 碼頭營運型態可由航運公司、碼頭營運人及港口當局經營或參與經營，包括：持有股權、合資經營、資本參與、專用碼頭型式及聯盟等經營模式，各種港埠 / 碼頭業者經營型態詳表 2 所示。

Dowd & Leschine (1990) 從碼頭生產力的觀點，每一個角色有其自有利益及其自有生產力的定義，其中碼頭營運人目標係為追求降低或維持每一貨櫃裝卸成本及利潤最大化，因此，在有限的碼頭場站面積、設施等資源下，做高效率使用；港口當局主要目標係增加租賃碼頭每單位面積的年總運量，與使現有設施均充分及有效率的利用，即可避免自行建造新設施、增加財務負擔。況

且，Heaver *et al.* (2000) 亦指出航運公司、碼頭營運人及港口當局等業者，均有利潤最大化的目標，可顯現即使是公營部門亦追求利潤最大化。

表 2 各種港埠 / 碼頭業者間經營型態

參與者 經營者	航運公司	碼頭營運人	港口當局
航運公司	合資經營	合資經營；資本參與	港口當局所持股權
碼頭營運人	在貨櫃碼頭航運公司所持股權；合資經營；專用碼頭型式	資本參與	港口當局所持股權
港口當局	專用碼頭型式	資本參與	港口當局間聯盟

資料來源：Heaver *et al.* (2000, 2001)，本研究整理。

2.1.2 港埠經營效率指標分析

港口績效指標依據 Wang *et al.* (2003) 引述 UNCTAD (1976) 之文獻，建議分為財務面指標及作業面指標二大類，其中前者 Liu (1995)、Baños *et al.* (1999)、Coto *et al.* (2000) 及 Martinez *et al.* (1999) 以成本指標衡量港埠績效；而後者 Dowd & Leschine (1990) 認為貨櫃港埠 / 碼頭的生產力依靠土地、設備及勞力的效率，應包括貨櫃碼頭面積、碼頭起重機數、門型起重機數、船席長度及勞工數等，除各國勞力資料不易取得之外，其餘港埠基礎設施資料較易取得，故多數學者以作業面指標予以衡量港埠績效；另 Talley (1994) 則假設港埠零利潤下，每單位利潤最大港埠運量之績效指標來提昇港埠績效。

Tongzon (1995a) 提出港埠效率指標的決定因素分為四大項，首先為貨櫃混合 (container mix)，為 20 呎貨櫃與 40 呎貨櫃混合比例，因一只 40 呎櫃與一只 20 呎櫃所需裝卸時間相同；其次為工作實務 (work practices)，包括影響作業效率之船舶延遲時間、船舶在港停泊時間、船舶作業時間等衡量方式；第三為碼頭起重機效率 (crane efficiency)，可分為每工作小時每台碼頭起重機可作業時數及碼頭起重機作業數量等二項衡量方式；最後為船舶貨物承載量 (vessel size and cargo exchange)，則以每艘船舶貨櫃裝卸量為衡量基準。Tongzon (1995b) 亦提出港埠績效的衡量準則，包括：總運量、商船到港艘次、每艘船舶裝卸量、港埠特性與角色、港埠功能、及提供的基礎設施等六項，其中前三者係為影響港埠規模 / 範疇經濟的效果，第四項及第五項則為取得港埠特性、角色及其功能的效果，而第六項提供基礎設施部分則涵蓋船席及其他設施數量、設施品質、港埠內部及外部資訊系統、設施管理的品質及有效性。

許多學者以不同的分析方法對評估港埠效率，Sachish (1996) 整理衡量跨年期港埠生產力的方法計有生產邊界函數法衡量、指標法、會計分類法、DEA、工程法等五種方法，他則使用工程法分析以色列港埠的生產力，作為改善港埠

生產力之管理工具；Tongzon(1995a)則以多重線性迴歸分析法(multiple linear regression)建構港埠績效及效率模式，探討 23 個國際港埠績效及效率；另 Kim & Sachish (1986) 則以港埠總要素生產力法(total factor productivity; TFP) 衡量以色列 Ashdod 港 1966~1983 年期間港口內部規模經濟與技術變動下的年平均成長率。

2.2 應用 SFA 及 DEA 之文獻分析

依據 Coelli (1996) 表示一般效率衡量最常用的是隨機邊界分析法(SFA) 及資料包絡分析法(DEA) 兩種，應用於港埠之文獻說明如下。

2.2.1 應用 DEA 評估港埠效率

港埠產業是多元投入及產出的組合、且具有公共性事業，符合 DEA 特性。首次應用於衡量港埠經營績效，係 Roll & Hayuth (1993) 使用 DEA 並以 3 個投入項(人力數、資本、貨種一致性) 與 4 個產出項(總貨物裝卸量、服務水準、使用者滿意度、船舶進港艘數) 衡量 20 個港口 1993 年單一年度(cross-section) 假設資料之港埠績效；陸續許多學者使用 DEA 原始模式與修正模式，包括 BCC、Additive、FDH 等模式之組合衡量受評估港埠 / 碼頭之相對作業效率，或衡量不同國家港埠 / 碼頭的相對作業績效。Martinez *et al.* (1999) 利用 BCC 模式評估 26 個西班牙港埠 1993~1997 年連續 5 年之跨期資料(panel data) 的相對效率，並將該 26 個港埠依其複雜性分為三個群組，再分析各群組之全球效率；Tongzon (2001) 則使用 CCR 及 Additive 模式評估 16 個貨櫃港(4 個澳洲港口及 12 個國際港口) 1996 年相對生產效率；Wang, Song, & Cullinane (2003) 則以 CCR、BCC 與 FDH (Free Disposal Hull) 模式分析全球 28 個貨櫃港計 57 個港口、碼頭 2001 年生產效率；Itoh (2002) 以 CCR、BCC、時窗(Window) 模式與時間序列等不同方法，分析日本 8 個國際貨櫃港 1990~1999 年跨期連續資料及單一年度的營運效率。

藍武王、李怡容、高傳凱 (1997) 以 CCR 模式衡量基隆港三個貨櫃基地 1973~1994 年跨期末均衡連續資料，並透過效率分析、差額分析及敏感度分析，可有效指引港埠現有發展潛力及改善方向，亦可作為港埠管理者衡量不同時期或不同政策對經營效率影響的有效工具。曾兆君 (2003) 則使用 DEA 之 CCR、BCC、簡單交叉效率模式、D&G 模式及 A&P 模式等五種模式，衡量亞太地區 10 個貨櫃港 1998~2001 年經營效率，並進行效率分析、差額變數分析及規模報酬分析及敏感度分析，探討各貨櫃港之資源使用情形及各投入產出變數對經營效率的影響程度。另 Valentine & Gray (2001) 亦使用 CCR 模式評估 1998 年全球 31 個貨櫃港的相對效率，並以集群分析檢視各港的組織及所有權架構，以決定具有效率的港埠。

另在評估法部分，Wang *et al.* (2003) 使用 Spearman 統計相關分析及

ANOVA 予以分析比較各模式下之港埠效率是否有差異。另 Bonilla *et al.* (2002) 則使用 Bootstrap 估計法獲得西班牙港埠效率值的上限及下限之信賴區間。應用 DEA 評估港口效率之相關文獻如表 3 所示。

表 3 應用 DEA 評估港口效率之文獻

作者	研究對象與期間	評估模式	主要評估法	投入 / 產出資料	效率概念
Itoh[2002]	8 個日本國際貨櫃港 1990~1999 年跨期連續資料(10 年)及 1990 年、1999 年單期資料	DEA 之 CCR、BCC 及時窗模式與時間序列	-	投入：貨櫃場地面積、貨櫃船席數、碼頭起重機數、勞工數 產出：貨櫃裝卸量	效率分析 規模分析
Roll, Hayuth [1993]	20 個港口 1993 年假設資料, 單期橫斷面資料	DEA	-	投入：人力數、資本、貨種一致性 產出：總貨物裝卸量(含貨櫃、雜貨及大宗散貨之權數)、服務水準、使用者滿意度、船舶進港總艘數	效率分析 敏感度分析
Martinez <i>et al.</i> [1999]	26 個西班牙港口 1993~1997 年跨期連續資料(5 年)	DEA 之 BCC 模式	-	投入：勞力支出、折舊費用及其他支出 產出：總貨物處理量、港口設備租金	全球效率分析 差額變數分析
Bonilla <i>et al.</i> [2002]	26 個西班牙港口 1995~1998 年跨期連續資料(4 年)	DEA(變動規模報酬)	Bootstrap 估計法	投入：可獲得的港口設備 產出：各港每年總貨物量(含貨櫃、雜貨、大宗散貨及液體大宗散貨)	效率分析 穩定度分析
Tongzon [2001]	4 個澳洲港口及其他 12 個國際港口計 16 個港口, 1996 年單期橫斷面資料	DEA 之 CCR 及 Additive DEA 模式(固定規模報酬及變動規模報酬)	-	投入：橋式貨櫃起重機數量、貨櫃船席數、拖船數量、貨櫃碼頭面積、延遲時間、及勞工數 產出：各港每年的貨櫃量、船舶每小時貨櫃作業量	效率分析、 差額變數分析
Valentine & Gray[2001]	31 個貨櫃港, 1998 年單期橫斷面資料	DEA 之 CCR 模式	-	投入：總船席長度、貨櫃船席長度 產出：貨櫃量、總貨物運量	效率分析
Wang, Song, & Cullinane [2003]	2001 年全球 28 個貨櫃港計 57 個港口、碼頭, 單期橫斷面資料	DEA 之 CCR、BCC 及 FDH 模式	Spearman 排序相關分析及 ANOVA	投入：碼頭長度、碼頭基地面積、碼頭貨櫃起重機數量、場地起重機數量及跨載機數量 產出：貨櫃裝卸量	效率分析
藍武王、李怡容、高傳凱 [1997]	基隆港三個貨櫃基地 1973~1994 年跨期連續資料, 其中第二貨櫃為 1984~1994 年資料, 第三貨櫃為 1989~1994 年資料	DEA 之 CCR 模式	-	投入：設備數量、人力、維護費用、能源使用量 產出：橋式機裝卸量、輪型機裝卸量	效率分析 差額變數分析 敏感度分析
蔡文化[1995]	5 個台灣國際港埠 1991~1993 年跨期連續資料(3 年)	DEA 之 CCR 模式	-	投入：裝卸設備數、碇泊船舶艘數、延日總容量、延人工時 產出：貨物裝卸量、延日存倉量	效率分析 規模報酬分析 差額變數分析 比率分析

曾兆君[2003]	10 個亞太地區主要港埠 1998~2001 年跨期連續資料 (4 年)	DEA 之 CCR、BCC、簡單交叉效率、D&G 及 A&P 模式	-	投入：貨櫃基地面積、貨櫃碼頭長度、深水碼頭數 產出：進港船舶艘數、貨櫃裝卸量	效率分析 規模報酬分析 差額變數分析 敏感度分析
郭建男[2002]	11 個亞太地區貨櫃港 1999 年單期橫斷面資料	DEA 之 CCR、BCC 模式	-	投入：橋式貨櫃起重機數、櫃場搬運機具數、貨櫃船席數、貨櫃場面積 產出：貨櫃裝卸量	效率分析 差額變數分析 敏感度分析

資料來源：本研究整理。

2.2.2 應用 SFA 評估港埠效率

隨機邊界分析法 (SFA) 是使用經濟計量模式，衡量營利性事業的效率。英國政府業於 1980 年代初期即已進行港埠民營化制度，以信託港方式，將年營運額超過 500 萬英磅者以競標、議價或以股票公開上市方式移轉民營，民營業者以追求利潤最大化為目標，故 Liu (1995) 最早使用 SFA 經濟計量模式以勞力費用、資本等二投入項與總交易額一產出項衡量 28 個英國港埠 1983~1990 年為期 8 年跨期連續資料技術的效率，並比較公營與民營對受評估港埠效率的影響。

爾後，陸續有學者使用 SFA 衡量港埠效率，其中 Coto & Baños (2000) 使用 SFA 之 Cobb-Douglas 及 Translog 成本函數型態評估 27 個西班牙港埠 1985~1989 年經濟效率；Baños, Coto, & Rodríguez (1999) 則使用隨機成本函數 (SCF) 及距離函數，衡量 27 個西班牙港口 1985~1997 年港埠技術效率；Estache, Gonzalez, & Trujillo (2002) 使用 SFA 之 Cobb-Douglas 及 Translog 生產函數半常態及截斷常態分配模式，以人力數、碼頭長度等二項投入與年總貨物裝卸量一項產出評估 11 個墨西哥港埠 1996~1999 年的配置效率與技術效率。Cullinane, Song, & Gray (2002) 使用 SFA 隨機生產邊界法 (SPF) Cobb-Douglas 函數半常態、指數及截斷常態分配，以貨櫃碼頭長度、貨櫃碼頭面積、貨物裝卸設備數量等三項投入與年貨櫃量一項產出評估 15 個亞洲地區貨櫃港口及碼頭 1989~1998 年為期 10 年跨期末均衡連續資料的港埠生產效率；另 Cullinane & Song (2003) 亦延續前述 SFA 模式，以員工及勞工成本、櫃場固定設備及貨櫃裝卸機具淨帳面價值等三項投入與總交易額一項產出衡量 2 個南韓貨櫃碼頭公司及 3 個英國碼頭公司 1978~1996 年單期面及未均衡跨期連續資料之生產效率 (相關 SFA 文獻詳表 4)。

表 4 應用 SFA 評估港口效率之文獻

作者	研究對象與期間	評估模式	主要評估法	投入 / 產出資料	效率概念
Liu [1995]	28 個英國地區港口 1983~1990 年跨期連續資料 (8 年)	SFA 隨機生產邊界法 (SPF)	模式 1 : OLS、ML 估計法 模式 2 : Within 估計法、GLS、ML 估計法	投入 : 勞力費用、資本 產出 : 總交易額	技術效率
Coto, Baños [2000]	27 個西班牙港口 1985~1989 年跨期連續資料 (5 年)	SFA 之隨機邊界成本法 (SCF) Cobb-Douglas 及 Translog 函數	Within 估計法 (固定效果模式)	投入 : 員工成本率、水深超過 4 公尺的碼頭折舊費用及中間財消費率 產出 : 總貨物量及旅客數	經濟效率
Baños, Coto, & Rodríguez [1999]	27 個西班牙港口 1985~1997 年跨期連續資料 (13 年)	隨機成本函數 (SCF) 及距離函數 (DF)	Instrumental Variable 估計法	投入 : 資本比、勞力價格、能源比及超過 4 公尺水深碼頭長度 產出 : 貨物裝卸量	技術效率
Cullinane, Song, & Gray [2002]	15 個亞洲地區貨櫃港口及碼頭 1989~1998 年為期 10 年跨期末均衡連續資料(除深圳港僅為 1993~1998 年)	SFA 隨機生產邊界法 (SPF) 之 Cobb-Douglas 函數半常態、指數及截斷常態分配	1. 單期橫斷面 : OLS 及 ML 估計法 2. 跨期連續資料 (time-invariant) : ML 估計法	投入 : 貨櫃碼頭長度、貨櫃碼頭面積、貨物裝卸設備數量 產出 : 各港年貨櫃量	生產效率
Estache, Gonzalez, & Trujillo [2002]	11 個墨西哥港口 1996~1999 年跨期連續資料 (4 年)	SFA 隨機生產邊界法 (SPF) 之 Cobb-Douglas 及 Translog 函數	Likelihood-ratio 法之 OLS 及 ML 估計法	投入 : 人力數、碼頭長度 產出 : 各港每年總貨物量	配置效率 技術效率
Cullinane & Song [2003]	2 個南韓貨櫃碼頭、3 個英國碼頭公司 1978~1996 年單期及未均衡跨期連續資料	SFA 隨機生產邊界法 (SPF) 之 Cobb-Douglas 函數半常態、指數及截斷常態分配	1. 單期橫斷面 : OLS 及 ML 估計法 2. 跨期連續資料 : ML 估計法	投入 : 員工及勞工成本、櫃場固定設備及貨櫃裝卸機具淨帳面價值 產出 : 總交易額	生產效率
黃玉梅 [2001]	5 個台灣國際商港 1983~1999 年跨期連續資料	隨機邊界成本法 (SCF) Translog 成本函數	LSDV (最小平方虛擬變數) 估計法固定效果模式	投入 : 員工成本、資本折舊費用及其他成本 產出 : 各港每年總貨物裝卸量	經濟效率

資料來源：本研究整理。

2.2.3 港埠效率評估之投入 / 產出變數探討

經彙整前述以 SFA 或 DEA 評估港埠效率之相關文獻，在投入及產出變數可分為投入變數、產出變數及其他變數三大類。俾作為本研究選取港埠效率評估之投入及產出變數之參考。其中投入變數部分可分為人力、資金 / 設備及其他生產投入等三項；產出變數包括實際生產量與服務水準等二項；其他變數部分包括環境變數等虛擬變數（彙整詳表 5）。分述如下：

1. 投入 (Input) 變數：分為人力投入、資金 / 設備投入及其他生產投入等三類投入變數。

(1) 人力投入

人力投入泛指碼頭勞工數及其相關費用。Roll & Hayuth (1993)、Estache *et al.* (2002) 提出碼頭勞工數作為投入變數，並定義為港口內年平均工作人數，因碼頭勞工數資料不易蒐集完整資訊，故 Tongzon (2001) 以各港員工數替代，Itoh (2002) 則以預估的貨櫃勞工數替代；Liu (1995) 及 Martinez *et al.* (1999) 則採用勞力費用作為投入變數。Baños *et al.* (1999) 及 Coto *et al.* (2000) 採用成本函數型式。其勞力價格（員工成本率）係為總勞工成本與勞工數的比值；蔡文化 (1995) 則提出延人工時（全年人力總投入作業時間）為投入變數。

表 5 相關文獻評估港埠效率之投入及產出變數彙整表

項目 變數	類別	內容	相關文獻
投入變數	人力	碼頭勞工數、勞力費用及勞力價格、延人工時	Tongzon (2001)、Estache <i>et al.</i> (2002)、Roll & Hayuth (1993)、Martinez <i>et al.</i> (1999)、Coto <i>et al.</i> (2000)、Liu (1995)、Baños <i>et al.</i> (1999)、Itoh (2002)、蔡文化 (1995)、藍武王等人 (1997)
	資金及設備	碼頭長度、貨櫃船席長度、貨櫃船席數、年投資額、折舊費用、設備維護費、貨櫃起重機數、貨櫃場站面積、貨物裝卸設備數、拖船數、延日總容量等	Martinez <i>et al.</i> (1999)、Roll & Hayuth (1993)、Bonilla <i>et al.</i> (2002)、Tongzon (2001)、Valentine & Gray (2001)、Coto <i>et al.</i> (2000)、Liu (1995)、Cullinane <i>et al.</i> (2002)、Baños <i>et al.</i> (1999)、Itoh (2002)、Wang <i>et al.</i> (2003)、Estache <i>et al.</i> (2002)、蔡文化 (1995)、藍武王等人 (1997)、曾兆君 (2003)、郭建男 (2002)
	其他生產投入	貨種一致性、延遲時間	Roll & Hayuth (1993)、Tongzon (2001)
產出變數	實際生產量	貨物裝卸量、貨櫃裝卸量、總旅客數、船舶進港艘數、設備租金、總交易額、延日存倉量、橋式機與輪型機裝卸量	Martinez <i>et al.</i> (1999)、Roll & Hayuth (1993)、Bonilla <i>et al.</i> (2002)、Tongzon (2001)、Valentine & Gray (2001)、Itoh (2002)、Coto <i>et al.</i> (2000)、Liu (1995)、Cullinane <i>et al.</i> (2002)、Baños <i>et al.</i> (1999)、Wang <i>et al.</i> (2003)、Estache <i>et al.</i> (2002)、蔡文化 (1994)、藍武王等人 (1997)、曾兆君 (2003)、郭建男 (2002)、黃玉梅 (2001)
	服務水準	服務水準、使用者滿意度、船舶作業率	Roll & Hayuth (1993)、Tongzon (2001)
其他變數	環境變數	所有權、港口大小、區位及資本強度；自主性	Liu (1995)、Coto <i>et al.</i> (2000)

資料來源：本研究整理。

(2) 資金 / 設備投入

港埠業者投入巨額資金購置碼頭設備、機具與基礎設施，因此，多數文獻均將該等項目之投資額或數量視為資金 / 設備投入變數，例如：Estache *et al.* (2002) 以澳洲政府特許 API (獨立港口機構) 的碼頭長

度作為資金投入變數；Liu (1995) 則以固定資產的淨帳面價值作為資金投入變數；而 Roll & Hayuth (1993) 則以總投入港口及設施之資金表示。多數文獻以貨櫃碼頭面積、貨櫃橋式起重機數量、船席長度等碼頭基礎設施指標作為設備投入項目，其中結合二項以上的文獻，包括 Baños *et al.* (1999) 除考慮淨資產之外，尚涵蓋水深超過 4 公尺碼頭長度作為投入變數；另 Coto *et al.* (2000) 則考量超過 4 公尺水深碼頭長度之折舊費用作為投入變數。

(3) 其他生產投入

Tongzon (2001) 提出延遲時間為投入變數；Roll & Hayuth (1993) 則假設港口僅有單一貨物則有較高的貨種一致性 (Cargo uniformity)，該項變數係屬環境變數，以變異係數 (CV) 表示。

2. 產出 (Output) 變數

(1) 實際生產量

傳統的港埠績效評估，係以運量成長幅度衡量 (Talley, 1994)，因此，目前衡量港埠生產力大多以貨櫃裝卸量、貨物裝卸量、船舶進港艘數、總旅客數等實際生產量表示。而有多位學者提出以貨櫃裝卸量或貨物裝卸量作為產出變數者；Roll & Hayuth (1993)、曾兆君 (2003) 則以船舶進港艘數作為產出變數；另蔡文化 (1995) 則考量港埠倉儲效率，以延日存倉量為變數。

(2) 服務水準

港埠服務品質之提昇，對港埠而言是吸引客戶繼續使用港埠設施及服務的重要因素之一，因此，服務水準可衡量港埠經營績效。Roll & Hayuth (1993) 提出服務水準 (以船舶在港時間與裝卸時間比值表示) 及使用者滿意度等作為產出變數；而 Tongzon (2001) 則提出船舶作業率 (ship working rate)，以每艘船每作業小時搬運貨櫃量為單位，為船舶作業速度指標，可衡量港口服務水準及品質。

3. 其他變數

其他變數方面，包括環境變數等虛擬變數，其中 Liu (1995) 提出所有權 (Ownership)、港口大小 (size of ports)、區位 (location) 及資本強度 (intensity of capital) 等四項虛擬變數衡量英國港口技術效率；Coto *et al.* (2000) 則提出港埠自主性 (Autonomous) 衡量港口經濟效率。

本研究將依前述彙整相關文獻之投入產出資料，初選應用於國際貨櫃港埠經營效率之投入 / 產出變數，並考量資料可獲得性及變數間之相關性，再篩選應用於 SFA 及 DEA 模式之投入 / 產出變數，選擇過程詳 4.2.2 節內容。

2.3 同時應用參數法 SFA 及非參數法 DEA 之相關文獻

目前有多篇文獻同時使用參數法及非參數法方法作一比較（詳表 6），例如：Murillo-Zamorano & Vega-Cervera（2000）使用參數法確定性邊界模式之修正一般最小平方法（Corrected Ordinary Least Squares; COLS）及 SFA 之 Cobb-Douglas 生產函數之半常態分配（SFN）、指數分配（SFE）及截斷常態分配（SFT）與 DEA 產出導向 CCR 模式固定規模報酬（ DEA_c ）及變動規模報酬（ DEA_v ），衡量美國 70 家電力公司 1990 年單期資料的生產效率、平均生產效率值 $SFT > SFE > SFN > DEA_v > DEA_c > COLS$ ；而 Reinhard *et al.*（2000）利用 SFA 及 DEA 衡量荷蘭 613 家牛奶工廠 1991~1994 年共計 4 年之未均衡跨期資料的環境效率及技術效率，在平均技術效率值（產出導向）及平均綜合環境效率值之 SFA 均大於 DEA。

應用於運輸業部分，例如：Pels *et al.*（2003）以 SFA 及 DEA 法衡量 33 個歐洲機場 1995~1997 年共計 3 年之跨期連續資料的相對技術無效率及規模效率，並分別衡量國內外年作業量（ATM）與國內外年旅客量（APM）模式下之機場效率；藍武王及林村基（2003）則以 SFA 之 Translog 生產函數之半常態分配（ SFA_{HN} ）與截斷常態分配（ SFA_{TN} ）及 DEA 之 CCR 與 BCC 模式衡量全球 74 家鐵路公司 1999 年單期橫斷面資料的相對技術效率，採二階段方式衡量，先求算各鐵路公司技術效率，再探討影響效率值的 4 個外在環境變數，得出 6 個地區鐵路業各模式平均效率值為 $SFA_{TN} > SFA_{HN} > DEA_{BCC} > DEA_{CCR}$ ，並推論以 SFA 之 Translog 函數較能描述鐵路產業的生產行為，且不符合固定規模報酬的假設。

表 6 應用 DEA 及 SFA 衡量效率之相關文獻

作者	非參數法	參數法	分析內容
Murillo-Zamorano & Vega-Cervera [2000]	DEA 產出導向 CCR 模式之固定規模報酬及變動規模報酬	參數法之 COLS 及 SFA 之 Cobb-Douglas 生產函數之半常態分配、指數分配及截斷常態分配	衡量美國 70 家電力公司 1990 年單期資料的生產效率；平均生產效率值排序為： $SFT > SFE > SFN > DEA_v > DEA_c > COLS$
Reinhard <i>et al.</i> [2000]	DEA 之 CCR 之投入導向及產出導向 2 種模式	SFA 之 Cobb-Douglas 及 Translog 生產函數共計 4 種模式	衡量荷蘭 613 家牛奶工廠 1991~1994 年共計 4 年未均衡跨期資料(共 1,353 個觀察值)的環境效率及技術效率；平均技術效率值(產出導向)SFA 89%大於 DEA 78%，平均綜合環境效率值亦為 SFA 80%大於 DEA 52%
Pels <i>et al.</i> [2003]	DEA 之 CCR 及 BCC 模式	SFA 之 Translog 生產函數	以 SFA 及 DEA 方法衡量 33 個歐洲機場 1995~1997 年跨期連續資料（3 年）的技術無效率及規模效率，並分別衡量國內外年作業量（ATM）與國內外年旅客量（APM）模式下之機場效率。

藍武王及林村基 [2003]	DEA 之 CCR 及 BCC 模式	SFA 之 Translog 生產 函數之半常態分配及 截斷常態分配	以 SFA 及 DEA 方法衡量全球 74 家鐵路公司 1999 年單期橫斷面資料的技術效率；使用 3 個投入變數（營運路線長度、車輛數、員工數）1 個產出變數（列車公里數）及 4 個環境變數（營運路線電氣化比例、該國人口密度、路網密度、公司經營屬性）；就 6 個地區鐵路業在各模式之下的平均效率值而言， $SFA_{TN} > SFA_{HN} > DEA_{BCC} > DEA_{CCR}$
本研究	DEA 之 CCR 及 BCC 模式	SFA 之 Cobb-Douglas 及 Translog 生產函數 之截斷常態分配	以 SFA 及 DEA 方法衡量全球 27 個港埠 1999~2002 年計 4 年跨期連續資料的技術效率；使用 3 個投入變數（貨櫃橋式起重機數、貨櫃船席長度及櫃場貨櫃裝卸機具數）及 1 個產出變數（貨櫃裝卸量）

資料來源：本研究整理。

2.4 小結

早期港埠為國家對外進出口貨物的貿易門戶，通常由國家或公共部門經營的，屬於非營利性組織，且港埠效率亦為多元化投入及產出之組合的產物（Talley, 1994），符合 DEA 的特性，故整理 11 篇以 DEA 衡量、分析港埠技術效率之文獻。但近年來，隨著港埠民營化的潮流，世界各國港埠逐漸將港埠作業民營化，因各港的組織型態、國情而有所不同，一般而言係以商業化（Commercialization）、自由化（Liberalization）、變賣資產（Sale of Assets）、公司化（Corporatization）、特許經營（Concessions，包含出租或 BOT）及合資經營（Joint Ventures）等六種型式開放民間業者參與經營（Baird, 2000；曾立安, 2003）。由於民間業者須投入巨資興建貨櫃碼頭場站設施及購置貨櫃機具等，且須在港口當局核定之經營特許年限，為回收成本，均將港埠事業視為營利性事業，追求利潤最大化的目標（Heaver *et al.*, 2000），符合 SFA 經濟計量的特性，故整理有 8 篇文獻係以經濟計量的 SFA 衡量港埠技術效率及經濟效率。

綜上所述，港埠產業係屬營利性事業或非營利事業，目前已有多篇文獻係以 SFA 或 DEA 其中一種方法衡量港埠效率，但很少有文獻同時應用該二方法作港埠效率之衡量。由於 SFA 及 DEA 衡量港埠經營效率各有其應用範圍，為瞭解該二種方法對港埠經營效率衡量之差異性，且是否能顯現國際貨櫃港經營特性，因此，本研究將使用 SFA 及 DEA 二種方法分別衡量港埠效率，並探討該二方法在衡量港埠經營效率之適用範圍。

第三章 SFA 及 DEA 方法之比較

3.1 基本概念

Farrell 於 1957 年首先提出以生產邊界衡量技術效率 (Technical Efficiency; TE) 及價格效率 (Price Efficiency; PE) , 奠立以數學規劃模式衡量效率的理論基礎。首先就 Farrell 的基本概念整理如下 :

Farrell 模式之基本假設為 :

1. 生產邊界是由最有效率的組織所組成 , 較無效率的組織均位於此邊界之下。
2. 固定規模報酬 , 可以簡單顯現等產量線 (Isoquant) 圖形。
3. 生產邊界凸向原點 , 因此 , 每一點斜率均小於或等於零。

Farrell 將生產效率分為技術效率 (TE) 及價格效率 (PE) , 並以等產量線評估技術效率及價格效率 , 詳圖 2 所示。技術效率為在現有技術下 , 有效運用生產要素 , 以達最大產出 ; 價格效率 (或稱分配效率) 係指在既有技術及價格下 , 使生產要素投入量之比例分配恰當 , 求得最低投入成本 (藍武王等人 , 1997)。

假設二種投入要素 X_1 、 X_2 及一項產出 Y , 在固定規模報酬之下 , 並假設效率生產函數已知。 X_1/Y 、 X_2/Y 構成投入係數空間 , SS' 為等產量線為生產一單位 Y 所需 X_1 、 X_2 之最小可能組合 , 其實際生產線必在 SS' 線右上方 , 因而可以 OQ/OP 衡量 P 點之技術效率。其次 , 假設投入之相對價格比為 AA' 之斜率 , 則可定義 P 點之價格效率為 OR/OP , 總效率 (Overall Efficiency; OE) 為技術效率及價格效率之乘積 , 亦即為 OR/OP 。

$$OE = TE \times PE \quad , \quad OR/OP = OQ/OP \times OR/OQ$$

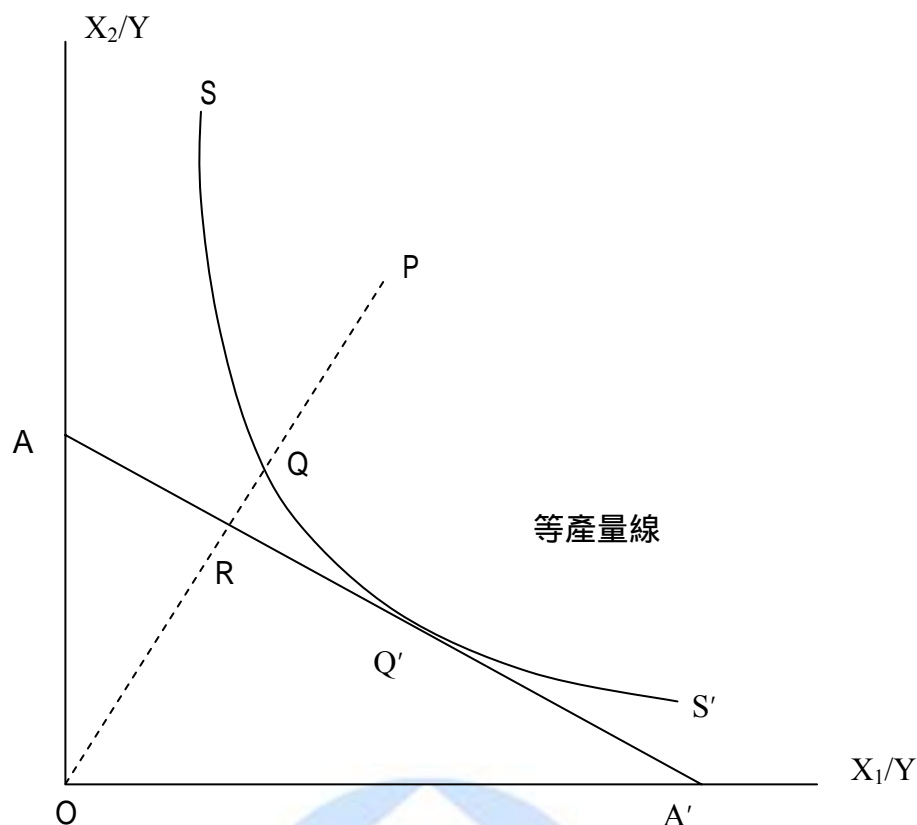


圖 2 Farrell 以等產量曲線衡量生產效率之概念圖

由於 DEA 及 SFA 均源自 Farrell 的基本概念，均為邊界分析法，因此，本研究將採用該二種方法之分析模式作一介紹。

3.2 資料包絡分析法 (DEA)

3.2.1 CCR 模式

資料包絡分析法係由 Charnes, Cooper, & Rhodes 於 1978 年提出，其概念係依據 Farrell 的效率衡量的理論基礎予以推廣，提出結合以數學規劃比例方式衡量效率的概念，亦即以固定規模報酬 (Constant returns to scale; CRS) 模式下衡量多項投入及多項產出的受評估單位 (Decision Making Unit; DMU) 之生產效率，簡稱為 CCR 模式，並命名為資料包絡分析 (DEA)。說明如下：

效率的衡量係以單一產出與單一投入變數之商數 (比值) 表示，以下列公式表示 (Bonilla *et al.*, 2002 ; Valentine & Gray, 2001)：

$$\text{效率 (efficiency)} = \frac{\text{output}}{\text{input}}$$

惟當多個產出及投入時，情況較為複雜，效率為多個產出加權總數與多

個投入加權總數之商數(比值), 亦稱為工程比率(engineering ratio)法(Doyle & Green, 1994), 以下列公式表示 :

$$\text{效率} = \frac{\sum_j U_j Y_{ij}}{\sum_i V_i X_{ij}}$$

而 DEA 之 CCR 模式係將上述效率之比值以線性規劃方式表示, 假設有 n 個受評估單位 (DMU), 各使用 m 種投入 X_i ($i = 1, 2, \dots, m$) 生產 s 種的產出 Y_r ($r = 1, 2, \dots, s$), 則其第 k 個受評估單位 (DMU _{k}) 的計算式為 :

$$\text{Max} \quad h_k = \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ik}} \quad (1)$$

$$\text{s.t.} \quad \frac{\sum_{r=1}^s U_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m V_i X_{ij}} \leq 1 \quad ; j = 1, 2, \dots, n$$

$$U_r \geq \epsilon > 0 \quad ; r = 1, 2, \dots, s$$

$$V_i \geq \epsilon > 0 \quad ; i = 1, 2, \dots, m$$

式中 :

h_k : 第 k 個 DMU 的相對效率

Y_{rj} : 第 j 個 DMU 的第 r 項產出值

X_{ij} : 第 j 個 DMU 的第 i 項投入值

U_r : 第 r 個產出項 Y 的虛擬乘數

V_i : 第 i 個投入項 X 的虛擬乘數

ϵ : 極微小的正值 (設為 10^{-6})

由式 (1) 可知, CCR 模式的相對效率值即為產出與投入的比值。為找出最大相對效率值, 虛擬乘數即是為使某個 DMU 效率值極大化 ($h_k = 1$), 所能找出對此一 DMU 最有利的數值。由於每一個 DMU 均有機會為目標函數, 而每個目標函數所對應的限制式均相同, 故各 DMU 所得到的效率值可以相互比較, 所得出之模式效率值代表整體技術效率, 亦為 Farrell 模式之技術效率。因 CCR 模式已將產出與投入的比值限制在 ≤ 1 , 因此, 當 DMU 效率值為 1 時, 稱為相對於其他 DMU 有效率; 小於 1 時, 則稱為相對無效率。

但式 (1) 為分數規劃型態, 不易求解, 故將該式轉換為線性規劃問題以利求解, 其模式如下 :

$$\text{Max} \quad h_k = \sum_{r=1}^s U_r Y_{rk} \quad (2)$$

$$\begin{aligned}
s.t. \quad & \sum_{i=1}^m V_i X_{ik} = 1 \\
& \sum_{r=1}^s U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m V_i X_{ij} \leq 0 \\
& U_r \geq >0 \quad ; r = 1, 2, \dots, s \\
& V_i \geq >0 \quad ; i = 1, 2, \dots, m \\
& j = 1, 2, \dots, n
\end{aligned}$$

式 (2) 表示在投入加權總和為 1 之情況下，使產出加權總和最大化。但因式 (2) 的限制式個數為 $m + s + n$ 較變數個數 $m + s$ 多，為利於求解，遂將其轉換為對偶化模式，並簡化計算式：

$$Min \quad \theta_k - \varepsilon \left[\sum_{r=1}^s s_r^+ + \sum_{i=1}^m s_i^- \right] \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
s.t. \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} + s_i^- \leq \theta_k X_{ik} \\
& \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} - s_r^+ \geq Y_{rk} \\
& \lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0 \quad \forall i, r, j \\
& r = 1, 2, \dots, s ; i = 1, 2, \dots, m ; j = 1, 2, \dots, n \\
& s_r^+ : \text{第 } r \text{ 種產出變數之差額變數 (slack variable)} \\
& s_i^- : \text{第 } i \text{ 種投入變數之差額變數}
\end{aligned}$$

依 CCR 模式指出：惟有無效率 DMU_k 若相對效率為 1 ($\theta=1$) 且 $s_i^- = s_r^+ = 0$ ，則投入與產出之理想最適量為：

$$X_{ik}^* = \theta^* X_{ik} - s_i^{-*} \quad (4)$$

$$Y_{rk}^* = Y_{rk} + s_r^{+*}$$

上標*表示最適量

式 (4) 說明投入減少 (s_i^{-*}) 或產出增加 (s_r^{+*}) 若干單位，可達到 DMU_k 有效率，作為管理目標，亦可得知理想投入產出與實際投入產出二者之差為：

$$\Delta X_{ik} = X_{ik} - X_{ik}^* \quad (5)$$

$$\Delta Y_{rk} = Y_{rk}^* - Y_{rk}$$

由式 (5) 得知， DMU_k 應減少 ΔX_{ik} 之投入，並增加 ΔY_{rk} 之產出，以改善其相對效率。

3.2.2 BCC 模式

CCR 模式係假設受評估單位處於固定規模報酬之下，衡量受評估單位 (DMU) 的整體效率、技術效率及配置效率，但當規模報酬可變動時，技術無效率亦可能因運作規模不當所致。因此，Banker, Charnes, & Cooper 於 1984 年以生產可能集的四個公理及 Shephard 的距離函數，在包絡要求上另加一個限制條件：DMU 的凸性組合。因而導出能衡量純粹技術效率 (pure technical efficiency; PTE) 及規模效率 (scale efficiency; SE)。亦即將 CCR 模式所導出的技術效率再分為純粹技術效率及規模效率，且 CCR 模式之效率值為純粹技術效率與規模效率之乘積。有關 CCR 模式及 BCC 模式效率衡量詳圖 3 所示。

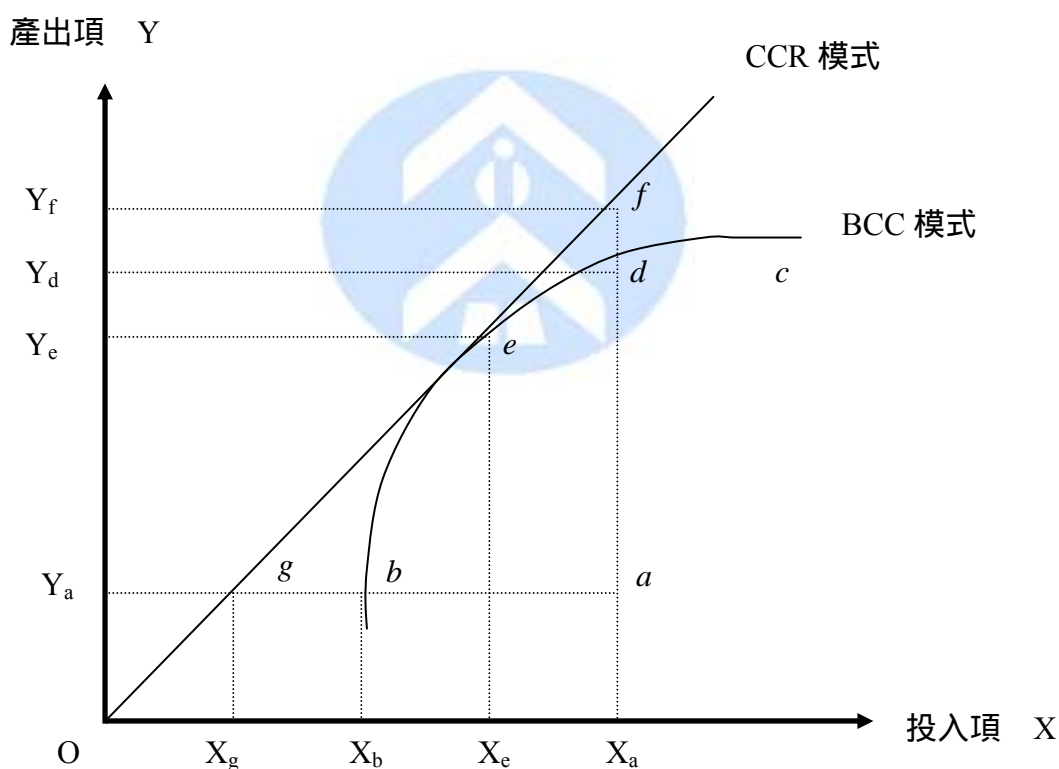


圖 3 CCR 模式及 BCC 模式效率衡量圖

以圖 3 說明生產效率 (整體技術效率) 純粹技術效率及規模效率三者之間的關係，說明如下：若 a、b、c、d、e、f、g 等七個受評估單位 (DMU) 均為單一投入 / 產出，則在固定規模報酬 (CCR 模式) 之情況下，生產可能集合為 Of 右下方所包含區域，則 e、f、g 三個為邊界之效率點，從投入

面說明，非效率點 a 生產 Y_a 之產量必須投入 X_a 的要素，但 g 點同樣生產 Y_a 之產量但只須 X_a 的投入量，故可知 a 點相對於 g 點的生產效率為 X_a / X_g 。如將固定規模報酬放寬為變動規模報酬，則生產可能集合變為 b、c、d、e 下方包含的區域，而 b、c、d、e 四個 DMU 位於邊界效率點，非效率點 a，其生產 Y_a 產量必須投入 X_a 要素，但以 b 點而言，相同的產量只須投入 X_b ，故 a 點的純粹技術效率為 X_b / X_a 。又因 e 點為生產效率與規模效率點，所以 a 點相對於 e 點的規模效率為 X_g / X_b 。因此，CCR 模式在固定規模報酬情況下，只得到生產效率，而 BCC 模式則可將生產效率分為純粹技術效率及規模效率（吳萬益、林清河，2001）。

因此，Banker *et al.* (1984) 係將 CCR 模式所假設的固定規模報酬之生產可能集合限制，放寬為變動規模報酬 (Variable returns to scale; VRS) 模式，簡稱為 BCC 模式，可以評估技術效率與規模效率。其數學模式如下：

$$\begin{aligned}
 \text{Max} \quad & h_k = \sum_{r=1}^s U_r Y_{rk} - U_k \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{i=1}^m V_i X_{ik} = 1 \\
 & \sum_{r=1}^s U_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m V_i X_{ij} - U_k \leq 0 \\
 & U_r \geq 0 \quad ; r = 1, 2, \dots, s \\
 & V_i \geq 0 \quad ; i = 1, 2, \dots, m \\
 & U_k \text{ 無限制} \quad j = 1, 2, \dots, n
 \end{aligned} \tag{6}$$

為便利計算，亦將式 (6) 予以對偶化，對偶化模式如下：

$$\begin{aligned}
 \text{Min} \quad & \theta_k - \varepsilon \left[\sum_{r=1}^s s_r^+ + \sum_{r=1}^m s_i^- \right] \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} + s_i^- \leq \theta_k X_{ik} \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} - s_r^+ \geq Y_{rk} \\
 & \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \\
 & \lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0 \quad \forall i, r, j \\
 & r = 1, 2, \dots, s ; i = 1, 2, \dots, m ; j = 1, 2, \dots, n
 \end{aligned} \tag{7}$$

式 (7) 式較式 (3) 多出一個凸性限制 ($\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$)。得出 CCR 及

BCC 模式之技術效率值後，可由該二模式之技術效率比值求得規模效率 (SE)。當規模效率為 1 時表示規模有效率，規模效率小於 1 時表示規模無效率，而規模無效率可分為規模報酬遞增 (increasing returns to scale; IRS) 及規模報酬遞減 (decreasing returns to scale; DRS)，以 $\Sigma\lambda^*$ 表示。而 BCC 模式利用 CCR 模式中 $\Sigma\lambda^*$ 作為規模報酬指標。若 $\Sigma\lambda^*$ 大於 1，則表示該受評估單位處於規模報酬遞減階段； $\Sigma\lambda^*$ 小於 1，則表示該受評估單位處於規模報酬遞增階段；若 $\Sigma\lambda^*$ 等於 1 則表示該單位處於最適生產規模階段，為固定規模報酬 (CRS)，此時 CCR 與 BCC 模式所求算之效率值相同。

3.2.3 DEA 之特性

依據黃旭男 (1993) 整理 Lewin 研究，就 DEA 在評估方法有下列七項特性，因此，Lewin 認為 DEA 為一效率評估之優良方法。

1. 可處理多項投入、多項產出之評估問題，而無須預設函數及估計參數，在實務上較為可行。
2. 單位不變性：如 CCR 與 BCC 模式只要受評估之 DMU 均使用相同計量單位，則衡量之結果不受投入產出計量單位之影響。例如：某一產出 (Y) 以公斤計量或以噸計量，其效率均相等。
3. 可以單一綜合指標衡量效率。
4. 權重之決定不受人為主觀因素的影響。
5. 可同時處理比率資料及非比率資料。
6. 可處理組織外之環境變數。
7. 可獲得資源使用情況之相關資訊。

雖然 DEA 具有上述多項特性，但仍存在於許多模式與應用上之限制，簡述如下 (蔡文化，1995)：

1. DEA 模式中之權數，代表該觀測點對參考變數空間之「法向量」，亦隱含著各投入 / 產出項對整體效率值之貢獻程度，由於每一生產要素有其固有稟賦，但若有任一權數值為零的情況，將造成在經濟學或管理功能之意義上無法解釋之情形。
2. DEA 對資料係十分敏感的，亦即它所得到的是相對效率值，一旦加入新的受評估單位 (DMU)，則大部分的效率值都會隨之改變，改善幅度亦改變之，例如：Estache *et al.* (2002) 扣除離群者 (outlier) 之墨西哥 Ensenada 港後，效率值明顯由 50.5% 提升為 54.6%，而平均年成長率則由 3.3% 降為 2.8%。此外，不同的投入 / 產出變數組合，所求得之效率組合亦不同，因此，對受評估單位與投入 / 產出項目的選取甚為重要。

3.DEA 係為確定性 (deterministic) 方法，不像計量經濟方法能容許誤差存在，因此，每一生產要素及產出數量均須儘量避免量測誤差。

3.3 隨機邊界分析法

3.3.1 SFA 概要

Aigner, Lovell, and Schmidt (1977) 及 Meeusen & van den Broeck (1977) 依據 Farrell (1957) 的效率量測概念，分別提出以隨機邊界分析法 (SFA) 衡量廠商的技術效率。本研究依 Aigner *et al.* 提出之隨機性邊界生產函數 (stochastic frontier production function) 概念，整理如下：

$$Y_i = X_i \beta + \varepsilon_i \quad (8)$$

$$\varepsilon_i = v_i - u_i$$

$$i = 1, 2, \dots, N$$

Y_i 表示第 i 廠商產出的適當型式 (如 \log 型式)

X_i 表示第 i 廠商投入向量 ($1 \times k$)

β 為生產函數個別的投入係數向量 ($k \times 1$)

ε_i 為誤差項；

v_i 為隨機誤差項，為平均數為 0，變異數為常數的常態分配，亦即

$v_i \sim iid N(0, \sigma_v^2)$ ，代表量測誤差及其他不確定因素。

$u_i \geq 0$ ，為一非負的隨機變數，可衡量廠商生產的技術無效率。

式 (8) 為衡斷面 (cross-section) 模式，僅衡量廠商單一年度資料，如欲衡量跨期連續資料 (panel data)，Battese & Coelli (1988) 提出跨期連續資料之隨機邊界生產函數如下：

$$Y_{it} = X_{it} \beta + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

$$\varepsilon_{it} = v_{it} - u_{it}$$

$$i = 1, 2, \dots, N ; t = 1, 2, \dots, T$$

Y_{it} 表示時間 t 第 i 廠商產出的適當型式 (如 \log 型式)

X_{it} 表示時間 t 第 i 廠商投入向量 ($1 \times k$)

β 為生產函數個別的投入係數向量 ($k \times 1$)

ε_{it} 為誤差項；

v_{it} 代表生產函數隨機變異之對稱干擾項，即 $v_{it} \sim iid N(0, \sigma_v^2)$ 與 u_{it} 互為獨立變數

u_{it} 代表生產技術無效率，為一非負的隨機變數；

其中，Coelli *et al.* (1997) 將 u_{it} 分為時間不變性 (time-invariant) 與時

間變動性 (time-varying) 等二種技術無效率效果：

1. 時間不變性 (time-invariant) 技術無效率效果

$$u_{it} = u_i, \quad i = 1, 2, \dots, N; \quad t = 1, 2, \dots, T;$$

2. 時間變動性 (time-varying) 技術無效率效果

$$u_{it} = \{\exp[-\eta(t-T)]\}u_i, \quad i = 1, 2, \dots, N; \quad t = 1, 2, \dots, T;$$

其中 未知的估計數

3.3.2 SFA 分析法

SFA 法須先設定廠商的目標函數及隨機干擾項型態，並以最大概似法 (maximum-likelihood method) 求解，茲分述如下：

1. 目標函數形式

常見的函數型態，多使用 Cobb-Douglas 及 Translog 函數型態，以一個產出變數與二個投入變數為例，其函數形式如下：

(1) Cobb-Douglas 函數：

一般式為：

$$y = Ax_1^{b_1} x_2^{b_2} \quad (10)$$

其同等式，亦即均取對數：

$$\ln y = \ln A + b_1 \ln x_1 + b_2 \ln x_2 \quad (11)$$

(2) Translog 函數：

$$\ln y = b_0 + b_1 \ln x_1 + b_2 \ln x_2 + (1/2)[b_{11}(\ln x_1)^2 + b_{22}(\ln x_2)^2] + b_{12} \ln x_1 \ln x_2 \quad (12)$$

2. 隨機干擾項模式

針對 SFA 法之無效率的隨機干擾項 u_i 值，一般須先假設的 u_i 分配型態，Aigner *et al.* (1977) 建議可為半常態分配或是指數分配，Stevenson (1980) 則提出截斷常態分配，另有學者提出 u_i 為伽瑪 (Gamma) 分配。其中半常態分配模式、指數模式及截斷常態分配模式等三種分配模式如下：

(1) 半常態 (Half-Normal) 分配模式

$$E[u_{it} | \varepsilon_{it}] = \frac{\sigma\lambda}{(1+\lambda^2)} \left[\frac{\phi\left(\frac{\varepsilon_{it}\lambda}{\sigma}\right)}{\Phi\left(-\frac{\varepsilon_{it}\lambda}{\sigma}\right)} - \frac{\varepsilon_{it}\lambda}{\sigma} \right] \quad (13)$$

(2)指數 (Exponential) 模式

$$E[u_{it}|\varepsilon_{it}] = (\varepsilon_{it} - \theta\sigma_v^2) + \frac{\sigma_v\phi\left[\frac{\varepsilon_{it} - \theta\sigma_v^2}{\sigma_v}\right]}{\Phi\left[\frac{\varepsilon_{it} - \theta\sigma_v^2}{\sigma_v}\right]} \quad (14)$$

$$\theta = \frac{1}{\sigma_u}$$

(3)截斷常態 (Truncated Normal) 分配模式

截斷常態分配模式無效率項以 $(\frac{\varepsilon_{it}\lambda}{\sigma} + \frac{\mu_i}{\sigma\lambda})$ 取代式 (13) 之 $(\frac{\varepsilon_{it}\lambda}{\sigma})$, 為 :

$$E[u_{it}|\varepsilon_{it}] = \frac{\sigma\lambda}{(1+\lambda^2)} \left[\frac{\phi\left(\frac{\varepsilon_{it}\lambda}{\sigma}\right)}{\Phi\left(-\frac{\varepsilon_{it}\lambda}{\sigma}\right)} - \left(\frac{\varepsilon_{it}\lambda}{\sigma} + \frac{\mu_i}{\sigma\lambda}\right) \right] \quad (15)$$

3.最大概似估計法 (maximum likelihood estimate method)

Aigner *et al.* (1977) 導出邊際密度函數 $f(\varepsilon)$ 如下 :

$$f(\varepsilon) = \frac{2}{\sigma} \phi\left(\frac{\varepsilon}{\sigma}\right) \left[1 - \Phi\left(-\frac{\varepsilon\lambda}{\sigma}\right) \right] , \quad -\infty < \varepsilon < +\infty \quad (16)$$

式中 $\sigma^2 = \sigma_v^2 + \sigma_u^2$, $\varepsilon = v - u$, $\lambda = \frac{\sigma_u}{\sigma_v}$

$\phi(\cdot)$ 為標準常態分配之密度函數

$\Phi(\cdot)$ 為標準常態分配之累積分配函數

平均數為 $E(\varepsilon) = E(u) = -\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{\pi}} \sigma_u$

變異數為 $V(\varepsilon) = V(u) + V(v) = \left(\frac{\pi-2}{\pi}\right) \sigma_u^2 + \sigma_v^2$

而 SFA 邊際密度函數 $f(\varepsilon)$ 的概似函數如下 :

$$\ln L = A - N \ln \sigma + \sum_{i=1}^N \ln \Phi\left(-\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma}\right) - \frac{1}{2\sigma^2} \sum_{i=1}^N \varepsilon_i^2 \quad (17)$$

A 為常數。

利用最大概似估計法求解 , 公式如下 :

$$E[u_i|\varepsilon_i] = \mu_{*i} + \sigma_* \left[\frac{\phi\left(-\frac{\mu_{*i}}{\sigma_*}\right)}{1 - \Phi\left(-\frac{\mu_{*i}}{\sigma_*}\right)} \right] = \sigma_* \left[\frac{\phi\left(\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma}\right)}{1 - \Phi\left(\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma}\right)} - \left(\frac{\varepsilon_i \lambda}{\sigma}\right) \right] \quad (18)$$

$\mu_{*i} = \frac{-\varepsilon \sigma_u^2}{\sigma^2}$, $\sigma_*^2 = \frac{\sigma_v^2 \sigma_u^2}{\sigma^2}$, u_i 於 ε 的條件期望值已知後，即可校估廠商

之技術效率 (TE_i) 如右式： $TE_i = \exp(-\hat{u}_i) = \exp(-E[u_i|\varepsilon_i])$ ，但 Battese & Coelli (1988) 認為最佳 TE_i 點估計如下式：

$$TE_i = E[\exp(-u_i|\varepsilon_i)] = \left[\frac{1 - \Phi\left(\frac{\sigma_* - \mu_{*i}}{\sigma_*}\right)}{1 - \Phi\left(\frac{-\mu_{*i}}{\sigma_*}\right)} \right] \exp\left(-\mu_{*i} + \frac{\sigma_*^2}{2}\right) \quad (19)$$

4. SFA 假設檢定

依 Coelli *et al.* (1997) 建議以單尾一般化概似比率檢定 (one-side generalized likelihood-ratio test) 判斷是否有技術無效率效果，其檢定統計量 LR 計算式為：

$$LR = -2\{\ln[L(H_0)/L(H_1)]\} = -2\{\ln[L(H_0)]\} - \ln[L(H_1)]$$

式中 $L(H_0)$ 及 $L(H_1)$ 分別是虛無假設 H_0 及對立假設 H_1 概似函數值。假如 $H_0: \sigma_u^2 = 0$ 為真，代表接受所設定模式並沒有技術無效率效果，否則 $H_1: \sigma_u^2 \neq 0$ 為真，拒絕沒有技術無效率效果。並比較 LR 值與查表的 χ^2 (2) 值 (自由度為虛無假設的限制數)，即可判定接受或拒絕虛無假設。

3.4 SFA 與 DEA 之比較

SFA 為參數型，係以經濟計量方法衡量廠商的技術 (或經濟) 效率。其特性是須事先設定廠商的目標函數型態 (如生產函數等) 及隨機干擾項型態，方能估計；廠商在實際生產過程中，會受到罷工、天候、機器運作狀況等不確定因素的隨機因素干擾，故生產誤差項可分為人為可控制因素所致的技術無效率誤差項及人為不可控制因素所致的誤差項，並可進行假設檢定，常應用於營利組織。

然而，DEA 為非參數型，係透過線性規劃來找出包住所有受評估單位的效

率包絡線，可衡量多項投入及多項產出之受評估單位相對效率值，不必預設函數或參數，亦可做差額分析、敏感度分析等工具探討資源運用情形，提供管理者擬訂資源改善的參考，廣泛應用於非營利組織或分支機構方面，例如：學校、教育計畫、法庭、醫院、森林管理、公共部門、農業等方面效率評估（黃旭男，1993；Doyle & Green, 1994；Coelli, 1996）。

SFA 與 DEA 均源自於 Farrell (1957) 的效率衡量概念，均屬邊界分析法，但 SFA 較適合分析投入／產出資料較具不確定性產業之效率，而 DEA 則適合衡量投入／產出資料較為確定性產業之效率（二種方法比較詳表 7）。

表 7 SFA 與 DEA 法之比較

比較項目	隨機邊界分析法 (SFA)	資料包絡分析法 (DEA)
共同性	均為效率邊界法，利用一組樣本廠商從中尋求技術或成本邊界，若廠商位於效率邊界上稱為最有效率廠商，其他廠商的效率水準則視它們與效率邊界的相對位置而定	
特性	參數型	非參數型
可衡量之項目	1.技術效率 2.規模彈性 3.規模效率 4.分配效率 5.技術變動與總生產要素生產力變動	1.技術效率 2.規模彈性 3.規模效率 4.分配效率 5.擁擠效率 6.技術變動與總生產要素生產力變動
理論基礎	廠商實際使用之技術雖未知，但可運用計算迴歸法予以逼近，求出近似的函數來代表廠商使用的技術。	將擬衡量之樣本與最佳樣本比較，應用線性規劃求出相對效率值。
基本假設	廠商所面對效率邊界是隨機變動的，可能受天候、罷工、機器運作狀況與量測誤差	由樣本中最佳廠商構成效率邊界，所有與邊界間之差距均被解釋為無效率。
方法差異	以計量經濟方法，由樣本校估函數之參數及機率分配之平均數與變異數，再將樣本與最佳可能達成值比較，以求出效率值。	以數學規劃法從樣本中尋找最大產出組合（或最小投入組合），並視為同儕（peer），再將其餘廠商與同儕廠商比較，得出相對效率值。
優點	1.不必事先假設廠商都是有效率，符合實際狀況。 2.將天候、運氣等隨機項及量測誤差等統計上的殘差列入考量。 3.不需要價格資料。 4.可進行假設檢定。 5.校估邊界函數而非平均函數，亦即可校估得到廠商所使用之最佳技術，而非平均技術。	1.不必事先假設廠商都是有效率，符合實際狀況。 2.可處理多投入 多產出的效率衡量問題。 3.不需要價格資料。 4.不必事先假設函數型態及分配型態。 5.樣本數較少時亦可比較相對效率。 6.CCR 與 BCC 模式具有單位不變性。
缺點	1.必須事先假設函數型態及分配型態。 2.必須有足夠的樣本，以避免自由度不足的問題。 3.所假設的分配型態對於評估之效率值是敏感的。	1.未將量測誤差等統計上的殘差列入考量，所有與最佳觀測點之差異均被解釋為無效率。 2.不能進行假設檢定。 3.增加新樣本如為離群者會影響評估結果
適用範圍	常應用於營利性組織	常應用於非營利性組織

資料來源：Coelli *et. al.* (1997)，藍武王、林村基 (2003)。

第四章 實證分析

依據 SFA 及 DEA 等二種不同方法，求算各港埠效率值，並予以比較、分析，包括：使用 Spearman 等級相關分析進行效率排序分析、差額分析及敏感度分析等分析方法，並探求對管理者的意義並提出相關改善建議。

4.1 研究分析架構

本研究分析流程架構，首先選擇受評估港埠，再選定合適的投入／產出變數項，以及所需年度資料並進行資料蒐集，分別利用 SFA 及 DEA 電腦軟體求算出各模式下受評估港埠的效率值，再進行結果分析、比較，最後提出結論與建議。研究分析流程詳圖 4，各項流程說明如下：

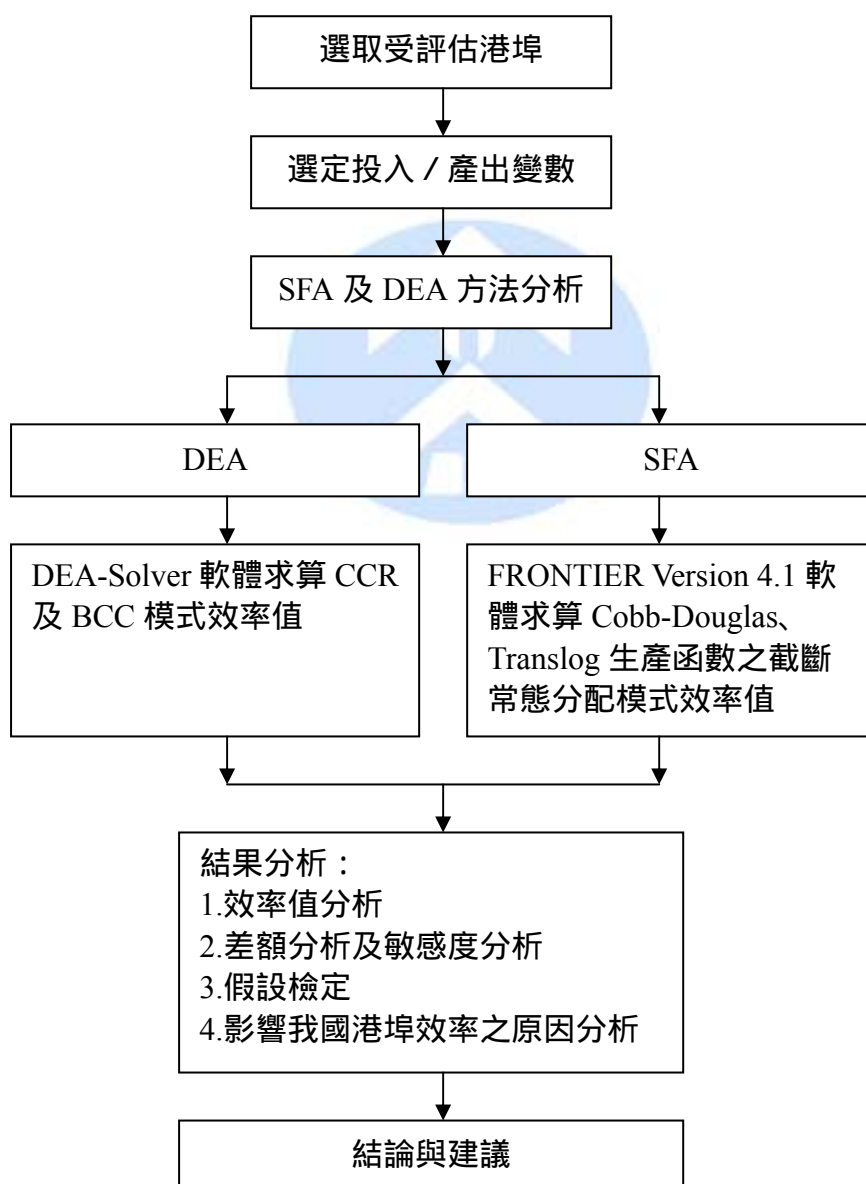


圖 4 研究分析流程圖

4.2 資料蒐集及分析

4.2.1 選擇受評估對象及單位

應用 DEA 或 SFA 進行效率衡量時，須注意資料的齊一性問題，包括各受評估港埠間的一致性。各受評估港埠必須從事相同的工作、且具相同的目標始可評比其相對效率 (Golany & Roll, 1989)，包括經營環境的一致性，但實務上較難達成。Tongzon & Ganesalingam (1994) 認為各國際港埠因其港埠特性及角色、港口管理政策、基礎設施及作業方式的不同，如貿然將各國際港埠作業效率做一比較，將會導致不公平的比較基礎。惟因貨物貨櫃化之趨勢，已使全球貨櫃港趨向於標準化、機械化的貨櫃作業方式，差異不大，且全球前 30 大貨櫃港在港埠作業體制上均為民營化作業型式，並以最大產出（貨櫃量）及作業效率為目標，故具有一致性。

本研究蒐集 2002 年全球前 30 大貨櫃港 1999~2002 年計 4 年跨期連續資料，並取材自相關年度的國際貨櫃化年報 (Containerisation International Yearbook) 所記載各港埠設施資料及各港埠網頁資料。近年來，中國大陸已躍昇為全球工廠，大多數進出口商品藉由港口疏運，正全力推動各項港埠建設，然而，該年報卻未記載青島港、廣州港、天津港詳細的基礎資料、或僅有登錄最近 2002 年單一年度資料，因此，未將該等港埠列入為評選名單，僅列入香港、上海港及深圳港等 3 個港埠；日本港口則列入東京港、橫濱港、神戶等日本前 3 大貨櫃港，再加上增列我國基隆港為評選對象，總計選擇 18 個地區 27 個貨櫃港為受評估港埠，共 108 個觀察值（名單詳表 8）。

表 8 國際貨櫃港埠名單一覽表

地區別	港口別
1.中國大陸	香港、上海港、深圳港
2.新加坡	新加坡港
3.南韓	釜山港
4.台灣	高雄港、基隆港
5.馬來西亞	巴生港、丹絨帕拉帕斯港
6.阿拉伯聯合大公國	杜拜港
7.日本	東京港、橫濱港、神戶港
8.菲律賓	馬尼拉港
9.印尼	丹絨不祿港
10.泰國	蘭加邦港
11.印度	加瓦哈拉港
12.荷蘭	鹿特丹港
13.比利時	安特衛普港
14.德國	漢堡港、不萊梅哈文港
15.美國	長堤港、洛杉磯港及紐約 / 紐澤西港
16.英國	佛列斯多
17.西班牙	阿爾及西拉斯港
18.義大利	焦亞陶羅港

4.2.2 選定投入 / 產出變數

影響港埠經營的變數眾多，依前述 2.2.3 節，投入項包含人力、資金及其他生產投入等變數，產出項則包括實際生產量、服務水準等變數(詳表 9)。

表 9 貨櫃港埠之投入 / 產出變數一覽表

項目 變數	類別	內容
投入項	人力投入	勞工數、貨櫃延人工時等變數
	資金 / 設備投入	貨櫃船席長度、貨櫃船席數、貨櫃起重機數、貨櫃場站面積、貨物裝卸設備數等變數
	其他生產投入	貨櫃船延遲時間
產出項	實際生產量	貨櫃作業量、船舶進港艘數等變數
	服務水準	使用者滿意度、船舶作業率等變數

資料來源：本研究整理

基於國外各港埠貨櫃裝卸作業均已民營化，多由民營裝卸業者經營，且大多由專業之港口碼頭營運業者經營，如和記黃埔控股公司 (HPH)、P&O Ports、PSA International、SSA、APM Terminals 等全球性碼頭營運人，與長榮、陽明等大型航運公司。該等碼頭營運業者在全球各港埠投入鉅資興建貨櫃碼頭，致使全球各貨櫃港裝卸作業已朝向標準化及機械化作業。然而，他們所雇用的裝卸勞工數等人力資料通常列為業務上機密，無法取得該項資料。因此，為配合 DEA 可衡量多元投入及產出的特性，與 SFA 多以衡量單一產出及多元投入之共通性，故選擇具有代表性之貨櫃裝卸量作為單一產出變數；而投入變數部分，因貨櫃碼頭之機具及設備係為業者投入鉅資購置者，亦為資金投入項目重要關鍵，惟其中貨櫃船席數與貨櫃船席長度等二投入項，涉及貨櫃碼頭標準化，平均一個標準化之碼頭船席約為 300~320 公尺，二者具有相關性，故選擇其中一項作為投入變數。綜上所述，初選貨櫃基礎設施為主的資金 / 設備投入變數，包括貨櫃橋式起重機數量、貨櫃船席長度、貨櫃場面積及櫃場貨櫃裝卸機具等四項，及以實際生產量的貨櫃裝卸量等一項產出變數。初選各項投入 / 產出變數說明如下 (詳表 10)：

1. 投入變數

本研究採用貨櫃基礎設施作為投入變數，包括：貨櫃橋式起重機數、貨櫃船席長度、貨櫃場面積及貨櫃裝卸機具數等四項，各項變數分述如下：

- (1) 貨櫃橋式起重機數量 (X_1)：各港貨櫃橋式起重機數，單位為「台」。
- (2) 貨櫃船席長度 (X_2)：各港貨櫃船席總長度，以「公里」衡量。
- (3) 貨櫃裝卸機具數 (X_3)：櫃場貨櫃裝卸機具數，單位為「台」。
- (4) 貨櫃場面積 (X_4)：各港內貨櫃場站總面積，以「公頃」衡量。

2.產出變數

一般衡量各國港埠的競爭情形，多以貨櫃或貨物作業量等實際產出量之高低予以比較，因此，本研究選擇以各港每年貨櫃裝卸量（Y）為產出變數，衡量單位為「萬 TEU」。

表 10 初選之投入／產出變數資料

變數別	變數名稱及單位	說 明
投入變數	貨櫃橋式起重機數 X_1 (台)	各港貨櫃橋式起重機數
	貨櫃船席長度 X_2 (公里)	各港貨櫃船席總長度
	貨櫃裝卸機具數 X_3 (台)	櫃場貨櫃裝卸機具數
	貨櫃場面積 X_4 (公頃)	櫃場面積
產出變數	貨櫃裝卸量 Y(萬 TEU)	各港年貨櫃裝卸量

為確認所選定之投入／產出變數的相關性，可否充分解釋對效率的影響，且投入／產出變數須符合等幅擴張性（Isotonicity），亦即投入增加產出不得減少。經以 Pearson 相關分析，在顯著水準為 0.05（雙尾）時，1999~2002 年各年貨櫃裝卸量產出變數均與貨櫃橋式起重機數、貨櫃船席長度及貨櫃裝卸機具數等投入變數之間較具相關性。然而，僅貨櫃場面積（ X_4 ）乙項投入變數在顯著水準為 0.05（雙尾）時，1999~2002 年各年度分別為 0.3734、0.3692、0.3431 及 0.2940 均不顯著，遂將此一相關性不高的變數予以移除（相關分析表詳表 11），因此，選擇前述三項投入變數及一項產出變數作為本研究之投入／產出變數。

表 11 初選的投入／產出變數 Pearson 相關分析

年別	產出變數 Y_t	投入變數			
		貨櫃橋式起重機數 X_1	貨櫃船席長度 X_2	貨櫃裝卸機具數 X_3	貨櫃場面積 X_4
1999	貨櫃裝卸量 Y_1	0.8401	0.4397	0.7825	0.3734*
2000	貨櫃裝卸量 Y_2	0.8228	0.5017	0.7823	0.3692*
2001	貨櫃裝卸量 Y_3	0.7732	0.4455	0.6683	0.3431*
2002	貨櫃裝卸量 Y_4	0.7482	0.4466	0.6312	0.2940*

備註：(*)表顯著水準為 0.05（雙尾）不顯著。

然而，依據 DEA 模式的經驗法則（rule of thumb），受評估單位之個數至少應為投入項個數及產出項個數和的二倍（高強、黃旭男、Toshiyuki Sueyoshi，2003），本研究選定受評估港埠 27 個已大於三個投入項及一個產出項之總和的二倍（8 個），符合前述 DEA 模式之經驗法則。且評估 1999~2002 年連續四年 27 個受評估港埠的資料計 108 個觀察值，大於一般經濟計量模式的 25 個觀察值，趨向常態分配分佈，故亦符合 SFA 截斷常態分配之分析。

4.3 模式分析及實證結果

4.3.1 SFA 模式

針對 SFA 目標函數及無效率的隨機干擾項 u_i ，採 Cobb-Douglas 及 Translog 生產函數之截斷常態分配（SFA_{CD}、SFA_{TR}）二種模式進行分析，並以受評估單位的跨期連續資料為基礎，分別求算在時間變動性無效率模式下的個別技術效率值（ $TE_{it} = e^{-E[u_{it}|\varepsilon_{it}]}$ ），其中 Cobb-Douglas 函數如下：

$$\ln y_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln x_{1it} + \beta_2 \ln x_{2it} + \beta_3 \ln x_{3it} + v_{it} - u_{it} \quad , \quad i=1,2,3; t=1,2,3,4; \quad (20)$$

而 Translog 函數為：

$$\begin{aligned} \ln y_{it} = & \beta_0 + \beta_1 \ln x_{1it} + \beta_2 \ln x_{2it} + \beta_3 \ln x_{3it} + \beta_4 (\ln x_{1it})^2 + \beta_5 (\ln x_{2it})^2 + \\ & \beta_6 (\ln x_{3it})^2 + \beta_7 (\ln x_{1it})(\ln x_{2it}) + \beta_8 (\ln x_{1it})(\ln x_{3it}) + \beta_9 (\ln x_{2it})(\ln x_{3it}) + v_{it} - u_{it} \quad , \\ & i=1,2,3; t=1,2,3,4; \quad (21) \end{aligned}$$

$$u_{it} = \{\exp[-\eta(t-T)]\}u_i \quad , i=1,2,3; \quad t=1,2,3,4;$$

其中 未知的估計數

本研究以最大概似估計法並使用 Coelli(1996)之 FRONTIER Version 4.1 電腦軟體求解，得出二種函數之截斷常態分配模式之各項參數較估結果詳表 12，各港 1999~2002 年效率值詳表 13、表 14。1999~2002 年 SFA_{CD}、SFA_{TR} 模式之總平均效率值分別為 0.7979、0.8217。

SFA_{CD} 模式 LR 值為 57.7869 SFA_{TR} 模式 LR 值為 31.4398，均大於 χ^2 分配之臨界值 4.605、6.251，故均拒絕 H_0 假設，表示 $\gamma^2 \neq 0$ ，接受對立假設 H_1 有技術無效率 u_{it} 效果。此外，亦可由 γ 值來判定是否存在技術無效率效果，

$$\gamma = \frac{\sigma_u^2}{\sigma_v^2 + \sigma_u^2} \quad , \text{校估後 SFA}_{CD} \text{ 模式之 } \gamma \text{ 值為 } 0.5928 \text{ (t 值為 } 7.1191) \text{ , SFA}_{TR}$$

模式之 γ 值為 0.3658 (t 值為 3.0846)，均較為顯著，故接受 H_1 對立假設，表示 $\gamma \neq 0$ ，該二模式均有技術無效率效果；其次檢定 Cobb-Douglas 生產函數是否適合檢定 27 個受評估港埠， $H_0: \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = \beta_8 = \beta_9 = 0$ ，LR 值為 57.7869 大於 χ^2 分配之臨界值 (12.592)，故拒絕 H_0 假設，即表示 Translog 生產函數應較 Cobb-Douglas 生產函數適合描述 27 個國際貨櫃港。但為比較 Cobb-Douglas 與 Translog 等二生產函數模式對港埠特性之解釋性，故本研究仍使用該二函數予以分析；SFA_{CD} 及 SFA_{TR} 二種模式之 γ 值 (0.5778、0.6604) 均大於零，表示時間變動的無效率模式隨著時間增加呈現遞增的情形，因此，SFA_{CD} 及 SFA_{TR} 二種模式下各港埠的效率值隨著時間的增加，亦呈現遞增的情形。

表 12 隨機邊界分析之最大概似估計值

變數項	SFA _{CD} 模式			SFA _{TR} 模式		
	係數值	標準差	t 值	係數值	標準差	t 值
常數	2.6041	0.3582	7.2696	4.2883	0.9462	4.5320
X ₁ [=ln(橋式機數)]	0.8710	0.1629	5.3473	-4.6359	0.8368	-5.5399
X ₂ [=ln(船席長)]	-0.2360	0.1343	-1.7568	1.0593	0.9405	1.1263
X ₃ [=ln(貨櫃裝卸機具數)]	0.1693	0.1145	1.4791	3.0925	0.6635	4.6611
(X ₁) ²				0.9803	0.4324	2.2673
(X ₂) ²				-0.2231	0.6668	-0.3346
(X ₃) ²				-0.1015	0.2321	-0.4373
(X ₁ X ₂)				0.1718	0.2453	0.7006
(X ₁ X ₃)				-0.4086	0.6685	-0.6112
(X ₂ X ₃)				-0.2238	0.4230	-0.5290
$\sigma^2 (= \sigma_v^2 + \sigma_u^2)$	0.2790	0.05136	5.4333	0.1946	0.06348	3.0650
	0.5928	0.08326	7.1191	0.3658	0.1186	3.0846
μ	-0.8134	0.4126	-1.9715	-0.5336	0.5702	-0.9358
	0.5778	0.1074	5.3799	0.6604	0.1644	4.0177
Log likelihood function 值	-62.1944			-63.8910		
LR 值	57.7869			31.4398		

表 13 SFA_{CD} 模式各港 1999~2002 年效率值

港埠別	1999	名次	2000	名次	2001	名次	2002	名次	平均技術值
1.香港	0.9341	1	0.9620	1	0.9783	1	0.9877	1	0.9655
2.新加坡	0.8846	2	0.9322	2	0.9609	2	0.9777	2	0.9389
3.釜山	0.8808	3	0.9299	3	0.9595	3	0.9769	3	0.9368
4.上海	0.7931	8	0.8749	8	0.9266	8	0.9578	8	0.8881
5.高雄	0.8222	7	0.8933	7	0.9378	7	0.9643	7	0.9044
6.深圳	0.6730	15	0.7955	15	0.8777	15	0.9288	15	0.8187
7.鹿特丹	0.7405	12	0.8407	12	0.9057	12	0.9455	12	0.8581
8.洛杉磯	0.7882	11	0.8717	11	0.9247	11	0.9566	11	0.8853
9.漢堡	0.5928	19	0.7397	19	0.8422	19	0.9074	19	0.7705
10.安特衛普	0.7044	13	0.8167	13	0.8909	13	0.9367	13	0.8372
11.巴生	0.4575	23	0.6389	23	0.7754	23	0.8662	23	0.6845
12.長堤	0.7888	10	0.8721	10	0.9250	10	0.9568	10	0.8857
13.杜拜	0.7899	9	0.8728	9	0.9254	9	0.9570	9	0.8863
14.紐約/紐澤西	0.4072	24	0.5983	24	0.7474	24	0.8485	24	0.6503
15.東京	0.5864	20	0.7352	20	0.8393	20	0.9056	20	0.7666
16.不萊梅哈文	0.6058	18	0.7489	18	0.8481	18	0.9110	18	0.7785
17.焦亞陶羅	0.8699	4	0.9231	4	0.9556	4	0.9746	4	0.9308
18.馬尼拉	0.8395	5	0.9043	5	0.9443	5	0.9681	5	0.9141
19.蘭加邦	0.6473	17	0.7779	17	0.8666	17	0.9221	17	0.8035
20.佛列斯多	0.6739	14	0.7961	14	0.8780	14	0.9290	14	0.8193
21.丹絨不祿	0.8249	6	0.8951	6	0.9388	6	0.9649	6	0.9059
22.丹絨帕拉帕斯	0.02007	27	0.1105	27	0.2897	27	0.4985	27	0.2297
23.橫濱	0.3710	25	0.5678	25	0.7258	25	0.8346	25	0.6248
24.阿爾及西拉斯	0.5237	21	0.6894	21	0.8094	21	0.8873	21	0.7275

25.神戶	0.3526	26	0.5518	26	0.7142	26	0.8271	26	0.6114
26.加瓦哈拉	0.6510	16	0.7805	16	0.8682	16	0.9231	16	0.8057
27.基隆	0.5029	22	0.6739	22	0.7990	22	0.8809	22	0.7142
平均技術效率值	0.6565		0.7701		0.8539		0.9109		0.7979

表 14 SFA_{TR} 模式各港 1999~2002 年效率值

港埠別	1999	名次	2000	名次	2001	名次	2002	名次	平均技術值
1.香港	0.9155	1	0.9546	1	0.9761	1	0.9875	1	0.9584
2.新加坡	0.7312	13	0.8459	13	0.9157	13	0.9551	13	0.8620
3.釜山	0.8755	3	0.9320	3	0.9638	3	0.9810	3	0.9381
4.上海	0.7910	10	0.8824	10	0.9364	10	0.9663	10	0.8940
5.高雄	0.7791	12	0.8752	12	0.9324	12	0.9641	12	0.8877
6.深圳	0.6861	15	0.8175	15	0.8994	15	0.9462	15	0.8373
7.鹿特丹	0.7926	8	0.8834	8	0.9369	8	0.9666	8	0.8949
8.洛杉磯	0.7877	11	0.8804	11	0.9353	11	0.9657	11	0.8923
9.漢堡	0.6549	19	0.7975	19	0.8878	19	0.9398	19	0.8200
10.安特衛普	0.8086	6	0.8930	6	0.9423	6	0.9695	6	0.9033
11.巴生	0.4733	24	0.6723	24	0.8122	24	0.8974	24	0.7138
12.長堤	0.7920	9	0.8830	9	0.9367	9	0.9665	9	0.8945
13.杜拜	0.8202	5	0.8999	5	0.9461	5	0.9716	5	0.9094
14.紐約/紐澤西	0.4982	23	0.6905	23	0.8236	23	0.9039	23	0.7291
15.東京	0.6033	21	0.7635	21	0.8678	21	0.9288	21	0.7908
16.不萊梅哈文	0.6685	17	0.8062	17	0.8929	17	0.9426	17	0.8276
17.焦亞陶羅	0.6227	20	0.7764	20	0.8754	20	0.9330	20	0.8019
18.馬尼拉	0.7264	14	0.8429	14	0.9140	14	0.9542	14	0.8594
19.蘭加邦	0.5807	22	0.7483	22	0.8587	22	0.9237	22	0.7779
20.佛列斯多	0.6798	16	0.8135	16	0.8971	16	0.9450	16	0.8338
21.丹絨不祿	0.9073	2	0.9500	2	0.9736	2	0.9862	2	0.9543
22.丹絨帕拉帕斯	0.04915	27	0.2085	27	0.4436	27	0.6566	27	0.3395
23.橫濱	0.2621	26	0.4952	26	0.6935	26	0.8270	26	0.5695
24.阿爾及西拉斯	0.8322	4	0.9069	4	0.9500	4	0.9737	4	0.9157
25.神戶	0.3929	25	0.6104	25	0.7726	25	0.8745	25	0.6626
26.加瓦哈拉	0.6555	18	0.7978	18	0.8880	18	0.9399	18	0.8203
27.基隆	0.7959	7	0.8854	7	0.9380	7	0.9672	7	0.8966
平均技術效率值	0.6734		0.7968		0.8819		0.9346		0.8217

4.3.2 DEA 模式

CCR 與 BCC 模式可以式 (22-1) 至式 (22-4) 表示：

$$\text{Min } \theta_k - \varepsilon \left[\sum_{r=1}^s s_r^+ + \sum_{i=1}^m s_i^- \right] \quad (22-1)$$

$$\text{s.t. } \sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} + s_i^- \leq \theta_k X_{ik} \quad (22-2)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} - s_r^+ \geq Y_{rk} \quad (22-3)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \quad (22-4)$$

$$i = 1, \dots, m; r = 1, \dots, s; j = 1, \dots, n$$

$$\lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0 \quad \forall i, r, j$$

其中式 (22-1) 至式 (22-3) 為 CCR 模式，而式 (22-1) 至式 (22-4) 則為 BCC 模式。以 Cooper *et al.* (1999) DEA-Solver 電腦軟體求解，得出 CCR 及 BCC 模式的 1999~2002 年 27 個受評估港埠的相對效率值詳表 15 所示。

表 15 DEA 二種模式 1999~2002 年各港相對效率值資料

港口別	1999 年				2000 年			
	TE _{CCR}	名次	TE _{BCC}	名次	TE _{CCR}	名次	TE _{BCC}	名次
1.香港	1	1	1	1	1	1	1	1
2.新加坡	0.7968	5	0.9135	5	0.7866	5	1	1
3.釜山	0.7793	6	0.8497	7	0.8689	3	0.9538	8
4.上海	0.4422	18	0.4960	17	0.5805	13	0.6582	16
5.高雄	0.6227	13	0.6950	12	0.5989	11	0.7477	14
6.深圳	0.3975	21	0.4059	22	0.4975	17	0.5121	19
7.鹿特丹	0.4560	17	0.4599	19	0.4170	21	0.4177	24
8.洛杉磯	0.9511	3	1	1	0.7332	7	1	1
9.漢堡	0.3265	23	0.3608	24	0.3392	23	0.3917	25
10.安特衛普	0.3836	22	0.4034	23	0.3383	24	0.4275	23
11.巴生	0.2708	25	0.3204	25	0.3595	22	0.4824	20
12.長堤	0.6964	9	0.8029	8	0.5999	10	0.8051	12
13.杜拜	0.6824	10	0.6961	11	0.6471	9	0.6622	15
14.紐約/紐澤西港	0.2380	26	0.2863	27	0.2418	26	0.3379	27
15.東京	0.4235	19	0.4364	20	0.4612	18	0.5227	18
16.不萊梅哈文	0.4234	20	0.4357	21	0.4355	19	0.4588	21
17.焦亞陶羅	0.7123	8	0.7908	9	0.8077	4	1	1
18.馬尼拉	0.6602	12	0.6840	13	0.7802	6	0.8801	9
19.蘭加邦	0.5022	15	0.6339	16	0.5946	12	0.8635	10
20.佛列斯多	0.6193	14	0.6421	15	0.5141	15	0.6022	17
21.丹絨不祿	1	1	1	1	1	1	1	1
22.丹絨帕拉帕斯	0.01166	27	0.6538	14	0.2078	27	1	1
23.橫濱	0.4817	16	0.4821	18	0.4237	20	0.4547	22
24.阿爾及西拉斯	0.7712	7	0.8817	6	0.5513	14	0.7575	13
25.神戶	0.2836	24	0.2947	26	0.2739	25	0.3414	26
26.加瓦哈拉	0.8841	4	1	1	0.5124	16	1	1
27.基隆	0.6822	11	0.7169	10	0.6829	8	0.8238	11
平均技術效率值	0.5740		0.6423		0.5650		0.7075	

備註：TE_{CCR} 表固定規模報酬情況下 CCR 模式相對技術效率值；TE_{BCC} 表變動規模報酬情況下 BCC 模式相對技術效率值。

表 15 DEA 二種模式 1999~2002 年各港相對效率值資料 (續)

港口別	2001 年				2002 年			
	TE _{CCR}	名次	TE _{BCC}	名次	TE _{CCR}	名次	TE _{BCC}	名次
1.香港	1	1	1	1	1	1	1	1
2.新加坡	0.8380	8	0.9425	8	0.8751	8	1	1
3.釜山	0.9940	4	1	1	0.9413	6	0.9758	10
4.上海	0.6815	14	0.7350	15	0.8459	9	0.8645	14
5.高雄	0.7131	11	0.7370	13	0.7760	11	0.8004	16
6.深圳	0.7113	12	0.7130	17	1	1	1	1
7.鹿特丹	0.3645	23	0.3664	26	0.3756	23	0.3814	25
8.洛杉磯	0.9075	5	1	1	1	1	1	1
9.漢堡	0.3953	21	0.4479	21	0.3723	24	0.3963	24
10.安特衛普	0.3603	24	0.4515	20	0.4062	22	0.4722	22
11.巴生	0.3928	22	0.4163	23	0.5132	20	0.5639	20
12.長堤	0.7736	10	0.7876	12	0.7192	13	0.7648	17
13.杜拜	0.8647	6	0.8679	10	0.9565	4	1	1
14.紐約/紐澤西港	0.2967	26	0.3986	24	0.2688	26	0.3547	26
15.東京	0.5122	19	0.5232	19	0.5245	18	0.6160	19
16.不萊梅哈文	0.4331	20	0.4334	22	0.4319	21	0.5327	21
17.焦亞陶羅	0.8224	9	1	1	0.9438	5	1	1
18.馬尼拉	0.8391	7	0.8777	9	0.8344	10	0.9114	12
19.蘭加邦	0.5668	17	0.7368	14	0.6230	17	0.8528	15
20.佛列斯多	0.5510	18	0.6503	18	0.5143	19	0.6535	18
21.丹絨不祿	1	1	1	1	0.7239	12	0.8902	13
22.丹絨帕拉帕斯	1	1	1	1	0.8900	7	1	1
23.橫濱	0.3523	25	0.3803	25	0.3078	25	0.4123	23
24.阿爾及西拉斯	0.7080	13	0.8177	11	0.7034	15	0.9476	11
25.神戶	0.2072	27	0.2692	27	0.2036	27	0.3048	27
26.加瓦哈拉	0.5859	16	1	1	0.6984	16	1	1
27.基隆	0.6317	15	0.7168	16	0.7163	14	1	1
平均技術效率值	0.6483		0.7137		0.6728		0.7665	

備註：TE_{CCR} 表固定規模報酬情況下 CCR 模式相對技術效率值；TE_{BCC} 表變動規模報酬情況下 BCC 模式相對技術效率值。

4.4 效率值分析

4.4.1 效率值分佈情況

求算出 27 個受評估港埠的相對效率值之後，1999~2002 年各模式受評估港埠效率值等於 1 之分佈情形如下：

1. 1999 年 SFA_{CB} SFA_{TR} 模式均無效率值為 1 者；DEA 之 CCR 模式 (DEA_{CCR}) 及 BCC 模式 (DEA_{BCC}) 分別有 2 個 (香港、丹絨不祿) 4 個 (香港、洛杉磯、丹絨不祿、加瓦哈拉) 效率值為 1 的受評估港埠。
2. 2000 年時，SFA_{CD}、SFA_{TR} 模式亦均無效率值為 1 者；DEA_{CCR} 及 DEA_{BCC} 模式分別有 2 個 (香港、丹絨不祿) 7 個 (香港、新加坡、洛杉磯、焦亞

陶羅、丹絨不祿、丹絨帕拉帕斯、加瓦哈拉) 效率值為 1 的受評估港埠。

3. 2001 年則 SFA_{CD} 、 SFA_{TR} 模式仍無效率值為 1 者； DEA_{CCR} 及 DEA_{BCC} 模式各有 3 個(香港、丹絨不祿、丹絨帕拉帕斯) 7 個(香港、釜山、洛杉磯、焦亞陶羅、丹絨不祿、丹絨帕拉帕斯、加瓦哈拉) 效率值為 1 的受評估港埠。

4. 2002 年之 SFA_{CD} 、 SFA_{TR} 模式亦無效率值為 1 者； DEA_{CCR} 模式有香港、深圳、洛杉磯等 3 個港埠； DEA_{BCC} 模式有香港、新加坡、深圳、洛杉磯、杜拜、焦亞陶羅、丹絨帕拉帕斯、加瓦哈拉、基隆等 9 個港埠。

至於在 0.9 與 1 之間，以 1999 年為例： SFA_{CD} 截斷常態分配模式為 1 個(香港)、 SFA_{TR} 模式為香港、丹絨不祿等 2 個港埠、 DEA_{CCR} 模式有 1 個(洛杉磯)、 DEA_{BCC} 模式有 1 個(新加坡)；2000 年時 SFA_{CD} 模式有香港、新加坡、釜山、焦亞陶羅及馬尼拉等 5 個港埠、 SFA_{TR} 模式有香港、釜山、丹絨不祿及阿爾及西拉斯等 4 個港埠、 DEA_{CCR} 模式則無、 DEA_{BCC} 模式有釜山等 1 個港埠；2001 年 SFA_{CD} 模式有 12 個、 SFA_{TR} 模式有 14 個、 DEA_{CCR} 模式為釜山及洛杉磯等 2 個、 DEA_{BCC} 模式為 1 個(新加坡)；2002 年 SFA_{CD} 模式有 20 個、 SFA_{TR} 模式有 23 個、 DEA_{CCR} 模式有釜山、焦亞陶羅及杜拜等 3 個港埠、 DEA_{BCC} 模式有釜山、阿爾及西拉斯及馬尼拉等 3 個港埠。效率值小於 0.1 者，係為 1999 年 DEA_{CCR} 、 SFA_{CD} 及 SFA_{TR} 模式中各有 1 個之受評估港埠(丹絨帕拉帕斯港)。其餘各效率值區間之分佈情況，詳見表 16 所示。

表 16 1999~2002 年 DEA 及 SFA 各模式技術效率值之分佈情況

技術效率範圍	1999 年				2000 年			
	DEA_{CCR}	DEA_{BCC}	SFA_{CD}	SFA_{TR}	DEA_{CCR}	DEA_{BCC}	SFA_{CD}	SFA_{TR}
$TE_i = 1$	2	4	0	0	2	7	0	0
$0.9 < TE_i < 1$	1	1	1	2	0	1	5	4
$0.8 < TE_i < 0.9$	1	3	6	4	2	4	8	13
$0.7 < TE_i < 0.8$	4	2	6	8	3	2	7	5
$0.6 < TE_i < 0.7$	6	6	5	7	2	3	3	3
$0.5 < TE_i < 0.6$	1	0	4	1	7	2	3	0
$0.4 < TE_i < 0.5$	5	7	2	2	4	5	0	1
$0.3 < TE_i < 0.4$	3	2	2	1	3	3	0	0
$0.2 < TE_i < 0.3$	3	2	0	1	3	0	0	1
$0.1 < TE_i < 0.2$	0	0	0	0	0	0	1	0
小於 0.1	1	0	1	1	0	0	0	0
最小值	0.01166	0.2843	0.02007	0.04915	0.2078	0.3379	0.1105	0.2085
最大值	1.0	1.0	0.9341	0.9155	1.0	1.0	0.9620	0.9546
平均值	0.5740	0.6423	0.6565	0.6734	0.5650	0.7075	0.7701	0.7968
標準差	0.2501	0.2366	0.2084	0.1992	0.2165	0.2432	0.1755	0.1581

表 16 1999~2002 年 DEA 及 SFA 技術效率值之分佈情況 (續)

技術效率範圍	2001 年				2002 年			
	DEA _{CCR}	DEA _{BCC}	SFA _{CD}	SFA _{TR}	DEA _{CCR}	DEA _{BCC}	SFA _{CD}	SFA _{TR}
$TE_i = 1$	3	7	0	0	3	9	0	0
$0.9 < TE_i < 1$	2	1	12	14	3	3	20	23
$0.8 < TE_i < 0.9$	4	4	9	10	4	4	6	3
$0.7 < TE_i < 0.8$	4	6	5	1	5	1	0	0
$0.6 < TE_i < 0.7$	2	1	0	1	2	2	0	1
$0.5 < TE_i < 0.6$	4	1	0	0	3	2	0	0
$0.4 < TE_i < 0.5$	1	4	0	1	2	2	1	0
$0.3 < TE_i < 0.4$	5	3	0	0	3	4	0	0
$0.2 < TE_i < 0.3$	2	1	1	0	2	0	0	0
$0.1 < TE_i < 0.2$	0	0	0	0	0	0	0	0
小於 0.1	0	0	0	0	0	0	0	0
最小值	0.2072	0.2746	0.2897	0.4436	0.2036	0.3048	0.4985	0.6566
最大值	1.0	1.0	0.9783	0.9761	1.0	1.0	0.9877	0.9875
平均值	0.6483	0.7137	0.8539	0.8819	0.6728	0.7665	0.9109	0.9346
標準差	0.2417	0.2457	0.1350	0.1084	0.2488	0.2506	0.0939	0.0662

4.4.2 各受評估港埠之效率值排序分析

SFA 及 DEA 四種模式相對效率值，SFA_{CD} 模式所計算出各年度港埠效率值之排序均相同，其中 SFA_{CD} 模式前三個分別為香港、新加坡、釜山，而倒數三個港埠則為丹絨帕拉帕斯、神戶、橫濱；SFA_{TR} 模式效率值排序亦為各年度均相同，前三個港埠效率值分別為香港、丹絨不祿、釜山，而倒數三個港埠則為丹絨帕拉帕斯、橫濱、神戶。其而 2002 年 DEA_{CCR} 與 DEA_{BCC} 模式效率值為 1 的港埠各有 3、9 個，DEA_{CCR} 模式前三個港埠相對效率值排序為深圳、香港、洛杉磯，倒數三個為神戶、紐約／紐澤西、橫濱；DEA_{BCC} 模式前三個為焦亞陶羅、加瓦哈拉、香港（效率值均為 1），倒數三個為神戶、橫濱、鹿特丹（各受評估港埠效率值排序如表 17）。因此，以 DEA 分析之各港效率值排序均不同，各年度間亦有差異，而 SFA 之 Cobb-Douglas、Translog 生產函數分析者，各年度各港效率值排序均相同，其中 SFA_{CD} 模式前三名港埠，較符合 2002 年全球前三大貨櫃港香港、新加坡港及釜山港之排名。以下就前十大貨櫃港與丹絨帕拉帕斯港效率值排序情形分別說明：

表 17 各模式下各受評估港埠效率值排序表

模式別	1999		2000		2001		2002	
	前三個	倒數三個	前三個	倒數三個	前三個	倒數三個	前三個	倒數三個
DEA 之 CCR 模式	1.丹絨不祿 1.香港 3.洛杉磯	1.丹絨帕拉帕斯 2.紐約/紐澤西 3.巴生	1.丹絨不祿 1.香港 3.釜山	1.丹絨帕拉帕斯 2.紐約/紐澤西 3.神戶	1.香港 1.丹絨帕拉帕斯 1.丹絨不祿	1.神戶 2.紐約/紐澤西 3.橫濱	1.深圳 1.香港 1.洛杉磯	1.神戶 2.紐約/紐澤西 3.橫濱

DEA 之 BCC 模 式	1.香港 1.加瓦哈拉 1.丹絨不祿	1.紐約/紐 澤西 2.神戶 3.巴生	1.丹絨不祿 1.香港 1.焦亞陶羅	1.紐約/紐 澤西 2.神戶 3.漢堡	1.丹絨不祿 1.香港 1.丹絨帕拉 帕斯	1.神戶 2.鹿特丹 3.橫濱	1.焦亞陶羅 1.加瓦哈拉 1.香港	1.神戶 2.橫濱 3.鹿特丹
SFA 之 SFA _{CD} 模式	1.香港 2.新加坡 3.釜山	1.丹絨帕 拉帕斯 2.神戶 3.橫濱	1.香港 2.新加坡 3.釜山	1.丹絨帕 拉帕斯 2.神戶 3.橫濱	1.香港 2.新加坡 3.釜山	1.丹絨帕 拉帕斯 2.神戶 3.橫濱	1.香港 2.新加坡 3.釜山	1.丹絨帕 拉帕斯 2.神戶 3.橫濱
SFA 之 SFA _{TR} 模式	1.香港 2.丹絨不祿 3.釜山	1.丹絨帕 拉帕斯 2.橫濱 3.神戶	1.香港 2.丹絨不祿 3.釜山	1.丹絨帕 拉帕斯 2.橫濱 3.神戶	1.香港 2.丹絨不祿 3.釜山	1.丹絨帕 拉帕斯 2.橫濱 3.神戶	1.香港 2.丹絨不祿 3.釜山	1.丹絨帕 拉帕斯 2.橫濱 3.神戶

1. 香港

香港係為港埠民營化作業的典範，由民營的香港國際貨櫃碼頭（HIT）、CSX 全球、現代碼頭（MTL）、Cosco 等裝卸公司經營管理葵涌港區第 1~9 號貨櫃碼頭，2003 年總貨櫃裝卸量已超過 2,000 萬 TEU，貨櫃作業效率非常高，為全球第一大貨櫃港。現由香港港口發展局管理港口業務。1999~2002 年各年度各港效率值詳表 18 及圖 5，DEA 及 SFA 方法下香港均排序第一，且 DEA 相對效率值均為 1，SFA 效率值均在 0.9 以上，其中 SFA_{CD} 與 SFA_{TR} 模式之平均效率值分別為 0.9655、0.9584；各年度四個模式效率值之排序均為 $DEA_{CCR} = DEA_{BCC} = 1 > SFA_{CD} > SFA_{TR}$ 。

表 18 香港效率值分析

年別 \ 模式	DEA 方法		SFA 方法	
	DEA _{CCR} 模式	DEA _{BCC} 模式	SFA _{CD} 模式	SFA _{TR} 模式
1999	1.0000	1.0000	0.9341	0.9155
2000	1.0000	1.0000	0.9620	0.9546
2001	1.0000	1.0000	0.9783	0.9761
2002	1.0000	1.0000	0.9877	0.9875
平均效率值	1.0000	1.0000	0.9655	0.9584

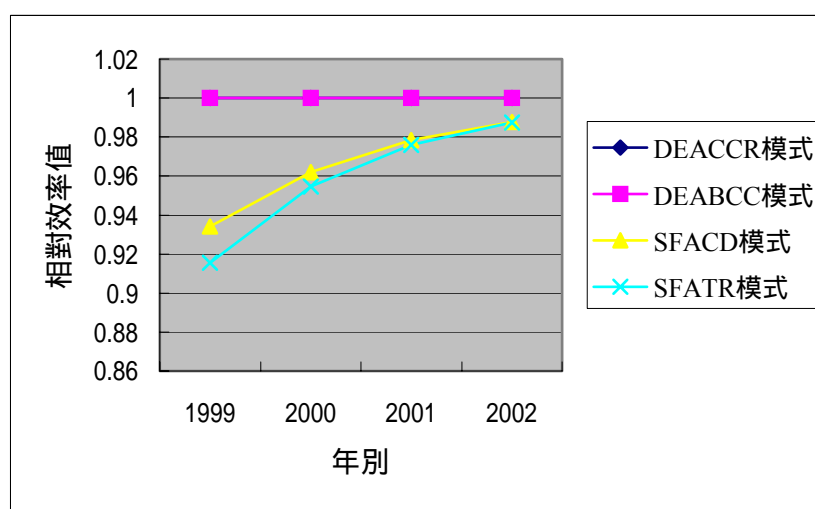


圖 5 香港效率值趨勢圖

2.新加坡港

新加坡位於太平洋與印度洋的要衝，掌控麻六甲海峽，為歐亞交通必經之地。新加坡政府於 1996 年 2 月 2 日實施政、企分離的管理體制，將原國家海運局、海事處及新加坡港務局合併成立公營之新加坡海事港務局（MPA），綜理新加坡港務、海運事務及專責諮詢機構。新加坡港務局（PSA）亦於 1997 年 10 月 1 日起民營化轉為 PSA 公司（PSA Corporation Ltd.），並獲 MPA 授權經營管理貨物及旅客碼頭作業，營運期為 30 年。PSA 公司兼營國際型港口營運業務，為因應鄰近港口競爭，於 2003 年 1 月起改組為 PSA International，專注本業經營，及強化經營競爭力。該公司以高度現代化設施與管理方式經營新加坡港 Tanjong Pagar（丹戎巴葛）、Keppel（岷巴）、Brani（布拉尼）、Pasir Panjang（巴西班讓）等四個貨櫃碼頭，合計 37 個貨櫃船席、112 台貨櫃橋式起重機及櫃場面積 339 公頃。2003 年總貨櫃裝卸量達 1,810 萬 TEU，現為全球第二大貨櫃港，僅次於香港。1999~2002 年各年度新加坡港效率值詳表 19 及圖 6 所示，其中 2000、2002 年 DEA_{BCC} 模式相對效率值為 1，2001 年 DEA_{BCC} 模式下跌，主要係受 Maersk-Sealand 移至鄰近的馬來西亞丹絨帕拉帕斯港後，當年運量下跌約 8.89%所致； SFA_{CD} 、 SFA_{TR} 模式平均效率值為 0.9389、0.8620，其中以 SFA_{CD} 模式之排序（第 2 名）較能符合新加坡港為全球第 2 大貨櫃港的排序。各年度四個模式效率值之排序，1999 年為 $DEA_{BCC} > SFA_{CD} > DEA_{CCR} > SFA_{TR}$ ；2000 年為 $DEA_{BCC} > SFA_{CD} > SFA_{TR} > DEA_{CCR}$ ；2001 年為 $SFA_{CD} > DEA_{BCC} > SFA_{TR} > DEA_{CCR}$ ；2002 年則為 $DEA_{BCC} > SFA_{CD} > SFA_{TR} > DEA_{CCR}$ 。各模式整體效率值排序為 $DEA_{BCC} > SFA_{CD} > SFA_{TR} > DEA_{CCR}$ 。

表 19 新加坡港效率值分析

年別	DEA_{CCR} 模式		DEA_{BCC} 模式		SFA_{CD} 模式		SFA_{TR} 模式		貨櫃量 (萬 TEU)	成長率	排名
	效率值	名次	效率值	名次	效率值	名次	效率值	名次			
1999	0.7968	5	0.9135	5	0.8846	2	0.7312	13	1,594.0	5.28%	2
2000	0.7866	5	1.0000	1	0.9322	2	0.8459	13	1,709.0	7.21%	2
2001	0.8380	8	0.9425	8	0.9609	2	0.9157	13	1,557.0	-8.89%	2
2002	0.8751	8	1.0000	1	0.9777	2	0.9551	13	1,694.0	8.80%	2
平均值	0.8241		0.9640		0.9389		0.8620		-		

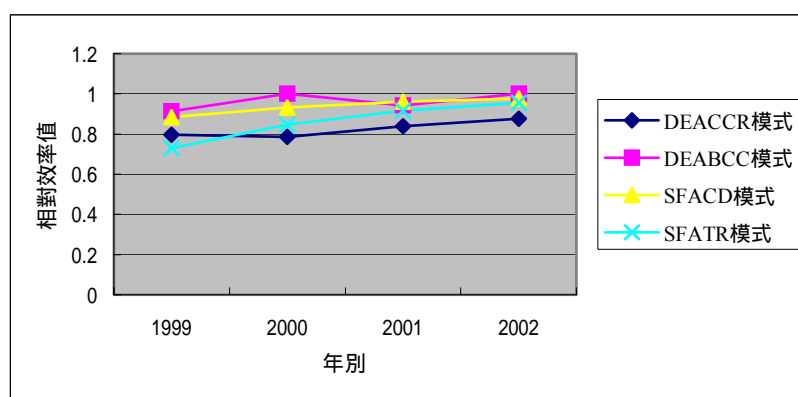


圖 6 新加坡港效率值趨勢圖

3.釜山港

南韓政府為推動港埠民營化，業於 2004 年 1 月 16 日創設釜山港務局（BPA），接管釜山港區土地及商業運作，可縮短決策時間及港口建設資金多元化，使業者可即時投資港埠建設。釜山港位於朝鮮半島東南端，為連接東亞大陸及太平洋岸的重要門戶，海岸線長約 202 公里，水域面積 243 平方公里，是由北港、南港、甘泉港、多大浦港等港區組成，經營一般碼頭及貨櫃碼頭業務，現由釜山港務局管理。貨櫃碼頭設施包括：子城台、神仙台、甘曼、牛岩、新甘曼、甘泉等貨櫃碼頭，分別由民營之裝卸公司或航運公司經營，2003 年貨櫃量達 1,036.7 萬 TEU，為全球第五大貨櫃港。

1999~2002 年各年度釜山港效率值詳表 20 及圖 7 所示，僅 2001 年 DEA_{BCC} 模式相對效率值為 1，其餘則在 0.7793~0.9940 之間，然而， DEA 模式 2002 年之效率值呈現下跌趨勢，則因新甘曼貨櫃碼頭於 2002 年開始啟用，碼頭設備未充份利用所致。 SFA_{CD} 模式平均效率值為 0.9368、 SFA_{TR} 模式為 0.9381，另 SFA_{CD} 及 SFA_{TR} 模式排序第 3 名，較能符合釜山港全球貨櫃港的排名。各年度四個模式效率值排序，1999 年為 $SFA_{CD} > SFA_{TR} > DEA_{BCC} > DEA_{CCR}$ ；2000 年為 $DEA_{BCC} > SFA_{TR} > SFA_{CD} > DEA_{CCR}$ ；2001 年為 $DEA_{BCC} > DEA_{CCR} > SFA_{TR} > SFA_{CD}$ ；2002 年則為 $SFA_{TR} > SFA_{CD} > DEA_{BCC} > DEA_{CCR}$ 。各模式整體效率值排序為 $DEA_{BCC} > SFA_{TR} > SFA_{CD} > DEA_{CCR}$ 。

表 20 釜山港效率值分析

年別	DEA_{CCR} 模式		DEA_{BCC} 模式		SFA_{CD} 模式		SFA_{TR} 模式		貨櫃量 (萬 TEU)	成長率	排名
	效率值	名次	效率值	名次	效率值	名次	效率值	名次			
1999	0.7793	6	0.8497	7	0.8808	3	0.8755	3	643.9	9.31%	5
2000	0.8689	6	0.9538	8	0.9299	3	0.9320	3	754.0	17.10%	3
2001	0.9940	4	1.0000	1	0.9595	3	0.9638	3	807.3	7.07%	3
2002	0.9413	6	0.9578	10	0.9769	3	0.9810	3	945.3	17.09%	3
平均值	0.8959		0.9403		0.9368		0.9381		-		

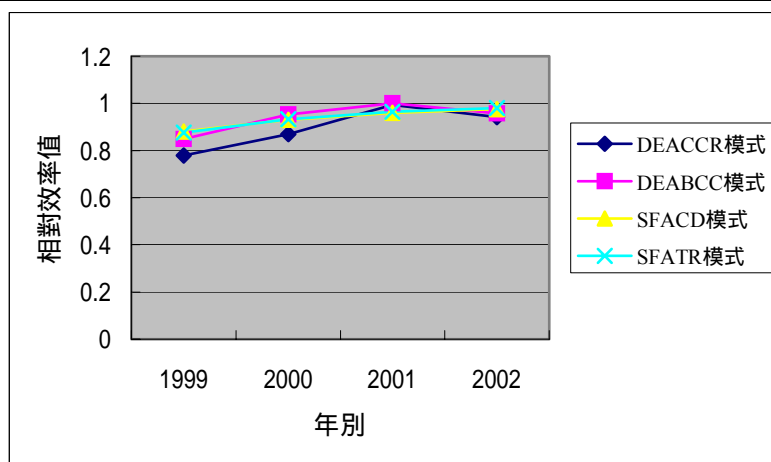


圖 7 釜山港效率值趨勢圖

4.上海港

上海港港區總面積 3,620.2 平方公里，其中長江口水域 3,580 平方公里、吳淞口內黃浦江水域 33 平方公里，港區陸域為 7.2 平方公里。上海港業於 2003 年初實行政企分離體制，由新成立之上海港國際港務（集團）有限公司，以企業化、多角化方式經管。上海港目前有吳淞口之張華濱、軍工路、寶山港區及外高橋港區第一至四期港區等貨櫃碼頭區，並分別與國際性碼頭營運公司及航運公司共組合資公司興建、營運貨櫃碼頭，2003 年貨櫃吞吐量為 1,128 萬 TEU，較 2002 年 861 萬 TEU，增加 31%，為全球第 3 大貨櫃港。

1999~2002 年各年度上海港效率值詳表 21 及圖 8 所示，DEA 相對效率值在 0.4422~0.8645 之間 排序在第 9~18 名間，但隨著時間而增加； SFA_{CD} 、 SFA_{TR} 模式平均效率值為 0.8881、0.8940，排序為第 8、10 名。各年度四個模式效率值之排序，除 1999 年為 $SFA_{CD} > SFA_{TR} > DEA_{BCC} > DEA_{CCR}$ 之外，其餘 2000~2002 年均為 $SFA_{TR} > SFA_{CD} > DEA_{BCC} > DEA_{CCR}$ ；各模式整體效率值排序為 $SFA_{TR} > SFA_{CD} > DEA_{BCC} > DEA_{CCR}$ 。近年來，上海港年成長率超過 10%，故以 DEA_{CCR} 、 DEA_{BCC} 模式所衡量的相對效率值之增加幅度，較能說明上海港的成長情形。

表 21 上海港效率值分析

年別	DEA _{CCR} 模式		DEA _{BCC} 模式		SFA _{CD} 模式		SFA _{TR} 模式		貨櫃量 (萬 TEU)	成長率	排名
	效率值	名次	效率值	名次	效率值	名次	效率值	名次			
1999	0.4422	18	0.4960	17	0.7931	8	0.7910	10	421.0	37.13%	7
2000	0.5805	13	0.6582	16	0.8749	8	0.8824	10	561.3	33.33%	6
2001	0.6815	14	0.7350	15	0.9266	8	0.9364	10	633.4	12.85%	5
2002	0.8459	9	0.8645	14	0.9578	8	0.9663	10	861.2	35.96%	4
平均值	0.6375		0.6884		0.8881		0.8940		-		

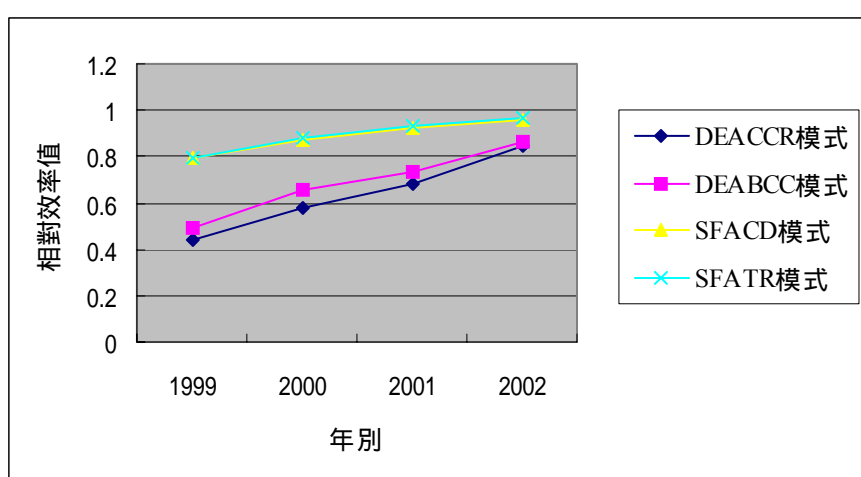


圖 8 上海港效率值趨勢圖

5.高雄港

高雄港位於環太平洋航線中心點，形勢天成，氣候溫和，港域面積 26.8 平方公里，其中陸域面積 12.4 平方公里、水域面積 14.4 平方公里，水深達 16 公尺，可通行 10 萬噸級之船舶，港內港埠設施完善，各類船舶均可 24 小時安全進出港，為優良的深水海港，海運航線通達五大洲，已發展成為我國最大的國際商港，亦是世界主要的貨櫃港之一。目前擁有二個港口，航道水深 11~16 公尺，各類碼頭 118 座，碼頭總長度 26.6 公里，可提供 155 艘各式船舶同時作業與整補，其中五個貨櫃中心、26 座貨櫃碼頭、船席水深-10.5~ -15 公尺，可供 10,000TEU 以內之貨櫃船靠泊作業。2003 年貨櫃運量為 884 萬 TEU，為全球第 6 大貨櫃港。

1999~2002 年高雄港效率值詳表 22 及圖 9 所示，DEA 方法相對效率值在 0.5989~0.8004 之間； SFA_{CD} SFA_{TR} 模式之平均效率值為 0.9044 0.8877，以 SFA_{CD} 模式第 7 名之排序較接近高雄港目前全球貨櫃港的排名情形。各模式整體平均效率值排序均為 $SFA_{CD} > SFA_{TR} > DEA_{BCC} > DEA_{CCR}$ 。

表 22 高雄港效率值分析

年別	DEA _{CCR} 模式		DEA _{BCC} 模式		SFA _{CD} 模式		SFA _{TR} 模式		貨櫃量 (萬 TEU)	成長率	排名
	效率值	名次	效率值	名次	效率值	名次	效率值	名次			
1999	0.6227	13	0.6950	12	0.8222	7	0.7791	12	698.5	11.39%	3
2000	0.5989	11	0.7477	14	0.8933	7	0.8752	12	742.6	6.31%	4
2001	0.7131	11	0.7370	13	0.9378	7	0.9324	12	754.0	1.54%	4
2002	0.7760	11	0.8004	16	0.9643	7	0.9641	12	849.3	12.64%	5
平均值	0.6777		0.7450		0.9044		0.8877		-		

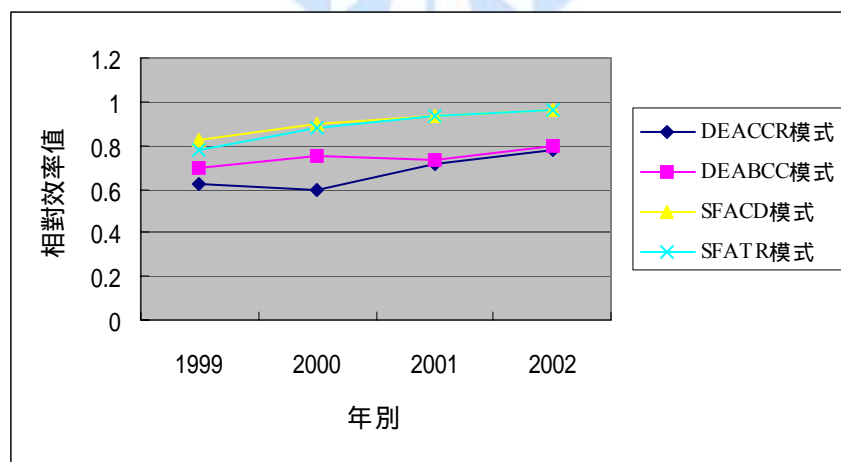


圖 9 高雄港效率值趨勢圖

6.深圳港

深圳港位於廣東省珠江口以東、南海大亞灣以西的深圳經濟特區，分為東部港區及西部港區，包含鹽田、蛇口、赤灣、媽灣、東角頭、福水、下洞、沙漁湧及內河等 9 個港區。東西港區均與香港九龍半島隔海相望。由於深圳港擁有中國大陸華南地區廣大的經濟腹地，且該港藉由經濟特區

之制度，引進民營業者的經營管理制度，且在水深、港埠建設等基礎建設方面亦逐漸符合船舶大型化的需求，因此，越來越多的外國航運公司貨櫃船直航深圳港貨櫃碼頭，因而嚴重威脅香港為中國大陸邊境貨物裝運及轉運樞紐港的地位。深圳港貨櫃碼頭分佈：東部港區以鹽田港區為主、西部港區蛇口、赤灣、媽灣、東角頭、福水等港區，均由民營碼頭業者經營。2003 年貨櫃作業量為 1,061 萬 TEU，較 2002 年之 761.4 萬 TEU，增加 39.4%，為全球第 4 大貨櫃港。

1999~2002 年深圳港效率值詳表 23 及圖 10，僅 2002 年 DEA_{CCR} 、 DEA_{BCC} 模式相對效率值均為 1，係基於中國大陸已成為全球製造工廠，珠江三角洲一帶出口暢旺，致使航商引進大型貨母船開闢深圳至美西港口之直航航線，故深圳港貨櫃量 2002 年較 2001 年巨幅成長 50%，而 DEA_{CCR} 、 DEA_{BCC} 模式的相對效率值排序亦跳升至第一位；其餘各年度 DEA 模式相對效率值在 0.3975~0.7130 之間； SFA_{CD} 與 SFA_{TR} 模式平均效率值為 0.8187、0.8373，排序均為第 15 名。各模式效率值排序，1999~2001 年均為 $SFA_{TR} > SFA_{CD} > DEA_{BCC} > DEA_{CCR}$ ，2002 年為 $DEA_{BCC} = DEA_{CCR} = 1 > SFA_{TR} > SFA_{CD}$ ；各模式整體平均效率值排序均為 $SFA_{TR} > SFA_{CD} > DEA_{BCC} > DEA_{CCR}$ 。深圳港近年來係以每年超過 30% 之成長率大幅成長，以 DEA_{CCR} 、 DEA_{BCC} 模式相對效率值成長情形與排序，較能說明深圳港的成長情形。

表 23 深圳港效率值分析

年別	DEA_{CCR} 模式		DEA_{BCC} 模式		SFA_{CD} 模式		SFA_{TR} 模式		貨櫃量 (萬 TEU)	成長率	排名
	效率值	名次	效率值	名次	效率值	名次	效率值	名次			
1999	0.3975	21	0.4059	22	0.6730	15	0.6861	15	298.6	52.97%	-
2000	0.4975	17	0.5121	19	0.7955	15	0.8175	15	399.4	33.76%	11
2001	0.7113	12	0.7130	17	0.8777	15	0.8994	15	507.6	27.09%	8
2002	1.0000	1	1.0000	1	0.9288	15	0.9462	15	761.4	50%	6
平均值	0.6516		0.6578		0.8187		0.8373				

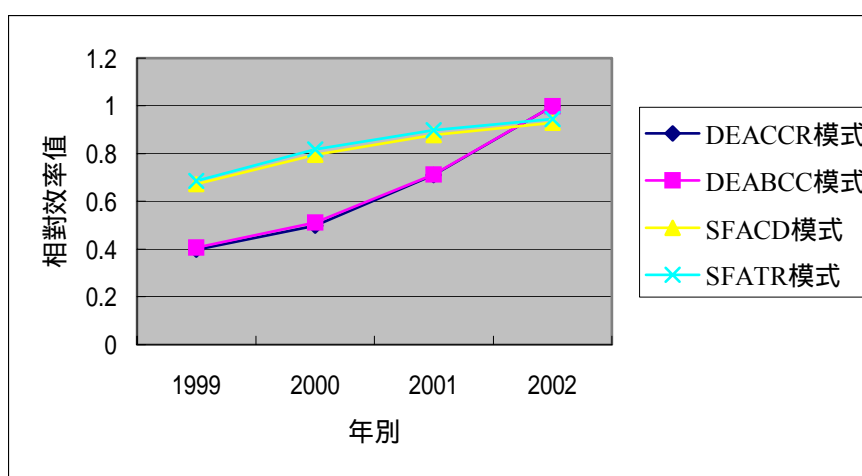


圖 10 深圳港效率值趨勢圖

7. 鹿特丹港

荷蘭鹿特丹港位於 Maas 河河口，因地理位置優越及後線內陸腹地涵蓋整個歐洲內陸地區，且交通運輸系統發達，故現為歐洲第一大港，主要貨櫃作業集中於 Waalhaven、Eemhaven 及 Maasvlakte 等地區，該港 2003 年貨櫃運量為 710 萬 TEU，較 2002 年 651.5 萬 TEU 成長 8.97%，為全球第 8 大貨櫃港。鹿特丹市港口管理局業於 2004 年 1 月 1 日起公司化，轉型為「Havenbedrijf Rotterdam N.V.」公營公司，藉由組織體制改革，以及將港區土地出租予業者，並擴建馬斯弗克特（Maasvlakte）第二期港區，以因應未來 15,000TEU 級貨櫃輪彎靠作業，進而強化其世界港的地位。

1999~2002 年各年度鹿特丹港效率值詳表 24 及圖 11，DEA 相對效率值在 0.3645~0.4650 之間，排序亦在第 17 至 25 名之間；SFA 之 SFA_{CD} 模式之平均效率值為 0.8581、 SFA_{TR} 模式之平均效率值為 0.8949。各年度四個模式效率值排序，1999~2002 年均為 $SFA_{TR} > SFA_{CD} > DEA_{BCC} > DEA_{CCR}$ 。鹿特丹港近年來受到漢堡港、安特衛普港等鄰近港口的競爭，且主要航商將貨櫃基地遷移至其他港口，致使貨櫃港的排名逐漸滑落，2003 年被洛杉磯港超越，降為第 8 大貨櫃港。因此，在經營效率方面，DEA 二模式均表現較為不佳，僅 SFA_{TR} 模式效率值排序第 8 名，較能說明鹿特丹港的排名情形。

表 24 鹿特丹港效率值分析

年別	DEA _{CCR} 模式		DEA _{BCC} 模式		SFA _{CD} 模式		SFA _{TR} 模式		貨櫃量 (萬 TEU)	成長率	排名
	效率值	名次	效率值	名次	效率值	名次	效率值	名次			
1999	0.4560	17	0.4599	19	0.7405	12	0.7926	8	640.0	6.49%	4
2000	0.4170	21	0.4177	24	0.8407	12	0.8834	8	627.5	-1.95%	5
2001	0.3645	23	0.3664	26	0.9057	12	0.9369	8	609.6	-2.85%	6
2002	0.3756	23	0.3814	25	0.9455	12	0.9666	8	650.6	6.73%	7
平均值	0.4033		0.4064		0.8581		0.8949		-		

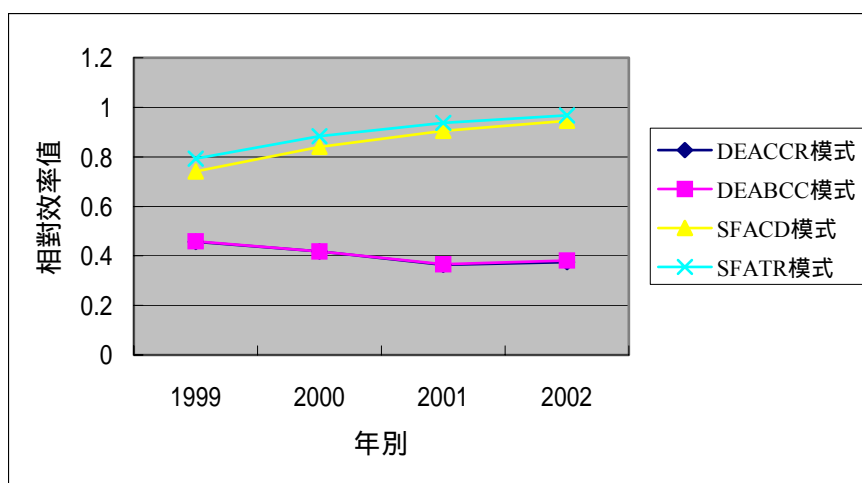


圖 11 鹿特丹港效率值趨勢圖

8. 洛杉磯港

洛杉磯港與長堤港共為南加州雙子港，受惠於亞洲進口貿易量大幅成長，洛杉磯港依舊為美國最繁忙的貨櫃港，2003 年貨櫃量為 718 萬 TEU，較 2002 年成長 17.6%，已超越鹿特丹港為全球第 7 大貨櫃港。該港居美國港口的領導地位，其成功之關鍵因素係為全力迎合客戶及當地社區與環境的需求。1999~2002 年洛杉磯港效率值詳表 25 及圖 12 所示，其中 1999~2002 年 DEA_{BCC} 模式與 2002 年 DEA_{CCR} 模式相對效率值均為 1，屬於有效率港埠，其餘 DEA_{CCR} 模式之相對效率值在 0.7332~0.9511 之間，排序為第 1~7 名之間、 DEA_{BCC} 模式之排序均為第 1 名，故 DEA 法較能符合洛杉磯港目前繁忙的景象全球貨櫃港的排序；然而，SFA 效率值排序均為第 11 名， SFA_{CD} 、 SFA_{TR} 模式平均效率值為 0.8853、0.8923。四個模式效率值之排序，1999 年為 $DEA_{BCC} > DEA_{CCR} > SFA_{CD} > SFA_{TR}$ ，2000、2001 年為 $DEA_{BCC} > SFA_{TR} > SFA_{CD} > DEA_{CCR}$ ，2002 年為 $DEA_{BCC} = DEA_{CCR} = 1 > SFA_{TR} > SFA_{CD}$ ，整體平均效率排序則為 $DEA_{BCC} > DEA_{CCR} > SFA_{TR} > SFA_{CD}$ 。

表 25 洛杉磯港效率值分析

年別	DEA_{CCR} 模式		DEA_{BCC} 模式		SFA_{CD} 模式		SFA_{TR} 模式		貨櫃量 (萬 TEU)	成長率	排名
	效率值	名次	效率值	名次	效率值	名次	效率值	名次			
1999	0.9511	3	1.0000	1	0.7882	11	0.7877	11	382.9	13.35%	8
2000	0.7332	7	1.0000	1	0.8717	11	0.8804	11	487.9	27.42%	6
2001	0.9075	5	1.0000	1	0.9247	11	0.9353	11	518.4	6.25%	7
2002	1.0000	1	1.0000	1	0.9566	11	0.9657	11	610.6	17.79%	8
平均值	0.8980		1.0000		0.8853		0.8923		-		

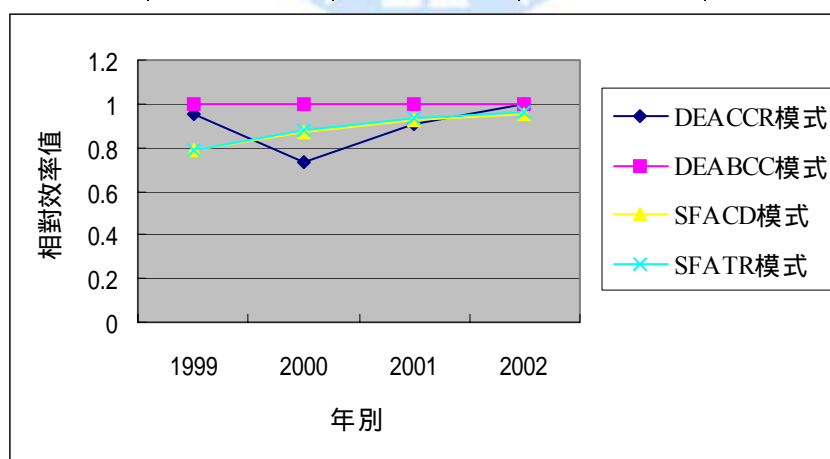


圖 12 洛杉磯港效率值趨勢圖

9. 漢堡港

漢堡港位於東歐、北歐斯堪地那維亞半島及中歐等地區中心位置，港口腹地遼闊並涵蓋整個東歐地區，亦為歐陸與海外各國間重要港口。有 Burchandkai、Eurogate、Tollerot 等主要貨櫃中心及數個多功能貨櫃碼頭。其中 TCT Tollerort 係自 1997 年營運。主要裝卸業者為公營的 HHLA 及民

營之 Eurogate。2002 年起營運的 Altenwerder 貨櫃中心由 HHLA 及 Hapag-Lloyd 聯營，致使該港 2003 年貨櫃裝卸量為 613.8 萬 TEU 較 2002 年同期成長 14%，為全球第 9 大貨櫃港。漢堡港 1999~2002 年效率值詳表 26 及圖 13，DEA 相對效率值在 0.3265~0.4479 之間，排序亦在第 21~25 名之間；SFA_{CD} 模式之平均效率值為 0.7705 SFA_{TR} 模式平均效率值為 0.8200，SFA 二模式效率值排序均為第 19 名，經查係 Unikai 貨櫃碼頭閑置未使用，導致各模式下效率值與排序均較差。然而，各模式整體平均效率排序均為 SFA_{TR} > SFA_{CD} > DEA_{BCC} > DEA_{CCR}，均以 SFA_{TR} 模式最高。各模式均較難衡量該港個別效率是否有顯著成長，僅 SFA 效率值隨時間而增加。

表 26 漢堡港效率值分析

年別	DEA _{CCR} 模式		DEA _{BCC} 模式		SFA _{CD} 模式		SFA _{TR} 模式		貨櫃量 (萬 TEU)	成長率	排名
	效率值	名次	效率值	名次	效率值	名次	效率值	名次			
1999	0.3265	23	0.3608	24	0.5928	19	0.6549	19	373.8	5.38%	9
2000	0.3392	23	0.3917	25	0.7393	19	0.7975	19	424.8	13.64%	9
2001	0.3953	21	0.4479	21	0.8422	19	0.8878	19	468.9	10.38%	9
2002	0.3723	24	0.3963	24	0.9074	19	0.9398	19	537.4	14.61%	9
平均值	0.3583		0.3992		0.7705		0.8200		-		

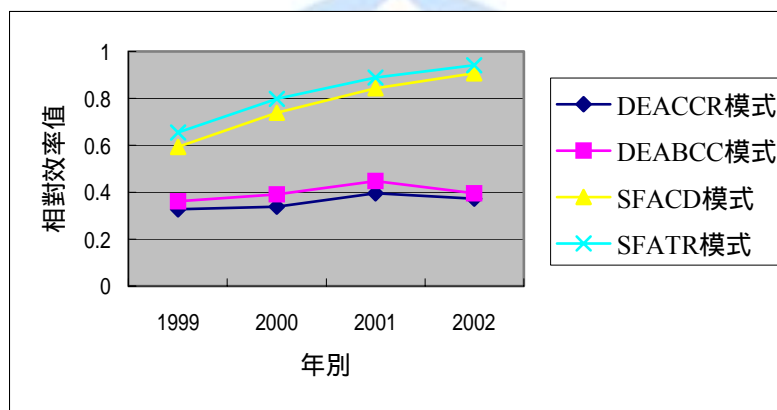


圖 13 漢堡港效率值趨勢圖

10. 安特衛普港

比利時安特衛普港主要營運人包括 Hess Noord Natie 及 P&O Ports 等，其中前者的股權由 PSA 國際公司擁有，經營該港 18 個貨櫃碼頭。該港 2003 年貨櫃量為 544.5 萬 TEU 較 2002 年同期成長 14%，為全球第 10 大貨櫃港。1999~2002 年安特衛普港效率值詳表 27 及圖 14 所示，DEA 各模式相對效率值在 0.3383~0.4722 之間，排序亦在第 20~24 名之間，顯示該港在經營效率方面表現較不佳；SFA_{CD}、SFA_{TR} 模式平均效率值為 0.8372、0.9033，效率值排序分佔第 13 名及第 6 名，以 SFA 各模式較能顯現安特衛普港目前民營化作業績效；各模式整體平均效率排序均為 SFA_{TR} > SFA_{CD} > DEA_{BCC} > DEA_{CCR}。

表 27 安特衛普港效率值分析

年別	DEA _{CCR} 模式		DEA _{BCC} 模式		SFA _{CD} 模式		SFA _{TR} 模式		貨櫃量 (萬 TEU)	成長率	排名
	效率值	名次	效率值	名次	效率值	名次	效率值	名次			
1999	0.3836	22	0.4034	23	0.7044	13	0.8086	6	361.4	10.66%	10
2000	0.3383	24	0.4275	23	0.8167	13	0.8930	6	408.2	12.95%	10
2001	0.3603	24	0.4515	20	0.8909	13	0.9423	6	421.8	3.33%	11
2002	0.4062	22	0.4722	22	0.9367	13	0.9695	6	477.7	13.25%	10
平均值	0.3721		0.4387		0.8372		0.9033		-		

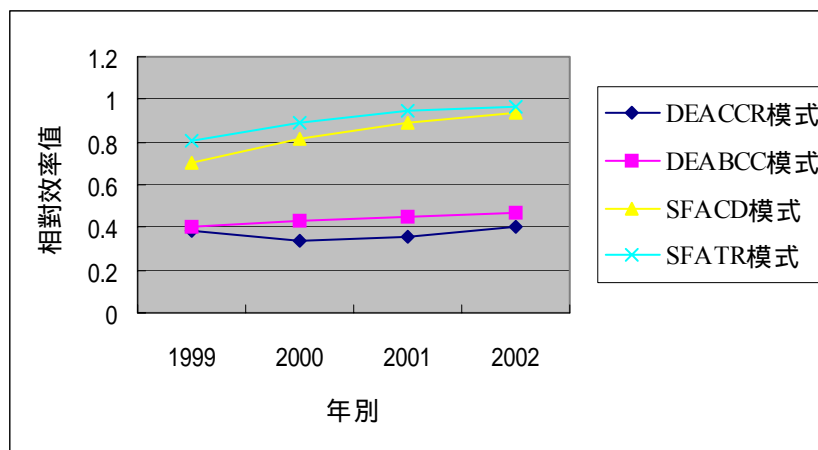


圖 14 安特衛普港效率值趨勢圖

11. 丹絨帕拉帕斯港 (Port of Tanjung Pelepas; PTP)

馬來西亞丹絨帕拉帕斯港的相對效率值詳表 28 及圖 15, SFA_{CD} SFA_{TR} 模式平均效率值為 0.2297、0.3395, 各年度均為第 27 位, 排名倒數第一, 係因該港貨櫃運量自從 1999 年 10 月 10 日開港後當年貨櫃量僅 2 萬 TEU, 爾後雖呈現大幅成長情形, 但因 SFA 模式係採連續 4 年資料, 故整體效率值仍較其他受評估港埠為低; 而 DEA 模式下該港效率值呈現不同的排序, 且各年度排序亦不同, 在 2000~2002 年 DEA_{BCC} 模式及 2001 年 DEA_{CCR} 模式相對效率值為 1, 主因係該港開始營運時, 已具有標準化的貨櫃碼頭設施, 包含 6 個貨櫃船席, 總船席長度為 2,160 公尺, 並配置標準化作業之貨櫃機具設備, 因此, 以 DEA 模式較能衡量該港之經營效率進步情形。但隨著 2000、2002 年爭取 Maersk-Sealand、長榮海運等大客戶進駐後, 該港自 2001 年起貨櫃量迅速成長, 2003 年已躍升為全球第 16 大貨櫃港, 故可見該港自 2000 年起相較整體其他港埠之經營效率逐漸轉佳。惟 2002 年該港貨櫃量年成長率則略微趨緩, 故 DEA_{CCR} 模式相對效率值略為降低。

表 28 丹絨帕拉帕斯港效率值分析

年別	DEA _{CCR} 模式		DEA _{BCC} 模式		SFA _{CD} 模式		SFA _{TR} 模式		貨櫃量 (萬 TEU)	成長率	排名
	效率值	名次	效率值	名次	效率值	名次	效率值	名次			
1999	0.0117	27	0.6538	14	0.0201	27	0.0492	27	2.0	-	-
2000	0.2078	27	1.0000	1	0.1105	27	0.2085	27	41.8	1990%	108
2001	1.0000	1	1.0000	1	0.2897	27	0.4436	27	205.0	390%	27
2002	0.8900	7	1.0000	1	0.4985	27	0.6566	27	266.9	30.20	23
平均值	0.5274		0.9135		0.2297		0.3395		-		

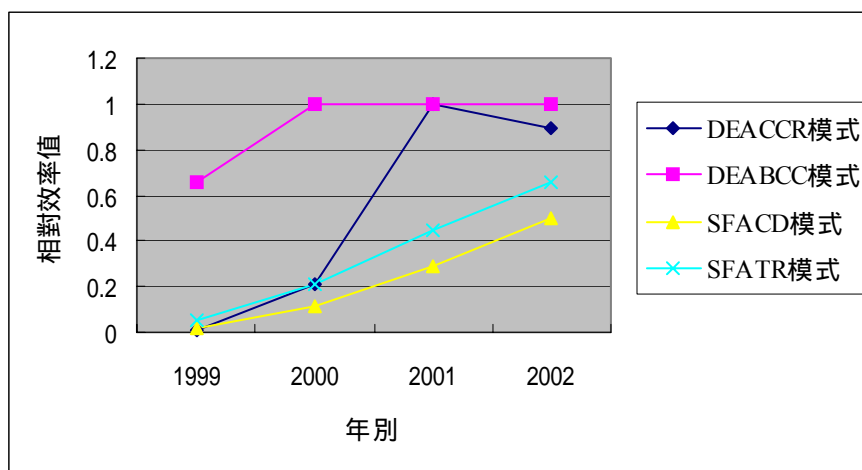


圖 15 丹絨帕拉帕斯港效率值趨勢圖

4.4.3 各模式效率值排序情況

1999~2002 年各模式平均技術效率值排序，除 DEA_{CCR} 模式 2000 年平均相對效率值（0.5649）較 1999 年（0.5740）略為減少 1.6% 之外，其餘各年度 DEA_{CCR} 、 DEA_{BCC} 、 SFA_{CD} 、 SFA_{TR} 模式平均效率值均呈現逐年成長情形（詳表 29 及圖 16）。

另各年各模式間之效率值比較，1999 年平均技術效率值順序依序為 SFA_{TR} (0.6734) > SFA_{CD} (0.6565) > DEA_{BCC} (0.6423) > DEA_{CCR} (0.5740)；2000 年依序為 SFA_{TR} (0.7968) > SFA_{CD} (0.7701) > DEA_{BCC} (0.7075) > DEA_{CCR} (0.5649)，2001 年依序為 SFA_{TR} (0.8819) > SFA_{CD} (0.8539) > DEA_{BCC} (0.7137) > DEA_{CCR} (0.6483)；2002 年為 SFA_{TR} (0.9346) > SFA_{CD} (0.9109) > DEA_{BCC} (0.7665) > DEA_{CCR} (0.6728)。至於 1999~2002 年各模式整體受評估港埠平均效率值排序為 SFA_{TR} (0.8217) > SFA_{CD} (0.7979) > DEA_{BCC} (0.7075) > DEA_{CCR} (0.6150)，符合一般研究結果，因此，可顯示在相同的港埠資料下，使用不同的分析方法、模式下所得出的效率排序亦有差異。

表 29 受評估港埠的平均技術效率值

年別	DEA_{CCR}		DEA_{BCC}		SFA_{CD}		SFA_{TR}	
	平均效率	有效率個數	平均效率	有效率個數	平均效率	有效率個數	平均效率	有效率個數
1999	0.5740	2	0.6423	4	0.6565	0	0.6734	0
2000	0.5649	2	0.7075	7	0.7701	0	0.7968	0
2001	0.6483	3	0.7137	7	0.8539	0	0.8819	0
2002	0.6728	3	0.7665	9	0.9109	0	0.9346	0
平均	0.6150		0.7075		0.7979		0.8217	

備註：有效率個數係指效率值為 1 者。

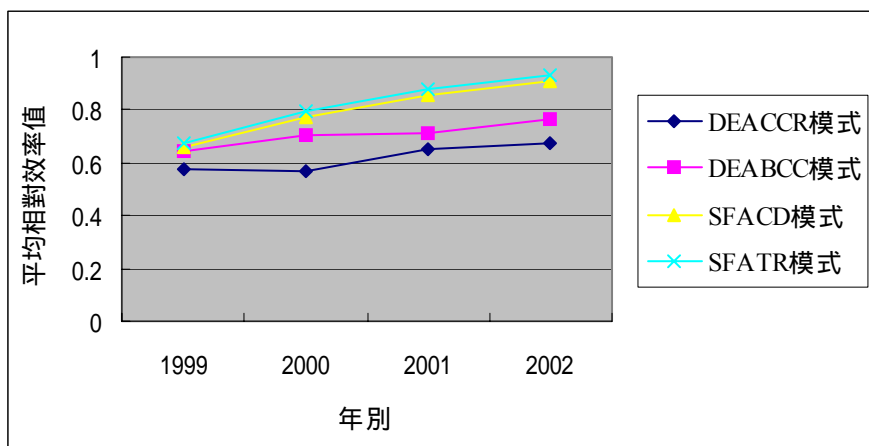


圖 16 各模式平均效率值趨勢圖

本研究使用的四種衡量模式，各年期受評估港埠效率值的 Spearman 等級相關係數 (Spearman rank correlation coefficients) 矩陣詳表 30 (使用 SPSS 10.0 統計軟體中文版求解) 2002 年該四種模式下, DEA_{CCR} 與 DEA_{BCC} 的 Spearman 等級相關係數值 0.8881 最高、其次為 SFA_{CD} 與 SFA_{TR} 的 0.6526、最低為 SFA_{TR} 與 DEA_{BCC} 之 0.3477；2001 年 DEA_{CCR} 與 DEA_{BCC} 之 Spearman 等級相關係數值 0.9125 仍為最高、其次為 SFA_{CD} 與 SFA_{TR} 的 0.6526、最低為 SFA_{TR} 與 DEA_{BCC} 之 0.4101；2000 年 SFA_{CD} 與 DEA_{CCR} 的 Spearman 等級相關係數值 0.8118 為最高、其次為 DEA_{CCR} 與 DEA_{BCC} 之 0.7421、最低為 SFA_{TR} 與 DEA_{BCC} 之 0.3116；1999 年 DEA_{CCR} 與 DEA_{BCC} 的 Spearman 等級相關係數值 0.9381 為最高、其次為 DEA_{CCR} 與 SFA_{CD} 之 0.6866、最低為 SFA_{TR} 與 DEA_{BCC} 之 0.5705。綜上所述， DEA_{CCR} 與 DEA_{BCC} 對相同受評估港埠資料之排序在 1999、2001、2002 年期間較為一致，而 2000 年時 SFA_{CD} 與 DEA_{CCR} 之排序較為一致，至於 SFA_{CD} 與 SFA_{TR} 模式間之排序則較 DEA_{CCR} 與 DEA_{BCC} 模式之排序不一致。

表 30 Spearman 等級相關係數矩陣表

變數別	2002 年				變數別	2001 年			
	DEA_{CCR}	DEA_{BCC}	SFA_{CD}	SFA_{TR}		DEA_{CCR}	DEA_{BCC}	SFA_{CD}	SFA_{TR}
DEA_{CCR}	1	0.8881	0.6371	0.4459	DEA_{CCR}	1	0.9125	0.6335	0.4966
DEA_{BCC}	0.8881	1	0.4379	0.3477	DEA_{BCC}	0.9125	1	0.5967	0.4101
SFA_{CD}	0.6371	0.4379	1	0.6526	SFA_{CD}	0.6335	0.5967	1	0.6526
SFA_{TR}	0.4459	0.3477	0.6526	1	SFA_{TR}	0.4966	0.4101	0.6526	1

表 30 Spearman 等級相關係數矩陣表 (續)

變數別	2000 年				變數別	1999 年			
	DEA_{CCR}	DEA_{BCC}	SFA_{CD}	SFA_{TR}		DEA_{CCR}	DEA_{BCC}	SFA_{CD}	SFA_{TR}
DEA_{CCR}	1	0.7421	0.8118	0.6310	DEA_{CCR}	1	0.9381	0.6866	0.6451
DEA_{BCC}	0.7421	1	0.5345	0.3116	DEA_{BCC}	0.9381	1	0.5931	0.5705
SFA_{CD}	0.8118	0.5345	1	0.6526	SFA_{CD}	0.6866	0.5931	1	0.6526
SFA_{TR}	0.6310	0.3116	0.6526	1	SFA_{TR}	0.6451	0.5705	0.6526	1

4.5 差額分析

差額分析主要係就資源的使用狀況提供資訊，可作為其他受評估港埠目標設定的基準，亦可瞭解相對無效率之受評估港埠尚有多少改善空間，而 DEA 方法可分析投入／產出差額。由於本研究僅有 1 個產出項、3 個投入項，相對無效率之港埠至多可產生 2 個投入差額及 1 個產出差額，表 31 係為 DEA_{CCR} 及 DEA_{BCC} 模式各項投入變數的差額分析資料。

表 31 DEA_{CCR} 及 DEA_{BCC} 模式之投入變數差額資料

差額變數 年別		DEA_{CCR} 模式			DEA_{BCC} 模式		
		X_1 投入差額 (台)	X_2 投入差額 (公里)	X_3 投入差額 (台)	X_1 投入差額 (台)	X_2 投入差額 (公里)	X_3 投入差額 (台)
1999	平均值	6.8415	1.1142	4.4998	9.9384	1.1041	10.1786
	最大值	17.4164 洛杉磯	4.2728 不萊梅哈文	7.2379 紐約/紐澤西	10.7698 阿爾及西拉斯	4.3580 不萊梅哈文	23.9016 紐約/紐澤西
	最小值	0.0772 丹絨帕拉帕斯	0.0118 丹絨帕拉帕斯	1.7618 上海	0.1194 高雄	0.0391 釜山	2.9134 安特衛普
	數量	7	22	2	7	20	8
2000	平均值	3.5125	0.8698	2.4943	3.0361	0.8503	19.6321
	最大值	7.8447 新加坡	2.4100 安特衛普	4.8493 安特衛普	5.5827 基隆	1.7597 鹿特丹	44.7403 巴生
	最小值	0.0235 蘭加邦	0.0693 巴生	0.1392 紐約/紐澤西	0.7249 阿爾及西拉斯	0.1322 高雄	0.2401 深圳
	數量	8	21	2	5	10	11
2001	平均值	2.2681	0.7635	37.2421	11.2956	1.0396	24.7313
	最大值	8.5686 新加坡	3.0954 安特衛普	63.8499 安特衛普	42.6641 新加坡	3.8501 安特衛普	112.375 安特衛普
	最小值	0.3406 阿爾及西拉斯	0.0037 蘭加邦	10.6342 紐約/紐澤西	0.3933 阿爾及西拉斯	0.0637 蘭加邦	0.7692 神戶
	數量	5	19	2	4	18	10
2002	平均值	4.6831	0.7453	44.9636	3.4711	0.8997	53.6882
	最大值	14.8692 新加坡	2.9900 安特衛普	52.8191 安特衛普	5.2341 長堤	1.9732 安特衛普	81.9822 安特衛普
	最小值	1.1465 加瓦哈拉	0.0357 蘭加邦	37.1082 紐約/紐澤西	0.9807 釜山	0.1667 高雄	5.9136 蘭加邦
	數量	9	17	2	3	6	3

以 2002 年 DEA_{CCR} 模式為例，貨櫃橋式起重機 (X_1) 部份，有 9 個港埠有投入差額情形，最大為新加坡 14.8692 台、最小為印度加瓦哈拉 1.1465 台、平均值為 4.6831 台；貨櫃船席長度 (X_2) 部分，有 21 個港埠有投入差額情形，最大為安特衛普港 2.99 公里、最小為泰國蘭加邦港 0.0357 公里、平均值為 0.7453 公里；場地貨櫃裝卸機具 (X_3) 部分有 2 個港埠，最大為安特衛普港 52.8191 台、最小為紐約／紐澤西 37.1082 台、平均值為 44.9636 台。至於 2002 年 DEA_{BCC} 模式，貨櫃橋式起重機部份，有 3 個港埠有投入差額情形，最大為長堤港 5.2341 台、最小為釜山港 0.9807 台、平均值為 3.4711 台；貨櫃船席長度部分，有 6 個港埠有投入差額情形，最大為安特衛普港 1.9732 公里、最小

為高雄港 0.1667 公里、平均值為 0.8997 公里；貨櫃裝卸機具部分有 3 個港埠，最大為安特衛普 81.9822 台、最小者為蘭加邦 5.9136 台、平均值為 53.6882 台。亦即無效率港埠相較效率值為 1 之有效率港埠，如各年度能分別減少過多投入資源，即可增加該港經營效率。

美東第一大港之美國紐約 / 紐澤西港在北大西洋港口市場佔有率約 60%。該港 DEA 方法相對效率值偏低，排序在第 24~27 名之間，為探討其原因，該港差額變數資料詳表 32，以 2001、2002 年為例：2001 年 DEA_{CCR} 模式中，紐約 / 紐澤西港相對其他有效率的港埠（相對效率值等於 1 者），有貨櫃船席長度 880.1 公尺、貨櫃裝卸機具 10.6342 台等 2 項過多的投入資源； DEA_{BCC} 模式相較有效率的港埠，有貨櫃船席長度 1.1514 公里、貨櫃裝卸機具 48.7905 台等 2 項過多的投入資源。2002 年 DEA_{CCR} 模式相較其他有效率的港埠，有貨櫃船席長度 684.1 公尺、貨櫃裝卸機具 37.1082 台等 2 項過多的投入資源； DEA_{BCC} 模式相較有效率的港埠，亦有貨櫃裝卸機具 73.1687 台等 2 項過多的投入資源。由此可知，紐約 / 紐澤西港相較效率值為 1 的有效率港埠，有貨櫃船席長度及貨櫃裝卸機具數等 2 項不同程度的投入資源過多情形。如各年能分別減少前述 2 項過多投入資源，即可增加紐約 / 紐澤西港之經營效率。

表 32 紐約 / 紐澤西港在 DEA 方法中差額變數資料

投入差額 年別	DEA_{CCR} 模式			DEA_{BCC} 模式		
	X_1 投入差額(台)	X_2 投入差額(公里)	X_3 投入差額(台)	X_1 投入差額(台)	X_2 投入差額(公里)	X_3 投入差額(台)
1999	0	0.6544	7.2379	0	0.7416	23.9016
2000	0	0.7178	0.1392	0	0	34.7301
2001	0	0.8801	10.6342	0	1.1514	48.7905
2002	0	0.6841	37.1082	0	0	73.1687

4.6 敏感度分析

一般而言，針對敏感度分析，實務上大多探討下列二種狀況：一為減少或增加受評估港埠時，對原所有受評估港埠之相對效率值有何改變？另一為減少或增加一投入產出項時對原所有受評估港埠之相對效率值有何改變？因此，本研究將以移除投入變數項探討之，以瞭解各投入變數對各港埠之貢獻程度與各港埠之優劣勢，提供港埠管理者對資源運用的參考。

2002 年 3 個投入項及 1 個產出項變數間之相關分析矩陣詳表 33，該表顯示以貨櫃橋式起重機數（ X_1 ）與貨櫃船席長度（ X_2 ）的相關係數 0.8107 最高。各投入項與貨櫃裝卸量（ Y ）之關係，以 X_2 的相關係數 0.4466 最低、其次為貨櫃裝卸機具數（ X_3 ）之 0.6312、最高為 X_1 之 0.7482。本研究將原始受評估港埠分別移除 X_1 、 X_2 、 X_3 投入項所得之 DEA_{CCR} 與 SFA_{CD} 模式之整體平均效率值，並與原始投入產出項之效率值比較，分析結果詳表 34、35，分述如下：

表 33 投入 / 產出變數之相關分析矩陣

變數項	貨櫃橋式起重 機數 (X ₁)	貨櫃船席長度 (X ₂)	貨櫃裝卸機具 數 (X ₃)	貨櫃裝卸量 (Y)
X ₁	1	0.8107	0.7559	0.7482
X ₂	0.8107	1	0.7694	0.4466
X ₃	0.7559	0.7694	1	0.6312
Y	0.7482	0.4466	0.6312	1

表 34 DEACCR 模式敏感度分析之整體效率變動表

	1999 年			2000 年			2001 年			2002 年		
	原始	移除		原始	移除		原始	移除		原始	移除	
香港	1	X ₁	1	1	X ₁	1	1	X ₁	1	1	X ₁	1
		X ₂	1		X ₂	1		X ₂	1		X ₂	1
		X ₃	1		X ₃	1		X ₃	1		X ₃	1
新加坡	0.7968	X ₁	0.7968	0.7866	X ₁	0.7862	0.8380	X ₁	0.8380	0.8751	X ₁	0.8751
		X ₂	0.7599		X ₂	0.7447		X ₂	0.7891		X ₂	1
		X ₃	0.6327		X ₃	0.6077		X ₃	0.5621		X ₃	0.5694
釜山	0.7793	X ₁	0.7132	0.8689	X ₁	0.7982	0.9940	X ₁	0.9697	0.9413	X ₁	0.9330
		X ₂	0.7793		X ₂	0.8689		X ₂	0.9940		X ₂	0.9715
		X ₃	0.5495		X ₃	0.7051		X ₃	0.6894		X ₃	0.6647
上海	0.4422	X ₁	0.4293	0.5805	X ₁	0.5543	0.6815	X ₁	0.6670	0.8459	X ₁	0.8406
		X ₂	0.4422		X ₂	0.5805		X ₂	0.6815		X ₂	0.8506
		X ₃	0.4422		X ₃	0.5532		X ₃	0.6434		X ₃	0.6997
高雄	0.6227	X ₁	0.5623	0.5989	X ₁	0.5200	0.7131	X ₁	0.6821	0.7760	X ₁	0.7639
		X ₂	0.6227		X ₂	0.5989		X ₂	0.7131		X ₂	0.8004
		X ₃	0.4378		X ₃	0.4368		X ₃	0.4571		X ₃	0.5009
深圳	0.3975	X ₁	0.3781	0.4975	X ₁	0.4590	0.7113	X ₁	0.6965	1	X ₁	1
		X ₂	0.3975		X ₂	0.4975		X ₂	0.7113		X ₂	1
		X ₃	0.3136		X ₃	0.3937		X ₃	0.5157		X ₃	0.7139
鹿特丹	0.4560	X ₁	0.3640	0.4170	X ₁	0.3112	0.3645	X ₁	0.3453	0.3756	X ₁	0.3418
		X ₂	0.4560		X ₂	0.4170		X ₂	0.3645		X ₂	0.3814
		X ₃	0.4216		X ₃	0.3576		X ₃	0.3015		X ₃	0.3130
洛杉磯	0.9511	X ₁	0.9511	0.7332	X ₁	0.7332	0.9075	X ₁	0.8518	1	X ₁	1
		X ₂	0.9511		X ₂	0.7332		X ₂	0.9075		X ₂	1
		X ₃	0.3307		X ₃	0.4044		X ₃	0.4428		X ₃	0.5074
漢堡	0.3265	X ₁	0.2734	0.3392	X ₁	0.2802	0.3953	X ₁	0.3447	0.3723	X ₁	0.3538
		X ₂	0.3265		X ₂	0.3392		X ₂	0.3953		X ₂	0.3804
		X ₃	0.3158		X ₃	0.3098		X ₃	0.3672		X ₃	0.3023
安特衛普	0.3836	X ₁	0.2724	0.3383	X ₁	0.1941	0.3603	X ₁	0.1883	0.4062	X ₁	0.2305
		X ₂	0.3836		X ₂	0.3383		X ₂	0.3603		X ₂	0.4722
		X ₃	0.3511		X ₃	0.3883		X ₃	0.3603		X ₃	0.4062
巴生	0.2708	X ₁	0.2571	0.3595	X ₁	0.3503	0.3928	X ₁	0.3928	0.5132	X ₁	0.5132
		X ₂	0.2708		X ₂	0.3595		X ₂	0.3829		X ₂	0.5126
		X ₃	0.2608		X ₃	0.3440		X ₃	0.3166		X ₃	0.3453
長堤	0.6964	X ₁	0.6613	0.5999	X ₁	0.5887	0.7736	X ₁	0.6194	0.7192	X ₁	0.7192
		X ₂	0.6964		X ₂	0.5999		X ₂	0.7736		X ₂	0.7648
		X ₃	0.4283		X ₃	0.3902		X ₃	0.4414		X ₃	0.3009
杜拜	0.6824	X ₁	0.6158	0.6471	X ₁	0.5648	0.8647	X ₁	0.8046	0.9565	X ₁	0.9371
		X ₂	0.6824		X ₂	0.6471		X ₂	0.8647		X ₂	1
		X ₃	0.4423		X ₃	0.4462		X ₃	0.4701		X ₃	0.5477
紐約/紐澤 西港	0.2380	X ₁	0.1878	0.2418	X ₁	0.1880	0.2967	X ₁	0.2365	0.2688	X ₁	0.1857
		X ₂	0.2380		X ₂	0.2418		X ₂	0.2967		X ₂	0.3284
		X ₃	0.2380		X ₃	0.2418		X ₃	0.2967		X ₃	0.2688
東京	0.4235	X ₁	0.3885	0.4612	X ₁	0.3781	0.5122	X ₁	0.4702	0.5245	X ₁	0.4974
		X ₂	0.4235		X ₂	0.4612		X ₂	0.5122		X ₂	0.5769
		X ₃	0.3215		X ₃	0.3633		X ₃	0.3668		X ₃	0.3818
不萊梅哈 文	0.4234	X ₁	0.3515	0.4355	X ₁	0.3885	0.4331	X ₁	0.4331	0.4319	X ₁	0.4254
		X ₂	0.4234		X ₂	0.4355		X ₂	0.4136		X ₂	0.4737
		X ₃	0.3027		X ₃	0.3091		X ₃	0.2788		X ₃	0.3207
焦亞陶羅	0.7123	X ₁	0.5172	0.8077	X ₁	0.5195	0.8224	X ₁	0.6437	0.9438	X ₁	0.7792
		X ₂	0.7123		X ₂	0.8077		X ₂	0.8224		X ₂	1
		X ₃	0.6254		X ₃	0.6911		X ₃	0.6679		X ₃	0.7718
馬尼拉	0.6602	X ₁	0.5328	0.7802	X ₁	0.5532	0.8391	X ₁	0.6926	0.8344	X ₁	0.6653
		X ₂	0.6602		X ₂	0.7802		X ₂	0.8391		X ₂	0.9114
		X ₃	0.4904		X ₃	0.6152		X ₃	0.6168		X ₃	0.6330

蘭加邦	0.5022	X ₁	0.5022	0.5946	X ₁	0.5946	0.5668	X ₁	0.5655	0.6230	X ₁	0.6180
		X ₂	0.4961		X ₂	0.5939		X ₂	0.5668		X ₂	0.7368
		X ₃	0.4463		X ₃	0.5003		X ₃	0.4688		X ₃	0.5290
佛列斯多	0.6193	X ₁	0.5465	0.5141	X ₁	0.5141	0.5510	X ₁	0.5436	0.5143	X ₁	0.5143
		X ₂	0.6193		X ₂	0.4455		X ₂	0.5510		X ₂	0.5342
		X ₃	0.5241		X ₃	0.4051		X ₃	0.4576		X ₃	0.3753
丹絨不祿	1	X ₁	1	1	X ₁	1	1	X ₁	1	0.7239	X ₁	0.7239
		X ₂	1		X ₂	1		X ₂	0.9754		X ₂	0.8411
		X ₃	0.6091		X ₃	0.6450		X ₃	0.6776		X ₃	0.4488
丹絨帕拉 帕斯	0.0117	X ₁	0.0117	0.2078	X ₁	0.2078	1	X ₁	1	0.8900	X ₁	0.8900
		X ₂	0.0117		X ₂	0.2078		X ₂	1		X ₂	1
		X ₃	0.0043		X ₃	0.0847		X ₃	0.4281		X ₃	0.4255
橫濱	0.4817	X ₁	0.4817	0.4237	X ₁	0.4237	0.3523	X ₁	0.3205	0.3078	X ₁	0.2989
		X ₂	0.4817		X ₂	0.4237		X ₂	0.3523		X ₂	0.4104
		X ₃	0.2019		X ₃	0.2012		X ₃	0.2110		X ₃	0.1957
阿爾及西 拉斯	0.7712	X ₁	0.7712	0.5513	X ₁	0.5513	0.7080	X ₁	0.7080	0.7034	X ₁	0.7034
		X ₂	0.5909		X ₂	0.5495		X ₂	0.6845		X ₂	0.9334
		X ₃	0.6295		X ₃	0.4070		X ₃	0.4494		X ₃	0.4528
神戶	0.2836	X ₁	0.2243	0.2739	X ₁	0.1992	0.2072	X ₁	0.1694	0.2036	X ₁	0.1818
		X ₂	0.2836		X ₂	0.2739		X ₂	0.2072		X ₂	0.3048
		X ₃	0.2168		X ₃	0.2119		X ₃	0.1453		X ₃	0.1350
加瓦哈拉	0.8841	X ₁	0.8853	0.5124	X ₁	0.4694	0.5859	X ₁	0.5859	0.6984	X ₁	0.6984
		X ₂	0.8841		X ₂	0.5124		X ₂	0.5609		X ₂	1
		X ₃	0.5765		X ₃	0.3945		X ₃	0.4547		X ₃	0.5235
基隆	0.6822	X ₁	0.6822	0.6829	X ₁	0.6829	0.6317	X ₁	0.6225	0.7163	X ₁	0.7163
		X ₂	0.6822		X ₂	0.6829		X ₂	0.6317		X ₂	1
		X ₃	0.2590		X ₃	0.2852		X ₃	0.2730		X ₃	0.2807

備註：1. X₁ 為移除「貨櫃橋式起重機數」之投入項、X₂ 為移除「貨櫃船席長度」之投入項、X₃ 為移除「貨櫃裝卸機具」之投入項。

2. 粗體字表示移除該投入項，使效率值減少者。

表 35 SFA_{CD} 模式敏感度分析之整體效率變動表

	1999 年			2000 年			2001 年			2002 年		
	原始	移除		原始	移除		原始	移除		原始	移除	
香港	0.9341	X ₁	0.9232	0.9620	X ₁	0.9495	0.9783	X ₁	0.9671	0.9877	X ₁	0.9786
		X ₂	0.9929		X ₂	0.9613		X ₂	0.9809		X ₂	0.9907
		X ₃	0.9410		X ₃	0.9657		X ₃	0.9803		X ₃	0.9877
新加坡	0.8846	X ₁	0.9086	0.9322	X ₁	0.9396	0.9609	X ₁	0.9605	0.9777	X ₁	0.9743
		X ₂	0.7746		X ₂	0.8801		X ₂	0.9391		X ₂	0.9699
		X ₃	0.8769		X ₃	0.9268		X ₃	0.9573		X ₃	0.9754
釜山	0.8808	X ₁	0.8688	0.9299	X ₁	0.9122	0.9595	X ₁	0.9421	0.9769	X ₁	0.9622
		X ₂	0.8983		X ₂	0.9483		X ₂	0.9744		X ₂	0.9875
		X ₃	0.8789		X ₃	0.9280		X ₃	0.9581		X ₃	0.9758
上海	0.7931	X ₁	0.7472	0.8749	X ₁	0.8257	0.9266	X ₁	0.8827	0.9578	X ₁	0.9223
		X ₂	0.8503		X ₂	0.9225		X ₂	0.9612		X ₂	0.9809
		X ₃	0.8195		X ₃	0.8907		X ₃	0.9356		X ₃	0.9627
高雄	0.8222	X ₁	0.8260	0.8933	X ₁	0.8823	0.9378	X ₁	0.9218	0.9643	X ₁	0.9487
		X ₂	0.8107		X ₂	0.9005		X ₂	0.9499		X ₂	0.9753
		X ₃	0.7981		X ₃	0.8770		X ₃	0.9272		X ₃	0.9577
深圳	0.6730	X ₁	0.6761	0.7955	X ₁	0.7730	0.8777	X ₁	0.8455	0.9288	X ₁	0.8970
		X ₂	0.7577		X ₂	0.8703		X ₂	0.9340		X ₂	0.9673
		X ₃	0.6660		X ₃	0.7892		X ₃	0.8726		X ₃	0.9250
鹿特丹	0.7405	X ₁	0.6228	0.8407	X ₁	0.7325	0.9057	X ₁	0.8165	0.9455	X ₁	0.8770
		X ₂	0.7159		X ₂	0.8459		X ₂	0.9210		X ₂	0.9607
		X ₃	0.7296		X ₃	0.8231		X ₃	0.8996		X ₃	0.9412
洛杉磯	0.7882	X ₁	0.8297	0.8717	X ₁	0.8848	0.9247	X ₁	0.9236	0.9566	X ₁	0.9499
		X ₂	0.7503		X ₂	0.8661		X ₂	0.9318		X ₂	0.9661
		X ₃	0.6921		X ₃	0.8070		X ₃	0.8838		X ₃	0.9318
漢堡	0.5928	X ₁	0.4597	0.7397	X ₁	0.6017	0.8422	X ₁	0.7191	0.9074	X ₁	0.8081
		X ₂	0.6374		X ₂	0.7983		X ₂	0.8952		X ₂	0.9475
		X ₃	0.5958		X ₃	0.7400		X ₃	0.8410		X ₃	0.9058
安特衛普	0.7044	X ₁	0.3624	0.8167	X ₁	0.5164	0.8909	X ₁	0.6520	0.9367	X ₁	0.7589
		X ₂	0.6854		X ₂	0.8276		X ₂	0.9112		X ₂	0.9557
		X ₃	0.7075		X ₃	0.8174		X ₃	0.8903		X ₃	0.9357
巴生	0.4575	X ₁	0.4345	0.6389	X ₁	0.5803	0.7754	X ₁	0.7026	0.8662	X ₁	0.7961
		X ₂	0.5826		X ₂	0.7635		X ₂	0.8759		X ₂	0.9375
		X ₃	0.4774		X ₃	0.6520		X ₃	0.7825		X ₃	0.8694

長堤	0.7888	X ₁	0.7792	0.8721	X ₁	0.8489	0.9250	X ₁	0.8988	0.9568	X ₁	0.9332
		X ₂	0.8065		X ₂	0.8982		X ₂	0.9486		X ₂	0.9746
		X ₃	0.7320		X ₃	0.8337		X ₃	0.9005		X ₃	0.9418
杜拜	0.7899	X ₁	0.7446	0.8728	X ₁	0.8238	0.9254	X ₁	0.8814	0.9570	X ₁	0.9215
		X ₂	0.8160		X ₂	0.9035		X ₂	0.9514		X ₂	0.9760
		X ₃	0.7555		X ₃	0.8493		X ₃	0.9102		X ₃	0.9476
紐約/紐澤西港	0.4072	X ₁	0.2732	0.5983	X ₁	0.4308	0.7474	X ₁	0.5804	0.8485	X ₁	0.7043
		X ₂	0.4489		X ₂	0.6722		X ₂	0.8234		X ₂	0.9098
		X ₃	0.4287		X ₃	0.6133		X ₃	0.7558		X ₃	0.8525
東京	0.5864	X ₁	0.5199	0.7352	X ₁	0.6514	0.8393	X ₁	0.7568	0.9056	X ₁	0.8351
		X ₂	0.6910		X ₂	0.8310		X ₂	0.9130		X ₂	0.9566
		X ₃	0.5712		X ₃	0.7223		X ₃	0.8295		X ₃	0.8987
不萊梅哈文	0.6058	X ₁	0.4215	0.7489	X ₁	0.5690	0.8481	X ₁	0.6938	0.9110	X ₁	0.7898
		X ₂	0.6232		X ₂	0.7983		X ₂	0.8903		X ₂	0.9449
		X ₃	0.5436		X ₃	0.7021		X ₃	0.8162		X ₃	0.8905
焦亞陶羅	0.8699	X ₁	0.6576	0.9231	X ₁	0.7591	0.9556	X ₁	0.8356	0.9746	X ₁	0.8902
		X ₂	0.8166		X ₂	0.9038		X ₂	0.9516		X ₂	0.9761
		X ₃	0.8775		X ₃	0.9272		X ₃	0.9575		X ₃	0.9755
馬尼拉	0.8395	X ₁	0.6508	0.9043	X ₁	0.7540	0.9443	X ₁	0.8319	0.9681	X ₁	0.8876
		X ₂	0.8074		X ₂	0.8987		X ₂	0.9489		X ₂	0.9748
		X ₃	0.8349		X ₃	0.9005		X ₃	0.9415		X ₃	0.9662
蘭加邦	0.6473	X ₁	0.5829	0.7779	X ₁	0.7016	0.8666	X ₁	0.7940	0.9221	X ₁	0.8613
		X ₂	0.6999		X ₂	0.8363		X ₂	0.9159		X ₂	0.9581
		X ₃	0.6848		X ₃	0.8020		X ₃	0.8807		X ₃	0.9299
佛列斯多	0.6739	X ₁	0.6341	0.7961	X ₁	0.7412	0.8780	X ₁	0.8228	0.9290	X ₁	0.8813
		X ₂	0.7743		X ₂	0.8799		X ₂	0.9391		X ₂	0.9698
		X ₃	0.6794		X ₃	0.7983		X ₃	0.8784		X ₃	0.9285
丹絨不祿	0.8249	X ₁	0.8229	0.8951	X ₁	0.8801	0.9388	X ₁	0.9203	0.9649	X ₁	0.9477
		X ₂	0.8082		X ₂	0.8991		X ₂	0.9491		X ₂	0.9749
		X ₃	0.8143		X ₃	0.8874		X ₃	0.9336		X ₃	0.9614
丹絨帕拉帕斯	0.0201	X ₁	0.0373	0.1105	X ₁	0.1203	0.2897	X ₁	0.2562	0.4985	X ₁	0.4171
		X ₂	0.0137		X ₂	0.1245		X ₂	0.3646		X ₂	0.6137
		X ₃	0.0166		X ₃	0.0971		X ₃	0.2658		X ₃	0.4714
橫濱	0.3710	X ₁	0.4359	0.5678	X ₁	0.5815	0.7258	X ₁	0.7035	0.8346	X ₁	0.7968
		X ₂	0.3856		X ₂	0.6245		X ₂	0.7946		X ₂	0.8943
		X ₃	0.2978		X ₃	0.4988		X ₃	0.6723		X ₃	0.7977
阿爾及西拉斯	0.5237	X ₁	0.6746	0.6894	X ₁	0.7719	0.8094	X ₁	0.8447	0.8873	X ₁	0.8965
		X ₂	0.6475		X ₂	0.8045		X ₂	0.8986		X ₂	0.9492
		X ₃	0.5062		X ₃	0.6741		X ₃	0.7975		X ₃	0.8788
神戶	0.3526	X ₁	0.2376	0.5518	X ₁	0.3940	0.7142	X ₁	0.5481	0.8271	X ₁	0.6790
		X ₂	0.3673		X ₂	0.6171		X ₂	0.7900		X ₂	0.8918
		X ₃	0.3150		X ₃	0.5150		X ₃	0.6845		X ₃	0.8059
加瓦哈拉	0.6510	X ₁	0.5619	0.7805	X ₁	0.6851	0.8682	X ₁	0.7819	0.9231	X ₁	0.8528
		X ₂	0.3706		X ₂	0.6126		X ₂	0.7872		X ₂	0.8903
		X ₃	0.6654		X ₃	0.7887		X ₃	0.8723		X ₃	0.9248
基隆	0.5029	X ₁	0.6035	0.6739	X ₁	0.7176	0.7990	X ₁	0.8057	0.8809	X ₁	0.8695
		X ₂	0.4972		X ₂	0.7065		X ₂	0.8435		X ₂	0.9205
		X ₃	0.3960		X ₃	0.5863		X ₃	0.7368		X ₃	0.8403

備註：1. X₁ 為移除「貨櫃橋式起重機數」之投入項、X₂ 為移除「貨櫃船席長度」之投入項、X₃ 為移除「貨櫃裝卸機具」之投入項。

2. 粗體字表示移除該投入項，使效率值減少者。

1. 香港：香港在 DEA_{CCR} 模式各項投入變數上均具有優勢；移除 SFA_{CD} 模式之「貨櫃橋式起重機數」乙項變數後，使該港效率值由整體相對有效率港埠減少，顯示香港在此投入項為整體港埠中呈現相對有效率之優勢。

2. 新加坡港：移除 DEA_{CCR} 模式之「貨櫃裝卸機具」乙項投入變數後，使該港相對效率值減少，顯示新加坡港在此投入項為整體受評估港埠中呈現相對有效率之優勢；移除 SFA_{CD} 模式之「貨櫃船席長度」乙項投入變數後，使該港效率值減少，顯示新加坡港在此投入項為整體港埠中呈現相對有效率之優勢。

3. 釜山港：分別移除 DEA_{CCR} 模式及 SFA_{CD} 模式之「貨櫃橋式起重機數」、「貨櫃裝卸機具」二項投入變數後，使該港相對效率值略為減少，顯示釜山港在此二投入項為整體受評估港埠中呈現相對有效率之優勢。
4. 上海港：分別移除 DEA_{CCR} 模式之「貨櫃橋式起重機數」、「貨櫃裝卸機具」投入變數後，使該港相對效率值下跌，顯示上海港在此二投入項為整體受評估港埠中呈現相對優勢；移除 SFA_{CD} 模式之「貨櫃橋式起重機數」乙項投入變數後，使該港效率值減少，顯示上海港在此投入項為整體受評估港埠中呈現相對有效率之優勢。
5. 高雄港：分別移除 DEA_{CCR} 模式及 SFA_{CD} 模式之「貨櫃橋式起重機數」、「貨櫃裝卸機具」投入變數後，使該港相對效率值略為減少，顯示高雄港在此二投入項為整體受評估港埠中呈現相對有效率之優勢。
6. 深圳港：移除 DEA_{CCR} 模式及 SFA_{CD} 模式之「貨櫃裝卸機具」乙項投入變數後，使該港相對效率值下跌，顯示深圳港在此投入項為整體受評估港埠中呈現相對有效率之優勢。
7. 鹿特丹港：分別移除 DEA_{CCR} 模式之「貨櫃橋式起重機數」、「貨櫃裝卸機具」等投入項後，使鹿特丹港相對效率值下跌，顯示鹿特丹港在此二投入項為整體受評估港埠中呈現相對有效率之優勢；移除 SFA_{CD} 模式之「貨櫃橋式起重機數」投入項後，使該港效率值相對減少，顯示鹿特丹港在此投入項為整體受評估港埠中呈現相對有效率之優勢。
8. 洛杉磯港：移除 DEA_{CCR} 模式及 SFA_{CD} 模式之「貨櫃裝卸機具」乙項投入變數後，使洛杉磯港效率值由整體相對有效率港埠變成無效率港埠，顯示洛杉磯港在此投入項為整體受評估港埠中呈現相對有效率之優勢。
9. 漢堡港：分別移除 DEA_{CCR} 模式「貨櫃橋式起重機數」、「貨櫃裝卸機具」投入變數後，使該港相對效率值下跌，顯示漢堡港在此二投入項為整體受評估港埠中呈現相對有效率之優勢；移除 SFA_{CD} 模式之「貨櫃橋式起重機數」乙項投入變數後，使該港效率值由整體相對有效率港埠減少，顯示漢堡港在此投入項為整體受評估港埠中呈現相對有效率之優勢。
10. 安特衛普港：移除 DEA_{CCR} 及 SFA_{CD} 模式之「貨櫃橋式起重機數」乙項投入變數後，使該港相對效率值下跌，顯示安特衛普港在此投入項為整體受評估港埠中呈現相對有效率之優勢。
11. 其餘各港埠於 DEA_{CCR} 與 SFA_{CD} 模式之投入變數具有優勢者如表 36 所示。

表 36 DEACCR 與 SFA_{CD} 模式之投入變數具有優勢者

港口別	DEACCR 模式	SFA _{CD} 模式
1.香港	貨櫃橋式起重機數、貨櫃船席長度、貨櫃裝卸機具	貨櫃橋式起重機數
2.新加坡港	貨櫃裝卸機具	貨櫃船席長度
3.釜山港	貨櫃橋式起重機數、貨櫃裝卸機具	
4.上海港	貨櫃橋式起重機數、貨櫃裝卸機具	貨櫃橋式起重機數
5.高雄港	貨櫃橋式起重機數、貨櫃裝卸機具	
6.深圳港	貨櫃裝卸機具	
7.鹿特丹港	貨櫃橋式起重機數、貨櫃裝卸機具	貨櫃橋式起重機數
8.洛杉磯港	貨櫃裝卸機具	
9.漢堡港	貨櫃橋式起重機數、貨櫃裝卸機具	貨櫃橋式起重機數
10.安特衛普港	貨櫃橋式起重機數	
11.巴生港	貨櫃裝卸機具	貨櫃橋式起重機數
12.長堤港	貨櫃裝卸機具	貨櫃橋式起重機數、貨櫃裝卸機具
13.杜拜港	貨櫃橋式起重機數、貨櫃裝卸機具	
14.紐約 / 紐澤西港	貨櫃橋式起重機數	
15.東京港	貨櫃橋式起重機數、貨櫃裝卸機具	
16.不萊梅哈文港	貨櫃橋式起重機數、貨櫃裝卸機具	
17.焦亞陶羅港	貨櫃橋式起重機數、貨櫃裝卸機具	貨櫃橋式起重機數
18.馬尼拉港	貨櫃橋式起重機數、貨櫃裝卸機具	貨櫃橋式起重機數
19.蘭加邦港	貨櫃裝卸機具	貨櫃橋式起重機數
20.佛列斯多港	貨櫃裝卸機具	貨櫃橋式起重機數
21.丹絨不祿港	貨櫃裝卸機具	貨櫃橋式起重機數
22.丹絨帕拉帕斯港	貨櫃裝卸機具	
23.橫濱港	貨櫃裝卸機具	
24.阿爾及西拉斯港	貨櫃裝卸機具	
25.神戶港	貨櫃橋式起重機數、貨櫃裝卸機具	
26.加瓦哈拉港	貨櫃裝卸機具	貨櫃橋式起重機數、貨櫃船席長度
27.基隆港	貨櫃裝卸機具	

4.7 影響港埠效率之假設檢定

為了瞭解亞洲與非亞洲港埠、公營與公司化港埠管理體制與經濟成長率高低等因素對於港埠經營效率的影響，本研究將受評估港埠分為兩獨立群體，並分別對 2002 年 DEACCR、DEABCC 模式效率值，分別以 SPSS 10.0 統計軟體（中文版）進行 Mann-Whitney-U 檢定，以檢定兩群體分配是否相同，藉此觀察國際貨櫃港特性對於效率之相關程度。

4.7.1 亞洲與非亞洲港埠

為瞭解亞洲與非亞洲港埠兩個群體之平均效率值是否存在顯著的差異，因此，提出假設一：

H_0^1 ：亞洲與非亞洲港埠之經營效率值沒有顯著差異。

27 個受評估港埠中有 17 個港埠位於亞洲地區，其餘 10 個港埠位於歐

洲或美國。依表 37 所示，以不同模式的效率值進行 Mann-Whitney-U 檢定，其結果均大於 0.05 的顯著水準，表示無法拒絕 H_0^1 ，亦即表示該二群體並無顯著的相關性，因此，亞洲與非亞洲港埠並沒有顯著的效率差異。推究其原因，目前貨櫃作業均由民營裝卸公司、全球性碼頭營運人或大型航商承作，他們主要目標係為追求降低或維持每一貨櫃裝卸成本及利潤最大化，故在有限的碼頭場站面積、設施等資源下，做高效率使用，並引進標準化、專業化的棧埠作業技術與經驗，提昇貨櫃港經營效率。因此，在該二地區港埠經營效率上並無明顯的差異。

表 37 亞洲與非亞洲港埠之比較

模式	Mann-Whitney-U 檢定	Z 檢定	p-value
DEA _{CCR} 模式	55	-1.5072	0.1318
DEA _{BCC} 模式	51	-1.7393	0.0820

4.7.2 港埠管理體制

為瞭解港埠管理體制屬公司化與公營等兩個群體之平均效率值是否存在顯著的差異，提出假設二：

H_0^2 ：公營與公司化之港埠管理體制的經營效率沒有顯著差異。

本研究 27 個受評估港埠中，計有 5 個國家港埠係屬公司化包括中國大陸上海港、深圳港、英國佛列斯多港、荷蘭鹿特丹港及馬來西亞丹絨帕拉帕斯港等，其餘 22 個港埠多由國家或地方的公營港埠當局管理。依表 38 所示，進行 Mann-Whitney-U 檢定，其結果均大於 0.05 的顯著水準，表示無法拒絕 H_0^2 ，意即表示該二群體並無顯著的相關性，因此，公司化與公營之港埠管理體制並沒有顯著的效率差異。探究其原因，無論是公司化或公營體制，各港埠管理組織主要目標係藉由民間資金興建碼頭、並增加港口碼頭每單位面積的年總運量，與充分及有效率的利用現有港埠設施，故紛紛將貨櫃碼頭業務以 BOT（興建、營運、移轉）等民間參與方式，交由民間業者經營，並給予某一特定期間之經營特許權。藉由引進專業、最新型技術與經營管理人才，增加港埠運量及提昇港埠競爭力。因此，在該二種港埠管理體制對港埠經營效率上並無明顯的差異。

表 38 公司化或公營管理體制港埠之比較

模式	Mann-Whitney-U 檢定	Z 檢定	p-value
DEA _{CCR} 模式	45	-0.6246	0.5323
DEA _{BCC} 模式	52	-0.1908	0.8487

4.7.3 經濟成長率較高與較低國家

為瞭解經濟成長率較高與較低兩個群體之平均效率值是否存在顯著的差異，因此，提出假設三：

H_0^3 ：經濟成長率較高與較低之國家的港埠經營效率沒有顯著差異。

行政院主計處（2004）依據 IMF（國際貨幣基金）所調查 2002 年各國家經濟成長率資料顯示，全球經濟成長率為 1.9%，因此，將經濟成長率超過 1.9% 之國家所屬港埠歸為經濟成長率較高之港埠，包括美國、除日本以外之亞洲地區國家港埠，共計 10 國 16 個港埠，其餘國家港埠則視為經濟成長率較低之港埠，包括英國、荷蘭、德國、比利時、西班牙、義大利及日本等 7 國 10 個港埠，因缺少阿拉伯聯合大公國資料，故排除杜拜港。由表 39 可知，以 2002 年 DEA 模式效率值進行 Mann-Whitney-U 檢定，CCR 與 BCC 模式 p-value 值均小於 0.05 的顯著水準，亦即該項檢定結果均拒絕 H_0^3 ，意即表示該二群體有顯著差異。高經濟成長的國家主要係因亞洲運往美國的貿易量大幅成長，致使除日本以外之亞洲地區國家及美國港埠貨運需求快速增加，亦使港埠經營效率大幅提昇；相對的歐洲與日本等已開發國家，其經貿活動已呈現固定水準，經濟成長率亦較低，港埠貨運需求成長有限，其經營效率亦有待提昇，因此，各國亦積極活絡國內經濟活動、歐洲國家部分則組成歐盟經濟體，藉由貨幣統一等效益，強化國內經濟，且這一、二年，亞洲與歐洲間的進出口貿易量大幅成長，歐洲港口須擴充港埠運能以因應來自激增的亞洲貨量，例如：荷蘭鹿特丹港馬斯弗克特第二期港區、德國不萊梅哈文港 CT4 貨櫃碼頭、比利時安特衛普港 Deurganckdok 港區等國家港埠亦展開擴建計畫，以提昇港埠經營效率。

表 39 經濟成長率較高與較低之國家港埠比較

模式	Mann-Whitney-U 檢定	Z 檢定	p-value
DEA _{CCR} 模式	26	-2.8480	0.0044
DEA _{BCC} 模式	29.5	-2.7006	0.0069

4.8 對我國港埠的分析

近年來，台灣地區高雄、基隆、台中、花蓮等各國際商港面臨國內產業結構的轉變、傳統產業外移及萎縮、及鄰近港口競爭問題，包括對內為高雄、基隆、台中等國際商港彼此間的競爭及工業港的競爭等二項因素，對外則有鄰近國家洲際型港口的競爭。在激烈港埠競爭下，如何有效提昇港埠經營效率是港埠當局追求成長所需要面臨的課題。

高雄港貨櫃裝卸量逐年成長，但貨櫃年成長率則落後於釜山港、上海港、

深圳港等，故在全球貨櫃港的排名則逐漸滑落，高雄港從 1999 年為全球第三大貨櫃港後，2000 年被南韓釜山港超越、2001 年、2002 年因中國大陸進出口貿易暢旺，陸續被上海港及深圳港超前，而為全球第六大貨櫃港。基隆港亦面臨港埠設施不足及港埠貨櫃運能量瓶頸的限制，使該港貨櫃量呈現遲緩現象，惟近年來，該港藉由貨櫃碼頭租予民營裝卸公司經營之策略，貨櫃量已呈現成長的趨勢。因此，本節將針對我國高雄、基隆港之經營效率及無效率之因素，並研擬相關資源改善策略，提供港航業者制訂港埠發展策略時之參考。

1999~2002 年各模式高雄、基隆港的效率值（基隆港效率值如圖 17 所示）排序均為 $SFA_{CD} > SFA_{TR} > DEA_{BCC} > DEA_{CCR}$ ，且 SFA_{CD} 模式名次均為第 7 名，顯示高雄港在全球貨櫃港仍屬有效率的港口，但在 DEA 法分析則排名在第 11~16 名之間，屬於無效率港埠之一；基隆港四種模式下的平均效率值排序 1999~2000 年為 $SFA_{TR} > DEA_{BCC} > DEA_{CCR} > SFA_{CD}$ ，2001 年為 $SFA_{TR} > SFA_{CD} > DEA_{BCC} > DEA_{CCR}$ ，2002 年為 $DEA_{BCC} > SFA_{TR} > SFA_{CD} > DEA_{CCR}$ ；另在 SFA 之 SFA_{TR} 、 SFA_{CD} 模式之效率值排序分別為第 22 名及第 7 名，而在 DEA_{BCC} 模式僅 2002 年之相對效率值為 1，排序亦為第一名，其餘之 DEA_{BCC} 與 DEA_{CCR} 模式則排名在第 8~16 名之間，屬於無效率港埠之一。為探究該二港口效率值之差異，進一步以 DEA 差額分析與規模分析予以說明。

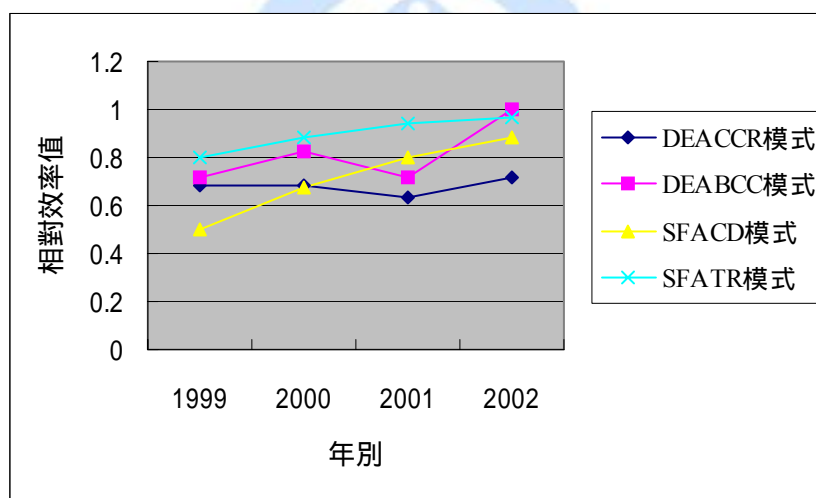


圖 17 基隆港效率值趨勢圖

當受評估港埠之整體效率值不為 1 時，依據 Banker *et al.* (1984) 表示技術無效率可能係為運作不當所致，在發現無效率之原因後，再運用差額變數，分析無效率港埠對於何種投入產出項應予以調整，及需調整多少幅度才能達到整體相對有效率。因此，依據 DEA_{CCR} 模式可得整體效率值， DEA_{BCC} 模式可得純粹技術效率值，二者相除，可求得規模效率值（詳表 40）。至於該二港之規模報酬分析，高雄港在 1999~2002 年均呈現規模報酬遞減情形；基隆港 1999、2000 及 2002 年為規模報酬遞增情形、而 2001 年為固定規模報酬。

表 40 高雄港及基隆港規模效率分析

	1999 年			2000 年			2001 年			2002 年		
	整體效率	純粹技術效率	規模效率 SE	整體效率	純粹技術效率	規模效率 SE	整體效率	純粹技術效率	規模效率 SE	整體效率	純粹技術效率	規模效率 SE
高雄港	0.6227	0.6950	0.8960	0.5989	0.7477	0.8010	0.7131	0.7370	0.9676	0.7760	0.8004	0.9695
	純粹技術無效率 DRS			純粹技術無效率 DRS			純粹技術無效率 DRS			純粹技術無效率 DRS		
基隆港	0.6822	0.7169	0.9516	0.6829	0.8238	0.8290	0.6317	0.7168	0.8813	0.7163	1	0.7163
	純粹技術無效率 IRS			純粹技術無效率 IRS			純粹技術無效率 CRS			規模無效率 IRS		

備註：1. 規模效率(SE) = TE_{CCR} / TE_{BCC}

2. IRS 表規模報酬遞增、CRS 表固定規模報酬、DRS 表規模報酬遞減。

1999~2002 年高雄、基隆港以 DEA 法衡量之差額分析詳表 41，1999 年 DEA_{CCR} 模式高雄港相對有效率的港埠（相對效率值等於 1 者），僅有貨櫃船席長度 918.1 公尺等乙項過多投入資源； DEA_{BCC} 模式相較有效率的港埠，則有貨櫃橋式起重機 0.1194 台乙項過多的投入資源；2000 年 DEA_{CCR} 模式高雄港較相對有效率的港埠，僅有貨櫃船席長度 931.4 公尺等乙項過多的投入資源； DEA_{BCC} 模式相較有效率的港埠，亦有貨櫃船席長度 132.2 公尺乙項過多的投入資源；2001 年 DEA_{CCR} 模式高雄港較相對有效率的港埠，僅有貨櫃船席長度 603.4 公尺等乙項過多的投入資源； DEA_{BCC} 模式相較有效率的港埠，亦有貨櫃船席長度 161.9 公尺乙項過多的投入資源。2002 年 DEA_{CCR} 模式相較有效率的港埠，僅有貨櫃船席長度 396.6 公尺等乙項過多的投入資源； DEA_{BCC} 模式相較有效率的港埠，亦僅有貨櫃船席長度 166.7 公尺等乙項過多的投入資源。由此可知，高雄港相較效率值為 1 的有效率港埠，有貨櫃橋式起重機、貨櫃船席長度等二項不同程度的投入資源過多情形。如各年度能分別減少前述二項過多投入資源，即可增加高雄港之經營效率。

基隆港 1999 年 DEA_{CCR} 模式中，有貨櫃橋式起重機 6.0121 台及貨櫃船席長度 1.0654 公里等二項過多的投入資源， DEA_{BCC} 模式有貨櫃橋式起重機 6.8423 台及貨櫃船席長度 1.1448 公里等二項過多的投入資源；2000 年 DEA_{CCR} 模式，有貨櫃橋式起重機 6.0179 台及貨櫃船席長度 1.0664 公里等二項過多的投入資源， DEA_{BCC} 模式有貨櫃橋式起重機 5.5827 台及貨櫃船席長度 1.0297 公里等二項過多的投入資源；2001 年 DEA_{CCR} 模式，有貨櫃船席長度 123.8 公尺等過多的投入資源，而 DEA_{BCC} 模式則有投入產出比例不當，即貨櫃船席長度 143 公尺等過多投入資源及貨櫃裝卸量 24.3504 萬 TEU 等乙項不足的產出資源；及 2002 年 DEA_{CCR} 模式貨櫃橋式起重機 4.0783 台及貨櫃船席長度 444 公尺等二項過多的投入資源，而 DEA_{BCC} 模式則為有效率的港埠。由此可知，基隆港除 2002 年 DEA_{BCC} 模式為有效率港埠之外，其餘年度 DEA_{CCR} 、 DEA_{BCC} 模式相較效率值為 1 的有效率港埠則有貨櫃橋式起重機、貨櫃船席長度及貨櫃裝卸量等不同程度的投入產出資源過多情形，如該港在 1999~2002 年能分別減少過多投入資源或增加不足的產出資源，即可提昇基隆港相對經營效率。

表 41 高雄港及基隆港在 DEA 方法之差額變數資料

1999 年				
無效率港埠	造成無效率之主因	模式	調整方向（投入/產出項）	調整差額
高雄港	投入資源運用不當	DEA _{CCR}	貨櫃船席長度 X_2 （公里）	0.9181
	投入資源運用不當	DEA _{BCC}	貨櫃橋式起重機 X_1 （台）	0.1194
基隆港	投入資源運用不當	DEA _{CCR}	貨櫃橋式起重機 X_1 （台）	6.0121
			貨櫃船席長度 X_2 （公里）	1.0654
	投入資源運用不當	DEA _{BCC}	貨櫃橋式起重機 X_1 （台）	6.8423
			貨櫃船席長度 X_2 （公里）	1.1448
2000 年				
高雄港	投入資源運用不當	DEA _{CCR}	貨櫃船席長度 X_2 （公里）	0.9314
	投入資源運用不當	DEA _{BCC}	貨櫃船席長度 X_2 （公里）	0.1322
基隆港	投入資源運用不當	DEA _{CCR}	貨櫃橋式起重機 X_1 （台）	6.0179
			貨櫃船席長度 X_2 （公里）	1.0664
	投入資源運用不當	DEA _{BCC}	貨櫃橋式起重機 X_1 （台）	5.5827
			貨櫃船席長度 X_2 （公里）	1.0297
2001 年				
高雄港	投入資源運用不當	DEA _{CCR}	貨櫃船席長度 X_2 （公里）	0.6034
	投入資源運用不當	DEA _{BCC}	貨櫃船席長度 X_2 （公里）	0.1619
基隆港	投入資源運用不當	DEA _{CCR}	貨櫃船席長度 X_2 （公里）	0.1238
	投入產出比例不當	DEA _{BCC}	貨櫃船席長度 X_2 （公里）	0.1430
			貨櫃裝卸量（萬 TEU）	24.3504
2002 年				
高雄港	投入資源運用不當	DEA _{CCR}	貨櫃船席長度 X_2 （公里）	0.3966
	投入資源運用不當	DEA _{BCC}	貨櫃船席長度 X_2 （公里）	0.1667
基隆港	投入資源運用不當	DEA _{CCR}	貨櫃橋式起重機 X_1 （台）	4.0783
			貨櫃船席長度 X_2 （公里）	0.4440

綜上所述，基隆港在 1999~2002 年係處於規模報酬遞增及固定階段，建議該港應擴大貨櫃橋式起重機、貨櫃船席長度等二項投入規模或增加貨櫃裝卸量之產出規模，以提高基隆港 1999~2002 年港埠相對經營效率。然而，該港業於 2001 年將貨櫃碼頭租予民營業者經營，使該港的貨櫃裝卸量成長，故經營效率亦有遞增現象；而高雄港在 1999~2002 年處於規模報酬遞減階段，建議減少貨櫃橋式起重機、貨櫃船席長度等二項投入規模，以提昇高雄港相對經營效率。

第五章 結論與建議

SFA 係為經濟計量方法，一般常應用於營利組織，且其投入／產出項目較易確認及量化，且其投入／產出存在函數關係者；而 DEA 為一種績效評估方法，透過線性規劃來找出包住所有受評估單位的效率包絡線，可衡量多項投入／產出之受評估單位相對效率值，不必預設函數或參數，常應用於非營利性組織。港埠事業係屬營利事業或非營利事業，眾說紛紜，本研究為探討該二種方法的適用性，嘗試以 SFA 及 DEA 衡量 27 個國際貨櫃港的經營技術效率。

5.1 結論

民間參與港埠經營可提高港埠生產力、服務品質及整體經濟效率，故各國政府均積極鼓勵民間部門參與港口、貨櫃碼頭及其他地區的開發。一般而言，國外港口「民營化」的型式，通常係取決於民營化活動的特性及當地環境狀況，較常見的是由原公營港口「地主港」角色逐漸轉變為民營港口「作業港」角色，並藉由港口當局以公開徵求國內、外民間業者參與港埠建設及營運之方式，導入民間企業資金與經營型式，追求卓越的港埠經營績效。而且，貨櫃化趨勢已使全球貨櫃港在作業方式的差異性不大，且全球主要貨櫃港在港埠作業體制上大多為民營化作業，並以最大產出（貨櫃量）及作業效率為目標，具有一致性。

SFA_{CD} 模式、SFA_{TR} 模式所計算出各港埠的效率值隨著時間的增加，亦呈現遞增的情形，本研究發現以 SFA_{CD} 模式較能符合 2002 年全球前三大貨櫃港香港、新加坡港、及釜山港之排序，且 SFA_{CD} 與 SFA_{TR} 模式分析者，各年各港效率值排序均相同；至於 DEA 分析各年度之受評估港埠的整體狀況，係各年度各港的相對效率值均不同。以 1999~2002 年整體港埠平均效率值而言，各模式效率值排序亦為 SFA_{TR} (0.8217) > SFA_{CD} (0.7979) > DEA_{BCC} (0.7075) > DEA_{CCR} (0.6150)，顯示 SFA 整體平均效率值優於 DEA。經 Spearman 等級相關分析，DEA_{CCR} 與 DEA_{BCC} 模式對相同受評估港埠資料之排序較為一致，其次為 SFA_{CD} 與 SFA_{TR} 模式間之排序。

1999~2002 年各模式均以香港為有效率的港埠，而丹絨帕拉帕斯港在 SFA 二模式均為最後一位。本研究亦探討全球前 10 大貨櫃港埠及馬來西亞丹絨帕拉帕斯港之效率值變動與排序情形，並分析何種模式較適合該港埠之經營特性。各港埠依其本身港埠營運特性適用 DEA 或 SFA 方法予以解釋。

DEA 差額分析部分，本研究係就無效率港埠相較效率值為 1 之有效率港埠探討之，如各年度能分別減少過多投入資源或增加不足產出量，即可增加該無效率港埠之經營效率；DEA 敏感度分析部分，針對分別移除「貨櫃橋式起重機」、「貨櫃船席長度」及「貨櫃裝卸機具數」等投入項後效率值減少部分予以探討，俾瞭解各投入項對各港埠之貢獻程度與優劣勢，提供管理者對資源運

用的參考。

影響港埠效率之亞洲與非亞洲港埠、公司化與公營之港埠管理體制與經濟成長率高低等三種因素之檢定結果，其中前二者在各模式間均沒有顯著的效率差異，然而，經濟成長率較高與較低之國家的港埠經營效率，則有明顯的差異，顯示提昇港埠效率時，亦須活絡國家整體經濟。

5.2 建議

基隆港在 1999~2002 年係處於規模報酬遞增及固定階段，該港業於 2001 年將貨櫃碼頭租予民營裝卸公司經營，使該港的貨櫃裝卸量成長，故經營效率亦有遞增現象，建議基隆港應持續擴大貨櫃橋式起重機、貨櫃船席長度等二項投入規模或增加貨櫃裝卸量之產出規模，以提高基隆港 1999~2002 年港埠相對經營效率。並建議該港可將其他西岸貨櫃中心租予民間業者營運，藉由民營資金擴大投入資源，以提高港埠經營效率；高雄港在 1999~2002 年則處於規模報酬遞減階段，建議減少貨櫃橋式起重機、貨櫃船席長度等二項投入規模，以提昇這段期間高雄港相對經營效率。

本研究以 DEA 及 SFA 不同的效率衡量方法，評估全球前 30 大貨櫃港埠的經營效率，然而，該二種方法所評估之效率是相對的而非絕對的，隨著受評估單位數量的增減及投入產出項的增減而產生不同的相對效率值。因此，後續研究者，應審慎選擇受評估港埠數量及投入／產出變數。

DEA 及 SFA 二種效率衡量方法僅能瞭解過去年度的港埠經營效率，無法立即提供港航業者整體港埠績效評比資料，基於各國國際港埠均為增進貨櫃裝卸能量，積極投資基礎設施，包括：改善各港現有碼頭設施或擴建新貨櫃碼頭設施等。因此，建議後續研究者或研究部門能蒐集全球貨櫃港詳細資料，並建立一套港埠績效評比的模式，讓我國港埠經營者及航運業者即時瞭解目前國際貨櫃港的經營績效，俾利作為港埠經營效率改善之依據。

【參考文獻】

- 1.王美惠，2002，「臺灣銀行業經濟效率與規模經濟分析 - 參數法與非參數法之比較」，淡江大學管理科學學系，博士論文。
- 2.吳萬益、林清河，2001，企業研究方法，初版，華泰文化事業股份有限公司，台北，頁 554~574。
- 3.林立千、陳怡君，2003，「亞洲地區國際機場之營運效率評估 - 資料包絡分析法之應用」，運輸學刊，第十六卷第二期，頁 115~144。
- 4.高強、黃旭男、Toshiyuki Sueyoshi，2003，管理績效評估：資料包絡分析法，初版，華泰文化事業公司，台北市。
- 5.郭建男，2002，「應用資料包絡分析法評估亞太地區港埠貨櫃作業效率之研究」，國立交通大學交通運輸研究所，碩士論文。
- 6.黃玉梅，2001，「台灣地區五大商港經濟效率比較之研究 - 隨機邊界成本函數之應用」，國立海洋大學航運管理學系，碩士論文。
- 7.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。
- 8.曾立安，2003，「鼓勵民間參與高雄港埠建設與營運 BOT 計畫之研究」，交通部高雄港務局九十一年一般業務研究發展成果報告，高雄，頁 1~29。
- 9.曾兆君，2003，「應用資料包絡分析法評估亞太地區國際港埠貨櫃經營效率」，國立高雄第一科技大學運輸與倉儲營運系，碩士論文。
- 10.蔡文化，1994，「台灣地區國際港埠作業效率比較評估：資料包絡分析法之應用」，國立中山大學企業管理研究所，碩士論文。
- 11.藍武王、李怡容、高傳凱，1997，「基隆港貨櫃基地生產效率之資料包絡分析」，運輸學刊，第十卷第二期，頁 1~34。
- 12.藍武王、林村基，2003，「鐵路運輸之生產效率分析：DEA 與 SFA 方法之比較」，運輸學刊，第十五卷第一期，頁 49~78。
- 13.Aigner, D.J., Lovell, C.A.K., Schmidt, P., 1977, "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models", *Journal of Econometrics* 6(1), 21~37.
- 14.Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W., 1984, "Some Models For Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis", *Management Science* 30(9), 1078~1092.
- 15.Baños, J., Coto, P., & Rodríguez, Á., 1999, "Allocative Efficiency and Over-capitalization: An Application", *International Journal of Transport Economics* 26(2), 181~199.
- 16.Battese, George. E., & Coelli, Tim J., 1988, "Prediction of Firm-level Technical Efficiencies with a Generalized Frontier Production Function and Panel Data", *Journal of Econometrics* 38, 387~399.

17. Bonilla, M., Medal, A., Casaus, T., & Sala, R., 2002, "The Traffic in Spanish Ports: An Efficiency Analysis", *International Journal of Transport Economics* 29(2), 215~230.
18. Cass, Sidney, 1996, Port Privatisation Process, Players and Progress, Cargo Systems, London.
19. Charnes, A., Cooper, W.W., Rhodes, E., 1978, "Measuring the Efficiency of Decision Making Unit", *European Journal of Operational Research* 2, 429~444.
20. Coelli, T., 1996, "A Guide to FRONTIER Version 4.1: A Computer Program for Stochastic Frontier Production and Cost Function Estimation", CEPA Working Paper No. 96/07, Centre for Efficiency and Productivity Analysis, University of New England, Armidale.
21. Coelli, T., Rao, D. S. P., & Battese, G. E., 1997, "An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis", Kluwer Academic Publishers, USA.
22. Cooper, W. W., Seiford, L. M., & Tone, K., 1999, "Data Envelopment Analysis: A Comprehensive Text with Models, Applications, References and DEA-Solver Software", Kluwer Academic Publishers, USA.
23. Coto, P., Baños, J., & Rodríguez, Á., 2000, "Economic Efficiency in Spanish Ports: Some Empirical Evidence", *Maritime Policy and Management* 27(2), 169~174.
24. Cullinane, Kevin, & Song, Dong-Wook, & Gray, Richard, 2002, "A Stochastic Frontier Model of the Efficiency of Major Container Terminals in Asia: Assessing the Influence of Administrative and Ownership Structures", *Transportation Research Part A* 36, 743~762.
25. Cullinane, Kevin, & Song, Dong-Wook, 2003, "A Stochastic Frontier Model of the Productive Efficiency of Korean Container Terminals", *Applied Economics*, 35, 251~267.
26. Dowd, T. J., Leschine, T. M., 1990, "Container Terminal Productivity: A Perspective", *Maritime Policy and Management* 17(2), 107~112.
27. Estache, Antonio, Gonzalez, Marianela and Trujillo, Lourdes, 2002, "Efficiency Gains from Port Reform and the Potential for Yardstick Competition: Lessons from Mexico", *World Development* 30(4), 545~560.
28. Farrell, M.J., 1957, "The Measurement of Productive Efficiency", *Journal of the Royal Statistical Society, Series A, General* 120, 253~281.
29. Fernandez, J.E., de Cea, J., & Fernandez, J.M., 1999, "Port Privatization in Developing Countries: The Case of Container Terminals", *International Journal of Transport Economics* 26(2), 293~314.
30. Golany, B. and Roll, Y., 1989, "An Application Procedure for DEA", *Omega International Journal of Management Science* 17(3), 237~250.

31. Heaver, T., Meersman, H., Moglia, F., & Van De Voorde, E., 2000, "Do Merger and Alliances Influence European Shipping and Port Competition ", *Maritime Policy and Management* 27(4), 363~373.
32. Heaver, T., Meersman, H., & van de Voorde, E., 2001, "Co-operation and Competition in International Container Transport: Strategies for Ports", *Maritime Policy and Management* 28(3), 293~305.
33. Hjalmarsson, L., Kumbhakar, S. C., & Heshmati, A., 1996, "DEA, DFA and SFA: A Comparison", *The Journal of Productivity Analysis* 7, 303~327.
34. Itoh, Hidekazu, 2002, "Efficiency Changes at Major Container Ports in Japan: A Window Application of Data Envelopment Analysis", *Review of Urban and Regional Development Studies* 14(2), 133~152.
35. Jondrow, J., Lovell, C.A.K., Materov, I.S., & Schmidt, P., 1982, "On the Estimation of Technical Inefficiency in Stochastic Frontier Production Function Model", *Journal of Econometrics* 19, 233~238.
36. Kim, Moshe, & Sachish, Arie, 1986, "The Structure of Production, Technical Change and Productivity in a Port", *The Journal of Industrial Economics* 35(2), 209~223.
37. Liu, Zinan, 1995, "The Comparative Performance of Public and Private Enterprises: The Case of British Ports", *Journal of Transport Economics and Policy* 29(3), 263~274.
38. Martínez, E., Diaz, R., Navarro, M., & Ravelo, T., 1999, "A Study of the Efficiency of Spanish Port Authorities Using Data Envelopment Analysis", *International Journal of Transport Economics* 26(2), 237~253.
39. Meeusen, W., & van den Broeck, J., 1977, "Efficiency Estimation from Cobb-Douglas Production Functions with Composed Error", *International Economic Review* 18(2), 435~444.
40. Murillo, Luis R., & Vega, Juan, 2000, "The Use of Parametric and Non Parametric Frontier Methods to Measure the Productive Efficiency in the Industrial Sector: A Comparative Study", No. 2000/17, Department of Economics and Related Studies, University of York.
41. Pels, Eric, Nijkamp, Peter, & Rietveld, Piet, 2003, "Inefficiencies and Scale of European Airport Operations", *Transportation Research Part E* 39, 341~361.
42. Reinhard, Stijn, Lovell, C.A. Knox, & Thijssen, Geert J., 2000, "Environmental Efficiency with Multiple Environmentally Detrimental Variables; Estimated with SFA and DEA", *European Journal of Operational Research* 121, 287~303.
43. Roll, Y. and Hayuth Y., 1993, "Port Performance Comparison Applying Data Envelopment Analysis(DEA)", *Maritime Policy and Management* 20(2), 153~161.

44. Sachish, Arie, 1996, "Productivity Functions As a Managerial Tool in Israeli Ports", *Maritime Policy and Management* 23(4), 341~369.
45. Stevenson, Rodney E., 1980, "Likelihood Functions for Generalized Stochastic Frontier Estimation", *Journal of Econometrics* 13, 57~66.
46. Talley, Wayne K., 1994, "Performance Indicators and Port performance Evaluation", *Logistics and Transportation Review* 30(4), 339~352.
47. Tongzon, Jose L., & Ganesalingam, S., 1994, "An Evaluation of ASEAN Port Performance and Efficiency", *Asian Economic Journal* 8(3), 317~330.
48. Tongzon, Jose L., 1995a, "Determinants of Port Performance and Efficiency", *Transportation Research Part A* 29(3), 245~252.
49. Tongzon, Jose L., 1995b, "Systematizing International Benchmarking for Ports", *Maritime Policy and Management* 22(2), 171~177.
50. Tongzon, Jose, 2001, "Efficiency Measurement of Selected Australian and Other International Ports Using Data Envelopment Analysis", *Transportation Research Part A* 35, 107~122.
51. Valentine, V. F., & Gray, R., 2001, "The Measurement of Port Efficiency Using Data Envelopment Analysis", *Proceedings of the 9th World Conference on Transport Research*, 22-27 July, Seoul, South Korea.
52. Wang, Teng-Fei, Song, Dong-Wook, & Cullinane, Kevin, 2003, "Container Port Production Efficiency: A Comparative Study of DEA and FDH Approaches", *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies* 5, 698~713.