

國立交通大學

交通運輸研究所

碩士論文

三階段資料包絡分析法應用於亞太地區
貨櫃港埠績效評估之研究

**Performance Evaluation of the Container Ports in Asia
Pacific Using Three-stage Data Envelopment Analysis**

研究生：曾文君

指導教授：黃承傳 教授

中華民國九十六年六月

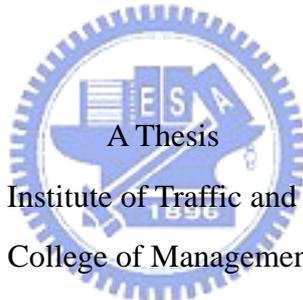
三階段資料包絡分析法應用於亞太地區貨櫃港埠績效評估
之研究

Performance Evaluation of the Container Ports in Asia Pacific
Using Three-stage Data Envelopment Analysis

研究生：曾文君
指導教授：黃承傳

Student : Tseng Wen Chun
Advisor : Prof. Hwang Cherng-Chwan

國立交通大學
交通運輸研究所
碩士論文



Submitted to Institute of Traffic and Transportation
College of Management

National Chiao Tung University

In partial Fulfillment of the Requirements

For the Degree of Master of Engineering

In

Traffic and Transportation

June 2007

Taipei, Taiwan, Republic of China

中華民國九十六年六月

三階段資料包絡分析法應用於亞太地區貨櫃港埠績效評估之研究

研究生：曾文君

指導教授：黃承傳

國立交通大學交通運輸研究所

摘要

生產效率為衡量港埠競爭力之重要指標之一，因此針對港埠之生產效率進行評估，有助於了解各港之相對優勢與劣勢，以提供改善方向與未來發展策略之參考。近年來雖有不少文獻應用傳統資料包絡分析方法針對亞太地區之貨櫃港埠進行生產效率之評比，但由於傳統方法在學理上有其限制，加以中國大陸之港埠建設與發展變化相當快速，因此本研究採用最新發展的三階段資料包絡分析方法，依據近期的相關資料，針對亞太地區貨櫃港埠之生產效率重新進行評估比較，並進一步探討我國三大貨櫃港埠之改善方向，以供參考。本研究發現：就技術效率而言，多數貨櫃港埠的無效率主要是規模無效率所造成。而統計檢定結果顯示，第一、三階段的效率值有顯著差異，表示環境變數與隨機干擾對效率值確實有影響，港埠管理者宜以第三階段的結果作為檢討效率改進的依據。此外，我國三大貨櫃港埠與亞太地區其他貨櫃港埠比較，高雄港是最接近相對有效率的港埠，只需對其資源進行小幅度調整，即能使其作業效率最佳化，基隆港與台中港則需對其資源進行較大幅度的調整，才能轉變為有效率。

關鍵字：三階段資料包絡分析法、貨櫃港埠、績效評估

Performance Evaluation of the Container Ports in Asia Pacific Using Three-stage Data Envelopment Analysis

Student : Tseng Wen-Chun

Adviser : Prof. Hwang Cherng-Chwan

Institute of Traffic and Transportation
National Chiao Tung University

Abstract

Productivity is one important indicator of port competitiveness, evaluation of productivity among different ports provide information regarding relative advantages and disadvantages of each port, as well as direction of future improvement and development. Although many research work have been addressed to compare the productivity of container ports in Asia Pacific, conventional DEA method were mostly used in those literature. In view of the theoretical limitation inherent to the method, this study adopts newly developed three-stage DEA method to analyze the similar problem, based on the recently update data. This study finds out that “scale inefficiency” is the major influence of “technical inefficiency” for many container ports, and that the effect of environmental factors and statistical noise on productivity are very significant. As far as the relative efficiency of the three container ports in Taiwan are concerned, Kaohsiung is one of the relative efficient port in the region, but more improvement efforts are required for Keelung and Taichung to become relative efficient.

Keywords : Three-stage DEA, Container-Ports, Performance Evaluation

誌謝

本論文得以順利完成，首先要感謝指導教授黃承傳老師在兩年的研究生涯中，給予多方的協助與教誨，尤其在論文之觀念啟迪及架構建立上，無不給予悉心之指導。由衷的感謝黃老師這兩年在課業上的傳授、研究上的指導與生活上的關心與鼓勵。其次，在論文研討時，非常感謝馮正民教授、汪進財教授與邱裕鈞教授提供很多寶貴的意見，使我在撰寫論文的過程中，能更釐清方向，思考更縝密。在論文審查期間，感謝藍武王教授與許鉅秉教授的細心審閱及寶貴意見。最後階段，論文口試時，感謝台北技術學院吳榮貴教授與海大梁金樹教授的肯定，你們給的寶貴意見，使本篇論文能更臻完善。

研究所就讀期間，感謝所辦親切的洪小姐與柳小姐多次提供我行政上與生活上的協助；感謝博士班學長姊在課業與研究上給予的關心與建議，感謝你們很有耐心地與我討論並給予意見。也謝謝所有的交研所同學，謝謝大家兩年來的互相扶持、彼此支持與鼓勵，因為你們每一位的存在，這兩年將是我求學過程中，最美麗的回憶。此外，特別感謝長榮大學的呂錦隆老師、一直照顧我的涂媽媽，以及我最愛的摯友們李小紀、巧婷、珮娟、摯青、秋汝、雅筑、桂華、士弘，謝謝你們這些年來的支持與鼓勵，不斷的對我的付出與包容，在我心情不好時忍受我的壞脾氣；在我遇到挫折時給予我支持與鼓勵；在我不順遂時給我最大的安慰，使我擁有重新站起來的勇氣與力量；在我面對困惑時，總是給我最大的安慰與鼓勵，讓我重拾信心。

最後，我要感謝最親愛的父母親與家人，謝謝你們這些年來的照顧與栽培，你們總是想把最好的都給我，也總是尊重與支持我的決定。有你們的支持與鼓勵，才有今天論文的完成。僅將這份榮耀獻予所有幫助與關愛我的人。

曾文君 謹誌
中華民國九十六年六月

目錄

目錄.....	I
表目錄.....	III
圖目錄.....	V
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.....	2
1.4 研究內容與方法.....	2
1.5 研究流程.....	3
第二章 文獻回顧.....	5
2.1 利用 DEA 模式評估港埠績效之相關文獻.....	5
2.2 利用 SFA 模式評估港埠績效之相關文獻.....	14
2.3 DEA 調整法之相關文獻.....	18
2.4 三階段 DEA 之相關文獻.....	21
第三章 三階段 DEA 模式之理論探討.....	23
3.1 第一階段：DEA 效率分析.....	23
3.2 第二階段：SFA 迴歸係數分析.....	31
3.3 第三階段：調整的 DEA 效率分析.....	34
第四章 資料收集與分析.....	35
4.1 受評單位之選取.....	35
4.2 各港之現況分析.....	36
4.3 變數之選定與說明.....	47
第五章 模式應用與分析.....	56
5.1 第一階段 DEA 效率評估結果分析.....	56
5.2 第二階段 SFA 調整投入差額分析.....	60
5.3 第三階段調整的 DEA 效率評估結果分析.....	62
第六章 結論與建議.....	76

6.1 結論.....	76
6.2 建議.....	78
參考文獻.....	79



表目錄

表 2.1	DEA 之相關文獻彙整表	11
表 2.1	DEA 之相關文獻彙整表(續 1).....	12
表 2.1	DEA 之相關文獻彙整表(續 2).....	13
表 2.1	DEA 之相關文獻彙整表(續 3).....	14
表 2.2	SFA 之相關文獻彙整表.....	16
表 2.2	SFA 之相關文獻彙整表(續 1).....	17
表 2.2	SFA 之相關文獻彙整表(續 2).....	18
表 2.3	各調整模式之比較.....	20
表 2.3	各調整模式之比較(續).....	21
表 2.4	三階段 DEA 之應用領域	22
表 4.1	亞太地區各國國際貨櫃港排名	36
表 4.2	亞太地區貨櫃港埠近五年之貨櫃裝卸量與成長率統計表.....	37
表 4.2	亞太地區貨櫃港埠近五年之貨櫃裝卸量與成長率統計表(續).....	38
表 4.3	投入、產出項之 Pearson 相關係數	48
表 4.4	搬運機具轉換當量表	50
表 4.5	各貨櫃港埠相關資料	51
表 4.5	各貨櫃港埠相關資料(續 1)	52
表 4.5	各貨櫃港埠相關資料(續 2)	53
表 4.5	各貨櫃港埠相關資料(續 3)	54
表 5.1	各 DMU 第一階段 DEA 之效率分析表	57
表 5.1	各 DMU 第一階段 DEA 之效率分析表(續 1)	58
表 5.1	各 DMU 第一階段 DEA 之效率分析表(續 2)	59
表 5.1	各 DMU 第一階段 DEA 之效率分析表(續 3)	60
表 5.2	SFA 迴歸係數估計結果.....	61
表 5.3	各 DMU 第三階段調整的 DEA 效率分析表	63
表 5.3	各 DMU 第三階段調整的 DEA 效率分析表(續 1)	64
表 5.3	各 DMU 第三階段調整的 DEA 效率分析表(續 2)	65

表 5.3 各 DMU 第三階段調整的 DEA 效率分析表(續 3)	66
表 5.4 第一階段與第三階段效率值之差異檢定.....	66
表 5.5 技術效率集群分析統計量表.....	67
表 5.6 純粹技術效率集群分析統計量表.....	68
表 5.7 規模效率集群分析統計量表.....	69
表 5.8 貨櫃港埠相對無技術效率主因表.....	70
表 5.8 貨櫃港埠相對無技術效率主因表(續 1).....	71
表 5.8 貨櫃港埠相對無技術效率主因表(續 2).....	72
表 5.9 規模報酬分析表.....	74



圖目錄

圖 1.1 研究流程.....	4
圖 3.1 技術效率與價格效率說明圖.....	24
圖 3.2 DEA 之基本概念圖	25
圖 3.3 技術效率、純粹技術效率與規模效率.....	30
圖 3.4 投入差額值.....	32



第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

台灣地區四面環海，屬於海島型經濟地區，經濟發展深受國際貿易影響，全國有九成以上的國際貿易仰賴海上運輸來完成。港埠不僅為國際貿易之重要出入口，更是帶動台灣經濟發展之重要推手。因此港埠競爭力之優劣與國家整體經濟發展息息相關。近年來中國大陸為因應迅速高度成長的貿易需求，沿海地區港埠不斷建設發展，使得亞太地區的港埠競爭愈顯激烈。為能因應此重大挑戰，勢必積極提升台灣港埠之競爭力。

藉由生產效率之評估可以量測港埠競爭力之優劣，有助於了解本身的優勢與劣勢，並體認所處的大環境之位置。可見生產效率為港埠競爭力之重要指標之一，因此為能有效的提升港埠競爭力，必須針對港埠之生產效率進行評估，了解港埠競爭力之優劣，以提供港埠改善與未來發展策略之參考。因此，過去便有許多學者利用資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA) 探討港埠生產之技術效率。然而實際上生產效率是同時受到三種不同的現象所影響：管理者本身在生產活動時的生產效率，生產活動所處的環境特性，以及遺漏變數(Fried et al., 2002)。因此，當我們在評估港埠生產效率時，一個較為周全的生產效率衡量模式應同時考慮生產單位的投入項、產出項，以及生產時的環境特性。且因為 DEA 為一確定性模型，無法探討諸如戰爭、天災和氣候等隨機干擾因素，對效率水準的影響，故所衡量的無效率值，可能包含真正無效率值與隨機干擾因素，應在模型中考慮如何排除後者，才能獲得正確估計結果。是故為能考量隨機干擾因素對於生產效率之影響，此生產效率之評估模式必須具有隨機的特性。但是在過去的許多研究與文獻中，大多應用確定性之傳統 DEA 模型，且僅以港埠之投入項與產出項，進行港埠生產效率之評估，而忽略了各港埠生產時之環境特性以及隨機性因素之影響。

而 Fried et al.(2002)所提出之三階段分析法(Three-stage analysis)則修正資料包絡分析法無法處理隨機干擾因素的缺點，也同時調整環境特性對生產效率的影響。其將分析過程分為三個階段：第一階段應用傳統 DEA 模式以決策單位(Decision Making Unit, DMU)之投入項與產出項，衡量其原始之相對生產效率值，得到初步的績效評估與投入或產出之差額值(Slacks)；第二階段利用隨機邊界分析法(Stochastic frontier analysis, SFA)之模型，將第一階段的投入或產出差額值當作應變數，而環境變數則為解釋變數，進行迴歸分析。且利用估計係數與隨機干擾項調整決策單位的投入項或產出項，此投入項或產出項即排除環境變數與隨機干擾的影響；第三階段則將第二階段調整之投入項與原始之產出項，重新再以 DEA 模式衡量其生產績效，所得到的技術效率值即為決策單位在不受環境因素與隨機干擾之影響的效率值。此模式不僅能同時考量生產時的環境變數，亦同時具有隨機特性。因此，本研究將以三階段資料包絡分析法針對亞太地區

貨櫃港埠之生產效率進行評估比較，以明瞭亞太地區貨櫃港埠生產效率之情況，期能提供台灣港埠未來營運策略之改善方向，有效提升其港埠競爭力之參考。

1.2 研究目的

本研究主要目的如下：

1. 探討三階段資料包絡分析法之理論依據與特點，並實際應用於貨櫃港埠作業績效之評估，期能更準確的評估貨櫃港埠之作業績效。
2. 分析我國貨櫃港埠與亞太地區重要港埠之相對優點與缺點。
3. 藉由效率評估之結果，探究我國貨櫃港埠相對效率落後之原因，並針對我國貨櫃港埠之作業現況提出相關建議。

1.3 研究範圍

本研究以亞太地區之港埠為主要研究對象，包括中國大陸、台灣、新加坡、日本、韓國、泰國與馬來西亞等國家之重要貨櫃港埠。此外，為因應船舶之大型化與貨櫃化作業之趨勢，研究之重點將著重於各港埠所具備資源之使用對於貨櫃作業效率之影響。因此，將研究範圍界定於與貨櫃裝卸效率有關之前線系統與貨櫃搬運效率有關之後線系統。

1.4 研究內容與方法

本研究主要內容與方法概述如下：

1. 界定問題

確定本研究之問題，說明本研究之動機、研究目的、研究範圍、研究內容與流程，以及研究方法。

2. 文獻回顧

為能確實建構一套客觀之港埠貨櫃作業績效的評估工具，本研究首先將先探討 DEA 調整法之相關文獻，亦同時蒐集國內外有關利用 DEA 與 SFA 模式評估港埠績效，以及三階段 DEA 之相關文獻；並加以整理評析。

3. 三階段 DEA 模式之理論探討

主要在說明三階段 DEA 模式之緣起與理論基礎，並對三階段 DEA 模式之特性作一探討，以說明本研究使用三階段 DEA 模式來評估貨櫃港埠績效之原因。

4. 資料收集與分析

選取適當的受評港埠以及投入產出變數與環境變數，並整理分析亞太

地區各港埠之官方網站所公布，以及 Containerization International Yearbook(2000~2005)所刊載之港埠貨櫃作業相關資料，以瞭解亞太地區各港埠之貨櫃作業現況。

5. 模式應用與分析

依照上述所選取之受評港埠以及投入產出變數與環境變數，建立貨櫃港埠生產效率之評估模式，並運用三階段資料包絡分析法之概念，除去環境變數與隨機干擾項對港埠生產效率之影響後，得到各港埠之相對效率值，並針對研究範圍內之港埠加以分析比較。

6. 結論與建議

綜合歸納本研究所獲得之主要結果為總結，並針對台灣港埠作業提出具體之建議，以及可供後續研究參考之建議。

1.5 研究流程

本研究首先確定問題並制定研究範圍後，接著進行相關文獻之探討，並依照篩選原則，選出受評港埠，且收集各港之相關資料進一步探討與分析各貨櫃港埠之現況，並且選出適當之投入產出變數與環境變數，據以評估亞太地區貨櫃港埠之作業生產效率。最後則針對本研究之評估結果提出結論與建議。本研究流程如圖 1.1 所示：



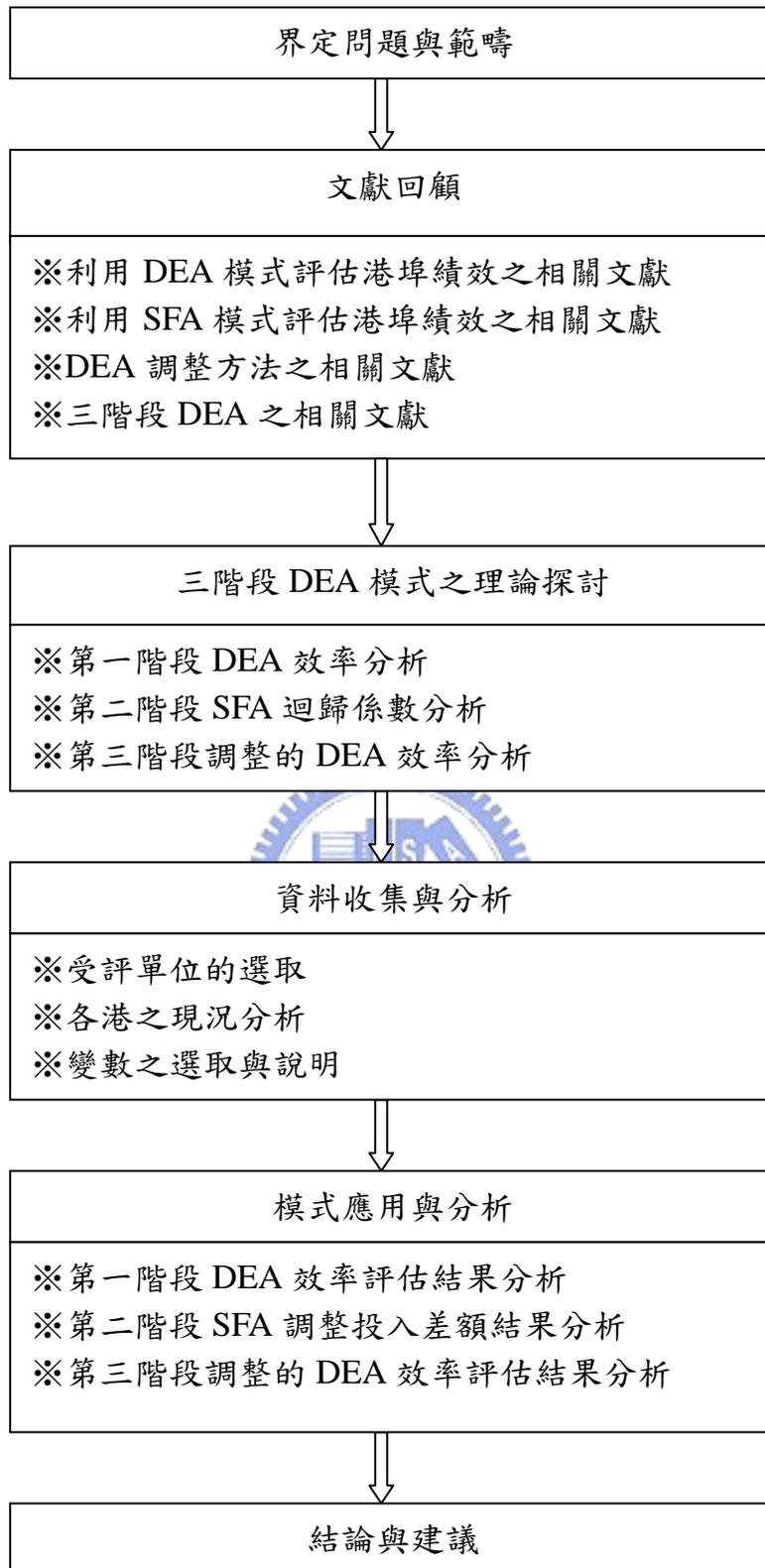


圖 1.1 研究流程

第二章 文獻回顧

本章節介紹本研究之國內外相關文獻，整體結構係首先為資料包絡分析法(DEA)於評估港埠績效的相關文獻回顧，可以了解 DEA 之適用性，及從中獲取研究分析的相關經驗。其次則應用隨機邊界分析法(SFA)衡量港埠績效之相關研究，藉以了解 SFA 之特性與適用性。第三部份為介紹 DEA 調整法之相關文獻，瞭解各種用來處理影響廠商無效率之外生變數的模式。最後則是三階段資料包絡分析法之理論模式介紹及相關文獻之探討，目的在於對三階段資料包絡分析法有更清楚之瞭解，及其相關之應用回顧。

2.1 利用 DEA 模式評估港埠績效之相關文獻

Ferrell(1957)提出同時考慮所有投入要素以衡量相對效率之效率衡量方法，以單位等產量曲線來探討技術效率與配置效率，並以線性規劃法估得生產邊界。其後便有許多學者應用 Ferrell(1957)之效率觀念，發展出不同績效衡量的方法論，大致上可將其分為兩大主流；一種方法是利用數學規劃法，將實際投入產出總和比例作為生產效率評比指標的資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)。另一種方法為計量經濟法，此法是估計隨機邊界函數(Stochastic Frontier Model)，計算出經驗觀察值(Empirical Observation)與理論效率邊界(Efficient Frontier)的距離。

Charnes, Cooper 與 Rhodes(1978)三人發表了資料包絡分析法開創性的文章後，各類模式及相關之應用便相繼被提出。DEA 亦為近年來在效率評估與管理領域上，應用極為廣泛的一種新的效率評估方法。其原係針對非營利事業機構多產出與多投入之特性而發展出以數學歸劃法將實際投入產出總和比例作為生產效率指標的評估模式。由於其操作簡單，且不需事先設定權重，即可提供同業間之相對效率比較，其成果頗受學術界與應用被評機關之肯定，因此亦被廣泛的應用於各領域之績效評估。而近年來 DEA 應用於運輸領域之研究逐一被發表，可見此種評估方法適用於運輸產業之績效評估。且自 Roll and Hayuth(1993)首先將資料包絡分析法應用於港埠之績效評估後，後續便有許多針對港埠績效之相關應用被提出。由於 DEA 之相關研究數目過多，無法一一介紹，所以只回顧應用於港埠相關領域的研究報告，詳如表 2.1 所示，其內容摘要如下：

Roll et al. [1993] 首先以資料包絡分析法應用於港埠績效評估，其將港埠之實質投入與產出比例轉換為在產出一單位時，港埠生產者在某時段是否具有效率的指標。以 DEA 的單一衡量指標，衡量二十個港埠的營運績效。所選擇放入 DEA 模式之投入變數包括人力、資本、貨種一致性(Cargo Uniformity)；產出變數則包括總裝卸量、服務水準(以船舶在港時間與裝卸時間之比值表示)、顧客滿意度、到港船舶總艘數等，其認為若能定期以此法評估，將可作為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。

蔡文化〔民 84〕運用 DEA 針對台灣地區的五個國際港埠；基隆港、高雄港、花蓮港、台中港與蘇澳港的港埠作業效率進行比較。分別取其縱斷面三年的資料分成十五個受評估單位，並將港埠營運業務分成倉儲及裝卸兩大部分，以此兩項營運作業做為投入產出因素選定之方向。且參考運研所(民 81)所彙總之指標為篩選之依據，但除去有關閉值之投入產出項，因為貨幣單位的衡量，愈早年度往往有低估的現象，很難找到依合理的貨幣指數加以調整。因此該研究者最後則選出四個投入項變數，分別為裝卸設備數(台)、定泊船舶數(艘)、延日總容量(千公噸)與延人工時(人-小時)，而產出項變數則分別為裝卸量(千計費噸)與延日存倉量(千公噸日)兩項。之後再以 DEA 之 CCR 模式和 BCC 模式將上述港埠之投入與產出項加以彙總分析，而得到各港埠之總技術效率、純技術效率以及規模效率，並針對港埠無效率之年度進行差額變數之分析探討，可發現港埠無效率之原因以及其改善方向與幅度。此研究之最後結論提出三年來各國際港埠在裝卸作業與倉儲作業的效率表現，其優劣依次為台中港、高雄港、基隆港、花蓮港、蘇澳港。而造成基隆港無效率現象之主要因素，可歸因於純技術效率因素；高雄港、花蓮港、蘇澳港之無效率現象則可歸因於規模效率因素。最後提出台灣國際港埠皆有擴張規模之需要，且花蓮港與蘇澳港應改善增加其倉儲作業量，以達到效率階段。

李怡容〔民 84〕採用資料包絡分析法(DEA)之 CCR 模式來評估基隆港三個貨櫃基地歷年之生產效率。其所選擇之投入項變數分別為橋式起重機(台)、輪型機具數量(跨載機與堆積機數總和，單位為台)、貨櫃基地之勞工總數(港務局員工、專班司機、大班工人等人數總和，單位為人)、裝卸機具所用維修費用與相關物料費用總和(元)以及電量與燃油用量所轉換之熱能等值(百萬卡)；而產出項變數則為橋式裝卸量(全年橋式機裝卸櫃次)與輪型機裝卸量(全年所有貨櫃堆積場內作業裝卸櫃次)。並藉由效率分析、差額變數分析及敏感度分析，說明投入要素與產出要素組合未充分運用之程度，以及造成生產無效率的原因。分析結果發現，基隆港三個貨櫃基地之平均生產效率優劣依序為第三貨櫃基地、第一貨櫃基地、第二貨櫃基地。而能源、橋式機、後線機具等資源未能充分運用，係造成各貨櫃港基地生產無效率的主要原因。第一貨櫃基地的橋式機未充分運用最為嚴重，應加強橋式機的維修汰換，惟其總數可維持不變。第二貨櫃基地輪型機未充分運用幅度最大，因此在裝卸生產方面仍有相當大的改善空間，且其後線機具可考慮出租或售予航商，以改善其生產之無效率。第三貨櫃基地電力耗費過高，應將其與第一貨櫃基地合併，俾利後現場地、機具互相支援，以及碼頭工人靈活調度。

Martines-Budria et al.〔1999〕應用 DEA 之 BCC 模式比較西班牙 26 個港口管理當局在 1993~1997 年連續五年之跨期資料的作業效率。並將 26 個港口依其複雜性分成三個群落。其所選擇之投入項變數為勞力支出、折舊費用以及其他支出三項；而產出項變數則為總處理貨物量與港口設備租金兩項。此研究最後發現高複雜性之港口有較高的相對效率；中度複雜性

的港口在近五年內的作業效率成長有趨於減緩之現象；而在低複雜性之港口作業效率則呈現負成長。

Tongzon [2001] 將資料包絡分析法應用在 16 個真實港埠(澳洲、亞洲和歐洲)資料的效率分析上。並且收集 1996 年的港埠相關資料，透過兩項產出項變數貨櫃吞吐量(TEUs)和船舶作業率(每船每工時貨櫃移動的數量)和六項投入項變數船席數、起重機數量、拖船數、港埠管理單位的員工數、碼頭面積和延滯時間(停靠船席的時間加上等待船席的時間，與船舶開始作業至結束作業間之時間的差異)，來衡量港埠之效率。並且藉由 CCR 模式以及 Additive DEA 模式來估計港埠之效率，比較兩種模式的衡量結果可以發現，CCR 模式評估為無效率之港埠較 Additive DEA 模式之評估結果為多。其中之因素為 CCR 模式必須符合線性生產技術，而 Additive DEA 模式則因為是變動的規模報酬，較具彈性，因此必須有較多的港埠去定義其效率前緣。而港埠根據 Additive DEA 模式之評估結果為無效率者，若以 CCR 模式之評估，其結果也會是無效率，然而反之卻不盡然。而由兩種模式之差額變數分析皆可輕易的發現，貨櫃船席、碼頭面積與員工的低效率使用，都是造成港埠容量浪費之原因，而無效率的員工更是造成這些港埠無效率之重要因素。

郭建男 [民 91] 利用 DEA 方法來進行我國國際港埠與鄰近主要競爭性港埠貨櫃作業績效之評比。此研究依據資料取得可行性、具控制性、衡量基準一致、與貨櫃運輸的關係明確以及投入與產出間應符合” Isotonicity ”之假設等原則，來篩選投入產出項之變數。而其最後提出之投入項變數為橋式起重機數量、櫃場搬運機具數、貨櫃船席數以及貨櫃場面積四項，產出項變數則為年裝卸總量(萬 TEU)。並應用技術效率、規模效率分析、規模報酬分析、差額變數分析、虛擬乘數分析及敏感度分析來分析我國港埠之整體作業效率，並探究效率低落的癥結所在，進一步提出改善方向。而此研究受評單位之選取，則以會成為我國港埠競爭對手之考量條件為原則來選取受評單位，分別為與我國國際商港地理區位相近之港埠、可提供給顧客服務條件能力相當之港埠，以及與我國國際商港顧客重疊性高之港埠，使其港埠績效之比較更具意義。最後此研究結果發現，香港、上海港及基隆港為相對有效率的港埠，另外新加坡港、廈門港及高雄港為相對較無效率的港埠，但只須針對其資源進行小幅度調整，則能使其作業效率最佳化，其他受評港埠則為相對無效率，須針對其資源進行較大的調整，才能使其轉變為有效率。

Itoh[2002] 主要藉由資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)來看日本的八個主要貨櫃港埠，於 1990~1999 年間之效率變化。此八個貨櫃港包括 Tokyo、Yokohama、Shimizu、Nagoya、Yokkaichi、Osaka、Kobe 與 Kitakyushu。根據港埠之營運，此研究定義貨櫃港埠之產出項變數為每一個港埠每年之進出口總量(TEUs)，而投入項變數則可概分為貨櫃碼頭面積、貨櫃船席數、起重機數以及港埠之總員工數四項。並透過 CCR 模式與 BCC 模式來衡量受評單位之技術效率、規模效率與港埠之技術無效率

的部分，整體而言，Tokyo 能夠維持一致之高效率可歸因於船舶之大型化，和進口需求之成長。至於 Nagoya 之衰退則是因為需求之減少，而造成此結果之因素也許和 Nagoya 缺乏可供大型船舶停靠之深水船席有關。而 Yokkaichi 與 Kitakyushu 則由於其規模之無效率，因此造成其效率相對較低，必需藉由擴張其貨櫃作業來提昇其規模效率。另外 Yokohama 與 Osaka 由於船席規模較其他港埠來的小，因此並沒有相當的貨櫃成長量，而使得生產無效率。

曾兆君〔民 92〕運用 CCR 模式、BCC 模式及簡單交叉效率模式、D&G 模式、A&P 模式等 DEA 修正模式，針對亞太地區十個港埠進行經營效率的評估，以從各模式獲得多樣且互補之資訊，並採用 1998-2001 年的跨期資料來探討亞太地區港埠歷年效率變動及其原因。此研究之投入項變數分別為貨櫃基地面積、貨櫃碼頭長度與深水碼頭數三項；而產出項變數則為進港船舶數以及貨櫃裝卸量。並進一步藉由效率分析來判斷港埠營運無效率之原因；之後再利用差額變數分析針對無效率之港埠，探討其改善方向及幅度大小；最後再藉由規模報酬分析探討港埠之無效率營運，是否源自於不同規模報酬之營運結果，並以 BCC 模式判斷各受評港埠之規模報酬為遞增、遞減或固定。此外，透過敏感度分析以探討哪些項目對效率提高的成效及影響較大。此研究結果顯示，高雄港於各模式之營運效率表現每年皆不佳，在港埠資源利用率不足下，無效之資源運用，造成高雄港經營效率逐年下滑。而基隆港在各模式之衡量下，每年皆有不錯的效率表現，但基隆港之裝卸機具老舊、港域水深不足、港區後線腹地狹小的自然地理條件以及港區聯外道路交通延滯等港埠投入資源受限，致使貨源逐漸流失，而效率值呈現逐年下滑之趨勢。

郭森桂〔民 92〕提出一種新的績效評估方法-遞迴資料包絡分析，此方法係以資料包絡分析為基本架構發展而出，首先以傳統 DEA 之 CCR 模式，演算出有效率與無效率之評估單位，並依其有效率或無效率進行分組，之後在有效率的受評單位部份採用 Super-efficiency ranking techniques 來排序，而無效率的受評單位部份，再以 DEA 之 CCR 模式區分成有效率與無效率部份，以此循環遞迴，最後再將結果合併且加以排序，便可改善傳統資料包絡分析區別力低之缺點。在此新的績效評估方法下，所有被評估單位之績效值皆可被算出，且能夠全面、合理、有效的被排序，以提供決策者參考。此研究亦以 Jose Tongzon(2001) 將資料包絡分析法應用在 4 個澳洲港埠和 12 個國際港埠效率分析研究的相關港埠資料，以及相同的投入和產出項變數，來比較其所提出之 RDEA 模式的結果。

李選士、周明道、郭森桂〔民 92〕以遞迴資料包絡法(Recursive Data Envelopment Analysis ,RDEA)對 2001 年亞太地區日本、韓國、中國、台灣和新加坡等 5 個國家之貨櫃港生產效率做比較，並加以排序分析。並採用橋式起重機數量、貨櫃船席的總長度、貨櫃場棧總面積、貨櫃堆積場總容積與冷凍櫃裝置的數量等 5 項變數，做為投入項之變數；而產出項變數則

為 2001 年之貨櫃總吞吐量(TEU)。其結果由於經過 Super-efficiency ranking techniques 排序以後，克服傳統 DEA 方法無法正確的區別效率值等於一的貨櫃港埠之真正差額，且將這些貨櫃港埠投入要素與生產要素之差額真正的呈現出來。並提出就生產效率而言，香港相對於其他的港口之生產效率值相差非常多，因此單就橋式起重機數量、貨櫃船席的總長度、貨櫃場棧總面積、貨櫃堆積場總容積與冷凍櫃裝置的數量，這 5 個投入項目而言，香港擁有相當高的生產優勢。此外，與香港屬於同樣競爭區位的廣州港，以及被中國列入重點補助之鹽田港，其未來之貨櫃成長量與可支配資源之潛力，將非常驚人。

周明道、李選士、林光〔民 93〕利用遞迴資料包絡法對兩岸三地 11 個貨櫃港埠近三年(2000~2002 年)之生產效率做比較，並加以整合排序分析，以明瞭兩岸三地在這三年間各個貨櫃港埠之生產效率的消長情形。此研究所採用的投入項變數資料有五項，分別為橋式起重機數量、貨櫃船席的總長度、貨櫃場棧總面積、貨櫃堆積場總容積與冷凍櫃裝置的數量，而其產出項變數則為 2000~2002 年個別貨櫃港埠總吞吐量(TEU)，並依三年的效率值變化作出總排序，用以衡量三年來之貨櫃港埠生產效率。其結果顯示台灣地區之三大貨櫃港埠均維持在穩定的地位，而大陸地區的其他港埠則呈現很大的變化，尤其是廣州港與鹽田港。最後建議將基隆港、台中港與高雄港三個港埠資源加以整合使其成為台灣港群，並定位為未來亞太地區最重要的轉運核心港，以提升基隆港、台中港與高雄港在兩岸三地的競爭優勢。

曾立安〔民 93〕應用隨機邊界分析法 Cobb-Douglas、Tranalog 生產函數截斷常態(SFACD、SFATR)分配模式、集資料包絡分析法 CCR 與 BCC 模式等四種效率評估模式，衡量、分析 1999~2002 年期間 27 個國際貨櫃港之港埠經營效率。此研究以貨櫃橋式起重機數、貨櫃船席長度以及貨櫃裝卸機具數三項變數做為投入項之變數；而產出項變數則為貨櫃裝卸量。並透過效率值分析、差額分析與敏感度分析來探討各港埠間之效率差異與改善方向及幅度，並提供管理者提昇港埠經營效率之參考。最後之研究結果發現，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。且建議基隆港應持續擴大貨櫃橋式起重機與貨櫃船席長度等兩項投入，或增加貨櫃裝卸量之產出規模；而高雄港則應減少貨櫃橋式起重機與貨櫃船席長度等兩項投入規模，以提昇我國港埠之經營效率。

林國棟、盧華安〔民 93〕嘗試從港埠主管單位的角度進行研議，以台灣地區四大國際港埠為例，探討其營運環境與基本資源，以及近年來在營運績效與財務績效的表現，並應用資料包絡分析法，探討四港之整體經營效率。並以各港自民國 87 年到民國 91 年五年間各年度之港埠相關資料，共計 20 個受評單位進行資料包絡分析。此研究提出以港灣支出、棧埠支出、拖船數與船席數等四項變數投入項變數，而以營業收入、進港船舶數與總裝卸量等三項變數為產出項變數。由分析結果可知，高雄港各年度均

為相對有效率之港埠，而由規模報酬分析之結果可以發現，諸港均處於規模報酬遞增之階段。針對各港在相對無效率之年度，差額變數分析提供其投入及產出項資源進行調整之建議，基隆港應於拖船汰舊換新時慎重評估其數量，而台中港與花蓮港皆應於碼頭增建時審慎規劃其船席數，俾維持其效率。

黃善界[民 94]採用資料包絡分析法進行競爭力評估研究，運用 CCR、BCC、模式求得亞太地區港埠的相對生產效率，以相對生產效率表現各港埠的競爭力，瞭解各港埠相對的競爭地位。以貨櫃船席數、貨櫃基地面積、以及橋式起重機數量為投入項之變數，而產出項之變數則為年貨櫃量與航商數量，其中此研究以航商數量為產出項目，其目的在於希望能表現出最多航商停泊的港埠，代表港埠受航商青睞度越高。並利用規模效率分析、規模報酬分析、差額變數分析與虛擬乘數分析，探討相對生產效率低的導因及改善方向。此外，此研究以 2001-2003 年之資料，運用 Malmquist 生產力指數進行競爭力變動分析，分析跨期相對生產效率、相對技術效率及相對生產力的變動，瞭解各港埠相對競爭力是否增長。最後之研究結果顯示，大陸地區和上海港與青島港為最具競爭力的港埠，其餘港埠在投入資源使用、產出水準及生產規模上皆有改善空間。

Cullinane et al. [2006] 藉由評估 2001 年全球排名前 30 名之貨櫃港的作業效率，來比較兩種效率評估方法，資料包絡分析法與隨機邊界分析。此外，由於某些貨櫃港可能包含不只一個貨櫃碼頭，因此，本文之研究樣本總計為 57 筆資料。並根據過去之相關研究，將貨櫃港之貨櫃吞吐量定為產出項之變數，碼頭長度、碼頭面積、橋式貨櫃起重機的數量、門式機的數量以及貨櫃跨載機的數量，則分別為投入項之變數。透過 DEA-Solver-PRO 3.0 (Cooper et al., 2000) 的軟體來求解 DEA 模式之效率評估之結果。由於無法確切的知道貨櫃碼頭之規模報酬型態，因此同時計算 DEA-CCR 模式和 DEA-BCC 模式。分析每一個碼頭之效率估計、規模效率，以及規模報酬型態。此研究結果發現 DEA-CCR 模式相較於 DEA-BCC 模式，會產生較低的平均效率估計，而 DEA-CCR 模式和 DEA-BCC 模式分別從 57 個碼頭中，估計出 9 個以及 22 個最佳效率的碼頭。

表 2. 1DEA 之相關文獻彙整表

作者	研究主題與期間	投入/產出變數	評估模式	分析內容
Roll et al. (1993)	20 個港埠營運績效 1993 年單期橫斷面虛擬資料	投入: 人力數、資本、貨種一致性 產出: 總貨物裝卸量、服務水準、使用者滿意度、船舶進港數	DEA	效率分析、敏感度分析
蔡文化 (民 84)	台灣 5 個國際港埠的裝卸與倉儲作業效率 1991~1993 年跨期連續資料	投入: 裝卸設備數、淀泊船舶數、延日總容量、延人工時 產出: 貨物裝卸量、延日存倉量	DEA 之 CCR、BCC 模式	效率分析、差額變數分析、比率分析
李怡容 (民 84)	基隆港三個貨櫃基地之生產效率 跨期連續資料	投入: 機具設備數量、人員、維護費用、能源使用量 產出: 橋式機裝卸量、輪型機裝卸量	DEA 之 CCR 模式	效率分析、規模效率分析、差額分析、敏感度分析
Martines-Budria et al. (1999)	西班牙二十六個港口管理當局之相對效率 1993~1997 年跨期連續資料	投入: 勞力支出、折舊費用、其他支出 產出: 總貨物處理量、港口設備租金	DEA 之 BCC 模式	效率分析、差額變數分析

資料來源：本研究整理

表 2. 1DEA 之相關文獻彙整表(續 1)

作者	研究主題與期間	投入/產出變數	評估模式	分析內容
Tongzon (2001)	4 個澳洲港口及其他 12 個國際港口之效率衡量 1996 年單期橫斷面資料	投入: 船席數、起重機數量、拖船數、港埠管理單位的員工數、碼頭面積、延滯時間 產出: 貨櫃吞吐量、船舶作業率	DEA 之 CCR 及 Additive DEA 模式	效率分析、差額變數分析
郭建男 (民 91)	11 個亞太地區港埠貨櫃作業績效 1999 年單期橫斷面資料	投入: 橋式起重機數量、櫃場搬運機具數、貨櫃船席數、貨櫃場面積 產出: 年裝卸總量	DEA 之 CCR 、 BCC 模式	技術效率分析、規模效率分析、規模報酬分析、差額變數分析、虛擬乘數分析、敏感度分析
Itoh (2002)	日本的 8 個要貨櫃港埠之效率 1990~1999 年跨期連續資料	投入: 貨櫃碼頭面積、貨櫃船席數、起重機數、港埠之總員工數 產出: 貨櫃裝卸量	DEA 之 CCR 、 BCC 模式 及時窗模式與時間序列	效率分析、規模分析
曾兆君 (民 92)	10 個亞太地區主要國際港埠貨櫃經營效率 1998~2001 年跨期連續資料	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	DEA 之 CCR 、 BCC 、 簡單交叉效率、D&G 及 A&P 模式	效率分析、規模報酬分析、差額變數分析、敏感度分析

資料來源：本研究整理

表 2. 1DEA 之相關文獻彙整表(續 2)

作者	研究主題與期間	投入/產出變數	評估模式	分析內容
郭森桂 (民 92)	4 個澳洲港口及其他 12 個國際港口之效率衡量 1996 年單期橫斷面資料	投入: 船席數、起重機數量、拖船數、港埠管理單位的員工數、碼頭面積、延滯時間 產出: 貨櫃吞吐量、船舶作業率	RDEA	效率分析
李選士、周明道、郭森桂 (民 92)	亞太地區日本、韓國、中國、台灣和新加坡等 5 個國家之貨櫃港生產效率 2001 年單期橫斷面資料	投入: 橋式起重機數量、貨櫃船席的總長度、貨櫃場棧總面積、貨櫃堆積場總容積與冷凍櫃裝置的數量 產出: 貨櫃總吞吐量	RDEA	效率分析
周明道、李選士、林光 (民 93)	兩岸三地 11 個貨櫃港埠之生產效率 2000~2002 年跨期連續資料	投入: 橋式起重機數量、貨櫃船席的總長度、貨櫃場棧總面積、貨櫃堆積場總容積與冷凍櫃裝置的數量 產出: 貨櫃總吞吐量	RDEA	效率分析
曾立安 (民 93)	27 個國際貨櫃港埠經營效率 1999~2002 年跨期連續資料	投入: 貨櫃橋式起重機數、貨櫃船席長度、貨櫃裝卸機具數 產出: 貨櫃裝卸量	DEA 之 CCR、BCC 模式	效率分析、差額分析、敏感度分析

資料來源：本研究整理

表 2. IDEA 之相關文獻彙整表(續 3)

作者	研究主題與期間	投入/產出變數	評估模式	分析內容
林國棟、盧華安(民 93)	台灣地區 4 大國際港埠經營績效 1998~2002 年跨期連續資料	投入: 港灣支出、棧埠支出、拖船數、船席數 產出: 營業收入、進港船舶數、總裝卸量	DEA 之 CCR、BCC 模式	效率分析、規模報酬分析、差額變數分析、虛擬乘數分析
黃善界(民 94)	10 個亞太地區貨櫃港埠競爭力 2001~2003 年跨期連續資料	投入: 貨櫃船席數、貨櫃基地面積、橋式起重機數量 產出: 年貨櫃量、航商數量	DEA 之 CCR、BCC 模式以及 Malmquist 生產力指數	規模效率分析、規模報酬分析、差額變數分析、虛擬乘數分析
Cullinane et al. (2006)	2001 年全球貨櫃港排名前 30 名之貨櫃港技術效率 2001 年單期橫斷面資料	投入: 碼頭長度、碼頭面積、橋式貨櫃起重機的數量、門式機的數量、貨櫃跨載機的數量 產出: 貨櫃吞吐量	DEA 之 CCR、BCC 模式	效率分析

資料來源：本研究整理

2.2 利用 SFA 模式評估港埠績效之相關文獻

Aigner et al.(1977)及 Meeusen and Van Den Broeck(1977)首先提出以隨機邊界模式之計量經濟法來估計技術之無效率，其認為生產未達技術效率及變數衡量之誤差均可能使生產組合無法落於生產邊界上，而隨機邊界法(Stochastic Frontier Model)即是考慮上述兩項因素，以組合誤差(Composed Error)的方式進行分析。組合誤差主要將誤差向分成兩部份，一是具有對稱性的隨機分配(Symmetric Random Distribution)，是廠商無法控制的隨機因素，包括變數衡量的誤差，其他統計干擾及非廠商所能控制的外在衝擊；另一部分是代表技術無效率的單邊隨機變數(One Sided Distribution)。自隨機邊界模式被提出之後，即有許多的學者以此模式來探討不同廠商的效率大小，其中在銀行業之應用最為廣泛。由於 SFA 之相關研究數目過多，無

法一一介紹，只回顧應用於港埠相關領域的研究報告，如表 2.2 所示，其內容摘要如下：

Liu [1995] 最早應用 SFA 經濟計量模式以勞力費用、資本等兩項投入項與產出變數總交易額來衡量 28 個英國港埠 1983~1990 年之效率，並比較公營與民營對港埠效率之影響。其結果發現港埠之所有權並非為一顯著影響其生產效率之因素。

Banos et al. [1995] 利用隨機成本函數(SCF)及距離函數，以資本比、勞力價格、能源比以及超過 4 公尺水深碼頭長度作為投入變數，而產出變數則為貨櫃裝卸量，來衡量 27 個西班牙港口 1985~1997 年之港埠技術效率。

Coto et al. [2000] 利用隨機邊界生產函數衡量 1985~1989 年間西班牙 27 個港埠之經濟效率，以員工成本率、水深超過 4 公尺水深碼頭折舊費用以及中間財消費率做為投入變數，總貨物量與旅客數為產出變數。並比較 Cobb-Douglas 及 Translog 函數之差異。依據效率分析之結果發現規模越小管理愈集中的港埠，其經濟效率較高。

黃玉梅 [民 90] 利用民國 72~88 年台灣五大商港之產出及成本資料建構單一產出的超越對數成本模式，並以 LSDV 估計法做最後模式的估計。此研究採用各商港之員工成本、資本折舊費用以及其他成本作為投入變數，產出變數則為貨物裝卸量。經由模式之估計及檢定結果發現，台灣五大商港之經濟效率排名為：蘇澳港、花蓮港、台中港、基隆港及高雄港。而各港經濟效率之高低與其港埠規模之大小有極大之相關性，即港埠規模越大之港口經濟效率越低。

Cullinane et al. [2002] 利用 SFA 隨機生產邊界法(SPF)以 Cobb-Douglas 函數半常態、指數、截斷常態分配模式，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 年之港埠生產效率。其結果發現港埠或碼頭之規模大小與其效率高低有相當緊密的關係。此外，市場受管程度對港埠效率而言也是一個重要的影響因素。

Estache et al. [2002] 利用 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、碼頭長度等兩項投入與年總貨物裝卸量一項產出，來評估 11 個墨西哥港埠 1996~1999 年之配置效率與技術效率。

Cullinane et al. [2003] 延續使用 SFA 隨機生產邊界法(SPF)以 Cobb-Douglas 函數半常態、指數、截斷常態分配模式，以員工及勞工成本、櫃廠固定設備及貨櫃裝卸機具淨帳面價值等三項投入與年總交易額一項產出，來衡量 2 個南韓貨櫃碼頭公司及 3 個英國碼頭公司 1978~1996 年之生產效率。

表 2. 2SFA 之相關文獻彙整表

作者	研究主題與期間	投入/產出變數	主要評估法	評估模式
Liu (1995)	28 個英國港口之技術效率 1983~1990 年跨期連續資料	投入： 勞力費用、資本 產出： 總交易額	模式 1：OLS、ML 估計法 模式 2：Within 估計法、OLS、ML 估計法	SFA(SPF)
Banos et al. (1999)	27 個西班牙港口之技術效率 1985~1997 年跨期連續資料	投入： 資本比、勞力價格、能源比、超過 4 公尺水深碼頭長度 產出： 貨櫃裝卸量	Instrumental Variable 估計法	SFA(SCF)、DF
Coto et al. (2000)	27 個西班牙港口之經濟效率 1985~1989 年跨期連續資料	投入： 員工成本率、水深超過 4 公尺水深碼頭折舊費用、中間財消費率 產出： 總貨物量、旅客數	Within 估計法	SFA(SCF) 之 Cobb-Douglas 及 Translog 函數
黃玉梅 (2001)	台灣地區五大商港經濟效率比較 1983~1999 年跨期連續資料	投入： 員工成本、資本折舊費用、其他成本 產出： 貨物裝卸量	LSDV 估計法	SFA(SCF) 之 Translog 函數

資料來源：本研究整理

表 2. 2SFA 之相關文獻彙整表(續 1)

作者	研究主題與期間	投入/產出變數	主要評估法	評估模式
Cullinane et al. (2002)	15 個亞洲主要貨櫃港埠之效率 1989~1998 年跨期連續資料	投入： 貨櫃碼頭長度、貨櫃碼頭面積、貨物裝卸設備數量 產出： 貨櫃量	OLS、ML 估計法	SFA(SPF) 之 Cobb-Douglas 函數半常態、指數、截斷常態分配
Estache et al. (2002)	11 個墨西哥港口效率比較 1996~1999 年跨期連續資料	投入： 人力數、碼頭長度 產出： 總貨物量	OLS、ML 估計法	SFA(SPF) 之 Cobb-Douglas 函數、Translog 函數
Cullinane et al. (2003)	2 個南韓與 3 個英國貨櫃碼頭之生產效率 1978~1996 年跨期連續資料	投入： 員工及勞工成本、櫃廠固定設備及貨櫃裝卸機具淨帳面價值 產出： 總交易額	OLS、ML 估計法	SFA(SPF) 之 Cobb-Douglas 函數半常態、指數、截斷常態分配

資料來源：本研究整理

表 2. 2SFA 之相關文獻彙整表(續 2)

作者	研究主題與期間	投入/產出變數	主要評估法	評估模式
曾立安 (民 93)	27 個國際貨櫃港埠經營效率 1999~2002 年跨期連續資料	投入: 貨櫃橋式起重機數、貨櫃船席長度、貨櫃裝卸機具數 產出: 貨櫃裝卸量	最大概似估計法	SFA 之 Cobb-Douglas、Tranalog 生產函數、截斷常態分配模式
Cullinane et al. (2006)	2001 年全球貨櫃港排名前 30 名之貨櫃港技術效率 2001 年單期橫斷面資料	投入: 碼頭長度、碼頭面積、橋式貨櫃起重機的數量、門式機的數量、貨櫃跨載機的數量 產出: 貨櫃吞吐量	最大概似估計法	SFA 之 Cobb-Douglas、Tranalog 生產函數、半常態、指數、截斷常態分配模式

資料來源：本研究整理

2.3 DEA 調整法之相關文獻

DEA 衡量方式所計算出來的技術效率值，介於 0~1 之間，技術效率值越接近 1，表示廠商越有技術效率，反之，則愈無技術效率。然而造成廠商技術無效率的原因很多，如管理上的無效率、外在的環境因素，以及隨機干擾因素的影響等等，皆可能造成差額變數的產生，而使廠商無效率。因此便有許多學者提出不同的作法，來處理及解釋使廠商技術無效率的外生變數，其目的是希望將非營運上的因素去除，使得調整後所估計出來的技術效率值能更加反應廠商的經營效率，提供廠商正確的經營策略。以下便一一介紹各種不同的調整方法：

Banker and Morey(1986a, 1986b)發展出一階段分析法(single-stage approach)，此方法即是將所有相關的外生變數直接在線性規劃中以傳統投入、產出歸類方式處理，即在模型中把投入、產出和相關的環境變數一並考量在 DEA 模型裡，此目的是為了要控制環境變數於模型中。其模型中所考量的環境變數有兩種，一種是非任意的環境變數(non-discretionary environmental variables)，例如準投入量(quasi-inputs)或產出的大小因為契

約的限定而被限制，另一種則為某種範疇的環境變數(categorical environmental variables)。對於非任意環境變數而言，是把環境變數一起包含在投入與產出中，限制投入或產出的最佳化，且在估計之前必須事先知道每個非任意環境變數對於廠商經營績效的影響方向；而對於某種範疇的環境變數來說，限制對照於相同或以上(相同或以下)的範疇(categories)裡其他廠商的比較集合(comparison set)，因此需要這些範疇(categories)的重疊，且對大部分的廠商而言，會縮小其可比較的集合，而降低模型的解釋能力。

Timmer(1971)首先提出二階段分析(two-stage approach)法來調整外生變數之影響，此方法在第一階段的 DEA 模型中，僅考慮投入和產出變數的資料來計算效率值；第二階段則以外生環境變數為解釋變數，而第一階段所計算之效率值則為被解釋變數，利用迴歸模型將可觀察到的外生環境變數來解釋效率值變動的因素。應用二階段 DEA 分析法的文獻相當多，至於第二階段的迴歸模型，後續有些學者則採用不同的模型，例如最小平方估計法(OLS)、Tobit 迴歸模型，以及非線性對數迴歸模型(non-linear logistic regression)等。

Fried and Lovell(1996)提出三階段分析法(three-stage analysis)，此方法之第一階段與其他方法相同，僅考慮投入和產出變數於 DEA 模型中，估計廠商之相對效率值。第二階段則是以 SFA 模型分析第一階段的差額值與環境變數的關係，進而調整投入項；此階段的目的是在於把影響差額值的環境變數去除，當這些處於有利之環境條件下的廠商，其效率值小於 1，經過調整之後，其效率值會隨者去除環境影響後而跟著增加。第三階段則將調整過的投入項與原來的產出項帶入 DEA 模型中，重新計算廠商之相對效率值。

Fried et al.(1999)則提出了四階段調整法(four-stage procedure)，此方法之第一階段為 DEA 之估計，利用傳統的投入變數與產出變數，導入 DEA 模型中，計算出廠商的效率值以及射線差額(radial slack)與非射線差額(non-radial slack)。第二階段則利用迴歸模型估計環境變數對差額值的影響，將第一階段所得到之投入或產出的射線差額與非射線差額加總作為迴歸模型的被解釋變數，外在環境變數為解釋變數，每一個投入或產出變數皆會有一條迴歸式，形成一組聯立方程式，代表環境變數對廠商的每一個投入或產出皆會有影響，因此當調整某一項投入或產出變數時，其他的投入或產出變數亦會受到調整；可利用 OLS、SUR 或 Tobit 迴歸模型計算無母數估計。第三階段為估算差額估計值，將第二階段之無母數估計數帶入迴歸式，計算各廠商的每一向投入或產出之射線與非射線之估計值，此估計值即表示在外生環境變數下所允許的差額(Slack)，利用此差額估計值來調整原始的投入或產出值。最後第四階段為調整的 DEA 模式，將調整過的投入或產出值，再以 DEA 估算新的技術效率值，此效率值即為除去外在環境變數影響的技術效率值。

Fried et al.(2002)所提出之三階段分析法(three-stage analysis)，第一階

段利用傳統的投入變數與產出變數，導入 DEA 模型中，計算出廠商的技術效率值與投入或產出之差額值(slack)。第二階段則利用 SFA 模型將投入或產出之差額值被解釋變數，外在環境變數為解釋變數，進行迴歸分析。接下來利用估計係數與隨機干擾項調整廠商的投入項或產出項，此投入項或產出項即為排除環境變數與隨機干擾的影響。第三階段則將調整過的投入項與原始的產出項或調整過的產出項與原始的投入項，進行 DEA 效率估計，所得到的技術效率值即為廠商無環境因素與隨機干擾之影響的效率值。

表 2.3 各調整模式之比較

作者	模型種類	階段	採用方法	使用資料	優缺點
Banker and Morey (1986a,1986b)	一階段模型	一	DEA	投入、產出、環境變數	<ol style="list-style-type: none"> 1.容易應用與解釋且計算快速。 2.模型為具確定性，無法衡量干擾項之影響。 3.須預先知道環境變數對生產者表現之影響方向。
Timmer (1971)	二階段模型	一	DEA	投入、產出	1.容易應用與解釋且計算快速。
		二	迴歸	效率值、環境變數	<ol style="list-style-type: none"> 2.當變數增加時並不會增加效率單位的個數。 3.不須事先知道環境變數之影響方向。 4.未考量差額變數的影響，母數估計可能會有偏差而誤導外生環境變數對效率值的影響。 5.如果使用 OLS，則效率值不會受限於[0,1]的範圍內。

資料來源：本研究整理

表 2.3 各調整模式之比較(續)

作者	模型種類	階段	採用方法	使用資料	優缺點
Fried and Lovell (1996)	三階段模型	一	DEA	投入、產出	1.考慮隨機性於DEA模式中。 2.當變數增加時並不會增加效率單位的個數。 3.不須事先知道環境變數之影響方向。 4.應用時相當費時。 5.未考慮隨機干擾對差額值的影響。
		二	SFA	差額值、環境變數	
		三	DEA	調整後之投入或產出、原始之產出或投入	
Fried et al. (1999)	四階段模型	一	DEA	投入、產出	1.計算過程繁雜。 2.資料調整只考慮環境效果，忽略隨機干擾因素之影響。
		二	迴歸	差額值、環境變數	
		三	迴歸	母數估計值	
		四	DEA	調整後之投入或產出、原始之產出或投入	
Fried et al. (2002)	三階段模型	一	DEA	投入、產出	1.考慮隨機性於DEA模式中。 2.當變數增加時並不會增加效率單位的個數。 3.不須事先知道環境變數之影響方向。 4.同時考慮環境變數與隨機干擾對差額值的影響。 5.應用時相當費時。
		二	SFA	差額值、環境變數	
		三	DEA	調整後之投入或產出、原始之產出或投入	

資料來源：本研究整理

2.4 三階段 DEA 之相關文獻

Fried et al. [2002] 認為決策單位之生產效率受到環境因素、管理無效率、及統計干擾等三方面的影響，進而影響各個決策單位的效率值。因

此，提出三階段分析法，修正傳統 DEA 無法處理隨機干擾因素的缺點，也同時調整環境特性對生產效率的影響，並以美國醫院附屬療養院之生產效率來驗證其模式。首先第一階段是使用原始的投入、產出項，以傳統 DEA 模型求算各個決策單位之技術效率值，並可得各個決策單位之射線差額變數與非射線差額變數。第二階段則利用 SFA 的迴歸模式將第一階段所得之差額變數當作被解釋變數，而環境變數作為解釋變數來調整原始之投入變數，其目的在於排除環境變數與統計干擾項之影響。最後，第三階段則將調整後的新投入項與原始的產出項，重新進行 DEA 效率的評估，此階段所得之效率值才能真正公平的反應出決策單位的生產效率值。自 Fried et al.(2002)提出此三階段分析法後，後續便有許多學者將其應用在各產業之效率評估的實証上。簡述較具代表性之應用領域如表：

表 2.4 三階段 DEA 之應用領域

應用領域	作者及年代
醫院	Fried et al.(2002)
學校	洪鈺皓(2004)、郭峻韶(2003)、盧永祥(2005)、曾尹亭(2005)
銀行	楊明雪(2003)、杜珮宜(2003)、黃筠娟(2004)、汪鈺真(2004)、曹雅珽(2004)、廖慧芳(2005)、王景慧(2004)
電子產業	童怡璇(2004)、黃添俊(2005)

資料來源：本研究整理

從表 2.4 可以發現自 Fried et al.(2002)提出三階段分析法後，即廣泛被應用於各產業之效率衡量，可見此模式評估之結果頗受學術界、被評估單位之肯定。此外，多數屬應用於銀行金融業的相關研究，其最大之因素可能與銀行金融業之效率最易受外在環境因素影響有關，而此三階段 DEA 模型則可去除與環境有關的組織特性變數與干擾項，精確的衡量各決策單位之效率值。另外，由各相關之研究結果可以發現，經過環境變數與隨機誤差項調整後，第一階段與第三階段之效率值存在顯著差異，顯示環境變數與隨機干擾項確實影響效率之表現。且通常經過調整後所估計之效率值會高於原先估計之結果。然而由於各產業之特性以及研究目的之不同，對於環境變數之定義也會有所差異，其中各決策單位之區位、權屬特性、規模大小以及總體環境之經濟指標等，皆為最常考量之環境變數。

第三章 三階段 DEA 模式之理論探討

本研究將採用 Fried et al.(2002)所提出之三階段分析法(Three-stage analysis)來探討亞太地區貨櫃港埠作業績效。Fried et al. (2002)認為由 DEA 模式所估算的技術效率值會受到三種因素的影響，包含管理上的無效率(managerial inefficiency)、環境因素(environmental effect)和隨機干擾(statistical noise)，而三階段 DEA 的目的就是要劃分這三種因素對效率的影響。此方法的第一階段，則是先用廠商的投入和產出資料估計廠商的原始效率值，並找出其投入變數的差額值(slacks)，此差額值即表示廠商原有的投入多於廠商在最有效率情況下的投入，或廠商原有的產出小於廠商在最有效率下的產出所產生的值。第二階段中，則以差額變數當作被解釋變數，並找出會影響效率值的外生變數當作被解釋變數，利用 SFA 的迴歸方式來建構其模式，計算出效率值和環境變數的估計值，並計算出迴歸的隨機誤差，利用這些資料調整廠商原有的投入。第三階段則是利用調整過的投入變數和廠商原有的產出變數，再利用 DEA 估算效率值。此第三階段計算出來的效率值則已經扣除環境變數和隨機誤差的影響，只剩管理上影響的效率值，以此為更準確的評估廠商效率值。

3.1 第一階段：DEA 效率分析

關於衡量廠商相對效率的研究，Farrell(1957)採用數學規劃模式求出效率前緣(efficiency frontier)，此即為效率生產函數(production possibility frontier)。透過實際觀察點與邊界之差距衡量該生產點的無效率值，以此算出廠商的技術效率。Farrell 於 1957 年首先提出以「非預測生產函數」取代常用的「預測函數」推估效率值，其基本假設為：

1. 生產前緣(Production possibility frontier)是由最有效率組織所組成，較無效率的組織皆位於此前緣之下。
2. 固定規模報酬(constant return to scale)。
3. 生產前緣凸向(convex)原點，因此每點斜率皆小於或等於零。

若一組織只有 X_1 和 X_2 兩種投入，生產 Y 一種產出，在 Farrell 假設生產函數為固定規模報酬之前提下，其生產函數可表示為：

$$f(X_1/Y, X_2/Y)=1$$

此外，Farrell 將生產效率(productive efficiency)分為技術效率(technical efficiency, TE)與價格效率(price efficiency, PE)，並以等產量曲線來評估技術效率與價格效率。技術效率講求以現有技術有效利用生產要素，以達最大產出，Farrell 定義等產量曲線上的每一點為具有完全的技術效率(perfectly efficiency)，因此等產量(SS')上的 B 點及 D 點技術效率值皆為 1；價格效率或稱配置效率(allocative efficiency, AE)是指在既有技術及價格

下，使生產要素比例恰當分配，求得最低投入成本，圖 3.1 中 PP' 線為等成本線，其斜率為兩投入要素之價格比的負值，於 D 點生產則可達到最小成本。而 C 點的生產效率 $(\overline{OA}/\overline{OC})$ 會等於技術效率 $(\overline{OB}/\overline{OC})$ 乘以價格效率 $(\overline{OA}/\overline{OB})$ 。

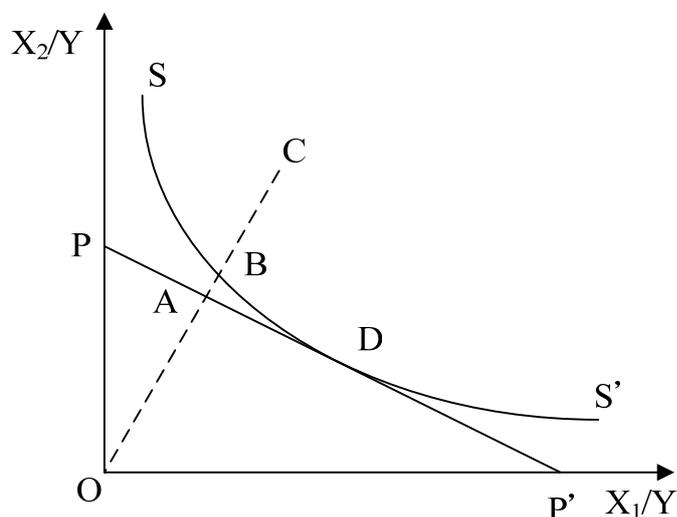


圖 3.1 技術效率與價格效率說明圖

資料包絡法是一個效率評估的方法，它可以衡量同質營運單位的相對效率，因此有多個被衡量的對象。如果把這些被衡量對象的投入(input)與產出(output)情形以投入產出圖表示，即可形成生產可能集合(production possibility set)。如圖 3.2，A、B、C、D、E、F、G、H、I 等九個點，即表示九個同質營運單位，此九個營運單位分別以不同量之投入生產不同量之產出。A、B、C、D、E 等五點組成的線段為生產可能集合的包絡線，包絡線右邊的即為可行的生產可能集合，如 F、G、H、I 點都是生產可能集合。

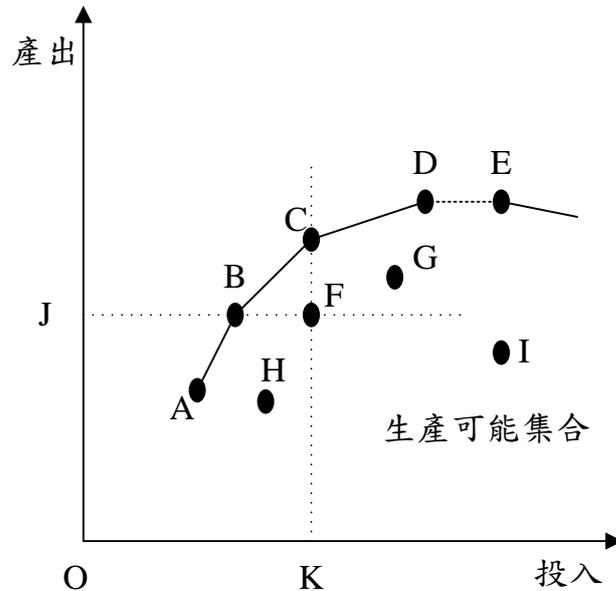


圖 3.2 DEA 之基本概念圖

圖 3.2 中，包絡線上的 A、B、C、D、E 等五點對於其他生產可能集合上的點而言，具有相對效率，如點 B 與點 F 有相同的產出量 \overline{OJ} ，但 F 點比 B 點需要用更多的投入量。同理，C 點與 F 點用相同數量的投入量 \overline{OK} ，C 點卻比 F 點有更多的產出。ABCD 組成的包絡線即是效率前緣，線上各點的效率水準為 1，亦是生產可能集合上的各點可以學習的對象。效率水準可以用距離的比率來表示，如 F 點其效率水準為 $\overline{JB}/\overline{JF}$ ， \overline{JB} 為有效率 B 點的投入量， \overline{JF} 為無效率 F 點的投入量。值得注意的是，E 點雖然效率水準為 1，但與 D 點比較可發現，其生產相同的產出，卻比 D 點用更多的投入量，因此 E 點仍為無效率的點。

上述的情形為單一投入單一產出的概念，因此可以圖形表示，當延伸至多投入與多產出的情形時，圖形變無法描述，需藉助數學規劃方式處理。DEA 即為由觀測值推估效率前緣的方法，其優點是不需進行參數校估，而是以實際的資料比較各同質營運單位之效率。DEA 也可以找出有效率的學習對象(benchmark)，亦可探討效率的特性，如技術效率、規模經濟等。

繼 Farrell(1957)提出效率衡量的理論基礎之後，後續有許多學者亦提出衡量生產邊界的相關方法。Charnes et al. (1978)在 Farrell(1957)以無母數分析法做單一產出單一投入的技術效率評估之後，根據其效率衡量理論基礎，運用比率方式衡量效率的概念，將其擴展為可衡量多產出與多投入之間的效率模式(CCR 模式)，從此定名為 DEA。此 CCR 模式和 Farrell(1957)所提出之模式一樣都是在固定規模報酬(constant returns scale; CRS)的假設下計算技術效率。在實際應用上，先把分數規劃是轉成線性規劃，再引入對偶定理。

以投入導向為例，假設內容項目有 n 個決策單位(decision making unit, DMU)，各使用 m 種投入 $X_i(i=1, \dots, m)$ 來生產 s 種的產出 $Y_r(r=1, \dots, s)$ ，則其第 k 個受評單位的效率評估模式為：

$$\begin{aligned}
 \text{Max } E_k &= \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \\
 \text{s.t. } &\frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} \leq 1, \quad j = 1, 2, \dots, n \\
 &u_r, v_i \geq \varepsilon > 0, \quad r = 1, 2, \dots, s, \quad i = 1, 2, \dots, m
 \end{aligned} \tag{1}$$

其中

E_k ：為第 k 個 DMU 的相對效率值

y_{rk} ：為第 k 個 DMU 之第 r 項產出值($r=1, \dots, s$)

x_{ik} ：為第 k 個 DMU 之第 i 項投入值($i=1, \dots, m$)

u_r ：為第 r 項產出之權重值

v_i ：為第 i 項投入之權重值

ε ：為一極小之正值，稱為非阿基米德數(non-Archimedean small number)

ε 在實際應用上常設為 10^{-4} 或 10^{-6} ，其代表任一因子均不可忽略不計。

模式(1)之效率值是在相同產出水準下，比較投入資源之使用效率，因而稱為投入導向效率，而將產出除以投入之比值限制在 1 以內，以滿足效率之定義。較特別的是， x_{ik} 、 y_{rk} 均為已知，模式會根據各 DMU 所形成的可行解集合中，尋找對此 DMU 最有利的權重值 u_r 、 v_i ，以使該 DMU 之效率值 E_k 能達到最大。由於每一個 DMU 均有機會成為目標函數，而每個目標函數所對應的限制式完全相同，故各 DMU 所得到的效率值可以相互比較。另外，CCR 模式已將產出/投入之比值限制為不大於 1，當 DMU 之效率值為 1 時，稱為相對於其他 DMU 有效率；小於 1 時，稱為相對無效率。

由於模式(1)為分數線性規劃的形式，不易求解，且如果 (u^*, v^*) 為最佳解，則對任意 $\alpha > 0$ ， $(\alpha u^*, \alpha v^*)$ 亦為最佳解，可能會有無限多組解的情形，因此將此模式經由固定分母之值予以轉換成線性規劃(linear programming, LP)的問題，以利求解，也就是說將分母設限為 1。其模式如下：

$$\begin{aligned}
\text{Max } h_k &= \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} \\
\text{s.t } & \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} = 1 \\
& \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad j=1,2,\dots,n \\
& u_r, v_i \geq \varepsilon > 0, \quad r=1,2,\dots,s, \quad i=1,2,\dots,m
\end{aligned} \tag{2}$$

表示在投入加權和為 1 的情況下，盡量使產出加權總和為最大。由於模式(2)中之限制式數目(n+m+s)比變數個數(m+s)還多，故可將上述線性規劃模式做對偶轉換，以簡化演算，同時透過對偶化的結果，亦可獲得更多的資訊。因此，令各限制條件之對偶變數為 θ_k 、 λ_j 、 s_r^+ 、 s_i^- ，則模式(2)之對偶化模式如下：

$$\begin{aligned}
\text{Min } & \theta_k - \varepsilon \left(\sum_{r=1}^s s_r^+ + \sum_{i=1}^m s_i^- \right) \\
\text{s.t } & \sum_{j=1}^n \lambda_j x_{ij} + s_i^- \leq \theta_k x_{ik} \\
& \sum_{j=1}^n \lambda_j y_{rj} - s_r^+ \leq y_{rk} \\
& \lambda_j, s_r^+, s_i^- \geq 0 \\
& j=1,2,\dots,n, \quad r=1,2,\dots,s, \quad i=1,2,\dots,m
\end{aligned} \tag{3}$$

其中

s_r^+ ：第 r 種產出變數之差額變數

s_i^- ：第 i 種投入變數之差額變數

此時，目標函數是在尋找「強度」因素(intensity factor)的極小值(θ_k -差額)， θ_k 代表 DMU_k所有投入項可以等比例縮減的潛在額度，而且模式(2)與模式(3)目標函數之最適解會相等，不論解任何一個問題都可獲得相同的資訊。模式(3)中之 s_r^+ 、 s_i^- 分別為模式(2)中產出、投入權數的互補差額變數(complementary slack variables)，由此差額變數可了解投入與產出方面各有多少改善空間。而模式(3)中 λ 為模式(2)中差額變數之對偶價格，當 $\lambda_j^* \neq 0$ 時，其所對應的 DMU_j 即為所評估單位 DMU_k 之參考集合，可視為 k 之學習標竿(benchmark)。當 $\theta_k = 1$ 且 $s_r^+ = s_i^- = 0$ 時，則表示該 DMU_k 具有效率，否則為無效率，而會存有改善空間。透過差額變數可知各項投入及產出的調整方向及數量，進而達到有效率，因此，由對偶化的模式可知無效率 DMU_k 若欲達到相對效率為 1 的境界，需做以下的調整：

$$\begin{aligned}\Delta x_{ik} &= x_{ik} - (\theta^* x_{ik} - s_i^{-*}) \\ \Delta y_{rk} &= (y_{rk} + s_r^{+*}) - y_{rk}\end{aligned}\quad (4)$$

即減少投入 Δx_{ik} 及增加產出 $\Delta y_{rk} = s_r^{+*}$ 可以達到效率，則對於無效率 DMU， $(\theta x_{ik} - s_i^-, y_{rk} + s_r^+)$ 可做為其改進效率之參考。

然而，實際上並不是所有的決策單位(Decision Making Unit, DMU)皆在最適規模下營運，有時 DMU 相對無效率的情況是因為規模報酬的因素所造成，而非生產技術所引起之無效率，所以 Banker et al.(1984)針對 CCR 模式之缺點提出一修正模式(BCC 模式)，其在原先的 CCR 模式中在加上一個限制條件，即 DMU 在生產函數上的參考點必須是有效率的 DMU 凸性集合(convex combination)，亦為 BCC 模式對生產可能性集合(production possibility set)放寬為變動規模報酬(variable returns scale; VRS)，之後引進 Shepherd(1970)的距離函數(distance function)的概念推導出與 CCR 相同的模式。以投入導向為例，其模式如下：

$$\begin{aligned}Max \quad E_k &= \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rk} - u_0}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ik}} \\ s.t \quad \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - u_0}{\sum_{i=1}^m v_i x_{ij}} &\leq 1 \quad j=1, 2, \dots, n \\ u_r, v_j &\geq \varepsilon > 0, \quad r=1, 2, \dots, s, \quad i=1, 2, \dots, m \\ u_0 & \text{unrestricted}\end{aligned}\quad (5)$$


模式(5)與模式(1)之差別在於 u_0 項，此項相當於截距，允許生產函數不必通過原點。 u_0 項也可以表示規模報酬變動的情形， $u_0 > 0$ 所對應的生產前緣屬於規模報酬遞減， $u_0 < 0$ 所對應的生產前緣屬於規模報酬遞增， $u_0 = 0$ 所對應的生產前緣屬於固定規模報酬。同樣地，模式(5)也能轉換成線性規劃模式，其模式如下：

$$\begin{aligned}Max \quad h_k &= \sum_{r=1}^s u_r y_{rk} - u_0 \\ s.t \quad \sum_{i=1}^m v_i x_{ik} &= 1 \\ \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} - u_0 &\leq 0 \quad j=1, 2, \dots, n \\ u_r, v_j &\geq \varepsilon > 0, \quad r=1, 2, \dots, s, \quad i=1, 2, \dots, m \\ u_0 & \text{unrestricted}\end{aligned}\quad (6)$$

為了計算上的方便，我們亦可將模式(6)予以對偶化，其對偶化的模式為：

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

模式(7)比模式(3)多了一個凸性限制 $\left(\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \right)$ ，可確保生產前緣凸向原點，因此 BCC 模式可以衡量技術效率。而 BCC 模式利用 CCR 模式中 $\sum_{j=1}^n \lambda_j$ 作為規模報酬之指標：若 $\sum_{j=1}^n \lambda_j > 1$ ，則表示處於規模報酬遞減階段，該 DMU 在大於最適規模狀態下生產；若 $\sum_{j=1}^n \lambda_j < 1$ ，則表示處於規模報酬遞增階段，該 DMU 在小於最適規模狀態下生產；若 $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ ，則表示該單位處於最適生產規模階段，為固定規模報酬，此時 CCR 模式與 BCC 模式所求算之效率值相同。

BCC 模式在變動規模報酬的假設下，將固定規模報酬的技術效率(technical efficiency；以 TE^{CRS} 表示)分解成純技術效率(pure technical efficiency；以 TE^{VRS} 表示)與規模效率(scale efficiency；以 TE^{SE} 表示)。表示造成技術無效率的原因包含來自於原本生產技術上影響的無效率，和 DMU 未處於最適規模下所影響的無效率。

本研究之第一階段的 DEA 效率分析，採用 BCC 投入導向模型，將其模式簡化表示如下：

$$\begin{aligned}
 \text{Min} \quad & \theta \\
 \text{Subject to} \quad & \theta x_i \geq X \lambda \\
 & Y \lambda \geq y_i \\
 & \lambda \geq 0 \\
 & e^T \lambda = 1
 \end{aligned} \tag{3.1}$$

$x \geq 0$ 為廠商 $m \times 1$ 投入向量， $y \geq 0$ 為廠商 $k \times 1$ 產出向量； $X = [x_1, \dots, x_n]$ 為 $m \times n$ 投入向量矩陣， $Y = [y_1, \dots, y_n]$ 為 $k \times n$ 產出向量矩陣， $\lambda = [\lambda_1, \dots, \lambda_n]$ 為 $n \times 1$ 強度變數(intensity variables)向量， $e = [1, \dots, 1]$ 為一個 $n \times 1$ 向量；有 n 家廠商(即 DMU)；下標“ l ”表示第“ l ”家廠商， θ 介於 0~1 之間，代表第“ l ”家廠商之純技術效率值(TE^{VRS})。然而，這個效率值可能同時包含多種因素的影響，例如環境因素(environmental effect)、隨機干擾(statistical noise)以及管理無效率(managerial inefficiency)。第一階段 DEA 是無法將這些因素對於效率值的影響效果分開的。

其中，將 $e^T \lambda = 1$ 的條件刪去，即為 CCR 模式。此 CCR 模式所計算出來的效率值為技術效率值(TE^{CRS})，其與變動規模報酬下的純技術效率值(TE^{VRS})，以及規模效率(TE^{SE})之間的關係，可以由圖 3.3 來說明(Banker et al., 1984)：

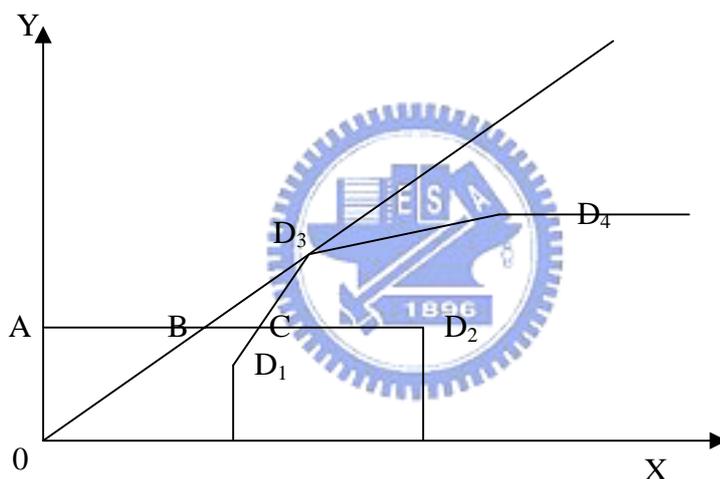


圖 3.3 技術效率、純粹技術效率與規模效率

對於圖 3.3 的 $DMUD_2$ 來說，以投入面來看，在生產技術為固定規模報酬的假設下， D_2 的生產邊界為 $\overline{OD_3}$ ，同樣生產 \overline{OA} ， D_2 所需的投入量為 $\overline{AD_2}$ ，為於生產邊界上的 $DNUB$ 只須投入量 \overline{AB} ，因此 $DMUD_2$ 的技術效率為：

$$TE_{D_2}^{CRS} = \frac{\overline{AB}}{\overline{AD_2}} \quad (3.2)$$

假若生產技術為變動規模報酬時，生產邊界則變成 $D_1D_3D_4$ 的連線，這時要衡量 $DMUD_2$ 的技術效率為：

$$TE_{D_2}^{VRS} = \frac{\overline{AC}}{\overline{AD_2}} \quad (3.3)$$

求出 DMUD₂ 的技術效率值和純技術效率值之後，可由下式求得規模效率值：

$$TE_{D_2}^{SE} = \frac{TE_{D_2}^{CRS}}{TE_{D_2}^{VRS}} = \frac{\overline{AB}}{\overline{AC}} \quad (3.4)$$

在變動規模報酬的假設下，C 點雖然位於生產邊界上，但是就 B 點而言，其能以每單位投入之平均產出最大，而 C 點的無效率是因為廠商未達最適規模所導致的。

因此由(3.2)、(3.3)、(3.4)可知，技術效率為純技術效率與規模效率的乘積，由(3.5)所示：

$$TE^{CRS} = TE^{VRS} \times TE^{SE} \quad (3.5)$$

3.2 第二階段：SFA 迴歸係數分析

在第二階段中，Fried et al.(2002)利用隨機邊界分析模型(Stochastic Frontier Analysis, SFA)，分解第一階段之投入差額值(slacks)。此投入差額值即為 DMU 之實際投入項與最適效率下的投入項之差額，以 $[x - X\lambda] \geq 0$ 表示。此差額值受到三項因素的影響，包含環境因素、隨機干擾和管理無效率，第二階段的目的是要將影響差額值的三項因素分解開來。利用 SFA 迴歸模式找出其間的關係，求得這些環境因素和隨機干擾對差額值的影響。

特別要注意的是，此差額值為總投入差額值(total input slacks)，包含射線投入差額值(radial input slacks)和非射線投入差額值(non-radial input slacks)。關於此觀念，可透過圖 3.4 來解說。圖 3.4 中係假設各 DMU 使用兩項投入 X_1 、 X_2 和單一產出 Y，生產單一產出的投入組合。圖中係假設各 DMU 使用兩項投入 X_1 、 X_2 和單一產出 Y，生產單一產出的投入組合。

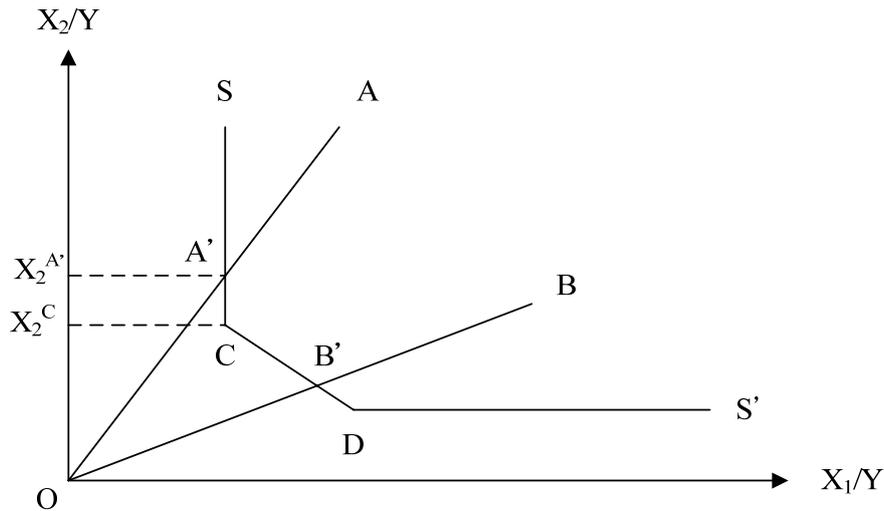


圖 3.4 投入差額值

SS'為生產單一產出最有效率的等產量曲線(isoquant)，若 DMU 在 C、D 兩點生產，則技術效率值為 1；若 DMU 在 A、B 兩點生產，則技術效率值為 $\frac{OA'}{OA}$ 和 $\frac{OB'}{OB}$ ，其值介於 0~1 之間，是為技術效率值，將技術效率值乘上各要素投入量，即為射線投入差額變數(radial input variable)，DMU 可根據此射線差額變數來調整要素投入量，以達到生產最適效率水準；以 A 點為例， TE_A 為 A 的技術效率值， X_A 為 A 的要素投入量，射線差額變數為 $(1-TE_A)X_A$ 。

除了射線差額變數外，另外還有非射線差額變數，此變數的產生是因為使用線性規劃所產生的效率邊界，可能具有不平滑的特性，即效率邊界平行於縱軸或橫軸，造成了非射線差額變數；以 A' 點為例，A' 位於平行縱軸的效率邊界上，A' 與 C 點有相同的產出，但是 A' 點所使用的投入量卻比 C 點多， $X_2^{A'} - X_2^C$ 即為非射線投入差額。

釐清投入差額值的觀念之後，Fried et al.(2002)在設定 SFA 模式時，還面臨一些抉擇：(1)一個投入或產出變數皆會產出一個投入或產出差額值，因此 M 個投入變數會有 M 個投入差額值，K 個產出變數則會產生 K 個產出差額值，因此模式中選擇被解釋變數是 M+K 個差額值，或是 M 差額值。然而，由於在此第一階段是為投入導向 DEA，因此選擇 M 個差額值作為被解釋變數。(2)估計 M 條分開的迴歸式，以一個投入項的差額值為一條迴歸式；還是將 M 條迴歸式結合起來，只估計一條迴歸式。第一項的優點在於可以讓環境變數對不同的投入差額值有不同的影響；而第二項的優點則為模式的自由度較大，會有較好的統計估計值；為能更完整的掌握環境變數對於效率評估的影響，因此本研究選擇以一個投入項的差額值建構一條迴歸式的方式設定模式。

由於每家廠商各有 M 個投入差額值，總共有 N 家廠商，SFA 迴歸模式的被解釋變數為第一階段的總投入差額值。

投入差額值表示如下：

$$s_{il} = x_{il} - X_l \lambda \geq 0 \quad i=1, \dots, M \quad l=1, \dots, N \quad (3.6)$$

s_{il} 為第一階段中第 l 家廠商的第 i 個投入變數的差額值， x_{il} 為生產向量 y_l 的實際投入值， $X_l \lambda$ 為 x_{il} 達成生產效率的目標值。

第二階段的解釋變數為 S 個環境變數 $z_l = [z_{1l}, \dots, z_{Sl}]$ ， $l=1, \dots, N$ ，有 M 條分開的迴歸式，一般式為：

$$s_{il} = f^i(z_l; \beta^i) + v_{il} + u_{il} \quad i=1, \dots, M \quad l=1, \dots, N \quad (3.7)$$

$f^i(z_l; \beta^i)$ 為 deterministic feasible slack frontier，所要估計的參數向量 (parameter vectors) 為 β^i ，殘差項為 $(v_{il} + u_{il})$ 。此模式與隨機成本邊界 (Stochastic cost frontier) 模式一致。假設 $v_{il} \sim N(0, \sigma_{vi}^2)$ 為隨機干擾， $u_{il} \geq 0$ 則表示管理無效率， $u_{il} \sim N^+(\mu^i, \sigma_{ui}^2)$ ，所以要估計的母數為 $(\beta^i, \mu^i, \sigma_{vi}^2, \sigma_{ui}^2)$ 。

利用 SFA 的結果去調整投入項，而其調整之原則為將所有不同環境下的廠商調整於相同的環境條件。因此透過第二階段的調整，可將處於不同環境條件下的廠商調整於一致，並同時考慮隨機干擾的影響，使各家廠商在去除這兩項因素後，可以求算純管理上的技術效率。其調整的方向有兩種，一種是相對環境較好的廠商，則增加其投入，另一種是相對環境較差的廠商，則減少其投入。Fried et al. (2002) 則認為如果是極端處於環境較差的廠商，減少其投入時，可能會導致投入為負值的情況。因此其建議以第一種調整方式較為合理。是故，本研究亦採用增加相對環境較好或運氣較好的廠商之投入來調整原始之投入項。

廠商調整其投入變數，以第二階段 SFA 的結果來調整：

$$x_{il}^A = x_{il} + \left[\max_l \{z_l \hat{\beta}^i\} - z_l \hat{\beta}^i \right] + \left[\max_l \{\hat{v}_{il}\} - v_{il} \right] \quad (3.8)$$

$$i=1, \dots, M \quad l=1, \dots, N$$

x_{il}^A 為實際投入值 x_{il} 的調整值， $\left[\max_l \{z_l \hat{\beta}^i\} - z_l \hat{\beta}^i \right]$ 代表的是將所有廠商調整於相同的環境， $\left[\max_l \{\hat{v}_{il}\} - v_{il} \right]$ 表示將所有廠商的統計誤差調整為相同的情況，投入項之調整值會隨著投入項和產出項的不同而有所變動。根據 (3.7) 式，估算 v_{il} 是採用 Jondrow et al. (1982) 所提出的方法：

$$\hat{E}[v_{il} | v_{il} + u_{il}] = s_{il} - z_l \hat{\beta}^i - \hat{E}[u_{il} | v_{il} + u_{il}] \quad (3.9)$$

$$i=1, \dots, M \quad l=1, \dots, N$$

$\hat{E}[u_{il}|v_{il}+u_{il}]$ 的估計值是根據 $(\hat{\beta}^i, \hat{\mu}^i, \hat{\sigma}_{vi}^2, \hat{\sigma}_{ui}^2)$ 所估計出來的，因此可以估算 $\hat{E}[v_{il}|v_{il}+u_{il}]$ ， $\hat{\beta}^i$ 為環境變數對第 i 個投入項之差額值的係數估計值， $(\mu^i, \sigma_{vi}^2, \sigma_{ui}^2)$ 分別表示第 i 個投入項之差額值的管理無效率和統計誤差。

3.3 第三階段：調整的 DEA 效率分析

以第二階段所求得的調整投入項 x_{il}^A ，以及第一階段的原始產出項，再利用 DEA 模式，重新計算各廠商之效率值，所求得的效率值即是去除環境因素和統計誤差後的效率值，僅剩下管理面之影響效率值。第三階段調整過的 DEA 效率分析結果，所評估之效率值即可反映出管理者真正的管理效率為何。



第四章 資料收集與分析

本章首先說明受評單位之選取，並針對各港之現況進行分析，繼而參考相關文獻初步選取若干投入產出變數，再進一步從中選出最適合之投入產出項，並說明環境變數之選取。

4.1 受評單位之選取

本研究係以亞太地區主要貨櫃港埠為研究對象，資料收集期間為 2000~2003 年，並以 2000~2005 年全球前 30 大貨櫃港中位於亞太地區之貨櫃港埠，做為本研究之受評單位。因此初步選出之受評單位包括中國之香港、上海港、深圳港、青島港、天津港、廣州港、寧波港、廈門港、大連港、台灣之高雄港、基隆港、新加坡之新加坡港、日本之東京港、橫濱港、神戶港、名古屋港、韓國之釜山港、印尼之丹絨不祿港、馬來西亞之巴生港、丹絨柏樂巴斯港、菲律賓之馬尼拉港、泰國之林查邦港與斯里蘭卡之可倫坡港共計 23 個貨櫃港埠。考量印尼之丹絨不祿港與斯里蘭卡之可倫坡港，太過偏遠，而菲律賓之馬尼拉港則由於資料嚴重缺漏，故將其剔除在外；另外為能針對台灣之貨櫃港埠提供改善建議，因此也將台中港納入，最後總計選出 21 個貨櫃港埠，做為本研究之受評單位。本研究將資料處理成 panel 型態，所以最後共計有 84 個 DMUs，相關資料之來源為 Containerization International Yearbook(2000~2005)所刊載之貨櫃港埠資料與各貨櫃港埠之網頁。

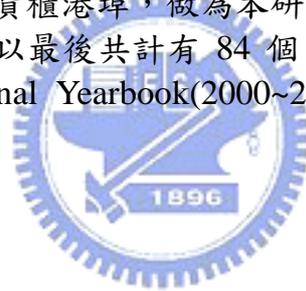


表 4.1 亞太地區各國際貨櫃港排名

年別 排名 港口	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年	2005 年
香港	1	1	1	1	1	1
新加坡	2	2	2	2	2	2
釜山	3	3	3	5	5	5
高雄	4	4	5	6	6	6
上海	6	5	4	3	3	3
深圳	11	8	6	4	4	4
丹絨不祿	12	-	-	23	23	24
巴生港	13	12	11	12	13	14
東京	16	19	18	17	20	21
橫濱	20	22	24	28	29	27
馬尼拉	22	23	22	26	28	-
林查邦	23	20	21	19	19	20
青島	24	18	15	14	14	13
神戶	25	27	27	-	-	-
基隆	27	31	28	-	-	-
名古屋	28	29	29	-	-	-
可倫坡	30	-	-	-	-	-
PTP	-	26	21	16	16	19
天津	-	28	23	21	18	16
廣州	-	32	26	22	22	18
寧波	-	-	31	24	17	15
廈門	-	-	35	29	26	23
大連	-	-	-	-	-	30

註：PTP 為丹絨柏樂巴斯港

4.2 各港之現況分析

本研究範圍所探討的貨櫃港埠基本上包括中國、台灣、新加坡、日本、韓國、泰國與馬來西亞等國。中國的貨櫃港埠有香港、上海港、深圳港、青島港、天津港、廣州港、廈門港、大連港與寧波港等 9 個重要貨櫃港，台灣的貨櫃港埠則有高雄港、基隆港與台中港等 3 個貨櫃港埠，日本的主要貨櫃港埠東京港、橫濱港、神戶港與名古屋港，其餘則有新加坡港以及韓國的釜山港，泰國的南加邦港，馬來西亞的巴生港與丹絨柏樂巴斯港，全部共 21 個貨櫃港埠。表 4.2 為上述各港近五年之貨櫃裝卸量與成長率統計表，各港之其他相關資料分述如下：

表 4.2 亞太地區貨櫃港埠近五年之貨櫃裝卸量與成長率統計表

單位：萬 TEU

港埠別	年度 項目	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年
香港	裝卸量	1780(1)	1800(1)	1860(1)	2010(1)	2193(1)
	成長率		1.12%	3.33%	8.06%	9.11%
上海港	裝卸量	561(6)	633(5)	861(4)	1128(3)	1456(3)
	成長率		12.85%	35.93%	31.01%	29.05%
深圳港	裝卸量	399(11)	508(8)	761(6)	1061(4)	1365(4)
	成長率		27.13%	49.98%	39.35%	28.65%
青島港	裝卸量	210(24)	264 (18)	341(15)	424(14)	514(14)
	成長率		25.71%	29.17%	24.34%	21.22%
天津港	裝卸量	171(32)	201(28)	241(23)	300(21)	381(18)
	成長率		17.54%	19.90%	24.48%	27.13%
廣州港	裝卸量	143	173	218(26)	277(22)	331(22)
	成長率		20.98%	26.01%	27.06%	19.43%
廈門港	裝卸量	108	117	175	233(29)	287(26)
	成長率		8.12%	49.32%	33.2%	23.20%
大連港	裝卸量	108	108	120	149	221(30)
	成長率		0.28%	10.71%	24.12%	48.58%
寧波港	裝卸量	90	121	186(30)	275(24)	401(17)
	成長率		34.15%	53.72%	47.85%	45.65%
高雄港	裝卸量	743(4)	754(4)	849(5)	884(6)	971(6)
	成長率		1.54%	12.64%	4.09%	9.84%
基隆港	裝卸量	175(27)	182	192(28)	200	207
	成長率		3.50%	5.66%	4.28%	3.47%
台中港	裝卸量	113	107	119	125	125
	成長率		-5.39%	11.62%	4.38%	0.15%

註：1.()表示界排名，2.PTP 為丹絨柏樂巴斯港。

表 4.2 亞太地區貨櫃港埠近五年之貨櫃裝卸量與成長率統計表(續)

單位：萬 TEU

港埠別	年度 項目	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年	2004 年
新加坡港	裝卸量	1704(2)	1552(2)	1680(2)	1810(2)	2060(2)
	成長率		-8.92%	8.24%	7.74%	13.81%
東京港	裝卸量	296(16)	277(19)	290(18)	328(17)	358(20)
	成長率		-6.42%	4.69%	13.10%	9.15%
橫濱港	裝卸量	240(20)	240(22)	234(24)	247(28)	258(29)
	成長率		0%	-2.67%	5.67%	4.37%
神戶港	裝卸量	227(25)	201(27)	200(27)	178	243
	成長率		-11.28%	-0.51%	-0.11%	36.52%
名古屋港	裝卸量	191(28)	187(29)	193(29)	207	230
	成長率		-2.07%	2.94%	7.61%	11.07%
釜山港	裝卸量	754(3)	791(3)	944(3)	1037(5)	1143(5)
	成長率		4.86%	19.34%	9.86%	10.25%
林查邦港	裝卸量	220(23)	234(21)	275(20)	318(19)	362(19)
	成長率		6.45%	17.66%	15.67%	13.96%
巴生港	裝卸量	321(13)	370(12)	453(11)	480(12)	524(13)
	成長率		15.39%	22.43%	5.96%	9.24%
PTP	裝卸量	42	205(26)	266(21)	349(16)	402(16)
	成長率		390.17%	29.76%	31.10%	15.29%

註：1.()表示界排名，2.PTP 為丹絨柏樂巴斯港。

一、中國

(一)香港(Hong Kong)

1.港區位置

香港位於北緯 22°18'，東經 144°00'，地處中國珠江三角洲入口與鄰近亞洲國家之要衝，又位於經濟成長傲人的亞洲太平洋周邊之中心地帶，可謂佔盡地利之便。香港是從太平洋駛來的巨型遠洋船與珠江駛來的小型沿岸內河船，兩種不同模式之海上交通工具的交接處，因而成為華南所有海上貿易活動的集中地。

2.貨櫃港埠設施

香港貨櫃碼頭集中於葵涌及昂船洲，碼頭面積 2503100 平方公尺，船席總長 7259 公尺，船席數 24 座，碼頭水深-12.5 公尺~-15.5 公尺，共配置橋式起重機 83 台，分別由現代貨櫃碼頭(MTL)、環球貨櫃碼頭(CSX World)、中遠-國際(Cosco-HIT)及香港國際貨櫃碼頭(HIT)等四家公司經營。

3.貨櫃吞吐量

1997 年香港回歸中國後，香港成為中國與世界第一大貨櫃港埠。

(二)上海港(Shanghai)

1.港區位置

上海港位於北緯 31°23'，東經 121°31'，為中國最大的國際商港，具有長江流域的深遠經濟腹地，管轄範圍包括長江、黃浦江水域和杭州灣北岸水域，海岸線長達 240 公里。而位居所在的上海市，為西太平洋著名的國際大都市，為處華東最富饒的地區，鐵公路系統四通八達，內陸運輸系統相當便捷。

2.貨櫃港埠設施

上海港碼頭面積 2071890 平方公尺，船席總長 2933 公尺，船席數 13 座，碼頭水深-9.4 公尺~-14.2 公尺，共配置橋式起重機 24 台，分別由上海貨櫃碼頭(SCT)、上海滬東貨櫃碼頭(SECT)及上港貨櫃(SPC)等三家公司經營。

3.貨櫃吞吐量

上海港近年來由於大陸經濟開放，使得國際貨物貿易活動頻繁，也促使上海港貨櫃量逐年增加，於 2001 年擠進世界貨櫃港排名的第五名，為一貨櫃量高速成長的港埠。



(三)深圳港(Shenzhen)

1.港區位置

深圳港位於北緯 22°34'，東經 114°15'，地處廣東省珠江三角洲南部，珠江入海口東岸，毗鄰香港。全長 260 公里的海岸線被九龍半島分割為東西兩大部分。西部港區位於珠江入海口東岸，水深港闊，天然屏障良好，南距香港 20 海浬，北至廣州 60 海浬，經珠江水系可與珠江三角洲水網地區各縣市相連，經香港可達國內沿海及世界各地港口。東部港區位於大鵬灣內，海面開闊，風平浪靜，是華南地區優良的天然港灣。

2.貨櫃港埠設施

深圳港內共分為蛇口、赤灣、媽灣、鹽田、東角頭、福永、沙魚湧、下洞、內河等九個港區，其中以鹽田港區為主要之貨櫃碼頭，碼頭面積 1180000 平方公尺，船席總長 2350 公尺，船席數 8 座，碼頭水深-15 公尺，共配置橋式起重機 20 台，由鹽田國際貨櫃碼頭公司(YICT)經營。

3.貨櫃吞吐量

深圳港為近年來中國發展快速的港埠之一，隨著泛珠江三角洲經濟圈

的形成，區域經濟合作的逐步完善，深圳將開拓更為廣闊的國際、國內市場，其貨櫃總量逐年快速增加，且由於地理位置與台灣的國際商港相近，造成彼此競爭的情形日益增加。

(四)青島港(Qingdao)

1.港區位置

青島港位於北緯 36°04'，東經 120°19'，為中國北方主要代表性國際商港之一，是太平洋西海岸重要的國際貿易口岸和海上運輸之樞紐。

2.貨櫃港埠設施

青島港碼頭面積 1136000 平方公尺，船席總長 5100 公尺，船席數 13 座，碼頭水深-10.5 公尺~-17.5 公尺，共配置橋式起重機 43 台，由青島前灣貨櫃碼頭公司(QQCT)與青島港灣貨櫃公司(QHCC)經營。

3.貨櫃吞吐量

青島港是中國第二大外貿口岸、中國大陸沿海第三大集裝箱大港，2002 年全港集裝箱吞吐量突破 340 萬 TEU，被認為是中國最具發展潛力的三大集裝箱港口之一。

(五)天津港(Tianjin)

1.港區位置

天津港位於北緯 38°59'，東經 117°58'，地處渤海灣上的海河入海口，為京津城市帶和環渤海經濟圈之交匯點，是環渤海港口中與華北、西北等內陸地區距離最短的港口，是首都北京和天津市的海上門戶，也是亞歐大陸橋的東端起點，天津港是中國最大的人工海港，是中國對外貿易的重要口岸。

2.貨櫃港埠設施

天津港碼頭面積 1004400 平方公尺，船席總長 2450 公尺，船席數 8 座，碼頭水深-12 公尺~-15.2 公尺，共配置橋式起重機 10 台，分別由天津港灣貨櫃碼頭(THCC)及環球貨櫃碼頭(CSX Orient)兩家公司經營。

3.貨櫃吞吐量

天津港為中國北方國際港埠代表之，隨著環渤海經濟的振興、中部崛起和西部大開發的推進，天津港腹地經濟發展潛力巨大，為天津港提供了良好的條件。

(六)廣州港(Guangzhou)

1.港區位置



廣州港位於北緯 23°06'，東經 113°14'，是中國華南地區最大的綜合性主樞紐港，位於經濟發達的珠江三角洲地區，地處珠江水系的東、西、北三江交匯點，通江達海。

2. 貨櫃港埠設施

廣州港碼頭面積 225000 平方公尺，船席總長 1299 公尺，船席數 6 座，碼頭水深-11.5 公尺~-12.5 公尺，共配置橋式起重機 8 台，由廣州貨櫃碼頭(GCT)公司經營。

3. 貨櫃吞吐量

廣州港貨櫃吞吐量增幅相當驚人，嚴重威脅鄰近的深圳港和香港，並且積極發展建設，期能成為華南地區第一門戶港。

(七)廈門港(Xiamen)

1. 港區位置

廈門港位於北緯 24°27'，東經 118°04'，地處廈門灣的南岸，是中國東南沿海的重要主樞紐港之一，自然條件優越，港灣外圍大小金門等島嶼環繞，形成一道天然屏障；港內水域寬闊、水深、浪小、不凍、少淤，港岸線總長 154 公里。

2. 貨櫃港埠設施

廈門港碼頭面積 715000 平方公尺，船席總長 1110 公尺，船席數 3 座，碼頭水深-12.2 公尺~-13.3 公尺，共配置橋式起重機 10 台，分別由環球貨櫃碼頭(CSX World)及廈門國際貨櫃碼頭(HIT)等兩家公司經營。

3. 貨櫃吞吐量

廈門港貨櫃成長迅速，2000 年全港貨櫃吞吐量突破 100 萬 TEU，廈門港是中國沿海港口排名第 7 之重要港埠。

(八)大連港(Dalian)

1. 港區位置

大連港位於北緯 38°55'，東經 121°39'，位居西北太平洋的中樞，是正在興起的東北亞經濟圈的中心，是該區域進入太平洋，面向世界的海上門戶，港口港闊水深，不淤不凍，自然條件非常優越，是轉運遠東、南亞、北美、歐洲貨物最便捷的港口。

2. 貨櫃港埠設施

大連港碼頭面積 1504000 平方公尺，船席總長 2669 公尺，船席數 13 座，碼頭水深-12 公尺~-14 公尺，共配置橋式起重機 16 台，由大連貨櫃碼

頭(DCT)公司經營。

3.貨櫃吞吐量

大連港隨著進口關稅的下調、進出口政策的相應調整以及東北腹地經濟的復甦成長，再加上大連海關提高通關效率，使得近年來大連港貨櫃吞吐量大幅成長。

(九)寧波港(Ningbo)

1.港區位置

寧波港位於位於今浙江省寧波市，當甬江兩大源流姚江、奉化江匯流處，北距入海口 20 餘公里，港口內依三江，外瀕東海，舟山群島羅列東北，四明山脈屏障西南，水深港闊，航道暢通，是浙東水陸交通樞紐，由北侖港區、鎮海港區、寧波港區、大榭港區、穿山港區組成，是一個集內河港、河口港和海港於一體的多功能、綜合性的現代化深水大港。

2.貨櫃港埠設施

寧波港碼頭面積 757000 平方公尺，船席總長 2138 公尺，船席數 4 座，碼頭水深-13.5 公尺~-15 公尺，共配置橋式起重機 16 台，由寧波北崙國際貨櫃碼頭(NBCT)公司經營。

3.貨櫃吞吐量

寧波港已有 1200 多年歷史，是中國最古老的港口之一，同時又是中國大陸發展最迅速的現代化港口，改革開放 20 多年，寧波港迅速崛起，自 2001 年起全港貨櫃吞吐量超過百萬 TEU，是中國發展快速的貨櫃港口之一。

二、台灣

(一)高雄港(Kaohsiung)

1.港區位置

高雄港位於北緯 22°37'，東經 120°15'，地處台灣西南海岸，是台灣最大的國際商港，扼台灣海峽與巴士海峽海運交匯之要衝，港域遼闊，腹地廣大，氣候溫和，臨海有狹長沙洲，為港灣的天然防波堤，地理條件優良，港灣形勢天成，為一天然良港。

2.貨櫃港埠設施

高雄港碼頭面積 1421374 平方公尺，船席總長 6711 公尺，船席數 22 座，碼頭水深-10.4 公尺~-15 公尺，共配置橋式起重機 21 台。

3.貨櫃吞吐量

高雄港為台灣第一大貨櫃港，但其成長幅度不大，且由於中國沿岸港口的興起，高雄港已從過去居世界排名前五大之貨櫃港墜落居第六名。

(二)基隆港(Keelung)

1.港區位置

基隆港位於北緯 25°09'，東經 121°44'，港埠形勢天成，鄰近台灣北部工業重鎮桃園縣，且接近政治經濟中心之大台北都會區，為台灣北部地區國際貿易主要進出口門戶，港埠地位甚為顯要。

2.貨櫃港埠設施

基隆港碼頭面積 339000 平方公尺，船席總長 3192 公尺，船席數 14 座，碼頭水深-12 公尺，共配置橋式起重機 25 台。

3.貨櫃吞吐量

基隆港受限於基隆市面積狹小，因此無法進行擴展，加上國際港埠競爭日益激烈，導致貨源日漸流失，2001 年甚至落居於全球前 30 大貨櫃港埠之後。

(三)台中港(Taichung)

1.港區位置

台中港位於北緯 24°17'，東經 120°30'，地處台灣西海岸中央，距離北部的基隆港和南部的高雄港各約 110 海浬，為台灣中部地區國際貿易主要進出口。

2.貨櫃港埠設施

台中港碼頭面積 935269 平方公尺，船席總長 1200 公尺，船席數 6 座，碼頭水深-14 公尺，共配置橋式起重機 13 台。

3.貨櫃吞吐量

台中港為台灣第三大貨櫃港，近幾年貨櫃吞吐量皆超過百萬 TEU，然而自 2002 年後成長幅度卻快速遞減。

三、新加坡

新加坡港(Singapore)

1.港區位置

新加坡港位於北緯 1°16'，東經 103°50'，地處馬來半島南端，為太平洋與印度洋之要衝，掌控麻六甲海峽，為歐亞交通必經之地，海岸線長達 131.5 公里。



2.貨櫃港埠設施

新加坡港碼頭面積 3390000 平方公尺，船席總長 65651 公尺，船席數 42 座，碼頭水深-9.6 公尺~-15 公尺，共配置橋式起重機 131 台。

3.貨櫃吞吐量

新加坡港為世界著名的貨櫃港，其平均年裝卸貨櫃量高居世界各國貨櫃港埠第二名。

四、日本

(一)東京港(Tokyo)

1.港區位置

東京港位於北緯 35°43'，東經 139°46'，地處日本東京灣西北側，北、西、南三面環山，東面靠海，為天然良港，主要位於東京灣內，其腹地包含兩千萬人口之東京都，為政治、經濟與文化等之樞紐，港灣建設相當完備。

2.貨櫃港埠設施

東京港碼頭面積 893701 平方公尺，船席總長 3686 公尺，船席數 13 座，碼頭水深-10 公尺~-15 公尺，共配置橋式起重機 20 台。

3.貨櫃吞吐量

東京港為日本第一大貨櫃港，1995 年阪神大地震後，神戶港之貨源輾轉轉入，2000 年之後成為日本對大貨櫃港。

(二)橫濱港(Yokohama)

1.港區位置

橫濱港位於北緯 35°27'，東經 139°40'，地處東京灣西岸，是一個人工港，港內泥沙淤積很少，是日本最大港口之一。

2.貨櫃港埠設施

橫濱港碼頭面積 1733601 平方公尺，船席總長 5830 公尺，船席數 22 座，碼頭水深-11 公尺~-16 公尺，共配置橋式起重機 40 台。

3.貨櫃吞吐量

橫濱港為日本第二大貨櫃港，自 1995 年阪神大地震後，部份貨源由神戶港轉入。

(三)神戶港(Kobe)

1.港區位置

神戶港位於北緯 34°40'，東經 135°12'，地處日本本洲中部大阪灣內，是日本主要貨櫃港之一，1995 年元月之阪神大地震，港灣設施幾乎全毀，但在短短的兩年內復興完成。

2.貨櫃港埠設施

神戶港碼頭面積 2018732 平方公尺，船席總長 9595 公尺，船席數 34 座，碼頭水深-7.5 公尺~-15 公尺，共配置橋式起重機 43 台。

3.貨櫃吞吐量

神戶港受日本經濟不振影響，貨櫃裝卸成長量不高。

(四)名古屋港(Nagoya)

1.港區位置

名古屋港位於位於 35°10'，東經 136°50'，在日本列島太平洋岸中心地帶的伊勢灣深處，周圍是日本歷史悠久的中部經濟發達地區海灘寬闊，開港以來一直在進行疏浚和填築，20 年代中期就是日本的大商港，第二次世界大戰後，名古屋港發展成為工商業相結合的綜合性港口。

2.貨櫃港埠設施

名古屋港碼頭面積 1131240 平方公尺，船席總長 3355 公尺，船席數 12 座，碼頭水深-10 公尺-15 公尺，共配置橋式起重機 23 台。

3.貨櫃吞吐量

名古屋港為日本主要的國際貿易港之一，近幾年貨櫃吞吐量皆超過百萬 TEU。

五、韓國

釜山港(Busan)

1.港區位置

釜山港位於北緯 35°06'，東經 129°04'，地處朝鮮半島的東南端，是南韓第二大城市，人口約四百萬，第一大貿易港，世界第三大貨櫃港，其擁有足夠的水深並且四面被山與島嶼所環繞，因此潮差不大，為一天然良港，並且位於世界三大基幹航線上，同時也是太平洋地區通往歐亞大陸的門戶港口，在地理位置上擁有極佳的優勢。

2.貨櫃港埠設施

釜山港碼頭面積 28642820 平方公尺，船席總長 10690 公尺，船席數

61 座，碼頭水深-11 公尺~-15 公尺，共配置橋式起重機 48 台。

3.貨櫃吞吐量

釜山港為韓國第一大貨櫃港，佔韓國總出口貨物 40% 以上。

六、泰國

林查邦港(Laem Chabang)

1.港區位置

林查邦港位於位於泰國灣東海岸，為一現代化深水良港。

2.貨櫃港埠設施

林查邦港碼頭面積 3471800 平方公尺，船席總長 8600 公尺，船席數 22 座，碼頭水深-14 公尺~-16 公尺，共配置橋式起重機 56 台。

3.貨櫃吞吐量

林查邦港為泰國第一大國際貨櫃港。

七、馬來西亞

(一)巴生港(Port Klang)

1.港區位置

巴生邦港位於麻六甲海峽東岸，溝通太平洋與印度洋的戰略要道，歐、亞、非三洲海上交通紐帶。為一天然良港，是馬來西亞西部海峽沿岸之主要港口。

2.貨櫃港埠設施

南加邦港碼頭面積 1493300 平方公尺，船席總長 4913 公尺，船席數 20 座，碼頭水深-14 公尺~-15 公尺，共配置橋式起重機 48 台。

3.貨櫃吞吐量

巴生港為馬來西亞主要貨櫃港之一。

(二)丹絨柏樂巴斯港(Tanjung Pelepas)

1.港區位置

丹絨柏樂巴斯港位於東南亞航運樞紐之一，地處馬來西亞柔州的港口，為區域性的中轉港。

2.貨櫃港埠設施

丹絨柏樂巴斯港碼頭面積 1200000 平方公尺，船席總長 2160 公尺，船席數 6 座，碼頭水深-15 公尺，共配置橋式起重機 24 台。



3. 貨櫃吞吐量

丹絨柏樂巴斯港是個全新的港口，於 1999 年才啟用，立刻成為馬來西亞發展最快速的港口，除了擁有各類先進設備之外，服務素質也不斷提高，且已吸引了不少國際商船停靠。

4.3 變數之選定與說明

一、投入、產出項之選取

DEA 的分析過程是藉由投入產出的資料導出相對有效率的效率前緣，以此效率前緣為基準，來估算各受評單位的效率值。投入項和產出項的選定在 DEA 的模式設定時相當重要，因為當投入、產出項變動時會影響 DEA 的效率值。此外，在運用 DEA 模式衡量效率時，不能選擇太多的投入產出項目，否則基於柏拉圖最適(Pareto optimality)準則的觀念，各 DMU 之效率值將均為 1，而背離衡量效率的本意，所以一般認為須將類似項目予以合併或採因子分析處理。至於適切的項目數量限制，則需考慮到 DEA 的幾何空間維數為 DMU 的投入項數與產出項數之和，當投入項與產出項增加時，DMU 的個數亦需相對增加，方能應用包絡線原理尋找最有效率的 DMU 要選用多少投入產出項目，則可參考模式使用上的經驗法則(rule of thumb)，即受評估的 DMU 個數至少應為投入、產出項個數和的兩倍。此外，投入產出項亦須配合研究目的以及 DUM 的經營目標進行選取，或就一般性的投入產出關係，決定所需之變數。爾後再透過變數之間的相關性分析，檢定投入產出項之間是否具正相關，確保投入項與產出項之間存在因果關係，即符合投入項增加後，產出項亦同時增加的同向性(Isotonicity)假設，作為篩選原則。

(一) Pearson 相關性分析

由於 DEA 模式中所選定的投入與產出項目，必須能夠解釋各個要素對於效率衡量的影響，且投入與產出項間必須符合同向性之關係，故本研究先利用 Pearson 相關分析對各貨櫃港埠之投入項與產出項進行檢定，觀察投入項與產出項之間之相關性。相關係數愈高者，表示其相關程度愈大。由表 3 各貨櫃港埠之投入項與產出項的 Pearson 相關係數表中可以發現，各貨櫃港埠之投入、產出項皆為正相關，表示當投入項增加時，產出項亦隨之增加，符合 DEA 模式之同向性要求。

表 4.3 投入、產出項之 Pearson 相關係數

變數	船席數	船席總 長度	碼頭 水深	貨櫃場 面積	貨櫃場 容積	橋式起 重機數	櫃場搬 運機具數	年裝卸 總量
船席數	1.000	-	-	-	-	-	-	-
船席總 長度	0.890*** (0.000)	1.00	-	-	-	-	-	-
碼頭 水深	0.050 (0.654)	0.159 (0.148)	1.00	-	-	-	-	-
貨櫃場 面積	0.605*** (0.000)	0.489*** (0.000)	0.084 (0.450)	1.00	-	-	-	-
貨櫃場 容積	0.408*** (0.000)	0.508*** (0.000)	0.297*** (0.006)	0.301*** (0.005)	1.00	-	-	-
橋式起 重機	0.754*** (0.000)	0.670*** (0.000)	0.216** (0.049)	0.294*** (0.007)	0.390*** (0.000)	1.00	-	-
櫃場搬 運機具	0.654*** (0.000)	0.709*** (0.000)	0.310*** (0.000)	0.387*** (0.000)	0.563*** (0.000)	0.654*** (0.000)	1.00	-
年裝卸 總量	0.548*** (0.000)	0.475*** (0.000)	0.088 (0.427)	0.488*** (0.000)	0.307*** (0.005)	0.768*** (0.000)	0.618*** (0.000)	1.00

註：1.()內為 p 值。2.***達顯著水準 1%；**達顯著水準 5%。

(二)投入項

由於本研究之研究範圍為包括與貨櫃裝卸效率有關之前線系統與貨櫃搬運效率有關之後線系統，所謂前線系統即為船舶停靠在船席由橋式起重機裝卸貨櫃之作業；後線系統則為貨櫃由橋式起重機卸下後，由拖車運載至貨櫃場與貨櫃在貨櫃場內由各種貨櫃搬運機具如跨載機、門式起重機、貨櫃車架與貨櫃堆積機搬運之作業。然而由表 3 可以發現，雖然各貨櫃港埠之投入、產出項皆為正相關，符合同向性要求，但由於過多的投入產出變數會降低 DEA 模式之鑑別力，所以本研究將各投入項間相關性較高者，即船席數與船席總長度以及貨櫃場面積與貨櫃場容積，僅就二者中與產出項間之相關程度較高擇一為投入項。因此，本研究將所選定之投入產出項如下：

1. 貨櫃船席數

港埠所擁有的貨櫃船席數越多，所能停泊之貨櫃船就越多，在相同時間內，此貨櫃港埠能裝卸的總貨櫃數量也就越多，因此，是影響貨櫃港埠作業效率以及裝卸能量之重要因素之一。

2.碼頭水深

近年來貨櫃船舶之發展有愈來愈大型化之趨勢，而越大型之貨櫃船舶所需之碼頭水深越深，是故碼頭水深是吸引大型貨櫃船舶停靠之基本條件，而愈大型之貨櫃船舶，所裝載之貨櫃數愈多。因此，深水碼頭之數量會影響貨櫃港埠之年裝卸量。

3.貨櫃場總面積

貨櫃場總面積係包括碼頭後方之貨櫃堆積場及貨櫃存放場，用以堆放已卸下或即將裝船之貨櫃的總面積，以平方公尺為計算單位。由於貨櫃由起重機裝卸下來之後，大部分的貨櫃皆是由櫃搬運機具搬運至後方的貨櫃堆積場或貨櫃存放場，進行暫時堆放儲存或進行轉運貨櫃的裝櫃、拆櫃和併櫃的作業，如果貨櫃場面積不足，則貨櫃運作流程將受到影響，港埠作業將呈現無效率的情形，因此貨櫃場總面積會影響貨櫃港埠之作業效率。

4.橋式起重機數量

橋式起重機主要功能係從貨櫃輪上卸下貨櫃或將欲裝船之貨櫃裝至貨櫃輪上，為貨櫃場之最前線作業機具，其作業效率與數量對貨櫃港埠整體裝卸作業效率極具影響。

5.櫃場搬運機具數量

貨櫃場內之貨櫃搬運機具包括跨載機、門式機、貨櫃拖車與貨櫃堆積機等四種。跨載機(Straddle carrier)是一種貨櫃搬運機具，本身能承載貨櫃在場地行走，也可以在貨櫃堆積場將貨櫃卸在拖車車架上，為後線作業中重要之支援機具。門式機(Transtainer)主要用在貨櫃堆積場或貨櫃存放場內，做為堆放貨櫃與排列之機具，其跨距較跨載機寬，可將貨櫃堆積場之貨櫃裝至拖車車架上，再由拖車運至岸邊裝船，而由船上卸下之貨櫃，則由拖車運至貨櫃堆積場，再以門式機將車架上之貨櫃卸至貨櫃堆積場。一般而言，貨櫃堆積機在貨櫃儲運場內並非主要之裝卸機具，因為在貨櫃堆積場內使用貨櫃堆積機，須要較大的空間做為工作迴旋區域，故在大量貨櫃儲運時較不經濟，且不能作選櫃之動作。拖車頭與車架則為將貨櫃自岸肩載運至貨櫃場，以及貨櫃場內拖運貨櫃之工具。

櫃場搬運機具為港埠貨櫃運輸後線部分之主要搬運機具，如果搬運機具沒有足夠的數量來配合橋式起重機之運作，則貨櫃將無法及時進行堆積儲放，影響港埠的作業效率，因此櫃場必須具備適量的搬運機具配合橋式起重機的作業，才能使整體貨櫃裝卸搬運流程順利進行。

由於各受評貨櫃港櫃場搬運作業制度之不同，所具備之貨櫃場搬運機具種類與數量亦不相同，故本研究參考郭建男(民91)所採用之搬運機具當量轉換方式，依據不同機具之單位小時作業效率，將各港之櫃場搬運機具轉換為以跨載機為比較基準之當量值，來衡量各港之機具數。各種櫃場搬

運機具之轉換當量值，如表 4.4 所示。

表 4.4 搬運機具轉換當量表

搬運機具	作業效率(TEU/小時)	跨載機當量
跨載機	35~40	1
門式機	30~35	0.89
堆積機	35~40	1
拖車/車架	20~22	0.57

資料來源：郭建男(民 91 年)

(三)產出項

年裝卸總量

即每年各港之貨櫃總裝卸量，以 20 呎標準貨櫃(TEU)為單位，為衡量貨櫃港埠營運績效或產出最為重要的指標，除廣為相關文獻採用外，港埠之世界排名也是以年裝卸總量為最主要的依據，因此本研究亦選擇年裝卸總量做為產出項目。



表 4.5 各貨櫃港埠相關資料

項目		船席數 (個)	碼頭水深 (m)	貨櫃場總 面積(公頃)	橋式起重 機(台)	櫃場搬運 機具數 (台)	年裝卸總量 (萬 TEU)
DMU	香港	19	14.1	219	64	591	1780
	上海	10	10.8	86	15	123	561
	深圳	8	15	118	20	169	399
	青島	8	13.3	79	14	68	210
	天津	8	13.6	100	10	161	171
	廣州	6	12	23	8	68	143
	廈門	3	12.8	64	8	93	108
	大連	7	12.8	56	9	104	101
	寧波	4	14.3	76	16	57	90
	高雄	22	13.1	199	24	109	743
	基隆	14	12	34	25	37	195
	台中	8	14	40	13	128	113
	新加坡	39	13.9	339	123	353	1704
	東京	11	13.2	93	25	227	296
	橫濱	22	13.2	178	40	187	240
	神戶	34	13.3	214	52	424	227
	名古屋	12	13.4	127	25	90	191
	釜山	15	14	247	40	520	754
	林查邦	6	14	18	3	11	220
	巴生港	16	14.1	85	36	355	321
PTP	6	15	120	18	43	42	

註：PTP 為丹絨柏樂巴斯港

表 4.5 各貨櫃港埠相關資料(續 1)

項目		船席數 (個)	碼頭水深 (m)	貨櫃場總 面積(公頃)	橋式起重 機(台)	櫃場搬運 機具數 (台)	年裝卸總量 (萬 TEU)
DMU	香港	19	14.1	219	64	591	1800
	上海	10	10.8	86	15	123	633
	深圳	8	15	118	20	169	508
	青島	8	13.3	79	14	68	264
	天津	8	13.6	100	10	161	201
	廣州	6	12	23	8	68	173
	廈門	3	12.8	64	8	93	117
	大連	7	12.8	56	9	104	108
	寧波	4	14.3	76	16	57	121
	高雄	22	13.1	199	29	118	754
	基隆	14	12	34	25	37	182
	台中	8	14	40	13	128	107
	新加坡	39	13.9	339	120	346	1552
	東京	11	13.2	89	25	241	277
	橫濱	23	13.2	194	42	229	240
	神戶	33	12.1	216	52	439	201
	名古屋	13	12.5	118	24	81	187
	釜山	20	14	292	52	612	791
	林查邦	12	14	68	19	266	234
	巴生港	16	14.1	86	34	397	370
PTP	6	15	120	24	63	205	

註：PTP 為丹絨柏樂巴斯港

表 4.5 各貨櫃港埠相關資料(續 2)

項目		船席數 (個)	碼頭水深 (m)	貨櫃場總 面積(公頃)	橋式起重 機(台)	櫃場搬運 機具數 (台)	年裝卸總量 (萬 TEU)
DMU	香港	23	14.3	249	83	650	1860
	上海	10	10.8	82	15	130	861
	深圳	8	15	118	20	169	761
	青島	8	13.3	114	22	105	341
	天津	8	13.6	100	10	161	241
	廣州	6	12	23	8	68	218
	廈門	3	12.8	72	10	108	175
	大連	7	12.8	56	9	104	120
	寧波	4	14.3	76	16	57	186
	高雄	19	11.4	142	25	156	849
	基隆	14	12	34	25	37	192
	台中	6	14	94	13	261	119
	新加坡	42	13.4	339	131	380	1680
	東京	11	13.2	89	25	241	290
	橫濱	22	13.3	173	40	245	234
	神戶	32	14	208	52	363	200
	名古屋	12	12.5	113	22	81	193
	釜山	62	13.8	301	52	618	944
	林查邦	12	14	68	19	266	275
	巴生港	19	14.8	86	48	597	453
PTP	6	15	120	24	63	266	

註：PTP 為丹絨柏樂巴斯港

表 4.5 各貨櫃港埠相關資料(續 3)

項目		船席數 (個)	碼頭水深 (m)	貨櫃場總 面積(公頃)	橋式起重 機(台)	櫃場搬運 機具數 (台)	年裝卸總量 (萬 TEU)
DMU	香港	24	14.3	250	83	650	2010
	上海	13	10.5	207	24	183	1128
	深圳	8	15	118	20	169	1061
	青島	13	15	114	43	158	424
	天津	8	13.6	100	10	161	300
	廣州	6	12	23	8	68	277
	廈門	3	12.8	72	10	108	233
	大連	13	13.5	150	16	104	149
	寧波	4	14.3	76	16	57	275
	高雄	22	13	142	21	140	884
	基隆	14	12	34	25	37	200
	台中	6	14	94	13	261	125
	新加坡	42	13.4	339	131	380	1810
	東京	13	13.2	89	20	241	328
	橫濱	22	13.5	173	40	252	247
	神戶	34	14	202	43	290	178
	名古屋	12	12.5	113	23	68	207
	釜山	61	13.6	2864	48	570	1037
	林查邦	22	14.6	347	56	291	318
	巴生港	20	14.7	149	48	651	480
PTP	6	15	120	24	46	349	

註：PTP 為丹絨柏樂巴斯港

二、環境變數之選取

三階段 DEA 分析法中，第二階段係以 SFA 模式，分析環境變數對第一階段所產生的各項投入差額的影響。本研究對於環境變數的選取係參考相關文獻，並考量資料取得之限制而決定。由於過去並未有文獻利用三階段 DEA 來探討港埠之生產效率，因此只能參考過去針對影響港埠效率指標之相關研究，選擇下列可能影響貨櫃港埠生產效率之環境變數。

(一)港口所屬國家之進出口貿易總值

進出口貿易總值為國家總體經濟指標之一，而且進出口貨物之運送目前仍以海運為主，加以資料取得容易，因此本研究乃選擇以港口國家之進出口貿易總值，來代表港口國家之整體經濟與進出口貿易發展情形，並探討其對於貨櫃港埠生產效率之影響。

(二)港口裝卸作業制度

貨櫃港埠裝卸作業的經營方式可分為完全民營化與不完全民營化，以台灣貨櫃港埠之港口裝卸作業制度為例，高雄港、基隆港與台中港皆屬於不完全民營化之經營方式，即港口裝卸之部分作業仍由港口管理者自行處理，而非完全交由民間的碼頭經營業者來營運，因此可能影響貨櫃港埠之作業與生產效率，故本研究亦將其考量為可能影響貨櫃港埠生產效率之環境變數之一。

(三)區位

通常位於競爭區位之貨櫃港埠，對於其生產效率之提升會有較為積極之作為，而由香港、上海港及台灣三點所圍成之三角地區，是近年來國際海運市場中競爭最為激烈之黃金三角區域，也是本研究的重點範圍。因此本研究將位於此區域之貨櫃港埠設定為高度競爭之區位，包括香港、上海港、深圳港、廣州港、廈門港、寧波港、高雄港、基隆港與台中港，其餘受評港埠則設定為非競爭區位。選擇此一因素的目的，主要在探討貨櫃港埠之區位是否影響其生產效率，因此將其列為環境變數之一。



第五章 模式應用與分析

本章應用三階段 DEA 效率評估 2000~2003 年亞太地區貨櫃港埠之效率表現。期望以三階段 DEA 分析法將環境變數與隨機干擾港埠作業效率的影響去除後，所得到的最後效率值能確切的反應貨櫃港埠之效率表現，以提供台灣港埠未來營運策略之改善方向，與有效提升港埠競爭力之參考，最後針對模式的分析數值深入探討，提出分析結果。

5.1 第一階段 DEA 效率評估結果分析

在效率分析方面，當效率值為 1 時，表示貨櫃港埠達到效率生產，當效率值介於 0 與 1 之間時，表示貨櫃港埠屬於無效率狀態。本研透過投入導向模式之 DEA 進行分析，也就是在既定的產出水準下，求最小投入量。另外，根據 DEA 模式的特性，所計算的技術效率值為相對效率，而非絕對的效率表現，因此當貨櫃港埠達到完全效率時，並不是絕對的有效率，而是表示此貨櫃港埠在所有受評估的貨櫃港埠中，是屬於相對有效率的；反之，無效率之貨櫃港埠則表示其在所有受評估之貨櫃港埠中，是屬於效率相對較差的貨櫃港埠，而不是絕對的無效率。

CCR 模式下所估算的相對效率值稱為技術效率，此模式之假設是固定規模報酬，用來評估貨櫃港埠在最適規模下運作的技術效率，代表各港之整體經營效率。而 Banker et al.(1984)則認為並非所有的組織皆在最適規模下運作，且造成技術無效率的原因可能有部份是來自於運作不當，因此提出 BCC 模式，將固定規模報酬的假設改為變動規模報酬；此模式將技術效率分為純技術效率與規模效率。純技術效率所指的是在給定運作規模下，某一個 DMU 相對於其他 DMU，在相同產出水準下，減少各港之投入量，增加資源有效利用的能力，即投入要素在使用上的效率，代表各港之投入項目是否能有效運用，此效率值並不會因為 DMU 未達最適規模而減損，因此，低的純技術效率意指管理者的決策錯誤，造成資源的浪費。而規模效率則是表示各港產出項與投入項的比例是否適當，即當 DMU 的生產技術可變動下，DMU 是否處於最適生產規模，使其產出水準量最低。

經由 DEAP 軟體所運算之結果可得知各 DMU 之各項效率值，其中技術效率為 1 者，其代表相對最有效率，數值愈小則相對愈無效率。茲將第一階段之 DEA 效率分析結果整理於表 5.1。由表可看出依據 CCR 模式之分析結果 2000 年之林查邦港、2001 之香港、2002 年之上海港、2003 年之香港、上海港、深圳港、廣州港以及新加坡港之技術效率值均為 1，其餘之港埠皆為相對較無效率之港埠。而由 BCC 模式進行之純技術效率的分析結果則可發現 2000 年之上海港、廣州港、廈門港、寧波港、基隆港、林查邦港、2001 年之香港、上海港、廣州港、廈門港、寧波港、基隆港、2002 年之上海港、廣州港、廈門港、寧波港、基隆港、2003 年之香港、上海港、深圳港、廣州港、廈門港、寧波港、基隆港與新加坡港皆為相對具有純技術效率之港埠。此外，從 BCC 模式亦同時分析出規模效率之結

果可知相對具有規模效率，規模效率值為 1 之港埠有 2000 年之林查邦港、2001 年之香港、2002 年之上海港、2003 年之香港、上海港、深圳港、廣州港與新加坡港。然而，技術效率、純技術效率及規模效率皆達到相對有效率(效率值=1)之港埠為 2000 年之林查邦港、2001 年之香港、2002 年之上海港、2003 年之香港、上海港、深圳港、廣州港以及新加坡港。代表這這些貨櫃港埠在投入要素使用上呈現有效率，而且產出與投入要素比例適當，因而達到最適生產規模。

但是表 5.1 僅為第一階段效率分析的結果，此階段的效率值隱含外在環境因素和隨機干擾的影響，例如某些貨櫃港埠可能是因為處於較為優勢環境，而呈現較佳的技術效率表現。相同的道理，導致技術相對無效率的原因，也可能是因為受環境的影響所致，因此仍需透過第二階段 SFA 模式去除環境因素和隨機干擾的影響，來調整貨櫃港埠之投入項，再重新估算效率值，才能夠確定技術無效率之來源是否為純技術無效率所引起的，或是受到外在環境因素和隨機干擾的影響。

表 5.1 各 DMU 第一階段 DEA 之效率分析表

年度	DMU	技術效率	純粹技術效率	規模效率
2000 年	香港	0.989	0.993	0.996
	上海	0.684	1.000	0.684
	深圳	0.376	0.790	0.476
	青島	0.394	0.906	0.435
	天津	0.290	0.873	0.332
	廣州	0.516	1.000	0.516
	廈門	0.272	1.000	0.272
	大連	0.191	0.932	0.205
	寧波	0.229	1.000	0.229
	高雄	0.968	0.991	0.977
	基隆	0.566	1.000	0.566
	台中	0.247	0.841	0.293
	新加坡	0.961	0.990	0.971
	東京	0.307	0.836	0.367
	橫濱	0.201	0.808	0.248
	神戶	0.143	0.796	0.179
	名古屋	0.289	0.862	0.335
	釜山	0.517	0.761	0.679
	林查邦	1.000	1.000	1.000
	巴生港	0.354	0.788	0.450
PTP	0.110	0.893	0.124	

表 5.1 各 DMU 第一階段 DEA 之效率分析表(續 1)

年度	DMU	技術效率	純粹技術效率	規模效率
2001 年	香港	1.000	1.000	1.000
	上海	0.771	1.000	0.771
	深圳	0.478	0.790	0.606
	青島	0.495	0.906	0.546
	天津	0.341	0.873	0.390
	廣州	0.625	1.000	0.625
	廈門	0.295	1.000	0.295
	大連	0.205	0.932	0.220
	寧波	0.307	1.000	0.307
	高雄	0.921	0.933	0.987
	基隆	0.526	1.000	0.526
	台中	0.233	0.841	0.277
	新加坡	0.884	0.885	0.999
	東京	0.296	0.836	0.354
	橫濱	0.183	0.805	0.227
	神戶	0.132	0.871	0.151
	名古屋	0.311	0.920	0.339
	釜山	0.467	0.750	0.623
	林查邦	0.318	0.810	0.393
	巴生港	0.405	0.787	0.514
PTP	0.429	0.863	0.497	

表 5.1 各 DMU 第一階段 DEA 之效率分析表(續 2)

年度	DMU	技術效率	純粹技術效率	規模效率
2002 年	香港	0.944	0.959	0.984
	上海	1.000	1.000	1.000
	深圳	0.718	0.881	0.814
	青島	0.472	0.878	0.537
	天津	0.409	0.873	0.468
	廣州	0.787	1.000	0.787
	廈門	0.440	1.000	0.440
	大連	0.227	0.932	0.243
	寧波	0.473	1.000	0.473
	高雄	0.845	0.938	0.901
	基隆	0.556	1.000	0.556
	台中	0.170	0.869	0.195
	新加坡	0.928	0.959	0.968
	東京	0.310	0.836	0.371
	橫濱	0.180	0.802	0.224
	神戶	0.129	0.758	0.170
	名古屋	0.321	0.924	0.347
	釜山	0.563	0.761	0.740
	林查邦	0.374	0.810	0.462
	巴生港	0.494	0.753	0.655
PTP	0.556	0.877	0.634	

表 5.1 各 DMU 第一階段 DEA 之效率分析表(續 3)

年度	DMU	技術效率	純粹技術效率	規模效率
2003 年	香港	1.000	1.000	1.000
	上海	1.000	1.000	1.000
	深圳	1.000	1.000	1.000
	青島	0.397	0.731	0.544
	天津	0.509	0.873	0.583
	廣州	1.000	1.000	1.000
	廈門	0.586	1.000	0.586
	大連	0.200	0.849	0.236
	寧波	0.699	1.000	0.699
	高雄	0.938	0.961	0.976
	基隆	0.580	1.000	0.580
	台中	0.177	0.869	0.204
	新加坡	1.000	1.000	1.000
	東京	0.349	0.831	0.420
	橫濱	0.187	0.790	0.237
	神戶	0.123	0.759	0.163
	名古屋	0.393	0.938	0.419
	釜山	0.640	0.772	0.829
	林查邦	0.194	0.719	0.270
	巴生港	0.343	0.730	0.469
PTP	0.886	0.962	0.921	

5.2 第二階段 SFA 調整投入差額分析

由於 DEA 屬於確定性參數邊界模式，並假設所有 DMU 處於相同的生產邊界，而將投入的差異歸因於個別貨櫃港埠的技術無效率。然而在實際的經營情況中，貨櫃港埠會受到外在環境因素的影響，而影響其技術效率的表現，因此個別決策單位會因為面對不同的環境，而有不同的生產邊界。此外，模式可能會有遺漏變數衡量的誤差，所以將這些隨機干擾的影響歸因於生產技術無效率，亦可能錯估貨櫃港埠技術效率的表現。因此有必要透過 SFA 模式的調整，將進出口貿易總額、港口裝卸作業制度與貨櫃港埠之區位的環境變數和隨機干擾對差額值的影響進行分析，並將各貨櫃港埠的各項投入調整在相同環境與隨機干擾下，以去除此兩項因素的影響，再利用新的投入項與原有的產出項，以 DEA 模式重新計算各貨櫃港埠之相對效率值。

投入差額值是指貨櫃港埠額外使用投入的部份，投入差額愈大，表示該貨櫃港埠所浪費的投入資源愈多。如果某一環境變數對投入差額的影響

為負向時，代表貨櫃港埠處於此環境條件下，會減少投入差額，即相對具有較高的生產效率。反之，若某一環境變數對投入差額值的影響是正向時，代表貨櫃港埠處於此環境下會增加其投入差額，浪費愈多的投入資源，即相對具有較低的生產效率。本研究經依據受評港埠各年度的各項投入差額個別分開估計，所得到的第二階段 SFA 迴歸分析結果整理如表 5.2。

表 5. 2SFA 迴歸係數估計結果

解釋變數	船席數之差額	碼頭水深之差額	貨櫃場總面積之差額	橋式起重機之差額	櫃場搬運機具數之差額
Constant	-0.3637 (-0.3618)	4.3847 (4.1872)	-0.0226 (-0.0226)	1.0498 (1.0709)	-5.9276 (-0.0640)
進出口貿易總值	-0.0039*** (-13.5367)	-0.0002 (-1.3687)	-221.0097 (-1.2012)	-0.0066*** (-14.8580)	-0.0587*** (-2.8295)
港口裝卸作業制度	0.0960 (0.0962)	-1.2206 (-1.7035)	-0.0053 (-0.0053)	2.3971*** (2.6704)	175.8830** (2.3831)
貨櫃港埠區位	-2.0909 (-1.9106)	-4.2038*** (-6.2144)	-0.0626 (-0.0625)	-4.0013*** (-5.9792)	-786.6618*** (-4.3332)
Sigma-squared	229.4347*** (229.3610)	1.9800*** (4.6103)	0.8670 (1.0842)	1022.609*** (1022.6712)	43837.28*** (41880.935)

註：1.***達顯著水準 1%；**達顯著水準 5%。2.括弧內為 t 值。

由表 5.2 中可以明顯發現對貨櫃港埠而言，進出口貿易總值對五項投入差額(船席數、碼頭水深、貨櫃場總面積、橋式起重機和櫃場搬運機具數)皆呈現為負向影響，統計檢定值則顯示進出口貿易總值對於船席數(S_1)、橋式起重機(S_4)和櫃場搬運機具數量(S_5)有顯著負相關，顯示此三項投入差額對於貨櫃港埠之生產效率有顯著意義之影響，亦即貨櫃港埠之國家進出口貿易總值愈高，會減少船席數(S_1)、橋式起重機(S_4)和櫃場搬運機具數量(S_5)等投入資源的差額，即該貨櫃港埠所處國家之總體經濟表現愈佳，此貨櫃港埠的生產效率愈高。

而港口裝卸作業制度則僅對橋式起重機(S_4)和櫃場搬運機具數(S_5)有顯著正相關，表示港口裝卸作業制度屬於完全民營之貨櫃港埠，對於此兩項投入資源有過多的情況，亦即若貨櫃港埠之裝卸作業制度為完全民營者，可能因其對於橋式起重機(S_4)和櫃場搬運機具數量(S_5)的投入資源過多，而造成其生產效率愈低。

至於貨櫃港埠區位則對五項投入差額(船席數、碼頭水深、貨櫃場總面積、橋式起重機和櫃場搬運機具數量)有顯著的負向影響，表示位於競爭區位之貨櫃港埠，會減少投入資源的差額，即該貨櫃港埠若處於海運市場中黃金三角之區位，則此貨櫃港埠的生產效率愈高。其中貨櫃港埠區位對碼頭水深(S_2)、橋式起重機(S_4)和櫃場搬運機具數量(S_5)的影響為顯著負相關，顯示此三項投入差額對於貨櫃港埠之生產效率有顯著意義之影響。

經過 SFA 模式估計後，將環境變數的估計係數與隨機干擾項透過(3.8)式的調整，將廠商調整為相同的環境條件與隨機干擾因素。以第一個中括號來看，目的是將貨櫃港埠調整於相同的環境條件；就上述的係數分析來看，係數為負的表示環境變數對投入差額的影響為負向的，即此環境變數會減少投入資源的浪費，則此為優勢的環境；反之，係數為正表示貨櫃港埠在此環境下會增加投入資源的浪費，此為劣勢的環境。由此可知， $z_l \hat{\beta}^i$ 愈大，表示貨櫃港埠處於愈差的環境，而 $z_l \hat{\beta}^i$ 愈小，表示貨櫃港埠處於較佳的環境；根據(3.8)式的含意，處於較佳環境的貨櫃港埠，其所增加的投入愈多，此目的是將此類型之貨櫃港埠的環境條件調整為與環境較差的貨櫃港埠一致。第二個中括弧的作法亦同，將各貨櫃港埠調整為相同的隨機干擾條件。

$$x_{il}^A = x_{il} + \left[\max_l \{ z_l \hat{\beta}^i \} - z_l \hat{\beta}^i \right] + \left[\max_l \{ \hat{v}_{il} \} - v_{il} \right] \quad (3.8)$$

$$i = 1, \dots, M \quad l = 1, \dots, N$$

本研究的五個投入項經(3.8)式的調整後，將此新的投入項與原來第一階段所使用的產出項，再代入 DEA 模式中，重新估計貨櫃港埠之相對效率值，此新的效率值則是去除了環境變數與隨機干擾的影響，純粹為貨櫃港埠本身受到管理所影響之效率值。

5.3 第三階段調整的 DEA 效率評估結果分析

本研究同樣經由 DEAP 軟體所運算之結果，可得知第三階段調整後之 DEA 效率分析結果，並將其整理於表 5.3。從表 5.3 可觀察到，以 CCR 模式所分析之技術效率結果 2000 年之林查邦港、2001 年之香港、2002 年之上海港、2003 年之香港、上海港、深圳港、廣州港以及新加坡港之技術效率值為 1，其餘之港埠皆為相對無效率之港埠。而由 BCC 模式進行之純技術效率的分析結果則可發現 2000 年之上海港、廣州港、廈門港、寧波港、高雄港、基隆港、林查邦港、2001 年之香港、上海港、廣州港、廈門港、寧波港、基隆港、2002 年之上海港、廣州港、廈門港、寧波港、基隆港、2003 年之香港、上海港、深圳港、廣州港、廈門港、寧波港、基隆港與新加坡皆為相對具有純技術效率之港埠。此外，從 BCC 模式中同時分析出規模效率值為 1 之港埠有 2000 年之林查邦港、2001 年之香港、2002 年之上海港、2003 年之香港、上海港、深圳港、廣州港與新加坡港。然而，技術效率、純粹技術效率與規模效率值皆達到相對有效率(效率值=1)的港埠有 2000 年之林查邦港、2001 年之香港、2002 年之上海港、2003 年之香港、上海港、深圳港、廣州港以及新加坡港，代表這些貨櫃港埠在投入要素的使用上呈現有效率，且產出與投入要素比例適當，而達到最適生產規模。

此外，由於技術效率為純粹技術效率與規模效率的乘積，因此技術無效率的來源可能為純粹技術無效率或規模無效率造成的。從各 DMU 的效

率值來看每個貨櫃港埠的純粹技術效率值皆大於規模效率，即純粹技術效率值與 1(完全純粹技術效率值)之間的差距(即純粹技術無效率部分)小於規模效率值與 1 之間的差距(即規模無效率部分)，此代表技術無效率的來源主要是因為貨櫃港埠未處於最適規模所造成的，而非貨櫃港埠在投入要素上無法有效運用之純粹技術無效率所造成的。此結果顯示，改善貨櫃港埠的技術無效率最好根據其位於規模報酬遞增或遞減階段，調整其生產規模，藉以提高其技術效率。

表 5.3 各 DMU 第三階段調整的 DEA 效率分析表

年度	DMU	技術效率	純粹技術效率	規模效率
2000 年	香港	0.989	0.993	0.996
	上海	0.683	1.000	0.683
	深圳	0.377	0.790	0.477
	青島	0.401	0.913	0.439
	天津	0.308	0.891	0.345
	廣州	0.516	1.000	0.516
	廈門	0.272	1.000	0.272
	大連	0.201	0.954	0.210
	寧波	0.220	1.000	0.220
	高雄	0.979	1.000	0.979
	基隆	0.556	1.000	0.556
	台中	0.247	0.841	0.293
	新加坡	0.963	0.992	0.971
	東京	0.307	0.836	0.367
	橫濱	0.205	0.809	0.253
	神戶	0.144	0.796	0.181
	名古屋	0.295	0.865	0.340
	釜山	0.520	0.761	0.683
	林查邦	1.000	1.000	1.000
	巴生港	0.354	0.788	0.450
PTP	0.111	0.896	0.124	

表 5.3 各 DMU 第三階段調整的 DEA 效率分析表(續 1)

年度	DMU	技術效率	純粹技術效率	規模效率
2001 年	香港	1.000	1.000	1.000
	上海	0.770	1.000	0.770
	深圳	0.479	0.790	0.606
	青島	0.504	0.914	0.551
	天津	0.362	0.891	0.406
	廣州	0.625	1.000	0.625
	廈門	0.295	1.000	0.295
	大連	0.216	0.954	0.226
	寧波	0.295	1.000	0.295
	高雄	0.934	0.946	0.987
	基隆	0.517	1.000	0.517
	台中	0.233	0.841	0.277
	新加坡	0.887	0.888	0.998
	東京	0.296	0.836	0.354
	橫濱	0.184	0.805	0.228
	神戶	0.133	0.871	0.152
	名古屋	0.317	0.923	0.344
	釜山	0.471	0.750	0.629
	林查邦	0.318	0.810	0.393
	巴生港	0.405	0.787	0.514
PTP	0.434	0.867	0.500	

表 5.3 各 DMU 第三階段調整的 DEA 效率分析表(續 2)

年度	DMU	技術效率	純粹技術效率	規模效率
2002 年	香港	0.944	0.959	0.984
	上海	1.000	1.000	1.000
	深圳	0.718	0.881	0.815
	青島	0.480	0.878	0.547
	天津	0.435	0.892	0.488
	廣州	0.787	1.000	0.787
	廈門	0.440	1.000	0.440
	大連	0.239	0.955	0.251
	寧波	0.453	1.000	0.453
	高雄	0.856	0.939	0.912
	基隆	0.546	1.000	0.546
	台中	0.169	0.869	0.195
	新加坡	0.928	0.959	0.968
	東京	0.310	0.836	0.371
	橫濱	0.181	0.802	0.225
	神戶	0.130	0.758	0.171
	名古屋	0.327	0.927	0.353
	釜山	0.568	0.761	0.747
	林查邦	0.374	0.810	0.462
	巴生港	0.494	0.753	0.655
PTP	0.563	0.883	0.637	

表 5.3 各 DMU 第三階段調整的 DEA 效率分析表(續 3)

年度	DMU	技術效率	純粹技術效率	規模效率
2003 年	香港	1.000	1.000	1.000
	上海	1.000	1.000	1.000
	深圳	1.000	1.000	1.000
	青島	0.408	0.735	0.555
	天津	0.544	0.896	0.607
	廣州	1.000	1.000	1.000
	廈門	0.586	1.000	0.586
	大連	0.205	0.856	0.239
	寧波	0.669	1.000	0.669
	高雄	0.953	0.977	0.976
	基隆	0.570	1.000	0.570
	台中	0.177	0.869	0.204
	新加坡	1.000	1.000	1.000
	東京	0.349	0.831	0.420
	橫濱	0.188	0.790	0.238
	神戶	0.124	0.759	0.163
	名古屋	0.400	0.941	0.425
	釜山	0.646	0.772	0.836
	林查邦	0.195	0.719	0.271
	巴生港	0.343	0.730	0.469
PTP	0.894	0.972	0.920	

為進一步分析第一階段與第三階段的效率值是否有顯著差異存在，本研究利用 t 檢定來檢定第一階段與第三階段之平均技術效率、純粹技術效率與規模效率，其檢定結果如表 5.4 所示。

表 5.4 第一階段與第三階段效率值之差異檢定

項目	技術效率	純粹技術效率	規模效率
統計檢定			
t 值	2.499***	4.424***	-7.581***
P 值	0.014	0.000	0.0000

註：1.***達顯著水準 1% 以上。

表 5.4 之檢定結果顯示，第三階段的技術效率值、純粹技術效率與規模效率值皆顯著大於第一階段的對應效率值。此結果表示環境變數與隨機干擾對效率值確實有影響，因此如要評估貨櫃港埠的技術效率，應該以第三階段的結果為主要依據，以提供較正確的資訊。故本研究乃以第三階段的結果來進行以下之各項分析：

一、效率分析

技術效率為純粹技術效率與規模效率的乘積，代表貨櫃港埠的整體經營效率。純粹技術效率指各貨櫃港埠在投入項目上能否有效運用，以達投入最小化或產出最大化，其值表示投入要素在使用上的效率，值愈高代表該貨櫃港埠在投入要素之使用上愈有效率，而規模效率則是代表貨櫃港埠之產出與投入的比例是否適當，其值愈高表示規模愈適合，生產力也愈大。由此可知，貨櫃港埠之技術效率包含了純粹技術效率與規模效率，因此唯有同時達到純粹技術效率與規模效率，才可能達到真正有效率。而為了能夠更深入的探討各貨櫃港埠之作業績效表現，本研究利用 K 平均數法分別針對各貨櫃港埠 2000 年~2003 年各種效率之平均值進行集群分析，並進一步依其分群結果來探討各貨櫃港埠之效率表現。

1. 技術效率

以 K 平均數法將 2000 年~2003 年各貨櫃港埠之平均技術效率分群之結果如表 5.5 所示。由表 5.5 之分析結果發現所有的受評港埠可區分為三個群組，香港、新加坡港、高雄港、上海港與廣州港等五個港埠屬於同一群組，這五個港埠在技術效率方面有相對較佳之表現，可歸類為相對高效率之群組。而深圳港、釜山港、基隆港、PTP 港、林查邦港、青島港、天津港、寧波港、廈門港與巴生港同屬於另一群組，由其技術效率之平均值可發現，這幾個港埠之技術效率值雖不是最低，卻距離效率前緣(效率值=1)仍有一段距離，顯見其相對技術效率尚有進步與改善的空間。此外，名古屋港、東京港、大連港、台中港、橫濱港與神戶港又同屬於另一群組，這些貨櫃港埠之技術效率表現相對最差，必須針對其技術無效率之原因進行大幅度的調整才有可能達到效率前緣。

表 5.5 技術效率集群分析統計量表

群組別	受評港埠	平均數	範圍
群組一	香港、新加坡港、高雄港、上海港、廣州港	0.890	0.732~0.983
群組二	深圳港、釜山港、基隆港、PTP 港、林查邦港、青島港、天津港、寧波港、廈門港、巴生港	0.478	0.399~0.644
群組三	名古屋港、東京港、大連港、台中港、橫濱港、神戶港	0.232	0.133~0.335
F 檢定	83.038(0.000)***		

註：1.()內為 p 值。2. ***達顯著水準 1%。

2.純粹技術效率

由表 5.3 中可明顯的看出在純粹技術效率方面之表現，各貨櫃港埠之純粹技術效率值都在 0.7 以上，表示亞太地區之貨櫃港埠在純粹技術效率之表現上，皆有相當水準。然而同樣以 K 平均數法將 2000 年~2003 年各貨櫃港埠之平均純粹技術效率分群結果(如表 5.6)，則可發現上海港、廣州港、基隆港、寧波港、廈門港、香港、高雄港與新加坡港等貨櫃港埠，屬於同一群組，其平均之純粹技術效率值為 0.989，相當接近 1，也就是這些貨櫃港埠只需要在投入資源運用方面稍加改善，便能達到有效率的狀態。而名古屋港、天津港、PTP 港、青島港、台中港、東京港、林查邦港、深圳港與大連港，又屬於同另一群組，其相對之平均純粹技術效率值為 0.877，顯見其雖與上一群組有所差別，且距效率前緣仍有一段小差距，但這些貨櫃港埠之純粹技術效率表現尚可接受，同樣也是只需要在投入資源運用方面稍加改善，便能達到有效率的狀態。橫濱港、神戶港、釜山港與巴生港同屬於第三個群組，這四個貨櫃港埠之純粹技術效率表現相對較差，顯示其投入資源相對有比較嚴重的浪費現象，因此呈現純粹技術效率相對較低之狀況。

表 5.6 純粹技術效率集群分析統計量表

群組別	受評港埠	平均數	範圍
群組一	上海港、廣州港、基隆港、寧波港、廈門港、香港、高雄港、新加坡港	0.989	0.960~1.000
群組二	名古屋港、天津港、PTP 港、青島港、台中港、東京港、林查邦港、深圳港、大連港	0.877	0.835~0.930
群組三	橫濱港、神戶港、釜山港、巴生港	0.781	0.765~0.802
F 檢定	87.029(0.000)***		

註：1.()內為 p 值。2. ***達顯著水準 1%。

3.規模效率

表 5.3 顯現各貨櫃港埠之規模效率值有比較大的差異，不像純粹技術效率值之分佈較為集中，經以 K 平均數法將 2000 年~2003 年各貨櫃港埠之平均規模效率分群之結果(表 5.7)，香港、新加坡港、高雄港與上海港等四個貨櫃港埠屬於同一群組，且這四個貨櫃港埠在規模效率方面有相對較佳之表現，可歸類為相對高效率之群組，且其平均規模效率值高達 0.952，因此只要在投入產出比例稍加調整便能達到最有效率的狀態。而廣州港、深圳港、釜山港、基隆港、PTP 港、林查邦港、青島港、天津港與巴生港

則屬於第二群組，由其技術效率之平均值可發現，這幾個貨櫃港埠之技術效率值雖不是最低，卻距離效率前緣(效率值=1)仍有一段距離，顯見其相對規模效率尚有進步與改善的空間。最後，寧波港、廈門港、名古屋港、東京港、大連港、台中港、橫濱港與神戶港則屬於第三群組，這些貨櫃港埠之規模呈現嚴重無效率之情形，亦為造成技術無效率最主要的原因，因此這些貨櫃港埠在投入產出比例上應當進行大幅度的調整。此外，值得注意的是各貨櫃港埠之平均規模效率分群之結果與其技術效率分群之結果幾乎一致，因此可推測造成大多數亞太地區貨櫃港埠技術無效率之主因係由於規模無效率所致。

表 5.7 規模效率集群分析統計量表

群組別	受評港埠	平均數	範圍
群組一	香港、新加坡港、高雄港、上海港	0.952	0.960~1.000
群組二	廣州港、深圳港、釜山港、基隆港、PTP 港、林查邦港、青島港、天津港、巴生港	0.590	0.462~0.732
群組三	寧波港、廈門港、名古屋港、東京港、大連港、台中港、橫濱港、神戶港	0.303	0.167~0.409
F 檢定	63.777(0.000)***		

註：1.()內為 p 值。2.***達顯著水準 1%。

綜合上述之分析結果，不難發現整體而言，香港、新加坡港、高雄港與上海港等四個貨櫃港埠，在亞太地區的貨櫃港埠作業績效表現上皆屬於標竿型之貨櫃港埠，是其他貨櫃港埠可以參考學習之對象，這些貨櫃港埠不論在技術效率、純粹技術效率以及規模效率之表現皆高達 0.9 以上，雖未全部達到效率前緣，但僅須分別針對其造成技術無效率之主因，加以微調即可達到效率前緣，成為相對有效率(效率值=1)之貨櫃港埠。其中值得注意的是，廣州港、基隆港、寧波港與廈門港在純粹技術效率方面年年都達效率前緣，而大連港則是除 2003 年之外，其餘皆達 0.95 以上，然而這四個貨櫃港埠在技術效率與規模效率之表現上皆不盡理想，其中大連港在這兩項效率之分群上皆屬於相對效率最低之群組，而寧波港與廈門港則是在規模效率上表現最差，此結果顯示造成其技術無效率之主因為規模無效率，亦即這些貨櫃港埠作業之產出與投入要素比例不適當所致。為能更正確的掌握造成各貨櫃港埠技術無效率之主因，本研究將其綜合整理如表 5.8。由表中可清楚的顯示出造成絕大多數的貨櫃港埠技術無效率的主要原因皆為規模無效率所導致。

表 5.8 貨櫃港埠相對無技術效率主因表

年度	DMU	純粹技術效率	規模效率
2000 年	香港	◎	
	上海		◎
	深圳		◎
	青島		◎
	天津		◎
	廣州		◎
	廈門		◎
	大連		◎
	寧波		◎
	高雄		◎
	基隆		◎
	台中		◎
	新加坡		◎
	東京		◎
	橫濱		◎
	神戶		◎
	名古屋		◎
	釜山		◎
	巴生港		◎
	PTP		◎

表 5.8 貨櫃港埠相對無技術效率主因表(續 1)

年度	DMU	純粹技術效率	規模效率
2001 年	上海		◎
	深圳		◎
	青島		◎
	天津		◎
	廣州		◎
	廈門		◎
	大連		◎
	寧波		◎
	高雄	◎	
	基隆		◎
	台中		◎
	新加坡	◎	
	東京		◎
	橫濱		◎
	神戶		◎
	名古屋		◎
	釜山		◎
	林查邦		◎
	巴生港		◎
	PTP		◎

表 5.8 貨櫃港埠相對無技術效率主因表(續 2)

年度	DMU	純粹技術效率	規模效率
2002 年	香港	◎	
	深圳		◎
	青島		◎
	天津		◎
	廣州		◎
	廈門		◎
	大連		◎
	寧波		◎
	高雄		◎
	基隆		◎
	台中		◎
	新加坡	◎	
	東京		◎
	橫濱		◎
	神戶		◎
	名古屋		◎
	釜山		◎
	林查邦		◎
	巴生港		◎
	PTP		◎
2003 年	青島		◎
	天津		◎
	廈門		◎
	大連		◎
	寧波		◎
	高雄	◎	
	基隆		◎
	台中		◎
	東京		◎
	橫濱		◎
	神戶		◎
	名古屋		◎
	釜山	◎	
	林查邦		◎
	巴生港		◎
PTP		◎	

二、規模報酬分析

CCR 模式是在假設固定規模報酬下求算各 DMU 的相對效率值，在此情況下，DMU 的無效率營運可能是源自於不同規模報酬的營運，當 $\sum \lambda$ 值等於 1 為固定規模報酬，而不為 1 時，規模報酬可能遞減或遞增，且其值與 1 的差距愈大，表示遞減或遞增的情形愈明顯，依此判斷原則，發現全部 DMU 有固定、遞增及遞減之三種規模報酬，其中規模報酬遞增的 DMU，由於產出增加率大於投入增加率，可適度增加各項投入要素；反之，規模報酬遞減之 DMU，由於產出增加率小於投入增加率，則可酌予減少各項投入要素。

根據 BCC 模式分析結果(表 5.9)，規模報酬固定的貨櫃港埠有 2000 年之林查邦港、2001 年之香港、2002 年之上海港、2003 年之香港、上海港、深圳港、廣州港與新加坡港，表示這些貨櫃港埠營運規模處於合適的狀態；而規模報酬遞減的貨櫃港埠只有 2000 年之高雄港、新加坡港、2001 年之高雄港與 2003 年之高雄港與新加坡港，表示這些港埠必須減少營運投入，以避免投入資源的浪費，其餘港埠在研究期間則多數呈現規模報酬遞增狀況，表示這些港口必須適度增加各項投入要素，使營運處於合適的規模。



表 5.9 規模報酬分析表

年度 貨櫃港埠	2000 年	2001 年	2002 年	2003 年
香港港	遞增	固定	遞增	固定
上海港	遞增	遞增	固定	固定
深圳港	遞增	遞增	遞增	固定
青島港	遞增	遞增	遞增	遞增
天津港	遞增	遞增	遞增	遞增
廣州港	遞增	遞增	遞增	固定
廈門港	遞增	遞增	遞增	遞增
大連港	遞增	遞增	遞增	遞增
寧波港	遞增	遞增	遞增	遞增
高雄港	遞減	遞減	遞增	遞減
基隆港	遞增	遞增	遞增	遞增
台中港	遞增	遞增	遞增	遞增
新加坡港	遞減	遞增	遞增	固定
東京港	遞增	遞增	遞增	遞增
橫濱港	遞增	遞增	遞增	遞增
神戶港	遞增	遞增	遞增	遞增
名古屋港	遞增	遞增	遞增	遞增
釜山港	遞增	遞增	遞增	遞增
林查邦港	固定	遞增	遞增	遞增
巴生港	遞增	遞增	遞增	遞增
PTP	遞增	遞增	遞增	遞增

三、綜合分析

由表 5.3 各 DMU 第三階段調整的 DEA 效率分析表中，針對技術效率值表現來進一步探究高雄港相對效率低之原因。2000 年、2001 年、2002 年與 2003 年之高雄港在技術效率的表現上皆屬於相對無效率，其中高雄港在 2002 年之技術效率值的表現上相對其他年度來的低，顯示 2002 年之高雄港在貨櫃港埠之作業效率上不盡理想，深入探討其技術效率相對較低之主因，可以發現 2000 年與 2002 年之高雄港在純粹技術效率之表現上大於規模效率，即高雄港這兩年在技術效率表現上屬相對低之主因為規模無效率所造成的，此表示高雄港在這兩年的產出與投入要素比例無法達到最適規模，另一方面從表 5.9 的規模報酬分析表中，可得知高雄港在 2000 年之規模報酬為遞減的情形，亦即其可減少貨櫃港埠營運之各項投入要素，使其投入及產出之間的比例達到最適規模；而高雄港在 2002 年之規模報酬為遞增的情形，亦即其必須增加投入資源，使其投入及產出之間的比例達到最適規模。

此外，2001 年與 2003 年之高雄港在純粹技術效率之表現上小於規模效率，即高雄港這兩年在技術效率表現上屬相對低之主因為純粹技術無效率所造成的，此顯示高雄港這兩年之投入資源無法有效使用，從投入產出基本資料表中可以發現，2001 年高雄港的貨櫃場面積高達 199 公頃，遠大於 2001 年上海港的 86 公頃，但在櫃場搬運機具方面，2001 年高雄港的 118 台卻少於 2001 年上海港的 127 台；同樣的情形也發生在 2003 年的高雄港，2003 年高雄港的貨櫃場面積大於 2003 年深圳港的 118 公頃，而在櫃場搬運機具方面，2003 年高雄港的 140 台卻少於 2003 年深圳港的 169 台，此現象表示 2001 年與 2003 年的高雄港在後線部份皆擁有較多的土地資源，卻沒有足夠的櫃場搬運機具來運作，造成後線作業無法及時配合前線系統的運作，造成整個投入資源的運作較 2001 年之上海港與 2003 年之深圳港無效率，因此其可增加櫃場搬運機具，並予以配置在適當的貨櫃場，進而藉此善用貨櫃場的土地資源，並避免因無足夠搬運機具，造成作業上的延滯，如此一來才有足夠的貨櫃搬運機具來配合其他投入資源以達到資源有效運用。

由表 5.3 各 DMU 第三階段調整的 DEA 效率分析表中，可得知 2000 年、2001 年、2002 年與 2003 年之基隆港在技術效率的表現上皆屬於相對無效率，且相對技術效率值皆僅達 0.5 左右，顯示基隆港之技術效率表現不佳，然而進一步探究其技術效率相對不佳之原因，不難發現 2000 年、2001 年、2002 年與 2003 年基隆港之純粹技術效率值皆達相對有效率，即效率值為 1，實屬相對有效率的表現，此結果表示 2000 年、2001 年、2002 年與 2003 年基隆港技術無效率之主因皆為規模無效率所致，此表示基隆港在這四年的產出與投入要素比例無法達到最適規模，另一方面從表 5-11 的規模報酬分析表中，可得知基隆港在 2000 年、2001 年、2002 年與 2003 年之規模報酬皆為遞增的情形，亦即其必須增加投入資源，使其投入及產出之間的比例達到最適規模。

此外，台中港的部分經由各項分析數值可發現，2000 年、2001 年、2002 年與 2003 年台中港之技術效率、純粹技術效率與規模效率皆呈現相對無效率的情形，尤其是台中港在這四年的規模效率表現上皆僅約 0.2 左右，離固定規模效率值 1 仍有一段差距，表示台中港的產出與投入要素比例無法達到最適規模，因此造成台中港技術無效率的原因為規模的無效率，另一方面，從規模報酬分析表中可得知 2000 年、2001 年、2002 年與 2003 年台中港皆為規模報酬遞增的情況，亦即其必須增加投入資源，使其投入及產出之間的比例達到最適規模。

第六章 結論與建議

本研究以 Fried et al.(2002)提出之三階段 DEA 調整法評估亞太地區貨櫃港埠的生產技術效率。其特點在於可將傳統 DEA 評估的結果，透過 SFA 的模式將環境變數與隨機干擾的影響去除，調整貨櫃港埠的投入項，最後將調整的投入向與原始產出項再帶入 DEA 模式重新估算效率值，而最後所計算出的效率值，則只有管理上的效率在影響貨櫃港埠的效率表現。本研究分別針對 2000 年~2003 年亞太地區貨櫃港埠之三階段估計結果進行分析，並比較第一階段與第三階段的效率差異，且進一步探討國內貨櫃港埠之效率表現，針對國內貨櫃港埠的貨櫃作業績效提出改善對策。

6.1 結論

本研究之主要結果可歸納為以下四大項：

一、第一階段效率評估結果

第一階段的分析結果發現，所有受評單位之技術效率、純粹技術效率與規模效率的平均值分別為 0.504、0.898 以及 0.549。另外大多數受評單位的純粹技術效率皆大於規模效率，表示影響技術無效率的主要因素為規模無效率，即貨櫃港埠在港埠作業之產出與投入要素比例不適當，造成未達到最適生產規模，而貨櫃港埠在投入要素上無法有效運用之影響較小。惟此一階段的效率值隱含外在環境因素與隨機干擾的影響，不必然代表各港埠本身的管理效率。

二、第二階段調整投入差額分析

第二階段所選擇的各項環境變數，經以 SFA 迴歸分析結果，其影響如下。

1. 進出口貿易總值對五項投入差額；包括船席數、碼頭水深、貨櫃場總面積、橋式起重機和櫃場搬運機具數量，皆為負向影響，表示貨櫃港埠之全國進出口貿易總值愈高，會減少投入資源的差額，即其貨櫃港埠的生產效率愈高。統計檢定結果並顯示進出口貿易總值對於船席數、橋式起重機和櫃場搬運機具數有顯著的影響。
2. 港口裝卸作業制度則對橋式起重機和櫃場搬運機具數量有顯著正相關，表示港口裝卸作業制度屬於完全民營之貨櫃港埠，對於此兩項投入資源往往有過多的情況，因而降低其生產效率。
3. 貨櫃港埠區位對五項投入差額亦皆為負向影響，表示位於競爭區位之貨櫃港埠，會減少投入資源的差額，即處於海運市場中黃金三角地區之貨櫃港埠的生產效率相對較高。統計檢定結果並顯示港埠區位對船席數、碼頭水深、橋式起重機和櫃場搬運機具數量具有顯著負相關。

三、第三階段效率評估結果

1. 效率分析

整體而言，香港、新加坡港、高雄港與上海港等四個貨櫃港埠，在亞太地區的貨櫃港埠作業績效表現上皆屬於標竿型之貨櫃港埠，是其他貨櫃港埠可以參考學習的對象。這四個貨櫃港埠不論在技術效率、純粹技術效率以及規模效率之表現皆高達 0.9 以上，雖未全部達到效率前緣，但仍屬相對最有效率的一群，僅須分別針對其造成技術無效率之主因，加以微調即可達到效率前緣。另一方面，絕大多數的貨櫃港埠其技術無效率最主要的原因為規模無效率所造成的，顯示這些貨櫃港埠之產出與投入要素比例不適當，而未能達到最適生產規模。

2. 規模報酬分析

規模報酬遞增的受評單位由於產出增加率大於投入增加率，可適度增加貨櫃船席數、碼頭水深、貨櫃場總面積、橋式起重機數量、櫃場搬運機具數等各項投入資源；規模報酬遞減的受評單位則反之。在亞太地區之貨櫃港埠中絕大多數屬規模報酬遞增的情形，這些貨櫃港埠可藉由增加資源的投入，改善其營運績效。值得注意的是，高雄港近年的規模報酬皆呈現遞減的情況，因此不宜再增加資源的投入，以避免不必要的浪費。而香港、上海港、深圳港、廣州港與新加坡等港，其近年的規模報酬則呈現固定的狀態，亦即這些貨櫃港埠的營運規模均處於合適的狀態。

四、國內貨櫃港埠之分析結果

1. 高雄港

高雄港 2003 年的技術效率無法達到效率前緣的主因為純粹技術效率所造成的，從投入產出基本資料中可以發現，高雄港的貨櫃場面積大於深圳港的 118 公頃，而在櫃場搬運機具方面，高雄港的 140 台卻少於深圳港的 169 台，造成整個投入資源的運作較深圳港無效率，因此在貨櫃場面積不變的前提下，可進一步評估是否有增加櫃場搬運機具的必要，並予以配置在適當的貨櫃場，以達到整體資源的有效運用。

2. 基隆港

基隆港在技術效率的表現上屬於相對無效率，且 2003 年之相對技術效率值僅達 0.5 左右，顯示基隆港之技術效率表現不佳，進一步探究其技術效率相對不佳之原因，主要在於規模無效率所致，表示基隆港的產出與投入要素比例無法達到最適規模，另一方面從規模報酬分析表中，亦可得知基隆港在近年之規模報酬皆為遞增的情形，亦即其可藉由增加投入資源的方式改善其規模效率與整體生產效率。基隆港最缺乏的資源在於貨櫃場面積，但受限於環境條件，難以改善。由於台北港之貨櫃中心即將開始營運，宜配合台北港之發展，整體考量。

3. 台中港

台中港近年之技術效率、純粹技術效率與規模效率皆呈現相對無效率的情形，尤其是台中港在 2003 年的規模效率表現上僅約 0.2 左右，表示台中港的產出與投入要素比例無法達到最適規模，有必要針對該港如何提升各項效率進行更深入的研究。

6.2 建議

三階段 DEA 可以作為評估整體效率的有效工具，如果能搜集完整資訊，定期的加以評估，應可從中發現貨櫃港埠之問題與發展潛力，但在使用上仍有其限制，本研究發現以下幾個三階段 DEA 使用上的問題，仍待改進。

一、三階段 DEA 所評估的是相對而非絕對的績效

三階段 DEA 之第一階段與第三階段之分析模式，仍是使用傳統之 DEA 模式，其係就所選定的評估對象作一相對性之比較，因此所得到的結果會因為受評對象之不同而改變。例如本研究以亞太地區貨櫃港埠為評估對象，如果加入其他貨櫃港埠將會產生不同的結果，所增加的對象表現的愈好，原評估的相對效率值愈低，因此在解釋評估結果時應考量此一特性。

二、環境變數之資料限制

在第二階段的迴歸分析中，因受限於資料的取得，尚有未能納入分析的環境因素，例如貨櫃港埠經濟腹地範圍之貨源成長，以及聯外運輸系統等等，如能將各種可能影響貨櫃港埠經營績效之環境因素皆納入研究，其結果將更具完整性。

三、投入產出資料之限制

生產效率的評估會受投入產出項目之選取所影響，然而由於本研究是以亞太地區貨櫃港埠為研究對象，而國外港埠的相關資料取得不易，會因數據資料不完整而將投入產出項目及受評港埠進行調整，因此建議主管機關應針對亞太地區之港埠，設法定期收集完整的資料，以便了解國外競爭港埠的發展動態，並可作為類似研究的基礎，提供更為準確客觀的相關建議。

參考文獻

1. 王景慧,『調整外生變數對本國銀行成本效率影響—三階段 DEA 方法應用』,嶺東技術學院財務金融研究所碩士論文,2004。
2. 李怡容,『基隆港貨櫃場生產效率評估模式之研究:資料包絡分析法的應用』,國立交通大學交通運輸研究所碩士論文,1995。
3. 李選士、周明道、郭森桂,『應用資料包絡分析評估亞太地區貨櫃港效率』,航運季刊,2003,第12卷,第4期,頁81-105。
4. 杜珮宜,『台灣地區銀行合併效率之分析—三階段 DEA 模型之應用』,國立中央大學產業經濟研究所碩士論文,2003。
5. 周明道、李選士、林光,『應用跨期遞迴資料包絡分析法評估兩岸三地貨櫃港埠生產效率』,航運季刊,2004,第13卷,第4期,頁71-86。
6. 林國棟、盧華安,『應用資料包絡分析法評量港埠經營績效之研究』,航運季刊,2004,第13卷,第3期,頁43-68。
7. 洪鈺皓,『台灣地區高等技職院校之效率評估』,國立台灣大學農業經濟研究所碩士論文,2004。
8. 洪鈺真,『內外部風險對銀行業效率之影響』,東吳大學經濟學系碩士論文,2004。
9. 高強、黃旭男,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,2003。
10. 郭建男,『應用包絡分析法評估亞太地區貨櫃港埠作業績效之研究』,國立交通大學交通運輸研究所碩士論文,2002。
11. 郭森桂,『遞迴式資料包絡分析方法之研究』,國立海洋大學航運管理研究所碩士論文,2003。
12. 郭峻韶,『台灣地區公私立大學院校之效率差異研究—應用調整環境變數與干擾項之資料包絡分析法』,東吳大學會計學系碩士論文,2003。
13. 曹雅琹,『探討資本適足性對銀行成本效率之影響—三階段 DEA 之應用』,國立嘉義大學管理研究所博士論文,2004。
14. 黃善界,『資料包絡分析法評估亞太地區貨櫃港埠競爭力之研究』,國立交通大學運輸科技與管理研究所碩士論文,2005。
15. 黃玉梅,『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,2001。
16. 黃筠娟,『金融控股公司財務面之績效評估—三階段資料包絡分析法

- (DEA)之應用』，東吳大學經濟學系碩士論文，2004。
17. 黃添俊，『對外直接投資與智慧資本的研究—三階段資料包絡法的應用』，暨南國際大學國際企業學系碩士論文，2005。
 18. 曾兆君，『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研究所碩士論文，2003。
 19. 曾立安，『國際貨櫃港埠經營效率分析：以 SFA 及 DEA 之比較』，國立高雄第一科技大學運輸與倉儲營運研究所碩士論文，2004。
 20. 曾尹亭，『技術學院經營效率之評估—以三階段 DEA 法並考量非意欲因素之影響』，東吳大學企業管理學系碩士論文，2005。
 21. 童怡璇，『台灣電子業技術效率分析—三階段資料包絡分析法之應用』，國立中央大學產業經濟研究所碩士論文，2004。
 22. 楊明雪，『調整服務品質變數對 DEA 成本效率衡量之影響—以台灣地區銀行產業資料為例』，嶺東技術學院財務金融研究所碩士論文，2003。
 23. 楊世瑩，SPSS 統計分析實務，初版，旗標出版股份有限公司，台北市，2006。
 24. 廖慧芳，『金控子銀行效率分析—三階段 DEA 模型之應用』，國立中央大學產業經濟研究所碩士在職專班碩士論文，2005。
 25. 蔡文化，『台灣地區國際港埠作業效率比較評估：資料包絡分析法的應用』，國立中山大學企業管理研究所碩士論文，1995。
 26. 盧永祥，『台灣高等技職院校成本結構與經營效率之分析—考量產出品質及組織特性』，國立台灣大學農業經濟研究所碩士論文，2005。
 27. Banker, R. D. and Morey, R. C., 1986a, “Efficiency analysis for exogenously fixed inputs and outputs.” , *Operations Research* , Vol. 34, No. 4, pp 513-521.
 28. Banker, R. D. and Morey, R. C., 1986b, “The use of categorical variables in data envelopment analysis.” , *Management Science* , Vol. 32, No. 12, pp 1613-1627.
 29. Baños, J., Coto, P., and Rodriguez, Á., 1999, “Allocative Efficiency and Over-capitalization: An Application.” , *International Journal of Transport Economics*, Vol. 26, No. 2, pp 181~199.
 30. Charnes, A., Cooper, W.W., and Rhodes, E. (1978) “Measuring the efficiency of decision-making units,” *European Journal of Operational Research*, Vol.2, pp 429-444.

31. Coto, P., Baños, J., and Rodriguez, Á., 2000, “Economic Efficiency in Spanish Ports: Some Empirical Evidence.” , *Maritime Policy and Management* Vol. 27, No. 2, pp 169~174.
32. Cullinane, Kevin, and 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*, Vol. 36, pp 743~762.
33. Cullinane, Kevin, and Song, Dong-Wook, 2003, “A Stochastic Frontier Model of the Productive Efficiency of Korean Container Terminals.” , *Applied Economics*, Vol. 35, pp 251~267.
34. Cullinane Kevin, Teng-Fei Wang, Dong-Wook Song, and Ping Ji, 2006, “The technical efficiency of container ports: Comparing data envelopment analysis and stochastic frontier analysis” , *Transportation Research Part A*, Vol.40, pp 354-374.
35. *Containerization International Yearbook* , 2000~2005 .
36. Estache, Antonio, Gonzalez, Marianela and Trujillo, Lourdes, 2002, “Efficiency Gains from Port Reform and the Potential for Yardstick Competition: Lessons from Mexico.” , *World Development*, Vol. 30, No. 4, pp 545~560.
37. Martinez-Budria E., Diaz-Armas R., Navarro-Ibanez M., and Ravelo-Mesa T., 1999, “A study of the efficiency of Spanish port authorities using data envelopment analysis” , *International Journal of Transport Economics*, Vol. XXVI, No.2, pp237-253.
38. Fried, H. O. and Lovell, C.A. K. ,1996, “Accounting for environmental effects in data envelopment analysis” , Trabajo presentado en Workshop on Efficiency and Productivity, Athens, G. Estados Unidos, 1-3 de Noviembre de 1996.
39. Fried, H. O., S. S. Schmidt and S. Yaisawarng., 1999, “Incorporating the operating environment into a nonparametric measure of technical efficiency.” , *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 12, No. 3, pp 249-267.
40. Fried, Lovell, Schmidt and Yaisawarng, 2002, “Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis.” , *Journal of Productivity Analysis*, Vol. 17, pp 157-174.
41. Hidekazu Itoh, 2002, “Efficiency changes at major container ports in Japan: A window application of data envelopment analysis” , *RYRDS*, Vol.14, No.2, pp133-152.
42. Liu, Zinan, 1995, “The Comparative Performance of Public and Private

Enterprises: The Case of British Ports.” , Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 29, No. 3, pp 263~274.

43. Roll Y., and Hayuth Y., 1993, “Port performance comparison applying data envelopment analysis” , Maritime Policy and Management, Vol.20, No.2, pp 153-161.
44. Tongzon, J. (2001) “Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis,” Transportation Research Part A, Vol. 35, pp 113-128.
45. Timothy J. Coelli et. Al, An Introduction To Efficiency And Productivity Analysis, second edition, Springer, New York, 2005.
46. Timmer, C. P., 1971, “Using a probabilistic frontier production function to measure technical efficiency.” , Journal of Political Economy, Vol. 79, No.4, pp 776-794.
47. Yap, W. Y., and Lam, J.S.L., 2004, “An interpretation of inter-container port relationships from the demand perspective” , Maritime Policy and Management, Vol.31, pp 337-355.
48. Yap, W. Y., and Lam, J.S.L., 2006, “Competition dynamics between container ports in East Asia” , Transportation Research Part A, Vol.40, pp 35-51.

