

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

Evaluating Container Port Efficiency in China and Taiwan Region with the Cross Time RDEA

周明道 Ming-Tao Chou¹

李選士 Hsuan-Shih Lee²

林 光 Kuang Lin³

摘要

中國與東南亞國家，由於土地、勞力相對於其他國家便宜，吸引了大量外資的進駐，貿易量持續高度成長。亞太地區之貨運量占了世界總量的六成，而中國地區更是亞太區域中貨櫃交易數量最多的國家。大陸與台灣因台灣海峽分隔兩地，彼此間因同文同種，而存在著既競爭又合作的特殊關係，因此此地區的海運市場相當值得我們去深入探討。本研究所採用的評估方式為資料包絡分析(Data Envelopment Analysis; DEA)之變形方法；資料包絡分析(Data Envelopment Analysis; DEA)為一種非參數分析法，主要使用數學規劃分析的技巧，有助於本研究找兩岸三地貨櫃港埠客觀資料的效率前緣，根據效率前緣來衡量評估兩岸三地貨櫃港埠生產效率，本研究以資料包絡分析之改進方法，遞迴資料包絡法(Recursive Data Envelopment Analysis; RDEA)對兩岸三地貨櫃港埠近三年生產效率做比較，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之消長，以作為其他研究之參考。

關鍵字：資料包絡分析、遞迴資料包絡法、貨櫃港。

ABSTRACT

In this article, we are going to apply a new procedure based on DEA (Data Envelopment Analysis) called cross time RDEA (Recursive Data Envelopment Analysis) to rank selected container ports in China and Taiwan region. The cross time RDEA is a mathematical programming skill for measuring the relative performance of decision making units (DMUs). Basically, the cross time RDEA is a nonparametric approach that does not require any assumption about the function form of the production function.

¹ 長榮大學航運管理系助理教授、E-mail: mtchou@mail.cju.edu.tw

² 國立台灣海洋大學航運管理系教授、E-mail: hslee@axpl.stm.ntou.edu.tw

³ 國立台灣海洋大學航運管理系教授兼中華航運學會理事長、中華海運研究協會理事長、E-mail: B0031@mail.ntou.edu.tw

However, it is controversy to rank DMUs based on their relative efficiencies, especially when their efficiencies are less than one. In this article, we will compare the ranks of ports obtained by three years' DEA and RDEA respectively and drill down the result to unveil tactical moves needed to improve their efficiencies.

Keywords: DEA (data envelopment analysis), RDEA (recursive data envelopment analysis), container port

壹、前言

中國市場在許多全球化市場中，已逐漸取代傳統的美國市場與歐洲市場成爲另一個受注目的新興市場。許多歐美與日韓知名企業紛紛跨足到大陸市場以謀取商機，因爲這些企業確信競爭者將隨後進入大陸市場，因此積極建立起本身的生產據點。各國的企業開始評估中國市場的生產因素與其他市場的差異，例如土地與勞力相對其他市場而言具有外部競爭優勢存在，而相關法令的配合與勞力素質的不穩定則爲其內部的隱憂。中國市場受到生產全球化(Globalization of Production)風氣的影響，逐漸與其他供應鏈相結合，如銷售供應鏈、決策供應鏈、資訊流與錢流等，結果中國形成了新的世界工廠。爲促進中國市場經濟之發展，自有賴國際貿易之蓬勃發展，進出口貿易爲經濟發展中相當重要的一環，然而進出口貿易與貨物運輸之間關係相當密切，而海運運輸因貨載量大、運費成本低及消耗能源少等特性，遂成爲中國市場貨品進出口的主要運輸管道，而海洋貨櫃運輸對於中國市場經濟發展的重要性更是影響巨大。長久以來，進出口貿易對中國市場經濟發展就十分重要，大陸與東南亞國家，由於土地、勞力相對於其他鄰近國家便宜，因此吸引了大量外資的進駐，貿易量持續高度成長，光是亞太地區之貨運量就占了世界總量的六成，而大陸地區更是此區域中貨櫃交易數量最多的國家，截至 2000 年底，中國沿海擁有萬噸級以上的泊位共 651 個，三萬噸級以上的泊位共 214 個⁴。因此，此大陸地區對於掌管貨櫃進出的港埠，相當值得我們去深入探討其港埠的競爭效率。

效率的比較可以評估港埠之優劣表現，並有助於體認所處的港埠生產效率之位置，過往的研究大部分專注於單一港埠指標或績效值之研究，或者採用質性問卷的方式加以探討與各個港埠之間的競爭關係，若採用單一指標容易忽略其他影響港埠競爭效率之因素，而質性問卷的方式容易加入個人的主觀判斷，因而忽略了貨櫃港埠基本營運效率的相對關係。由於資料包絡分析(Data Envelopment Analysis; DEA)爲一種非參數分析法，主要採用數學規劃的分析技巧，有助於本研究找出兩岸三地貨櫃港埠客觀資料的效率前緣，根據效率前緣來衡量評估兩岸三地貨櫃港生產效率，本研究以資料包絡分析之改進方法，遞迴資料包絡法(Recursive

4 張董宸，定期航運公司經營複合運送之問題與策略分析。航貿週刊，第三十八期，(2002)，p76-81。

Data Envelopment Analysis; RDEA)對兩岸三地貨櫃港近三年生產效率做比較，並整合加以排序分析，以明瞭兩岸三地各個貨櫃港埠生產效率之情況，以作為其他研究之參考。

貳、文獻回顧

Roll 與 Hayuth(1993)對 20 個港埠資料作分析，文中模式採用 DEA 分析法，並列舉了三項港埠投入變數與四項港埠產出變數(表一與表二)，Roll 與 Hayuth 於文中認為 DEA 是研究港埠量化效率指標相當不錯的分析方式。Martinez-Burdia (1999)同樣採用 DEA 分析，並將三項港埠投入變數與四項港埠產出變數(表一與表二)當作其模式之主要投入與產出變數。文章中比較特別的是，其採用五年的資料來分析港埠之間的相對效率，因此本文將採用三年的資料來對兩岸三地各個貨櫃港埠之生產效率做分析，以明瞭在此時期中貨櫃港埠的競爭狀態與效率之改變。Valentine 與 Gray(2001)分別以兩項港埠投入與兩項港埠產出(表一與表二)，運用 DEA 分析比較 1998 年世界前 31 大貨櫃港埠。Tongzon(2001)應用 DEA 分析 4 個澳洲國際港埠與 12 個其他國家之國際港埠之生產效率，文章中並闡述 DEA 的優點，即不需事先決定權重，亦可以擁有多個投入產出之方式進行分析；文章中列舉兩項港埠產出與六項港埠投入，港埠產出依序為貨櫃港 20 呎貨櫃的吞吐量與船舶每小時單位貨櫃搬運個數，六項港埠投入依序為起重機的數量、貨櫃船席的數量、拖船的數量、場棧面積、等待時間與員工數，本文亦根據其所提出之投入產出變數當作本文的部分變數選擇依據，表一與表二所示。Tongzon 將港埠區分成有效率與無效率兩大類型，其中無效率的港埠有莫爾本港、鹿特丹港、橫濱港與大阪港。Teng-Fei(2003)將中國與韓國的港埠加以比較分析，並提出六個港埠投入因子與一個港埠產出因子，本文將影響港埠投入產出生產效率之相關 DEA 指標列於表一與表二。

表 1 影響港埠投入競爭能力之相關 DEA 指標

Roll and Hayuth (1993)	Martinez-Burdia (1999)	Tongzon (2001)	Valentine and Gray (2001)	Teng-Fei 等(2003)
人力資源	勞工支出費用	起重機的數量	總船席長度	碼頭長度
資本	費用折扣	貨櫃船席的數量	貨櫃船席的長度	場棧面積
貨物的單一性	其他支出費用	拖船的數量		橋式起重機的數量
		場棧面積		場棧起重機的數量
		船舶等待時間		跨載機的數量
		港埠員工數		

表 2 影響港埠產出競爭能力之相關 DEA 指標

Roll and Hayuth (1993)	Martinez-Burdia (1999)	Tongzon (2001)	Valentine and Gray (2001)	Teng-Fei 等(2003)
貨物吞吐量	碼頭移動的總貨物量	貨物吞吐量	貨櫃的數量	總吞吐量
服務等級	使用港埠設施所獲得的利潤	船舶工作率	總吞吐量	
使用者滿意度				
船舶機具呼叫之數量				

資料來源：李選士、周明道、郭森桂 (2003)，應用資料包絡分析評估亞太地區貨櫃港效率。航運季刊，第十二卷第四期。p. 83。

其他相關競爭力文章如 Tongzon (1995)運用結構方程式對其所選定之 21 個港埠作統計與資料分析，並評估各個港埠之吞吐量與效率之間的關係，Tongzon 同時估計出各個港埠之效率與吞吐量估計，因此就吞吐量這個變數而言與港埠生產效率有極大的相關連程度。Chien-Chang Chou 等(2003)以 SWOT 分析方法主體，用以分析東亞各個貨櫃港之競爭力，在此篇文章中並未對各個港埠做績效排序，亦無量化模式為輔，實為可惜。Ki-Tae,與 Dong-Wook (2003)運用層級分析法(Alytic Hierarchy Process; AHP)評估 8 個中國港埠與 2 個韓國的港埠，並提出五大準則類型，依序為貨物量、港口硬體設施、港區位置與服務水準等五項，唯文中忽略了客觀的港埠營運實績與生產因素。

參、遞迴資料包絡法

傳統 DEA 於實際衡量應用時，必須考慮不能採用太多投入變數與產出變數，否則將無法達到伯拉圖⁵(Pareto Optimality)最適境界之準則，由於本篇文章所採用的遞迴方式，可以克服準則數太多導致無法衡量排序結果，因此 RDEA 是一相當不錯的衡量方式。

本文採用根據李選士、周明道、郭森桂(2004)的遞迴資料包絡法(Recursive Data Envelopment Analysis; RDEA)來分析兩岸三地貨櫃港生產效率，並加入跨期的因素以判別貨櫃港埠在此時期所處的生產效率為何。遞迴資料包絡法建構在原始的 CCR (Charnes Cooper Rhodes, 1978)模式之上，輔以 Super-efficiency ranking techniques (1993) 加以改良而成，雖然 Super-efficiency ranking techniques 已有改進傳統 DEA 在效率值等於一無法適切的區別 DMU(Decision Making Unit)之效率高，但是 Super-efficiency ranking techniques 尚有些缺陷。第一項缺陷為，其對所

⁵ Pareto, V., Manuel d'Economic Politique, 2nd ed., Girard, Paris, (1927).

有的 DMU 放寬限制尚有不妥，因為每一個被評估之 DMU 來自不同的權重，當限制式同時放寬時，等於同樣一個 DMU 有不同的投入產出比；另一缺陷為，可能某個 DMU 之效率值產生過度的極端化。由於傳統 DEA 無法區分當效率值均等於一時之狀況，因此無法判斷效率值等於一之優劣，而 RDEA 則採用遞迴技巧，將 DMU 之效率值與排列值做有效且合理的演算。RDEA 並將 DMU 效率值等於一的部分採用 Super-efficiency ranking techniques 來排序，以改進原來模式的缺點。在本文中，加入一個跨期的觀念，採用三年之資料做運算，並以三年之結果用來評估此階段之貨櫃港埠之效率。

RDEA 分成三大運算階段，第一部份為運用傳統 DEA 之 CCR 模式，演算出有效率與無效率之 DMU，在有效率的 DMU 部分採用 Super-efficiency method 來演算排序，而無效率的 DMU 部分，再以 DEA 之 CCR 模式區分成有效率與無效率兩部分，以此循環遞迴。第三階段：整合三年來之排序值，並加總三年來所有排序值，最後合併結果，以總結果數值採用愈小愈好加以排序，跨期 RDEA 之第一階段與第二階段演算流程如下所示：

List RDEA_SORT (List L)

```

{
  List EL, NEL;
  If L=NULL then
    Return
  Else
  {
    Rank L descendingly by calculating efficiency scores of DMUs in L with model
      (CCR model) ;
    Break L into EL and NEL two parts, such that EL is the list of DMUs with 1
      while NEL is the list of DMUs with efficiency less than 1;
    Rank EL descendingly by calculating efficiency score of DMUs with model
      ( Super-efficiency ranking techniques model ) , such that EL is the list
      with efficiency equal or greater than 1;
    Return EL+RDEA_SORT (NEL);
  }
}

```

肆、兩岸三地貨櫃港基本現況

本研究所屬的貨櫃港埠基本上可區分成中國與台灣兩岸三地。中國所代表的貨櫃港埠有大連港、青島港、天津港、上海港、廈門港、鹽田港、香港與廣州港等八個中國重要貨櫃港，在台灣所代表的貨櫃港埠有基隆港、台中港與高雄港等

三座代表性的貨櫃港埠，兩岸三地全部共十一個貨櫃港埠。

4.1 中國

中國港埠北方主要代表性國際商港分別有大連港(121°39'E,38°55'N)、天津港(117°58'E,38°59'N)與青島港(120°19'E,36°04'N)，大連港、天津港與青島港歷年貨櫃裝卸量⁶如表三所示。

港口	2000年裝卸量	2001年裝卸量	2002年裝卸量
大連港	1,011,000(61)	1,208,900(48)	1,351,600(52)
青島港	2,120,000(24)	2,640,000(18)	3,410,000(16)
天津港	1,708,423(32)	2,010,000(28)	2,410,000(25)

註：()表示世界排名

中國中部與南部的代表性貨櫃港埠有香港(114°00'E,22°18'N)、上海港(121°31'E,31°23'N)、鹽田港(114°15'E,22°34'N)、廈門港(118°04'E,24°27'N)與廣州港(113°14'E,23°06'N)等。1997年香港回歸中國後，香港成爲中國與世界第一大貨櫃港埠，香港與上海港歷年貨櫃裝卸量如表四與表五所示。由表五顯示出上海港貨櫃量，每年均以20%的成長率增加，令人印象相當深刻。廈門港、鹽田港與廣州港歷年貨櫃裝卸量亦逐年增加，其增加幅度與世界排名如表六所示。

港口	1998年裝卸量	1999年裝卸量	2000年裝卸量	2001年裝卸量	2002年裝卸量
香港	14,582,000(2)	16,211,000(1)	18,100,000(1)	19,900,000(1)	19,140,000(1)
成長率		10.05%	10.43%	9.05%	-3.97%

註：()表示世界排名

港口	1998年裝卸量	1999年裝卸量	2000年裝卸量	2001年裝卸量	2002年裝卸量
上海	3,000,000(10)	4,200,000(6)	5,613,000(6)	6,340,000(5)	8,610,000(4)
成長率		28.57%	25.17%	11.47%	26.36%

註：()表示世界排名

⁶ 貨櫃裝卸量一致採用 Containerisation International Yearbook, 1999-2004. 資料爲準。

表 6 廈門港、鹽田港與廣州港歷年貨櫃裝卸量 單位：TEU

港口	2000 年裝卸量	2001 年裝卸量	2002 年裝卸量
廈門港	1,084,700(51)	1,290,000(45)	1,750,000(36)
鹽田港	2,148,000(23)	2,700,000(17)	4,181,478(14)
廣州港	1,429,900(38)	1,730,000(32)	2,180,000(28)

註：()表示世界排名

4.2 台灣

台灣主要有三個代表性貨櫃港埠，依緯度高地順序為基隆港、台中港與高雄港等三座國際港埠。

基隆港(121°44'E,25°09'N)

(1)港區位置

基隆港港埠形勢天成，鄰近北部工業重鎮桃園縣，為台灣北部地區國際貿易主要進出口門戶過去曾經為世界前十大商港之一，其地理位置接近台灣的政治都會中心區台北，為台灣北部的的主要貨櫃港埠。

(2)港埠設施貨櫃港埠設施

目前營運碼頭共 41 座，全部為公用碼頭的類型；現有貨櫃碼頭 3,192 公尺，面積 33 公頃，貨櫃堆積場容量為 9,457 TEU，船席 14 座，貨櫃船席在 200 至 350 公尺之間，平均港埠水深為 11-14 公尺，共配置橋式起重機 25 台。

(3) 貨櫃吞吐量

1998 至 2002 年其間，為台灣第二大貨櫃港；貨櫃吞吐量目前為 191 萬 TEU，居世界排名第 32，歷年貨櫃裝卸量如表七所示。

表 7 基隆港歷年貨櫃裝卸量 單位：TEU

港口	1998 年裝卸量	1999 年裝卸量	2000 年裝卸量	2001 年裝卸量	2002 年裝卸量
基隆港	1,710,000(25)	1,670,000(27)	1,954,573(27)	1,815,854(31)	1,918,594(32)
成長率		-2.40%	14.56%	-7.64%	5.35%

註：()表示世界排名

台中港(120°30'E,24°17'N)

(1)港區位置

為台灣中部地區國際貿易主要進出口門戶，其建設之主軸為未來兩岸通航後之貨櫃與大宗穀類集散基地之一，目前亦積極從事近洋貨櫃中心的設置與自由貿易港區的規劃建設，台中港擬朝向全方面之貨櫃港埠為目標前進。

(2)港埠設施貨櫃港埠設施

台中港總貨櫃碼頭船席長度為 2,337 尺，貨櫃堆積場容量為 20,000 TEU，共有船席 8 座，貨櫃船席在 200 至 350 公尺之間，平均水深 11-14 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；貨櫃吞吐量目前為 119 萬 TEU，居世界排名第 60，歷年貨櫃裝卸量如表八所示。

表 8 台中港歷年貨櫃裝卸量 單位：TEU

港口	1998 年裝卸量	1999 年裝卸量	2000 年裝卸量	2001 年裝卸量	2002 年裝卸量
台中港	880,000	1,110,000	1,130,357(49)	1,069,355(57)	1,193,657(60)
成長率		20.72%	1.80%	-2.76%	10.41%

註：()表示世界排名

高雄港(120°15'E,22°37'N)

(1)港區位置

台灣第一大貨櫃港，世界第五大貨櫃港。高雄港目前之陸域面積為 1,442.332 公頃、海域面積為 16,236.0834 公頃，前兩者總計可得高雄港港區面積共 17,678.4154 公頃。其中海域面積包括商港面積 16,202.3834 公頃、漁港面積 33.7 公頃。另外，高雄港航道全長 18 公里，水深自 10.5 至 16 公尺，為世界及優良港口之一，寬 130 公尺至 300 公尺，可通行 10 萬噸級船舶。

(2)港埠設施貨櫃港埠設施

高雄港碼頭有 118 座，全長 26,597 公尺，浮筒 22 組。碼頭與浮筒同時可供 153 艘輪船靠泊，另有船渠 8 處，貨櫃船席總長度共 5,997 公尺、62 個橋式起重機。高雄港有 5 個貨櫃儲運中心，有倉棧 76 座，面積 198 公頃，貨櫃堆積場容量為 73,995 TEU。

(3) 貨櫃吞吐量

台灣第一大貨櫃港；貨櫃吞吐量目前為 849 萬 TEU，由於上海港的興起目前居世界排名第 5，歷年貨櫃裝卸量如表九所示。

表 9 高雄港歷年貨櫃裝卸量

單位：TEU

港口	1998 年裝卸量	1999 年裝卸量	2000 年裝卸量	2001 年裝卸量	2002 年裝卸量
高雄港	6,010,000(3)	6,400,000(4)	7,425,832(4)	7,540,524(4)	8,493,000(5)
成長率		6.09%	13.81%	1.52%	11.22%

註：()表示世界排名

表 10 兩岸三地貨櫃港基本資料

位置	潮差	引水服務	無線電通訊
大連港 121°39'E,38°55'N	最大潮差 2.9 米,最 小潮差 2.3 米。	強制引水:引水員工作時間:24 小 時;。 引水開始地點:大連錨地。	頻道:25 13,工作時 間:24 小時。
青島港 120°19'E,36°04'N	最大潮差 4.50 米,最 小潮差 0.25 米。	強制引水:引水員工作時間:24 小時。 引水開始地點:引航站。	頻道:16,工作時間:24 小時。
天津港 117°58'E,38°59'N 117°56'E,38°54'N 56'E,38°54'N 118°07'E,38°58'N 118°05'E,38°52'N	最大潮差 3.5 米,最 小潮差 2 米。	強制引水:引水員工作時間:24 小時。	頻道:11,工作時間:24 小時。
上海港 121°31'E,31°23'N	最大潮差 3.45 米,最 小潮差 2.60 米。	強制引水:引水員工作時間:24 小 時;。 引水開始地點:31°03'34" N,122°08'14"E。	頻道:11 或 27,工作時 間:24 小時。
基隆港 121°44'E,25°09'N	潮差範圍 0.73 米。 平均最高潮位 4.58 米,最低潮位 0.88 米。	強制引水:引水員工作時間:24 小時。	頻道:14 或 16,工作時 間:24 小時。
台中港 120°30'E,24°17'N	最高潮位 0.88 米,最 低潮位 0.49 米。	強制引水:引水員工作時間:24 小時。	頻道:12、14 或 16,工作 時間:24 小時。
高雄港 120°15'E,22°37'N	最大潮差 6.0 米,最 小潮差 4.50 米。	強制引水:引水員工作時間:24 小時。	頻道:11、12 或 14,工作 時間:24 小時。
廈門港 118°04'E,24°27'N	最高潮位 2.97 米,最 低潮位-0.31 米。	強制引水:引水員工作時間:24 小時。 引水開始地點:118°03'20" E,24°25'40" N。	頻道:16 12 25,工作時 間:24 小時。
鹽田港 114°15'E,22°34'N	最高潮位 2.97 米,最 低潮位-0.31 米。	強制引水:引水員工作時間:24 小時。 引水開始地點:114°12'54"E 22°35'40"N。	頻道:65,工作時間 24 小時。
香港 114°00'E,22°18'N	潮差範圍 0.85 米。 最大潮差 2.0 米,最 小潮差 0.9 米。	強制引水:引水員工作時間:24 小時。 強制引水;:引水員工作時間:24 小 時。	港監:頻道:8,工作時間 24 小時。
廣州港 113°14'E,23°06'N	最高潮位 2.97 米,最 低潮位-0.31 米。	強制引水:引水員工作時間:24 小時。 引水開始地點: 22°07'22"N--22°08'30"N113°45'48"E- -113°47'54"E。	外代:頻道:11,工作時間 08:00-20:00。

資料來源：李選士、周明道、郭森桂（2003），應用資料包絡分析評估亞太地區貨櫃港效率。航運季刊，第十二卷第四期。P97。

大連港、青島港、天津港、上海港、廈門港、鹽田港、香港、廣州港、基隆港、台中港與高雄港之基本資料請參閱表十。

伍、兩岸三地貨櫃港生產效率實證分析

高強、黃旭男與 Toshiyuki(2003)認為 DEA 分析的起始必須擁有三大條件：1. 受評估單位擁有相同的目標，執行相似的工作。2. 受評估的單位在相同的市場條件下運作。3. 影響受評估單位績效之投入產出目標項目必須相同；就以上三項基本條件而言，所評估的目標均為貨櫃港埠，因此符合第一個基本條件。跨期的時間與衡量準則亦為相同，所以符合 DEA 分析的起始必須擁有三大條件。

本文之 RDEA 模式主要建構於傳統 CCR 之上，因此亦必須符合傳統使用 CCR 模式的起始要件。本文根據第二節之文獻回顧內容，先初選出相關的港埠投入產出項目，並經過篩選與相關專家訪談之建議，最後選出適合的港埠投入變數與產出變數，接者採用 RDEA 做生產效率分析，以評估兩岸三地貨櫃港埠生產效率。

5.1 投入與產出變數項目

根據李選士、周明道、郭森桂(2004)本研究所採用的投入變數資料有五項，依序為 1.橋式起重機數量(Gantry Crane)，2.貨櫃船席的總長度(Berth length)，3.貨櫃場棧總面積(Total area： m^2)，4.貨櫃堆積場總容量(Storage：TEU)，5.冷凍櫃裝置的數量(Reefer points)；產出變數項目為 2000-2002 年個別貨櫃港埠總吞吐量(TEU)，並依三年的效率值變化做出總排序，用以衡量三年來之貨櫃港埠生產效率。兩岸三地貨櫃港投入與產出變數資料如表十一所示。

5.2 跨期遞迴資料包絡分析法實證

第一步，運用傳統 DEA 分析兩岸三地 2000 年十一個貨櫃港埠之生產效率，根據表十二 DMU 群別與生產效率值分數與 RDEA 排序所示，傳統 DEA 分析中，共有四個貨櫃港被區分成有效率的群別，另有七個貨櫃港埠被區分成無效率的群別；由於傳統 DEA 對於效率值等於一的部分無法確實的判別，因此根據 RDEA 的演算原則，將其區分成 EL 與 NEL 兩部分。其中 EL 代表效率值等於一的部分；而 NEL 表示效率值小於一的部分。EL 所包含的 DMU 如下， $EL=\{DMU10, DMU 5, DMU 4, DMU 11\}$ ；NEL 所包含的 DMU 如下， $NEL=\{DMU7, DMU 6, DMU 2, DMU 1, DMU 3, DMU 8, DMU 9\}$ 。依據 RDEA 的演算原則，第一群：將有效率的部分與無效率的部分，採用分開處理的原則。在生產效率等於一的部分（EL）採用 Super-efficiency ranking techniques 來區分出各個 DMU 的生產效率排序，在無效率的部分則在以傳統 DEA 之 CCR 模式進行第二群的再判別。由判別中，再區分成有效率與無效率的 DMU 群別。在第二群判別所得之生產效率等於一的部分，再執行 Super-efficiency ranking techniques 運算，以放寬限制式求得各個貨櫃港埠排序。

表 11 兩岸三地貨櫃港埠投入與產出資料

DMU 號碼 稱	投入 1	投入 2	投入 3	投入 4	投入 5	2000 產出 1	2001 產出 2	2002 產出 3
	港口名 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 容量	冷凍櫃裝置的 數量	總貨櫃吞吐量	總貨櫃吞吐量	總貨櫃吞吐量
1 大連港	7	1,459	716,000	30,566	912	1,011,000	1,208,900	1,351,600
2 青島港	14	1,600	786,000	96,000	2,400	2,120,000	2,640,000	3,410,000
3 天津港	15	2,405	1,004,400	22,100	598	1,708,423	2,010,000	2,410,000
4 上海港	21	3,021	1,775,633	345,362	1,101	5,613,000	6,340,000	8,610,000
5 基隆港	25	3,192	339,000	9,457	139	1,954,573	1,815,854	1,918,597
6 台中港	13	2,337	400,000	20,000	140	1,130,357	1,069,355	1,193,657
7 高雄港	62	5,997	1,988,000	73,995	1,304	7,425,832	7,540,524	8,493,000
8 廈門港	9	940	378,837	51,053	496	1,084,700	1,290,000	1,750,000
9 鹽田港	20	2,350	1,180,000	64,000	1,170	2,148,000	2,700,000	4,181,478
10 香港	68	6,059	2,186,700	166,119	4,849	18,100,000	17,900,000	19,140,000
11 廣州港	10	1,299	225,000	8,400	174	1,429,000	1,730,000	2,180,000

資料來源：Containerisation International Yearbook, 1999-2004，本研究整理。

2000 年資料分析有生產效率群別之 DMU 排序與效率分數如表十二所示。就生產效率而言，香港、基隆港、上海港與廣州港分屬前四名，亦所謂為第一群別之港埠，第二群別之港埠依 RDEA 排序分別為高雄港、台中港、青島港與大連港。第三群別之港埠依 RDEA 排序為天津港、廈門港與鹽田港。

第二步，運用傳統 DEA 分析兩岸三地 2002 年十一個貨櫃港埠之生產效率，根據表十三 DMU 群別與生產效率值分數與 RDEA 排序所示，2002 年資料分析有效率群別之 DMU 排序與效率分數如表十三所示。就本文所採用的投入變數與產出變數而言，廣州港、上海港、香港與基隆港分屬前四名，亦所謂為第一群別之港埠，第二群別之港埠依 RDEA 排序分別為高雄港、台中港、鹽田港、青島港、廈門港與天津港。第三群別之港埠依 RDEA 排序為大連港。

第三步，總合所有港埠之 RDEA 排序如表十四所示。由圖一可以很清楚的看出在台灣의 三大貨櫃港埠均維持在穩定的地位，而大陸地區的其他各個港埠則呈現很大的變化，可以發現的是大陸地區的南方各港普遍比北方各港口活躍，尤其是廣州港與鹽田港。中國之上海港每年成長的幅度更為可觀，在連續三年的分析中均呈現相當不錯之生產效率。

表 12 2000 年之效率分數與 RDEA 排序

DMU	港口	DEA		RDEA rank
10	香港	1	2.393934	1
5	基隆港	1	1.711121	2
4	上海港	1	1.241638	3
11	廣州港	1	1.226584	4
7	高雄港	0.923710	2.252832	5
6	台中港	0.875106	1.417817	6
2	青島港	0.592276	1.276669	7
1	大連港	0.542294	1.023524	8
3	天津港	0.627805		2.303291 9
8	廈門港	0.512631		1.572914 10
9	鹽田港	0.455557		1.029615 11

資料來源：本研究整理。

表 13. 2002 年之效率分數與 RDEA 排序

DM				
U	港口	DEA		RDEA rank
11	廣州港	1	1.837432	1
4	上海港	1	1.677682	2
10	香港	1	1.657503	3
5	基隆港	1	1.101696	4
7	高雄港	0.751289	1.498407	5
6	台中港	0.668788	1.309085	6
9	鹽田港	0.776027	1.205027	7
2	青島港	0.756462	1.185423	8
8	廈門港	0.670294	1.136565	9
3	天津港	0.731051	1.092682	10
1	大連港	0.645497	0.877351	11

資料來源：本研究整理。

表 14 三年之總排序

港口名稱	2000 年	2001 年	2002 年	三年加總	三年之總排序
大連港	8	9	11	28	9
青島港	7	7	8	22	7
天津港	9	8	10	27	8
上海港	3	3	2	8	3
基隆港	2	4	4	10	4
台中港	6	6	6	18	6
高雄港	5	5	5	15	5
廈門港	10	10	9	29	10
鹽田港	11	11	7	29	10
香港	1	1	2	4	1
廣州港	4	2	1	7	2

註：三年加總之數值以愈小代表效率愈佳。

資料來源：本研究整理。

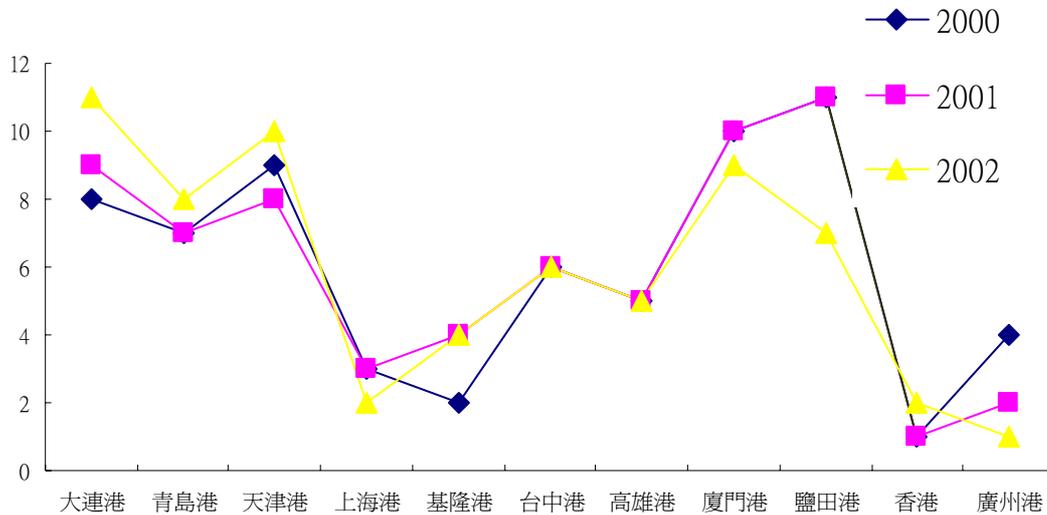


圖 1 2000 至 2002 年兩岸三地貨櫃港埠生產效率排序變遷

陸、結論

本研究經由 Lingo 程式所執行之結果顯示出，兩岸三地各個貨櫃港埠的總體績效值在受評估的 11 個貨櫃港埠中，以香港、廣州港、上海港與基隆港等四座貨櫃港之生產效率較佳，亦可以解釋成，此四個貨櫃港埠在投入要素與產出要素呈現出相對的有效率，在傳統 DEA 方法並無法正確的區別上述五個貨櫃港埠的真正差額，但由於經過 Super-efficiency ranking techniques 排序以後，反而能真正呈現出此四個貨櫃港埠在這些投入要素與產出要素的差額。在兩岸三地中的廣州港與鹽田港，由於列入了中國重點補助的貨櫃港，其未來的發展潛力相當的高，中國如對附近的貨源稍加分配，廣州港與鹽田港未來可支配貨源的潛力相當高，有機會成為大陸地區的特級港埠。

在台灣貨櫃港埠而言，本文提出幾點參考建議，其主要建議有：

- (一)將國內三大貨櫃港埠加以整合使其成為台灣港群。
- (二)將台灣港群定位為未來亞太地區最重要的轉運核心港。

(三)將基隆港、台中港與高雄港三個港埠資源加以合併，並清楚區分各個負責的區域與依賴方式，將台灣港群之相互影響織做一分類與分群。

(四)將台灣港群之指揮、管理、通訊與情報部門做一整合，在交通部直接成立航政局以作為統管台灣港群之主管單位。

若未來臺灣當局能成立航政局，全權主管台灣的貨櫃港埠政策，使台灣港群的概念確實成行，如此將可以提升基隆港、台中港與高雄港在兩岸三地中的激烈競爭中取得較佳的優勢。

誌謝

感謝國科會對此研究之補助，計畫編號：NSC93-2211-E-019-014-。

參考文獻

1. 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年，第十二卷第四期，頁81-105。
2. 高強、黃旭男、Toshiyuki Sueyoshi，「管理績效評估--資料包絡分析法」，台北市華泰出版社，2003年，頁45-47。
3. Andersen, P. and Petersen, N.C., "A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis". *Management Science*, Vol. 39, No. 10, 1993, pp. 1261-1294.
4. Chou, Chien-Chang, Chu, Ching-Wu and Liang, Gin-Shuh, "Competitiveness analysis of major ports in eastern Asia", *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 5, 2003, pp. 682-697.
5. Charnes, A., Cooper, W.W. and Rhodes, E., "Measuring the efficiency of decision-making units". *European Journal of Operational Research*, Vol. 2., 1978, pp. 429-444.
6. Farrell, M.J., "The measurement of productive efficiency". *Journal of the Royal Statistical Society*, A 120, 1957, pp 253-281.
7. Ki-Tae, Y. and Dong-Wook, S., "An evaluation of container ports in china and Korea with the analytic hierarchy process", *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 5, 2003, pp. 726-741.
8. Roll, Y. and Hayuth, Y., "Port performance comparison Applying Data Envelopment Analysis", *Maritime Policy and Management*, Vol. 20, No. 2, 1993, pp.153-161.
9. Tongzon, J., "Determinants of Port Performance and Efficiency", *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Vol. 29, No. 3, 1995, pp. 245-252.
10. Tongzon, J., "Efficiency measurement of selected Australian and other international ports using data envelopment analysis", *Transportation Research Part A*, Vol. 35,

- 2001, pp.107-122.
11. Teng-Fei, W., Dong-Wook, S. and Kevin, C., “Container port production efficiency: A comparative study of DEA and FDH approaches”, *Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, Vol. 5, 2003, pp. 698-713.
 12. Martinez-Budria, E., Diaz-Armars, R., Navarro-Ianea, M. and Ravelo-Mesa, T., “A Study of Efficiency of Spanish port Authorities Using Data Envelopment Analysis”, *International Journal of Transport Economics*, Vol. 16, No. 2, 1999, pp. 237-253.
 13. Valentine, V. F. and Gray, R., “The measurement of port efficiency using data envelopment analysis”, *Proceedings of the 9th World Conference on Transport Research*, (2001), Seoul, South Korea.