

東 海 大 學

工業工程與經營資訊學系



碩士論文

DEA 應用於環境及經濟
發展績效評估之研究

研 究 生：黃宗祥

指 導 教 授：洪堯勳 教授

中 華 民 國 一 〇 四 年 六 月

**The Analysis of DEA used in the Assessment of
Environmental and Economic Development Performance**

By

Zong-Shiang Huang

Advisor : Prof. Jau-Shin Hon

A Thesis

Submitted to the Institute of Industrial Engineering and
Enterprise Information at Tunghai University
in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science

in

Industrial Engineering and Enterprise Information

June 2015

Taichung, Taiwan

DEA 應用於環境及經濟發展績效評估之研究

學生：黃宗祥

指導教授：洪堯勳 教授

東海大學工業工程與經營資訊學系

摘 要

本研究主要探討國家間的環境效率並以各自 GDP 及 GNP 大小進行分類比較。主要選取全球國內生產毛額排名前二十的國家並加入台灣，利用資料包絡分析法與視窗分析，探討各國的效率優劣，並加入時間過程考量比較其效率穩定程度，再利用差額變數分析不同群國家的效率下滑主要原因，最後使用敏感度分析，比較各國資源投入的優勢項目以及影響幅度。

本研究結果歸納如下：

1. 利用資料包絡分析得知研究期間年內，GNP 較大國家整體效率表現較好，符合微笑曲線的觀點。在 2009 年，兩群國家效率值皆有下降趨勢，受到該年金融海嘯影響，各國的國內生產毛額皆明顯減少，但 GNP 較大國家效率在下降後皆有明顯回升，對能源及碳排放控管能力較強。
2. 在視窗分析中發現，GNP 較大國家除了韓國、台灣，其餘皆在高表現高穩定度的第四象限，顯示 GNP 較大國家相對於 GDP 較大國家有較佳的資源使用配置能力。
3. 從差額分析研究期間 2007 至 2012 年結果顯示，整體 GDP 較大國家需改善最多為其投入過多的勞動力，但產值卻不足，因此 GDP 較大國家應提升其勞動生產力或加速往科技或創新相關產業結構轉型。GNP 較大國家則在能源使用量方面須改善最多，顯示其在再生及替代能源技術方面還有進步空間。
4. 從敏感度分析結果得知，與 GNP 較大國家相比，GDP 較大國家在產值勞動生產力及二氧化碳排放方面為其弱勢項目，GDP 較大國家較多屬於開發中國家，其第二級產業比重較高，製造、代工等產業對環境的影響較大。

關鍵字詞：資料包絡分析法、視窗分析、環境效率

The Analysis of DEA used in the Assessment of Environmental and Economic Development Performance

Student: Zong-Shiang Huang

Advisor: Prof. Jau-Shin Hon

Department of Industrial Engineering and Enterprise Information
Tunghai University

ABSTRACT

This study is mainly based on the eco-efficiency and the classification through the scale of the GDP and GNP among countries. It collected TOP20 GDP countries and Taiwan in the world, utilized Data Envelopment Analysis (DEA) and DEA-Window Analysis to investigate the extent of efficiency between countries. Moreover, compared the extent of stability by putting the time course into the consideration, as well as used Slack Variable Analysis in order to analyze the main reason of the decrease in efficiency between different groups of countries. Finally used the Sensitivity Analysis to compare the advantaged events and influence scope in different countries with different input. The study results as followed:

1. The results show that a country with a higher efficiency has a greater performance on GNP as well as correspond to Smiling Curve by using the data envelopment analysis during the period of research. In 2009, the efficiency is affected by the Financial Crisis and presented a declined trend and a significant decrease between two groups of countries. However, the efficiency of countries that has a greater GNP has an apparently rising after decrease and a higher ability of control in energy and carbon emission.
2. Based on the DEA-Window Analysis, it shows that the countries in the fourth quadrant with high performance and stability have a greater GNP except South Korea and Taiwan. It presents a country who has a greater GNP has a better resource allocation ability than the one who has a greater GDP.
3. According to the Slack Variable Analysis between 2007 and 2012, the great GDP countries have had to improve with over many labor input but shortage of output. Therefore, they have to raise the labor productivity or transform into technological or innovative industry rapidly. These countries have to improve the use of energy most; it also means that there is still room for improvement of number of renewable and alternative energy technologies.
4. The results of Sensitivity Analysis showed that there is a number of weaknesses

in carbon dioxide release and output of labor productivity in those countries who have a greater GDP than the other with a greater GNP one. Most of these countries are developing countries and also cause a huge impact on the environment in many industries such as Manufacturing and OEM (original equipment manufacturer).

Keywords: DEA, DEA-Window Analysis, Eco-Efficiency

誌謝

兩年多來的研究生涯終於可以畫下句點，期間受到許多人的幫助也才能順利完成本篇論文，特別感謝指導教授-洪堯勳博士，在研究生涯裡不厭其煩的督促著我，不論是在論文方向的制定、觀念的啟發以及整體的架構上都給予非常多的指導，不僅在學業上，在平時待人處世的細節以及未來職場上所需的工作態度等，老師也都細細叮嚀，讓我受益匪淺。老師的教導之恩永誌難忘，在此獻上最誠摯的敬意。

論文口試期間，感謝唐傳義校長、紀佳芬教授及鄧宗禹教授蒞臨指導，在百忙之中審閱本論文，並不吝指正本論文之缺失，讓本論文能以更嚴謹與完善面貌呈現於外，特此奉上誠摯的謝意。

感謝在研究所生活裡陪伴我度過兩年的同伴，宗佑、信嘉，在這段日子裡有挫折時彼此互相打氣、挖苦、玩樂，讓我在寫論文中不感到孤單。感謝育正、思智在論文期間幫忙處理研究室的大小事務，使得我能更專心地在論文上面。感謝松竹學長在百忙工作中也會抽出時間聆聽論文報告，並給予寶貴建議。

最後要感謝我的父母，一路上不管遇到多少困難，想要放棄的時候總是能鼓勵我繼續下去，沒有您們的支持與鼓勵，我沒辦法完成這個學業，謝謝您們。

黃宗祥 謹致於

東海大學工業工程與經營資訊研究所

中華民國一〇四年七月

目錄

摘要.....	i
ABSTRACT.....	ii
誌謝.....	iv
目錄.....	v
表目錄.....	vii
圖目錄.....	ix
第一章 緒論.....	1
1.1 研究動機與背景.....	1
1.2 研究問題與目的.....	3
1.3 研究流程.....	3
1.4 研究範圍與限制.....	4
第二章 文獻探討.....	6
2.1 環境效率.....	6
2.2 能源消費結構與政策.....	7
2.3 效率評估的意義與方法.....	10
2.4 邊界分析法.....	13
2.5 應用資料包絡分析在環境效率相關文獻.....	17
第三章 實證模型與資料說明.....	20
3.1 資料包絡分析法.....	20
3.2 資料來源與說明.....	23
3.3 投入與產出項相關說明.....	23
3.4 Person 相關性分析.....	24
3.5 視窗分析.....	25
3.6 敏感度分析.....	26
第四章 實證分析.....	28
4.1 敘述性統計.....	28
4.2 資料包絡分析法實證分析.....	33
4.3 視窗分析.....	42
4.4 差額變數分析.....	46
4.5 敏感度分析.....	56

第五章 結論與建議.....	64
5.1 結論.....	64
5.2 未來研究建議.....	66
參考文獻.....	67

表目錄

表 2.1 國際組織對環境效率之定義.....	6
表 2.2 效率評估方法優缺點比較表.....	12
表 2.3 DEA 應用於環境效率之相關文獻.....	18
表 3.1 投入項與產出項 Person 相關係數表.....	24
表 3.2 視窗分析法示意表.....	26
表 3.3 敏感度分析表.....	27
表 4.1 2007~2012 各國人均 GDP 及 GNP 比較表.....	28
表 4.2 2007~2012 各國人均 GDP 及 GNP 比較表.....	29
表 4.3 2007~2012 各國人均 GDP 及人均 GNP 比較表.....	29
表 4.4 2007~2012 年 GDP 較大國家敘述性統計量.....	30
表 4.5 2007~2012 年 GNP 較大國家敘述性統計量.....	31
表 4.6 2007~2012 年能源使用量及二氧化碳排放比較表.....	32
表 4.7 效率強度分群.....	33
表 4.8 2007 年各國效率值.....	34
表 4.9 2008 年各國效率值.....	35
表 4.10 2009 年各國效率值.....	36
表 4.11 2010 年各國效率值.....	37
表 4.12 2011 年各國效率值.....	38
表 4.13 2012 年各國效率值.....	39
表 4.14 2007~2013 年 GDP 較大國家效率單位分布狀況.....	40
表 4.15 2007~2013 年 GNP 較大國家效率單位分布狀況.....	40
表 4.16 各年效率值：GDP 較大國、GNP 較大國.....	42
表 4.17 視窗分析結果表.....	42
表 4.18 視窗分析結果統計.....	45
表 4.19 2007 年差額變數表.....	46
表 4.20 2008 年差額變數表.....	48
表 4.21 2009 年差額變數表.....	50
表 4.22 2010 年差額變數表.....	51
表 4.23 2011 年差額變數表.....	53

表 4.24 2012 年差額變數表.....	54
表 4.25 GDP 較大國家效率下滑年度差額變數表.....	56
表 4.26 GNP 較大國家效率下滑年度差額變數表.....	56
表 4.27 2007 年敏感度分析表.....	57
表 4.28 2008 年敏感度分析表.....	58
表 4.29 2009 年敏感度分析表.....	58
表 4.30 2010 年敏感度分析表.....	59
表 4.31 2011 年敏感度分析表.....	60
表 4.32 2012 年敏感度分析表.....	61
表 4.33 GDP 較大國家敏感度分析表.....	62
表 4.34 GNP 較大國家敏感度分析表.....	62

圖目錄

圖 1.1 微笑曲線圖.....	2
圖 1.2 國家微笑曲線圖.....	2
圖 1.3 研究流程圖.....	4
圖 2.1 區域能源消費模式圖.....	8
圖 2.2 能源最終消費結構圖.....	9
圖 2.3 Farrell (1957) 之生產邊界理論.....	15
圖 4.1 2007~2012 效率變動趨勢圖	41
圖 4.2 效率表現矩陣圖.....	46

第一章 緒論

1.1 研究動機與背景

近年來，由於人類經濟快速成長及工業科技持續發展，已對環境造成傷害，面臨全球氣候變遷、能源枯竭的情況下，永續發展、低碳節能等理念逐漸受到重視。自1997年開始，聯合國氣候變化綱要公約制定了京都議定書，目的是將溫室氣體含量穩定在一定的水準，以防止氣候劇烈變遷影響人類生活。根據政府間氣候變遷專門委員會(IPCC)在2013年發表第五次評估報告指出，1960至2010年暖化趨勢絕大多數是人為過程所造成的。根據英國石油公司(BP)所發布的2014年世界能源統計報告中指出，全球能源消費增長速度有所增加。和2012年相比，2013年全球一次能源消費總量增長2.3%，石油依然是世界主導性燃料。

Tuma, Haasis and Rentz(1994)認為現今全球財富的分配不均以及對環境的破壞，已經無法成功的達成永續性之發展，除了改變人類自身觀念，對環境保護有義務上的認知，人類才能夠在地球上永續發展。現今能源、環境以及經濟成長，在三者之間一直都是呈現相互影響、相互發展的狀態。而人類卻在追求經濟發展的過程之中，漠視了能源與環境兩者之間所需要的協調與發展關係，因而造成現今的能源的短缺以及環境的破壞，世界各國皆面臨著經濟發展的巨大壓力，其同時也都被能源過度的開發以及利用，此一嚴峻的環境問題所困擾許久。

根據施振榮(1997)提出產業間的微笑曲線觀點，說明企業的附加價值，隨其產業的位置而異，而附加價值代表一家產商獲得報酬的多寡，如圖1.1所示，微笑曲線分成左、中、右三段，左段為專利、技術，中段為組裝、製造，右段為品牌、服務，而曲線代表的是獲利，微笑曲線在中段位置為獲利低位，而在左右兩段位置則為獲利高位。在全球產業專業化分工下，新興發展中國家存有勞力及土地等優勢，且發展中國家為了提升人民生活，藉由出口及外來投資等方式拓展其經濟規模。先進國家大多掌握了專利技術與品牌等為高獲利的部分，基於比較利益原則及生產成本考量，將生產代工等活動遷移置成本較

低廉的發展中國家生產，開發中國家較多為代工與製造等屬於低獲利的部分。根據國內生產毛額(Gross Domestic Product, GDP)定義，所有在一個國家內一段特定時間裏所有生產產品和貨物的總值及國民生產毛額 (Gross National Product, GNP) 定義，一國的國民在某一單位時間中，生產的所有最終商品和勞務的市場價值。新興發展中國家幫先進國家製造及代工，使其國內生產毛額較國民生產毛額高，先進國家則相反，將生產外包給新興發展國家，使其國民生產毛額(GNP)較國內生產毛額(GDP)來的大，本研究亦使用此觀點，探討各國家之環境效率表現是否有符合微笑的概念，如圖1.2。

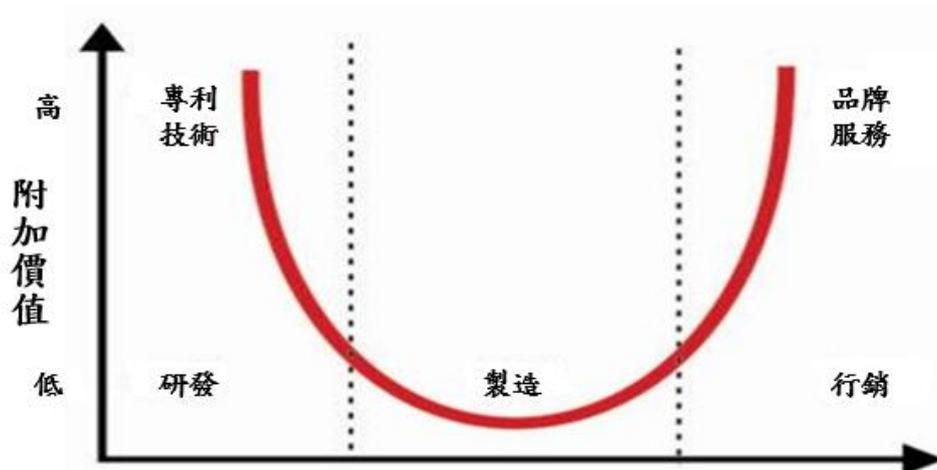


圖1.1 微笑曲線圖

資料來源：施振榮(1997)、本研究整理

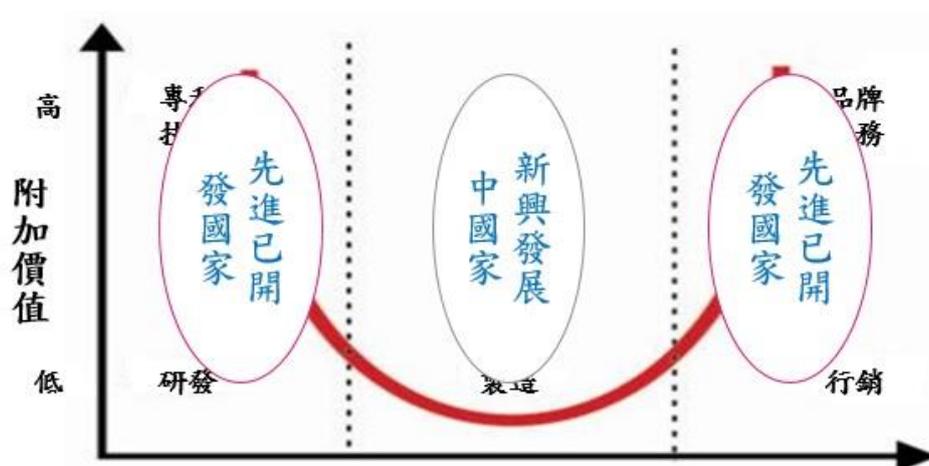


圖1.2 國家微笑曲線圖

資料來源：施振榮(1997)、本研究整理

1.2 研究問題與目的

目前經濟發展、能源使用、環境保護三者之間已經構成了一個相互關聯，互為矛盾的三元體系。如何才能在三者之間取得綜合平衡的發展態勢，既保持經濟高速增長，合理節約能源，又能使環境得到保護，是世界各國政府、學術界極為關注的問題。

因此本研究以世界各國主要經濟體為例進行探討，並將國家依照 GDP、GNP 的大小分群，並比較各經濟體的環境與經濟發展績效目標。

透過資料包絡分析法(DEA)、Pearson 相關性分析、視窗分析、差額變數分析、敏感度分析，從效率的觀點來評估不同群體的國家環境效率，並加入時間過程考量探討各國效率的穩定表現。

本研究目的歸納如下：

1. 以敘述性統計分析，觀察不同國家的數據及分布情況，投入上是否有所不同，並藉以將國家進行分類。
2. 使用資料包絡分析法對各國環境效率進行分析及比較差異，並探討各國環境效率表現是否符合微笑曲線的概念。
3. 使用資料包絡分析法對各國環境效率進行分析及比較差異，並探討各國環境效率表現是否符合微笑曲線的概念。
4. 透過差額變數分析找出影響各國效率的主要原因。
5. 利用敏感度分析，分析各國資源投入的優勢項目以及影響幅度。

1.3 研究流程

本研究之流程如圖 1.3，說明如下：

1. 確認研究主題與目的：本研究之目的為比較不同國家的環境效率之優劣並依據其 GNP、GDP 大小分類，並透過矩陣位置觀察效率穩定程度，進一步探討產生差異之原因，給予改善的建議。
2. 相關文獻探討：
3. 實證模型建構與資料蒐集：根據文獻探討確立實證模型，並說明研究變數之定義與衡量方法。

4. 實證結果與分析：將實證結果彙整，予以進行分析及比較。

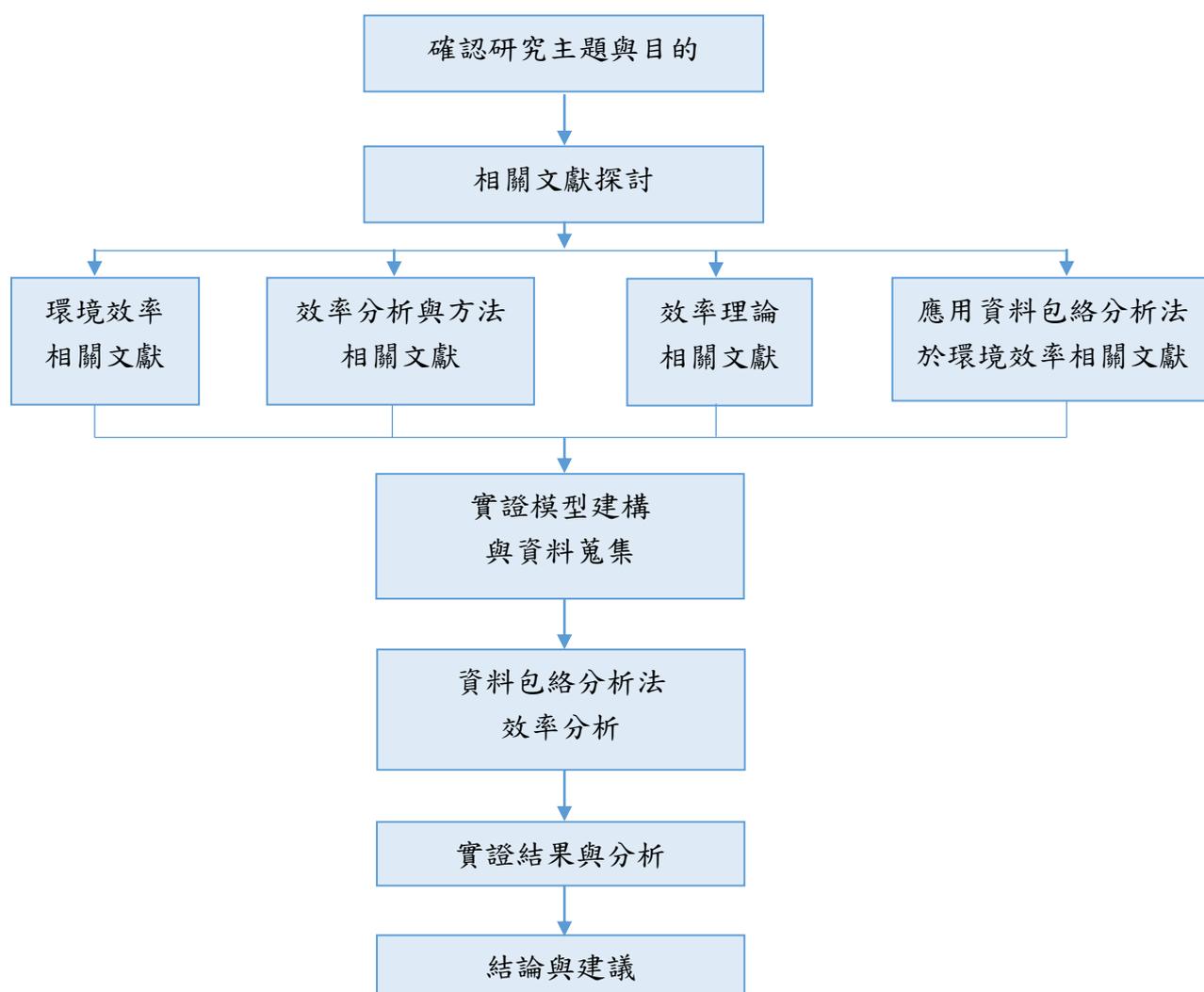


圖1.3 研究流程圖

資料來源：本研究整理

1.4 研究範圍與限制

本研究以全球國家為研究對象，利用 2007 至 2012 年各國家公開統計資料，進行實證分析。本研究選取全球 GDP 排名前 20 國家(沙烏地阿拉伯因資料不齊剔除)，且加入台灣，並將選擇的國家依照各自 GDP 及 GNP 大小進行分類，GDP 大於 GNP 的國家(GDP 較大有加拿大、墨西哥、巴西、澳洲、紐西蘭、中國、印度、印尼、土耳其、義大利、西班牙、俄羅斯)以及 GNP 大於 GDP 的國家(GNP 較大有美

國、日本、韓國、台灣、法國、德國、荷蘭、瑞士、英國)兩類共 21 個國家；資料取得方面以行政院主計處、BP Global、International Energy Agency (IEA)及 World Development Indicators (WDI)。本研究之限制如下：

1. 各國之資料完整性不同，在資料整理歸納上以共有的國家做為選取；受時間影響各國各年 GDP 值會受到貨幣匯率的不同而造成資料誤差。
2. 本研究根據各國公布資料進行分析，各國的具體能源配置及減排策略不可得知，如能考量各國環境策略，將可提升本研究之貢獻。
3. 本研究為跨國之研究，所選取變數統計資料為估計值，可能會使本研究結果產生誤差。

第二章 文獻探討

2.1 環境效率

環境效率(Eco-efficiency)是由經濟(Economical)及生態(Ecological)兩個字的字首與 efficiency 所結合，其含義有兼顧經濟與生態兩方面效益之意，環境效率起初應用在企業單位，代表企業或產業所造成之環境壓力總和與商品服務總值之比例。近年多用於解釋人類活動與環境之間的關係，也就是經濟和環境的相互作用之影響。而在高都市化及人口快速成長的現代化社會中，環境效率的優點在於能同時兼顧能源耗損與生態品質(Huppes & Ishikawa 2005)。

世界企業永續發展委員會(World Business Council for Sustainable Development, WBCSD)在 1992 年為企業生產的過程與永續發展結合，將此概念加以闡述，其對於效率的定義為：「環境效率的達成，藉由提供價格具有競爭力的商品或服務以滿足人類需求，並在整個產品或服務的生命周期內，將其對環境的衝擊與天然資源的使用，減少到地球可負荷的程度」。WBCSD 對環境效率所定義之計算公式如下：

$$\text{環境效率} = \frac{\text{產品或服務的價值}}{\text{環境影響}}$$

其定義的核心價值為強調服務、生活需求與居住品質的重要性、考量產品與生態體系的循環、考量環境承載的極限與生產的過程。

除了以上概念，世界各國、國際性或地方性的組織也依其觀點對環境效率做出定義，相關定義整理如表 2.1。

表 2.1 國際組織對環境效率之定義

組織	定義
世界企業永續發展委員會(WBCSD)	透過有價格競爭優勢的商品或服務，滿足人類需求並在產品或服務的生命週期內，將對環境的影響減少到地球可負荷的程度。
經濟合作暨發展組織(OECD)	生態資源使用可達到人類需求的效率。

組織	定義
加拿大工業部	一種使成本最小及最大化價值的技術。
歐洲環境部(EEA)	以較少的資源投入創造最大的利益。
澳洲環境部	以更少的資源及能源來提供商品及服務。
聯合國貿易和發展會議(UNCTAD)	增加或不減少利益的同時，減少環境的影響。
國際金融組織-環境投資部(EFG-IFC)	透過更有效率的生產方式提高資源使用的永續性。

資料來源：本研究整理

環境效率之解釋可分成兩類，一為「減少或最小化環境衝擊量」Schmidheiny (1992)、DeSimone and Popoff (1997)；另一種則是「每增加一單位的環境耗損所創造出的價值」Schaltegger and Sturm(1990)、Callens and Tyteca (1999)。環境效率指標已被視為觀察環境的一項工具，可於一段時間內連結環境影響及經濟資訊，表達出有系統且明確的意義。雖然環境效率的改善不一定能夠滿足永續發展的境界，但可盡可能減少發展經濟對環境所造成的影響，其核心價值在於探討經濟與環境間的相互關係，在經濟的成長下能有效減少對環境的破壞或資源的過度使用，往永續發展的目標邁進。

2.2 能源消費結構與政策

能源政策反應不同的經濟社會發展條件，在國際專業化分工過程下，先進國家專業化生產污染較低並以服務密集型的產業為主，發展中國家則集中在高污染與原物料代工製造等密集型的產業。不同發展程度國家的產業與能源消費結構亦有所不同。

Regional consumption pattern 2013
Percentage

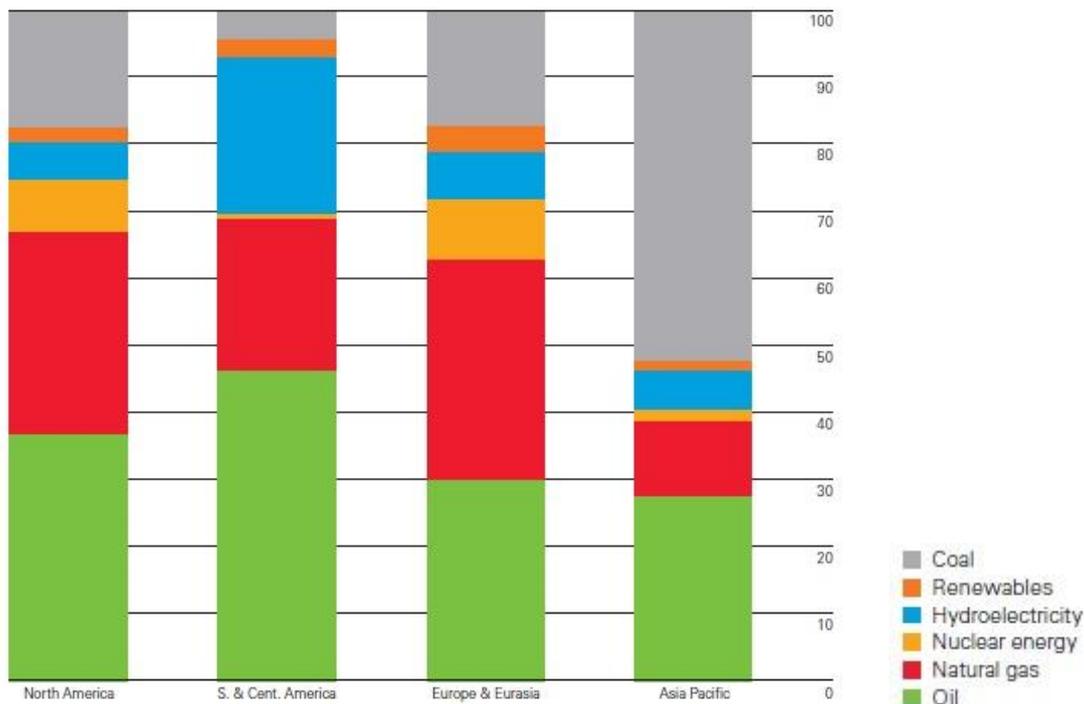


圖2.1 區域能源消費模式圖

資料來源：BP Statistical Review of World Energy, 2014

主要初級能源為石油、煤、天然氣，各能源主要用途可區分為石油主要應用於交通運輸方面，煤炭主要用於發電，天然氣用於發電及工業用途。就成本方面考量，石油最高，天然氣其次，煤最低，汙染程度而言，煤汙染程度最大，石油其次，天然氣最低。

從圖2.2可以看出世界各大洲能源消費結構，歐美等先進國家在天然氣及石油使用比例較高，歐盟在統一歐洲市場過程中限制其成員對煤碳的開採，導致煤炭的開採量及消費量開始大幅下降，英國在1993年發佈煤碳前景白皮書並鼓勵潔淨炭技術發展，在隔年天然氣發電技術商業化後則大幅降低煤碳的使用，德國因歐盟限制煤碳開採，亦轉為使用天然氣取代煤碳，並加強再生能源的技術發展，2011年德國議會通過能源轉型計畫，目標在2050年再生發電量佔總發電量80%。美國近年頁岩氣技術重大突破，在煤炭使用量亦大幅減少。

亞洲地區大多數屬於新興發展中國家，正在步入工業化的階段，在比較利益原則下，多數先進國家將製造代工等交由發展中國家進行

生產，追求成本考量下，煤炭為發展中國家首選能源，而隨著經濟成長其能源成長速度與大幅增加。亞洲地區有世界最大的初級能源消費量並持續成長，其中發展中國家如中國、印度、印尼等國成長速度最多，亞洲煤炭消費量佔全球總量超過70%，以煤炭為主要燃料。

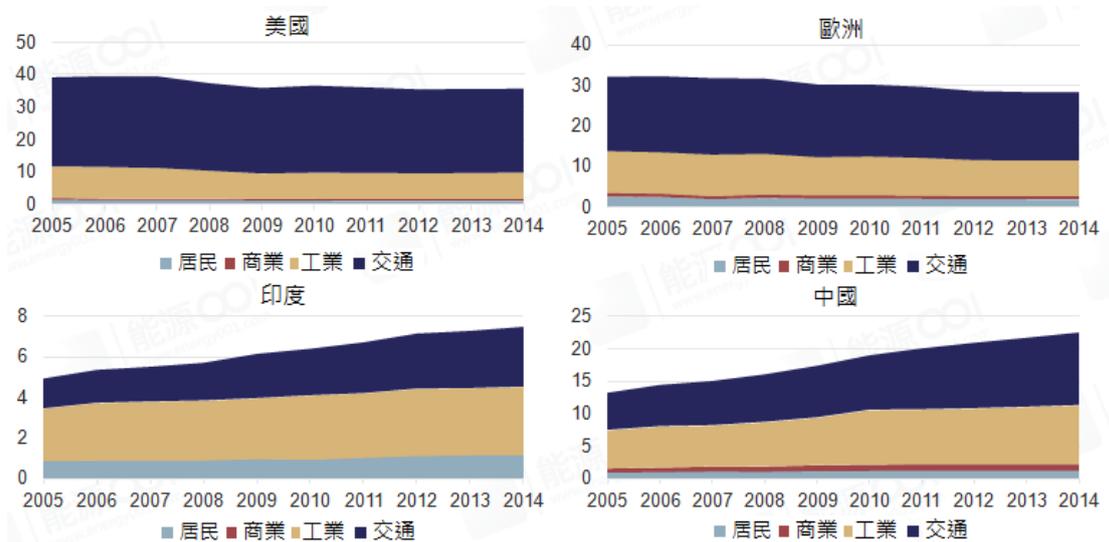


圖2.2 能源最終消費結構圖

資料來源：郭俊秀(2015)

從圖2.3得知，歐美等先進國家在其最終能源消費比例上在交通運輸方面所占最多，而中國、印度等開發中國家則以工業所占最高。

能源消費結構型態的不同，造成各國家對能源政策目標的方向亦有所不同，以下列出先進國家為主的GNP較大國及發展中國家為主體的GDP較大國的能源政策重點目標。

GNP較大國家如歐盟在2013年提出「2030年氣候和能源政策綱領」(A 2030 Framework for Climate and Energy Policies)，設定溫室氣體減量在2030年前必須達到40%，採取擴大再生能源市場穿透率，並降低核能及傳統化石能源使用量，使再生能源在2030年市佔率達30%以上。美國在「能源分散策略」(All of the Above Strategy)中，設定2020年，再生能源發電量較2012年增加一倍，並在能源安全投資方面提出10年內達到進口石油減半及運輸車輛天然氣與其他替代燃料補貼措施，讓美國之汽車或卡車，可以有更便宜天然氣、電力或是自產燃料使用，來搭配各種潔淨能源車輛之發展。日本於福島核能事故後，在能源政

策做了很大轉變，在2040年前要逐步廢除核能發電，除強化節約能源外，亦將大量採用再生能源。(經濟部能源局，2014)

GDP較大國多數為發展中國家為全球經濟發展極為快速之區域，能源需求亦大幅增加，以中國為例，因第二級產業特別是高耗能工業能源消耗比重過高，調整產業結構為節約能源的策略重點，工業用能佔到能源消費的70%以上，加速淘汰高耗能、高排放落後產能並加快運用先進適用技術改造提升傳統產業。化石能源特別是煤炭的大規模開發利用，對生態環境造成嚴重影響。加快建設天然氣分散式能源系統，以城市、工業園區等能源消費中心為重點，大力推動分散式再生能源技術應用。

2.3 效率評估的意義與方法

效率在不同的情況下會有不同的詮釋方式，過去亦有多位學者對效率的定義提出看法，Szilagyi (1981) 認為效率是以產出與投入的比率來衡量，欲提高效率是以相同（或較少）的投入，得到較多（或相同）的產出之相對性質的評估問題。Robbins (1990) 認為在評估組織績效時需考慮多種要素，僅以單一項目難以代表整體組織，必需考量多種要素，較符合現實狀況。邱吉鶴(2001) 認為效率評估是提供一個營運組織達成目標的手段。其績效資訊可以提供營運單位激勵員工追求成功意念，並以引領其成員努力的方向，以及財務單位資源配置的使用。因此為了瞭解組織發展與目的，進行效率評估及管理是必要的。

「效率」在經濟學領域中所涵蓋的範圍相當廣泛，主要是代表產出與投入的比例關係，以簡單的公式表示，即 $E=O/I$ ，其中E代表效率，O代表產出，I代表投入，用以評估資源是否被有效利用。在既定的技術條件下，由產出面的觀點，指能充分利用給定的投入組合，追求極大化的產出為目的；由成本面來看，則是在既定的產出下追求最小化的投入。

不同的管理角度對效率評估所使用的方法也會有所不同，傳統的效率衡量方式，大致可分為三種衡量方法：比率分析法、最小平方法及邊界分析法(翁興利等人，1996)。而薄喬萍(2008) 也提出常用之

效率評估方法：比率分析法、迴歸分析法、多準則評估法、生產力及生產效率分析法及資料包絡分析法。

比率分析法為最常用到的評估方法，利用投入及產出項之比率大小進行效率的比較，其優點為簡單易懂。常見的財務比率的指標，有資產報酬率、流動比率、負債比率等，但隨著經營策略不同，要在眾多的財務指標中選出能衡量企業整體表現並不容易，在與其他組織進行比較時，除非某一組織的所有指標皆優於另一組織，否則難以判斷組織整體優劣。高強（2003）提到在組織活動具有多投入及多產出的性質時，比率分析法無法對組織績效進行全面性的評估，雖然有研究者試圖使用加權的方式，將多項投入及產出變項分別合併成為單一投入及產出變項，但是對於權重的選擇往往過於主觀，因此降低了其適用性。

一般而言，受評單位往往希望採用一組對其最有利之權重，根據此觀點，則由資料客觀決定權重的方法較為適當。在計量經濟學中，將多項投入變項做為自變數，單一產出變項做為應變數，透過最小平方方法對投入與產出進行迴歸分析，可找出多個自變數與單一應變數之間的關係。其優點為考量多項投入，相較於比率分析法而言，更為符合真實情境。但是，迴歸分析無法處理多項產出的情況，且推估的結果僅代表樣本廠商的「平均」產出，並非生產中最具效率的最適組合點，忽略了個別廠商的特殊情況，故其也無法明確區分高效率與低效率之廠商。且在函數型式的設定上，最小平方方法對於生產函數的形式，必須假設其為線性，若實際資料分佈為非線性的情況時，則估計參數將會產生較大的偏誤，因此運用此方法來分析廠商的生產效率，其精確性備受質疑。

生產力及生產效率分析法則是利用生產函數，在某一生產技術下，一組投入所可能生產之最大產出所構成的集合，當只有單一投入項及單一產出項時，此法容易使用，但若是多投入與多產出變項時，此分析方法便不易實施。決定一個組織是否有效率，使用單一投入及單一產出項評估固然簡單，但結果卻無法代表整體組織績效。

多準則評估法主要認定組織的投入與產出是由多種因素組成，並

設定多目標為評定標準，可階層程序分析法（Analytic Hierarchy Process, AHP）及 TOPSIS（Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution）進行優劣排序。但這類方法在決策單位面臨其指標並非完全優於欲比較單位的情況，便很難評斷出組織間的生產力高低，若另外以加權值將指標相加後評估，加權值選定的公平性及評估指標的客觀性將是一大問題。以下列整理上述各效率評估法，如表 2.2。

表 2.2 效率評估方法優缺點比較表

評估方法	優點	缺點	適用時機
比例分析法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 衡量效率值明顯易懂，使用簡便。 2. 經由結果可明確分辨效率好壞。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 僅為單一指標，無法判斷整體效率。 2. 結果無法單獨評定單一比率值。 3. 投入與產出項須考慮衡量單位同質性問題。 	單項投入與單項產出。
迴歸分析法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 將多項投入當作自變數，並以產出為依變數，藉以預測生產力。 2. 具統計學理論基礎，結果較科學化。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 自變數與依變數間需具有線性函數關係，否則效率值將不準確。 2. 只能設定一依變數，無法處理多產出問題。 3. 結果須經主觀認定，無法準確得到效率值。 	多項投入與單項產出。
生產效率分析法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 考量所有投入可能生產的最大產出所構成的集合。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 權重選擇有主觀性問題。 2. 無法全面性評估。 	單項投入與單項產出。
多準則評估法	<ol style="list-style-type: none"> 1. 可考量多屬性目標之全面性評估。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 評估項目客觀性與人為評分方式有公平性限 	多項投入與多項產出

評估方法	優點	缺點	適用時機
	3. 較符合實際狀況。	1. 制。 2. 權重容易受主觀意識影響。	
資料包絡分析法	1. 可以同時處理多項投入與多項產出之效率衡量。 2. 無須預設函數及參數估計問題。 3. 不受人為主觀意識影響。 4. 評估結果為綜合指標，易做效率比較。	1. 衡量時同質性越高，效果才有意義。 2. 當資料過多時，運算過程較為費時。 3. 當產出項為負值時，無法處理。	多項投入與多項產出。

資料來源：本研究整理

根據上述方法在進行效率評估時，可能會碰到的問題歸納如下：

1. 無法處理多項投入及多項產出評估問題。
2. 利用數學模式運算得到效率值，須事先設定加權值，而各決策單位的情況有所不同，以固定加權值做評估可能會對某些單位不利，有失公平。
3. 受評單位在評估後的效率值無法和其他單位做相對比較，無法提供決策者在相對效率下處於無效率時改進的方向。

為了讓效率評估更具意義，評估方法勢必要能解決這些問題，近年來學者在方法的運用上都有所突破，修正了某些效率評估方法的缺陷，而本研究主要又以邊界分析法中的資料包絡分析作為效率評估的依據。

2.4 邊界分析法

邊界分析法的概念源自於 Farrell (1957) 提出的生產邊界

(Production Frontier)。Farrell 提出以生產邊界來衡量生產效率，其效率理論主要基於三個基本假設：

1. 生產邊界為最具效率之生產單位所構成，若某生產單位落於邊界之外，則其屬於較無效率之生產單位。
2. 廠商之規模報酬形式皆為固定規模報酬(Constant Returns Scale, CRS)。
3. 生產邊界凸向(Convex)原點，在生產邊界上每點的斜率皆為負值。

利用邊界分析法做效率評估，必須先估計邊界函數，Lovell(1993)指出採用邊界分析法評估生產效率時，依照是否事先推估生產函數形式，可分為參數邊界法(Parametric Frontier Method)及無參數邊界法(Non-Parametric Frontier Method)，所以依照生產邊界是確定性(deterministic)或隨機性(stochastic)，與是否須估計生產活動之參數，邊界分析法大致可分為三種，分別為：(1)確定性無參數邊界法；(2)確定性參數邊界法；(3)隨機性邊界法(吳濟華、何柏正，2008)。

Farrell 利用數學規劃(Mathematical Programming)的方式求得廠商經濟效率(Economic Efficiency, EE；或稱整體效率, Overall Efficiency, OE)，並將經濟效率分解成技術效率(Technical Efficiency, TE)與配置效率(Allocation Efficiency, AE；或稱價格效率, Price Efficiency, PE)。技術效率是衡量廠商在既定技術水準下，有效運用既定的投入，以達到極大化產出的能力；配置效率即衡量廠商在既定的技術水準與要素價格下，使生產要素的投入比例達到最適，以達成極小化成本的能力。將技術效率指標與配置效率指標相乘，即可得到單位之生產效率。

Farrell 分析生產效率的概念，可利用等產量曲線(Isoquant)來進行解釋。圖 2.1 中，假設某一群樣本廠商利用兩種投入要素(X_1, X_2)，要素價格分別為(W_1, W_2)，生產單一產品 Y ，產出水準以 $Y=f(X_1, X_2)$ 表示。若有 n 個生產投入組合點，此 n 個生產投入組合點中，能使要素投入組合最小者所連結成之軌跡即為等產量曲線 QQ' 。除了 QQ' 上的生產點，其他生產投入組合點都會落在 QQ' 之右上方，即

QQ'成為任何廠商生產點與原點 O 間的要素投入組合最小之邊界，此即 Farrell 所稱的生產邊界。而位於 QQ'右上方之生產點，則因為生產要素投入未達到最小，故為不具技術效率之生產點，即廠商會有生產無效率的情況發生。

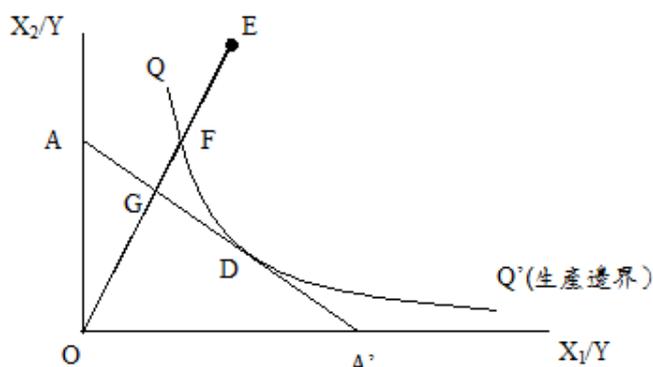


圖2.3 Farrell (1957) 之生產邊界理論

資料來源：Coelli *et al.* (1998)

假設 AA' 為既定要素價格下成本極小之等成本線，任何落在 AA' 之生產點都符合成本極小化之條件，Farrell 定義其為具有配置效率之生產點。至於落在 AA' 右上方之生產點因未達成本極小化之條件，故為不具配置效率之生產點。而 AA' 與 QQ' 相切點 D，因同時落在 AA' 與 QQ' 上，所以同時符合技術效率與配置效率之條件，故其為具有經濟效率之生產點。

古典生產理論乃事先假設生產者具有完全技術效率，故所有生產者要素投入組合皆會落在 QQ' 上，QQ' 上任一點的生產要素投入量則以生產點與原點之連線距離表示。以圖 2.2 中之 F 及 G 為例，其中 G 位於 AA' 上，故 G 至原點的距離 OG 可用來表示其生產要素投入量。若假設存在另一條與 AA' 平行之等成本線通過 F，則 F 在相同的要素價格下具有之生產量可表示為 OF。由於 F 與 G 具有相同之成本水準，即 F 之生產要素投入成本等於 G 之生產要素投入成本，所以 F 與 G 之生產投入比值可表示為 OG/OF，此一比值在經濟上隱含具有技術效率但不具有配置效率之 F 生產者，相對於具有配置效率和技術效率之 D 生產者之配置效率。

以位於 E 點之生產者為例，該生產點位於 QQ' 之右上方，為不具

技術效率之生產點，其生產投入量可表示為 OE。相對於位於 QQ' 上，具有完全技術效率之 F 點，E 點相對於 F 點其技術效率值可表示為 OF/OE。進一步計算 E 點生產者之經濟效率，則可表示為 $OF/OE \times OG/OF = OG/OE$ 。其中，OF/OE 為 E 點生產者相對於 D 點之技術效率值，OG/OF 則為 E 點生產者對 D 點之配置效率值。

Farrell 提出之技術效率為一相對而非絕對之技術效率的概念，圖 2.1 中 D 之完全技術效率乃是相對於其他觀察點而言。其假設是建立在所有廠商皆生產同質性產品，以相同投入下產出最大之生產點或產出相同下成本極小之投入組合所連成之邊界作為比較基準，進行技術效率之衡量。

Lovell (1993) 指出一般採用邊界分析法評估生產效率時，依照是否事先推估生產函數形式，可分為參數邊界法 (Parametric Frontier Method) 及非參數邊界法 (Non-Parametric Frontier Method)，其中參數邊界法以隨機邊界分析法 (Stochastic Frontier Analysis, SFA) 為代表，非參數邊界法以資料包絡分析法 (Data Envelopment Analysis, DEA) 為代表，此兩種典範在效率分析的領域中不斷地競爭。

參數邊界法係對於母體特性進行假設，即需預先設定一個生產函數型態，並預設殘差項服從若干假設，再透過計量方法估計廠商的生產函數，以分析廠商的技術效率、配置效率及成本效率。就衡量技術效率方面而言，參數法對生產函數型態、估計方法及殘差項選擇的不同，會得到不同的結果 (鄭秀玲、劉育碩，2000)。因此參數邊界法的缺點在於其預設的函數型態較缺乏說服力；而在實際使用時，也因為其容易產生設定錯誤 (Specification Error) 問題，進而對估計結果造成影響 (Fried et al., 1993；李文福、王媛慧，1998)。

非參數邊界法以資料包絡分析法為代表，其主要利用線性規劃的原理來估計效率，可處理多項投入及多項產出，對於投入及產出要素之單位沒有限制，亦無須預設生產函數型態，且資料經由數學規劃決定權重，無人為主觀的成分在內，並能以資源管理之角度，提供如何改善之建議，進而達到客觀地處理同質性廠商多投入多產出之相對效率評估問題 (Lewin et al., 1982)。因本研究有多投入及產出的特性，

並期望可以給無效率的國家改進之參考，故選用資料包絡分析法進行效率評估。

2.5 應用資料包絡分析在環境效率相關文獻

資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis, DEA)，已是被廣泛應用在各領域的績效評估方法之一，以下就各文獻之重點說明如下：

高志宏(2006)使用資料包絡分析法對 APEC 中 17 個經濟體在 1991 年至 2000 年間的環境能源效率進行分析，投入項變數：資本、勞動力、能源使用量，產出項變數：GDP。結果顯示中國的環境能源效率最低，香港、菲律賓及美國是 APEC 中最具有環境能源效率的三個經濟體，可為其他經濟體在環境能源政策上仿倣及學習的標竿。

吳宓珊(2008)透過資料包絡分析對台灣主要都市進行環境效率，並對都市型態與環境效率的關係進行差異性分析。投入項變數：總用水量、總用電量、都市已發展用地面積、空氣污染量；產出項變數：二與三級產業人口、二與三級產業產值、每年家戶薪資所得、公共設施面積、住宅面積。結果顯示北部區域表現較佳，中部區域最差，而東部與南部區域邊緣效率值最多，代表較容易透過微幅投入與產出項調整進而改善環境效率值。整體而言都市已發展用地的投入過多，而三級產業土地生產力仍有改善的空間。

王俊能等人(2010)利用資料包絡分析法對中國 31 個省市區的環境效率進行總體分析與評價，並利用 Tobit 迴歸模型分析環境效率的影響因素。投入項變數：COD 排放量、SO₂ 排放量；產出項變數：GDP。結果表明中國環境效率整體水平較差，依照環境協調程度可以劃分為生態平衡區、優化發展區和集中發展區，人均 GDP、產業結構、都市化率、生產技術水準等皆是影響環境效率的重要因素，其中人均 GDP、第三產業比重與環境效率呈現正相關，都市化率和單位 GDP 耗能與環境效率呈弱負相關。

林銘村等人(2013)使用資料包絡分析法比較台灣 23 個縣市的用電、油量，研究 2004 至 2008 年間 23 縣市的能源效率。投入項變數：各縣市就業人口、電力用電量、家庭電燈用電量、其他非家庭電

燈用電量、汽油用量、柴油用量；產出項變數：各縣市總所得。結果顯示台灣自己的效率前緣，多數縣市在資源使用上缺乏效率，尚待改善以提高效率。發現七項環境變數(高等教育人口比率、人口密度、人均可支配所得、工廠密度、機動車密度、各縣市預算總支出、具有科學園區等)對縣市資源使用效率有顯著正向影響，建議政府從教育及資源政策著手，以提高各縣市資源使用效率及生產力。

Xian-Guo Li et al.(2013)使用資料包絡分析法探討北京五年的環境績效，分成兩步驟，首先求得北京環境效率值，之後將求出之效率值做獨立變數，使用迴歸分析確定哪些因素影響環境效率。投入項變數：員工數量、資本存量、煤使用量；產出項變數：GDP；非意欲產出項變數：二氧化碳排放。結果顯示產業結構中第三產業的比重是佔影響環境效率的最重要因素。本研究將上述引用之文獻彙整如下表 2.3。

表 2.3 DEA 應用於環境效率之相關文獻

作者	研究題目	投入變項	產出變項
高志宏(2006)	APEC 經濟體之總要素環境能源效率	資本、勞動力、能源使用量	GDP
吳宓珊(2008)	台灣主要都市環境發展效率評估	總用水量、總用電量、都市已發展用地面積、空氣污染量	二與三級產業人口、二與三級產業產值、每年家戶薪資所得、公共設施面積、住宅面積
王俊能、許振成、胡習邦、彭曉春、周楊(2010)	基於DEA理論的中國區域環境效率分析」	COD 排放量、SO ₂ 排放量	GDP
林銘村、林瑞珠、胡均立(2013)	台灣各縣市資源使用效率及生產力之分析	各縣市就業人口、電力用電量、家庭電燈用電量、其他非家庭電燈用電量、汽油用	各縣市總所得

作者	研究題目	投入變項	產出變項
		油量、柴油用油量	
Xian-Guo Li, Jing Yang, Xue-Jing Liu (2013)	Analysis of Beijing's environmental efficiency and related factors using a DEA model that considers undesirable outputs	員工數量、資本存量、煤使用量	GDP

資料來源：本研究整理

第三章 實證模型與資料說明

本章主要分為三個部分，第一部份將介紹資料包絡分析法及實證投入產出變數之選取評估；第二部分將介紹 DEA-視窗分析法；第三部分將介紹敏感度分析，以利實證模型進行之設定。

3.1 資料包絡分析法

資料包絡分析法 (Data Envelopment Analysis、DEA) 的名稱最早出現於 1978 年，源自於 Charnes、Cooper 與 Rhodes 三位學者發表的文章「*Measuring the Efficiency of Decision Making Units*」，運用 Farrell 提出的生產邊界觀念，在假設固定規模報酬的情況下，利用數學規劃方法，衡量多項投入變項及產出變項的效率，其估計出來的結果將介於 0 與 1 之間，此模式稱為 CCR 模式，其對於效率定義指「柏拉圖最適境界」，也就是對各受評者是最有利的評比方式。基於柏拉圖最適境界之效率觀念，只要求得生產邊界即可將實際生產與生產邊界做比較，求得被衡量決策單位的生產力。生產邊界可使用來界定投入與產出間的關係，代表在每一個投入水準下所能生產之最大產出，因此它反映出產業的現有技術水準。在產業中若是具備技術效率的廠商，落點將會在生產邊界上，若為技術無效率的廠商，其落點將會低於生產邊界。

Charnes 及 Cooper (1985) 曾分別從投入面與產出面來說明效率的意涵，從投入面來看，在不增加其它投入變項的使用量下，若一個組織減少某一投入變項的使用量，產出變項的數量卻沒有發生減少情形，顯示該組織並非處於相對有效率的狀況；從產出面來看，在不減少其它產出變項的使用量下，若一個組織增加某一產出變項的產出量，卻不需增加投入量時，顯示該組織並非處於相對有效率的情況。

3.1.1 CCR 模式

假設單位 j ($j = 1, \dots, n$) 使用第 i ($i = 1, \dots, m$) 項投入量為 X_{ij} ，其第 r ($r = 1, \dots, n$) 項產出量為 Y_{rj} ，則單位 k 之投入效率評估模式為：

$$\begin{aligned}
E_k = \text{Max} & \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rk}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ik}} \\
\text{s.t.} & \frac{\sum_{r=1}^s u_r Y_{rj}}{\sum_{i=1}^m v_i X_{ij}} \leq 1, \quad j=1, \dots, n \\
& u_r, v_i \geq \varepsilon > 0, \quad r=1, \dots, s, \quad i=1, \dots, m
\end{aligned} \tag{3.1}$$

其中 E_k 為第 k 個 DMU 的效率值

Y_{ij} 為第 j 個 DMU 的第 r 個產出值

X_{ij} 為第 j 個 DMU 的第 i 個投入值

u_r 為第 j 個 DMU 的第 r 個產出項的加權值

v_i 為第 j 個 DMU 的第 i 個投入項的加權值

(3.1)式為一線性分式規畫模式，不僅求解比較困難，而且會產生無窮多解之情形，故可利用 Charnes and Cooper (1962) 所提之方法轉換為線性規畫問題以方便求解：

$$\begin{aligned}
\text{Max } h_k & = \sum_{r=1}^s u_r Y_{rk} \\
\text{s.t.} & \sum_{i=1}^m v_i X_{ik} = 1 \\
& \sum_{r=1}^s u_r Y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i X_{ij} \leq 0, \quad j=1, \dots, n \\
& u_r, v_i \geq 0, \quad r=1, \dots, s, \quad i=1, \dots, m
\end{aligned} \tag{3.2}$$

任何一線性規畫問題均存在有一對偶問題(dual problem)，可作一些後續的分析探討，Bousso Fiame *et al.* (1991) 認為，由於(3.2)式中有 $s+m$ 個變數以及 $n+s+m+1$ 個限制式，若是使用對偶命題(Dual)求解，可以減少不必要的計算量，使得求解更有效率，並可提供更多的參考資訊，(3.2)式之對偶式如下：

$$\begin{aligned}
\text{Min } h_k &= \theta - \varepsilon \left(\sum_{i=1}^m s_i^- + \sum_{r=1}^s s_r^+ \right) \\
\text{s.t. } \quad & \sum_{j=1}^n \lambda_j X_{ij} - \theta X_{ik} + s_i^- = 0, \quad i=1, \dots, m \\
& \sum_{j=1}^n \lambda_j Y_{rj} - s_r^+ = Y_{rk}, \quad r=1, \dots, s \\
& \lambda_j, s_i^-, s_r^+ \geq 0, \quad j=1, \dots, n, \quad i=1, \dots, m, \quad r=1, \dots, s \\
& \theta \text{ 無正負限制}
\end{aligned} \tag{3.3}$$

式中 s_i^- , s_r^+ 分別為差額變數 (Slack) 與超額變數 (Surplus)，是線性規劃中將不等式轉化為等式常用之變數。在(3.3)式中， θ 為所欲評估之 DMU_k 之投入量與所有 DMU 之投入量的加權數比值，代表受評單位之效率值，因此其最佳解值必為正值，受評單位 DMU_k 之 CCR 效率，將會有以下三種結果：

1. $\theta^* = 1$ ，則判定 DMU_k 具有 CCR 效率。

當 $\theta^* < 1$ ，由(3.3)式可知， $\sum \lambda_j X_{ij} + s_i^- = \theta X_{ik} < X_{ik}$ ，即顯示 DMU_k 之投入量大於全體 DMU 投入量之平均加權數， DMU_k 必須使用較多投入量，才能與全體的加權數相等，這表示經營績效未達最佳化。

2. $\theta^* = 1$ ，但 s_i^- 或 s_r^+ 不為 0，則該 DMU_k 稱為具有發散效率 (Radical Efficiency)，此為無 CCR 效率，亦即不具 Farrell 效率。

若是 $\theta^* = 1$ 且 $s_i^- \neq 0$ ，則 $X_{ik} = \sum \lambda_j X_{ij} + s_i^-$ ，亦即 $X_{ik} > \sum \lambda_j X_{ij}$ 可知 DMU_k 之投入量大於全體 DMU 投入量之加權平均數；若 $s_r^+ \neq 0$ ，則可知 $\sum \lambda_j Y_{rj} > Y_{rk}$ ，可知 DMU_k 之產出量小於全體 DMU 產出量之加權平均數，這也是效率不佳的現象。

3. 當 $\theta^* = 1$ ，且 s_r^+ 、 s_i^- 為 0，則 DMU_k 具 CCR 效率，即稱為 *Pareto - Koopmans* 效率。

當 $\theta^* = 1$ ，且 $s_r^+ = s_i^- = 0$ 則知 $\sum \lambda_j X_{ij} = X_{ik}$ ， $\sum \lambda_j Y_{ij} = Y_{ik}$ ，這表示 DMU_k 之投入量及產出量與全體 DMU 之投入、產出量加權平均數相等，這表示以目前之情況來講，已不需再做調整、改進，此 DMU_k 已具有 CCR 效率

由投入導向之 CCR 對偶模式，可以得知各受評單位投入、產出理想目標各為 $(\theta X_{ik} - s_i^-, Y_{rk} + s_r^+)$ ，若欲使受評單位達到有效率，則投入量宜減少 ΔX_{ik} ，產出宜增加 ΔY_{rk} ：

$$\begin{aligned}\Delta X_{ik} &= X_{ik} - (\theta^* X_{ik} - s_i^{-*}), \quad i = 1, \dots, m \\ \Delta Y_{rk} &= (Y_{rk} + s_r^{+*}) - Y_{rk}, \quad r = 1, \dots, s\end{aligned}\quad (3.4)$$

3.2 資料來源與說明

本研究在探討各國環境效率的差異，並將各國依據其 GDP 與 GNP 的大小分為 GDP 較大群體與 GNP 較大群體，進行環境效率的比較。

本研究相關資料分析由 World Development Indicators (WDI)、International Energy Agency (IEA) 以及行政院主計處統計資料庫所取得。並參考 BP Global 研究報告。研究期間為 2007 年至 2012 年共六年。

3.3 投入與產出項相關說明

使用 DEA 評估各單位效率時，若選取了不恰當之投入及產出項，將會導致評估結果扭曲，故選取適當的投入項及產出項，實為達到正確評估之前提 (Jamasba & Pollittb, 2003)。而使用 DEA 亦需符合經驗法則 (Rule of Thumb) 之限制：受評估單位個數至少應為投入項數目與產出項數目總和之兩倍 (Golany & Roll, 1989)。綜合相關文獻，本研究選取勞動力人數、資本與能源耗用量為投入項，GDP 為產出項，二氧化碳排放為非意欲產出項。

茲將定義與擷取原因說明，投入變數：(1)勞動力人數：人才與勞動力為國家產業競爭力之本，高素質的勞動力亦為經濟發展的關鍵要素。(2)資本：國家的經濟發展情況，與一國投入其生產資金與資產設備多寡息息相關，包括國家土地；廠房、機器和設備的購置與工商業建築等。(3)能源耗用量：各國為了經濟發展，出口或生產的增加常伴隨著能源消耗的成長，本研究選取原生能源消耗，包括煤、石油、天然氣等。產出變數及非意欲產出變數：(1)GDP：國內生產毛額是一個經濟體內所有居民生產者創造的增加值的總和，為衡量一個國家或地區經濟狀況和發展水平的重要指標。(2)二氧化碳排放：各國年度二氧化碳排放總量，二氧化碳排放量是化石燃料燃燒生產過程中產生的排放。它們包括在消費固態、液態和氣態燃料以及天然氣燃燒時產生的二氧化碳。

3.4 Person 相關性分析

在使用 DEA 進行效率評估時，除了選擇適當的投入及產出項目外，對其所選擇的投入項及產出項，要能夠解釋各要素對於效率衡量的影響，故投入及產出像必須符合同向性關係。即投入增加，產出必須隨之增加(薄喬萍，2005)。故本研究使用 Person 相關性分析，對投入產出項進行檢測，相關係數愈高者，其相關程度愈大。結果如表 3.1 所示：

表 3.1 投入項與產出項 Person 相關係數表

	勞動力人數	資本	能源耗用量	CO2 排放量	國內生產總額
勞動力人數	1	0.55778616	0.7669905	0.8453284	0.25437956
資本	0.5577862	1	0.9281016	0.8767093	0.92785354
能源耗用量	0.7669905	0.92810163	1	0.9861720	0.73862758
CO2 排放量	0.8453284	0.87670930	0.9861720	1	0.64231063
國內生產總額	0.2543796	0.92785355	0.7386276	0.6423106	1

資料來源：本研究整理

根據結果顯示，投入項與產出項皆為正相關，表示當投入項增加時，產出項亦會隨之增加，符合 DEA 之同向性要求。

根據 Boussofiance, Dyson & Thanas(1991)指出，投入項與產出項過多易降低效率值衡量的準確性與意義。因此應用 DEA 做分析時投入項和產出項應有適合之數量。另外，Golany and Roll(1989)針對 DEA 變數篩選提出可鑑別法則，受評單位(DMU)總數必需大於等於投入項數目與產出項數目總和之兩倍。本研究選取 3 項投入變數 1 項產出變數 1 項非意欲產出項，研究對象為全球 21 個國家，符合 Golany and Roll(1989)所論述之鑑別法則。

3.5 視窗分析

DEA 主要衡量單一年度的效率值，屬於靜態經營效率衡量，而視窗分析屬於動態經營效率衡量。藉由靜態及動態效率衡量，比較出各國家相對效率值可彌補 DEA 無法衡量動態效率不足的部分。

視窗分析 (window analysis) 最早由 Charnes et al. (1985) 提出，主要目的在彌補決策單位數目太少時，無法有效執行 DEA 模式之不足，另一目的為可同時比較不同時期決策單位之相對效率，檢視其隨時間改變後效率值之變動情形。從視窗分析的平均數可知各國一段時間內的平均表現，而變異數可瞭解其效率的穩定程度。

變數定義：

N = 決策單位數

m = 決策單位資料期數

k = 視窗長度

W = 視窗數

$W = m - k + 1$

每個視窗 DMU 總數目 = $N * k$

在高強等人(2003)管理績效評估：資料包絡分析法一書中提到，表中若以 k 期為一個視窗之長度，第一個視窗之資料由 1 到 k 期所構成，次一個視窗則以第 $k + 1$ 期來取代第 1 期之資料，以維持相同的視窗長度，以此觀念繼續移動視窗直到所有的期數 (m) 均考慮完畢為止，每個決策單位共會產生 $m - k + 1$ 個視窗列。由於每一視窗均有 k 個決策單位，因而若原始決策單位之個數為 N ，則以視窗分析決策

單位個數可擴增為 $N*k$ 個，達到增加決策單位個數以強化鑑別力的功能。例如視窗共包含 $A_{11}...A_{1k}, B_{11}...B_{1k}, C_{11}...C_{1k}, N_{11}...N_{1k}$ ，一共 $N*k$ 個決策單位。

每一個決策單位可求算 $k(m-k+1)$ 個效率值之平均數及變異數，代表每一個決策單在第 1 期至 m 期之平均相對效率及其穩定性，視窗分析法之例示表如表 3.2 所示。

表 3.2 視窗分析法示意表

DMU	視窗	1 期	2 期	...	k 期	k+1 期	...	m 期	平均數	變異數
A	W ₁	A _{1,1}	A _{1,2}	...	A _{1,k}					
	W ₂		A _{2,2}	...	A _{2,k}	A _{2,k+1}				
	⋮									
	W _{m-k+1}				A _{m-k+1,k}	A _{m-k+1,k+1}	...	A _{m-k+1,m}		
B	W ₁	B _{1,1}	B _{1,2}	...	B _{1,k}					
	W ₂		B _{2,2}	...	B _{2,k}	B _{2,k+1}				
	⋮									
	W _{m-k+1}				B _{m-k+1,k}	B _{m-k+1,k+1}	...	B _{m-k+1,m}		
C	W ₁	C _{1,1}	C _{1,2}	...	C _{1,k}					
	W ₂		C _{2,2}	...	C _{2,k}	C _{2,k+1}				
	⋮									
	W _{m-k+1}				C _{m-k+1,k}	C _{m-k+1,k+1}	...	C _{m-k+1,m}		
⋮	W ₁	⋯ _{1,1}	⋯ _{1,2}	...	⋯ _{1,k}					
	W ₂		⋯ _{2,2}	...	⋯ _{2,k}	⋯ _{2,k+1}				
	⋮									
	W _{m-k+1}				⋯ _{m-k+1,k}	⋯ _{m-k+1,k+1}	...	⋯ _{m-k+1,m}		
N	W ₁	N _{1,1}	N _{1,2}	...	N _{1,k}					
	W ₂		N _{2,2}	...	N _{2,k}	N _{2,k+1}				
	⋮									
	W _{m-k+1}				N _{m-k+1,k}	N _{m-k+1,k+1}	...	N _{m-k+1,m}		

資料來源：高強、黃旭男（2003）

3.6 敏感度分析

使用資料包絡分析法進行效率評估時，評估結果會受到決策單元

數量、投入產出項數值變動或選擇不同的投入及產出項的影響，為了使效率測量結果更具說服力，此時可使用敏感度分析（Sensitivity analysis）評斷某項目對於效率之間影響程度之強弱，一般而言敏感度分析有兩種方式，方法一為減少或增加受評單位的數量，方法二為減少或投入產出項，本研究選擇方法二，透過移除單一投入項或產出項，觀察影響各受評單位的效率值變化情形，根據移除影響因素所帶來的變化了解投入與產出項影響受評單位效率之間的敏感性。

實際執行的情況如下表 3.3，將原始與改變後模式之效率值進行比較，若增減某一變數項目使受評單位的效率值與原始之效率值有所差異，則顯示該項變數對於受評單位的重要程度。

表 3.3 敏感度分析表

受評單位	原始效率值	去除/增加變數 1	去除/增加變數 2
DMU1	效率值 1	變動效率值 1-1	變動效率值 1-2
DMU2	效率值 2	變動效率值 2-1	變動效率值 2-2
⋮	⋮	⋮	⋮

資料來源：本研究整理

第四章 實證分析

本章依據第三章所提之實證模型，首先透過敘述性統計進行初步分析，了解各國基本概況並將各國分群，再透過資料包絡分析求出2007~2012年各國家相對環境效率值，比較其效率的差異，接著利用視窗分析來探討加入時間過程考量後各國的環境效率差異與穩定程度，並整理出效率矩陣圖，觀察不同群國家在六年間的表現，接著再使用差額變數分析來了解各國家效率下滑的主要原因。最後使用敏感度分析，分析各國資源投入的優勢項目以及影響幅度。本研究主要將選取國家依據其 GNP、GDP 大小分類成兩個群體進行分析探討。

4.1 敘述性統計

以敘述性統計分析不同國家的數據及分布情況，並藉以將國家進行分類以便做後續分析。首先將收集到之資料先行分類統計，了解各項變數基本概況。

表 4.1 2007~2012 各國人均 GDP 及 GNP 比較表

單位： 美元	國家	加拿大	美國	墨西哥	巴西	澳大利亞	紐西蘭	日本
2007	GDP	39,284	48,061	13,620	12,060	36,578	28,873	33,374
	GNP	38,700	48,480	13,330	11,810	34,950	26,780	34,500
	差異	584	-419	290	250	1,628	2,093	-1,126
2008	GDP	40,108	48,401	14,273	12,809	37,495	29,167	33,589
	GNP	39,500	48,970	14,030	12,510	35,960	27,020	34,710
	差異	608	-569	243	299	1,535	2,147	-1,121
2009	GDP	38,745	47,001	13,954	12,753	40,209	30,236	31,994
	GNP	38,060	47,490	13,780	12,500	38,800	28,980	32,880
	差異	685	-489	174	253	1,409	1,256	-886
2010	GDP	39,972	48,377	14,726	13,759	39,048	30,337	33,916
	GNP	39,200	49,040	14,590	13,510	37,530	28,800	34,830
	差異	772	-663	136	249	1,518	1,537	-914
2011	GDP	41,333	49,803	15,887	14,301	41,706	31,683	34,316
	GNP	40,570	50,600	15,650	14,030	40,030	30,240	35,380

單位： 美元	國家	加拿大	美國	墨西哥	巴西	澳大利亞	紐西蘭	日本
	差異	763	-797	237	271	1,676	1,443	-1,064
2012	GDP	41,924	51,496	16,178	14,581	42,872	32,194	35,414
	GNP	41,170	52,220	15,910	14,350	41,570	30,750	36,540
	差異	754	-724	268	231	1,302	1,444	-1,126

資料來源：World Development Indicators、行政院主計處、本研究整理

表 4.2 2007~2012 各國人均 GDP 及 GNP 比較表

單位： 美元	國家	南韓	台灣	中國	印度	印尼	土耳其	法國
2007	GDP	27,910	17,154	6,675	3,658	6,688	14,027	34,009
	GNP	27,830	17,596	6,690	3,640	6,410	13,870	34,720
	差異	80	-442	-15	18	278	157	-711
2008	GDP	28,718	17,399	7,421	3,822	7,126	15,178	35,144
	GNP	28,720	17,833	7,470	3,800	6,870	15,000	35,890
	差異	-2	-434	-49	22	256	178	-746
2009	GDP	28,481	16,359	8,128	4,124	7,412	14,715	34,942
	GNP	28,410	16,901	8,110	4,100	7,150	14,520	35,570
	差異	71	-542	18	24	262	195	-628
2010	GDP	30,423	18,503	9,044	4,544	7,864	16,195	35,873
	GNP	30,450	19,090	9,000	4,500	7,640	16,040	36,610
	差異	-27	-587	44	44	224	155	-737
2011	GDP	31,327	20,057	10,041	4,883	8,438	17,998	37,312
	GNP	31,510	20,625	9,940	4,840	8,190	17,820	38,170
	差異	-183	-568	101	43	248	178	-858
2012	GDP	31,822	20,423	10,950	5,141	9,014	18,186	37,115
	GNP	32,150	21,082	10,920	5,080	8,750	18,020	37,690
	差異	-328	-659	30	61	264	166	-575

資料來源：World Development Indicators、行政院主計處、本研究整理

表 4.3 2007~2012 各國人均 GDP 及人均 GNP 比較表

單位： 美元	國家	德國	義大利	荷蘭	西班牙	瑞士	英國	俄羅斯
2007	GDP	36,703	33,701	43,301	32,777	47,367	37,390	16,730
	GNP	37,310	33,720	43,570	31,980	47,720	37,740	16,360
	差異	-607	-19	-269	797	-353	-350	370

單位： 美元	國家	德國	義大利	荷蘭	西班牙	瑞士	英國	俄羅斯
2008	GDP	38,383	35,188	45,897	33,730	50,439	37,753	20,275
	GNP	38,850	34,860	44,890	32,820	47,200	37,820	19,710
	差異	-467	328	1,007	910	3,239	-67	565
2009	GDP	37,210	34,299	44,576	32,931	50,107	36,422	19,486
	GNP	38,100	34,260	44,280	32,330	51,140	36,480	18,850
	差異	-890	39	296	601	-1,033	-58	636
2010	GDP	39,558	34,720	44,748	32,354	51,327	35,924	20,541
	GNP	40,390	34,630	45,030	31,900	54,430	36,320	19,910
	差異	-832	90	-282	454	-3,103	-396	631
2011	GDP	42,381	35,917	46,309	32,606	54,215	36,629	22,570
	GNP	43,470	35,800	46,340	32,050	54,760	37,050	21,860
	差異	-1,089	117	-31	556	-545	-421	710
2012	GDP	43,171	35,571	45,414	32,303	55,029	36,942	23,504
	GNP	44,310	35,500	45,970	32,030	56,120	36,830	22,710
	差異	-1,139	71	-556	273	-1,091	112	794

資料來源：World Development Indicators、行政院主計處、本研究整理

上表 4.1 至表 4.3 整理出各國 2007 年至 2012 年的人均 GDP 及人均 GNP，可以發現其中加拿大、墨西哥、巴西、澳大利亞、紐西蘭、中國、印度、印尼、土耳其、義大利、西班牙及俄羅斯等 12 個國家為 GDP 較大國家，而美國、日本、韓國、台灣、法國、德國、荷蘭、瑞士及英國等 9 個國家為 GNP 較大國家。本研究依此將國家分成兩群，GDP 較大國家以及 GNP 較大國家，並比較各經濟體的環境與經濟發展績效目標。

表 4.4 2007~2012 年 GDP 較大國家敘述性統計量

國家	最大值	最小值	平均數	標準差
勞動力人數 (千人)	813,500.00	2,257.00	144,639.38	236,734.65
資本 (百萬美元)	2,074,980.23	23,668.41	341,290.53	413,689.31
能源耗用量 (百萬噸油當量)	2,731.08	18.98	401.34	600.85

國家	最大值	最小值	平均數	標準差
二氧化碳排放量 (百萬噸)	8,205.86	30.36	1,138.08	1,907.90
GDP (百萬美元)	4,517,459.82	117,787.19	1,165,728.70	896,003.94

資料來源：本研究整理

依表 4.4 GDP 較大國家各項變數分析，「勞動力人數」的最大值約為 8.1 億人在 2009 年中國，最小值約為 2.3 百萬人在 2007 年紐西蘭，平均數約為 1.4 億人，標準差約為 2.4 億人；「資本」的最大值約為 207 百億美元在 2012 年中國，最小值約為 2.4 百億美元在 2009 年紐西蘭，平均數約為 34 百億美元，標準差約為 41 百億美元；「能源耗用量」的最大值約為 2731 百萬噸油當量在 2012 年中國，最小值約為 18.98 百萬噸油當量在 2007 年紐西蘭，平均數約為 401.34 百萬噸油當量，標準差約為 600.85 百萬噸油當量；「二氧化碳排放量」最大值約為 8205.86 百萬噸在 2012 年中國，最小值約為 30.36 百萬噸在 2011 年紐西蘭，平均數約為 1138.08 百萬噸，標準差約為 1907.90 百萬噸；GDP 最大值約為 452 百億美元在 2012 年中國，最小值約為 12 百億美元在 2008 年紐西蘭，平均數約為 117 百億美元，標準差約為 90 百億美元。

表 4.5 2007~2012 年 GNP 較大國家敘述性統計量

國家	最大值	最小值	平均數	標準差
勞動力人數 (千人)	154,975.00	4,598.00	41,234.74	44,092.82
資本 (百萬美元)	3,042,757.66	85,821.54	650,373.08	784,557.63
能源耗用量 (百萬噸油當量)	2,371.72	27.46	447.87	666.01
二氧化碳排放量 (百萬噸)	5,761.89	39.86	1,029.66	1,588.25

國家	最大值	最小值	平均數	標準差
GDP (百萬美元)	14,136,307.00	377,529.00	3,211,481.34	3,972,364.13

資料來源：本研究整理

依表 4.5 GNP 較大國家各項變數分析，「勞動力人數」的最大值約為 1.5 億人在 2012 年美國，最小值約為 4.6 百萬人在 2007 年瑞士，平均數約為 4.1 千萬人，標準差約為 4.4 千萬人；「資本」的最大值約為 304 百億美元在 2007 年美國，最小值約為 8.6 百億美元在 2009 年台灣，平均數約為 65 百億美元，標準差約為 78 百億美元；「能源耗用量」的最大值約為 2371.72 百萬噸油當量在 2007 年美國，最小值約為 27.46 百萬噸油當量在 2011 年瑞士，平均數約為 447.87 百萬噸油當量，標準差約為 666.01 百萬噸油當量；「二氧化碳排放量」最大值約為 5761.89 百萬噸在 2007 年美國，最小值約為 39.86 百萬噸在 2011 年瑞士，平均數約為 1029.66 百萬噸，標準差約為 1588.25 百萬噸；GDP 最大值約為 1414 百億美元在 2012 年美國，最小值約為 38 百億美元在 2009 年台灣，平均數約為 321 百億美元，標準差約為 397 百億美元。

表 4.6 2007~2012 年能源使用量及二氧化碳排放比較表

	GDP 較大國家		GNP 較大國家	
	能源使用量 (百萬噸油當量)	二氧化碳排放量 (百萬噸)	能源使用量 (百萬噸油當量)	二氧化碳排放量 (百萬噸)
2007	4,333.46	12,551.57	4,168.65	9,754.68
2008	4,455.08	12,779.22	4,107.77	9,476.91
2009	4,559.40	13,039.06	3,903.00	8,888.12
2010	4,908.78	13,763.81	4,066.18	9,325.27
2011	5,201.40	14,682.08	3,991.82	9,147.95
2012	5,438.11	15,126.30	3,947.65	9,008.61

資料來源：本研究整理

由表 4.6 可知，GDP 較大國家在 2007 至 2012 年間，能源使用量及二氧化碳排放量每年皆呈現成長趨勢；GNP 較大國家除在 2009 至 2010 年能源使用量及二氧化碳排放量有些微成長，其餘各年皆呈現逐漸下降的趨勢。不同群組國家之環境效率表現處於何種情況，得靠後續分析比較之。

4.2 資料包絡分析法實證分析

本研究採用 DEA 之投入導向實證模型，將 21 個國家依照其 GDP 與 GNP 的大小，分為 GDP 較大群體與 GNP 較大群體兩個群組進行效率評估，研究期間為 2007 年至 2012 年。本研究利用資料包絡分析法之 CCR 模式，並以投入導向衡量其效率值，就投入導向而言，效率值表示在既定的產出水準下是否能使用較少投入的能力，在產出固定下求最小投入，衡量各國的環境效率值。

為了將所求算之效率值作簡單的歸納，本研究採用 Norman 及 Stoker 提出之效率值強度分群如下表 4.6，依據各決策單位之相對效率值及被參考次數，將決策單位分為強勢效率單位、邊緣效率單位、邊緣非效率單位及非效率單位四種。

表 4.7 效率強度分群

效率強度分群	效率值範圍	特性
強勢效率單位	效率值為 1	此類型決策單位出現在其他參考集合次數較多，表示此決策單位相對於無效率決策單位強度較強，除非有重大變動，否則均可維持為有效率單位。
邊緣效率單位	效率值為 1	此類型決策單位出現在其他參考集合次數為 1 至 2 次，若對於投入及產出稍加變動，可能會變為無效率單位。
邊緣非效率單位	效率值介於 0.9 至 1	若對其投入及產出項稍作改善，此類型決策單位的效率很容易提升至 1，也就是相對有效率。
非效率單位	效率值小於 0.9	此類型決策單位在短期內較難提升效率值，除非對其投入及產出

效率強度分群	效率值範圍	特性
		項作較大幅度的改善。

資料來源: Norman and Stocker (1991); 郭正坤 (2005)

當某決策單位之效率值為 1 時，表示其為所有決策單位中相對具有效率者。若某效率單位被參考次數越多，表示在相對無效率之決策單位中，有越多無效率單位以其為學習標竿，代表其相對於無效率決策單位強度較強。配合表 4.6 探討各國各年度效率值，並配合被參考次數找出其效率強度分群，以做為比較效率優劣之參考。分析如下表 4.7 至表 4.12。

表 4.8 2007 年各國效率值

2007	國家	效率值	排序	被參考次數
GDP 較 大 國 家	加拿大	0.8134	11	0
	墨西哥	0.8132	12	0
	巴西	1	1	10
	澳大利亞	1	1	1
	紐西蘭	0.7825	13	0
	中國	0.4522	21	0
	印度	0.5406	20	0
	印尼	0.7542	14	0
	土耳其	0.6703	17	0
	義大利	0.9179	10	0
	西班牙	0.6542	18	0
	俄羅斯	0.5591	19	0
GNP 較 大 國 家	美國	0.9922	5	0
	日本	0.9832	6	0
	韓國	0.6791	16	0
	台灣	0.7294	15	0
	法國	0.9483	8	0
	德國	0.9310	9	0
	荷蘭	0.9548	7	0
	瑞士	1	1	7
	英國	1	1	15

資料來源：本研究整理

觀察表 4.8, 2007 年之效率值可得知, 效率值為 1 之國家有 4 國, 分別為巴西、澳大利亞、瑞士、以及英國。而對照表 4.6 各國家依其效率觀察本年度效率值可得知, 表 4.7 中效率值為 1 且被參考次數超過兩次之國家有 3 國, 分別為巴西、瑞士及英國, 屬於強勢效率單位。澳大利亞效率值為 1 且被參考次數為 1 次, 屬於邊緣效率單位。美國、日本、法國、德國、義大利及荷蘭效率值介於 0.9 至 1, 屬於邊緣非效率單位。而加拿大、墨西哥、紐西蘭、韓國、台灣、中國、印度、印尼、土耳其、西班牙及俄羅斯, 效率值不到 0.9, 屬於非效率單位。

表 4.9 2008 年各國效率值

2008	國家	效率值	排序	被參考次數
GDP 較 大 國 家	加拿大	0.8061	11	0
	墨西哥	0.7567	13	0
	巴西	0.9079	8	0
	澳大利亞	1	1	1
	紐西蘭	0.7966	12	0
	中國	0.4432	21	0
	印度	0.5315	20	0
	印尼	0.7016	15	0
	土耳其	0.6816	16	0
	義大利	0.9042	9	0
	西班牙	0.6698	18	0
俄羅斯	0.5319	19	0	
GNP 較 大 國 家	美國	1	1	5
	日本	0.9558	5	0
	韓國	0.6749	17	0
	台灣	0.7487	14	0
	法國	0.9252	7	0
	德國	0.9020	10	0
	荷蘭	0.9485	6	0
	瑞士	1	1	5
	英國	1	1	17

資料來源：本研究整理

觀察表 4.9, 2008 年之效率值可得知, 效率值為 1 之國家有 4 國, 分別為美國、澳大利亞、瑞士、以及英國。而對照表 4.6 各國家依其

效率觀察本年度效率值可得知，表 4.8 中效率值為 1 且被參考次數超過兩次之國家有 3 國，分別為美國、瑞士及英國，屬於強勢效率單位。澳大利亞效率值為 1 且被參考次數為 1 次，屬於邊緣效率單位。巴西、日本、法國、德國、義大利及荷蘭效率值介於 0.9 至 1，屬於邊緣非效率單位。而加拿大、墨西哥、紐西蘭、韓國、台灣、中國、印度、印尼、土耳其、西班牙及俄羅斯，效率值不到 0.9，屬於非效率單位。

表 4.10 2009 年各國效率值

2009	國家	效率值	排序	被參考次數
GDP 較 大 國 家	加拿大	0.7978	12	0
	墨西哥	0.7111	13	0
	巴西	0.8680	10	0
	澳大利亞	1	1	2
	紐西蘭	0.8058	11	0
	中國	0.3528	21	0
	印度	0.4791	20	0
	印尼	0.6361	17	0
	土耳其	0.6829	16	0
	義大利	0.8876	8	0
	西班牙	0.7025	14	0
俄羅斯	0.4864	19	0	
GNP 較 大 國 家	美國	1	1	6
	日本	0.9334	5	0
	韓國	0.6061	18	0
	台灣	0.6969	15	0
	法國	0.9210	7	0
	德國	0.8769	9	0
	荷蘭	0.9327	6	0
	瑞士	1	1	5
	英國	1	1	16

資料來源：本研究整理

觀察表 4.10，2009 年之效率值可得知，效率值為 1 之國家有 4 國，分別為美國、澳大利亞、瑞士、以及英國。而對照表 4.6 各國家依其效率觀察本年度效率值可得知，表 4.9 中效率值為 1 且被參考次數超過兩次之國家有 3 國，分別為美國、瑞士及英國，屬於強勢效率

單位。澳大利亞效率值為 1 且被參考次數為 2 次，屬於邊緣效率單位。日本、法國及荷蘭效率值介於 0.9 至 1，屬於邊緣非效率單位。而加拿大、墨西哥、巴西、紐西蘭、韓國、台灣、中國、印度、印尼、土耳其、德國、義大利、西班牙及俄羅斯，效率值不到 0.9，屬於非效率單位。

表 4.11 2010 年各國效率值

2010	國家	效率值	排序	被參考次數
GDP 較 大 國 家	加拿大	0.7912	12	0
	墨西哥	0.7671	13	0
	巴西	0.7996	11	0
	澳大利亞	1	1	1
	紐西蘭	0.8287	10	0
	中國	0.3630	21	0
	印度	0.4947	20	0
	印尼	0.648	16	0
	土耳其	0.6303	18	0
	義大利	0.9022	8	0
	西班牙	0.7574	14	0
	俄羅斯	0.5089	19	0
GNP 較 大 國 家	美國	1	1	5
	日本	0.9767	5	0
	韓國	0.6322	17	0
	台灣	0.6802	15	0
	法國	0.9298	7	0
	德國	0.8989	9	0
	荷蘭	0.9691	6	0
	瑞士	1	1	7
	英國	1	1	15

資料來源：本研究整理

觀察表 4.11，2010 年之效率值可得知，效率值為 1 之國家有 4 國，分別為美國、澳大利亞、瑞士、以及英國。而對照表 4.6 各國家依其效率觀察本年度效率值可得知，表 4.10 中效率值為 1 且被參考次數超過兩次之國家有 3 國，分別為美國、瑞士及英國，屬於強勢效率單位。澳大利亞效率值為 1 且被參考次數為 1 次，屬於邊緣效率單

位。日本、法國、義大利及荷蘭效率值介於 0.9 至 1，屬於邊緣非效率單位。而加拿大、墨西哥、巴西、紐西蘭、韓國、台灣、中國、印度、印尼、土耳其、德國、西班牙及俄羅斯，效率值不到 0.9，屬於非效率單位。

表 4.12 2011 年各國效率值

2011	國家	效率值	排序	被參考次數
GDP 較 大 國 家	加拿大	0.7904	11	0
	墨西哥	0.7445	14	0
	巴西	0.7896	12	0
	澳大利亞	1	1	2
	紐西蘭	0.8174	10	0
	中國	0.3659	21	0
	印度	0.4731	20	0
	印尼	0.5905	18	0
	土耳其	0.6415	17	0
	義大利	0.9067	8	0
	西班牙	0.7506	13	0
俄羅斯	0.5039	19	0	
GNP 較 大 國 家	美國	1	1	5
	日本	0.9711	5	0
	韓國	0.6538	16	0
	台灣	0.7414	15	0
	法國	0.9392	7	0
	德國	0.9017	9	0
	荷蘭	0.9671	6	0
	瑞士	1	1	5
英國	1	1	16	

資料來源：本研究整理

觀察表 4.12，2011 年之效率值可得知，效率值為 1 之國家有 4 國，分別為美國、澳大利亞、瑞士、以及英國。而對照表 4.6 各國家依其效率觀察本年度效率值可得知，表 4.11 中效率值為 1 且被參考次數超過兩次之國家有 3 國，分別為美國、瑞士及英國，屬於強勢效率單位。澳大利亞效率值為 1 且被參考次數為 1 次，屬於邊緣效率單位。日本、法國、德國、義大利及荷蘭效率值介於 0.9 至 1，屬於邊

緣非效率單位。而加拿大、墨西哥、巴西、紐西蘭、韓國、台灣、中國、印度、印尼、土耳其、西班牙及俄羅斯，效率值不到 0.9，屬於非效率單位。

表 4.13 2012 年各國效率值

2012	國家	效率值	排序	被參考次數
GDP 較 大 國 家	加拿大	0.7903	11	0
	墨西哥	0.741	15	0
	巴西	0.8315	10	0
	澳大利亞	1	1	1
	紐西蘭	0.7814	13	0
	中國	0.3612	21	0
	印度	0.4921	20	0
	印尼	0.577	18	0
	土耳其	0.6308	17	0
	義大利	0.9187	8	0
	西班牙	0.7893	12	0
	俄羅斯	0.4996	19	0
GNP 較 大 國 家	美國	1	1	3
	日本	1	1	2
	韓國	0.6729	16	0
	台灣	0.7730	14	0
	法國	0.9509	7	0
	德國	0.9059	9	0
	荷蘭	0.9634	6	0
	瑞士	1	1	4
	英國	1	1	15

資料來源：本研究整理

觀察表 4.13，2012 年之效率值可得知，效率值為 1 之國家有 5 國，分別為美國、澳大利亞、日本、瑞士、以及英國。而對照表 4.6 各國家依其效率觀察本年度效率值可得知，表 4.12 中效率值為 1 且被參考次數超過兩次之國家有 3 國，分別為美國、瑞士及英國，屬於強勢效率單位。澳大利亞、日本效率值為 1 且被參考次數分別為 1 及 2 次，屬於邊緣效率單位。法國、德國、義大利及荷蘭效率值介於 0.9 至 1，屬於邊緣非效率單位。而加拿大、墨西哥、巴西、紐西蘭、韓

國、台灣、中國、印度、印尼、土耳其、西班牙及俄羅斯，效率值不到 0.9，屬於非效率單位。

4.2.1 技術效率分析

根據先前求得之各國家效率值，將六年度資料統整並依照有效率單位及無效率單位分群如下表 4.14 及與表 4.15 所示。

表 4.14 2007~2013 年 GDP 較大國家效率單位分布狀況

年份	GDP 較大國家			
	強勢效率單位	邊緣效率單位	邊緣非效率單位	非效率單位
2007	巴西	澳大利亞	義大利	加拿大、墨西哥、紐西蘭、中國、印度、印尼、土耳其、西班牙、俄羅斯
2008		澳大利亞	巴西、義大利	
2009		澳大利亞		加拿大、墨西哥、巴西、紐西蘭、中國、印度、印尼、土耳其、義大利、西班牙、俄羅斯
2010		澳大利亞	義大利	加拿大、墨西哥、巴西、紐西蘭、中國、印度、印尼、土耳其、西班牙、俄羅斯
2011		澳大利亞	義大利	
2012		澳大利亞	義大利	

資料來源：本研究整理

表 4.15 2007~2013 年 GNP 較大國家效率單位分布狀況

年份	GNP 較大國家			
	強勢效率單位	邊緣效率單位	邊緣非效率單位	非效率單位
2007	瑞士、英國		美國、日本、法國、德國、荷蘭	韓國、台灣

年份	GNP 較大國家				
	強勢效率單位	邊緣效率單位	邊緣非效率單位	非效率單位	
2008	美國、瑞士、英國		日本、法國、德國、荷蘭		
2009			日本、法國、荷蘭	韓國、台灣、德國	
2010					韓國、台灣
2011			日本、法國、德國、荷蘭		
2012		日本	法國、德國、荷蘭		

資料來源：本研究整理

從表 4.14 及表 4.15 可得知，GDP 較大國家除了巴西在 2007 年及澳大利亞連續六年為相對有效率單位，其餘國家皆處於無效率單位，尤其大部分國家效率值分布在 0.3 至 0.8，還有很大的進步空間。而 GNP 較大國家中瑞士、英國、美國表現相對有效率，日本在 2012 年進步至有效率單位，其他國家除韓國、台灣等在非效率單位，表現相對較差，其餘國家則處於邊緣非效率單位。整體表現來看 GNP 較大國家比 GDP 較大國家來的好。

為了進一步分析各國效率表現，本研究將各國區分為 GDP 較大國家與 GNP 較大國家共兩類，將各國家歷年的效率值分類並加總平均，求得表 4.15，並把歷年趨勢圖呈現如圖 4.1。

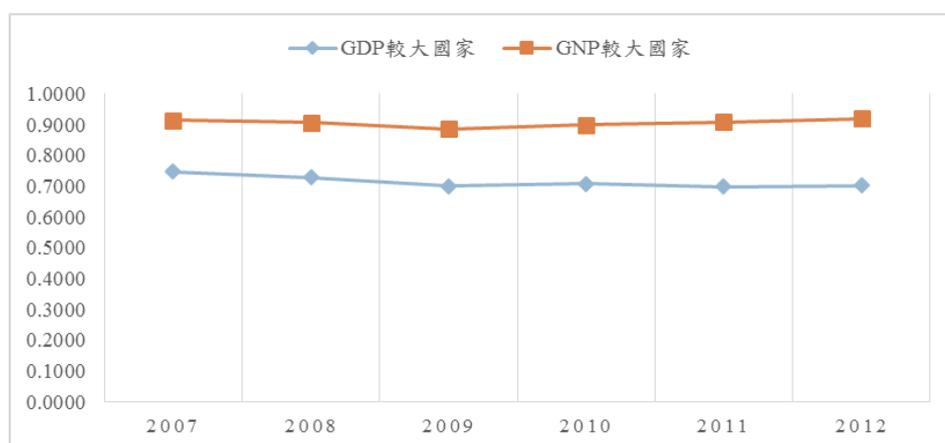


圖 4.1 2007~2012 效率變動趨勢圖

資料來源：本研究整理

從圖 4.1 可得 GNP 較大國家整體效率表現歷年都較 GDP 較大國家來的好，兩群國家在 2009 年效率有較明顯下降趨勢，因受到該年金融海嘯影響，產出變數 GDP 各國皆明顯減少，但 GNP 較大國家效率在下降後皆有明顯回升，對能源及碳排放控管能力較強，而 GDP 較大國家效率則在下降後無明顯上升，呈現持平甚至些微下降，顯示其控管能力較差。

表 4.16 各年效率值：GDP 較大國、GNP 較大國

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	平均
GDP 較大國家	0.7465	0.7276	0.7008	0.7076	0.6978	0.7011	0.7136
GNP 較大國家	0.9131	0.9061	0.8852	0.8985	0.9083	0.9185	0.9050

資料來源：本研究整理

上表 4.16 中把兩群國家歷年效率表現平均後可得知，GNP 較大國家表現皆比 GDP 較大國家好，這也符合先前提到微笑曲線的觀點，GNP 較大國家多屬於已開發先進國家，在產業結構特性趨勢上，科技與創新相關產業快速成長，也對應到微笑曲線中研發及行銷的附加價值高的部分。GDP 較大國家中表現較差的國家多屬於開發中國家，而先進國家將代工、組裝等附加價值較低的勞力密集製造產業，委託或設廠在開發中國家，如中國、印度、印尼等。其生產過程中所造成的能源消耗及碳排放甚至污染，則由這些國家吸收，其過量的能源使用及碳排放，造成效率表現較差。

4.3 視窗分析

上述分析結果可得知各國家的效率比值，但並未將時間過程納入，為單一年度的分析，故本研究進一步使用視窗分析將時間過程加入考量，求出不同群組國家的效率穩定程度位置進行探討。

表 4.17 視窗分析結果表

國家	視窗	2007	2008	2009	2010	2011	2012	平均	變異數
加拿大	1	0.7876	0.7851	0.7978				0.78948	0.0000289

國家	視窗	2007	2008	2009	2010	2011	2012	平均	變異數
	2		0.7847	0.7978	0.7855				
	3			0.7978	0.7842	0.7879			
	4				0.7893	0.7904	0.7855		
美國	1	0.9746	0.9843	1				0.99409	0.0000848
	2		0.9798	1	1				
	3			1	0.9936	1			
	4				0.9967	1	1		
墨西哥	1	0.7007	0.6770	0.7111				0.71813	0.0007117
	2		0.6770	0.7111	0.7380				
	3			0.7111	0.7380	0.7116			
	4				0.7671	0.7396	0.7355		
巴西	1	0.8772	0.8123	0.8680				0.81736	0.0019400
	2		0.8123	0.8680	0.7693				
	3			0.8680	0.7693	0.7547			
	4				0.7996	0.7844	0.8254		
澳大利亞	1	1	0.9860	1				0.99249	0.0000933
	2		0.9849	1	1				
	3			0.9848	0.9771	1			
	4				0.9771	1	1		
紐西蘭	1	0.6780	0.7127	0.8058				0.77611	0.0022991
	2		0.7127	0.8058	0.7973				
	3			0.8058	0.7973	0.7812			
	4				0.8287	0.8120	0.7757		
日本	1	0.9699	0.9469	0.9315				0.95858	0.0004668
	2		0.9439	0.9305	0.9747				
	3			0.9279	0.9715	0.9696			
	4				0.9715	0.9696	0.9954		
韓國	1	0.5817	0.6038	0.6061				0.61654	0.0005494
	2		0.6038	0.6061	0.6082				
	3			0.6061	0.6082	0.6249			
	4				0.6322	0.6495	0.6679		
台灣	1	0.6253	0.6698	0.6969				0.68809	0.0014736
	2		0.6698	0.6969	0.6544				
	3			0.6969	0.6544	0.7086			
	4				0.6802	0.7365	0.7673		
中國	1	0.3967	0.3966	0.3528				0.36511	0.0003842

國家	視窗	2007	2008	2009	2010	2011	2012	平均	變異數
	2		0.3966	0.3528	0.3492				
	3			0.3528	0.3492	0.3497			
	4				0.3630	0.3635	0.3585		
印度	1	0.4738	0.4755	0.4791				0.47662	0.0001036
	2		0.4755	0.4791	0.4760				
	3			0.4791	0.4760	0.4522			
	4				0.4947	0.4700	0.4884		
印尼	1	0.6616	0.6278	0.6361				0.62033	0.0008978
	2		0.6278	0.6361	0.6234				
	3			0.6361	0.6234	0.5644			
	4				0.6480	0.5866	0.5728		
土耳其	1	0.5761	0.6098	0.6829				0.63033	0.0012331
	2		0.6098	0.6829	0.6064				
	3			0.6829	0.6064	0.6131			
	4				0.6303	0.6372	0.6261		
法國	1	0.9213	0.9211	0.9210				0.92538	0.0000676
	2		0.9172	0.9180	0.9266				
	3			0.9160	0.9246	0.9380			
	4				0.9246	0.9388	0.9371		
德國	1	0.8941	0.8984	0.8760				0.89218	0.0001122
	2		0.8982	0.8760	0.8973				
	3			0.8737	0.8941	0.9007			
	4				0.8941	0.9007	0.9029		
義大利	1	0.9125	0.9027	0.8857				0.89934	0.0001052
	2		0.9011	0.8851	0.9009				
	3			0.8823	0.8981	0.9062			
	4				0.8981	0.9062	0.9132		
荷蘭	1	0.9386	0.9362	0.9327				0.94852	0.0002657
	2		0.9329	0.9305	0.9664				
	3			0.9282	0.9637	0.9648			
	4				0.9637	0.9648	0.9598		
西班牙	1	0.6508	0.6548	0.7025				0.71142	0.0017730
	2		0.6532	0.7025	0.7394				
	3			0.6946	0.7311	0.7505			
	4				0.7313	0.7506	0.7759		
瑞士	1	1	1	1				0.99963	0.0000016

國家	視窗	2007	2008	2009	2010	2011	2012	平均	變異數
	2		1	1	1				
	3			1	1	1			
	4				1	1	0.9956		
英國	1	0.9965	1	1				0.99923	0.0000018
	2		1	1	0.9993				
	3			1	0.9966	1			
	4				1	1	0.9983		
俄羅斯	1	0.4838	0.4759	0.4864				0.48844	0.0000927
	2		0.4759	0.4864	0.4897				
	3			0.4864	0.4897	0.4816			
	4				0.5089	0.5006	0.4959		

資料來源：本研究整理

表 4.18 視窗分析結果統計

	GDP 較大國家	GNP 較大國家
效率值	0.6904	0.8387
效率值變異數	0.0008052	0.0003408

資料來源：本研究整理

表 4.17 為視窗分析結果，以三年為一個視窗，共四個視窗求平均數與變異數，求得在時間考量下各國家的效率值，並將各國家依據其 GDP 及 GNP 大小分類，再求出效率值的整體平均值與整體平均變異數得到表 4.17，可發現加入時間考量後，整體國家的效率值皆有下降，但效率的排序沒有改變。效率值的變異數可看出不同國家的穩定程度，變異數愈小，穩定程度愈高，從效率值變異數表現來看，是 GNP 較大國家整體穩定程度高於 GDP 較大國家。

根據以上視窗分析求得之效率值平均數與變異數，取代以往採用單一效率指標的評估方式，以平均數代表平均表現；變異數代表穩定程度，得到下圖 4.2 矩陣圖，觀察其分布情形來判斷國家效率優劣與穩定度，若位於第四象限，即為高穩定及高效率表現的最佳位置。

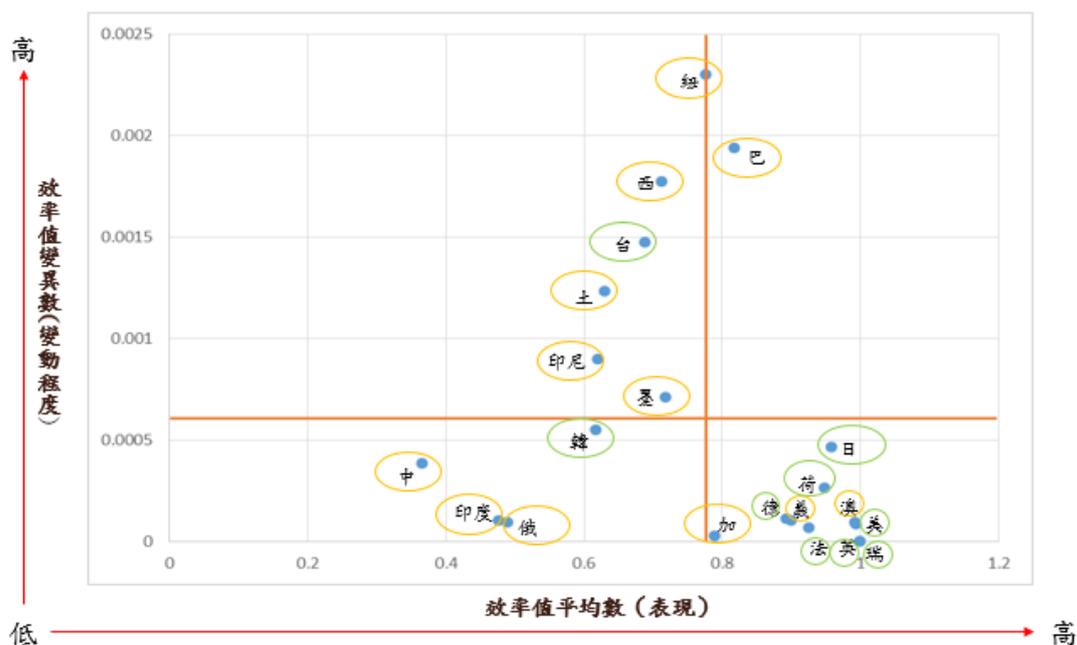


圖4.2 效率表現矩陣圖

資料來源：本研究整理

由圖 4.2 可看出，GNP 較大國家除了韓國、台灣，其餘皆在高表現高穩定度的第四象限，顯示 GNP 較大國家相對於 GDP 較大國家有較佳的資源使用配置能力，這也符合微笑曲線的概念，而圖中有少部分 GDP 較大國家(加拿大、澳大利亞、義大利)亦處於第四象限，這三個國家屬於已開發國家，相較於其他 GDP 較大國家屬於開發中國家，其資源配置較為適當。

4.4 差額變數分析

經由上述分析中可了解效率的差異與變動情形，而本研究是採用多投入與多產出的分析方式，變數眾多，無法直觀的看出各國家無效率的原因，故本研究使用差額變數分析，找出各年度國家的投入項需改善之比例，並將國家依據 GDP、GNP 大小分類，找出各群組國家效率下滑的主要原因，結果如下表 4.18 至表 4.25。

表 4.19 2007 年差額變數表

	勞動力人數	資本	能源使用量	二氧化碳排放量
加拿大	-18.66%	-18.66%	-68.43%	-57.00%
墨西哥	-18.68%	-18.68%	-30.08%	-43.28%

	勞動力人數	資本	能源使用量	二氧化碳排放量
紐西蘭	-21.75%	-21.75%	-43.06%	-23.40%
中國	-63.02%	-54.78%	-64.16%	-83.82%
印度	-80.85%	-45.94%	-46.97%	-75.27%
印尼	-70.24%	-24.58%	-43.17%	-75.84%
土耳其	-33.49%	-32.97%	-40.92%	-52.62%
義大利	-9.23%	-8.21%	-13.71%	-20.56%
西班牙	-34.87%	-34.58%	-36.59%	-36.44%
俄羅斯	-44.09%	-43.19%	-79.87%	-84.41%
美國	-0.78%	-0.78%	-57.36%	-65.96%
日本	-1.68%	-1.68%	-25.55%	-27.00%
韓國	-32.09%	-32.09%	-60.06%	-56.84%
台灣	-27.06%	-27.06%	-65.96%	-77.15%
法國	-8.42%	-5.17%	-32.17%	-6.25%
德國	-7.92%	-6.90%	-18.36%	-19.08%
荷蘭	-5.41%	-4.52%	-39.79%	-32.11%

資料來源：本研究整理

觀察表 4.19 得知，國家若要從無效率單位轉變為有效率單位，投入項所需改善幅度，加拿大需在勞動力人數減少 18.66%、資本減少 18.66%、能源使用量減少 68.43%、二氧化碳排放量減少 57%。墨西哥需在勞動力人數減少 18.68%、資本減少 18.68%、能源使用量減少 30.08%、二氧化碳排放量減少 43.28%。紐西蘭需在勞動力人數減少 21.75%、資本減少 21.75%、能源使用量減少 43.06%、二氧化碳排放量減少 23.40%。中國需在勞動力人數減少 63.02%、資本減少 54.78%、能源使用量減少 64.16%、二氧化碳排放量減少 83.82%。印度需在勞動力人數減少 80.85%、資本減少 45.94%、能源使用量減少 46.97%、二氧化碳排放量減少 75.27%。印尼需在勞動力人數減少 70.24%、資本減少 24.58%、能源使用量減少 43.17%、二氧化碳排放量減少 75.84%。土耳其需在勞動力人數減少 33.49%、資本減少 32.97%、能源使用量減少 40.92%、二氧化碳排放量減少 52.62%。義大利需在勞動力人數減少 9.23%、資本減少 8.21%、能源使用量減少 13.71%、二氧化碳排放量減少 20.56%。西班牙需在勞動力人數減少 34.87%、資本減少 34.58%、能源使用量減少 36.59%、二氧化碳排放量減少 36.44%。俄

羅斯需在勞動力人數減少 44.09%、資本減少 43.19%、能源使用量減少 79.87%、二氧化碳排放量減少 84.41%。美國需在勞動力人數減少 0.78%、資本減少 0.78%、能源使用量減少 57.36%、二氧化碳排放量減少 65.96%。日本需在勞動力人數減少 1.68%、資本減少 1.68%、能源使用量減少 25.55%、二氧化碳排放量減少 27.00%。韓國需在勞動力人數減少 32.09%、資本減少 32.09%、能源使用量減少 60.06%、二氧化碳排放量減少 56.84%。台灣需在勞動力人數減少 27.06%、資本減少 27.06%、能源使用量減少 65.96%、二氧化碳排放量減少 77.15%。法國需在勞動力人數減少 8.42%、資本減少 5.17%、能源使用量減少 32.17%、二氧化碳排放量減少 6.25%。德國需在勞動力人數減少 7.92%、資本減少 6.90%、能源使用量減少 18.36%、二氧化碳排放量減少 19.08%。荷蘭需在勞動力人數減少 5.41%、資本減少 4.52%、能源使用量減少 39.79%、二氧化碳排放量減少 32.11%。

表 4.20 2008 年差額變數表

	勞動力人數	資本	能源使用量	二氧化碳排放量
加拿大	-19.39%	-19.39%	-57.91%	-41.15%
墨西哥	-74.33%	-24.33%	-54.00%	-53.33%
巴西	-86.70%	-9.21%	-63.40%	-43.98%
紐西蘭	-37.20%	-20.34%	-48.00%	-31.22%
中國	-95.20%	-55.68%	-86.37%	-90.28%
印度	-97.58%	-46.85%	-80.34%	-86.11%
印尼	-96.30%	-29.84%	-77.03%	-85.39%
土耳其	-72.19%	-31.84%	-55.33%	-59.09%
義大利	-8.87%	-8.58%	-9.58%	-15.99%
西班牙	-35.26%	-32.12%	-35.25%	-33.02%
俄羅斯	-86.59%	-46.81%	-88.34%	-88.20%
日本	-4.42%	-4.42%	-6.63%	-4.42%
韓國	-48.78%	-32.51%	-63.42%	-59.54%
台灣	-55.12%	-25.13%	-68.59%	-78.15%
法國	-7.91%	-7.18%	-32.98%	-7.48%
德國	-9.80%	-9.61%	-13.23%	-14.97%
荷蘭	-4.76%	-3.95%	-15.28%	-5.15%

資料來源：本研究整理

觀察表 4.20 得知，國家若要從無效率單位轉變為有效率單位，投入項所需改善幅度，加拿大需在勞動力人數減少 19.39%、資本減少 19.39%、能源使用量減少 57.91%、二氧化碳排放量減少 41.15%。墨西哥需在勞動力人數減少 74.33%、資本減少 24.33%、能源使用量減少 54.00%、二氧化碳排放量減少 53.33%。巴西需在勞動力人數減少 86.70%、資本減少 9.21%、能源使用量減少 63.40%、二氧化碳排放量減少 43.98%。紐西蘭需在勞動力人數減少 37.20%、資本減少 20.34%、能源使用量減少 48.00%、二氧化碳排放量減少 31.22%。中國需在勞動力人數減少 95.20%、資本減少 55.68%、能源使用量減少 86.37%、二氧化碳排放量減少 90.28%。印度需在勞動力人數減少 97.58%、資本減少 46.85%、能源使用量減少 80.34%、二氧化碳排放量減少 86.11%。印尼需在勞動力人數減少 96.30%、資本減少 29.84%、能源使用量減少 77.03%、二氧化碳排放量減少 85.39%。土耳其需在勞動力人數減少 72.19%、資本減少 31.84%、能源使用量減少 55.33%、二氧化碳排放量減少 59.09%。義大利需在勞動力人數減少 8.87%、資本減少 8.58%、能源使用量減少 9.58%、二氧化碳排放量減少 15.99%。西班牙需在勞動力人數減少 35.26%、資本減少 32.12%、能源使用量減少 35.25%、二氧化碳排放量減少 33.02%。俄羅斯需在勞動力人數減少 86.59%、資本減少 46.81%、能源使用量減少 88.34%、二氧化碳排放量減少 88.20%。日本需在勞動力人數減少 4.42%、資本減少 4.42%、能源使用量減少 6.63%、二氧化碳排放量減少 4.42%。韓國需在勞動力人數減少 48.78%、資本減少 32.51%、能源使用量減少 63.42%、二氧化碳排放量減少 59.54%。台灣需在勞動力人數減少 55.12%、資本減少 25.13%、能源使用量減少 68.59%、二氧化碳排放量減少 78.15%。法國需在勞動力人數減少 7.91%、資本減少 7.18%、能源使用量減少 32.98%、二氧化碳排放量減少 7.48%。德國需在勞動力人數減少 9.80%、資本減少 9.61%、能源使用量減少 13.23%、二氧化碳排放量減少 14.97%。荷蘭需在勞動力人數減少 4.76%、資本減少 3.95%、能源使用量減少 15.28%、二氧化碳排放量減少 5.15%。

表 4.21 2009 年差額變數表

	勞動力人數	資本	能源使用量	二氧化碳排放量
加拿大	-20.22%	-20.22%	-51.55%	-32.84%
墨西哥	-74.49%	-28.89%	-56.05%	-57.41%
巴西	-87.18%	-13.20%	-63.63%	-43.36%
紐西蘭	-33.29%	-19.42%	-47.17%	-27.43%
中國	-94.54%	-64.72%	-86.14%	-90.39%
印度	-96.91%	-52.09%	-80.44%	-87.35%
印尼	-96.00%	-36.39%	-77.82%	-86.05%
土耳其	-73.27%	-31.71%	-58.14%	-62.05%
義大利	-10.88%	-10.35%	-11.24%	-20.36%
西班牙	-34.93%	-29.55%	-32.77%	-29.75%
俄羅斯	-87.02%	-51.36%	-88.74%	-88.94%
日本	-6.66%	-6.66%	-6.66%	-12.81%
韓國	-45.95%	-39.39%	-63.55%	-62.41%
台灣	-55.81%	-30.31%	-69.58%	-79.76%
法國	-7.90%	-7.56%	-29.83%	-8.90%
德國	-12.22%	-11.33%	-12.31%	-18.15%
荷蘭	-5.86%	-4.79%	-15.08%	-6.73%

資料來源：本研究整理

觀察表 4.21 得知，國家若要從無效率單位轉變為有效率單位，投入項所需改善幅度，加拿大需在勞動力人數減少 20.22%、資本減少 20.22%、能源使用量減少 51.55%、二氧化碳排放量減少 32.84%。墨西哥需在勞動力人數減少 74.49%、資本減少 28.89%、能源使用量減少 56.05%、二氧化碳排放量減少 57.41%。巴西需在勞動力人數減少 87.18%、資本減少 13.20%、能源使用量減少 63.63%、二氧化碳排放量減少 43.36%。紐西蘭需在勞動力人數減少 33.29%、資本減少 19.42%、能源使用量減少 47.17%、二氧化碳排放量減少 27.43%。中國需在勞動力人數減少 94.54%、資本減少 64.72%、能源使用量減少 86.14%、二氧化碳排放量減少 90.39%。印度需在勞動力人數減少 96.91%、資本減少 52.09%、能源使用量減少 80.44%、二氧化碳排放量減少 87.35%。印尼需在勞動力人數減少 96.00%、資本減少 36.39%、能源使用量減少 77.82%、二氧化碳排放量減少 86.05%。土耳其需在

勞動力人數減少 73.27%、資本減少 31.71%、能源使用量減少 58.14%、二氧化碳排放量減少 62.05%。義大利需在勞動力人數減少 10.88%、資本減少 10.35%、能源使用量減少 11.24%、二氧化碳排放量減少 20.36%。西班牙需在勞動力人數減少 34.93%、資本減少 29.55%、能源使用量減少 32.77%、二氧化碳排放量減少 29.75%。俄羅斯需在勞動力人數減少 87.02%、資本減少 51.36%、能源使用量減少 88.74%、二氧化碳排放量減少 88.94%。日本需在勞動力人數減少 6.66%、資本減少 6.66%、能源使用量減少 6.66%、二氧化碳排放量減少 12.81%。韓國需在勞動力人數減少 45.95%、資本減少 39.39%、能源使用量減少 63.55%、二氧化碳排放量減少 62.41%。台灣需在勞動力人數減少 55.81%、資本減少 30.31%、能源使用量減少 69.58%、二氧化碳排放量減少 79.76%。法國需在勞動力人數減少 7.90%、資本減少 7.56%、能源使用量減少 29.83%、二氧化碳排放量減少 8.90%。德國需在勞動力人數減少 12.22%、資本減少 11.33%、能源使用量減少 12.31%、二氧化碳排放量減少 18.15%。荷蘭需在勞動力人數減少 5.86%、資本減少 4.79%、能源使用量減少 15.08%、二氧化碳排放量減少 6.73%。

表 4.22 2010 年差額變數表

	勞動力人數	資本	能源使用量	二氧化碳排放量
加拿大	-20.88%	-20.88%	-46.99%	-26.07%
墨西哥	-75.16%	-23.29%	-54.76%	-56.41%
巴西	-86.67%	-20.04%	-64.02%	-46.04%
紐西蘭	-34.59%	-17.13%	-48.13%	-25.27%
中國	-93.80%	-63.70%	-86.14%	-89.88%
印度	-96.73%	-50.53%	-79.42%	-86.41%
印尼	-95.92%	-35.20%	-78.73%	-85.33%
土耳其	-72.26%	-36.97%	-56.78%	-59.37%
義大利	-8.93%	-8.87%	-9.78%	-14.23%
西班牙	-36.01%	-24.76%	-33.39%	-24.26%
俄羅斯	-86.61%	-49.11%	-88.61%	-89.00%
日本	-2.33%	-2.33%	-2.33%	-2.35%
韓國	-44.12%	-36.78%	-63.57%	-62.79%
台灣	-51.31%	-31.98%	-67.03%	-77.89%
法國	-7.45%	-7.02%	-32.93%	-8.02%

	勞動力人數	資本	能源使用量	二氧化碳排放量
德國	-9.74%	-9.51%	-10.11%	-14.81%
荷蘭	-2.45%	-2.09%	-15.82%	-3.09%

資料來源：本研究整理

觀察表 4.22 得知，國家若要從無效率單位轉變為有效率單位，投入項所需改善幅度，加拿大需在勞動力人數減少 20.88%、資本減少 20.88%、能源使用量減少 46.99%、二氧化碳排放量減少 26.07%。墨西哥需在勞動力人數減少 75.16%、資本減少 23.29%、能源使用量減少 54.76%、二氧化碳排放量減少 56.41%。巴西需在勞動力人數減少 86.67%、資本減少 20.04%、能源使用量減少 64.02%、二氧化碳排放量減少 46.04%。紐西蘭需在勞動力人數減少 34.59%、資本減少 17.13%、能源使用量減少 48.13%、二氧化碳排放量減少 25.27%。中國需在勞動力人數減少 93.80%、資本減少 63.70%、能源使用量減少 86.14%、二氧化碳排放量減少 89.88%。印度需在勞動力人數減少 96.73%、資本減少 50.53%、能源使用量減少 79.42%、二氧化碳排放量減少 86.41%。印尼需在勞動力人數減少 95.92%、資本減少 35.20%、能源使用量減少 78.73%、二氧化碳排放量減少 85.33%。土耳其需在勞動力人數減少 72.26%、資本減少 36.97%、能源使用量減少 56.78%、二氧化碳排放量減少 59.37%。義大利需在勞動力人數減少 8.93%、資本減少 8.87%、能源使用量減少 9.78%、二氧化碳排放量減少 14.23%。西班牙需在勞動力人數減少 36.01%、資本減少 24.76%、能源使用量減少 33.39%、二氧化碳排放量減少 24.26%。俄羅斯需在勞動力人數減少 86.61%、資本減少 49.11%、能源使用量減少 88.61%、二氧化碳排放量減少 89.00%。日本需在勞動力人數減少 2.33%、資本減少 2.33%、能源使用量減少 2.33%、二氧化碳排放量減少 2.35%。韓國需在勞動力人數減少 44.12%、資本減少 36.78%、能源使用量減少 63.57%、二氧化碳排放量減少 62.79%。台灣需在勞動力人數減少 51.31%、資本減少 31.98%、能源使用量減少 67.03%、二氧化碳排放量減少 77.89%。法國需在勞動力人數減少 7.45%、資本減少 7.02%、能源使用量減少 32.93%、二氧化碳排放量減少 8.02%。德國需在勞動力人數減少 9.74%、資本減少 9.51%、能源使用量減少 10.11%、二氧化碳排放量減少

14.81%。荷蘭需在勞動力人數減少 2.45%、資本減少 2.09%、能源使用量減少 15.82%、二氧化碳排放量減少 3.09%。

表 4.23 2011 年差額變數表

	勞動力人數	資本	能源使用量	二氧化碳排放量
加拿大	-20.96%	-20.96%	-48.62%	-27.40%
墨西哥	-74.50%	-25.55%	-58.49%	-60.26%
巴西	-86.54%	-21.04%	-67.38%	-52.13%
紐西蘭	-34.57%	-18.26%	-50.57%	-29.22%
中國	-93.36%	-63.41%	-87.14%	-90.86%
印度	-96.60%	-52.69%	-80.66%	-87.43%
印尼	-95.71%	-40.95%	-80.36%	-86.06%
土耳其	-71.24%	-35.85%	-59.24%	-62.71%
義大利	-8.95%	-8.22%	-9.33%	-13.81%
西班牙	-34.78%	-24.54%	-34.70%	-24.94%
俄羅斯	-86.18%	-49.61%	-89.38%	-90.06%
日本	-2.89%	-2.89%	-2.89%	-13.24%
韓國	-43.24%	-34.62%	-66.84%	-66.53%
台灣	-48.06%	-25.86%	-66.89%	-77.85%
法國	-6.08%	-7.08%	-33.99%	-7.87%
德國	-9.64%	-9.13%	-9.83%	-18.35%
荷蘭	-2.89%	-2.23%	-15.03%	-3.29%

資料來源：本研究整理

觀察表 4.23 得知，國家若要從無效率單位轉變為有效率單位，投入項所需改善幅度，加拿大需在勞動力人數減少 20.96%、資本減少 20.96%、能源使用量減少 48.62%、二氧化碳排放量減少 27.40%。墨西哥需在勞動力人數減少 74.50%、資本減少 25.55%、能源使用量減少 58.49%、二氧化碳排放量減少 60.26%。巴西需在勞動力人數減少 86.54%、資本減少 21.04%、能源使用量減少 67.38%、二氧化碳排放量減少 52.13%。紐西蘭需在勞動力人數減少 34.57%、資本減少 18.26%、能源使用量減少 50.57%、二氧化碳排放量減少 29.22%。中國需在勞動力人數減少 93.36%、資本減少 63.41%、能源使用量減少 87.14%、二氧化碳排放量減少 90.86%。印度需在勞動力人數減少 96.60%、資本減少 52.69%、能源使用量減少 80.66%、二氧化碳排放

量減少 87.43%。印尼需在勞動力人數減少 95.71%、資本減少 40.95%、能源使用量減少 80.36%、二氧化碳排放量減少 86.06%。土耳其需在勞動力人數減少 71.24%、資本減少 35.85%、能源使用量減少 59.24%、二氧化碳排放量減少 62.71%。義大利需在勞動力人數減少 8.95%、資本減少 8.22%、能源使用量減少 9.33%、二氧化碳排放量減少 13.81%。西班牙需在勞動力人數減少 34.78%、資本減少 24.54%、能源使用量減少 34.70%、二氧化碳排放量減少 24.94%。俄羅斯需在勞動力人數減少 86.18%、資本減少 49.61%、能源使用量減少 89.38%、二氧化碳排放量減少 90.06%。日本需在勞動力人數減少 2.89%、資本減少 2.89%、能源使用量減少 2.89%、二氧化碳排放量減少 13.24%。韓國需在勞動力人數減少 43.24%、資本減少 34.62%、能源使用量減少 66.84%、二氧化碳排放量減少 66.53%。台灣需在勞動力人數減少 48.06%、資本減少 25.86%、能源使用量減少 66.89%、二氧化碳排放量減少 77.85%。法國需在勞動力人數減少 6.08%、資本減少 7.08%、能源使用量減少 33.99%、二氧化碳排放量減少 7.87%。德國需在勞動力人數減少 9.64%、資本減少 9.13%、能源使用量減少 9.83%、二氧化碳排放量減少 18.35%。荷蘭需在勞動力人數減少 2.89%、資本減少 2.23%、能源使用量減少 15.03%、二氧化碳排放量減少 3.29%。

表 4.24 2012 年差額變數表

	勞動力人數	資本	能源使用量	二氧化碳排放量
加拿大	-20.97%	-20.97%	-49.24%	-28.76%
墨西哥	-74.46%	-25.90%	-56.49%	-57.30%
巴西	-86.70%	-16.85%	-67.18%	-53.34%
紐西蘭	-33.05%	-21.86%	-48.59%	-28.62%
中國	-92.88%	-63.88%	-86.84%	-90.07%
印度	-96.43%	-50.79%	-80.73%	-87.17%
印尼	-95.53%	-42.30%	-78.87%	-85.59%
土耳其	-71.21%	-36.92%	-59.30%	-62.54%
義大利	-11.35%	-8.13%	-12.55%	-13.61%
西班牙	-35.51%	-21.77%	-33.58%	-21.07%
俄羅斯	-85.65%	-50.04%	-88.84%	-89.33%
韓國	-42.70%	-32.71%	-65.79%	-64.53%

	勞動力人數	資本	能源使用量	二氧化碳排放量
台灣	-47.45%	-22.70%	-65.37%	-75.95%
法國	-5.90%	-4.91%	-32.06%	-5.21%
德國	-8.48%	-8.21%	-9.34%	-9.41%
荷蘭	-2.86%	-2.46%	-15.03%	-3.66%

資料來源：本研究整理

觀察表 4.24 得知，國家若要從無效率單位轉變為有效率單位，投入項所需改善幅度，加拿大需在勞動力人數減少 20.97%、資本減少 20.97%、能源使用量減少 49.24%、二氧化碳排放量減少 28.76%。墨西哥需在勞動力人數減少 74.46%、資本減少 25.90%、能源使用量減少 56.49%、二氧化碳排放量減少 57.30%。巴西需在勞動力人數減少 86.70%、資本減少 16.85%、能源使用量減少 67.18%、二氧化碳排放量減少 53.34%。紐西蘭需在勞動力人數減少 33.05%、資本減少 21.86%、能源使用量減少 48.59%、二氧化碳排放量減少 28.62%。中國需在勞動力人數減少 92.88%、資本減少 63.88%、能源使用量減少 86.84%、二氧化碳排放量減少 90.07%。印度需在勞動力人數減少 96.43%、資本減少 50.79%、能源使用量減少 80.73%、二氧化碳排放量減少 87.17%。印尼需在勞動力人數減少 95.53%、資本減少 42.30%、能源使用量減少 78.87%、二氧化碳排放量減少 85.59%。土耳其需在勞動力人數減少 71.21%、資本減少 36.92%、能源使用量減少 59.30%、二氧化碳排放量減少 62.54%。義大利需在勞動力人數減少 11.35%、資本減少 8.13%、能源使用量減少 12.55%、二氧化碳排放量減少 13.61%。西班牙需在勞動力人數減少 35.51%、資本減少 21.77%、能源使用量減少 33.58%、二氧化碳排放量減少 21.07%。俄羅斯需在勞動力人數減少 85.65%、資本減少 50.04%、能源使用量減少 88.84%、二氧化碳排放量減少 89.33%。韓國需在勞動力人數減少 42.70%、資本減少 32.71%、能源使用量減少 65.79%、二氧化碳排放量減少 64.53%。台灣需在勞動力人數減少 47.45%、資本減少 22.70%、能源使用量減少 65.37%、二氧化碳排放量減少 75.95%。法國需在勞動力人數減少 5.90%、資本減少 4.91%、能源使用量減少 32.06%、二氧化碳排放量減少 5.21%。德國需在勞動力人數減少 8.48%、資本減少 8.21%、能

源使用量減少 9.34%、二氧化碳排放量減少 9.41%。荷蘭需在勞動力人數減少 2.86%、資本減少 2.46%、能源使用量減少 15.03%、二氧化碳排放量減少 3.66%。

上述分析了解各年度各國所需改善方向，本研究再把各國家依據其 GDP、GNP 大小分類，並將所需改善目標值平均，並挑出不同群組國家整體效率下滑的年份，找出不同群組國家效率下滑主要原因。結果如表 4.25 與表 4.26。

表 4.25 GDP 較大國家效率下滑年度差額變數表

GDP 較大國家	勞動力人數	資本	能源使用量	二氧化碳排放量
2008	-59.13%	-27.08%	-54.63%	-52.31%
2009	-59.06%	-29.83%	-54.47%	-52.16%
2011	-58.62%	-30.09%	-55.49%	-52.07%

資料來源：本研究整理

由表 4.25 可得知，GDP 較大國家效率下滑主要原因在勞動力人數、能源使用量及二氧化碳排放量過多，投入過多的勞動力，但生產力卻不足，因此 GDP 較大國家應提升其勞動生產力或加速產業結構轉型。效率下滑發生年度為 2008、2009、2011 年。

表 4.26 GNP 較大國家效率下滑年度差額變數表

GNP 較大國家	勞動力人數	資本	能源使用量	二氧化碳排放量
2008	-14.53%	-9.20%	-22.24%	-18.86%
2009	-14.93%	-11.12%	-21.89%	-20.97%

資料來源：本研究整理

由表 4.26 可得知，GNP 較大國家效率下滑主要原因在能源使用量及二氧化碳排放量。效率下滑發生年度為 2008、2009。

4.5 敏感度分析

因資料包絡分析的評估結果會受到受評單位數量、投入產出項數值變動或選擇不同的投入及產出項的影響，而敏感度分析可藉由增加或減少投入項目以了解受評單位的效率值變動情形，並可互相比較各

受評單位間的優弱勢項目(權重)。若去除單一投入項目造成受評單位的效率值大幅下降，則代表該項目為優勢項目(權重較大)，反之去除後受評單位效率值不變或幅度不大，表示該項目為弱勢項目(權重較小)。以下本研究採取減少單一投入項的方式，觀察效率值與原始效率值之間的變動情況，並將國家分群觀察不同群組國家優弱勢項目是否不同，以下分別去除勞動人數、資本、能源使用量及二氧化碳排放量，分析結果如下表 4.27 至表 4.34。

表 4.27 2007 年敏感度分析表

	原始效率值		去除勞動力 人數		去除資本		去除能源使 用量		去除二氧化 碳排放量	
	Score	排序	Score	排序	Score	排序	Score	排序	Score	排序
加拿大	0.8134	11	0.7859	12	0.7098	10	0.8134	10	0.8134	11
墨西哥	0.8132	12	0.8103	11	0.3418	15	0.8132	11	0.8132	12
巴西	1.0000	1	1.0000	1	0.2791	17	1.0000	1	1.0000	1
澳大利亞	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	0.7490	14	1.0000	1
紐西蘭	0.7825	13	0.7819	13	0.5539	12	0.7825	12	0.7825	13
中國	0.4522	21	0.4522	21	0.0934	21	0.4522	21	0.4522	21
印度	0.5406	20	0.5406	20	0.1442	19	0.5401	20	0.5406	20
印尼	0.7542	14	0.7542	14	0.1470	18	0.7542	13	0.7542	14
土耳其	0.6703	17	0.6686	17	0.3262	16	0.6703	17	0.6703	17
義大利	0.9179	10	0.8860	8	0.8164	8	0.9179	9	0.9179	10
西班牙	0.6542	18	0.6479	18	0.5896	11	0.6542	18	0.6542	18
俄羅斯	0.5591	19	0.5515	19	0.1095	20	0.5591	19	0.5591	19
美國	0.9922	5	0.8246	10	0.9306	3	0.9922	4	0.9922	5
日本	0.9832	6	0.9331	6	0.8706	4	0.9832	5	0.9832	6
韓國	0.6791	16	0.6718	16	0.4285	13	0.6791	16	0.6791	16
台灣	0.7294	15	0.7160	15	0.3822	14	0.7294	15	0.7294	15
法國	0.9483	8	0.9483	5	0.8481	7	0.9483	7	0.9261	9
德國	0.9310	9	0.9292	7	0.7706	9	0.9310	8	0.9310	8
荷蘭	0.9548	7	0.8572	9	0.8667	6	0.9548	6	0.9548	7
瑞士	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1
英國	1.0000	1	1.0000	1	0.8681	5	1.0000	1	1.0000	1

資料來源：本研究整理

表 4.28 2008 年敏感度分析表

	原始效率值		去除勞動力 人數		去除資本		去除能源使 用量		去除二氧化 碳排放量	
	Score	排序	Score	排序	Score	排序	Score	排序	Score	排序
加拿大	0.8061	11	0.7644	12	0.7048	10	0.8061	10	0.8061	11
墨西哥	0.7567	13	0.7567	13	0.3455	15	0.7567	12	0.7567	13
巴西	0.9079	8	0.9079	5	0.2843	17	0.9079	7	0.9079	8
澳大利亞	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	0.7351	14	1.0000	1
紐西蘭	0.7966	12	0.7966	11	0.5368	12	0.7966	11	0.7966	12
中國	0.4432	21	0.4432	21	0.0983	21	0.4432	21	0.4432	21
印度	0.5315	20	0.5315	20	0.1416	19	0.5315	20	0.5315	20
印尼	0.7016	15	0.7016	15	0.1630	18	0.7016	15	0.7016	15
土耳其	0.6816	16	0.6816	16	0.3320	16	0.6816	16	0.6816	16
義大利	0.9042	9	0.8718	7	0.7948	8	0.9040	8	0.9042	9
西班牙	0.6698	18	0.6698	18	0.5786	11	0.6698	18	0.6564	18
俄羅斯	0.5319	19	0.5319	19	0.1146	20	0.5319	19	0.5319	19
美國	1.0000	1	0.8520	8	0.9203	3	1.0000	1	1.0000	1
日本	0.9558	5	0.8432	9	0.8622	5	0.9558	4	0.9558	5
韓國	0.6749	17	0.6749	17	0.4378	13	0.6749	17	0.6749	17
台灣	0.7487	14	0.7487	14	0.3836	14	0.7487	13	0.7487	14
法國	0.9252	7	0.9252	4	0.8497	7	0.9252	6	0.9214	7
德國	0.9020	10	0.8889	6	0.7758	9	0.9020	9	0.9020	10
荷蘭	0.9485	6	0.8020	10	0.8743	4	0.9485	5	0.9481	6
瑞士	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1
英國	1.0000	1	1.0000	1	0.8548	6	1.0000	1	1.0000	1

資料來源：本研究整理

表 4.29 2009 年敏感度分析表

	原始效率值		去除勞動力 人數		去除資本		去除能源使 用量		去除二氧化 碳排放量	
	Score	排序	Score	排序	Score	排序	Score	排序	Score	排序
加拿大	0.7978	12	0.7517	12	0.7053	10	0.7978	11	0.7978	12
墨西哥	0.7111	13	0.7111	13	0.3367	15	0.7111	13	0.7111	13
巴西	0.8680	10	0.8680	6	0.2912	17	0.8680	9	0.8680	10
澳大利亞	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	0.7318	12	1.0000	1

	原始效率值		去除勞動力 人數		去除資本		去除能源使 用量		去除二氧化 碳排放量	
	Score	排序	Score	排序	Score	排序	Score	排序	Score	排序
紐西蘭	0.8058	11	0.8058	9	0.5626	12	0.8058	10	0.8058	11
中國	0.3528	21	0.3528	21	0.1015	21	0.3528	21	0.3528	21
印度	0.4791	20	0.4791	20	0.1417	19	0.4791	20	0.4791	20
印尼	0.6361	17	0.6361	17	0.1601	18	0.6361	17	0.6361	17
土耳其	0.6829	16	0.6829	16	0.3182	16	0.6829	16	0.6829	15
義大利	0.8876	8	0.8608	7	0.7823	8	0.8849	7	0.8876	8
西班牙	0.7025	14	0.7025	14	0.5733	11	0.7025	14	0.6804	16
俄羅斯	0.4864	19	0.4864	19	0.1094	20	0.4864	19	0.4864	19
美國	1.0000	1	0.8923	5	0.9273	3	1.0000	1	1.0000	1
日本	0.9334	5	0.7981	10	0.8472	6	0.9313	5	0.9334	5
韓國	0.6061	18	0.6061	18	0.4558	13	0.6061	18	0.6061	18
台灣	0.6969	15	0.6969	15	0.3727	14	0.6969	15	0.6969	14
法國	0.9210	7	0.9116	4	0.8481	5	0.9210	6	0.9123	7
德國	0.8769	9	0.8332	8	0.7577	9	0.8750	8	0.8769	9
荷蘭	0.9327	6	0.7639	11	0.8694	4	0.9327	4	0.9287	6
瑞士	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1
英國	1.0000	1	1.0000	1	0.8433	7	1.0000	1	1.0000	1

資料來源：本研究整理

表 4.30 2010 年敏感度分析表

	原始效率值		去除勞動力 人數		去除資本		去除能源使 用量		去除二氧化 碳排放量	
	Score	排序	Score	排序	Score	排序	Score	排序	Score	排序
加拿大	0.7912	12	0.7247	14	0.7067	10	0.7912	11	0.7912	12
墨西哥	0.7671	13	0.7671	12	0.3295	15	0.7671	12	0.7671	13
巴西	0.7996	11	0.7996	11	0.2720	17	0.7996	10	0.7996	11
澳大利亞	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	0.7248	14	1.0000	1
紐西蘭	0.8287	10	0.8287	10	0.5486	12	0.8287	9	0.8287	10
中國	0.3630	21	0.3630	21	0.0977	21	0.3630	21	0.3630	21
印度	0.4947	20	0.4947	20	0.1432	19	0.4947	20	0.4947	20
印尼	0.6480	16	0.6480	16	0.1489	18	0.6480	16	0.6480	16
土耳其	0.6303	18	0.6303	18	0.3139	16	0.6303	18	0.6303	18
義大利	0.9022	8	0.8717	5	0.7796	8	0.9012	7	0.9022	8
西班牙	0.7574	14	0.7574	13	0.5604	11	0.7574	13	0.7005	14

	原始效率值		去除勞動力 人數		去除資本		去除能源使 用量		去除二氧化 碳排放量	
俄羅斯	0.5089	19	0.5089	19	0.1123	20	0.5089	19	0.5089	19
美國	1.0000	1	0.8680	7	0.9329	3	1.0000	1	1.0000	1
日本	0.9767	5	0.8703	6	0.8714	5	0.9767	4	0.9767	5
韓國	0.6322	17	0.6322	17	0.4687	13	0.6322	17	0.6322	17
台灣	0.6802	15	0.6802	15	0.4084	14	0.6802	15	0.6802	15
法國	0.9298	7	0.9298	4	0.8436	6	0.9298	6	0.9185	7
德國	0.8989	9	0.8579	8	0.7729	9	0.8976	8	0.8989	9
荷蘭	0.9691	6	0.8480	9	0.8746	4	0.9691	5	0.9638	6
瑞士	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1
英國	1.0000	1	1.0000	1	0.8387	7	1.0000	1	1.0000	1

資料來源：本研究整理

表 4.31 2011 年敏感度分析表

	原始效率值		去除勞動力 人數		去除資本		去除能源使 用量		去除二氧化 碳排放量	
	Score	排序	Score	排序	Score	排序	Score	排序	Score	排序
加拿大	0.7904	11	0.7178	15	0.7189	10	0.7904	10	0.7904	11
墨西哥	0.7445	14	0.7445	13	0.3043	15	0.7445	13	0.7445	13
巴西	0.7896	12	0.7896	11	0.2474	17	0.7896	11	0.7896	12
澳大利亞	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	0.7277	15	1.0000	1
紐西蘭	0.8174	10	0.8174	10	0.5532	12	0.8174	9	0.8174	10
中國	0.3659	21	0.3659	21	0.0912	21	0.3659	21	0.3659	21
印度	0.4731	20	0.4731	20	0.1356	19	0.4731	20	0.4731	20
印尼	0.5905	18	0.5905	18	0.1393	18	0.5905	18	0.5905	18
土耳其	0.6415	17	0.6415	17	0.2974	16	0.6415	17	0.6415	17
義大利	0.9067	8	0.8698	5	0.7815	9	0.9053	7	0.9067	8
西班牙	0.7506	13	0.7506	12	0.5573	11	0.7506	12	0.7285	15
俄羅斯	0.5039	19	0.5039	19	0.1169	20	0.5039	19	0.5039	19
美國	1.0000	1	0.8627	6	0.9510	3	1.0000	1	1.0000	1
日本	0.9711	5	0.8601	7	0.8751	5	0.9669	5	0.9711	5
韓國	0.6538	16	0.6538	16	0.4799	13	0.6538	16	0.6538	16
台灣	0.7414	15	0.7414	14	0.4392	14	0.7414	14	0.7414	14
法國	0.9392	7	0.9383	4	0.8573	6	0.9392	6	0.9277	7
德國	0.9017	9	0.8336	8	0.7912	8	0.8988	8	0.9017	9

	原始效率值		去除勞動力 人數		去除資本		去除能源使 用量		去除二氧化 碳排放量	
荷蘭	0.9671	6	0.8221	9	0.8908	4	0.9671	4	0.9612	6
瑞士	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1
英國	1.0000	1	1.0000	1	0.8455	7	1.0000	1	1.0000	1

資料來源：本研究整理

表 4.32 2012 年敏感度分析表

	原始效率值		去除勞動力 人數		去除資本		去除能源使 用量		去除二氧化 碳排放量	
	Score	排序	Score	排序	Score	排序	Score	排序	Score	排序
加拿大	0.7903	11	0.7004	15	0.7274	10	0.7903	10	0.7903	11
墨西哥	0.7410	15	0.7410	14	0.3251	15	0.7410	14	0.7410	15
巴西	0.8315	10	0.8315	10	0.2541	17	0.8315	9	0.8315	10
澳大利亞	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	0.7392	15	1.0000	1
紐西蘭	0.7814	13	0.7814	12	0.5669	11	0.7814	12	0.7814	12
中國	0.3612	21	0.3612	21	0.0951	21	0.3612	21	0.3612	21
印度	0.4921	20	0.4921	20	0.1367	19	0.4921	20	0.4921	20
印尼	0.5770	18	0.5770	18	0.1504	18	0.5770	18	0.5770	18
土耳其	0.6308	17	0.6308	17	0.3019	16	0.6308	17	0.6308	17
義大利	0.9187	8	0.9187	5	0.7506	9	0.9187	7	0.9187	8
西班牙	0.7893	12	0.7893	11	0.5491	12	0.7893	11	0.7767	13
俄羅斯	0.4996	19	0.4996	19	0.1215	20	0.4996	19	0.4996	19
美國	1.0000	1	0.8322	9	0.9685	3	1.0000	1	1.0000	1
日本	1.0000	1	0.8559	7	0.9165	4	0.9930	4	1.0000	1
韓國	0.6729	16	0.6729	16	0.4852	13	0.6729	16	0.6729	16
台灣	0.7730	14	0.7730	13	0.4449	14	0.7730	13	0.7730	14
法國	0.9509	7	0.9509	4	0.8613	6	0.9509	6	0.9311	7
德國	0.9059	9	0.8435	8	0.7946	8	0.9036	8	0.9059	9
荷蘭	0.9634	6	0.8615	6	0.8668	5	0.9634	5	0.9567	6
瑞士	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1	1.0000	1
英國	1.0000	1	1.0000	1	0.8468	7	1.0000	1	1.0000	1

資料來源：本研究整理

表 4.33 GDP 較大國家敏感度分析表

	原始效率值	去除勞動力 人數	去除資本	去除能源使 用量	去除二氧化 碳排放量
2007	0.7465	0.7399	0.4259	0.7255	0.7465
2008	0.7276	0.7214	0.4245	0.7055	0.7265
2009	0.7008	0.6948	0.4235	0.6783	0.6990
2010	0.7076	0.6995	0.4177	0.6846	0.7029
2011	0.6978	0.6887	0.4119	0.6750	0.6960
2012	0.7011	0.6936	0.4149	0.6793	0.7000
平均	0.7136	0.7063	0.4197	0.6914	0.7118

資料來源：本研究整理

表 4.34 GNP 較大國家敏感度分析表

	原始效率值	去除勞動力 人數	去除資本	去除能源使 用量	去除二氧化 碳排放量
2007	0.9131	0.8756	0.7740	0.9131	0.9106
2008	0.9061	0.8594	0.7732	0.9061	0.9056
2009	0.8852	0.8336	0.7690	0.8848	0.8838
2010	0.8985	0.8540	0.7790	0.8984	0.8967
2011	0.9083	0.8569	0.7922	0.9075	0.9063
2012	0.9185	0.8655	0.7983	0.9174	0.9155
平均	0.9050	0.8575	0.7809	0.9045	0.9031

資料來源：本研究整理

分析表 4.33 及表 4.34 得知，依影響效率值優勢(權重)大小排序，影響 GDP 較大國家最大為資本，其次為能源使用量，接著是勞動力人口，最後是二氧化碳排放；影響 GNP 較大國家最大為資本，其次為勞動人口，接著是二氧化碳排放，最後是能源使用量。

兩群國家影響最大皆是資本，顯示其為兩國之優勢項目，資本與一國投入其生產資金與資產設備多寡息息相關，為一國之經濟基礎。

而 GDP 較大國家在去除勞動人數及二氧化碳排放影響效率幅度皆小於 GNP 較大國家，顯示這兩項為其劣勢項目。GDP 較大國家較多屬於開發中國家，尤其以中國、印度、印尼等，其二級產業比重遠高於一、三級產業。製造、代工等產業為高污染、高耗能之產業類型對環境的衝擊較大。GNP 較大國家在能源使用方面為相對劣勢項目，在再生及替代能源技術及減碳排放方面還有進步空間。

第五章 結論與建議

近年來永續發展概念逐漸受到重視，強調環境與經濟成長並重與協調一致是確保環境與發展之唯一途徑。過去已開發國家的發展著重於增加生產提高自身經濟成長，因此開發中國家也因循此種發展模式，致力於增加產出及提高經濟成長率。但高強度的發展已為環境帶來危害，極端氣候變化、各種環境汙染、資源耗竭等問題逐漸浮現。目前經濟發展、能源使用、環境保護三者之間已經構成了一個相互關聯，互為矛盾的三元體系。如何才能在三者之間取得綜合平衡的發展態勢已是目前各國極為關注的問題。

因此，本研究從效率的觀點，探討各國環境效率優劣並將國家依照 GDP、GNP 的大小分群，並探討各國環境效率表現是否符合微笑曲線的概念。另外加入時間過程的考量，觀察不同群組國家的效率穩定程度位置，比較各經濟體的環境與經濟發展績效目標。

5.1 結論

本研究先使用敘述性統計整理 2007~2012 年各國環境及產出各項變數資料，利用資料包絡分析法與視窗分析，探討各國家的效率優劣並加以分群分類，並加入時間過程考量比較其效率穩定程度，再利用差額變數分析不同群國家的效率下滑主要原因，最後使用敏感度分析，比較各國資源投入的優勢項目以及影響幅度。

1. 從敘述統計可看出，GDP 較大國家在 2007 至 2012 年間，能源使用量及二氧化碳排放量每年皆呈現成長趨勢；GNP 較大國家除在 2009 至 2010 年能源使用量及二氧化碳排放量有些微成長，其餘各年皆呈現逐漸下降的趨勢。其中 GDP 較大國家除少數國家(加拿大、澳大利亞、紐西蘭、義大利、西班牙等)，其餘皆屬於開發中國家，產業結構第二級產業占多數，其製造生產所需之能源及碳排放逐年升高，對環境汙染影響較大。
2. 由資料包絡分析得知研究期間的六年內，GNP 較大國家整體效率表現皆較 GDP 較大國家好，符合微笑曲線的觀點，而在 2009 年，兩群國家效率值皆有下降趨勢，受到該年金融海嘯影響，各國的

國內生產毛額皆明顯減少，但 GNP 較大國家效率在下降後皆有明顯回升，對能源及碳排放控管能力較強，而 GDP 較大國家效率則在下降後無明顯上升，呈現持平甚至些微下降，顯示其控管能力較差。

3. 在視窗分析中發現，在加入時間過程考量後，兩群國家整體效率值有所下降，依效率矩陣圖結果來看，GNP 較大國家除了韓國、台灣，其餘皆在高表現高穩定度的第四象限，顯示 GNP 較大國家相對於 GDP 較大國家有較佳的資源使用配置能力，這也符合微笑曲線的概念，少部分 GDP 較大國家(加拿大、澳大利亞、義大利)亦處於第四象限，相較於其他 GDP 較大國家屬於開發中國家，其資源配置較為適當。
4. 從差額分析結果可知，GDP 較大國家效率下滑主要原因在勞動力人數、能源使用量及二氧化碳排放量過多，其中勞動力人數影響最大，而勞動人數無法減少，因此解釋為其投入過多的勞動力，但產值卻不足，因此 GDP 較大國家應提升其產值勞動生產力或加速往科技與創新相關產業結構轉型。效率下滑發生年度為 2008、2009、2011 年。GNP 較大國家效率下滑主要原因在能源使用量及二氧化碳排放量。在再生及替代能源技術與減碳排放方面還有進步空間。效率下滑發生年度為 2008、2009。
5. 從敏感度分析得知，兩群國家影響最大皆是資本，顯示其為兩國之優勢項目，依影響效率值優勢(權重)大小排序，GDP 較大國家為資本>能源使用量>勞動人數>二氧化碳排放量。GNP 較大國家則為資本>勞動人數>二氧化碳排放量>能源使用量。比較兩群國家各項變數影響幅度發現，GDP 較大國家在去除勞動人數及二氧化碳排放影響效率幅度皆小於 GNP 較大國家，顯示這兩項為其劣勢項目。GDP 較大國家較多屬於開發中國家，其第二級產業比重遠高於一、三級產業。製造、代工等產業為高汙染、高耗能之產業類型對環境的衝擊較大。中國、印度、印尼、俄羅斯等國家使用石油、煤等燃料發電比例達 65 至 70%，國際能源總署亦指出中國每兩年電力產量，即等於法國或加拿大全國總電量，過量

的能源使用及碳排放導致環境效率表現較差。GNP 較大國家在能源使用方面為相對劣勢項目，雖然目前先進國家紛紛訂定節能減碳目標，但在執行上所瓶頸，而世界各已開發國家皆投入潔淨能源的技術研發與應用，像是美國的頁岩氣開發，若未來技術可達到大規模開採，在能源使用效率上可望更進一步。

5.2 未來研究建議

1. 本研究選取各國經濟發展要素：勞動力人口、資本、GDP 及環境變數：能源使用量及非意欲產出：二氧化碳排放量。後續研究可加入其他污染或能源變數上改進，如空氣污染、水污染、懸浮微粒、電力、水力使用等。
2. 本研究在收集資料過程中，因礙於一些國家及變數資料不詳盡無法納入分析，建議未來可加入更多國家或年份，可看出更精確的結果。
3. 本研究使用資料包絡分析法，採用 CCR 模式，但資料包絡分析法還有其它模式，建議後續研究者可選用。

參考文獻

中文部分

- 王俊能、許振成、胡習邦、彭曉春、周揚 (2010)，基於 DEA 理論的中國區域環境效率分析，*中國環境科學*,30(4)：565-570。
- 行政院主計總處中華民國統計資訊網(2014)。國民所得統計常用資料。2014年12月20日。取自行政院主計總處網址<http://www.stat.gov.tw/ct.asp?xItem=37407&CtNode=3564&mp=4>
- 李文福、王媛慧 (2004)。我國地區醫院技術效率之研究—DEA方法的應用。*經濟研究*，40(1)，61-95
- 吳濟華、何柏正 (2008)。組織效率與生產力評估—資料包絡分析法。新北市：前程文化。
- 吳宓珊(2008)。台灣主要都市環境發展效率評估。國立成功大學，台南市。
- 邱吉鶴(2001)。行政機關績效評估制度之研究。國立台北大學，台北市。
- 林銘村、林瑞珠、胡均立 (2013)，台灣各縣市資源使用效率及生產力之分析，*台電工程月刊*，782，28-40。
- 施振榮(1997)。再造宏碁。台北市:天下文化出版社。
- 翁興利、李豔玲、潘婉如 (1996)。相對效率之衡量—DEA 之運用。*中國行政評論*，5(4)，63-106。
- 高強、黃旭男、Sueyoshi(2003)。管理績效評估資料包絡分析法。台北市:華泰文化事業。
- 高志宏(2006)。APEC 經濟體之總要素環境能源效率。國立交通大學，新竹市。
- 郭俊秀(2015)。能源消費的最終用途。2015年4月20日。取自能源001網址<http://www.energy001.com/information/2015/0305/86.html>
- 經濟部能源局(2014)。2014年能源產業技術白皮書。2014年11月18日。取自經濟部能源局網址<http://www.moeaboe.gov.tw/>
- 鄭秀玲、劉育碩(2000)。銀行規模、多角化程度與經營效率分析：資料包絡法之應用。*人文及社會科學集刊*，1(12)，103-148。
- 薄喬萍(2005)。績效評估之資料包絡分析法。台北市:五南。
- 薄喬萍(2008)。D.B.A在績效評估之綜合應用。台北市:五南。

英文部分

- A. Tuma, H. D. Haasis, O. Rentz (1994). A comparison of fuzzy expert systems, neural networks and neuro-fuzzy approaches Controlling energy and

- material flows. *Produktion und Umwelt*, 129-134.
- BP Global (2014). *Statistical Review of World Energy 2014*. Retrieved from <http://www.bp.com/en/global/corporate/about-bp/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>
- Boussofiane, A., Dyson, R. G. & Thanassoulis, E.(1991). Applied Data Envelopment Analysis. *European Journal of Operational Research*, 51(1), 1-15.
- Banker, R. D., A. Charnes and W. W. Cooper. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092.
- Charnes, A. and Cooper, W. W. (1962), Programming with Linear Fractionals, *Naval Res. Logistics Quarterly*, 9, 181-186.
- Charnes A., W. W Cooper, E Rhodes, (1978). Measuring the Efficiency of Decision Making Units. *European Journal of Operational Research*, 2, 429-444.
- Charnes, A., Cooper, W., Lewin, A. Y., & Seiford, L. M., (1994). *Data Envelopment Analysis: Theory, Methodology and Applications*, Boston: Kluwer Academic Publishers.
- Coelli, T. J., Rao D. S. P., and Battese G.E., (1998). *An Introduction to Efficient and Productivity Analysis*, Boston:Kluwer Academic Publishers.
- Callens, I., Tyteca, D. (1999). Towards indicators of sustainable development for firms: A productive efficiency perspective, *Ecological Economics*, 28 (1), 41-53.
- DeSimone, L. D., Popoff, F. (1997). Eco-efficiency: the business link to sustainable development, *The MIT Press*, Cambridge MA.
- Farrell, M. J., (1957). The Measurement of Productive Efficiency, *Journal of the Royal Statistical Society*, 120, 253-281.
- Fried, H. O., C. A. K., Lovell and S. S. Schmidt (1993). *The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications*, Oxford:Oxford University Press.
- Golany and Roll (1989). An Application Procedure for DEA, *OMEGA*, 17(3), 237-250.
- Gjalt Huppes and Masanobu Ishikawa. (2005), A Framework for Quantified Eco-efficiency Analysis, *Journal of Industrial Ecology*, 9(4), 25-41.
- International Energy Agency, IEA (2014). *CO2 Emissions From Fuel Combustion Highlights 2014*, [Adobe Digital Editions version]. doi: 10.1787/co2_fuel-2014-en
- Jamasba, T., and M. Pollittb (2003), International benchmarking and regulation: an application to European electricity distribution utilities, *Energy Polic*

y, 31, 1609-1622.

Lewin, A. Y., R. C. Morey and T. J., Cook, (1982). Evaluation the administrative efficiency of courts, *OMEGA International Journal of Management Science*, 10(4), 401-411.

OECD iLibrary (2014). *OECD Labour Force Statistics 2013*, [Adobe Digital Editions version]. doi: 10.1787/23083387

Robbins, Stephen P. (1990). *Organization theory: structure, design, and applications*. New Jersey: Prentice Hall.

Szilagyi A.D., Jr.(1981). *Management and Performan. Goodyear Publishing company, Inc.*, California.

Schaltegger, S., & Sturm, A. (1990). Ökologische Rationalität: Ansatzpunkte zur Ausgestaltung von ökologieorientierten Managementinstrumenten. *Die Unternehmung*, 44 (4), 273-290.

Schmidheiny, S. (1992). *Changing course: a global business perspective on development and the environment*, *The MIT Press*, Cambridge MA.

Xian-Guo Li, Jing Yang, Xue-Jing Liu (2013). Analysis of Beijing's environmental efficiency and related factors using a DEA model that considers undesirable outputs, *Mathematical and Computer Modelling*, 58, 956–960.