能我國各部會實質減碳計畫執行效率與生產力之研究

蘇漢邦（台灣綜合研究院研三所 所長）

歐陽利姝（中國文化大學經濟系 副教授）

留程鴻 （財團法人台灣綜合研究院研三所 副研究員）

文章資訊

接受日期：2015.06.15
關鍵詞：

- 資料包絡分析法
- 國家綠能低碳總行動方案
- 視窗分析
- 麥氏指數

內文摘要（Abstract）

根據聯合國氣候變遷綱要公約(United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)第19屆締約國大會（UNFCCC, COP19）（2013.11）結論，除將較具強制性之「承諾減排」之條文修正為較具彈性之「要求各國對碳減排做出貢獻」外，並重申杜哈氣候門道(Doha Climate Gateway, DCG)（2012.12）的決議，在2015年底將通過一個從2020年起涵蓋所有締約國的氣候變遷協議。然而，我國推動「國家綠能低碳總行動方案」已逾4年，除訂定國家節能減碳總目標外，亦藉以加速落實國內各部門節能減碳措施並實踐分年目標，面對此一將到來的新階段，本文將就「國家綠能低碳總行動方案」之推動成效進行探討，調整過去只重節能與減碳效益的作法為「兼顧執行效率與成本」，據以合理反映各部會實際的推動成效。「國家綠能低碳總行動方案」係以十大標竿方案、35項標竿型計畫涵蓋我國節能減碳各個面向，並由行政院各部會逐年提報更新。為此，本文將採資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis，簡稱DEA)之視窗分析(Window Analysis)與麥氏指數(Malmquist Index)之方法評估各部會執行具實質減量之減碳規劃所投入計畫數、經費與減碳量是否達最適效率與穩定性，藉以瞭解各部會間執行減碳計畫之相對表現。最後，本文將依研究結果研提相關施政建議，希望藉此提升我國節能減碳之成效。

壹、 前言

根據聯合國氣候變遷綱要公約歷屆締約國大會結論發展趨勢，及我國現階段推動之「國家綠能低碳總行動方案」，本文將就我國各部會於「國家綠能低碳總行動方案」之推動成效進行檢討。

一、研究背景與目的

為減緩氣候變遷的衝擊，聯合國於1992年簽署氣候變化綱要公約(UNFCCC)，探討如何因應氣候變遷問題，並於1997年再簽署京都議定書(Kyoto Protocol, KP)，目的在於規範全球的溫室氣體排放量，發展至2012年杜哈(Doha)氣候會議決議，將展延京都議定書至2020年，且努力於2020年讓新的議定書生效。

根據2013年華沙會議第19屆締約國大會(COP 19)於波蘭華沙召開，主要達成三項重要協議：2020年後之減量承諾協議、調適相關策略、及氣候金融之相關機制，如下說明：

1. 2020年後之減量承諾協議：於2100年控制溫升低於1.5至2℃。基此，超過90個締約國討論，同意於2020年前提出減量承諾目標。
2. 調適相關策略：華沙會議通過華沙REDD+架構(Warsaw Framework for REDD+)及華沙損失與損害國際機制(Warsaw international mechanism for loss and damage)兩項重要的國際調適措施，以突顯氣候會議已逐漸體認到氣候變遷對人類的威脅。
3. 氣候金融相關機制：通過綠色氣候基金決議，再度確認綠色氣候基金為公約所指定之財務機制，及綠色氣候基金管理委員會可融資開發中國家所提出之減量與調適計畫。此外，亦要求已開發國家每年應籌措1,000億美元至2020年，作為協助開發中國家減量活動之資金需求。

為此，行政院奉　總統指示，在2009年12月成立「行政院節能減碳推動會」，以綜整各部會相關節能減碳工作計畫，達成國家「永續能源政策綱領」所揭櫫之政策目標，進一步加速落實各部門節能減碳措施並實踐分年目標。行政院於99年5月11日核定「國家節能減碳總計畫」，嗣於99年9月17日核定「國家節能減碳總計畫」99年度工作計畫，並將計畫名稱修正為「國家節能減碳總行動方案」99年度工作計畫。另為配合今(103)年5月20日行政院整併「行政院節能減碳推動會」與「行政院新能源發展推動會」，並更名為「行政院綠能低碳推動會」，原「行政院節能減碳推動會設置要點」名稱修正為「行政院綠能低碳推動會設置要點」，將「國家綠能低碳總行動方案」修正為「國家綠能低碳總行動方案」。

然而，我國推動「國家綠能低碳總行動方案」已逾5年，且近年來國際間紛紛對氣候變遷減緩及調適政策紛紛執行相關計畫並投入大量資金，面對此一行動將到來的新階段，本文將就現行「國家綠能低碳總行動方案」之推動成效進行檢討，並調整過去只重節能與減碳效益的作法為「兼顧執行效率」，據以合理反映實際的推動成效，並研提相關建議。

二、研究架構

本研究架構共分為五大部分，其內容及摘要如下：一、前言：研究背景與目的；二、文獻回顧：國內外相關文獻探討；三、研究方法：使用資料包絡分析法之視窗分析與麥氏指數，並說明變數定義與資料來源，以進行實證分析；四、實證分析：根據研究方法進行實證分析，以探討各部會減碳成效之相對表現；五、結論與建議：依前述實證結果彙整，並依本文結論給予國家政策相關建議。

三、國家綠能低碳總行動方案

為達成國家「永續能源政策綱領」之政策目標，「行政院綠能低碳推動會」針對「國家綠能低碳總行動方案」推動成效進行檢討，並由環保署設立「國家綠能低碳總行動方案」登錄平臺，且函請相關部會上網填報年度工作計畫相關資料，以利後續彙整評析等管考作業。「永續能源政策綱領」政策目標如下：

1. 節能目標：每年提高能源效率2%以上，使能源密集度於西元2015年較西元2005年下降 20%以上；並藉由技術突破及配套措施，西元2025年下降 50%以上。

2. 減碳目標：全國CO2排放減量，於西元2020年回到西元2005年排放量（244百萬公噸），於西元2025年回到西元2000年排放量（208百萬公噸）。

「國家綠能低碳總行動方案」工作計畫係以十大標竿方案、35 項標竿型計畫為架構（如圖1），可對於年度總計畫數、經費、減碳量與節能量等資料做彙整及分析，以督促各部會積極推動，務求如期、如實達成國家節能減碳目標。

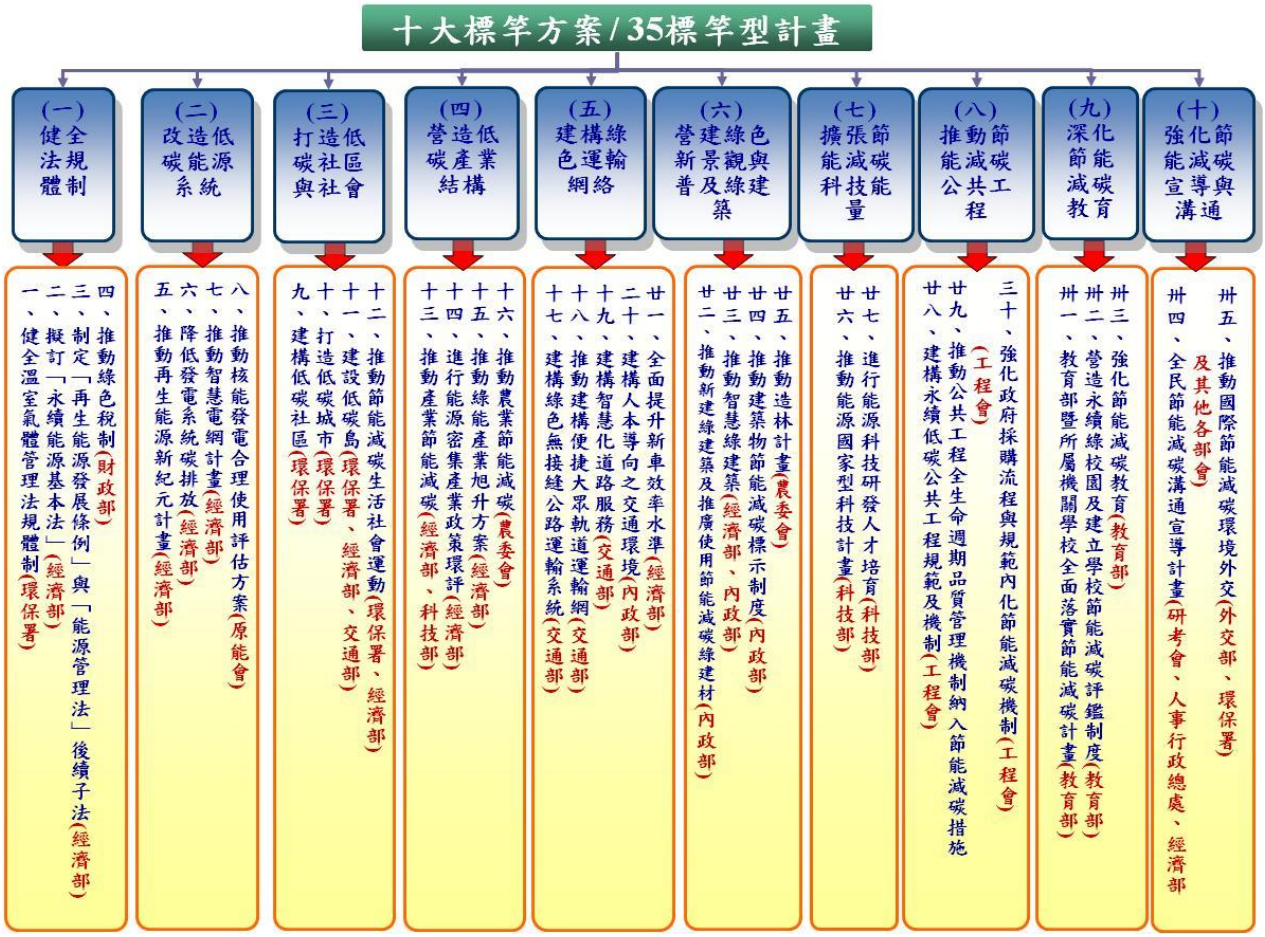

圖 1 十大標竿方案、35 項標竿型計畫示意圖

貳、 文獻回顧

Wu et al. (2012)、Wang et al. (2011)、Chiu et al. (2010)、朱承亮等人(2012)及肖攀等人(2013)，分別針對中國大陸各省區及城市之節約能源、溫室氣體減量等議題進行效率及迴歸分析，其主要研究結果顯示，中國大陸東部地區之省區或城市擁有較高的規模效率，且技術變革對能源使用效率產生正面的影響；另產業結構、環境治理強度與能力對經濟效率具有提升作用；此外，城市就業人口、政府財政支出和物價指數的提升對城市環境總要素生產力具正面影響。

Zhou et al. (2007)及Zaim et al. (2000)，分別針對「經濟合作暨發展組織（Organization for Economic Co-operation and Development, OECD）」、「亞洲太平洋經濟合作會議 (Asia-Pacific Economic Cooperation, APEC) 」等國際組織之國家進行能源消費、溫室氣體減量等相關議題研討，其主要研究結果顯示，環境效率的提升主要來自技術進步；另鄒馬成(2014)等人之研究，說明國際間自2007年開始各個經濟體的CO2排放效率都開始向下滑，即CO2排放量逐年升高，從2007年的12.82% 到2011年的60.86%，尤其中國大陸在2011年CO2排放的調整幅度更高達999.9%，足見中國大陸在減碳政策的執行上是無效率的，另已開發國家的效率則皆接近最適效率目標，如：日本、美國、澳大利亞、加拿大等。

林銘村等人(2011)、程韋涵(2012)之研究，分別針對台灣各縣市之能源使用效率及溫室氣體減量進行實證研究，包括效率及迴歸分析，其主要研究結果顯示，總要素生產力較佳區域主要位於南部地區，且南部縣市之總要素生產力有提高趨勢；各縣市預算總支出越高，縣市人民消費越高，視同技術效率越高，資源使用效率越高；此外，縣市內有科學園區與工廠密度越高，資源使用效率也愈好；另「資源回收率」、「綠化面積比」及「都市密集度」的改善，將對於低碳城市之減碳效率有顯著正面影響。

其他研究方面，Hsiao et. al (2012) 利用國際勞工組織(International Labor Organization, ILO)、Penn World Tables與Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDLIAC)等資料庫分析51國的二氧化碳排放效率，作者指出，高能源排放效率者在能源使用上較不會浪費或在經濟生產活動中閒置了能源投入，因此在能源排放交易中或可享有較大的配額，並據此與他國進行交易。該文進一步建構一集中化資料包絡分析法(Centralized DEA)先行比較出各國的能源排放效率，再進一步比對效率排名中各國能源排放是否存有交易的可行性。例如，低排放效率(低能源使用效率)的國家或經濟體能否向高排放效率(高能源使用效率)經濟體購買能源排放權等；Veronika et. al (2015) 說明政府在環境保護政策支出與國內能源消費量對溫室氣體排放量之影響較課徵環境稅的強。

綜上，依國內、外文獻之研究結果可說明政府對環境面計畫之推動與執行、資金之投入皆對減碳效率具正面影響。此外，產業及能源結構、環境治理強度、能源使用效率等因素亦對執行效率之提升具有顯著影響。

參、 研究方法

本文為探討各部會間進行「國家綠能低碳總行動方案」工作計畫與計畫經費之投入對各年度減碳量貢獻之影響分析，故將採資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis，簡稱DEA)之視窗分析(Window Analysis)與麥氏指數(Malmquist Index)之方法進行研析，藉以瞭解各部會所進行之減碳工作計畫與經費投入所達成最適減碳效率之相對表現。

一、資料包絡分析法

資料包絡分析法(DEA)主要以線性規劃的方式將觀察資料建構成一非參數折線曲面、邊界，並依此計算各受須估計樣本與此邊界比較後之相對效率。主要回顧文獻可參閱Seiford et. al (1990)、Ali et. al(1993)、Lovell (1994)、Seiford (1996)、Cooper et. al (2000)等等研究。

如前所述，以線性規劃的方式將觀察資料建構成一非參數折線曲面、邊界並據此比較樣本間相對效率最早係由Farrell (1957)提出。然而，此種規劃方式在Charnes et. al (1978)發表資料包絡(Data Envelopment Analysis，DEA)方法的研究後，才開始受到廣泛注意。Charnes et. al

(1978)又被簡稱為CCR模式，係假定在生產行為為產出導向生產與固定規模報酬下進行績效、效率評比。後續許多研究將其方法予以變動轉換成其他應用，如Färe et. al(1983)與Banker et. al(1984)分別就生產固定規模的設定做其他設定進行應用。其中，後者將規模報酬固定限制解除，並提出變動規模報酬(variable returns to scale,簡稱VRS)之假設，又稱BCC模式。其概念可以圖2與圖3說明之，Farrell (1957)首先引入生產技術效率的概念。定義技術效率為在某一給定產出下完全技術效率的廠商所使用的要素量與實際情形下所使用之要素量比率。若樣本係位於生產邊界線上，代表研究樣本技術效率為一，此時生產行為具有完全效率。相對而言，在生產邊界以內的研究點實為邊界上生產具效率者乘上一借於0到1的乘數。此時若比較生產邊界線上點與線內點的差異，該乘數即可反應線內點生產行為上不足的部份；若對該乘數減一並取絕對值，則反應該研究樣本無效率的部分。

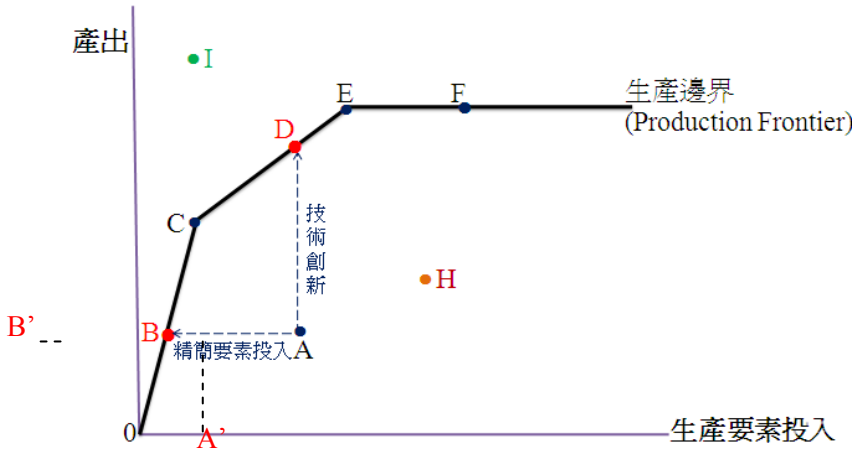

圖 2　生產邊界圖

同樣以圖2單一產出、單一投入現象為例，梳理上述已知線內點A相對於線上點B與D來說生產較無效率。亦即，生產者A有兩個標的可做為生產目標。若以B為目標，代表生產者A要如何在不減少產出數量下，可以等比率減少的投入量(生產要素)。若以D為目標，則表示生產者A要如何在不改變投入的使用數量下，可以等比率擴展出多少產量。Farrell (1957)衡量技術效率的方式據此可分為兩種：若係以產出數量不變下降低投入提升生產效率，其Farrell模式又稱為投入導向的技術效率(Technical Efficiency，簡稱TE)，為B’B/B’A之比率。若係以投入不變下提升產出以拉高生產效率為目的，其技術效率為產出導向的效率值。衡量方式為A’A/A’D。Farrell定義之產出效率衡量亦可依Färe et. al (1985)定義，如圖3所示：考慮到多產出的狀況下圖3上線段BB’距離代表技術無效率，亦即在不增加投入數量下，產出還可以再增加的數量，因此，產出導向的技術效率可定義為TE=OB/OB’。

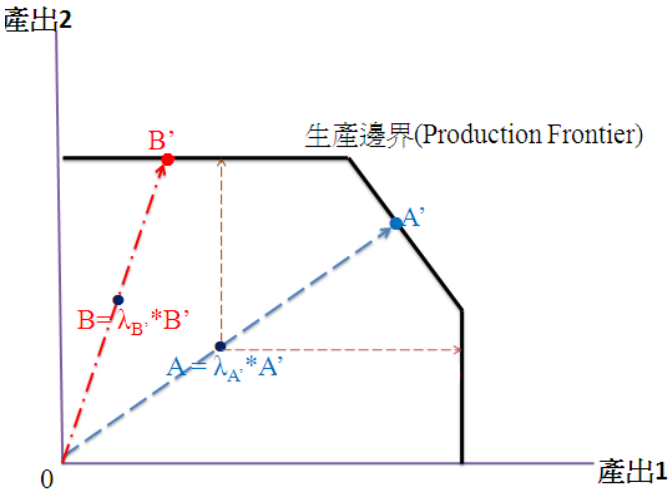

圖 3　多生產邊界圖

二、視窗分析

視窗分析主要係源自於Klopp(1985)的美國陸軍招募研究計畫所研發出的評估方法。視窗分析除了可以解決受評決策單元數目過少，無法執行DEA基本模式之外，亦可進行受評決策單元的跨期效率比較。

視窗分析係將多期的資料每數期歸納為一個視窗(各視窗期數均相同)，以進行受評單元在不同時期的資料當作不同的受評單元來比較分析。如表3所示，若以k期為一視窗長度，則受評單元A的第一個視窗(W1)資料，即由1至k期所構成(A11~A13)；次一個視窗，則以第k+1期來取代第1期資料(A22~A24)，以維持相同的視窗長度，以此類推直至所有的期數(m)均考慮完畢，且每個受評單元會產生m-k+1個視窗列。由於每一個視窗皆有k個受評單元，因此，若原始受評單元各數為N個，則視窗分析的受評估單位為N×k個，藉以增強受評估單位鑑別力之功能。

將N×k個受評單元的投入及產出資料帶入DEA模式，即可獲得視窗分析結果。因每一個受評估單元共有k期，每一期均可獲得一個效率值，故每一受評單元均有k個效率值。此外，亦可透過欄距(column range, CR)來觀察每一期各個受評估單元其效率之穩定性，欄距愈小表示愈穩定；綜合m期的全距(total range,TR)，可瞭解每一個受評估單元跨時期的穩定性；此外，平均值(M)及變異數(V)代表每一個受評估單元在第1期至第m期之平均相對效率及其變動情形。

三、麥氏指數

麥氏指數可用於衡量跨期總要素生產力的變動，並由技術效率變動與技術變革兩個相乘得出。因此，本文將說明產出導向之技術效率變動、技術變革及麥氏指數之變動情形。

表 3 視窗分析法示意表

DMU	視窗	1期	2期	3期	4期	5期	平均數	變異數	欄距	全距
A	W1	A11	A12	A13			MA	VA	CRA	TRA
	W2		A22	A23	A24					
	W3			A33	A34	A35				
B	W1	B11	B12	B13			MB	VB	CRB	TRB
	W2		B22	B23	B24					
	W3			B33	B34	B35				
⋮	⋮			⋮			⋮	⋮	⋮	⋮
N	W1	N11	N12	N13			MN	VN	CRN	TRN
	W2		N22	N23	N24					
	W3			N33	N34	N35				

註：A11之A代表受評決策單元，第一個1代表視窗序號，第二個1代表期別。

(一)技術效率變動(Technical Effcinecy Change)

如圖3所示，此案例係設定為產出導向，且生產過程為固定規模報酬，由產出的擴增來改善技術效率。

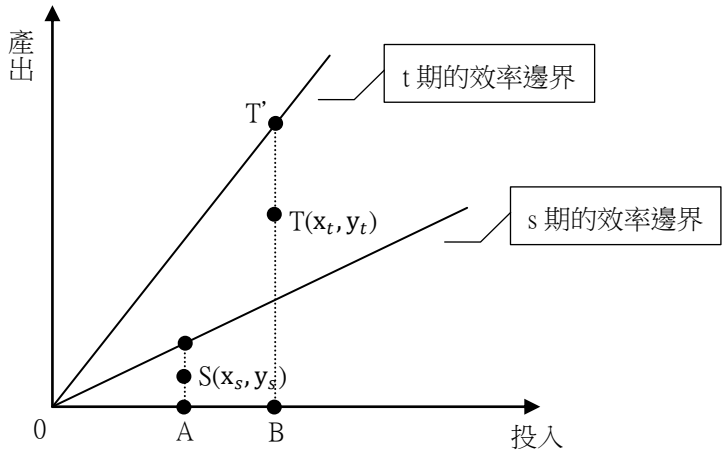

圖 3 產出導向技術效率變動測量

$S(x_s, y_s)$為第s期的投入及產出值，S’為S在第s期效率邊界的投射點；

$T(x_t, y_t)$為第t期的投入及產出值，T’為T在第t期效率邊界的投射點。

從第s期到t期的技術效率變動可以式(3.5)計算：

$$\text{技術效率變動} = \frac{BT}{BT'} \Big/ \frac{AS}{AS'} \qquad (3.5)$$

式(3.5)也可轉換成式(3.6)的距離函數：

$$\text{技術效率變動} = \frac{d_0^t(x_t, y_t)}{d_0^s(x_s, y_s)} \qquad (3.6)$$

在式(3.6)中，衡量的是s期與t期間，產出導向的技術效率之變動，亦即，產出技術效率變動等於t期的產出技術效率與s期的產出技術效率的比率。

$d_0^t(x_t, y_t)$代表從t期的觀測值到t期效率邊界的距離，

$d_0^s(x_s, y_s)$代表從s期的觀測值到s期效率邊界的距離，

$d_0^s(x_s, y_s)$與$d_0^t(x_t, y_t)$兩個距離函數，可以藉由下述兩個線性規劃式(3.7)與式(3.8)求得，亦即產出導向CCR模式。

$$
\begin{aligned}
[d_0^s(x_s, y_s)]^{-1} &= \max_{\theta,\lambda} \theta \\
s.t.\ \ Y_s\lambda &\geq \theta y_s \\
x_s &\geq X_s\lambda \\
\lambda &\geq 0
\end{aligned}
\qquad (3.7)
$$

$$
\begin{aligned}
[d_0^t(x_t, y_t)]^{-1} &= \max_{\theta,\lambda} \theta \\
s.t.\ \ Y_t\lambda &\geq \theta y_t \\
x_t &\geq X_t\lambda \\
\lambda &\geq 0
\end{aligned}
\qquad (3.8)
$$

(二)技術變革(Technique Change)

圖4係說明產出導向之技術變革情形：

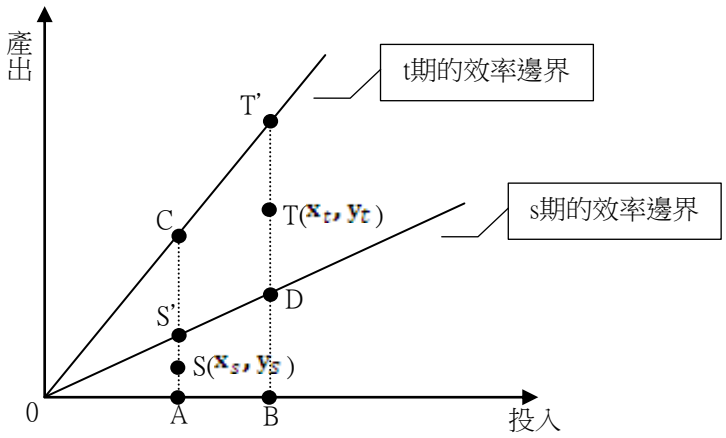

圖4　產出導向技術變革量測

$S(x_s, y_s)$為第s期的投入及產出值，S’為S在第s期效率邊界的投射點，C為S在第t期效率邊界的投射點；$T(x_t, y_t)$為第t期的投入及產出值，T’為T在第t期效率邊界的投射點，D為T在第s期效率邊界的投射點。

$$\text{技術變革}\varphi = \sqrt{\varphi_S \varphi_T} = \sqrt{\frac{AC}{AS'}\frac{BT'}{BD}} \tag{3.9}$$

式(3.9)也可以轉變為式(3.10)的距離函數：

$$\text{技術變革} = \left[\frac{d_0^s(x_s,y_s)}{d_0^t(x_s,y_s)} \times \frac{d_0^s(x_t,y_t)}{d_0^t(x_t,y_t)}\right] \tag{3.10}$$

式(3.10)中：

0代表投入面；

$d_0^s(x_s,y_s)$代表從s期的觀測值到s期效率邊界的距離；

$d_0^t(x_s,y_s)$代表從s期觀測值到t期效率邊界的距離；

$d_0^s(x_t,y_t)$代表從t期的觀測值到s期效率邊界的距離；

$d_0^t(x_t,y_t)$代表從t期的觀測值到t期效率邊界的距離；

其中$d_0^t(x_s,y_s)$與$d_0^s(x_t,y_t)$為跨期效率指數(Intertemporal Efficiency Index, IEI)。然而在實證應用上，我們必須計算$d_0^s(x_s,y_s)$、$d_0^t(x_s,y_s)$、$d_0^s(x_t,y_t)$、$d_0^t(x_t,y_t)$這四項距離，藉以得出產出技術變革效果。

(三)麥氏指數(Malmquist Index)

我們將式(3.6)(技術效率變動)與式(3.10)(技術變革)的距離函數相乘，可得出產出麥氏指數的距離函數，如式(3.11)所示：

$$\begin{aligned}\text{麥氏指數(MI)} &= \frac{d_0^t(x_t,y_t)}{d_0^s(x_s,y_s)}\left[\frac{d_0^s(x_s,y_s)}{d_0^t(x_s,y_s)} \times \frac{d_0^s(x_t,y_t)}{d_0^t(x_t,y_t)}\right]^{1/2} \\ &= \left[\frac{d_0^s(x_t,y_t)}{d_0^s(x_s,y_s)} \times \frac{d_0^t(x_t,y_t)}{d_0^t(x_s,y_s)}\right]\end{aligned} \tag{3.11}$$

式(3.11)中，我們可看出麥氏指數是由四個距離函數所組成，亦即$d_0^s(x_s,y_s)$、$d_0^t(x_t,y_t)$、$d_0^t(x_s,y_s)$、$d_0^s(x_t,y_t)$，其中$d_0^s(x_s,y_s)$、$d_0^t(x_t,y_t)$衡量的是同一時期的觀測值到效率邊界的距離；而$d_0^t(x_s,y_s)$、$d_0^s(x_t,y_t)$則是衡量跨期的效率指數。

因此，採DEA線性規劃法對此四個距離函數進行求解，並說明式(3.11)中，假設生產過程具有固定規模報酬(CRS)特性，則我們可以將四個距離函數以下述四個線性規劃式呈現，如式(3.12)至式(3.15)所示：

$$[d_0^s(x_s, y_s)]^{-1} = max_{\theta,\lambda}\,\theta$$
$$s.t.\ Y_s\lambda \geq \theta y_s$$
$$x_s \geq X_s\,\lambda \qquad (3.12)$$
$$\lambda \geq 0$$
$$[d_0^t(x_t, y_t)]^{-1} = max_{\theta,\lambda}\,\theta$$
$$s.t.\ Y_t\lambda \geq \theta y_t$$
$$x_t \geq X_t\,\lambda \qquad (3.13)$$
$$\lambda \geq 0$$
$$[d_0^t(x_s, y_s)]^{-1} = max_{\theta,\lambda}\,\theta$$
$$s.t.\ Y_t\lambda \geq \theta y_s$$
$$x_s \geq X_t\,\lambda \qquad (3.14)$$
$$\lambda \geq 0$$
$$[d_0^s(x_t, y_t)]^{-1} = max_{\theta,\lambda}\,\theta$$
$$s.t.\ Y_s\lambda \geq \theta y_t$$
$$x_t \geq X_s\,\lambda \qquad (3.15)$$
$$\lambda \geq 0$$

在解出上述四個線性規劃問題後，將四個技術效率值帶入式(3.11)中，即可得出產出導向的麥氏指數，並可進一步分析技術效率變動、技術變革及麥氏指數之變動情形

肆、 變數定義與資料來源

本文旨在探討「國家綠能低碳總行動方案」中，各部會所執行實質減量之工作計畫及經費投入對節能減碳成效的相對表現。故本文將參採行政院「國家綠能低碳總行動方案」100~103年度工作計畫(核訂本)資料，以便進行DEA之視窗分析與麥氏指數實證分析。產出與投入項之變數定義如下表4：

表 4　本研究投入、產出項之定義與資料來源

	變數	單位	說明	資料來源
投入	計畫項數（P）	項	實質減量計畫	行政院，「國家綠能低碳總行動方案」100~103年度工作計畫(核訂本)
	計畫經費（F）	千萬元	實質減量計畫經費	
產出	減碳量（C）	萬公噸CO_2	減碳量	

表4所示，「國家綠能低碳總行動方案」計有14個部會(內政部、外交部、教育部、經濟部、交通部、科技部、文化部、財政部、國發會、工程會、農委會、原能會、環保署、人事行政總處)負責規劃並執行工作計畫，且工作計畫屬性可分為「實質減量」與「能力建構」兩類，前者有具體節能量及減碳量之量化數據，後者則屬質化貢獻之計畫。爰本文除將以各部會別

為研究對象，亦採實質減量計畫之計畫項數(P)與經費(F)為投入項，減碳量(C)為產出項，以進行實證分析。

伍、 實證分析

本節將延續前述之研究分法與步驟，進行變數之敘述統計、DEA之視窗分析(Window Analysis)與麥氏指數(Malmquist Index)實證結果之研析與比較。

一、變數之敘述統計

本文依據行政院「國家綠能低碳總行動方案」100~103年度工作計畫(核訂本)中，選取變數估計所需資料。然而本研究主要係為瞭解各部會針對國家節能減碳目標所投入之工作計畫與經費，故將工作計畫、經費及減碳量為0之部會排除評估。經刪除缺漏資料與篩選整理後，在符合條件的行政院所屬部會中，共計有6個樣本做為研究對象(內政部、教育部、經濟部、交通部、農委會及環保署)。研究範圍為民國100年至103年，合計4年。

另根據本研究設定之投入產出項中，進行敘述統計分析，即實質減量之計畫項數(P)、計畫經費(F)及減碳量(C)之數據分析。因本研究之觀察值為跨部會資料，故由表4-1，各項變數之敘述統計中，3個變數(P、F、C)之單位不同，且跨部會數值差異大，故額外提供變異係數(coefficient of variance，簡稱cv)(標準差與平均數之比例)，以觀察跨部會各變數間資料的相對分散程度。其次，實證分析時利用DEA模式評估應採幾個階段進行分析，學界已有許多討論。Fried et al.(1999)指出，實證估計若採二階段DEA模式，且為考量差額變數影響，將使無母數估計產生偏差，進而誤導外生變數對效率值的影響。準此，本文以一階段DEA進行評估分析。由下表5至表7中的變異係數可以發現各變數間的部會觀察值波動情形差異不大。

表 5　計畫項數(P：項)之敘述統計

	平均數	變異係數	標準差	變異數	最小值	最大值
內政部	2.75	0.18	0.50	0.25	2.00	3.00
教育部	1.75	0.55	0.96	0.92	1.00	3.00
經濟部	33.75	0.23	7.63	58.25	27.00	43.00
交通部	6.50	0.27	1.73	3.00	5.00	8.00
農委會	3.75	0.13	0.50	0.25	3.00	4.00
環保署	2.50	0.23	0.58	0.33	2.00	3.00

上表5中，可觀察到各部會計畫項數之跨年平均值顯示，計畫項數最高者為經濟部的33.75項，最低者為教育部的1.75項；然而各部會波動差異最大者為經濟部，最小者為內政部及農委會。

表6中，各部會所執行工作計畫之經費跨年平均值顯示，計畫經費最高者為交通部的3,298.25千萬元，最低者為教育部的1.30千萬元；然而各部會波動差異最大者為交通部，最小者為教育部。根據主計處公布之政府統計，近年來我國物價指數成長率變動皆持平1%間。實

證處理過程本研究分別針對計畫經費經物價平減後評估與未經平減資料進行評估；唯兩者之實證結果一致，故本文直接採原始計畫經費數據進行分析說明。

表 6 計畫經費 (F：千萬元)之敘述統計

	平均數	變異係數	標準差	變異數	最小值	最大值
內政部	67.07	1.16	78.02	6,086.52	0.48	150.84
教育部	1.30	1.54	2.00	4.00	0.30	4.30
經濟部	441.62	0.78	346.35	119,958.24	124.24	863.03
交通部	3,298.25	0.61	2,027.00	4,108,728.00	1,453.72	5,736.35
農委會	251.96	0.17	43.81	1,919.26	204.85	309.01
環保署	7.86	0.28	2.20	4.84	4.60	9.30

表 7 減碳量(C：萬公噸 CO2)之敘述統計

	平均數	變異係數	標準差	變異數	最小值	最大值
內政部	14.94	0.62	9.25	85.61	8.06	28.00
教育部	4.90	1.03	5.04	25.43	0.23	11.64
經濟部	318.02	0.12	38.67	1,495.05	268.63	354.21
交通部	5.10	0.87	4.42	19.52	2.35	11.67
農委會	43.95	0.25	10.83	117.23	28.67	53.06
環保署	0.74	0.53	0.39	0.15	0.51	1.32

表7中，各部會減碳量之跨年平均值顯示，減碳量最高者為經濟部的318.02萬公噸CO2，最低者為環保署的0.74萬公噸CO2；然而各部會波動差異最大者為經濟部，最小者為環保署。

因資料包絡分析法係為無母數之估計方法，因此各變數間須滿足單調性（monotonicity)。由表8，使用SPSS軟體進行Spearman's Rho相關係數之檢定，可得到各項變數相關性之分析。其結果發現投入與產出項皆呈現正相關且顯著，因此符合資料包絡分析法之要求，即可進一步探討所估得效率值之影響。且此表中各變數之係數介於0.43~0.83間，分別代表變數間之相關程度呈現中度相關及高度相關，也顯示計畫或經費投入愈多，所減少的排碳量亦愈多的關係。

表 8 各項變數之相關係數與顯著性

		計畫項數	計畫經費	減碳量
計畫項數	相關係數	1.000	0.833**	0.661**
	顯著性		0.000	0.000
計畫經費	相關係數	0.833**	1.000	0.431*
	顯著性	0.000		0.036
減碳量	相關係數	0.661**	0.431*	1.000
	顯著性	0.000	0.036	

註： **相關的顯著水準為0.01(雙尾)
* 相關的顯著水準為0.05(雙尾)

二、視窗分析(Window Analysis)結果

為有效解決受評決策單位太少所可能導致辨別力不足之問題，本研究使用DEA-Solver軟體進行視窗分析，探討各部會跨年度的效率分析結果。本研究受評估之年度涵蓋民國100年至103年，跨越4個年度，亦即有4期的投入與產出資料，並以三個年度為一個視窗，亦即以三期為一個視窗長度。因此，民國100年、101年及102年為第一個視窗，而民國101年、102年及103年為第二個視窗，每個視窗皆有6×3=18個DMUs。

以下分別就兩個視窗執行CCR模式之DEA分析，詳見表9。

表 9　各部會視窗分析結果

	100	101	102	103	平均數	變異數	欄距	全距
內政部	0.771	0.392	1.000		0.759	0.089	0.000	0.608
		0.392	1.000	1.000				
教育部	0.816	1.000	0.350		0.593	0.161	0.000	0.960
		1.000	0.350	0.040				
經濟部	0.866	1.000	1.000		0.978	0.003	0.000	0.134
		1.000	1.000	1.000				
交通部	0.023	0.112	0.040		0.063	0.002	0.000	0.090
		0.112	0.040	0.054				
農委會	0.511	1.000	0.906		0.886	0.036	0.000	0.489
		1.000	0.906	0.995				
環保署	0.023	0.023	0.072		0.042	0.001	0.003	0.052
		0.021	0.072	0.041				

(一)平均效率值：經濟部之平均效率值為0.978，亦是6個部會中最高，農委會次之，表示經濟部相較於其他部會有較佳的相對效率表現。

(二)變異數：在變異數方面，環保署之變異數值為0.001，相較於其他部會為低，教育部之變異數最高0.161，表示環保署執行工作計畫之穩定性高於其他部會。

(三)欄距：利用欄距可觀察每一期各部會其效率之穩定性，即欄距變動愈小，表示愈穩定。是以欄距值觀察效率值特性，環保署的效率欄距值為0.003，其他部會皆為0，表示環保署在每個年度間相較於其他部會之表現最為不穩定。

(四)全距：全距的計算可瞭解各部會在跨時期之穩定性，因此，教育部在各期中效率最大值為1.00及最小值為0.040，兩者差額即為全距值0.960，相較於其他部會全距值為高，表示教育部在民國100至103年間與其他部會之效率表現相較，最不穩定。

三、麥氏指數(Malmquist Index)分析結果

為瞭解各部會於民國100年至103年間各種效率變動與技術變革等情形，本文應用Coelli (1996)開發之DEAP軟體，並假設各部會執行工作計畫與經費進行減碳目標之達成具有變動規

模報酬之特性，進一步針對各部會之產出導向技術效率變動、技術變革及總要素生產力變動情形加以探討。

(一)技術效率變動結果分析

表10為各部會民國100年至103年效術效率變動情形，其中，經濟部在100年至103年三個跨期的技術效率變動值皆等於1，表示經濟部技術效率變動情形持平，無進步與衰退現象；然而教育部則於三個跨期的技術效率變動呈現衰退現象。

表 10　各部會民國 100 年至 103 年之技術效率變動情形

部會	100→101 技術效率變動	101→102 技術效率變動	102→103 技術效率變動	平均 技術效率變動
內政部	0.413	2.421	1.000	1.000
教育部	1.000	0.590	0.095	0.382
經濟部	1.000	1.000	1.000	1.000
交通部	3.148	0.437	1.274	1.206
農委會	1.302	1.000	1.000	1.092
環保署	0.661	2.879	0.574	1.030
平均值	1.019	1.103	0.641	0.896

註：表中平均值均為幾何平均值。

(二)技術變革結果分析

由表11可觀察到6個部會於民國100年→101年間之技術變革值皆大於1，代表6個部會在101年的減碳技術高於100年，即減碳技術呈現進步現象；就各個部會於100年至103年三個跨期的技術變革而言，平均值皆大於1，雖於101年→102年各部會有衰退情形，但各部會整體三個跨期的減碳技術變革平均值皆仍呈現進步之現象。

表 11　各部會民國 100 年至 103 年之技術變革情形

部會	100→101 技術變革	101→102 技術變革	102→103 技術變革	平均 技術變革
內政部	1.251	0.781	1.441	1.121
教育部	3.295	0.555	1.437	1.380
經濟部	1.442	1.460	0.958	1.263
交通部	1.578	0.847	1.064	1.124
農委會	1.543	0.910	1.065	1.144
環保署	1.537	1.165	1.152	1.273
平均值	1.677	0.910	1.172	1.214

註：表中平均值均為幾何平均值。

(三)總要素生產力變動結果分析

由表12可觀察到民國100年→101年間之總要素生產力變動值僅內政部小於1，代表6個部會中僅內政部之總要素生產力變動於該期呈現衰退現象；然而教育部則於三個跨期的總要素生產力變動呈現衰退現象。

表 12　各部會民國 100 年至 103 年之總要素生產力變動情形

部會	100→101 總要素 生產力變動	101→102 總要素 生產力變動	102→103 總要素 生產力變動	平均 總要素生產力變動
內政部	0.517	1.890	1.441	1.121
教育部	3.295	0.327	0.136	0.528
經濟部	1.442	1.460	0.958	1.263
交通部	4.966	0.370	1.356	1.356
農委會	2.009	0.910	1.065	1.249
環保署	1.016	3.354	0.661	1.311
平均值	1.709	1.003	0.751	1.088

註：表中平均值均為幾何平均值。

(四)跨期效率及生產力平均變動結果分析

由於總要素生產力變動(麥氏指數)=技術效率變動×技術變革，故藉此可找出總要素生產力衰退之主要原因，據以提出具體改善方向與建議。由表13觀之，除教育部外，其餘五個部會跨期平均總要素生產力變動直接大於1，代表內政部、經濟部、交通部、農委會及環保署於跨期效率及生產力平均變動情形皆呈現進步現象；然而教育部跨期平均總要素生產力變動小於1，主要係因技術效率衰退所致。

表 13　各部會民國 100 年至 103 年之跨期效率及生產力平均變動情形

部會	跨期平均 技術效率變動	跨期平均 技術變革	跨期平均 總要素生產力變動
內政部	1.000	1.121	1.121
教育部	0.382	1.380	0.528
經濟部	1.000	1.263	1.263
交通部	1.206	1.124	1.356
農委會	1.092	1.144	1.249
環保署	1.030	1.273	1.311
平均值	0.896	1.214	1.088

註：表中平均值均為幾何平均值。

陸、 結論與建議

綜觀前述之研究方法與實證分析結果，本文彙整其重要結果，並研提政府施政建議，期盼藉此提升國家之減碳成效。

一、結論

本文係依研究目的與方法，使用資料包絡分析法之視窗分析及麥氏指數，進行我國各部會減碳成效之研究。文中以行政院「國家綠能低碳總行動方案」之6個執行部會(內政部、教育部、經濟部、交通部、農委會及環保署)為研究對象，並以該方案之工作計畫項數、經費及減碳量為投入及產出項變數進行實證分析。經DEA之視窗分析及麥氏指數實證結果，說明如下：

(一)視窗分析結果：民國100年至103年間，在減碳工作計畫執行中，平均而言，經濟部相較於其他5個部會有較佳的執行績效表現；另在每一年度的穩定性表現中，內政部、教育部、經濟部、交通部、農委會等五部會皆優於環保署；此外，環保署在跨期的執行效率穩定性表現優於其他部會。詳見表14。

表 14 視窗分析實證結果彙整

	表現佳	待改善
執行效率	經濟部	環保署
單期穩定性	內政部、教育部、經濟部、交通部、農委會	環保署
跨期穩定性	環保署	教育部

(二)麥氏指數結果：內政部、經濟部、交通部、農委會及環保署於跨期效率及生產力平均變動情形皆呈現進步現象；然而教育部跨期平均總要素生產力變動小於1，主要係因技術效率衰退所致，因此，亟需改善教育部之技術效率，且如若能將教育部之技術效率拆解成純技術效率變動與規模效率變動，即可確認技術效率衰退之原因主要係源自規模效率衰退，抑或純技術效率衰退，以此找出總要素生產力衰對的根本因素，進一步研提具體之改善方案。詳見表15。

表 15 麥氏指數實證結果彙整

	技術/效率變動情形
技術效率變動	在100年至103年間的跨期表現，經濟部皆有持平穩定的表現； 教育部呈現逐期衰退之現象。
技術變革	在100年→101年間，6個部會皆呈現進步現象； 平均而言，各個部會於100年至103年三個跨期技術變革皆呈現進步之現象。
總要素生產力變動	100年→101年間僅內政部呈現衰退現象； 教育部於三個跨期平均總要素生產力變動呈現衰退現象。
跨期效率及生產力 平均變動	內政部、經濟部、交通部、農委會及環保署於跨期效率及生產力平均變動情形皆呈現進步現象 教育部在跨期平均總要素生產力變動呈現衰退情形。

綜上視窗分析及麥氏指數實證結果，可推測教育部在跨期效率值表現較差原因係為技術衰退原因之故；然而經濟部在跨期效率表現上有較佳表現應係技術效率表現較穩定之故。

二、研究限制

本文旨在探討「國家綠能低碳總行動方案」中，各部會所執行實質減量之工作計畫及經費投入對節能減碳成效的相對表現，並採用資料包絡分析法之視窗分析及麥氏指數為研究方法，以進行實證分析，惟有以下研究限制與假設：

(一)研究對象：本文之研究係假設各部會業務特性及工作計畫屬性相同的前提下進行，唯各部會之業務職掌及計畫任務皆存在差異性，亦將反映於各部會計畫之減量成本及成效上，故若部會間有較明確的計畫業務屬性分類進行研析，則將較有更客觀的研究成果產出。

(二)研究範圍：在行政院「國家綠能低碳總行動方案」所公佈資料中，僅提供民國99年至103年之行政院各部會總工作計畫數、總經費、減碳量及節能量(含節油及節電量)之數據，並未分類計畫之任務屬性、執行人力及「國家綠能低碳總行動方案」推動前之成果等相關數據資料，致本文參採之數據資訊較缺乏。

三、建議

根據本文研究結果，針對受評部會工作計畫執行與經費投入有助提升減碳成效之影響，建議各部會應提升現有工作計畫內容之技術創新與改善，並依十大標竿方案研提精進執行計畫，以提高減碳效率，如能源效率提升、再生能源推廣、綠建築獎補、建構綠色運輸等具體措施。雖然本文未分析單位減碳成本對減碳效率之影響，但減碳技術的提升，將有助降低單位減碳成本，進而對減碳效率有正面之影響。然各部會在減碳效率上呈現不穩定，將對國家達成減碳目標有負向影響，因此，未來如何在「國家綠能低碳總行動方」中，規劃較具創新與改革之減碳計畫，促使每單位經費的投入，使減碳效率呈現穩定成長，將是我國政府達成減碳目標的關鍵之一。

依據我國計算燃料燃燒二氧化碳排放統計，主要係區分六大部門(能源部門、工業部門、運輸部門、農業部門、服務業部門及住宅部門)，因此，為有效掌握各部門是否能落實「永續能源政策綱領」所訂定全國CO_2排放量於2020年回到2005年的排放量，將是主要探討方向之一。故建議未來「國家綠能低碳總行動方案」除針對各部會所提報之工作計畫區分十大標竿類別等項目，應連結工作計畫所歸屬之部門別等資訊，以目標管理方式進行滾動式檢討，進一步有效掌握我國減碳目標之達成情形。

參考文獻

中文文獻:

1. 行政院，「國家綠能低碳總行動方案」100年度工作計畫(核訂本)。
2. 行政院，「國家綠能低碳總行動方案」101年度工作計畫(核訂本)。
3. 行政院，「國家綠能低碳總行動方案」102年度工作計畫(核訂本)。
4. 行政院，「國家綠能低碳總行動方案」103年度工作計畫(核訂本)。
5. 吳濟華、何柏正（2008）。組織效率與生產力評估：資料包絡分析法。台北：前程文化事業股份有限公司。
6. 程韋涵(2012)，低碳城市效率評估與影響因素分析，碩士論文， 國立成功大學都市計劃學系研究所。
7. 朱承亮、安立仁、師萍、嶽宏志(2012)，節能減排約束下我國經濟增長效率及其影響因素—基於西部地區和非期望產出模型的分析，中國軟科學2012年第4 期，P.106-116。
8. 肖攀、李連友、唐李偉、蘇靜(2013)，中國城市環境全要素生產率及其影響因素分析，管理學報，2013年11月第10卷第11期，P.1681-1689。
9. 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，〈台灣各縣市資源使用效率及生產力之分析〉，《台電工程月刊》，782 期，28-40 頁。
10. 鄒馬成(2014)，能源消費及二氧化碳排放之效率目標，碩士論文， 私立真理大學經濟所。

英文文獻:

1. Ali, A.I. and Seiford, L.M. (1993). The Mathematical Programming Approach to Efficiency Analysis, in The Measurement of Productive Efficiency: Techniques and Applications, Harold O. Fried, Lovell, C.A.K. and Schmidt, S.S. (Eds.), Oxford University Press, 121–159.
2. Banker R.D., Charnes A., and Cooper W.W., (1984). “Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis,” Management Science, 30(9): 1078-1092.
3. Chiu, Y. H., and Wu, M. F., (2010). "Environmental Efficiency Evaluation in China: Application of ‘Undesirable’ Data Envelopment Analysis," Polish Journal of Environmental Study. 19(6):1159-1169.
4. Coelli, T. (1996). "A Guide to DEAP Version 2.1： A Data Envelopment Analysis (Computer) Program," CEPA Working Paper 96/08, Department of Econometrics, University of New England, Armidale.
5. Cooper, W.W., Seiford, L.M. and Tone, K. (2000). Data Envelopment Analysis: A Comprehensive text with models, applications, references, and DEA-solver software. Boston: Kluwer Academic Publishers.
6. Färe, R., Grosskopph, S. and Lovell, C.A.K. (1983). “The Estructure of Technical Efficiency,” Scandinivian Journal of Economics, 85: 181–190.
7. Fried, H. O., Lovell C. A. K., Schmidt S. S., and Yaisawarng S. (1999). “Incorporating the Operating Environment into a Nonparametric Measure of Technical Efficiency,” Journal of Productivity Analysis, 12(3): 249-267.

8. Hsiao B., M. M. Yu, C. C. Chern, L. C. Chou, (2012). “Considering Production Limits in Greenhouse Gas Emission Trading using the Data Envelopment Analysis Approach,” Proceedings of Hawaii International Conference on System Sciences, IEEE, 1157-1166.
9. Jaesung, C., Roberts, D. C., (2015). “How Does the Change of Carbon Dioxide Emissions Affect Transportation Productivity? A Case Study of the US Transportation Sector from 2002 to 2011,” Open Journal of Social Sciences, 2015, 3: 96-106
10. Klopp, P., (1985). ”The Analysis of the Efficiency of Production System with Multiple Input and Output,” Ph. D.Dissertation, University of Illnois, Chicago.
11. Lovell, C.A.K. (1994). “Linear Programming Approaches to the Measurement and Analysis of Productive Efficiency,” Top, 2(2): 175–248.
12. Seiford, L.M. (1996). “Data Envelopment Analysis: The Evolution of the State of the Art (1978–1995),” Journal of Productivity Analysis, 7: 99–137.
13. Seiford, L.M. and Thrall, R.M. (1990). “Recent Developments in DEA: The Mathematical Approach to Frontier Analysis,” Journal of Econometrics, 46: 7–38
14. Solilová, V., Nerudová, D.(2015). “Environmental Policy Instruments and Greenhouse Gas Emissions: VAR Analysis,” International Science Index, 9(1): 174-176.
15. Wang, K., Wei, Y. M., and Zhang, X., (2011). "A Comparative Analysis of China’s Regional Energy and Emission Performance: Which is the Better way to Deal with Undesirable Outputs?" Ceep-bit Working Paper Series.
16. Wu, F., Fan, L.W., Zhou, P., and Zhou, D.Q., (2012). "Industrial energy efficiency with CO2 emissions in China: A nonparametric analysis," Energy Policy, 49: 164–172.
17. Xiaowei S., Yongpei H., Xiaodong Z. (2015) “Analysis of the Environmental Efficiency of the Chinese Transportation Sector Using an Undesirable Output Slacks-Based Measure Data Envelopment Analysis Model,” Sustainability, 7:9187-9206
18. Zaim, O., and F. Taskin, F., (2000). "Environmental efficiency in Carbon Dioxide Emissions in the OECD: A Non-Parametric Approach ", Journal of Environmental Management, 58:95–107.
19. Zhou, P., Kim, L. P.,, and Ang, B. W., (2007). "A Non-Radial DEA Approach to Measuring Environmental Performance ", European Journal of Operational Research, 178:1–9.