

考慮非意欲產出之中國第二級產業效率評估

石益丞^{*1}

明道大學產業創新與經營學系碩士

林村基^{**2}

明道大學行銷與物流學系副教授

摘 要

中國經濟自改革開放後迅速發展，由於其發展策略為吸引外國資金與製造技術，加上低廉勞動成本的誘因，遂吸引全球工業產品製造大廠往中國移動，使中國衍然成為「世界工廠」，在此情況下，中國第二級產業(包含製造業與建築業)之效率評估乃成為學術界關注的焦點，相當數量之研究被發表。歸納早期之研究，似乎僅偏重好的產出，且投入變數僅考慮人力與設備，近年來全球對於環保議題的重視，於是若干研究開始將非意欲產出納入考量，然而，因為文獻上之研究僅考慮固體、氣體、液體等三種廢棄物的一或兩種，以致於效率評估結果不免有以偏概全之憾，難窺生產效率之全貌。

為彌補此一缺憾，本研究嘗試以SBM-DEA模式，評估中國 30 省份第二級產業之技術效率，投入變數除傳統研究的就業人數(x_1)與固定資產投資(x_2)外，並將用煤量(x_3)、用電量(x_4)、用油量(x_5) 等能源投入納入，產出變數除生產總值(y_1)作為意欲產出項外，並將二氧化硫(b_1)、氮氧化物(b_2)、烟(粉) (b_3)、工業固體廢棄物(b_4)及廢水中重金屬(b_5)等三類五項廢棄物納為非意欲產出變數。結果顯示，考慮三類五項廢棄物各省效率與僅考慮一或兩種廢棄物有顯著差異，顯示同時考慮氣體、液體、固體等三類廢棄物之效率評估較為合理。納入三類廢棄物後，整體而言，以東部沿海省份之技術效率較佳，西部省份之技術效率偏低，透露之管理意涵為，管理當局應多補助經費於西部省份，俾購置防制污染物排放之設備，以

¹ 明道大學產業創新與經營學系碩士

² 通信作者：明道大學行銷與物流學系副教授，電話：0937-893807，email: erwintjlin@mdu.edu.tw

降低非意欲產出量，尤其效率偏低之甘肅(0.31)、新疆(0.32)、雲南(0.40)和貴州(0.41)等四個省份。

關鍵詞：第二級產業、非意欲產出、效率評估、SBM-DEA 模式

Evaluating Performance for Secondary Industry of China with Consideration of Undesirable Outputs

Y. C. Shih^{3*}

Master, Department of Business Innovation and Development, MingDao University

Erwin T. J. Lin^{4}**

Associate Professor, Department of Marketing and Logistics, MingDao University

Abstract

China's economy has experienced dramatic growth since its reform. Due partly to the government's strategy of development is attracting foreign investment and technology, in addition, because of lower wage in comparison with other countries, as a consequence, China become the world's factory, Chinese products seem to be everywhere. In such circumstance, evaluating performance of the secondary industry in China deserves thorough investigation. A number of researchers paid their attention to measuring China's provincial efficiency for secondary industry in the past decades, however, they generally ignored the undesirable outputs. In fact, the undesirable outputs such as air pollutants in general accompany with desirable outputs to be produced in production processes. The results will be biased or at least unfair if one just ignores undesirable outputs when evaluating performance.

To rectify, this study attempts to evaluate technical efficiency of secondary industry for 30 provinces in China by adopting SBM-DEA model. In addition to labor (x_1), fixed assets (x_2), such energies as coal (x_3), electricity (x_4), fuel (x_5) also be included in the analysis. As for output variables, we select sulfur dioxide (b_1), nitrogen oxide (b_2), soot (b_3), industrial solid waste (b_4), and metals contained in waste water

³ Master, Department of Business Innovation and Development, MingDao University, Taiwan.

⁴ Corresponding Author, Associate Professor, Department of Marketing and Logistics, MingDao University, Taiwan, Mobile Phone: +886-937-893-807, Email: erwintjlin@mdu.edu.tw

(b_5) as undesirable outputs in addition to desirable output, total production in terms of RMB (y_1). The empirical results indicate that the performance evaluation seems to be reliable and reasonable when incorporating undesirable outputs into the analysis. The results also reveal that in general the technical efficiencies of those provinces in eastern bank are better than those provinces in western part. The policy implication is that government should grant more financial support on purchasing pollutant control devices to western provinces especially Gansu, Xinjiang, Yunnan, and Guizhou, so as to protect environment away from pollutants emission.

Keywords: Secondary industry, Undesirable outputs, Performance evaluation, SBM-DEA model.

壹、緒論

自中國經濟改革開放以來，開始有許多評估中國生產效率與生產力變化的研究。三十年前中國經濟體正處於由農業進入工業的轉換時期，因此有研究使用省級 1985-1991 年的數據，評估農業生產效率的研究，發現其農業產業於經濟改革開放後有很大的改變，Wu (1995)。中國從 1987 年開始政府開始投入工業發展大量的投入規劃，現中國已成為世界主要經濟體之一，其國內生產毛額(GDP)一直以每年超過 8% 的速度成長。其驚人的成長也伴隨著中國國內的產業結構改變，隨著傳統農業轉移到工業及製造業，且其產業結構改變外，許多勞動力人口需求也開始流向非農業的生產，Yao (2010)。

改革開放後中國之發展策略為吸引外國資金與製造技術，再加上低廉勞動成本的誘因，遂吸引全球工業產品製造大廠往中國移動，使中國成為「世界工廠」，但回顧近年來有關中國經濟發展的研究中，發現以往研究投入項僅考慮人力、土地、固定資產等，近年來的研究開始將能源消耗量納入為投入變數。雖然中國經濟高速成長，但生產過程也伴隨著許多污染，污染物排放已成為中國一個嚴重的問題，所以近年已有若干文獻開始探討污染排放總量，並解釋其對中國經濟轉型的影響，Chen (2015)。然而，文獻上之研究僅考慮固體、氣體、液體等三種廢棄物的一或兩種，以致於效率評估結果不免有以偏概全之憾，難窺生產效率之全貌。為彌補此一缺憾，本研究嘗試以 SBM-DEA 模式，比較考慮單一廢棄物與同時考慮氣體、液體、固體等三類廢棄物之效率衡量，評估中國 30 省份第二級產業(包含製造業與建築業)之效率。

貳、文獻回顧

自從 Charnes, et al. (1978)提出以線性規劃模式來評估決策單位(Decision Making Units, DMU)之技術效率，並命名為資料包絡分析法(Data Envelopment Analysis，以下簡稱 DEA)以來，由於 DEA 具有若干優點，例如：無需要素價格資料、無需預設投入產出函數式、可用以評估多投入多產出單位之效率等，因此廣為採用，包括公部門及私部門。茲舉數篇中國大陸產業績效評估之應用實例說明如下。

Wei, et al. (2007) 運用 DEA 與麥氏生產力指數分析法(MPI)分析中國 26 省鋼鐵業 1994-2003 年間的能源效率，將各省使用的各種能源投入納入考量，投入變數包含用煤量、用油量及天然氣使用量，產出變數為生鐵、粗鋼、成品鋼材，實證結果顯示中國鋼鐵業的能源效率 1994 年至 2003 年間增長了 60%，主要歸因於技術進步，而非技術效率的改善，研究結果亦指出，在此期間，各省鋼鐵業的能源效率差距逐漸擴大。上海、遼寧、北京、湖北等省雖效率較低，但已逐漸好轉，河北(中國最大鋼鐵省份)及江蘇等省的能源效率顯著地提高。

生產過程除了意欲產出，也常常伴隨非意欲產出，所謂非意欲產出是指污染物等非廠商所想要之產品。傳統的DEA績效評估僅將投入要素與意欲產出變數納入模式中，比較投入要素與意欲產出之多寡，理論上生產相同數量的意欲產出，所使用的投入要素愈多，則該廠商愈無效率，或是使用相同數量的投入要素，產出數量愈少表示該廠商愈無效率，忽略了非意欲產出，近年來學術界開始重視納入非意欲產出的廠商績效評估，例如，Wei, et al. (2012) 運用SBM法評估中國29省 1995-2007年間的技術效率，並將二氧化碳排放量納入模式中，其採用投入變數包括固定資產、及能源投入、各省消耗的用煤量，產出變數除生產總值外，並加入各省二氧化碳排放量，研究期間分為1995-2001、2002-2007、1995-2007等三個時間段，並將中國大陸分為東區、中區及西區等三區，研究結果顯示，內蒙古、山西、寧夏、上海等為效率較佳之省份，應多增加建設，而江西、廣西、海南、雲南等省應多控制其產業生產，以減少其二氧化碳排放量。

Choi, et al. (2012) 應用 SBM 法評估中國 30 省 2001-2010 年之績效，將中國各省能源之消耗量，包含煤、石油及天然氣等納入於模式中，並考慮二氧化碳之排放量，產出部分為生產總值及二氧化碳排放量，研究結果指出，中國東區之省份較中區及西區效率較佳，西區則因發展較低，效率值相對也較低。

Zhou, et al. (2013) 應用SBM法評估 2005-2010 年間中國 30 個省份電力產業之效率，其投入變數包含勞動力、固定資產投資、與能源使用量，意欲產出為電力，非意欲產出為二氧化碳(CO₂)、氮氧化物(NO_x)、二氧化硫(SO₂)，研究結果顯示，電力公司的增加與環境的效率有顯著的關係，且各省之效率具有顯著差異，東南沿海的省份例如浙江、廣東、福建、江蘇、上海效率較佳，此係因為沿海省份採

用較先進的污染防制設備於電力產業。研究結果也發現，效率值較差之省份，其原因係投入過多的能源，因此建議中國政府應謹慎投資，並且提升管理能力，以提升中西部各省電力產業之效率。

Zhang 和 Choi (2013)應用SBM-DEA法評估 2001-2010 年中國 30 個省份之能源環境績效，投入變項包含固定資產、勞動力，並將煤炭、汽油、煤油、柴油、機燃料油及天然氣的使用量作為能源投入，欲意產出為生產總額，非欲意產出則為各省氣體二氧化碳(CO₂)及二氧化硫(SO₂)及各省排放廢水中的化學需氧量(COD)。研究結果指出，加入非欲意產出後的效率值較未加入低，顯示傳統未加入非欲意產出的能源效率有高估現象。根據研究結果並建議，應該提升中區及西區創新與研發投入，以提高能源使用效率。

由於污染排放已成為經濟發展之重要問題，因此，Chen (2014)指出衡量中國污染與其經濟生態發展的變化，研究中運用SBM-DEA法，評估中國大陸31省份 1986-2012間之績效，投入項為資本、人力、能源消耗和中間投入，產出項為各省總產值，並加入非欲意產出項(總廢氣排放量、總廢水排放量)，研究結果指出，納入非欲意產出後，環境績效值從1999年至2002年間較佳，2003年開始下滑，至2007年回穩向上。研究建議中國政府應建構更佳環保法規，以在保護環境之前提下發展經濟。

Chen (2015) 應用SBM-DEA法，評估環境績效，自改革開放以來分為不同的階段，不同期間使用不同之投入、產出變數組合，從而構建6個不同的模型，投入變數有能源使用（以煤當量為單位）、用電量、勞動力、固定資產等，意欲產出為生產總額，非意欲產出為二氧化碳排放量、廢水排放量、二氧化硫排放量(SO₂)、廢水化學需氧量(COD)。評估結果顯示，1993-2002年具有良好的環境生態控制，2003年至2007年效率急遽下滑，至2009年經融海嘯後回穩，預期未來中國經濟可持續發展，整體生產總值的增加是可以預期的。

歸納以往文獻，雖已開始將非意欲產出納入考量，然而，因為以往研究僅考慮固體、氣體、液體等三種廢棄物之一或兩種，以致於效率評估結果不免有以偏蓋全之憾，本研究除聚焦於第二類產業，並將固體、氣體、液體等三種廢棄物同

時納入於評估模式中，以使評估結果更為周延。至於所使用之評估方法將於下一節中說明。

參、研究方法

原射線 DEA 以等比例縮減要素投入的方式，尋求一最小比例使 DMU 達到效率前緣，並以該比例作為衡量效率的依據，但此種方式僅考慮射線射差額(radial slacks)，但未將非射線差額納入考量，而造成衡量上的偏誤。Tone (2001)提出非射線差額變數基礎之效率分析模型(SBM模式)，此模型同時考慮投入與產出項的差額(slacks)，效率值介於 0至1之間，當某一決策單位之效率值為1 時,表示此一決策單位位於生產邊界上。

本研究參考 Tone (2001)建議的模式，將投入要素及產出同時進行調整，將未考慮非意欲產出的績效評估模式構建如下：

$$\begin{aligned}
 (1) \quad & \text{Min} \\
 & \rho = \frac{1 - \left(\frac{1}{m} \right) \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{io}}}{1 + \left(\frac{1}{s} \right) \sum_{r=1}^s \frac{s_r^+}{y_{ro}}} \\
 & \text{s.t.} \\
 & \sum_{j=1}^N \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, \quad i=1, \dots, m \\
 & \sum_{j=1}^N \lambda_j y_{rj} + s_r^+ = y_{ro}, \quad r=1, \dots, s \\
 & \sum_{j=1}^N \lambda_j = 1, \quad \lambda_j \geq 0, \quad s_i^- \geq 0, \quad s_r^+ \geq 0
 \end{aligned}$$

模式(1)係分數規劃模式，吾人可將其轉換為線性規劃模式，也就是將限制式分子分母同乘以 t，並且令乘後的分母值為 1，再將分母移到限制式，如模式(2)所示，即可容易求解：

(2)

$$\begin{aligned}
 & \text{Min} \\
 & \tau = t - \left(\frac{t}{m} \right) \sum_{i=1}^m s_i^- / x_{io} \\
 & \text{s.t.} \\
 & t + \left(\frac{t}{s} \right) \sum_{r=1}^s s_r^+ / y_{ro} = 1 \\
 & \sum_{j=1}^N \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, i = 1, \dots, m \\
 & \sum_{j=1}^N \lambda_j y_{rj} + s_r^+ = y_{ro}, r = 1, \dots, s \\
 & \sum_{j=1}^N \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0, s_i^- \geq 0, s_r^+ \geq 0
 \end{aligned}$$

模式(1)與模式(2)均未考慮非意欲產出，為了將非意欲產出一併納入考量，吾人可參考 Tone (2001)的做法，將模式(1)修改為模式(3)，如下：

(3)

$$\begin{aligned}
 & \text{Min} \\
 & \rho = \frac{1 - \left(\frac{1}{m} \right) \sum_{i=1}^m s_i^- / x_{io}}{1 + \left(\frac{1}{s+q} \right) \left(\sum_{r=1}^s s_r^+ / y_{ro} + \sum_{k=1}^q s_k^+ / b_{ko} \right)} \\
 & \text{s.t.} \\
 & \sum_{j=1}^N \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, i = 1, \dots, m \\
 & \sum_{j=1}^N \lambda_j y_{rj} + s_r^+ = y_{ro}, r = 1, \dots, s \\
 & \sum_{j=1}^N \lambda_j b_{kj} + s_k^+ = b_{ko}, k = 1, \dots, q \\
 & \sum_{j=1}^N \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0, s_i^- \geq 0, s_r^+ \geq 0, s_k^+ \geq 0
 \end{aligned}$$

同樣地，我們也可以依照上述的方式，將模式(3)轉換為線性規劃模式，如模式(4)：

(4)

$$\begin{aligned}
& \text{Min} \\
& \tau = t - \left(\frac{t}{m} \right) \sum_{i=1}^m s_i^- / x_{io} \\
& \text{s.t.} \\
& t + \left(\frac{t}{s+q} \right) \left(\sum_{r=1}^s s_r^+ / y_{ro} + \sum_{k=1}^q s_k^+ / B_{ko} \right) \\
& \sum_{j=1}^N \lambda_j x_{ij} + s_i^- = x_{io}, i = 1, \dots, m \\
& \sum_{j=1}^N \lambda_j y_{rj} + s_r^+ = y_{ro}, r = 1, \dots, s \\
& \sum_{j=1}^N \lambda_j B_{kj} + s_k^+ = b_{ko}, k = 1, \dots, q \\
& \sum_{j=1}^N \lambda_j = 1, \lambda_j \geq 0, s_i^- \geq 0, s_r^+ \geq 0, s_k^+ \geq 0
\end{aligned}$$

肆、實證分析

研究資料主要整理 2012 年中國 30 個省份之資料，因能源相關資料中無西藏省份資訊，故本研究將中國 31 省份減至 30 省份作為評估之 DMU，研究資料搜集出自於 2013 中國統計年鑑及 2013 年中國能源統計年鑑，整理各項投入產出變數。

一、投入與產出變數

本研究將投入與產出變數參考Chen (2015)，Zhang 和 Choi (2013)之作法，研究將投入項變數設定為就業人數（ x_1 ）與固定資產投資（ x_2 ）及用煤量（ x_3 ）用電量（ x_4 ）用油量（ x_5 ），產出變數中有欲意產出及非欲意產出變數，其中欲意產出變數有生產總值（ y_1 ）非欲意產出變數分別為二氧化硫（ b_1 ）氮氧化物（ b_2 ）烟(粉)（ b_3 ）及工業固體廢物（ b_4 ）與廢水中重金屬（ b_5 ），投入與產出之定義及單位如表 1 所示。

表 1 投入變數與產出變數之定義及單位

投入/產出	變數	定義	單位
投入	就業人數 (x_1)	各省第二產業人數總額	萬人
	固定資產投資 (x_2)	各省第二產業固定資產投資總值	億元
	用煤量 (x_3)	各省第二產業用煤量	萬噸
	用電量 (x_4)	各省第二產業用電量	億千瓦小時
	用油量 (x_5)	各省第二產業用油量	萬噸
產出	生產總值 (y_1)	各省第二產業份生產總值	億元
	二氧化硫 (b_1)	各省份排放二氧化硫總量	萬噸
	氮氧化物 (b_2)	各省份排放氮氧化物總量	萬噸
	烟(粉) (b_3)	各省份排放烟(粉)總量	萬噸
	工業固體廢物 (b_4)	各省工業固體丟棄總量	萬噸
	廢水中重金屬 (b_5)	各省一萬噸廢水中含重金屬 (鉛、汞、鎘、鉻、砷)	千克

二、變數敘述性統計

各變數之敘述性統計數據如表 2 所示。投入項樣本之就業人數、固定資產投資、用煤量、用電量、用油量之平均數分別為:241.53 萬人、5230.38 億元、3718.63 萬噸、1172.22 億千瓦小時。就業人數中最小值為 18.54 萬人(海南)、最大值為 681.25 萬人(浙江)，固定資產投資中最小值為 394.36 億元(海南)、最大值為 15766.81 億元(江蘇)，用煤量最小值為 239.23 萬噸(海南)、最大值為 11599.23 萬噸(山東)，用電量最小值為 96.51 億千瓦小時(海南)、最大值為 3320.08 億千瓦小時(江蘇)，用油量最小值為 43.03 萬噸(海南)、最大值為 2456.40 萬噸(遼寧)。

產出項之生產總值、二氧化硫、氮氧化物、烟(粉)、工業固體廢物、廢水中重金屬之平均數分別為 9153.53 億元、70.57 萬噸、77.78 萬噸、41.17 萬噸、10955.94 萬噸、16933.00 萬噸。生產總值中最小值為 804.47 億元(海南)、最大值為 27700.97 億元(廣東)，二氧化硫排放中最小值為 3.41 萬噸(海南)、最大值為 174.88 萬

噸（山東），氮氧化物排放中最小值為 10.34 萬噸（海南）、最大值為 176.11 萬噸（河北），烟(粉)排放中最小值為 1.66 萬噸（海南）、最大值為 123.59 萬噸（河北），工業固體廢物中最小值為 385.72 萬噸(海南)、最大值為 45575.83 萬噸（河北），廢水中重金屬最小值為 176.29 千克（海南）、最大值為 126153.59 千克（湖南）。

表 2 變數敘述性統計

投入/產出	最大值	最小值	平均數	標準差
就業人數	681.25	18.54	241.53	179.08
固定資產投資	15766.81	394.36	5230.38	3732.81
用煤量	11599.23	239.23	3718.63	2508.78
用電量	3320.08	96.51	1172.22	820.54
用油量	2456.40	43.03	570.58	563.17
生產總值	27700.97	804.47	9513.53	7161.02
二氧化硫	174.88	3.41	70.57	41.16
氮氧化物	176.11	10.34	77.78	46.36
烟(粉)	123.59	1.66	41.17	28.86
工業固體廢物	45575.83	385.72	10955.94	9638.66
廢水中重金屬	126153.59	176.29	16933.00	24750.70

資料來源：2013 中國統計年鑑及 2013 年中國能源統計年鑑，本研究整理

三、評估結果

本研究將統計資料中之中國 30 省份參考 Zhang 和 Choi (2013)之區域分類方法，分為東區 11 省份（北京、天津、河北、遼寧、上海、江蘇、浙江、福建、山東、廣東、海南）、中區 8 省份（山西、吉林、黑龍江、安徽、江西、河南、湖北、湖南）及西區 11 省份（內蒙古、廣西、重慶、四川、貴州、雲南、陝西、甘肅、青海、寧夏、新疆）。如表 3 所示，研究將投入與產出變數分別於中國三大

區省份佔總體之比重整理出來，我們發現在投入項變數部分及欲意產出項都維持東區省份高於中區且西區省份為最低，甚至在就業人數、用電量、用油量及生產總值（55.82%、50.08%、67.28%、54.20%）東區就囊括一半以上佔總體之比重，可見東區為主要工業重鎮區域。但在非欲意產出部分，廢氣排放中的變數項二氧化硫、氮氧化物及烟(粉)，東區省份並不完全為最主要非欲意產出區域，在二氧化硫排放部分西區省份排放量比重是最高（36.86%），在廢水中重金屬部分顯示中區（54.18%），東區雖在欲意投入及產出項雖為最高比重之區域但在其他非欲意產出部分排放是有控制管理，代表不同的非欲意產出部分也是值得注意的探討變數。

表 3 投入與產出佔各區省本比重

投入/產出	東區省份	中區省份	西區省份
就業人數	55.82%	25.39%	18.78%
固定資產投資	45.17%	32.30%	22.54%
用煤量	38.25%	33.89%	27.86%
用電量	50.08%	22.84%	27.07%
用油量	67.28%	18.77%	13.95%
生產總值	54.20%	25.88%	19.92%
二氧化硫	35.51%	27.63%	36.86%
氮氧化物	41.19%	29.88%	28.92%
烟(粉)	33.92%	33.56%	32.52%
工業固體廢物	38.05%	28.66%	33.28%
廢水中重金屬	27.98%	54.18%	17.84%

在模式實證比較部分，本研究分別執行 DEA-SBM 模式將二項實證模式比較，模式 1 加入廢氣體非欲意產出項變數（二氧化硫、氮氧化物、烟(粉)）。模式 2 亦是將模式 2 中非欲意產出項再增加固體及廢水考量變數（工業固體廢物、廢水中

重金屬)。

模式 1 中，東區、中區、西區及總體平均技術效率為(0.9,0.91,0.79,0.86)，其中低於總體平均效率水準之省份東區省份有河北(0.61)、遼寧(0.58)、山東(0.66)，中區省份中有黑龍江(0.55)、湖北(0.73)，西區省份有貴州(0.46)、雲南(0.48)、甘肅(0.36)、新疆(0.38)。

模式 2 將模式 1 非欲意產出項多加入工業固體廢物及廢水中重金屬變數後，東區、中區、西區及總體平均技術效率為(0.96,0.95,0.77,0.89)，其中低於總體平均效率水準之省份東區省份有河北(0.55)，中區省份中有湖北(0.62)，西區省份有貴州(0.41)、雲南(0.40)、甘肅(0.31)、新疆(0.32)。相較於模式 1，模式 2 無效率之省份重複出現但東區減少二省無效率省份(遼寧、山東)，中區相較也減少一省(黑龍江)，西區則無減少，表示考量非欲意產出中一類廢氣體變數增加至三類固體及液體變數至五項廢棄物後，東區及中區部分省份技術效率是提升的，但西區省份則無提升。

表 4.中國第二產業各省模式 1 與模式 2 技術效率比較

省份	區域	模式 1	模式 2
北 京	東區	1	1
天 津	東區	1	1
河 北	東區	0.61	0.55
遼 寧	東區	0.58	1
上 海	東區	1	1
江 蘇	東區	1	1
浙 江	東區	1	1
福 建	東區	1	1
山 東	東區	0.66	1
廣 東	東區	1	1
海 南	東區	1	1

省份	區域	模式 1	模式 2
山 西	中區	1	1
吉 林	中區	1	1
黑龍江	中區	0.55	1
安 徽	中區	1	1
江 西	中區	1	1
河 南	中區	1	1
湖 北	中區	0.73	0.62
湖 南	中區	1	1
內蒙古	西區	1	1
廣 西	西區	1	1
重 慶	西區	1	1
四 川	西區	1	1
貴 州	西區	0.46	0.41
雲 南	西區	0.48	0.4
陝 西	西區	1	1
甘 肅	西區	0.36	0.31
青 海	西區	1	1
寧 夏	西區	1	1
新 疆	西區	0.38	0.32
東區省份		0.9	0.96
中區省份		0.91	0.95
西區省份		0.79	0.77
中國整體		0.86	0.89

上述分析中表 4 顯示比較模式 1、2 出現之無效率之省份有明顯的變化，但在各區技術效率平均值中，東區（0.90, 0.96）、中區（0.91, 0.95）、西區（0.79, 0.77）

及總體 (0.86, 0.89)。比較其平均技術效率並無太大改變，故應為部分省份技術效率雖提升但部分之省份技術效率則下降，故本研究將各省份技術效率整理於圖 1，圖中顯模式 1 至模式 2 中原無效率之省份效率提升的有遼寧(0.58, 1.00)、山東(0.66, 1.00)、黑龍江(0.55, 1.00)技術效率是提升的，而河北(0.61, 0.55)、湖北(0.73, 0.62)、貴州(0.46, 0.41)、雲南(0.48, 0.40)、甘肅(0.36, 0.31)、新疆(0.38, 0.32)技術效率是下降的。故本研究顯示，在考慮三類五項廢棄物出後的因素其技術效率是部分省份是往上提升的，但無效率之省份中尤其是河北、湖北、貴州、雲南、甘肅、新疆，需特別注意其生產技術，因為其考量廢棄類別數越多其技術效率越下降，其中有四個省份來自西部區域，且其技術效率都低於 0.5 分別是貴州(0.41)、雲南(0.40)、甘肅(0.31)、新疆(0.32)。

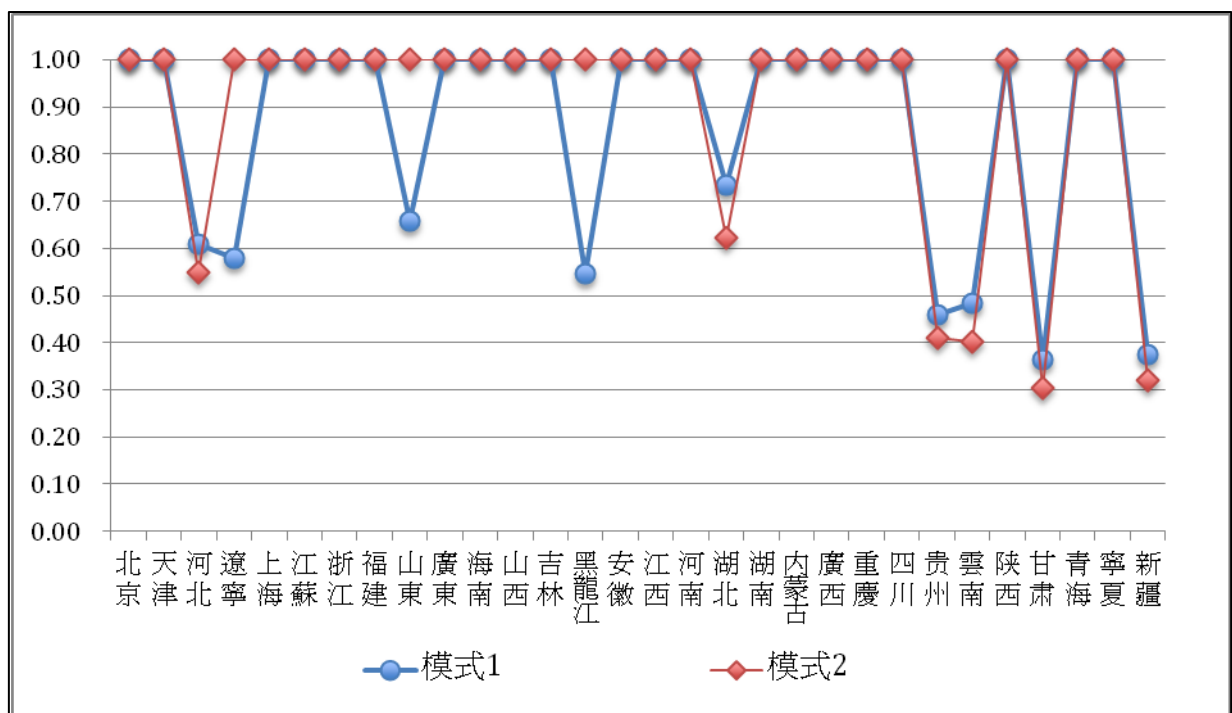


圖 1. 中國第二產業各省模式 1 與模式 2 技術效率比較

伍、結論

中國省份第二產業之經營效率衡量，其目的在於藉由各省技術效率比較，評估各省之經營管理狀況，進而改善各省之競爭力。由於全球環保意識高漲，工業生產不該僅重視營收，更應重視生產過程造成的污染。但以往研究僅考慮固體、

氣體、液體等三種廢棄物之一種或兩種，以致於效率評估結果不免有以偏蓋全之憾，難窺生產效率之全貌。本研究蒐集中國 30 個省份 2012 年第二產業統計資料，將三種廢棄物產出納入考量，應用 DEA-SBM 評估分析比較各省份之技術效率，以找出真正無效率之省份。實證結果顯示，考慮三類五項廢棄物之各省效率，與僅考慮一或兩種廢棄物有顯著差異，顯示同時考慮氣體、液體、固體等三類廢棄物之效率評估較為合理，此為本研究主要貢獻。

本研究參考Zhang 和 Choi (2013)之區域分類方法，將中國 30 個省份分為東區(11 省)、中區(8 省)、西區(11 省)，將各區域佔總體投入比重衡量中，投入變數除傳統研究的就業人數(x_1)與固定資產投資(x_2)外，並將用煤量(x_3)、用電量(x_4)、用油量(x_5) 等能源投入納入，產出變數除生產總值(y_1)作為意欲產出項外，並將二氧化硫(b_1)、氮氧化物(b_2)、烟(粉) (b_3)、工業固體廢物(b_4)及廢水中重金屬(b_5)等三類五項廢棄物納為非意欲產出變數。其中模式 1 為考量非欲意產出中一類廢棄物中三項廢氣體產出（二氧化硫、氮氧化物、烟(粉)），模式 2 亦增加至三種類別廢棄物共五項非意欲產出，增加了工業固體廢物、廢水中重金屬兩項非意欲產出變數。

實證結果顯示，東區於就業人數、用電量、用油量及生產總值等，均佔總體之一半以上，但在非欲意產出部分，東區能予以控制，使產出量遠低於中區與西區，例如，二氧化硫排放部分，西區省份排放量所佔比例最高(36.86%)，廢水中重金屬部分，中區為最高(54.18%)，代表東區雖為投入量最大之區域，但在其生產過程當中可能其非意欲產出部分是有存在較好管理控制及生產技術較好，實有探討研究納入多類廢棄物產出衡量實質生產效率之必要。

模式 2 將模式 1 中納入一類廢棄物之氣體三項變數外再加入工業固體廢物、與廢水中重金屬共五項非意欲產出變數後。30 個省份中模式中有效率之 21 省份增至 24 省份達到技術有效率，原模式 2 中技術效率提升的省份有遼寧、山東、黑龍江。但還是有 6 省份低於總體平均值的技術效率 0.89。其中無效率之省份東區為 1 省（河北省）、中區 1 省（湖北省）、西區有 4 省（貴州、雲南、甘肅、新疆）。

本研究發現出納入非意欲產出變數後，東區技術效率較差之省份提升幅度最大，且多為上升，納入三類廢棄物後，整體而言，以東部沿海省份之技術效率較

佳，西部省份之技術效率偏低，其中有四個省份來自西部區域，且其技術效率都低於 0.5，分別是貴州(0.41)、雲南(0.40)、甘肅(0.31)、新疆(0.32)，其透露之管理意涵為，管理當局應多補助經費給西部省份，俾購置防制汙染物排放之設備，以降低三種類別非意欲產出量。

本研究資料僅於 2012 年中國第二產業之數據，建議未來研究可以多年期的資料進行評估，以瞭解各省跨年生產效率的變化。再者，因第三產業為中國主流產業，故建議未來研究可納入其他產業資料評估各產業是否有技術改變，使評估結果更為周延。

參考文獻

- Charnes, A., W. W. Cooper and E. Rhodes (1978), "Measuring the Efficiency of Decision Making Units," *European Journal of Operational Research*, 2, pp. 429-444.
- Chen, S. (2014). Environmental pollution emissions, regional productivity growth and ecological economic development in China. *China Economic Review*, 35, 171-182.
- Chen, S. (2015). The evaluation indicator of ecological development transition in China's regional economy. *Ecological Indicators*, 51, 42-52.
- Choi, Y., Zhang N., and Zhou P. (2012). Efficiency and abatement costs of energy-related CO₂ emissions in China: a slacks-based efficiency measure. *Applied Energy*, 98, 198-208.
- Tone, K. (2001). A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis. *European Journal of Operational Research*, 130, 498-509.
- Wu, Y. (1995). Productivity growth, technological progress and technical efficiency change in China: a three sector analysis. *Journal of Comparative Economics*, 21, 207-229.
- Wei, YM., Liao H, Fan Y. (2007) An empirical analysis of energy efficiency in china's iron and steel sector. *Energy*, 32, 2262-2270.
- Wei, C., Ni J., Du L. (2012). Regional allocation of carbon dioxide abatement in China. *China Economic Review*, 23, 552-565.
- Yao, Z. (2010). Factor reallocation effect and productivity in China's economic growth, 1985-2007, *The Chinese Economy*, 43, pp. 44-70.
- Zhou, Y., Xing X., Fang K., Liang D., Xu C. (2013). Environmental efficiency analysis of power industry in China based on an entropy SBM model. *Energy Policy*, 57, 68-75.
- Zhang, N., Choi Y. (2013) Environmental energy efficiency of China's regional

economies: A non-oriented slacks-based measure analysis. *The Social Science Journal*, 50, 225-234.

中國國家統計局，中國統計年鑑， 2013 年。

中國國家統計局，中國能源統計年鑑，2013 年。