

台電公司之長短期規模經濟與密度經濟研究

鄭秀玲、牛慧雯、王小娥 *

台灣大學經濟系副教授、台灣大學經濟研究所碩士、成功大學交通管理科學研究所教授

摘 要

本文使用短期 Translog 成本函數為估計模型，繼而利用模擬方式推估長期最適資本量，以探討台電於 1961-1995 年間之各種長、短期生產行為特性。此外，因其輸配電系統具有網路特性，因此衡量其規模經濟時，將網路變數納入分析。在國內的電業研究文獻中，本文首度以用戶數為網路指標，納入成本函數模型中，探討台電之長、短期密度經濟及規模經濟現象。

壹、前 言

早期電力事業在各國幾乎皆以公用事業的型態獨占經營，當時一般文獻也多認為電業為具有自然獨占屬性的產業之一。例如：Komiya (1962), Nerlove (1963), Dhrymes and Kurz (1964), Christensen and Greene (1976),¹ Nelson and Wohar (1983), Nelson (1985) 及 Callan (1988, 1991) 等之研究均發現美國汽力發電公司具有規模經濟。其他國家的電業分析，有 Daly and Rao (1985) 針對加拿大安大略電力公司及 Rusldi (1991) 對南澳電力

*. 作者感謝梁啓源、陳添枝及許志義教授提供的寶貴建議，以及台電公司相關部門之資料提供。助理白玫浩小姐的幫忙，亦一併感謝。

(收稿日期：1996年9月9日；接受刊登日期：1996年12月17日)

1. 他們發現美國汽力發電公司於 1955 年存在規模經濟，但在 1970 年已不再具有規模經濟優勢。

公司的研究均發現具有規模經濟。然而，近年來的研究，例如：Nemoto、Nalanishien and Madono (1993) 針對日本九家區域性自然獨占的電力公司的研究卻發現在短期有八家電力公司之生產具規模經濟，但長期卻不具規模經濟；並且其中有七家呈現過度投資 (over-capitalization) 現象。而 Salvanes and Tjotta (1994) 研究挪威配電公司之實證結果，發現其不具有規模經濟，但有密度經濟存在。因此，近年來逐漸出現了將發、輸、配電分開經營及增加市場競爭之討論。電業自由化和民營化問題乃成為當前各國的主要電業政策。²

我國電力事業長久以來一直是由台電公司（以下簡稱台電）獨占經營，屬於國營公用事業，採發電、輸電及配電一貫經營方式。政府為推動電業自由化，已由經濟部於 1995 年 5 月公布了「開放發電業推行方案」，計畫開放全國電力系統百分之二十的容量，讓民間參與興建電廠。然而，台灣電業應實行何種自由化競爭政策，理論上須先探討台電的生產行為是否具有自然獨占特性。如果不具自然獨占特性，自應開放競爭不用管制。國內文獻中，曾增材 (1983) 曾針對台電火力發電廠的汽力發電機組進行研究，探討其是否有追求最低成本的行為以及是否具規模經濟特性。他以 Translog 短期成本函數為實證模型，但並未進一步推估台電之長期經濟特性。其結果顯示台電之火力發電具規模經濟，部分發電機組有以最低成本為經營目標的傾向。台電既然獨占經營所有的發電、輸電及配電業務，其經營目標應是追求整個公司的成本極小，而曾增材之研究只探討各發電機組是否有追求成本極小的行為，顯然較不具意義。另外，周媛姿 (1989) 雖以整個台電公司為分析對象，但卻未考慮到輸配電過程中，網路對成本的影響效果。因此，其實證結果可能有所偏誤。再者，由於電業的資本設備使用年限長達 30-50 年，屬（準）固定要素，而周媛姿的研究以長期

2. 英國電力事業原屬國營，自 1990 年 4 月起將發、輸、配電部門水平分割，移轉民營，但核能發電公司仍維持國營。美國電業由民營、地方公營、合作社營及聯邦營共計 3,000 多家組成，其中以約 300 家的民營電業為主，占總發電設備約 80%。加拿大電業中屬於省營者約 80%，該國剩餘電力尚可輸至美國。日本電業主要包括日本本土九家電力公司和琉球電力公司，採民營方式且為發、輸、配電一貫經營，九家電力公司為區域性獨占，但可互相融通電力。韓國電業之經營型態規模與我國最為類似，同屬國營，但已釋出部分股票供民間認購。

成本函數估計台電 1959-1988 年間的生產行爲，隱含台電可立即調整所有生產要素，以求成本極小的假設，顯然與實際不符。Nelson (1985) 指出電力事業的資本使用年限長，具有短期不易調整的特性，若直接以長期總成本函數作為實證模型，其估計結果會有高估成本之現象，故提出以短期變動成本函數估計美國汽力發電公司之生產行爲。他視資本為一固定或準固定要素，其他變動要素可自由調整以求變動成本極小。這也就是 Brown and Christensen (1981) 所提出的部分靜態均衡模型。往後估計短期成本函數，再以模擬方式找出長期最適資本量，以推估長期成本函數的電業相關研究，包括 Krautmann and Solow (1988), Nemoto、Nalanishien and Madono (1993) 及 Salvanes and Tjotta (1994) 等。此外，Nelson (1985) 及 Callan (1988, 1991) 則同時估計長、短期成本函數並比較其結果。

在電業的相關文獻中，以針對發電廠或發電公司為研究對象者居多，參見附錄表 1A，故多只探討發電生產而未將輸配電納入分析，其不加入網路變數尚屬合理。然亦有文獻係針對整個電力公司為分析對象，例如：Daly and Rao (1985), Rushdi (1991), Nemoto、Nakanishi and Madono (1993) 及周媛姿 (1989) 等，但他們卻未考慮輸配電系統中的網路變數對成本造成的影響。只有 Salvanes and Tjotta (1994) 針對挪威配電業進行實證分析時，將網路變數首次放入電業的成本函數中，以用戶數代表網路變數指標進行實證估計，而考慮網路變數後的規模經濟已不再適用傳統的定義。傳統上，規模經濟是指在既有之生產技術及要素價格固定下，探討產出增加對成本的影響，然而此定義並不適用於具網路特性的產業。Caves、Christensen and Tretheway (1984) 及 Caves et al. (1985) 在討論到具有網路特性之航空業及鐵路業的網路效果時，認為要素投入不只影響產出，亦影響著網路的規模。他們因而提出密度經濟 (economy of density) 與規模經濟的觀念，以區分產出對成本的影響，以及同時增加產出與網路對成本的影響效果。

本文主要研究目的即是探討台電之生產行爲是否具有規模經濟。有鑑於其資本係屬(準)固定要素，本文使用短期 translog 成本函數為估計模型，繼而利用模擬 (simulation) 方式推估其長期最適資本量，以探討台電於

1961-1995 年間之各種長、短期生產行為特性。此外，因其輸配電系統含有網路特性，因此衡量其規模經濟時，將網路變數納入分析。在國內的電業研究文獻中，本文首度以用戶數為網路指標，納入成本函數模型中，探討台電之長、短期密度經濟及規模經濟現象。另外，囿於台電所提供之資料限制，本文的成本僅係指營運成本而已，並未包含環境保護成本及其他營運外成本，因此在解釋台電之規模經濟與密度經濟現象及引用本文實證結果時，須特別審慎。本文共分五節：第一節為前言，說明研究目的並探討國內外相關文獻；第二節是估計模型的設定；第三節說明變數的處理及資料來源；第四節討論實證結果；第五節則是結論及建議。

貳、估計模型設定

一、台電生產行為特性

台灣電力事業由台電長期獨占經營發電、輸電及配電等全部電力業務。其投入多為初級能源，產出則為無儲存性之電力。其主要的生產特性包括資本、技術及能源密集，輸配電系統龐大，及設備使用年限長等特性。³財務上則有投資大、回收期間長的特性，各項工程從規劃、設計、施工到商業運轉之前置期甚長。⁴在產銷方面，由於電力產出尚不能經濟有效地儲存，供電必須隨時滿足任何時段的負載需求，即產即銷，故有尖離峰供需問題。台電公司於1946年成立，隨著業務成長及環境需要，組織逐漸擴大，除總管理處外，設有許多附屬單位。⁵截至1995會計年度，台電雇

3. 電力事業從發電、輸電到配電，相關設備規模龐大，需要高度技術及昂貴設備，其耐用年限均甚長，如水力廠壽齡超過50年，核能、火力電廠及輸配電設備亦超過25年。
4. 如火力電廠約需時四至六年，水力電廠約六年、核能電廠約八年。此外，以固定資產方式投資之比率偏高，台電固定資產價值占總資產比率高達90%以上，形成資產周轉率偏低之財務調度特性。
5. 例如：於1994年生產單位設有發電廠56廠；銷售單位設22個區營業處，承辦售電及用戶服務等業務，轄下成立22個服務中心及286個服務所；至於銜接生產與銷售部門的輸配電單位，則設6個供電區營運處，下設超高壓變電所12所、一次變電所73所、二次變電所296所；另外，台電公司並成立5個工程處，負責興建新的發輸配電工程。

用之經常性員工人數已達 25,334 人，發電量為 1,140.68 億度，用戶數亦達 882 萬戶。⁶

過去三十五年來台電之發電以水力、火力及核能三種為主。水力發電是利用天然水資源，不需燃料費用的自給能源，且抽蓄式水力發電有調節尖離峰用電之功能。但因水資源須優先供一般飲用水使用，剩餘才可用來發電，且易受氣候等天然因素的影響。火力發電是利用燃料產生熱能，轉變為機械能再產生電能的發電方式。台電目前有汽力機組、柴油機組、氣渦輪機組、複循環機組及地熱發電機組等，其中汽力機組發電目前占火力發電 80% 的裝置容量，為火力發電之主力。核能發電與傳統火力發電主要的差別為熱量產生的方式。核能發電係使用核分裂，產生熱能，再利用冷卻劑將熱能自反應器核心帶出，直接或間接產生蒸汽，用以帶動汽輪發電。因此，只要使用少許的核燃料即可產生巨大的能量，但是會有核廢料處理及儲存問題。由於核能發電方式特殊及設備複雜精密，故規劃建廠施工期間長，且建廠成本相當大，惟一旦運轉後，所需之變動成本（尤其是燃料成本）則十分低廉。火力發電則使用燃燒方式，耗用大量的煤或油來發電，會產生空氣污染、灰燼處理及酸雨問題。相對於核能發電，火力發電之建廠成本較低，但建廠完成後運轉所需之變動成本（尤其是燃料成本）則較高。⁷

隨著進口燃料價格的波動及發電設備的改善，過去三十幾年來，台電主要發電方式亦不斷改變。例如：1887 年至 1943 年間以水力發電為主，火力發電為輔，是謂「水主火從」時期；1944 年到 1956 年期間，則是「水火並重」階段；1957 年至 1965 年間為「火主水從」階段；於 1977 年前曾大量擴充火力發電。自 1984 年起核能發電比重始超越火力而進入「核主火從」期；但在 1993 年後又變成「火主核從」的局面。⁸ 由於水力、火力及核能這三種發電方式之間存在極大的差異，而它們所使用的發電設備更是完全不同。因此，從台電歷年所投資於這三種發電設備資本比重的變化情形，可反映其過去三十幾年來生產技術的改變。參見圖 1。

6. 本段主要參考自台灣電力公司(1994)。

7. 本段文字參考自許志義及陳澤義(1993：第三章)。

8. 本段主要參考自台灣電力公司(1994)。

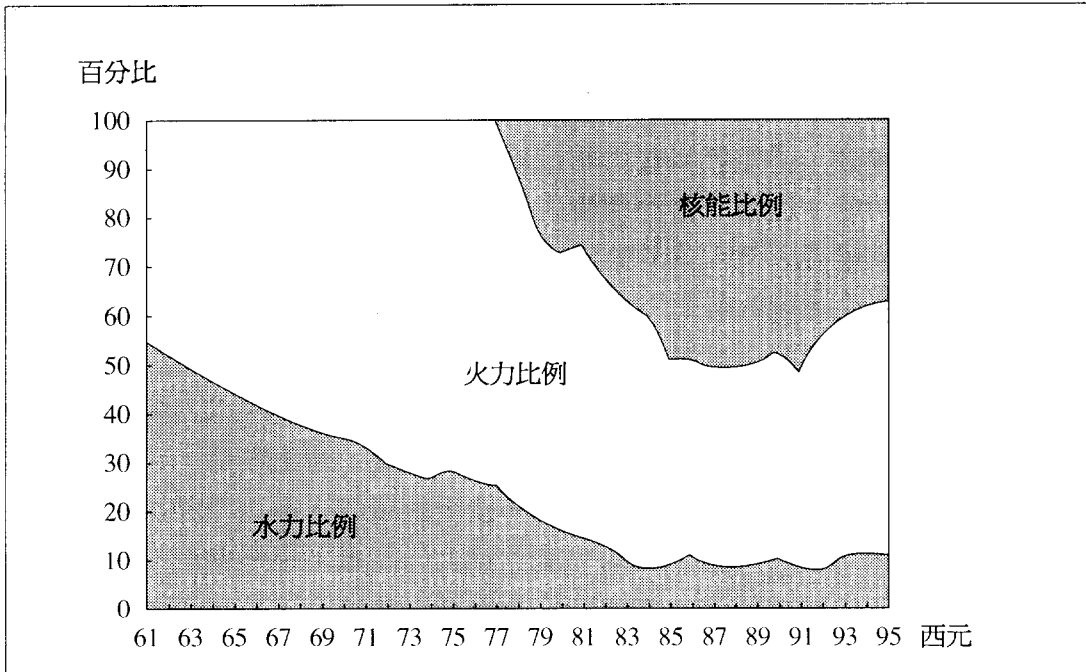


圖 1 台電歷年三種發電之資本成本所占比重之變化

二、模型設定

由上一節對台電生產特性的探討可知其廠房設備使用年限長，一旦投資建廠，短期內具有不易調整的特性，故資本宜被視作（準）固定要素。因此，本文以短期 translog 變動成本函數作為實證估計模型，投入要素包括勞動、燃料及資本。由於係以整個台電公司的發電、輸電及配電系統為研究範圍，故將網路變數納入估計模型中，以用戶數為網路指標來分析。⁹ 另外，由上節討論可知，台電歷年水力、火力、核能等三種發

9. 整個電力輸送過程係在發電廠生產電能後，立即先行升壓，輸往各地區變電所，再行降壓後分配至各地區電力用戶。以用戶數多寡為網路變數，可探討電力服務網路涵蓋的範圍大小對成本之影響。而以輸配電迴線長度為網路變數則可探討輸配電系統大小對成本之影響。這兩個網路變數所代表之經濟意義不盡相同，本應同時納入模型中。但在實證分析時，因觀察值數目有限，且有共線性問題存在，因此兩者未同時納入模型中估計。我們乃選取在統計上及意義上有較佳結果之公式 (1)，即以用戶數為網路

電投資組合有非常明顯的變化，代表著其生產技術不斷地改變。類似於 Nelson (1986) 引進發電設備老舊程度 (vintage index) 於美國電力業成本函數分析，以反映其技術改變隱含於發電設備的特性 (capital-embodied technical change)，本文以火力及核能資本成本占總資本成本之比重，即 R_1 及 R_2 ，來反映台電發電技術改變情形。¹⁰ 從變動成本函數估計結果，可以進一步看出台電使用不同發電方式對其變動成本的影響效果。此外，台電歷年之燃料成本占變動成本約為八至九成，使得燃料價格的變化嚴重影響其生產成本的高低。由圖 2 顯示，台電過去三十餘年的燃料價格波動走勢，主要受兩次石油危機影響至鉅，因此本文將時間趨勢變數 (T) 由傳統方式

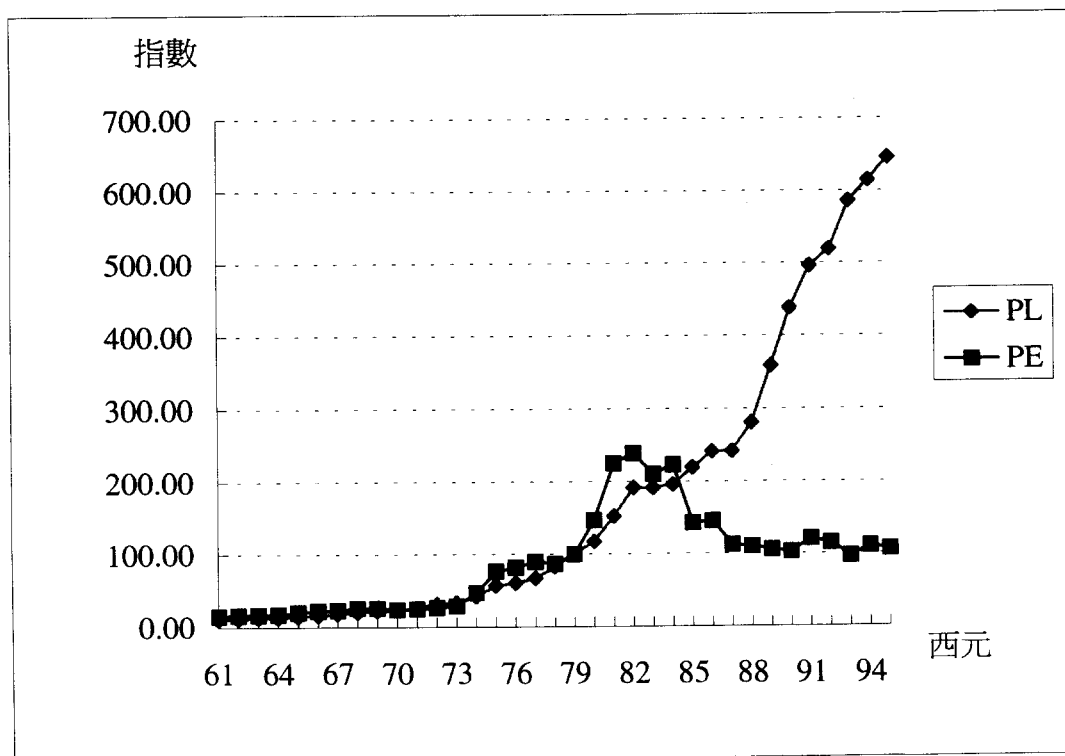


圖 2 台電歷年實質勞動及燃料價格指數之變化

變數之模型，作為本文之實證估計模型。

10. 由於資料之限制，找不到其他適當的工具變數，來反映台電技術之改變，故以火力及核能資本支出比表示之。而水力發電資本支出比例則為 $1-R_1-R_2$ 。

之設定值為 0, 1, 2, ..., n, 改設定值為 0, 1, 2。¹¹ 亦即是將樣本期間分成三個時期, 假設每一個時期內各年所處的外在能源經濟環境是相同的。即第一次石油危機前, 各年之 T 值設定為 0; 第一次石油危機發生到第二次石油危機發生這段期間, 各年之 T 值設定為 1; 以及第二次石油危機以後, 各年之 T 值設定為 2, 以反映外在經濟環境變化, 對台電生產行為及成本的影響。

假設台電在既定之生產技術、要素價格、固定資本量、輸配電系統及能源經濟環境下, 為生產一定發電量水準(Y), 會調整變動生產要素, 以追求變動成本極小, 則其短期變動成本函數可設定如下:¹²

$$VC = f(P_L, P_F, K, Y, N, R_1, R_2, T) \quad (1)$$

其中, VC: 變動成本 (即勞動成本與燃料成本之和);

P_L : 勞動要素價格;

P_F : 燃料要素價格;

K: 資本量;

Y: 發電量;

N: 用戶數 (輸配電系統之網路水準);

R_1 : 火力發電資本成本比例;

R_2 : 核能發電資本成本比例;

T: 時間趨勢變數;

$T = 0$, 表 1961-73 年期間;

$T = 1$, 表 1974-84 年期間;

$T = 2$, 表 1985-95 年期間。

式 (1) 之 Translog 函數型式之二階逼近如下:

-
11. Oniki et al. (1994) 亦採類似作法, 日本電信市場開放以前 (1958-1982) 之 T 值設定為零, 開放後之 T 變數設定為 1, 2, 3 …… 等時間趨勢。
 12. 根據國營事業管理法規範, 台電須依照合理投資報酬率 9.5%~12% 範圍內, 編列其預算。但實際上, 立法院在審查預算及台電執行預算時均未特別考量投資報酬率管制之限制。因此, 本文假設台電之短期生產行為不受價格管制之限制。

$$\begin{aligned}
 \ln VC = & \beta_0 + \beta_L \ln P_L + \beta_F \ln P_F + \beta_K \ln K + \beta_Y \ln Y + \beta_N \ln N \\
 & + \beta_1 \ln R_1 + \beta_2 \ln R_2 + \beta_T T \\
 & + \frac{1}{2} \beta_{LL} (\ln P_L)^2 + \frac{1}{2} \beta_{FF} (\ln P_F)^2 + \frac{1}{2} \beta_{KK} (\ln K)^2 + \frac{1}{2} \beta_{YY} (\ln Y)^2 \\
 & + \frac{1}{2} \beta_{NN} (\ln N)^2 + \frac{1}{2} \beta_{11} (\ln R_1)^2 + \frac{1}{2} \beta_{22} (\ln R_2)^2 + \frac{1}{2} \beta_{TT} T^2 \\
 & + \beta_{LF} \ln P_L \ln P_F + \beta_{LK} \ln P_L \ln K + \beta_{LY} \ln P_L \ln Y + \beta_{LN} \ln P_L \ln N \\
 & + \beta_{L1} \ln P_L \ln R_1 + \beta_{L2} \ln P_L \ln R_2 + \beta_{LT} T \ln P_L \\
 & + \beta_{FK} \ln P_F \ln K + \beta_{FY} \ln P_F \ln Y + \beta_{FN} \ln P_F \ln N \\
 & + \beta_{F1} \ln P_F \ln R_1 + \beta_{F2} \ln P_F \ln R_2 + \beta_{FT} T \ln P_F \\
 & + \beta_{KY} \ln K \ln Y + \beta_{KN} \ln K \ln N + \beta_{K1} \ln K \ln R_1 \\
 & + \beta_{K2} \ln K \ln R_2 + \beta_{KT} T \ln K \\
 & + \beta_{YN} \ln Y \ln N + \beta_{Y1} \ln Y \ln R_1 + \beta_{Y2} \ln Y \ln R_2 \\
 & + \beta_{YT} T \ln Y \\
 & + \beta_{N1} \ln N \ln R_1 + \beta_{N2} \ln N \ln R_2 + \beta_{NT} T \ln N \\
 & + \beta_{12} \ln R_1 \ln R_2 + \beta_{1T} T \ln R_1 \\
 & + \beta_{2T} T \ln R_2 + u. \tag{2}
 \end{aligned}$$

經由 Shepherd's lemma 及對 (2) 式微分，可導出各變動要素的成本份額方程式如下：

$$\begin{aligned}
 S_L = & \beta_L + \beta_{LL} \ln P_L + \beta_{LF} \ln P_F + \beta_{LK} \ln K + \beta_{LY} \ln Y + \beta_{LN} \ln N \\
 & + \beta_{L1} \ln R_1 + \beta_{L2} \ln R_2 + \beta_{LT} T + \varepsilon_L, \\
 S_F = & \beta_F + \beta_{FF} \ln P_F + \beta_{LF} \ln P_L + \beta_{FK} \ln K + \beta_{FY} \ln Y \\
 & + \beta_{FN} \ln N + \beta_{F1} \ln R_1 + \beta_{F2} \ln R_2 + \beta_{FT} T + \varepsilon_F. \tag{3}
 \end{aligned}$$

其中， S_L 是勞動成本份額， S_F 是燃料成本份額。 u ， ε_L 及 ε_F 是誤差項。

依據對偶理論，成本函數必須滿足正規條件 (regular condition) 才不致違反廠商生產行為是追求變動成本極小化的假設。

這些正規條件及限制如下：

(a) 變動要素價格的非遞減函數

$$\frac{\partial \ln VC}{\partial \ln P_i} \geq 0, \quad i = L, F \quad (4)$$

(b) 準固定要素的非遞增函數

$$\frac{\partial \ln VC}{\partial \ln K} \leq 0, \quad (5)$$

(c) 產出之非遞減函數

$$\frac{\partial \ln VC}{\partial \ln Y} \geq 0, \quad (6)$$

(d) 要素價格之凹函數，

(e) 準固定要素(K)之凸函數，及

(f) 要素價格之一階齊次條件及對稱條件：

$$\begin{aligned} \beta_F + \beta_L = 1; \quad \beta_{LF} + \beta_{LL} = 0; \quad \beta_{FF} + \beta_{LF} = 0; \\ \beta_{FK} + \beta_{LK} = 0; \quad \beta_{FY} + \beta_{LY} = 0; \quad \beta_{FN} + \beta_{LN} = 0; \\ \beta_{F1} + \beta_{L1} = 0; \quad \beta_{F2} + \beta_{L2} = 0; \quad \beta_{FT} + \beta_{LT} = 0. \end{aligned} \quad (7)$$

依據 Brown and Christensen (1981)，當 Translog 變動成本函數為產出之齊次函數時，係數則多了下列限制：

$$\begin{aligned} \beta_{LK} + \beta_{LY} = 0; \quad \beta_{FK} + \beta_{FY} = 0; \quad \beta_{KK} + \beta_{KY} = 0; \quad \beta_{YY} + \beta_{KY} = 0; \\ \beta_{KN} + \beta_{YN} = 0; \quad \beta_{K1} + \beta_{Y1} = 0; \quad \beta_{K2} + \beta_{Y2} = 0; \quad \beta_{KT} + \beta_{YT} = 0. \end{aligned} \quad (8)$$

由於 $\sum S_i = 1, i = L, F$ ，所以估計時必須去掉一條成本份額方程式，才不會有線性重合問題。在式(7)(8)之限制下，我們以變動成本與成本份額式的聯合 SUR 模型 (Seemingly Unrelated Regression Model) 來估計。由估計結果，可進一步計算下列生產特性：

Caves et al. (1984, 1985) 在研究航空業及鐵路業之網路效果時，重新定義規模經濟與密度經濟。他們認為密度經濟為在所有要素價格及網路水

準固定下，產出增加對成本的影響，可以產出成本彈性的倒數來表示。因此，台電之短期密度經濟可定義為：

$$RTD^s = \left(\frac{\partial \ln VC}{\partial \ln Y} \right)^{-1}; \quad (9)$$

RTD^s 大於 1 表示具有短期密度經濟；小於 1 表示具有短期密度不經濟；等於 1 則表示有短期固定密度經濟。他們並定義規模經濟 (economy of scale) 為在所有要素價格固定下，網路與產出同時增加對成本的影響，可以所有產出成本彈性及網路成本彈性和的倒數來表示。短期規模經濟可定義為：

$$RTS^s = \left(\frac{\partial \ln VC}{\partial \ln Y} + \frac{\partial \ln VC}{\partial \ln N} \right)^{-1} \quad (10)$$

RTS^s 大於 1 表示有短期規模經濟；小於 1 表示有短期規模不經濟；等於 1 則表示有短期固定規模經濟。

Brown and Christensen (1981) 指出短期 Allen 偏替代彈性可以下式計算之，

$$\begin{aligned} \sigma_{ij}^s &= (\beta_{ij} + S_i S_j) / S_i S_j, \quad i, j = L, F \text{ 且 } i \neq j \\ \sigma_{ii}^s &= [\beta_{ii} + S_i S_j - 1] / S_i^2, \quad i = L, F \end{aligned} \quad (11)$$

短期交叉需求及自身價格彈性則為

$$\eta_{ij}^s = \sigma_{ij}^s S_j, \eta_{ii}^s = \sigma_{ii}^s S_i \quad (12)$$

由第 (2) 式分別對 R_1 及 R_2 兩技術改變指標微分，可得發電技術改變之成本彈性：

$$\begin{aligned} \frac{\partial \ln VC}{\partial \ln R_M} &= \beta_M + \beta_{MM} \ln R_M + \beta_{IM} + \ln P_I + \beta_{KM} \ln K \\ &\quad + \beta_{YM} \ln Y + \beta_{NM} \ln N + \beta_{TM} \ln T \\ M &= 1, 2; \quad i = L, F. \end{aligned} \quad (13)$$

即台電增加投資一個百分比之資本於火力發電或核能發電所造成變動成本增加之百分比。依據前面對台電不同發電技術之比較，我們可預期台電投資於火力發電之變動成本彈性值將高於核能發電之成本彈性值。

此外，可進一步由長、短期關係中找出長期最適的資本投資量 (K^*)，以求得台電之長期生產特性。由於長期成本為短期成本之包絡線，在長期均衡時固定資本之影子價格等於使用資本設備之機會成本。首先定義總成本 (TC) 為變動成本 (VC) 與固定成本之和：

$$TC = VC(P_i, K, Y) + P_K K, \quad i = L, F \quad (14)$$

其中， P_K 為使用資本設備之機會成本。

若 K^* 為追求長期均衡總成本極小的最適值，則在 $K=K^*$ 下，滿足一階條件：

$$\left. \frac{\partial TC}{\partial K} \right|_{K=K^*} = \left. \frac{\partial VC}{\partial K} \right|_{K=K^*} + P_K = 0 \quad (15)$$

即

$$P_K = - \left. \frac{\partial VC}{\partial K} \right|_{K=K^*} \quad (16)$$

意即在長期均衡下，台電使用資本之機會成本等於邊際增加固定資本所減少之變動成本。

在 Translog 成本函數中，(16) 式可以下式表示為

$$-P_K = \left. \frac{\partial TC}{\partial K} \right|_{K=K^*} = \frac{\partial \ln VC}{\partial \ln K} \frac{VC}{K} \quad (17)$$

而令

$$\frac{\partial \ln VC}{\partial \ln K} = \frac{\partial VC}{\partial K} \frac{K}{VC} = SCK < 0 \quad (18)$$

由於對偶的生產函數通常假設資本之邊際生產力必須為正且滿足邊際報酬遞減律，其充分必要條件為

$$\beta_{KK} + SCK(SCK - 1) > 0 \quad (19)$$

其中， β_{KK} 為資本 (K) 在短期 Translog 成本函數中二次項的參數值。¹³ K^* 為使總成本極小的最適資本量，則在短期 Translog 成本函數中，將 (18) 式代入 (17) 式可化簡為

$$K^* = -SCK \left(\frac{VC}{P_K} \right) \quad (20)$$

13. 式 (19) 之求導過程參見本文附錄(二)。

台電在長期均衡下使用資本之機會成本已知後，則可先選擇符合式(18)及式(19)的觀察值，然後根據式(20)及式(2)短期 Translog 成本函數，利用模擬 (simulation) 的方法求出最適資本量 (K^*)。接著可進一步求得長期密度經濟 (RTD^L) 及長期規模經濟 (RTS^L)，分別為

$$RTD^L = \left(1 - \frac{\partial \ln VC}{\partial \ln K} \Big|_{K=K^*}\right) \left(\frac{\partial \ln VC}{\partial \ln Y} \Big|_{K=K^*}\right)^{-1} \quad (21)$$

$$RTS^L = \left(1 - \frac{\partial \ln VC}{\partial \ln K} \Big|_{K=K^*}\right) \left(\frac{\partial \ln VC}{\partial \ln Y} + \frac{\partial \ln VC}{\partial \ln N} \Big|_{K=K^*}\right)^{-1} \quad (22)$$

參、變數處理與資料來源

本節就 Translog 成本函數所設定的各項變數及其資料來源分別說明如下：

一、要素價格

台電的支出成本項目中，以用人費用、燃料支出，利息及折舊費用占了近九成的比例，且文獻中也多以勞動、燃料及資本作為投入要素，故本文亦取此三項為台電之投入要素。這三者中，資本是（準）固定要素，除在短期推估長期時需用到資本財價格外，估計短期成本函數時還須取得資本量的資料。勞動價格 (P_L) 係以總用人費用除以總員工人數而得之。¹⁴ 資料來源為「台電預決算書」中用人費用彙計表及員工人數彙計表。燃料價格 (P_F) 方面，則先求得火力發電燃料價格，再由台電公司直接提供的核燃料鈾價格，兩者規格化 (normalize) 後的指數以成本份額為權數加權平均之，得到燃料價格指數。至於火力發電燃料價格係以火力發電燃料成本除以火力發電燃料用量（以油當量為單位），¹⁵ 而得之。資本財價格 (P_K)

14. 資料來源為「台電預決算書」中用人費用彙計表及員工人數彙計表。

15. 火力發電燃料成本的資料來自「台電預決算書」，火力發電燃料用量則是由經濟部能源委員會之「台灣能源統計年報」得之。

係參考一般常用 Hall and Jorgenson (1967) 所提之資本財服務價格公式，¹⁶ 並配合國內資料之限制作出如下的設定：

將固定資本分成土地改良物、房屋建築、機器設備、交通運輸設備、其他設備、土地及核能燃料棒等七項。¹⁷ 前五項分別依下列公式計算出各別資本財，於第 t 期的服務價格 ($P_{i,t}^K$)：

$$P_{i,t}^K = P_{i,t-1}^I r_t + \delta_{i,t} P_{i,t}^I - (P_{i,t}^I - P_{i,t-1}^I) \quad i = 1, 2, 3, 4, 5 \quad (23)$$

其中， $P_{i,t-1}^I$ 及 $P_{i,t}^I$ 分別表示第 $t-1$ 期及第 t 期第 i 項資本財之價格。 $P_{i,t}^I$ ， $i = 1, 2, 3, 4, 5$ ，分別以「物價統計月報」中的房屋租金價格指數、躉售物價指數的機械設備項目、運輸工具及零件項、「國民所得統計摘要」的固定資本形成毛額價格指數來表示。 r_t 是第 t 期之利率，係利息支出除以長期負債之值。 $\delta_{i,t}$ 是第 t 期各類資本財的折舊額除以各別固定資產淨值所得到的折舊率。¹⁸ 因國內沒有地租價格指數，本文假設土地資本財價格為 1，以台電之地租除以該年固定資產淨值來表示投資土地之報酬率 (r_t)。此外，土地之折舊率為零。核燃料價格則如前所述，為直接取自台電的資料。最後，依 Jorgenson-Fraumeni (1980) 處理間斷變數的方法，求得這七項資本財價格之 Divisia 指數，¹⁹ 是謂台電的資本財價格。

16. Hall and Jorgenson (1967) 中的資本使用成本可以下式表示：

$$\bar{p}_K = \frac{q * (p_f + \delta - \dot{q}/q)(1 - k - \lambda Z)}{(1 - \lambda)}$$

其中， q 及 \dot{q} 分別為固定資本價格指數及其變動率， p_f 代表實質資金價格， δ 代表折舊率， λ 為稅率， k 為投資抵減率， Z 為每一元投資折舊現值。

17. 台電決算書之資產負債表內即包括這些項目之固定資產。據台電內部人員之解釋核能燃料棒項是購買經加工處理過之進口核能燃料棒，以供約 5 年內核能電廠運轉所需。此一固定資本項與變動成本中之核能燃料費用並無重覆計算。梁啓源 (1987a) 之研究中，將存貨計入台電之資本財項內。但因吾人未能取得台電過去三十五年之詳細存貨資料，且台電之存貨資料係包括燃料、營運材料及銅原料等項。這些項目均歸屬於其資產負債表中之流動資產項，故本文並未將存貨列入資本財。
18. 利息支出、長期負債、各類資本財的折舊額及其固定資產淨值資料皆來自「台電預決算書」。前述之折舊額係屬會計帳面折舊，通常可能會較實際折舊值低。
19. 對於異質資本財之加總，連續資料的公式為

$$P_t^K = \sum_i S_{i,t}^K P_{i,t}^K, \quad i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$$

二、資本量 (K)

資本量係根據“perpetual inventory method”計算，即

$$K_t = I_t + (1 - \delta)K_{t-1}, \quad (24)$$

其中， I_t 為每年固定資本投資額， δ 係資本的平均折舊率。以此公式計算之值經固定資本形成毛額價格指數平減即為固定資本量。起始年（1961年）之 K 是當年固定資產帳面價值扣除累計至該年底的折舊額，再經平減後的固定資本量。²¹

三、產出

電力事業的產出即是電力，無論是由水力、火力或核能發電方式產生的電力，其性質皆相同，且是一同進入輸配電系統加以調度，故其產出應只有一項，即發電量。

四、網路變數

基於電業的輸配電特性，網路因素對規模經濟的衡量具有其重要性。Salvanes and Tjotta (1994) 是以用戶數作為網路指標。本文亦以用戶數代

其中， $S_{i,t}^K$ 及 $S_{i,t-1}^K$ 分別為第 t 期及第 $t-1$ 期第 i 項資本財之成本分額。間斷變數的公式則是

$$\ln P_t^K - \ln P_{t-1}^K = \sum_i \overline{S}_{i,t}^K \left(\ln P_{i,t}^K - \ln P_{i,t-1}^K \right), \quad i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$$

$$\overline{S}_{i,t}^K = \frac{1}{2} \left(S_{i,t}^K + S_{i,t-1}^K \right), \quad i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$$

$$S_{i,t}^K = \frac{P_{i,t}^K K_{i,t}}{\sum_i P_{i,t}^K K_{i,t}}, \quad i = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$$

20. 此項資料係「台電會計資料」之重要項目提要中資本支出項。

21. 我們曾試著以主計處 1989 年出版之國富調查報告內，水電燃氣業項下之自有資產毛額來估算台電於 1961 年之資本量。因報告中僅列出民國 45-54 年及 55-64 年這兩段期間之有形固定資產，而非特定年之值，所以估算結果不佳，予以放棄。惟依本文方法所估算之台電歷年資本量，仍較 Hsu & Chen (1990) 直接以台電當年固定資產帳面淨值來估算資本量為佳。

表網路變數。

五、技術改變指標

由於核能發電未開始引進之前，只有水力及火力發電，故不宜選擇水力及火力資本比例為變數，否則會有線性重合問題，故本文選擇較具代表性的火力及核能二者的資本成本比例 (R_1 、 R_2) 為台電之發電技術改變指標。

六、變動成本

變動成本為總用人費用和燃料支出之加總。

肆、實證結果分析

我們首先以 Wald test 來檢定文中式 (2) 之模型設定是否合適。由表 1 之檢定結果拒絕了無網路效果、無發電技術改變效果及無能源危機影響等三個虛擬假設，此乃顯示我們可以採用式 (2) 之模型，來探討台電之短期生產行為。接著，在式 (7)(8) 之限制下，我們以式 (2) 之成本函數及式 (3) 之勞動成本份額函數所形成之系統方程式，估計台電於 1961 年至 1995 年間的生產行為。²² 從表 2 之估計結果可知，除 β_{YY} 及 β_{KK} 之 t 值十分不顯著，因有其經濟上之特殊意義而保留外，大部分估計參數均顯著地異於零。而變動成本函數及勞動份額式之 R_2 值相當高，分別為 0.99 及 0.85。由兩者之 D-W 值判斷其殘差可能有些微自我相關。²³ 此外，估計結果亦滿足了第二節所述，假設台電為最小變動成本追求者所須之六項正規條件。表 2 之估計結果，經過式 (9) 至式 (13) 之計算，可以得出下列幾項有關台

22. 基於自由度有限的考慮或參數校估結果並不顯著予以捨棄，估計時式 (2) 中之 R_1 及 R_2 兩變數分別只與 P_L 、 P_F 及 K 等變數有交叉相乘項，而 T 變數只有一次項；此外， b_{LN} 及 b_{NN} 兩參數則設定為零。

23. 由變動成本函數之 D-W 值顯示，不能決定其殘差是否有自我相關，而勞動份額函數之 D-W 值顯示，其殘差有正的自我相關。

電於過去三十五年來之生產特性及成本結構變化，包括(1)長短期密度經濟及規模經濟；(2)短期成本彈性、替代彈性及需求彈性；(3)不同發電方式及能源危機對其成本結構之影響。

表 1 模型設定之檢定

虛擬假設 H_0	Wald Test (χ^2 值)	檢定結果
無網路效果	7.68 (0.103)	拒絕 H_0
無發電技術改變效果	149.86 (0.711)	拒絕 H_0
無能源危機影響	5.58 (0.004)	拒絕 H_0

註：括弧內數字係於 5% 顯著水準下之 χ^2 統計值

表 2 短期 Translog 成本函數參數推估值

參數符號	解釋變數	估計值	t 值	參數符號	解釋變數	估計值	t 值
β_0	常數項	5.4216	236.485***	β_{L1}	$\ln P_L \ln R_1$	0.3154	10.4020***
β_L	$\ln P_L$	0.1205	9.0482***	β_{L2}	$\ln P_L \ln R_2$	-0.0068	-7.3136***
β_F	$\ln K$	0.8795	66.0502***	β_{FF}	$\ln P_F \ln P_F$	0.0660	5.0853***
β_K	$\ln K$	-0.1175	-2.8403***	β_{FK}	$\ln P_F \ln K$	0.0222	0.6478
β_Y	$\ln Y$	1.0819	11.0950***	β_{FY}	$\ln P_F \ln Y$	-0.0222	-0.6478
β_N	$\ln N$	-0.3030	-1.8382*	β_{F1}	$\ln P_F \ln R_1$	0.3154	10.4020***
β_1	$\ln R_1$	0.3939	6.8601***	β_{F2}	$\ln P_F \ln R_2$	0.0068	7.3136***
β_2	$\ln R_2$	0.0033	2.7591***	β_{KK}	$\ln K \ln K$	0.0518	0.2033
β_T	T	0.0453	2.3615**	β_{KY}	$\ln K \ln Y$	-0.0518	-0.2033
β_{LL}	$\ln P_L \ln P_L$	0.0660	5.0853***	β_{KN}	$\ln K \ln N$	-0.0753	-1.1449
β_{LF}	$\ln P_L \ln P_F$	-0.0660	-5.0853***	β_{YY}	$\ln Y \ln Y$	0.0518	0.2033
β_{LK}	$\ln P_L \ln K$	0.0222	0.6478	β_{YN}	$\ln Y \ln N$	0.0753	1.1449
β_{LY}	$\ln P_L \ln Y$	0.0222	0.6478				
方程式	R^2	D-W 檢定量					
變動成本	.9994	2.42					
勞動份額	.8470	0.75					

註：表內 t 值欄打 *，**，*** 者分別表示在 10%，5%，1% 顯著水準下，參數估計值顯著異於零。

本節將實證結果，依照時間趨勢變數(T)的設定(即 $T=0,1,2$)分成三個時期列表討論。第一個時期為石油危機前之1961-73年間；第二個時期為第一次石油危機發生到第二次石油危機發生，即1974-84年；第三個時期為第二次石油危機之後，即1985年至1995年。

一、長短期密度經濟及規模經濟

由表3之實證結果可知，台電於1961至1995年間之短期密度經濟平均值小於1。此乃表示在既定之要素價格、資本設備量及用戶數不變下，台電之產出增加會使平均成本上升。並且，此種密度不經濟現象隨時間演變而愈來愈明顯，三個時期之密度經濟值分別是0.98，0.94及0.87。但台電面對既定之市場要素價格及使用既有之資本設備量下，同時增加發電量及用戶數(擴大服務網路範圍)，則其平均成本會降低。惟此種規模經濟現象亦隨時間演進而逐漸減弱。台電之規模經濟值由第一時期的1.39已逐期降至第二時期的1.34，及第三時期的1.17。²⁴

表3 短期成本函數密度經濟與規模經濟推估值

年 別	密度經濟	規模經濟
1961-73	0.9813 (0.0249)	1.3907 (0.0620)
1974-84	0.9365 (0.0112)	1.3356 (0.0376)
1985-95	0.8659 (0.0209)	1.1710 (0.0582)
1961-95	0.9310 (0.0519)	1.3043 (0.1077)

註：括號內數字為標準誤

經由式(14)至式(22)之模擬分析過程，在最適資本量(K^*)下，可推估出台電之長期生產行為是否具有密度經濟及規模經濟。由表4之實證結果可知，台電之長期生產僅微具有密度經濟，於1961年至1995年間之長期密度經濟值，只維持在1.032至1.037左右，見表2A。此乃表示即使在

24. 經 t-test 檢定知，表3中三個時期之短期密度及規模經濟值，在5%顯著水準下，均異於1。

最適的投資設備情況下，在既定之生產要素價格及用戶數下，台電繼續增產僅會使其平均成本略為下降。然而，值得注意的是在既定之生產要素價格及最適投資設備情況下，台電同時增加發電量及用戶數則較能降低其平均成本，其長期規模經濟平均值高達 1.74 左右，三個時期之長期規模經濟值分別為 1.67，1.82 及 1.73。²⁵

表 4 長期密度經濟與規模經濟

年 別	密度經濟	規模經濟
1961-73	1.0366 (0.0001)	1.6698 (0.0773)
1974-84	1.0359 (0.0003)	1.8195 (0.0325)
1985-95	1.0334 (0.0008)	1.7323 (0.0538)
1961-95	1.0354 (0.0014)	1.7365 (0.0853)

註：括號內數字為標準誤

綜合上述表 3、表 4 及表 2A 之歷年長短期成本函數估計結果可知，在短期時台電不具有密度經濟，且其密度經濟值有不斷下降趨勢；就長期言，亦僅微具密度經濟。由這些密度經濟值之改變，可以看出台電已逐漸喪失其自然獨占特性。²⁶

但是若同時考慮服務網路（用戶數）及產出對其成本的影響效果，估計結果顯示，台電在短期是具有規模經濟的，只是此短期規模經濟值愈來愈小。然而，在長期最適投資量下，台電仍維持著相當之規模經濟優勢，其長期規模經濟值由 1961 年之 1.55 逐年遞增至 1982 年之 1.86，再逐年遞減至 1995 年之 1.65，詳見表 2A。因之短期內即使實行部份開放政策，一般民間公司並不易建立龐大的全國性用戶網路與台電競爭，僅能提供地區性小規模之服務。從台電過去三十五年來規模經濟值的改變，可以看出其生產行為仍具有相當之自然獨占性，²⁷ 但此特性已呈逐年減弱趨勢。

25. 經 t-test 檢定，表 4 之長期密度及規模經濟在 5% 顯著水準下，均異於 1。

26. 從傳統之基本個體經濟理論可知，生產單一產品之廠商若具有密度經濟（即傳統之規模經濟），表示其平均成本會隨產出增加而降低，則只由這一家廠商獨占生產會較二家以上廠商生產之成本為低。此時，這一廠商為一自然獨占廠商。

27. 與附註 26 之定義雷同，在加入網路對成本影響之考慮後，以是否具有規模經濟，來衡量廠商之自然獨占性。

由實際的資本使用量 (K) 和模擬出的長期最適資本量 (K^*) 來比較，發現台電有明顯的投資不足 (under-capitalization) 現象，即實際資本量小於最適資本量。這表示台電以過少的投資設備生產過多的電量，使得其成本結構處於密度不經濟階段。密度經濟與長短期成本關係，可以圖 3 加以說明。如圖 3 所示，台電在 K_0 的固定設備下，生產 Y_0 的電量，使得其短期處於密度不經濟，即在短期平均成本遞增處生產；而長期處於密度經濟值接近一，即在長期平均成本平坦處生產。由圖 3 中，A 點表示之台電實際生產水準在 SAC 與 LAC 曲線相切點 (E 點) 之右方可知，台電有過度生產或投資不足現象。

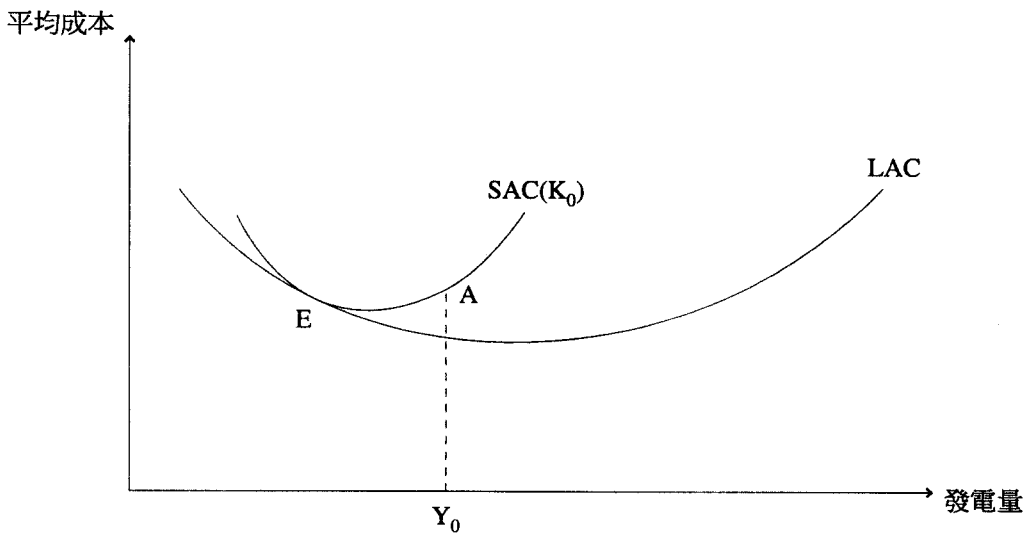


圖 3 台電密度經濟之長短期關係

以圖 4 的三度空間立體圖說明台電 1985-95 年的長短期規模經濟關係。X 軸代表發電量，Y 軸代表網路（以用戶數表示），Z 軸則是平均成本。當固定資產為 K_0 時，台電生產了 Y_0 且有用戶數 N_0 ，即位於短期平均成本 ($SAC(K_0)$) 遞減階段，表示具有短期規模經濟。此時長期平均成本 (LAC) 亦處於遞減階段，顯示長期亦具有規模經濟。

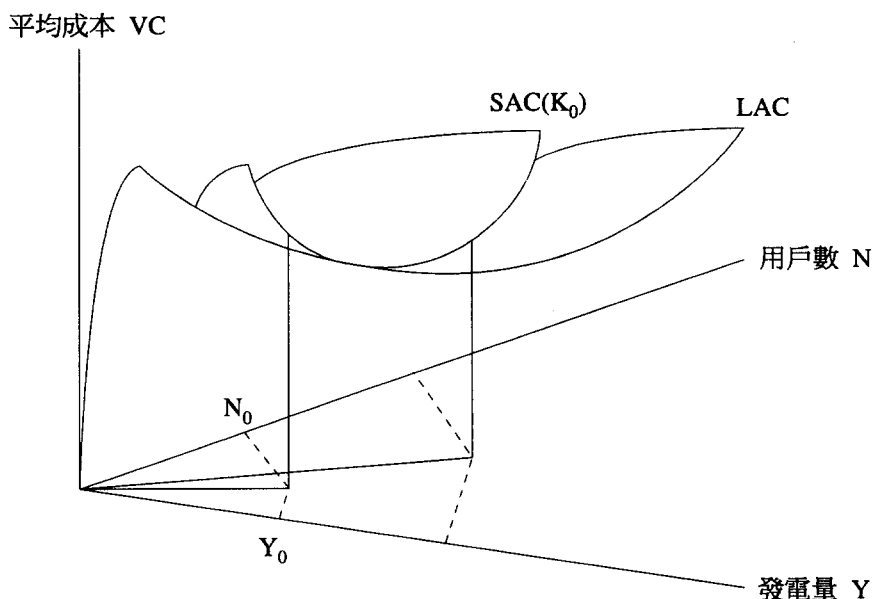


圖 4 台電1985-95年規模經濟之長短期關係

二、短期成本彈性、替代彈性及需求彈性

表 2 之估計結果經過進一步計算可得下列相關之短期彈性值。由表 5 中勞動及燃料價格之成本彈性值可知，燃料價格變動影響成本最大，而勞動價格變動對成本的影響較小。即平均而言，台電於 1961 年至 1995 年間，燃料價格上漲 1% 時，變動成本上漲了 0.78% 左右，表示當油價變動時台電之變動成本並不會跟隨油價全幅上漲。同理，勞動價格變動 1% 時，其變動成本平均上漲的幅度是 0.22%。

燃料能源與勞動之間若具有替代性，則能源價格的上漲將對變動成本造成較小的影響。²⁸ 由表 6 之實證結果，我們發現台電生產時所使用之勞動與燃料間存在替代關係。此乃表示當燃料價格上漲時，台電藉由勞動的

28. Nelson and Wohar (1983), Daly and Rao (1985), Christensen and Greene (1976) 及梁啓源 (1987a) 之研究，均以總成本函數估計電業之生產行為，發現燃料能源與勞動之間存在著替代關係。而 Krautmann Solow (1988) 以變動成本函數估計美國核能發電廠之生產，亦得出燃料能源與勞動之間存在著替代關係。

替代使變動成本的漲幅趨緩。由表中數值顯示，在兩次石油危機期間，勞動與燃料的替代彈性有稍低的現象。探究其原因乃是石油危機發生時所造成之燃料價格漲幅太大，而相對之下，台電短期內以勞動要素替代部份燃料使用之幅度並不大所致。

表 5 短期生產要素價格之成本彈性推估值

年 別	勞動價格成本彈性	燃料價格成本彈性
1961-73	0.2376 (0.0326)	0.7624 (0.0326)
1974-84	0.1294 (0.0310)	0.8706 (0.0310)
1985-95	0.2939 (0.0253)	0.7061 (0.0253)
1961-95	0.2213 (0.0729)	0.7787 (0.0729)

註：括號內數字為標準誤

表 6 短期各項生產要素之 Allen 偏替代彈性

年 別	勞動－燃料	勞動－勞動	燃料－燃料
1961-73	0.6367 (0.0446)	-1.9805 (0.3584)	-0.2196 (0.0777)
1974-84	0.3865 (0.0849)	-2.6515 (0.1742)	-0.0581 (0.0220)
1985-95	0.6706 (0.0324)	-1.7137 (0.2956)	-0.2752 (0.0708)
1961-95	0.5687 (0.1369)	-2.1075 (0.4821)	-0.1863 (0.1097)

註：括號內數字為標準誤

表 7 短期各項生產要素之需求彈性

年 別	勞動－燃料	燃料－勞動	勞動－勞動	燃料－燃料
1961-73	0.4757 (0.0082)	0.1610 (0.0443)	-0.4757(0.0082)	-0.1610(0.0443)
1974-84	0.3362 (0.0670)	0.0503 (0.0181)	-0.3362(0.0670)	-0.0503(0.0181)
1985-95	0.4773 (0.0079)	0.1933 (0.0385)	-0.4773(0.0079)	-0.1933(0.0385)
1961-95	0.4324 (0.0755)	0.1364 (0.0698)	-0.4324(0.0755)	-0.1364(0.0698)

註：括號內數字為標準誤

再由表 7 來看要素的需求彈性，勞動與燃料的交叉需求彈性平均約為 0.43。此乃表示當燃料價格上漲時，勞動與燃料的替代性使得台電多用勞動以代替燃料的使用。而燃料的自身需求彈性較小（平均約為 -0.14），表示燃料價格上漲時，減少燃料使用的調整彈性較低。當勞動價格上漲時，雖也可多用燃料替代勞動，但其值卻較低（平均約為 0.14）。可能原因是直接減少勞動的雇用，因勞動的自身需求彈性（平均約為 -0.43）絕對值比 0.14 大。²⁹

三、不同發電方式及能源危機對台電成本結構之影響

由表 2 之估計結果，經過式 (13) 之計算可得出表 8 之火電發電資本支出比例 (R_1) 及核能發電資本支出比例 (R_2) 對成本的彈性值。此彈性值大小可以說明台電發電方式改變對成本的影響效果。當投資於火力發電所使用的資本支出比例上升 1% 時（即隱含核能發電資本支出比例不變及水力發電資本支出比例下降），台電之變動成本平均約增加了 0.32%；而投資於核能發電之資本支出比例上升 1% 時（即隱含火力發電資本支出比例不變及水力發電資本支出比例下降），台電之變動成本約只增加了 0.002%。顯示多投資於火力發電廠設備並同時減少投資水力發電設備時，所需增加的變動成本較大。而變動成本中又以燃料支出為主，亦即火力發電需較昂貴的燃料成本與之配合，而水力發電則不需燃料支出。反之，核能電廠之資本支出增加時，對台電之變動成本的影響非常小，換言之，其所需要的燃料費用不大。此結果與我們於第二節所討論的預期情形相符。當然在此，我們並未將核能發電所需的額外成本（如環保支出及風險成本）納入變動成本中，否則結果可能將有不同。

本文於模型中以時間趨勢變數 ($T=0,1,2$) 來區分樣本期間為三個時期，以反映台電於過去三十五年來所處之外在環境，因能源危機發生而有之重大改變。而由變數 T 之係數估計值，可以看出兩次能源危機對台電生產

29. 梁啓源 (1987a) 之研究假設技術水準為時間的函數，且生產函數屬固定規模報酬下，以 Translog 總成本函數估計台灣電力業於 1971，1976，及 1981 年之需求彈性。因其所使用之模型與本文使用之 Translog 變動成本函數相當不同，故不宜將兩者之需求彈性值加以比較。

成本的衝擊程度。表 2 的係數估計值 (β_T) 為 0.0453，此乃表示在其他條件不變下，台電平均每一時期之變動成本約上漲 4.5% 左右。

表 8 火力及核能發電資本支出比例之成本彈性推估值

年 別	火 力	核 能
1961-73	0.4556 (0.0588)	0.0047 (0.0013)
1974-84	0.4554 (0.0372)	0.0046 (0.0008)
1985-95	-0.0163 (0.1390)	-0.0050 (0.0033)
1961-95	0.3167 (0.2316)	0.0016 (0.0049)

註：括號內數字為標準誤

伍、結論與建議

本文主要探討 1961 至 1995 年間台灣電力事業（即台電公司）之成本結構的變化情形。由實證結果可得到下面幾點結論：

第一，估計結果顯示短期台電不具有密度經濟。亦即在要素價格、資本設備量及用戶數固定不變下，產出若繼續增加會使其平均成本上升。並且，此種密度不經濟現象隨時間演變愈來愈明顯。經由模擬分析，台電之長期生產僅微具有密度經濟，過去三十五年間約維持在 1.032 至 1.037 左右。由這些密度經濟值之改變，可以看出台電已逐漸喪失其自然獨占性。

第二，當網路和產出對成本的影響一併考慮時，台電是具有短期規模經濟的現象，但已隨時間而愈見消失。然而，在長期最適投資量下，台電維持著更大之規模經濟優勢，其長期規模經濟值由 1961 年之 1.55 逐年遞增至 1982 年之 1.86，再逐年遞減至 1995 年之 1.65。因之短期內即使實行部份開放政策一般民間公司並不易建立龐大的全國性用戶網路與台電競爭，僅能提供地區性小規模之服務。從台電過去三十五年來規模經濟的改變，可以看出其仍具有相當之自然獨占性，但此特性已呈逐年減弱趨勢。

第三，由實際的資本使用量和模擬出的長期最適資本量來比較，發現台電有明顯的投資不足現象。表示台電以過少的投資設備生產過多的電量

，使得其成本結構處於密度不經濟階段。

本文的研究受限於實際資料的收集，仍有一些問題無法進一步探討，綜合本文的限制及未來可進一步研究的方向為：

第一，本文的變動及總成本僅包括了台電之營運成本。事實上，核能及火力發電尚會產生環境成本及外部性、安全性所引發的社會成本等，本文皆未納入成本模型中。因此，本文結果雖發現台電之生產具有規模經濟，但若加入這些成本後，結果可能不同。

第二，本研究係以年資料作為觀察值，而電力的使用情況常因季節及時間的不同而有很大的變化，因此本文研究無法分別顯示尖、離峰時刻成本結構的變化。台電之密度不經濟現象，或可說是在現有技術水準下過度發電的結果，但往往是在夏季尖峰時較可能發生。

第三，本文雖得到投資不足的結果，但因未將水力、火力及核能電廠分開考慮，因此無法得出宜擴建何種電廠的結論。尤其是核能電廠需耗用較多的外部成本，其建廠之真正經濟成本勢必比其他發電方式大，須進一步審慎評估各種發電的可能方案，才能決定最適投資方式。

參考文獻

一、中文部份

台灣電力公司

1994 《電力事業經營現況與展望》。

周媛姿

1989 <台電公司的訂價方法與資源配置的實證分析>，逢甲大學經濟學研究所碩士論文。

梁啓源

1985 <油、電價格變動對台灣未來經濟成長之影響>，《台灣經濟預測》，16(2)，頁43-88。

梁啓源

- 1987a <台灣產業能源需求研究>，《台灣銀行季刊》，38(3)，頁34-116。

梁啓源

- 1987b 《台灣能源經濟模型之研究》，中研院經濟研究所，現代經濟探討叢書。

許志義、陳澤義

- 1993 <電力經濟學>，《華泰書局》，3版。

曾增材

- 1983 <最低成本與規模經濟－台灣火力發電廠實證研究>，中興大學經濟學研究所碩士論文。

二、英文部份

Brown, R.S. and L.R. Christensen

- 1981 “Estimating Elasticities of Substitution in a Model of Partial Static Equilibrium: An Application to U.S. Agriculture, 1947 to 1974,” in E.R. Berndt and B.C. Field, eds., *Modeling and Measuring Natural Resource Substitution*, Cambridge: MIT Press, 209-229.

Callan, S.J.

- 1988 “Productivity, Scale Economies and Technical Change: Reconsidered,” *Southern Economic Journal*, 54, 715-724.
- 1991 “The Sensitivity of Productivity Growth Measures to Alternative Structural and Behavioral Assumptions: An Application to Electric Utilities, 1951-1984,” *Journal of Business and Economic Statistics*, 9, 207-213.

Caves, D.W., L.R. Christensen and M.W. Tretheway

- 1984 "Economies of Density Versus Economies of Scale: Why Trunk and Local Service Airline Costs Differ," *Rand Journal of Economics*, 15, 471-489.

Caves, D.W., L.R. Christensen, M.W. Tretheway and R.J. Windle

- 1985 "Network Effects and the Measurement of Returns to Scale and Density for U.S. Railroads," in *Analytical Studies in Transport Economics*, edited by Daughety, A.F., Cambridge: Cambridge University Press: 97-120.

Caves, D.W., L.R. Christensen and J.A. Swanson

- 1981 "Productivity Growth, Scale Economies and Capacity Utilization in U.S. Railroads, 1955-1974," *American Economic Review*, 71, 994-1002.

Christensen, L.R. and W.H. Greene

- 1976 "Economies of Scale in U.S. Electric Power Generation," *Journal of Political Economy*, 84, 655-676.

Christensen, L.R., D.W. Jorgenson and L.J. Lau

- 1973 "Transcendental Logarithmic Production Frontier," *Review of Economics and Statistics*, 28-45.

Daly, M.J. and S.P. Rao

- 1985 "Productivity, Scale Economies and Technical Change in Ontario Hydro," *Southern Economic Journal*, July, 167-180.

Dhrymes, P.J. and M. Kurz

- 1964 "Technology and Scale in Electricity Generation," *Econometrica*, July, 287-315.

Hall R. E. and D. W. Jorgenson

- 1967 "Tax Policy and Investment Behavior," *American Economic Review*, 57(3), 391-414.

Hsu, G. J., and T. Y. Chen

- 1990 "An Empirical Test of An Electric Utility Under An Allowable Rate of Return," *Energy Journal*, 11, 75-90.

Jorgenson, D. W. and B. M. Fraumeni

- 1981 "Relative Prices and Technical Change," in *Modeling and Measuring Natural Resource Substitution*, eds. by E. R. Berndt and B. C. Field, 17-47, M.I.T. Press.

Komiya, R.

- 1962 "Technological Progress and the Production Function in the United States Steam Power Industry," *Review of Economics and Statistics*, May, 156-166.

Krautmann, A.C. and J. L. Solow

- 1988 "Economies of Scale in Nuclear Power Generation," *Southern Economic Journal*, 55, 70-85.

Nelson, R.A.

- 1985 "Returns to Scale from Variable and Total Cost Functions: Evidence from the Electric Power Industry," *Economics Letters*, 18, 271-276.

Nelson, R.A.

- 1986 "Capital Vintage, Time Trends and Technical Change in the Electric Power Industry," *Southern Economic Journal*, Oct, 315-332.

Nelson, R.A. and M.E. Wohar

- 1983 "Regulation, Scale Economies and Productivity in Steam-Electric Generation," *International Economic Review*, 24, 57-79.

Nemoto, T., Yasuo Nakanishi and Seishi Madono

- 1993 "Scale Economies and Over-Capitalization in Japanese Electric Utilities," *International Economic Review*, 34, 431-440.

Nerlove, M.

- 1963 "Returns to Scale in Electricity Supply," in *Measurement in Economics*, edited by Christ, C.F., Stanford University Press, 167-192.

Oniki, H., T. H. Oum, R. Stevenson and Y. Zhang

- 1994 "The Productivity Effects of the Liberalization of Japanese Telecommunication Policy," *Journal of Productivity Analysis*, 5, 63-79.

Rushdi, A. A.

- 1991 "Economies of Scale and Factor Substitution in Electricity Supply Industry," *Energy Economics*, 13, 219-229.

Salvanes, K.G. and S. Tjotta

- 1994 "Productivity Differences in Multiple Output Industries: An Empirical Application to Electricity Distribution," *Journal of Productivity Analysis*, 5, 23-43.

附錄(一)

表 1A 電力產業相關文獻回顧表

作 者	Nerlove	Christensen & Greene	Wohar & Nelson
年 代	1963	1976	1983
研究對象	美國汽力發電公司	美國汽力發電公司	美國汽力發電公司
資料型態	橫斷面資料	橫斷面資料	橫斷面及時間序列資料
樣本選取	1955 年 145 家發電公司	1955 年 145 家發電公司 1970 年 114 家發電公司 1955 年 124 家發電公司	1950-1978 年 50 家發電公司
投入要素	勞動、燃料、資本	勞動、燃料、資本	勞動、燃料、資本
產 出	發電量	發電量	發電量
函數型式	Cobb-Douglas 成本函數	translog 長期成本函數	translog 長期成本函數
自 變 數	要素價格、產出	要素價格、產出	要素價格、產出、時間、法定報酬率
應 變 數	總成本	總成本	總成本
分析要點	規模經濟、要素替代性	模型檢定、替代彈性檢定、規模經濟	生產力成長、模型檢定、替代彈性、規模經濟

資料來源：本研究整理

表 1A (續) 電力產業相關文獻回顧表

作 者	Daly & Rao	Nelson	
年 代	1985	1985	
研究對象	加拿大安大略電力公司	美國汽力發電公司	
資料型態	時間序列資料	橫斷面及時間序列資料	
樣本選取	1957-1980 年 1 家電力公司	1971-1978 年 22 家發電公司	
投入要素	勞動、燃料、資本、中間物料	勞動、燃料、資本 勞動、燃料、資本	
產 出	售電量	發電量	
函數型式	translog 長期成本函數	translog 長期成本函數	translog 短期成本函數
自 變 數	要素價格、產出、容量使用率、時間	要素價格產出、時間	變動要素價格、資本(裝置容量)、產出、時間
應 變 數	總成本	總成本	變動成本
分析要點	替代彈性、規模經濟、容量使規模經濟、超額容量 (excess capacity) 用率對規模和成本的效 homotheticity 檢定、生產力成長、技術進步		

資料來源：本研究整理

表 1A (續) 電力產業相關文獻回顧表

作者	Callan		Krautmann & Solow	Callan	
年代	1988		1988	1991	
研究對象	美國燃煤發電公司		美國核能發電廠	美國汽力發電公司	
樣本選取	1951-1978 年 35 家發電公司		1976-1978 年 43 家發電公司	1951-1984 年 35 家發電公司	
投入要素	勞動、燃料、資本		勞動、燃料、資本	勞動、燃料、資本	
產出	發電量		預期發電量	發電量	
函數型式	translog 長期成本函數	translog 短期成本函數	translog 短期成本函數	translog 長期成本函數	translog 短期成本函數
自變數	要素價格產出、時間、容量使用率	變動要素價格、產出、時間、資本	變動要素價格、產出、資本、使用年限	要素價格產出、時間	變動要素價格、產出、資本、時間
應變數	總成本	變動成本	變動成本	總成本	變動成本
分析要點	生產力成長、規模經濟、技術進步		規模經濟、要素替代性	生產力成長	

資料來源：本研究整理

表 1A (續) 電力產業相關文獻回顧表

作者	Rushdi	Nemoto、Nakanishi & Madono	Salvanes & Tjotta
年代	1991	1993	1994
研究對象	Electricity Trust of South Australia	日本電力產業	挪威配電業
資料型態	時間序列資料	橫斷面及時間序列資料	橫斷面資料
樣本選取	1950-1984 年 1 家電力公司	1981-1985 年 9 家電力公司	1988 年 100 多家配電公司
投入要素	勞動、燃料、資本	勞動、燃料、資本	勞動、資本、購買的電力
產出	發電量(售電量)	售電量	配電量(售電量)
函數型式	translog 長期成本函數	translog 短期成本函數	translog 短期成本函數
自變數	要素價格、產出、負載因素	變動要素價格、產出、資本、時間、區域虛擬變數	勞動價格、購買電力之價
應變數	總成本	變動成本	變動成本
分析要點	規模經濟、替代彈性、負載因素對成本的影響	規模經濟、過度投資	規模經濟、密度經濟

資料來源：本研究整理

表 1A (續) 電力產業相關文獻回顧表

作 者	曾增材	梁啓源	Hsu & Chen
年 代	1983	1987a	1990
研究對象	台電火力發電廠	台灣電力業	台灣電力公司
資料型態	橫斷面及時間序列資料	時間序列資料	時間序列資料
樣本選取	1974-1981 年 1 家電力公司數個汽力發電機組	1961-1981 年 1 家電力公司	1956-1984 年 1 家電力公司
投入要素	勞動、燃料、資本	勞動、燃料、資本、中間物料	勞動、燃料、資本
產 出	發電量	發電量	發電量
函數型式	translog 短期成本函數	translog 長期成本函數	Translog 生產函數
自 變 數	變動要素價格、產出、資本	要素價格、產出、時間	要素使用量，時間及能本源危機虛擬變數
應 變 數	變動成本	總成本	發電量
分析要點	規模經濟、最低成本	要素替代性	Averch-Jonhson 效果

資料來源：本研究整理

附錄(二)

依據 Berndt (1984)，證明 $\beta_{KK} + SCK(SCK - 1) > 0$ 如下：

因

$$\beta_{KK} = \partial^2 \ln VC / \partial \ln K^2, SCK = \partial \ln VC / \partial \ln K = (\partial VC / \partial K)(K/VC), \quad (A1)$$

且令

$$C_K = \partial VC / \partial K = SCK(VC/K), C_{KK} = \partial^2 VC / \partial K^2 = C_K / \partial K, \quad (A2)$$

則

$$\ln C_K = \ln SCK + \ln VC - \ln K. \quad (A3)$$

對 (A3) 式微分得

$$\partial \ln C_K / \partial \ln K = \partial \ln SCK / \partial \ln K + \partial \ln VC / \partial \ln K - 1. \quad (A4)$$

(A4) 式之兩邊同乘 C_K/K ，則得

$$(\partial \ln C_K / \partial \ln K)(C_K/K) = (\partial \ln SCK / \partial \ln K + SCK - 1) \quad (A5)$$

(A5) 式經整理，得

$$\partial C_K / \partial K = (\partial \ln SCK / \ln K + SCK - 1)SCK(VC/K^2). \quad (A6)$$

而

$$\begin{aligned} C_{KK} &= [\partial SCK / \ln K + SCK(SCK - 1)]VC/K^2 \\ &= [\partial^2 \ln VC / \partial \ln K^2 + SCK(SCK - 1)]VC/K^2 \\ &= [\beta_{KK} + SCK(SCK - 1)]VC/K^2 \end{aligned}$$

根據正規條件，資本之邊際生產力為正且滿足報酬率遞減定理，則 $SCK < 0$ 且 $C_{KK} > 0$ 。所以， $\beta_{KK} + SCK(SCK - 1) > 0$ 得證。

附錄(三)

表 2A 台電歷年長短期密度經濟及規模經濟值

年代	短期密度經濟	短期規模經濟	長期密度經濟	長期規模經濟
1961	1.0294	1.5247	1.0368	1.5487
1962	1.0178	1.4897	1.0367	1.5728
1963	1.0042	1.4357	1.0367	1.5876
1964	0.9894	1.3813	1.0366	1.6064
1965	0.9864	1.3804	1.0366	1.6244
1966	0.9849	1.3881	1.0366	1.6444
1967	0.9862	1.4137	1.0366	1.6666
1968	0.9803	1.3981	1.0366	1.6865
1969	0.9685	1.3589	1.0366	1.7096
1970	0.9601	1.3400	1.0365	1.7342
1971	0.9607	1.3591	1.0365	1.7552
1972	0.9452	1.3031	1.0365	1.7858
1973	0.9436	1.3062	1.0363	1.7851
1974	0.9496	1.3345	1.0361	1.7504
1975	0.9608	1.3939	1.0363	1.7832
1976	0.9492	1.3476	1.0362	1.7916
1977	0.9368	1.3005	1.0362	1.8083
1978	0.9260	1.2754	1.0360	1.8339
1979	0.9242	1.2838	1.0358	1.8275
1980	0.9281	1.3063	1.0357	1.8123
1981	0.9336	1.3422	1.0358	1.8469
1982	0.9342	1.3711	1.0356	1.8623
1983	0.9318	1.3778	1.0353	1.8456
1984	0.9267	1.3584	1.0353	1.8518
1985	0.9084	1.3036	1.0346	1.8044
1986	0.8963	1.2551	1.0345	1.8067
1987	0.8823	1.2076	1.0341	1.7808
1988	0.8714	1.1710	1.0340	1.7769
1989	0.8622	1.1479	1.0336	1.7531
1990	0.8597	1.1515	1.0332	1.7160
1991	0.8589	1.1512	1.0332	1.7194
1992	0.8553	1.1440	1.0330	1.7137
1993	0.8466	1.1237	1.0325	1.6664
1994	0.8449	1.1200	1.0325	1.6714
1995	0.8386	1.1048	1.0322	1.6461

Economies of Scale and Density for the Taiwan Power Company

Show-Ling Jang , Hui-Wen Niu , Shaw-Er Wang

Department of Economics, National Taiwan University,
Department of Economics, National Taiwan University,
Institute of Transportation Management, National Cheng Kung University

ABSTRACT

This paper presents empirical evidence on short-run and long-run scale economies and density economies in Taiwan Power Co. for 1961-1995. We employ the short-run equilibrium model, in which the translog variable cost function treats capital stock as a quasi-fixed factor, and number of customers as a network variable, to analyze its short-run production behavior. We further apply the simulation method to estimate the long-run optimal value of capital stock.