

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

輸電網路最佳供需模式之一研究：以台灣輸電網路為例
A Study of Electricity Transmission Network Optimization Model for
Supply and Demand—The Case of Taiwan Electricity Transmission
Network

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 96-2416-H-343-003-
執行期間：96年07月01日至97年06月30日

計畫主持人：陳 焱 勝
共同主持人：
計畫參與人員：

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、
列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：南 華 大 學

中 華 民 國 97 年 07 月 18 日

目 錄

- 一、 報告封面
- 二、 中、英文摘要及關鍵詞(keywords)
- 三、 報告內容
 - (一) 前言
 - (二) 研究目的
 - (三) 文獻探討
 - (四) 研究方法
 - (五) 結果與討論 (含結論與建議)
- 四、 計畫成果自評

研究主題:

輸電網路最佳供需模式之一研究：以台灣輸電網路為例

A Study of Electricity Transmission Network Optimization Model for Supply and Demand—The Case of Taiwan Electricity Transmission Network

二、中英文摘要：

電力是經濟發展的原動力，充裕的電力維繫國計民生；電力因具有無法儲存須即產即銷，供需會隨時變動須維持瞬時平衡之特性，且電力之產銷過程為一極龐大、複雜的系統，資產及影響均大，政府均予管制。電業自由化後，電業分業經營，輸電系統除負責電力輸送外，尚需負責負載預測、載流量規劃、電力調度、網路資訊、排程、電價管制、用戶購電選擇權、自用發電設備代輸、電力系統可靠度與安全之及時控管，因此須成立一獨立、公正之專責機構來控管，才能達到安全、公平、公開及經濟等原則之穩定供電；並建立一個具有公平性、調適性、多元性、前瞻性之電力市場，以符合社會環境之需要。

電業自由化之目的，在於藉由市場競爭之引進，加速產業技術之創新及投資效益之提高；台灣之電力系統隨著電業自由化、民營化之風潮，政府正大力修改電業法，積極開放電力事業；而輸電網路扮演發電廠與用戶間之橋樑角色，在新的電力市場架構中，輸電網路除負責電力輸送外，尚需負電力調度與電力交易等安全之及時控管；本研究首就先進國家推行電業自由化之概況與問題，以及電價訂價理論，做深入探討，再依台灣地區電業之現況、問題做一剖析，最後依據學理與實際現狀，構建輸電網路之定位及職能，並從經濟學消費者剩餘理論之價量關係，以最佳化理論構建輸電網路之最佳供需模式，俾利未來台灣電力市場之運作。

關鍵字：自由化；輸電網路；消費者剩餘；獨立發電業；可靠度

Abstract

Electricity is the motive power of economic development. An abundant power maintains the national welfare and people's livelihood. Electricity cannot be stored yet we need to be able to balance supply and demand instantly. The electricity industry is an enormous and complicated business, which is very capital intensive and has a huge impact on the economy, so it should be government regulated. After the liberalization of electricity industry, it can be functionally divided to operate. The power transmission system is responsible for power transmission, power loading forecasting, carrier flow planning, power

dispatching, schedule arranging, network information, power price regulating, providing options for consumer purchase, power transmitting from private generation, maintaining reliability of the electricity system and regulating safety and timing. Therefore, it is necessary to establish an independent and fair institution in order to achieve a stable power transmission combining safety, equity, openness and economy.

The purpose of the liberalization of the electricity industry is to enhance the innovation of industry technology and to effect investment via introducing market competition. According to the trend of electricity liberalization and privatization, Taiwan's government has started to modify the Electricity Act and to open up the operation of the electricity business. In the new framework of the electricity market, a transmission grid is not only responsible for the bridge between power generation and consumption but also for power dispatching and monitoring control of power trading with timing. This research presents the status of electricity liberalization in developed nations and theories of electricity pricing, then describes the status of Taiwan's electricity environment and structure. Thus, we introduce an optimization model from a transmission grid perspective according to the economic theory of consumer and producer's surplus.

Keyword: Liberalization; Electricity Transmission Network; Consumer's Surplus; Independent Power Generation Industry; Reliability.

三、報告內容

(一)前言:

電力是經濟發展、社會進步之主要動力，從世界各國能源使用率，電力均占 40% 以上，得以印證。台灣為獨立島國，天然能源缺乏，電力更是國計民生之命脈。電力事業之經營依產銷過程可區分為發電業、輸電業、配電業三種。輸電係指從發電廠所產生的電力，經由不同層級的輸電網路，送到用戶端的用電設備。猶如人體血液從心臟經由大動脈、支動脈、微血管，輸送到全身各部位的器官、組織和細胞；故輸電網路扮演發電廠與用戶間之通路角色，其重要性不言可喻。台灣電力市場向由國營台灣電力公司以垂直整合方式獨占經營（即發、輸、配三者合一）；1980 年代末，因應用電需求持續成長，而電源開發不敷需求，遂有開放民間申設發電廠（稱為獨立發電業），電力售予台電公司統一輸送、銷售。隨著科技之進步與資訊之發達，使市場經營型態驟變，全球化市場競爭與產業結構變革風潮襲捲全球。產業自由化旨在引進市場競爭、提高經營效率，台灣經濟依賴國際貿易甚高，隨著產業自由化及公營事業民營化風潮之影響，政府大力推動電業法之修正，積極開放電力事業，使台灣電力市場正面臨嚴重的衝擊。

電力產業與國家整體經濟發展息息相關，對於電力市場未來發展方向與方式之規劃，需以謀取全民利益為首要。台灣地區缺乏自產能源，因應國內經濟情勢變遷及產業結構變動，亟需制定能源配比政策，達到發電燃料多元，降低電力系統運作風險之能源政策目標；並考量負載需求、環境保護、供電安全及經濟因素，以符合國內電業實際需要。在新的電力市場架構中，輸電網路除負責電力輸送外，尚需負責負載預測、載流量規劃、電力調度、電力排程、電價管制、用戶購電選擇權、自用發電設備代輸、電力系統可靠度與安全之及時控管，輸電網路之電力管制將扮演一個樞紐角色，因此，須有健全的網路和有效管理，才能達到電力供需市場安全、公平、公開及電力產品使用效率最大化等原則。

電業分業經營後，發電業與配電業因具獨立性及產銷營利性質，可予開放私人經營，以促進市場競爭；但發電市場開放後，各電力供需間之互聯、電力代輸、成本計價等均待研訂機制。而輸電業因需建立一個足可維持持續供電之完整輸電網路，且其具有規模經濟與天然獨占性，被視為區域性之獨立公共網路；鑑於確保供電穩定及公平、有效運用，不宜將所有電力相關功能皆開放私人經營。綜觀世界先進國家電業變革後之電力市場架構與營運，因地理環境與人文之迥異，仍有許多問題待研解。依據審議中之電業自由化方案，未來台灣電力市場將形成發電競爭、輸電獨立、配電管制之經營型態。台灣的電業法修正案研議了 10 餘年，目前尚在立法院審議中，未來電力市場的架構與營運機制尚未定案，時值電業變革，電力市場營運機制待研訂之時，冀望本文試從理論面、實務面，研提最適管理模式，以達電業改革之預期目標。

(二)研究目的

電力因具有無法儲存須即產即銷、需求隨時變化須維持瞬時平衡之特性，又電力之生產與銷售為一個極龐大且相當複雜之產銷系統，為了便於管理，將其區分為發電、輸電及配電三個主要部門。發電部門係指各個利用不同原料發電之發電廠，發電部門之各發電廠可各自獨立生產電力；配電部門係指各種用電區域之用戶配電線路及服務，配電部門可分地區各自負責該地區之電力銷售業務，電業解制後，通常可將此兩部門開放競爭。而電力由"發電地"傳送到"用電地"，需經由許多線路與變電所組合成一完整的輸電網路來負責傳輸；一般而言，輸電部門因需負責長距離電力輸送及維持電力供需之瞬時平衡，其特殊性與重要性，常被定義為公用網路，由一公正專責機構來操控，以公平運作與確保供電穩定。

從電力之生產與使用另一特性，即不同原料之發電必須生產出同質的電力才能在系統流通；故從管理的觀點，電力之供需具有供給函數相同和因不同性質之使用產生不同貢獻之特性。此外，電力之經營被認為具有公用性高、產銷一致性高、規模經濟性高、系統運轉技術性高等特質。因此，在電力供需系統中，發電部門之各發電廠為了有效運用其所投資之發電設備，必期能充分發電，以獲取最大收益；配電部門為了達到用戶對電力品質與價格之需求，期能以質優價廉之電力，來提高用電戶之使用意願。而輸電網路為發電部門與配電部門間之輸送媒介，須負責電力傳輸與發電能量與用電需求量之調節，並擔負電力傳輸過程中之必要成本與電力耗損。輸電網路工程品質、可靠度及輸電費用之決定，是整個電力供需電量、成本結構及電價之重要因素。

由上述可知，輸電網路在整個電力系統中佔有極重要的地位，輸電電價亦為整體電價之關鍵因素；本研究以輸電網路為研究主體，研究目的在於依循電業自由化之精神，就電力市場正常、公平運作之機制做深入探討，以發電市場、配電市場及輸電網路之供需關係，利用消費者剩餘與生產者剩餘加總最大化為基礎，建構輸電網路最佳化模式，分析輸電部門購電價、購電量及售電價、售電量之關係，並針對模式中各決策變數與最佳解進行敏感度分析。而所建構之模型對公用傳輸之工具，如鐵路、高速公路、長途無線通信等亦可延伸運用。

研究目的有：

- 1、 將不同的電價訂價法予以說明、分析、比較。
- 2、 各先進國家電業自由化後，輸電業經營管理方式之描述、比較。
- 3、 依台灣電力市場之特性，構建自由化後輸電系統之定位與任務。
- 4、 首創以經濟學之消費者剩餘理論與電力之供需特性，構建輸電網路之最佳供需模式。
- 5、 以整體社會最大福祉之訂價模式，可延伸至其他類似公共傳輸工具之訂價問題。

(三)文獻探討

針對本研究所論輸電網路最佳供需模式有關之電力市場制度、電業自由化、電價模型、消費者剩餘理論等相關文獻進行回顧。

1 國際電業制度之變革

各國電業自由化運作方式之比較

	英國	美國	澳洲	日本	台灣
電業結構	發、輸、配電 完全分割	發、輸、配電 高度垂直整合，開放代輸政策	發、輸、配電 分離	發、輸、配電 高度垂直整合，開放躉售代輸	發、輸、配電 高度垂直整合，開放 IPP 申設
經營型態	核能為公營，發電、輸電業及配電業開放競爭，代輸制度則有強制性電力池	民營管制，發電、輸電開放競爭，各洲實行自願性電力池	發、輸、配電廠完全開放競爭，代輸制度則有電力池	大多數為民營，亦有公營	公營，發電業開放民間申設，火力 IPP 及風力發電後，加入輸電系統
用戶權益保障	配電業有供電責任及義務、對用戶停電定有詳盡補償辦法	配電業有供電責任及義務	配電業有供電責任及義務	配電業有供電責任及義務	配電業有供電義務、對用戶停電定有補償辦法、用戶選擇權
自由化程度	完全自由化	完全自由化	完全自由化	有限度自由化	邁向自由化

2 電價模型

公用事業合理費率的訂定原則有三：(1) 公用事業應有適當的收入及合理的報酬，(2) 成本必須合理分攤給消費者，(3) 須促使資源有效利用。

一般電價模型有：(1) 最大利潤訂價法 (Maximum Profit Pricing)，(2) 邊際成本訂價法 (Marginal Cost Pricing)，(3) 平均成本訂價法 (Average Cost Pricing)，(4) 次佳訂價法 (Second Best Pricing)，(5) 依時間區分之需求假定，(6) 隨機性需求區分之需求假定，(7) 固定規模報酬之供給假定，(8) 遞增規模報酬之供給假定，(9) 遞減規模報酬之供給假定，(10) Williamson 尖峰電價模型，(11) Wenders 尖峰電價模型

(四)研究方法

1、文獻探討法：

蒐集英、美、日等先進國家電業自由化之現況，輸電網路運作方式之經驗，以先進國家施行之成效、得失做描述，釐清電業自由化對輸電網路之影響，再就台灣輸電網路之特性與存在之問題，提出輸電網路定位與功能之最適化，構建提高營運效率、確保供電可靠之機制。

2、數學解析法

利用經濟學消費者剩餘理論與最佳化理論，研擬輸電網路之最佳電力供需模式，以求整體社會福利最大化與供電穩定之輸電機制。

(五)研究結果與討論：

輸電網路為獨立之公用網路，維持國有化並設立一公正之專責管制機構來管理，其輸電成本包括：既有輸電網路資產重估後，所計算攤提成本、維護費用、設備汰換成本、利息支出，以及被要求每年須繳交國庫之盈餘等核算之數額。本模式是利用單位輸電使用費 y ，將發電市場之成本函數 C 、發電量 Q_y ，以及用電市場之需求函數 f 之間的關係，製作成以整體社會福利最大化為目標之數學模式：

$$\left\{ \begin{array}{l} \pi_2^* = \text{Max}_{0 \leq y \leq \bar{y}} \pi_2(Q_y) \\ = \text{Max}_{0 \leq Q_y \leq Q_0} w_1 \int_0^{Q_y} [f(Q) - f(Q_y)] dQ + w_2 \int_0^{Q_y} \left[f(Q_y) - C' \left(\frac{Q}{r} \right) - \frac{y}{r} \right] dQ \dots (5.5) \\ \text{限於 } Q_y \left[f(Q_y) - C' \left(\frac{Q_y}{r} \right) \right] \geq A \end{array} \right.$$

式中權重 w_1 ， w_2 皆非負之常數； r 為有效輸電率；
 A 為專責管制機構核計之輸電成本

因 $\frac{y}{r} = f(Q_y) - C' \left(\frac{Q_y}{r} \right)$ ，故(5.5)式可改寫成

$$\left\{ \begin{array}{l} \pi_2^* = \text{Max}_{0 \leq Q \leq Q_0} \pi_2(Q) \dots \dots \dots (5.6) \\ \text{限於 } \pi_1(Q) = Q \left[f(Q) - C' \left(\frac{Q}{r} \right) \right] \geq A \quad \text{其中，} \end{array} \right.$$

$$\begin{aligned} \pi_2(Q) &= w_1 \int_0^Q [f(x) - f(Q)] dx + w_2 \int_0^Q \left[f(Q) - C' \left(\frac{x}{r} \right) - \frac{y}{r} \right] dx \\ &= w_1 \int_0^Q [f(x) - f(Q)] dx + w_2 \int_0^Q \left[f(Q) - C' \left(\frac{x}{r} \right) - f(Q) + C' \left(\frac{Q}{r} \right) \right] dx \\ &= w_1 \int_0^Q [f(x) - f(Q)] dx + w_2 \int_0^Q \left[-C' \left(\frac{x}{r} \right) + C' \left(\frac{Q}{r} \right) \right] dx \end{aligned}$$

本模式之問題背景如下：

- 1、由於電力供需之特性及電業自由化後輸電網路任務之重要性，輸電網路必須成立一專責機構來執行電力輸送、安全調度、市場交易之控管。
- 2、輸電網路為一龐大、複雜之系統，具有自然獨占之排他性，台灣地區之輸電網

路具有獨立完整性及唯一性，且為國營事業所有，為期能達到安全、公平、公開、經濟之穩定供電，應維持國有化，以達最高效益。

- 3、而所構建之輸電網路最佳電力供需模式，不僅可達到發電者、輸電者、用電者之整體社會福利最大，此模式亦可應用於公用事業，如自來水、電信鐵路等公共網路之構建自由化訂價時之參考。

結論與建議

- (1)本文認為基於台灣電力事業之特殊環境考量，應將輸電網路維持國有化，並成立專責之輸電網路管制機構，負責電力傳輸、電力調度及訂定購、售電價之交易方式，以調節電力在不同時段供需之平衡與穩定。
- (2)本文將輸電網路之供需具體模型，以最佳化理論製作成可解之數學模式，透過模式可釐清價量對電力供需問題的因果關係。
- (3)本文模式中，將發電市場各發電廠之發電成本函數 C 簡化為一致，而用電市場不同性質用電差異的時段，可個別分析用電量大尖峰時段或用電較少之離峰時段之不同函數 f 表示之，如此可增進本研究具體成果。
- (4)本文突顯一般主張台電民營化論者未發現之盲點，指出台灣電力涉及供、輸、需三方面之問題，卻未論及供、需方面之問題。本文則以為輸電網路具有獨占性與唯一性，不適合自由化，且應有一公正專責管制機構來做供需兩方面之調度決策。若此管制機構存在，則發電市場及用電市場，不妨均予開放自由化。
- (5)本文認為台灣綜合電業之發電部門、配電部門的決策，無法獨立而產生公平競爭，所以，台灣的綜合電業不適合民營化，台灣現況之綜合電業民營化亦無法達到自由化的目的。總而言之，以台灣地區之環境因素及既有輸電網路之結構而言，基於公平、安全、經濟學之全民利益考量，輸電業不宜民營化。

四、計畫成果自評:

本研究以輸電網路為研究主體，所論電力最佳供需模式之價量關係，亦將影響發電業在規劃新建發電廠之選址決策及用電市場用電戶大量使用電力之時段，此對整體電力

市場之經濟性、效益性均有莫大貢獻。

從電業環境剖析與趨勢分析所做研究結論之主要成果：

1. 在電業經營型態變革中，輸電網路之定位與功能予以具體化，並研擬有效之管制機制，可增進供電可靠。
2. 以台灣電力市場之特性，確認輸電網路之任務（電力傳輸、電力調度、電力交易）及維持國有化，以確保供電穩定。
3. 以經濟學消費者剩餘理論及最佳化理論之價量關係，構建輸電網路之最佳供需模式，以求取整體社會福祉最大化。

本研究所構建之價量供需模式，亦可間接影響發電業在規劃新建發電廠之選址時，即考慮縮短與用電區域之距離，如 2.1 節所述，以及影響用電市場大量使用電力之時段，以達整體效率與經濟之效果。

產業自由化是趨勢，電業自由化是電力市場必走的途徑，電業分業經營是達成電業自由化的有效方式。雖然在其他條件下，自由市場所獲得的總體利益（消費者剩餘與生產者剩餘兩者加總）大於獨占或寡占市場所獲得之總體利益，但將電力市場全部開放民營，不一定保證能達成電力自由化市場；其主要原因有二：（1）電力供需之平衡，無法期待市場自由調節機能達成，仍需藉由輸電網路管制機構來調控；（2）健全而完整的輸電網路才能因應任何時段、任何情況下將各發電廠所產生之電力傳輸到各用電地區。由各國電業民營化發展及本研究所論可知，發電業與配電業因其在供需結構上可獨立經營，較適宜民營化；而輸電業因其在結構性質上之特殊性，若予民營化則無法確保安全、公平、經濟之供電穩定，亦無法達到社會福利最大化的目標。

可供推廣之研發成果資料表

 可申請專利 可技術移轉

日期：__年__月__日

國科會補助計畫	計畫名稱： 計畫主持人： 計畫編號： 學門領域：
技術/創作名稱	
發明人/創作人	
技術說明	中文： (100~500 字)
	英文：
可利用之產業 及 可開發之產品	
技術特點	
推廣及運用的價值	

※ 1.每項研發成果請填寫一式二份，一份隨成果報告送繳本會，一份送 貴單位研發成果推廣單位（如技術移轉中心）。

※ 2.本項研發成果若尚未申請專利，請勿揭露可申請專利之主要內容。

※ 3.本表若不敷使用，請自行影印使用。