

行政院及所屬各機關因公出國報告

(出國類別：考察)

考察「美國 UTA 能源系統研究中心及美國 ERCOT」 出國報告

服務機關：台灣電力公司

出國人員

姓名	職稱	單位	姓名代號	出國計劃
林求忠	主管電業發展	系統規劃處	064004	102 年度 出國計畫第 112 號

出國地區：美國

出國期間：102 年 7 月 24 日至 102 年 8 月 1 日

報告日期：102 年 9 月 25 日

目 錄

	頁次
致謝.....	IX
壹、出國緣由.....	1
本次訪問行程與機構.....	3
貳、考察「美國 UTA 能源系統研究中心及美國 ERCOT」紀要.....	5
第 1 章 美國德州概況.....	5
第 2 章 德州 ERCOT 系統發展史.....	9
第 3 章 德州 ERCOT 工作職掌.....	17
3.1 德州 ERCOT 系統簡介.....	17
3.2 ERCOT 主要任務.....	20
3.3 電源開發與電網及零售業.....	21
3.4 先進電錶及需量反應.....	21
3.5 ERCOT 董事會及利害關係人處理程序.....	22
3.6 德州公用事業委員會及州議會監管.....	22
3.7 德州 ERCOT 系統與台電比較.....	23
第 4 章 德州 ERCOT 電力市場.....	25
4.1 ERCOT 電力市場架構.....	25
4.2 ERCOT 區域市場.....	28
4.2.1 輸電壅塞權.....	29
4.2.2 輔助服務市場.....	30
4.2.3 替代備轉容量服務.....	31
4.2.4 即時電能市場.....	31
4.3 ERCOT 結點市場.....	32
4.3.1 壅塞營收權.....	33
4.3.2 日前市場.....	34
4.3.3 可靠度機組排程.....	35
4.3.4 調度期間.....	35
4.4 ERCOT 區域市場與結點市場之差異.....	37
第 5 章 電力代輸輸電費率.....	39
5.1 電力代輸之形態.....	39
5.1.1 定義.....	39
5.1.2 電力代輸可能發生之情況.....	39
5.2 費率計價方式.....	41

5.3 進出費	43
5.3.1 郵票法	43
5.3.2 百萬瓦哩法	44
5.4 輔助服務	45
5.5 壅塞費用	47
5.6 線路損失	47
5.7 電業報酬率	48
第 6 章 德州 ERCOT 電業自由化對台電之啟示	49
6.1 電力調度	50
6.2 電源開發及發電業	50
6.3 輸配電系統	51
6.4 售電業	52
6.5 重要機構之設立	53
6.6 因應對策	54
第 7 章 建議及結論	55
參考文獻	59

圖 1.1：美國及德州位置圖(資料來源： HTTP://WWW.INFOPLEASE.COM/STATES.HTML)	5
圖 1.2：德州主要城市(資料來源：HTTP://WWW.GOOGLE.COM.TW/MAPS)	6
圖 2.1：德州 ERCOT 管轄區域.....	9
圖 3.1：NERC 三大互聯網.....	17
圖 3.2：德州 ERCOT 輸電系統.....	18
圖 3.4：2012 年 ERCOT 電能及各發電燃料占比.....	19
圖 3.5：北美 ISOS 或 RTOS	20
圖 3.6：2012 年德州 ERCOT 系統與台電比較.....	23
圖 4.1：德州 ERCOT 電力市場架構.....	25
圖 4.2：QSE 合格排程業	26
圖 4.3：負載服務業	27
圖 4.4：電源業	28
圖 4.5：ERCOT 系統 4 個壅塞區域.....	29
圖 4.6：ERCOT 系統結點示意圖	33
表 6.1：電業自由化前後之比較.....	49

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：考察「美國 UTA 能源系統研究中心及美國 ERCOT」出國
報告

頁數 60 含附件 是 否

出國計畫主辦機關／聯絡人／電話：台灣電力公司／陳德隆／23667685

出國人員姓名／服務機關／單位／職稱／電話：

林求忠	台電公司	系統規劃處	主管電業發展	02-2366-7742
-----	------	-------	--------	--------------

出國類別： 1. 考察 2. 進修 3. 研究 4. 實習 5. 其他：開會

出國期間：102 年 7 月 24 日至 102 年 8 月 1 日 出國地區：美國

報告日期：102 年 9 月 25 日

分類號／目

關鍵詞：電業自由化，電力代輸，區域市場，結點市場，ERCOT。

內容摘要：

為積極配合國家自由化之既定政策，並因應此一重大變革，電力代輸已列為我國電業自由化輸電業重大工作項目之一。電力系統是工業發展命脈，維持電力系統之安全性與可靠度，穩定供應電力至屬重要，因此我國電業自由化政策，需兼顧自由競爭與充裕電力為目標。為維持電業永續發展，降低實施電業自由化之困難度，電業合理報酬率應屬必要。國外電力公司執行電業自由化多年，並累積相當經驗，整個體制已相當成熟。

美國德州 ERCOT(德州可靠度委員會)為一獨立電網，僅有少數幾條直流輸電線與外州及墨西哥聯網，情況和台電類似。他們的運轉經驗，對台電而言，更具參考價值。ERCOT 為美國第一個 ISO，自 1999 年 5 月解除零售電力市場管制，由於法規完善，電業有合理報酬率，循序漸進的在穩定中持續成長，無論在電力系統或競價市場之運轉模式均極為順暢。

此次與張處長共同拜訪 UTA 李偉仁教授及 ERCOT 黃舜賢博士，就德州電業自由化及輸電費率等相關議題充分討論，對 ERCOT 運轉模式做更深入了解。李教授及黃博士對本公司訪問期間之安排至為周詳，使本次考察極為圓滿成功。

致謝

本次訪問美國德州大學阿靈頓分校 (University of Texas at Arlington, UTA)能源系統研究中心(Energy Systems Research Center, ESRC) 受到李偉仁教授周詳安排，李教授亦兼任該中心主任。李教授特別介紹能源系統研究中心有關德州電業自由化之研究經驗及目前進行之電力系統研究計畫及能源研究領域。這次訪談亦討論到我國核能政策，本公司可考慮於每年離峰時期，實施短期之非核家園，展現本公司從事於非核家園及能源多元化之努力。李教授精闢之創意，本公司如能凝聚共識，考慮實施之可行性。

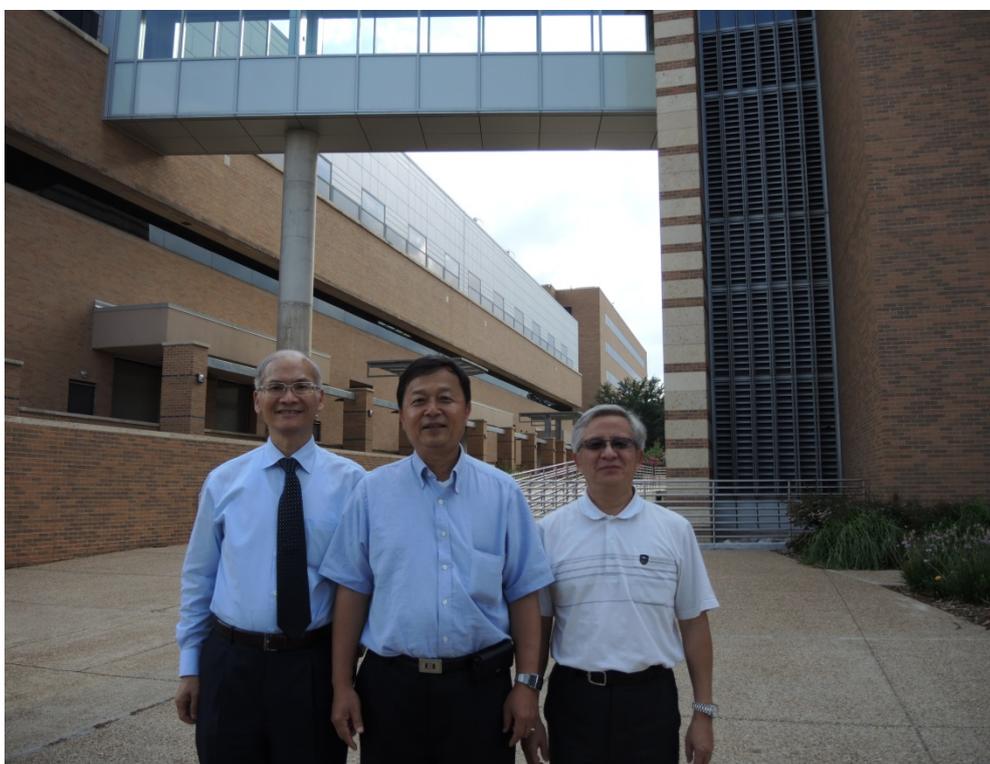
感謝美國德州可靠度委員會(Electric Reliability Council of Texas, ERCOT)黃舜賢博士安排，實地拜訪德州 ERCOT，黃博士特別介紹德州 ERCOT 電力，組織功能，電業自由化經驗，輸電計價方式，輸電投資報酬率．．．等，使此行非常圓滿成功。

另感謝本公司提供這次考察機會，得以實地瞭解美國德州 UTA ESRC 及 ERCOT 兩機構之運作情況，對本公司將來實施電業自由化及電力代輸業務之推展裨益甚大。

壹、出國緣由

電力代輸列為我國電業自由化輸電業重大工作項目之一，為積極配合國家自由化之既定政策，並因應此一重大變革，國外先進國家經驗可供參考，美國德州 UTA 能源系統研究中心，最早可追溯至 1968 年，為美國最大的電力系統研究中心之一。本公司與 UTA 合作多年，早期經常派員至該校研習電力系統課程，李教授亦經常提供許多寶貴經驗供本公司參考。該研究中心對德州實施電業自由化及電力代輸相關議題之經驗，可供本公司借鏡之處甚多。

另美國德州可靠度委員會(Electric Reliability Council of Texas, ERCOT) 掌管兩千三百萬用戶及德州 85%之負載，也是該地區之獨立系統調度機構 (Independent System Operator, ISO)。本公司之裝置容量及尖峰負載約為美國 ERCOT 管轄區域之一半且同為獨立系統，該州實施電業自由化及輸電費率計價方式之實務經驗值得本公司學習。



德州 UTA 李偉仁教授(中)與本公司考察團



德州 ERCOT 黃舜賢博士(左)與本公司考察團

本次訪問行程與機構

日期	訪問機構與地點	活動內容
102.7.24	台北－洛杉磯－達拉斯	往 程
102.7.25 102.7.26	實地訪問德州 UTA 能源系統研究中心	瞭解德州 UTA 能源系統研究中心電力代輸相關議題研究經驗
102.7.27 102.7.29	實地訪問德州 ERCOT	瞭解德州 ERCOT 實施電業自由化及輸電費率計價經驗
102.7.30 102.8.01	奧斯汀－洛杉磯－台北	返 程

貳、考察「美國 UTA 能源系統研究中心及美國 ERCOT」紀要

第 1 章 美國德州概況

本章概略介紹德州之歷史、人文地理、農漁業、礦產、能源、經濟、高科技及航太之發展等。

德州(Texas, TX)為全美 50 州之第二大州(阿拉斯加為美國最大之州)，美國本土大陸則是全美最大之州，其地理位置位於美國中南方，如圖 1.1。德州之西邊與新墨西哥州相臨，北邊為奧克拉荷馬州，東北邊為阿肯色州(柯林頓曾任該州州長及美國總統)，東邊為路易斯安那州(2005 年 8 月最高 5 級之卡崔娜颶風，曾在美國紐奧良造成嚴重破壞)，西南方與墨西哥交界。土地面積約 69.62 萬平方公里為台灣土地面積 3.62 萬平方公里之 19.23 倍，人口約 2,610 萬人為台灣 2,335 萬人之 1.12 倍，德州比法國大 10%，約為德國或日本之兩倍，該州可謂地廣人稀。



圖 1.1：美國及德州位置圖(資料來源: <http://www.infoplease.com/states.html>)

休斯頓(Houston)為德州最大之城市，也是全美第四大城，聖安東尼(San Antonio)則為該州第二大城，也是全美第七大城。達拉斯及華茲堡(Dallas-Fort Worth, DFW)及大休斯頓地區則可列入全美第四及第五大都會區，其它主要城市有厄爾巴索(El Paso)及奧斯汀(Austin)為州政府所在地，德州主要城市如圖 1.2。德州暱稱「單星州(Lone Star State)」表示前獨立共和國，也提醒後人德州曾脫離墨西哥而成為獨立的國家，德州(Texas)是由德州東北部的喀多族人(Caddo)之語言 Tejas 演化而來，是「朋友」的意思。

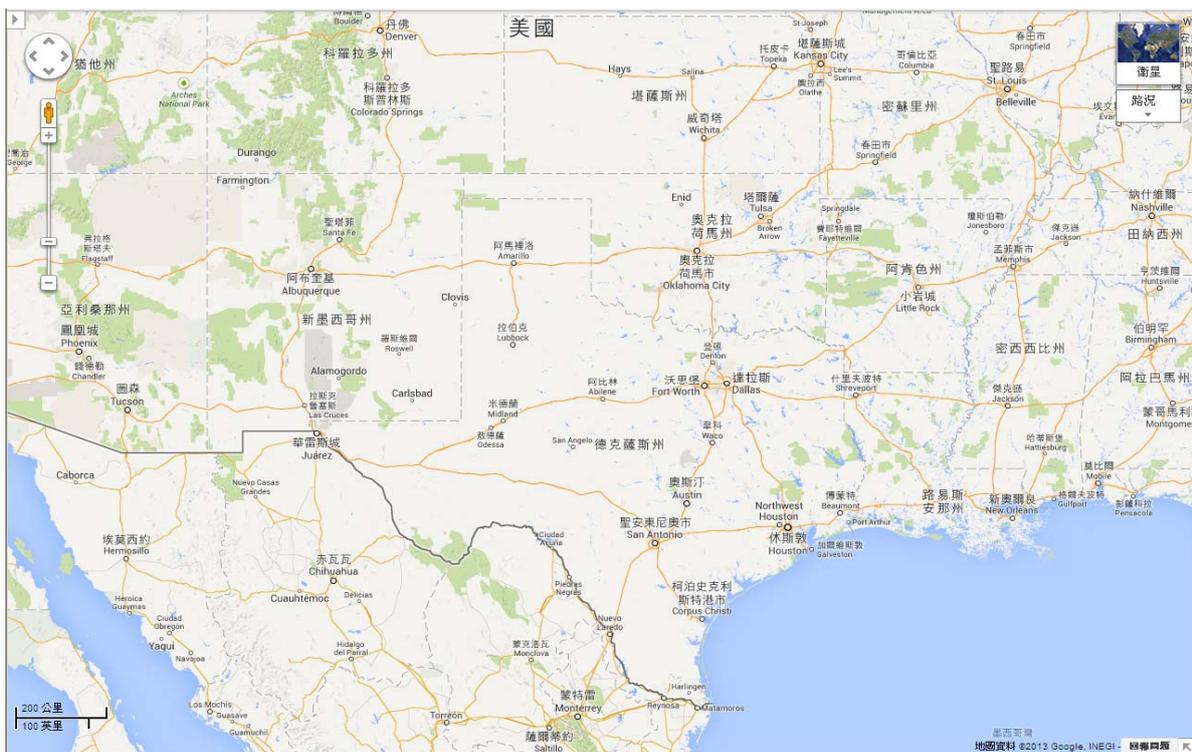


圖 1.2：德州主要城市(資料來源: <http://www.google.com.tw/maps>)

德州擁有全美最多之農場及最高之英畝數，德州在家畜之產量方面，在全美具有領先地位，牛是德州最有價值之農產品，綿羊及山羊亦在全美

居於領先地位，德州有最大之漁業工業，由於礦產資源豐富，德州在水泥，碎石混凝土，石灰，鹽巴，沙及碎石亦居於領先地位。

自從在德州南方 Beaumont 之 Spindletop 岩鹽油田發現石油之後，能源已是該州政治及經濟深具優勢之力量，依據能源資訊總署 (Energy Information Administration, EIA) 資料顯示，德州人也是全美國每人消耗能源最多之州。德州已知擁有大約 50 億桶之石油儲存量，約占美國儲存量四分之一左右，美國一天大約可提煉 460 萬桶之原油，位於休斯頓地區之 Baytown Refinery 是全美最大之煉油廠，德州在天燃氣之產量亦居領先地位，占全美四分之一的供給量。德州南方 Eagle Ford 頁岩油 (Shale Oil)，依據 BENTEK Energy 能源市場分析公司，評估為美國第二大最有用之油區。

德州經濟是全美國成長最快及最大的州之一，2013 年德州在 Fortune 500 的排名上，有 6 家被列入 50 大之內，51 家被列入 500 大之內 (全美排第三，落後紐約及加州)。該州目前與其他國家之總交易超過 1000 億美金，亦是全美產品最大出產州，以 2012 年德州之全州生產總額 (gross state product, GSP) 而言，約為 1.397 兆美金，全美排第二大，僅次於加州之 2.001 兆美金。德州如被視為主權國家的話，應可排名全球第 13 之國家 (全美為 15.684 兆美金，全球第一，台灣 GDP 則為 4739.7 億元 (新台幣約 14.219 兆元，全球排名第 27 名)。除了經濟成長外，也是全美貧窮率 (poverty rate) 占比相當高

的州之一，2011 年德州之家庭收入約美金 49,392 元，全美排名第二十五，略低於全美平均值。

由於德州擁有廣泛之大學系統，可以結合許多創始基金，德州企業基金、德州新興科技基金等，德州已發展出不同領域之高科技產業。DFW 達拉斯及華茲堡類似加州矽谷(silicon valley)，亦希望能複製加州高科技成功經驗。美國許多高科技企業總部，如：戴爾(Dell, Inc.)，德州儀器(Texas Instruments)及裴洛系統(Perot Systems) . . . 等，均設於德州。

美國國家航空及太空總署之林登·詹森太空中心(紀念 Lyndon B. Johnson, 1908-1978, 甘迺迪總統遇刺，1963 年繼任成為美國第 36 任總統，1964 年競選再次成為美國總統)則位於東南方之休斯頓，可視為航太工業之重鎮。位於華茲堡(Fort Worth) 之洛克希德·馬丁(Lockheed Martin) 航太部門建造 F-16 戰隼戰鬥機(F-16 Fighting Falcon)是為西方最大之戰鬥機計畫也建造 F-35 閃電戰鬥機(F-35 Lightning II)。

第 2 章 德州 ERCOT 系統發展史

本章敘述德州自 1941 年至 2011 年，70 多年之電業發展史，其中歷經二次世界大戰，成立美國第一個 ISO，解除零售電力市場管制，10 個控制中心合併為一個控制中心，開放 650 萬用戶選擇權，實施結點電價，最高尖峰負載屢刷紀錄，風力發電持續在北美地區維持領先地位．．．等等，由於法規完善，電業有合理報酬率，循序漸進的在穩定中持續成長，無論在電力系統或競價市場之運轉模式均極為順暢，圖 2.1 為德州 ERCOT 管轄區域。台電同時期之電業發展史，亦略為概述。



圖 2.1：德州 ERCOT 管轄區域

1941 年 - 電業合組支援二次大戰

在二次大戰開始時，德州幾個電業合組德州互聯系統 (Texas Interconnected System, TIS)，為支援二次大戰而努力，它們將多餘之電力送給在墨西哥灣之工業製造公司，提供可靠電力能夠高效能溶鋁。TIS 德州互

聯系統認知到互聯系統之可靠及優點，繼續使用並發展互聯電網，TIS 德州互聯系統成員也採用具官方性質之運轉導引(operation guides)；並在位於北德州及南德州兩家電力公司之控制中心，建立兩個監測中心。

註：1945 年臺灣光復時，系統裝置容量為 27.5 萬瓩(275MW)，但因受戰火破壞，可用電力僅為 3.3 萬瓩(33MW)，發電量為 3.6 億度。1946 年 5 月 1 日臺灣電力公司成立。至 1953 年，裝置容量 36.3 萬瓩(363MW)，為光復時之 1.3 倍，發電量 15.6 億度，為 1945 年之 4.4 倍。為配合政府經濟建設四年計畫，台電開始實施長期電源開發計畫，著手建立現代化電力系統。至 1965 年，裝置容量達 118.6 萬瓩(1,186MW)，為 1953 年之 3.3 倍，發電量 64.6 億度，為 1953 年之 4.1 倍。

1970 年—TIS 德州互聯系統組成 ERCOT

TIS 德州互聯系統在 1970 年組成德州可靠度委員會(Electric Reliability Council of Texas, ERCOT)，遵守北美可靠度委員會(North American Reliability Council, NERC)之要求，ERCOT 從電力公司聘用兩位退休員工。註：1960 年代中期以後，臺灣工業迅速起飛，用電量劇增。至 1974 年，裝置容量達 435.8 萬瓩(4,358MW)，為 1965 年之 3.7 倍，發電量 205.3 億度，為 1965 年之 3.2 倍。完成全長 345kV 超高壓輸電線 330 回線公里。1974 年至 1980 年，為因應石油危機後之能源情勢，至 1985 年先後完成三座核能發電廠，共 6 部機組，裝置容量達 514.4 萬瓩(5,144MW)，約佔當時系統三分之一裝置容量，為台灣之經濟發展提供低廉而通充裕之電力。

1981 年 –ERCOT 可稱為具有中央調度協調者之角色

1981 年 TIS 德州互聯系統成員所有之運轉功能移轉給 ERCOT, ERCOT 成為德州中央調度協調者(central operating coordinator), ERCOT 於 1986 年成立第一個辦公室並聘用四位全職員工。

1995 年-德州州議會投票同意批發電業解除管制

1995 年德州州議會修正公用事業管制法(Public Utility Regulatory Act), 對批發發電市場(wholesale generation market)解除管制, 德州公用事業委員會(Public Utility Commission of Texas, PUCT)開始擴展 ERCOT 之責任, 使所有市場參與者(market participants), 能夠批發競爭及有效率的使用電網。

註：台灣在此期間用電迅速成長，政府為順應世界潮流，開放民間興建電廠以加速電源開發。於 1995 年 1 月與 8 月及 1999 年 1 月分三階段開放，計有 15 家獨立發電業(Independent Power Producers, IPPs)獲准籌設，實際完成 9 家，總容量 771 萬瓩(7,710MW)。

1996 年 -ERCOT 成為美國第一個 ISO

1996 年 8 月 21 日 PUCT 德州公用事業委員會認可電業聯合工作小組建議, 使 ERCOT 成為獨立系統調度機構 (Independent System Operator, ISO), 確保一個公正的, 第三方之機構, 監管競爭市場參與者皆能公平的進出電網。於 1996 年 9 月 11 日正式運作, ERCOT 董事會重整其組織, 為一個非營利(not-for-profit)的公司機構, 並成為美國第一個 ISO。

1999 年-州議會投票解除零售電力市場管制

1999年5月21日，德州州議會通過第7號州參議院草案(Senate Bill 7, SB 7)，要求創建一個競爭的零售電力市場(competitive retail electricity market)，讓用戶能夠選擇它們的零售電力供應業(retail electric providers)，並從2002年1月1日開始實施。

2000年- 透過利害關係人合作開發市場協定(Market Protocols)

從1999年至2000年，ERCOT資助利害關係人(stakeholder)程序，提出如何使ERCOT這個組織，執行其應負之責任，支援競爭的零售及批發電力市場(retail and wholesale electricity markets)，以維持電業服務之可靠度。

在數千小時的會議及審定會議(mark-up sessions)中，利害關係人(stakeholder)或市場參與者共同合作開發新的ERCOT協定(ERCOT protocols)，此項協定即是規則及標準(rules and standards)，用來執行以下相關的市場功能：電能排程及調度(energy scheduling and dispatch)，輔助服務，壅塞管理，停電協調(outage coordination)，結算及計費(settlement and billing)，資料獲取及整合(data acquisition and aggregation)，市場資訊系統，輸電及配電損失，再生能源優惠交易(renewable energy credit trading)，註冊及資格審定，市場資料蒐集，負載型態及爭議處理等。

2001年-10個控制中心合併為一個控制中心

2001年7月31日，ERCOT區域內既有之10個控制區合併為一個控制中心，在新的電力工業重整準則下，電業間批發售電開始運作，包括電力排程之集中化及輔助服務之購買。

商業功能集中化以促進市場有效率的運作，包括電錶資料獲取與整合，負載型態(load profiling)及遍及全德州之零售經營場所的註冊，促使用戶在競爭電力供應業間可以轉換。

2002 年-開放 650 萬用戶選擇權(customer choice)

2002 年 1 月 1 日開啟競爭零售電力市場(competitive retail electric market)，即時及按預算執行(on time and on budget)，在許多大城市允許個別用戶及公司選擇電力供應業。

7 號州參議院草案 (SB 7)，特別用到投資人擁有之電力公司(investor-owned utilities)，開放 650 萬用戶選擇權，但允許城市與郡間之電力公司(municipal utilities and electric cooperative)決定是否加入競爭市場。

註：台灣於 2002 年 12 月 26 日立法院電業法修訂版已一讀通過，本修訂版共 10 章 95 條，其中與輸電有關之第十二條「綜合電業及輸電業所屬之輸電電力網應相互聯結。」；第十三條「綜合電業及輸電業設置之輸電線路，因受電力調度中心調度而轉供電能者，應依該輸電線路之轉供電能數額及中央主管機關之核定之費率，向使用該線路之發電業或綜合電業收取費用，前項轉供費用，得由電力調度中心代收之。」；及第五十三條「用戶得向所在地綜合電業或所在地配電業請求供電．．．由中央主管機關定之。」由於受到立法委員任期限制，本版電業法未獲該屆立委三讀通過。

2003 年-結點市場設計計畫開始

2003年9月，PUCT德州公用事業委員會計畫26376號(Project 26376)，命令ERCOT開發設計結點批發市場(nodal wholesale market)，其目標是透過多而小的計價(more granular pricing)及能源服務排程，改善市場及運轉效率。

2004年 – 主要系統昇級

2004年8月ERCOT開始主要之交易系統昇級，自零售市場開放以來，最大之電子交易系統昇級，每月平均有38,000筆及每日9000筆之轉換交易。德州南方人口約340,223人之Nueces郡電力公司(Nueces Electric Cooperative, NEC)，成為第一個郡或市之電力公司，NEC電力公司於2004年9月1日註冊成為第一個用戶，選擇參與德州競爭電力市場。

2005年–四分之一的住宅用戶轉換至競爭業

2005年9月前，超過2百萬之用戶已全部完成轉換至競爭零售供應業，除了百分之二十九小的非住宅用戶(small non-residential customers)及百分之七十二大的非住宅用戶外(large non-residential customers)外，大約四分之一的住宅用戶已全部完成轉換至競爭零售供應業，當年九月德州結點團隊(Texas Nodal Team)提出結點協定草案(draft nodal protocols)給PUCT。

2006年–批准結點市場協定(Nodal Market Protocols)

2006年4月5日，PUCT德州公用事業委員會簽訂一項命令，批准利害關係人發展協定(stakeholder-developed protocols)之結點市場，並於2009年1月1日開始實行。2006年8月17日負載需求破記錄達到62,339MW，德州領先加州成為風力發電最大之州。

註：2006年5月1日為台電公司成立60周年，自本年度起，國際化石燃料價格大漲，電價未能即時合理反映，台電經營環境日益艱困。2006年7月23日台電最大尖峰負載為32,790MW。

2007年 –住宅用戶轉換比達到百分之四十六

3,220 MW之風力發電加入ERCOT電網，使風力發電容量達到8,005 MW，使德州風力發電持續維持領先地位，零售市場開放五年後，百分之四十六之住宅用戶，已從現在之電力公司轉換至其它公司。

2008年 –宣佈結點市場新的日期

宣佈結點市場實行時間訂為2010年12月為新的上線日期(go-live date)，自1999年以來，大約6,600英哩之輸電改善計畫完成，自1996年以來，大約39,000 MW新的發電機組加入系統。

2009年 –尖峰負載達到63,400 MW

2009年7月13日，最大尖峰負載打破新的記錄達到63,400 MW。註：2009年8月26日台電最大尖峰負載為31,010MW。

2010年 – 結點市場於12月1日實施

ERCOT於12月1日實施全面的結點市場，其特色為超過8,000個結點之發電區域邊際計價(locational marginal pricing)，日前之電能及輔助服務，共優化市場(co-optimized market)，日前及每小時之可靠度機組排程(reliability-unit commitment)及壅塞營收權(congestion revenue rights)。

風電出力達到7,227MW

風電出力於 12 月 11 日達到新的記錄 7,227 MW，相當於 25.8%之負載。於 2010 年 12 月風力發電在 ERCOT 區域內總共達到 9,528 MW，在 ERCOT 管轄區內，再生能源優惠計畫(Renewable Energy Credit program)，新的再生能源發電超過 10,000 MW，德州 ERCOT 提早超過州議會通過的目標。

尖峰負載需求超過 65,000 MW

2010 年 8 月 23 日，ERCOT 最高尖峰負載需求達到新的紀錄 65,776 MW。

註：2010 年 7 月 7 日台電最大尖峰負載為 33,022MW，亦刷新歷年最高紀錄。

2011 年—風力達到新的記錄

ERCOT 除了 2 月、5 月、6 月、7 月、9 月及 12 月破每月最高負載外，於 8 月 3 日夏季尖峰負載創空前的新紀錄達到 68,305 MW，新的冬季尖峰負載於 2 月 10 日破紀錄達到 57,315 MW，ERCOT 在風力發電方面也破空前的新紀錄於 10 月 7 日達到 7,400 MW，超過該時段 15%的負載。風力裝置容量於 2011 年大於 9,600 MW，ERCOT 於北美洲之風力發電持續維持領先地位。

註：2011 年 8 月 18 日台電最大尖峰負載為 33,786MW 亦打破歷年來最高紀錄。世界銀行 2010-2011 全球經商環境十項評比的「電力取得」項目，獲得 183 個經濟體整體排名第 3 的佳績，韓國名列 11、日本名列 26。若與遠東及亞太地區國家比較，台灣更列居第一，提供電力最有效率的前五名為冰島、德國、台灣、香港、新加坡。台電這項具代表性的指標，對於經濟發展更是舉足輕重。

第 3 章 德州 ERCOT 工作職掌

本章介紹德州ERCOT系統，主要任務，電源開發與電網及零售業，先進電錶及需量反應，ERCOT董事會及利害關係人處理程序，PUCT德州公用事業委員會及州議會監管。

2005 年美國能源政策法(U.S. Energy Policy Act) 通過授權創設「電力可靠度組織」，並由美國聯邦能源管制委員會(Federal Energy Regulatory Commission, FERC)及加拿大政府權責機構監管，該法律規定可供遵行之可靠度標準，具有法律強制性及可執行性。2007 年 FERC 授權北美可靠度組織(North American Electric Reliability Corporation, NERC)為非盈利、非官方的「電力可靠度組織」，NERC 轉型為具有實權的執行單位，負責發輸電系統之可靠度管理，包括標準制定、執行和監管等。ERCOT 為 NERC 三大互聯網之一，如圖 3.1，系統可靠度標準均需符合 NERC 之規定。

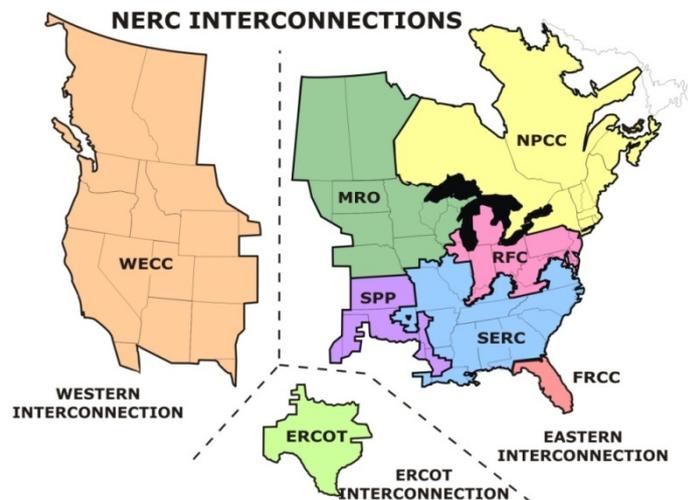


圖 3.1：NERC 三大互聯網

3.1 德州 ERCOT 系統簡介

德州系統及非德州系統有點不一樣，德州跟其他的聯網為

Back-To-Back HVDC 聯結，應不算互聯網，所以從運轉的觀點，德州是一個獨立系統。德州 DC Tie 容量合計為 1106MW，1 個在北邊之 Oklaunion，另 1 個在東邊之 Monticello，這 2 個比較舊。第 3 個在 Eagle Pass 36MW，最近裝置位於南邊 McAllen 150MW，Laredo VFT(Variable Frequency Transformer) 100MW，其輸電系統分為 345kV、138kV 及 69kV，如圖 3.2。

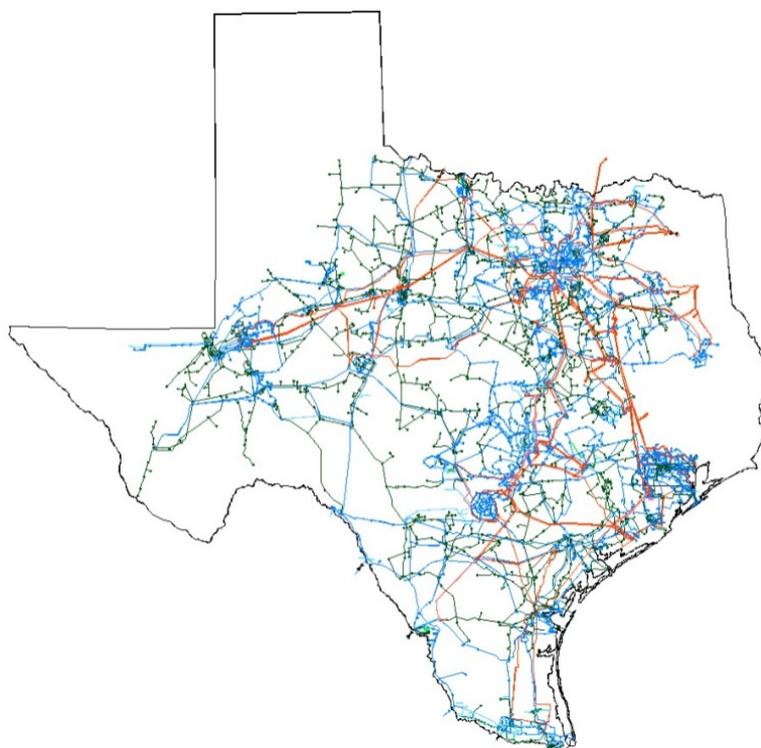


圖 3.2：德州 ERCOT 輸電系統

ERCOT管理德州面積75%及負載85%，2300萬用戶選擇競價市場用戶占負載之73%，670萬電力服務輸送點至每一家庭或商業場所。ERCOT負責排程550部發電機組，可用容量大於74,000MW以供應尖峰負載需求；40,530回線英哩的特高壓輸電線(其中345kV占9,249英哩，138kV占19,565英哩)。在尖峰負載時段1MW之電力可供應200家德州家庭，尖峰負載於2011年8月3日破紀錄達到68,305MW，2012年之用電量為3240億度，與2011年相較約下

降近3%，如圖3.3。市場規模大約340億美金，市場參與者大於1100個機構。

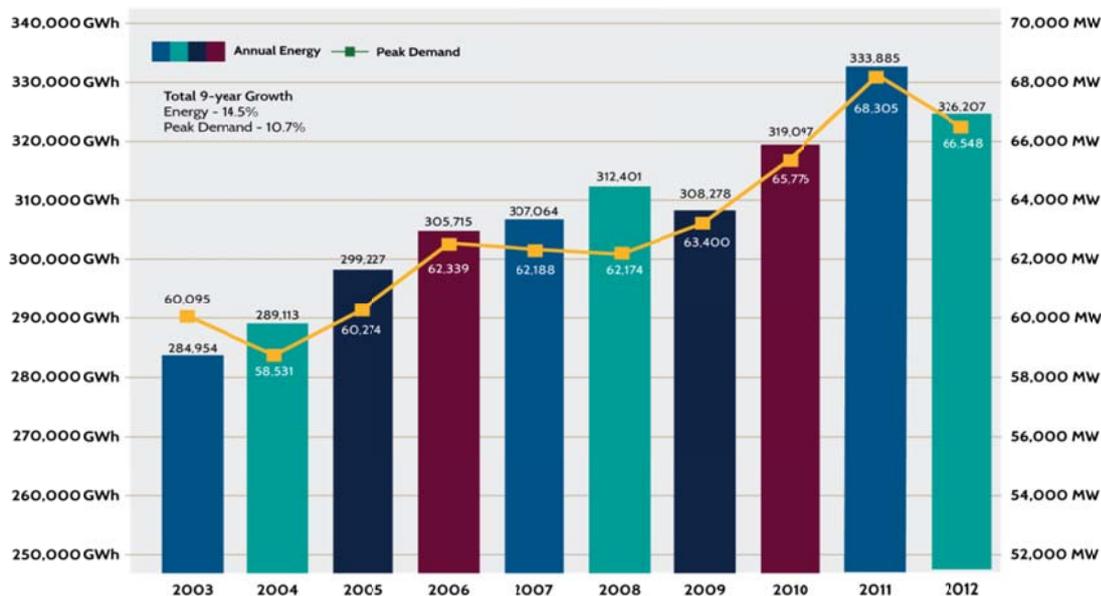


圖3.3：2003年至2012年ERCOT年度用電量及尖峰負載

德州整個2012年，天然氣之裝置容量已經超過50%，德州共有4部核能機組總裝置容量為5,150MW (1375*2, 1205, 1195)，如圖3.4。2012年ERCOT能源使用及各發電燃料占比，近幾年德州發現頁岩氣(Shale Gas)，有許多燃氣機組，燃煤機組成本相對越來越高，因為要有一些除硫裝置，傳統來說，石油、原油、天然氣價格是掛在一起的，最近幾年已經脫鉤了。

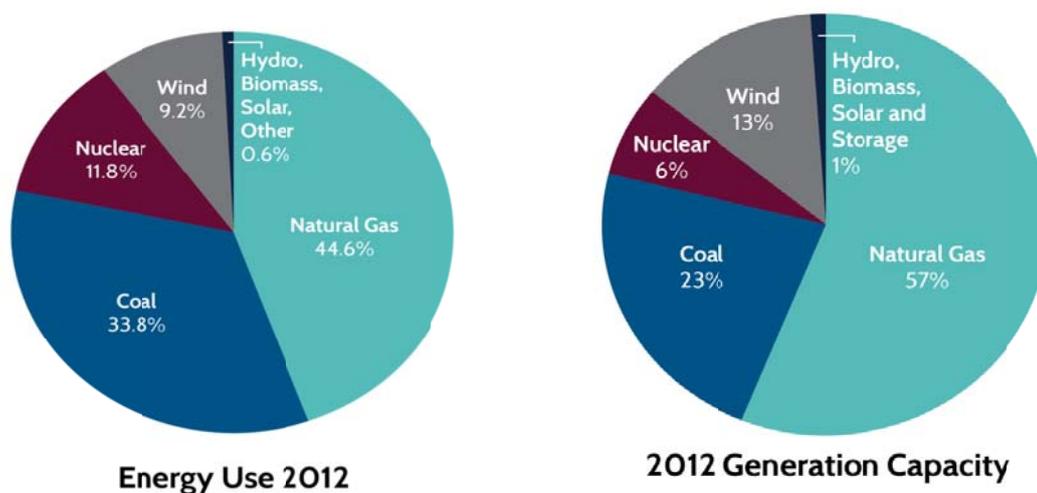


圖 3.4：2012 年 ERCOT 電能及各發電燃料占比

1999年5月通過解除管制時，同時要求德州電力公司，在2009年以前需增加2,000MW的再生能源，變成法規，這時德州才開始發展風力發電。德州在風力的發展是極為迅速的，從2000年116MW到現在超過10GW，National Renewable Energy Lab的報告顯示，德州至2012年第三季為10,929MW，ERCOT本身的報告則為10,407GW，兩者相差500MW左右，基本上來說皆超過10GW以上，也是全美國最大。2013年5月2日風力發電9,674 MW占當時負載36,164 MW之28.05%，比例相當可觀。

3.2 ERCOT 主要任務

美國之ISOs/RTOs，如圖3.5，提供美國人口67%之供電量，其目標為：可靠(Reliability)、效率(Efficiency)、透明(Transparency)及公正(Impartiality)等四大目標。

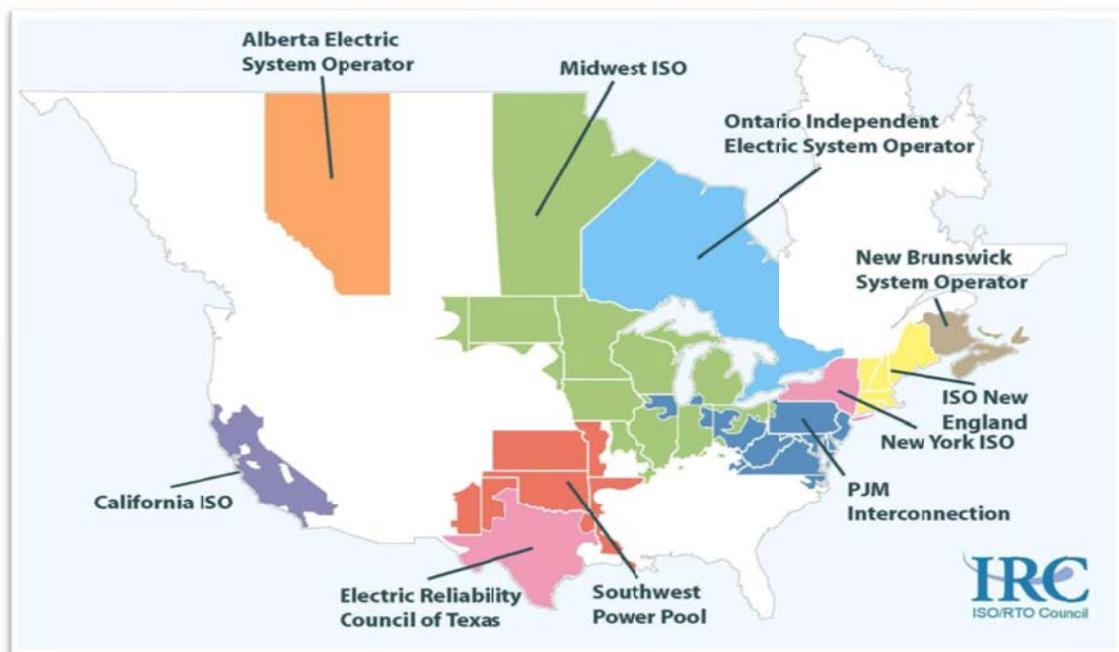


圖 3.5：北美 ISOs 或 RTOs

德州州議會於1999年電業解除管制，並啟動零售用戶選擇權，並指定

ERCOT四項主要任務：

- 系統可靠度-規劃及運轉
- 開放輸電進出
- 用戶選擇權之零售轉換
- 發電及電力輸送批發市場結算

3.3 電源開發與電網及零售業

自1999年以來，47,000 MW新的機組加入系統，137部老舊機組除役，未來有8,145 MW之發電容量承諾加入系統(包含輸電合約及空氣品質許可)。輸電投資及開發，自1999年來已增加輸電投資79億美金(台幣約2,370億)，輸電改善9,302回線英哩；5年內開發規劃89億美金(台幣約2,670億)，6,900回線英哩之輸電線路，50至70億美金用來支援18,000 MW之風力。2012年12月，61%住宅用戶負載由零售服務轉換至競價市場之零售業，共有181家特許之競爭零售電力供應業。

3.4 先進電錶及需量反應

610萬個先進電錶，在15分鐘內ERCOT有94.2%之負載被排程，1,950MW之需量反應包括：負載電源(大部份為大工業用戶)約1,200MW，緊急需量反應服務(商業及工業)約550MW，負載管理計畫，額外之經濟需量反應，自願性之公用需量反應以達節能需求。

3.5 ERCOT 董事會及利害關係人處理程序

ERCOT董事會負責管理ERCOT事務，包括：預算之批准及資金優先順序之花費，批准ERCOT協定及指導準則之修訂，認可新的主要輸電議案。ERCOT董事會共有16位成員，包括5位獨立代表，3位用戶代表(工業，商業，住宅用戶)，ERCOT執行長，PUCT公用事業管制委員會主席(沒有投票權)，6位工業部門代表：投資人擁有之電業(或輸電擁有者)，城市擁有之電業(municipally-owned utilities)，郡擁有之電業(cooperatives)，發電業，電力市場業(power marketers)，及零售業(retail electric providers)。

在董事會監督下，ERCOT利害關係人處理程序，負責發展政策，電網協調之程序及準則(procedures and guidelines for power grid coordination)，可靠度及市場運作(reliability and market operations)，在利害關係人處理程序中，許多工作成員及工作小組，支援6個獨立之委員會及次級委員會。

3.6 德州公用事業委員會及州議會監管

ERCOT為單一獨立系統，其電網並未與外州同步併聯，由於它的分離性，ERCOT主要是受PUCT德州公用事業委員會及德州州議會(Texas Legislature)管制。PUCT批准ERCOT之系統管理費(system administration fee)及具查核之能力之監管機構。

ERCOT就如PUCT德州公用事業委員會是對德州州議會及具有管轄權之委員會負責，至於聯邦可靠度標準，ERCOT是對德州可靠度機構(Texas

Reliability Entity) , NERC北美電力可靠度組織及FERC聯邦能源管制委員會負責。

3.7 德州 ERCOT 系統與台電比較

德州人口2,610萬人，台灣人口約2,335萬人，人口比例相差不大，但由於德州之工業發達，所以就德州ERCOT之總裝置容量及最高尖峰負載大約為台電之兩倍，如圖3.6。ERCOT在輸電線路之建設上亦極為積極，2012年底前約有40,500回線英里(64,800回線公里)之輸電線(其中345kV為9,249回線英里，138kV為19,565回線英里，餘為69kV)，台電之輸電線路總長度為16,925回線公里，ERCOT約為台電之3.83倍，自1999年以來ERCOT即增建69kV以上9,500回線英里之輸電線路。ERCOT實際可用容量大約74,000MW。

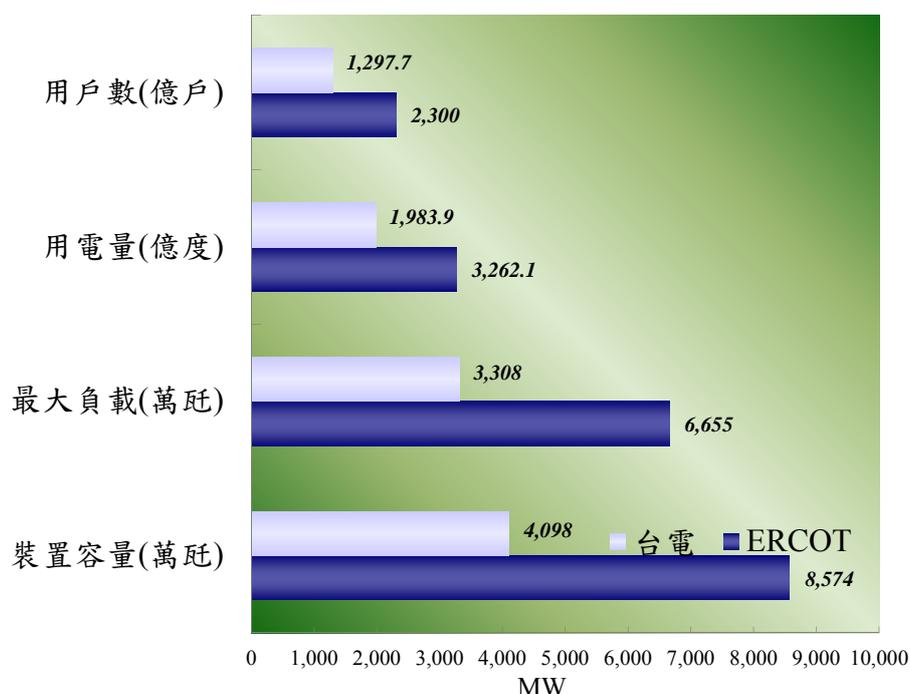


圖 3.6：2012 年德州 ERCOT 系統與台電比較

第 4 章 德州 ERCOT 電力市場

本章介紹 ERCOT 電力市場架構，市場參與者之任務，ERCOT 區域市場，ERCOT 結點市場，及兩者之差異。

4.1 ERCOT 電力市場架構

德州 ERCOT 電力市場參與者，包括負責競爭市場監督及費率管制之 PUCT 德州公用事業委員會及 IMM 獨立市場監督機構，CRR 壅塞營收權帳目持有者，代表電業或負載服務業之 QSEs 合格排程業，TSP 輸電服務業及 DSP 輸電服務業及其他重要之成員，其電力市場架構，如圖 4.1。

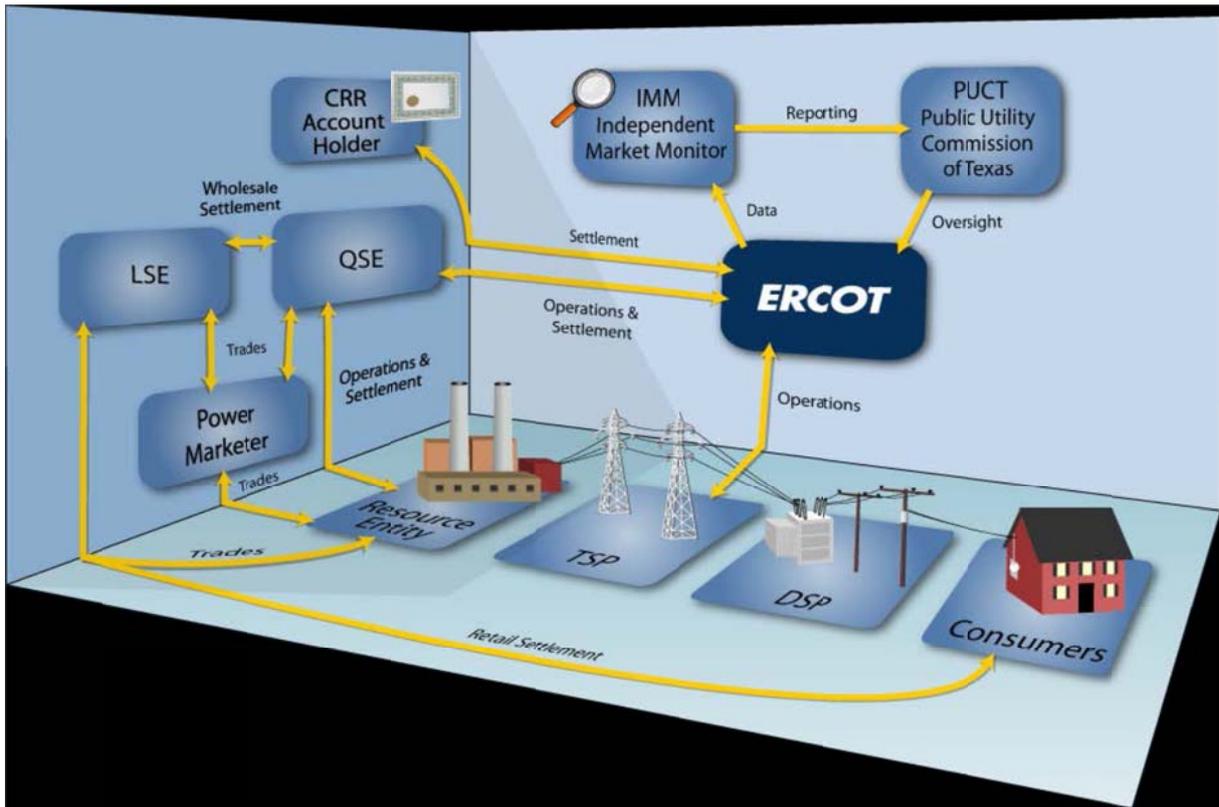


圖 4.1：德州 ERCOT 電力市場架構

1975 年德州立法機構通過公用事業管制法(Public Utility Regulatory Act, PURA)，創立 PUCT 德州公用事業委員會，提供全州電力及通信費率及服

務之管制。大約 20 年後，德州立法機構結合 1995 年生效的重大法案與 1996 年聯邦通信法，促使通信批發與零售服務之競爭及創立電業競爭批發市場。1999 年德州立法機構不僅要求德州電業解除管制，也立法確保在新的競爭環境下用戶之權利。這些年來，PUCT 德州公用事業委員會的任務也有具大改變，從前端費率及服務之管制，到競爭市場之監督與遵守規則之實施。

獨立市場監督機構(Independent Market Monitor, IMM)，依據公用事業管制法(Public Utility Regulatory Act, PURA) 負責監督批發電力市場。

壅塞營收權帳目持有者(Congestion Revenue Right, CRR) Account Holder 向 ERCOT 註冊成為結點市場壅塞營收權帳目之合格持有者，在調度期間，擁有有效的單項或多項壅塞營收權。

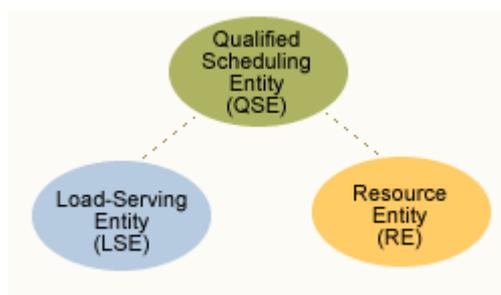


圖 4.2：QSE 合格排程業

QSEs 合格排程業代表 RE 電源業或 LSE 負載服務業，如圖 4.2，QSEs 合格排程業在日前市場及即時市場遞出賣方及買方電能，負責遞出所有電源之現行運轉計畫(Current Operating Plan)，代表它所服務之負載買賣輔助服務，也負責與 ERCOT 財務之結算。

負載服務業(Load Serving Entity, LSE)，如圖 4.3，向 ERCOT 註冊，提供電力服務給終端用戶(end-users)及批發用戶(wholesale customers)。它包括競爭零售業(Competitive Retailers, CR)，在競價市場賣零售電力，CR 競爭零售業可分為：

- (1)零售電力提供(Retail Electric Provider, REP) 與 QSE 合格排程業簽約，提供排程服務給它們的負載用戶。
- (2)城市或郡擁有之電業提供用戶選擇權。

LSE 負載服務業包括非用戶選擇權業(Non-Opt In Entities, NOIEs)，為城市或郡擁有之電業，其運作方式與 CR 競爭零售業不同，且不提供用戶選擇權。

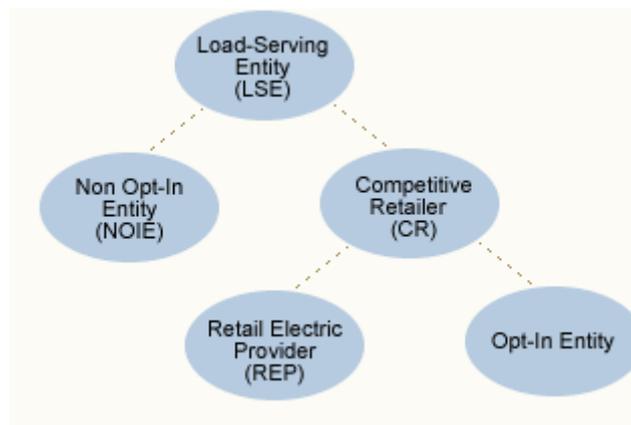


圖 4.3：負載服務業

電力市場商(Power Marketers)在雙邊市場買賣電源，許多市場商在 ERCOT 也擁有自己之發電機組。

電源業(Resource Entities, RE)擁有或控制發電電源或視為電源之負載

(Load Acting as a Resource, LaaR)，遵守ERCOT指示，降低電力之使用或提供輔助服務。

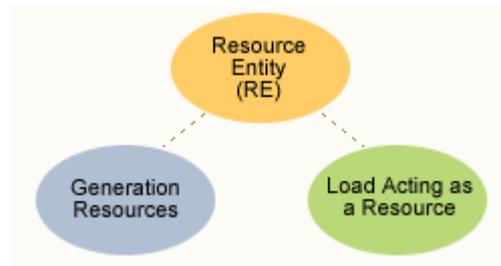


圖 4.4：電源業

輸配電服務業(Transmission/Distribution Service Providers, TDSPs)擁有或運轉設備，在德州以輸電及/或配電方式傳送電力，TDSPs 輸配電服務業受 PUCT 德州公用事業委員會管制。必須提供非歧視電網之進出，每一個輸電服務業(Transmission Service Provider, TSP)或配電服務業(Distribution Service Provider, DSP) 包括城市及郡擁有之電業均應向 ERCOT 註冊，其輸配電費率均由 PUCT 德州公用事業委員會訂定。

ERCOT 目前有 308 個會員，其中包括 170 個用戶，34 個郡，28 個獨立發電機業，28 個獨立市場商，26 個獨立零售電業，10 個投資人擁有之電業及 12 個城市會員。

4.2 ERCOT 區域市場

ERCOT 在電業自由化初期與加州相同，均採用區域計價市場(zonal pricing market)，將該州分為北區、西區、南區及休士頓區等4個壅塞區域，如圖4.5，為雙邊合約及輔助服務市場，由合格排程業(Qualified Scheduling Entities, QSEs)透過雙邊交易平衡它們之排程。 ERCOT 為確保系統可靠，

在調度日(operating day)之日前(day-1, day-ahead)購買輔助服務，但沒有日前電能市場，由QSEs合格排程業安排彼此雙邊電能合約，以涵蓋預期之負載。ERCOT區域市場有四種市場：即輸電壅塞權(Transmission Congestion Right, TCR)、輔助服務(Ancillary Service, AS)、替代備轉容量服務(Replacement Reserve Service, RPRS)及即時電能市場(Real-time Energy Market)。

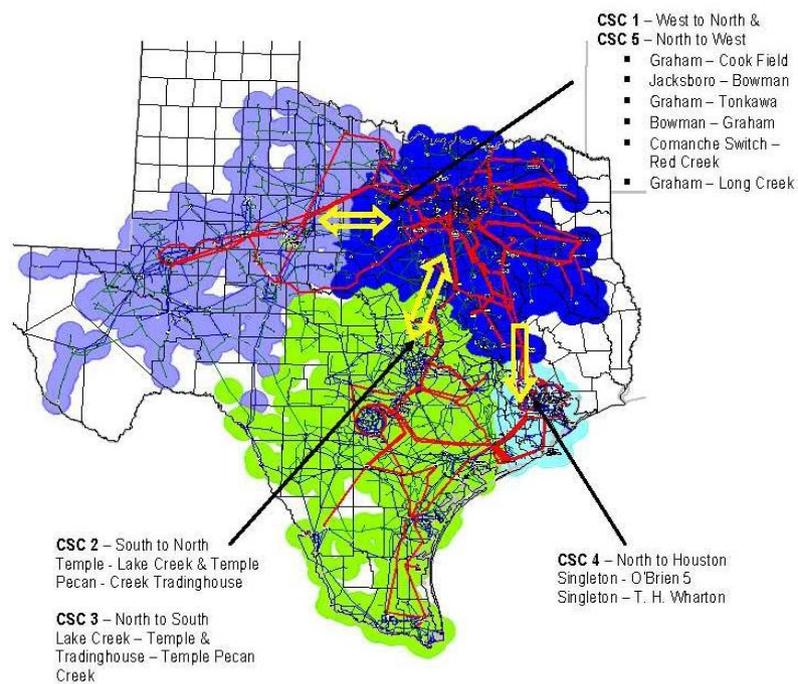


圖 4.5：ERCOT 系統 4 個壅塞區域

4.2.1 輸電壅塞權

在區域市場，電網包括發電源及負載，分為事先決定之壅塞管理區域 (Congestion Management Zones, CMZs)，由商業主要潮流限制(Commercially Significant Constraints, CSCs)來定義。限制 ERCOT 4個主要區域之電力潮流，由其中一個主要區，流向另一主要區。每一個CMZ壅塞管理區域，表示每一個發電源或負載在壅塞區域內，對CSCs商業主要潮流限制有相同之載流衝擊。

ERCOT以區域壅塞管理成本(zonal congestion cost)或當地壅塞管理成本(local congestion cost)管理輸電壅塞，區域壅塞成本為CSCs商業主要潮流限制之管理壅塞成本。管理區域壅塞之成本直接分派給QSE合格排程業，此乃依據每一個QSE合格排程業之組合在CSCs商業主要潮流限制的衝擊而定。當地壅塞管理機制則依賴更詳細的運轉模式，決定每一個特定的電源或負載對輸電系統之衝擊。ERCOT為解決當地壅塞，依照每一個QSE合格排程業負載之分配，按比例提高其成本。

TCR輸電壅塞權可視為財務工具，在ERCOT市場，市場參與者利用它來沖銷邊際成本以解決區域壅塞。TCR輸電壅塞權不代表電能的實際輸送，任何參與者有權進出每一個CSC商業主要潮流限制。TCR輸電壅塞權為財務權，在特定方向上的區域壅塞路徑，在某一個特定小時，TCR輸電壅塞權擁有者有權收取支付的款項，該款項等於該路徑之區域壅塞的影子價格(shadow price)。〔註：影子價格就是在最優化問題中，當限制條件放寬一個單位之後，最優解決方案的真實價值的變化。較正式的說法，影子價格是拉格朗日乘數(Lagrange multiplier)在最優化時的值。〕ERCOT每月及每年拍賣TCR輸電壅塞權給市場參與者，ERCOT賣出其TCR輸電壅塞權年度拍賣總量之60%給CSC商業主要潮流限制，剩下來的TCR輸電壅塞權之量，再由每個月來拍賣。所有TCR輸電壅塞權擁有者，為得到TCR輸電壅塞權，需付出該CSC商業主要潮流限制的TCR輸電壅塞權之市場結清價格。

4.2.2 輔助服務市場

ERCOT負責開發每天的輔助服務計畫及充份的輔助服務，維持ERCOT系統的安全及可靠，並與ERCOT及NERC之標準一致。

ERCOT輔助服務市場在日前執行及購買下一個運轉日之4種輔助服務，

即機組向上調節服務(Regulation Up Service, RU)，機組向下調節服務(Regulation Down Service, RD)，熱機備轉容量(Responsive Reserve Service, SR)及非熱機備轉容量(Non-Spin reserve Service, NSR)。

在日前的早上6:00，ERCOT分析次日預計之負載，擬定日前之輔助服務計畫，確定每一個輔助服務所需要之量，以維持次日每一小時系統可靠度。ERCOT負責輔助服務義務，依已往歷史負載比例，分配給所有參與者。市場參與者亦可以按比例，自行安排其應盡之輔助服務義務及其自有之電源，或透過雙邊交易向其他業者購買。如果市場參與者的自行安排輔助服務，無法履行其應盡之義務，ERCOT將代表該市場參與者，在ERCOT輔助服務市場購買剩餘之量。ERCOT在日前開放輔助服務市場，扣掉自行安排之量，然後再購買所有每一個輔助服務需要之總量，以滿足下一個運轉日，所有運轉小時所需之量。

4.2.3 替代備轉容量服務

如需由特定的發電機或視為電源之負載(load resources)購買額外的容量，以解決系統容量之不足、區域壅塞及當地壅塞時，RPRS替代備轉容量服務市場，在日前及調整時段執行。其功能可視為ERCOT之可靠度工具，ERCOT區域協定(zonal protocols)規定此項容量，由於容量不足及區域壅塞等因素，與RPRS替代備轉容量購買相關之成本，將直接分派給那些市場參與者，因為它們對系統有負面之衝擊；當地壅塞成本提高時，則分配給ERCOT系統所有負載。

4.2.4 即時電能市場

ERCOT即時市場之電能交易，是以系統可靠度為目的。依據即時電力

平衡之需求及輸電網路壅塞，ERCOT即時電能市場包括兩步驟：區域組合壅塞管理市場及當地電源特定壅塞管理市場。ERCOT利用QSE合格排程業之組合配置，結清區域輸電壅塞與平衡系統及利用特定電源指令管理輸電壅塞。

在即時市場，QSE合格排程業提供遞增或遞減電能之組合，以維持總發電量與ERCOT負載之平衡，解決任何即時區域壅塞。安全系統限制經濟調度(Security Constraint Economic Dispatch, SCED)被用來極小化與區域壅塞相關之區域組合配置總成本，QSE合格排程業在其組合內，管理各別電源之經濟調度。

ERCOT也解決當地壅塞，利用特定電源，提供遞增或遞減電能之配置。SCED安全系統限制經濟調度用來極小化與所有輸電壅塞相關之特定電源配置之總成本。

在兩步驟壅塞管理程序之後，市場參與者將收到ERCOT之指令，該指令包括區域電能與電源組合及特定當地電能指示。

4.3 ERCOT 結點市場

ERCOT在實施區域市場若干年後，在2010年12月決定由區域市場(zonal market)轉換至結點市場(nodal market)，並以結點價格(nodal prices)亦稱為區域邊際價格(Locational Marginal Prices, LMPs)。對電力的計價，排程及交易有重大衝擊，圖4.6為EROCT結點示意圖。區域價格(zonal prices)之計算方式，為區域內所有負載端匯流排上買方的LMP區域邊際價格加以平均，亦包括線路損失之成本。除了結點計價，新的市場設計亦有以下各節所述之幾點特色。

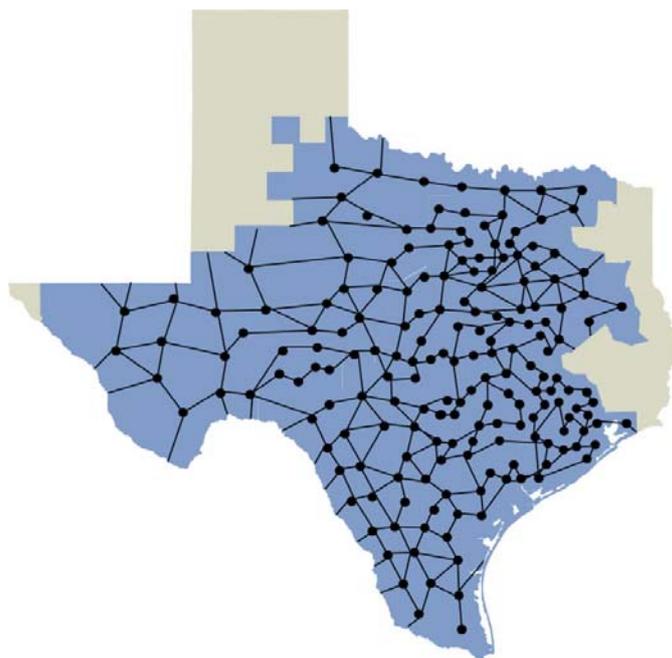


圖 4.6：ERCOT 系統結點示意圖

4.3.1 壅塞營收權

壅塞營收權(Congestion Revenue Right, CRR)為財務機制，讓擁有壅塞營收權的擁有人，在日前(day-1, day-ahead)或即時市場，在ERCOT輸電網路壅塞時，可獲得補償。這是很單純的金融工具或金額商品，也是一項合約，並不表示實際輸送電能。

ERCOT分配有效的CRR壅塞營收權給NOIEs非用戶選擇權業，稱為預先指派的壅塞營收權(Pre-assigned CRR, PCRR)，拍賣每月及每年剩餘之容量。大部份的CRR壅塞營收權是可交易的，如：CRR壅塞營收權拍賣市場，日前市場，雙邊合約等。ERCOT的CRRs壅塞營收權拍賣有以下幾個方式：

1. 點對點(Point-to-point, PTP)壅塞營收權(CRRs)是選定的注入點(電源端)及提出點(負載端)兩者之間的點，PTP CRRs得以選擇性點對點或義務性點對點兩種方式購置。LMPs區域邊際價格是用來計算結算點價格(settlement point prices, SPPs) 它包括負載區，電源結點，及主要樞紐點。費用及付款是以LMPs區域邊際價格電源端及負載端之差。
2. 潮流閘權(Flowgate right, FGR)其定義為選定潮流方向之網路元件或

結合許多潮流方向之元件，ERCOT公布所有可用之潮流閘清單，其價格是以潮流閘之影子價格來計算。

CRR壅塞營收權能夠透過ERCOT之配置，拍賣及雙邊交易而獲得。PCRR預先指派的壅塞營收權，先分配給NOIEs非用戶選擇權業，然後再進入CRR壅塞營收權之拍賣。如果願意的話，NOIEs非用戶選擇權業及PCRR預先指派的壅塞營收權得提供它們的CRRs壅塞營收權進入拍賣，所有的CRRs壅塞營收權以分配方式或以拍賣方式都可以用雙邊交易獲得。在日前之市場結清所有CRRs壅塞營收權，NOIEs非用戶選擇權業與義務型點對點及選擇型點對點，也可能在即時市場結清它們的CRR壅塞營收權。

4.3.2 日前市場

日前市場 (Day-ahead market, DAM) 是自願的，財務結合 (financially-binding) 之先期電能市場，它結清由QSEs合格排程業遞出賣方及買方不同產品，如電能、輔助服務、義務型點對點。這個日前市場機制，同時考慮所有買方及賣方，以發電與輸電之限制及輔助服務之購買量，極大化買方之營收減去賣方之成本，以得到一個解。一旦日前市場獲得解決，ERCOT聯繫電能買賣雙方，CRR壅塞營收權賣方，義務型點對點買方，及提供輔助服務之賣方，給市場參與者。

在日前市場所有三項電能產品之結算，是以結清價格乘以獲得之量，QSE合格排程業與賣方之電能，收取其賣出之電能MW乘以日前結清點價格 (Day-Ahead Settlement Point Price, DASPP)，相同方式其付費方式為QSE合格排程業與獲得電能之買方等於獲得之電能MW乘以日前結清點價格。因為義務型點對點其定義為電源端與負載端間之結算點，賣方費用為MW乘以日前市場電源結算點與負載結算點之差，付費給輔助服務賣方之計算方式為輔助服務所獲得之容量乘以市場結清價格，或每一種形態輔助服務之市場結清價格之容量 (Market Clearing Price for Capacity, MCPC)。

4.3.3 可靠度機組排程

可靠度機組排程(Reliability Unit Commitment, RUC)最主要之目的是確保足夠之發電容量，除了輔助服務外，在適當地點提供ERCOT所預測之負載，可靠度機組排程用在安全限制機組排程(Security Constrained Unit Commitment, SCUC)架構上，在不同系統及電源安全限制條件下，極小化系統之成本。RUC可靠度機組排程結算利用完整付費方式，確保所有涉及到RUC可靠度機組之發電源，皆可得到運轉成本之補償。

ERCOT至少執行一次日前之可靠度機組排程(Day-ahead RUC, DRUC)，調度日前一小時至少執行一次每小時可靠度機組排程(Hourly RUC, HRUC)。DRUC日前之可靠度機組排程在DAM日前市場關閉之後，也就是日前的14:30執行。HRUC每小時可靠度機組排程為每一小時執行一次，HRUC每小時可靠度機組排程微調電源之排程，其微調是評估是否需要更多之電源排程。如果DRUC日前之可靠度機組排程在下一個調度日尚未執行，則HRUC每小時可靠度機組排程將只評估目前調度日剩餘之小時。

RUC可靠度機組排程需要啟動機組及極小化提供電能之所有電源，以評估排程電源之經濟情況。因此，在DAM日前市場，電源如沒有提供電能買賣、購買點對點之義務、提供輔助服務等三項電量，ERCOT將用啟動機組成本之150%與極小化電能成本來做評估。

4.3.4 調度期間

調度期間(Operation Period)包括兩小時時段，即實際之調度小時或即時調度與調度小時之前一小時，ERCOT必須在即時市場作最後準備。

在調整期間的最後時刻及前一小時開始時，ERCOT審閱更新的系統條件及QSEs合格排程業遞出之計畫，然後執行HRUC每小時可靠度機組排程，它得撥出額外的容量，以維持可靠的調度。至於在即時調度期間，ERCOT執行系統安全限制下之經濟調度(Security Constrained Economic Dispatch,

SCED)及負載頻率控制(Load Frequency Control, LFC)。

ERCOT每五分鐘執行系統安全限制下之經濟調度一次。ERCOT利用SCED系統安全限制下之經濟調度達到可靠與經濟兩者間之平衡，ERCOT一直在用輸電網路總輸電容量，系統限制下之最小發電成本，當成SCED系統安全限制下之經濟調度的平衡目標。為完成此目標，SCED系統安全限制下之經濟調度之程序，在輸電及發電系統限制下，評估電能提供曲線，提出線上(on-line)發電機組之最小調度成本。SCED系統安全限制下之經濟調度，其結果是LMPs區域邊際價格及線上每一電源每隔5分鐘取得之基本點(base points)。

LFC負載頻率控制程序則為每4秒鐘執行一次，微調總發電機組出力，保持一直在改變中之負載需求及維持系統頻率。在此沒有考量成本最佳化或其他經濟因素，ERCOT執行LFC負載頻率控制回復系統頻率至排程頻率，這是用來提供控制信號給每一個QSE合格排程業，它代表發電電源，提供機組調節及熱機備轉容量服務。

在ERCOT，電能在結點市場是以電源之調度為主。但是，機組調節服務仍然以組合方式配置，ERCOT送出機組調節控制信號，給每一個提供機組調節之QSE合格排程業，這些信號每4秒透過SCADA送出。QSE合格排程業利用分散電源配置及提供ERCOT每一個電源之參與因數(participation factor)，以提供機組調節。即時遙測裝置從QSE合格排程業到ERCOT輔助服務之責任，通知ERCOT每一個電源有多少輔助服務容量已被保留。[註：電廠指定機組之電源輸送量，例如在控制區內依賴備轉容量提供者應輸送10MW之電源，該電源提供者可能選定機組A之參與因數為0.3，機組B之參與因數為0.2，機組C之參與因數為0.5(總和為1.0)，表示控制區對機組之要求為：A=3MW; B=2MW; C=5MW。假設，參與因數等於0，表示電源提供者，沒有配置可用之備轉容量。]

LFC負載頻率控制模組收到從即時遙測裝置來的信息，包括系統頻率及特定電源之運轉資料，LFC負載頻率控制用電源遙測裝置及電源限制計算器之資料，決定在任何時刻，每一個QSE合格排程業能夠提供多少之機組調節，LFC負載頻率控制並不關切經濟衝擊，只關心系統頻率。

4.4 ERCOT 區域市場與結點市場之差異

ERCOT在實施區域市場約10年後，為使市場更加成熟及透明，由區域市場轉換為結點市場，兩者之區別如下：

區域市場特色如下：

- 沒有日前之電源市場、具有日前輔助服務市場、QSE合格排程業提供之組合；
- RPRS替代備轉服務；
- 發電機及負載平衡之區域市場結清價格；
- TCRs輸電壅塞權、提高當地壅塞成本。

結點市場特色如下：

- 日前共優化電能、輔助服務、壅塞營收權，特定電源之提供；
- DRUC及HRUC日前及前一小時可靠度機組排程；
- 發電機結點LMP區域邊際價格，負載區域加權LMP區域邊際價格；
- CRRs壅塞營收權、加強所有當地壅塞成本。

第 5 章 電力代輸輸電費率

本章敘述電力代輸之形態，費率計價方式，進出費，輔助服務，壅塞費用，線路損失及電業報酬率等。

5.1 電力代輸之形態

電力代輸需由三個不同之個體組成即：賣電業、代輸業、買電業，其定義及四種電力代輸之形態如下所敘述。

5.1.1 定義

電力代輸就是透過擁有輸電線或配電線之一個或多個電業，將電力之能量，由賣方輸送到買方，相關之工程及經濟性對電力代輸均有很大的影響，其影響面如下：

- 線路損失；
- 發電機之重新調度；
- 輸電線之潮流之限制；
- 電力系統之可靠、安全及效率；
- 固定資金成本的回收。

5.1.2 電力代輸可能發生之情況

- 公用事業電力公司(utility)對公用事業電力公司(utility)：公用事業 S 賣給買電之公用事業 B，部份之電能流過代輸公用事業(wheeled utility)之許多輸電線(代輸公用事業可能有很多家)；

- 公用事業電力公司對私人用戶：公用事業 S 賣電給一個私人用戶，而該私人用戶位於代輸公用事業之服務範圍內；
- 私人擁有之發電機對公用事業電力公司：私人擁有之發電機位於代輸公共事業之服務範圍內，售電給公共事業；
- 私人擁有之發電機組對私人用戶：私人擁有之發電機組賣電給私人用戶而兩者均位於代輸公共事業服務之範圍內。

美國因為幅員遼闊，為充份利用資源及資源共享，公用事業電力公司之電力系統均互相支援，透過兩個或兩個以上之系統互聯，構成了電力聯網(power pool)，彼此之間可以透過第三者之系統，達成電力代輸之目的。美國電力公司之間大都實施批發代輸(wholesale wheeling)，電壓等級低或代輸量低之電力代輸大多被稱為零售代輸(retail wheeling)。[註：電力聯網(Power Pool)：Term referring to a group of power systems operating as an interconnected system and pooling their resources. (IEEE Dictionary of Terms) 一群電力系統其運轉模式為彼此共享(pooling)資源之互聯系統，美國 PJM 系統於 1927 年起為第一個電力聯網。旅美數十年之電力專家余序江博士將 Power Pool 譯為電力聯網十分貼切，與 IEEE 字典之標準解釋完全吻合。電力交易市場(pool)：英格蘭及威爾斯的電力交易市場(The Electricity Trading Market)，共同約定及結算協議書(Pooling and Settlement Agreement)包含電力交易市場的規則及程序，有關規則及程序之修訂或終止則以原始的協議書為準。Pool 譯為電力交易市場，係美國華盛頓州立大學講座教授劉鎮欽博

士之中譯，與英國 NGC 對 Pool 之定義完全吻合，韓國電力公司則將 Pool 譯為電力競價市場。]

美國電業自由化程度較高之州以上各種情況均可能發生，複雜度亦較高。台灣目前只有一家電力公司(為一垂直整合之公用事業電力公司)，其可能發生代輸之情況，為私人電業可能賣給大用戶，但整個系統是在台電服務之範圍內。至於開放之程度需視當時系統輸電容量之情況再審慎評估，宜循序漸進實施。

5.2 費率計價方式

電力代輸之計價方法包括郵票法(Postage Stamp)，百萬瓦哩法(MW MILE)，區域計價法(Zonal Pricing)及結點計價法(Nodal Pricing)。目前美國大部份之電力公司其代輸進出費大都採用郵票法，其主要精神是單一費率，每家公司之代輸費率均不同，但對欲代輸之對象則一視同仁，不可有差別待遇，有些公司與公司間則透過協調再簽訂合約。

但是美國亦有學者專家認為郵票法雖然簡單易懂，但其缺乏公平性，如有些公司代輸之長度只有 100~200 哩(mile)，有些公司代輸之長度可能超過數百哩，其計價卻一樣，有違公平之原則。因此提出百萬瓦哩法，表示輸電線的距離應與代輸之費用有直接關係，美國 ERCOT 德州可靠度委員會曾經採用 30%百萬瓦哩法之直流絕對值法(Vector Absolute Megawatt Mile, VAMM)，搭配 70%之郵票法，現已捨棄百萬瓦哩法。

結點計價其考慮的範圍較靈敏，也就是計算每一個小時每一結點，負載變化的價格，即考慮到邊際成本，能量變化，線路損失變化，壅塞成本，均需列入考慮，比百萬瓦哩法更複雜，但隱含有使用者付費的精神。加州在 1998 年 3 月 31 日以後，即採用此方法當作使用費，但初期為簡化起見，將該州按照地理位置、容易發生線路壅塞之地區、及電力公司分佈情形，在州內劃分為 4 個區域，每一個區域只有一個該區域內所有結點之平均價，即一個價格，4 個區域只有 4 個價格，如果含與它州交界則總共有 23 個壅塞區。德州 ERCOT 在電業自由化初期，亦將該州分為 4 個壅塞區。這個區域劃分價格間之差價，就是壅塞費(使用費)，所以輸電費是等於進出費與使用費兩者之和，進出費採用郵票法。

無論如何，輸電線的必須營收總額是變化不大的，對輸電擁有着(Transmission Owner, TO)而言，每年的輸電營收是相差無幾的，其最重要的差別是那一家電力業者使用較多的輸電線路，則需付較多的費用，反之，使用較少之電力業者則付的較少，但該年度內的輸電必須營收額是變化不大的。輸電必須營收額總額在年度後可能有些微的增加或減少，但在第二年計算輸電的回收成本時，則需作適當之調解，以使符合公平之精神。

電力代輸輸電費率主要計價包括：進出費，輔助服務，線路損失，壅塞費用等。上述費用之計算方法有些極為簡單，有些則需要執行程式，方能得出結果。至於套牢成本之回收，在電業自由化初期，應訂定合理之回

收機制。

5.3 進出費

進出費包括輸電擁有成本(transmission ownership cost)及網路管理成本(grid administration cost)其計費方式可以分為郵票法及百萬瓦哩法。

5.3.1 郵票法

郵票法大致可以分為五種收費方式：

第一種：輸電必須營收總額/全年售電量(NT\$/MWh)

第二種：輸電必須營收總額/全年最大尖峰負載(NT\$/kW)

第三種：輸電必須營收總額/12 個月每月最大尖峰負載，取 12 個月之平均值(NT\$/kW)

第四種：輸電必須營收總額/4 個月(6~9 月)每月最大尖峰負載平均值(NT\$/kW)

第五種：向用戶收:輸電必須營收總額 $\times 0.5/4$ 個月(6~9 月)每月最大尖峰負載平均值(NT\$/kW); 向發電業收:輸電必須營收總額 $\times 0.5/$ 總發電容量(NT\$/kW)。

網路管理成本共有二種方式：

第一種:網路管理成本/全年售電量 (NT\$/MWh)

第二種:向用戶收:網路管理成本 $\times 0.75/$ 全年最大尖峰負載; 向發電業收:網路管理成本 $\times 0.25/$ 全年最大尖峰負載。

5.3.2 百萬瓦哩法

百萬瓦哩法在 IEEE 及其他期刊討論甚多，其中以下述四種方法討論較多，絕對值法(Modulus Flow)為交易所造成 MW 潮流改變的絕對值，正負向電力潮流均需考慮，美國德州可靠度委員會曾經採用直流絕對值法，惟此項收費只計算 30% 之輸電必須營收總額。負向潮流歸零法(Zero Counterflow)既不計算亦不記錄負向潮流對系統之效果，如為負向潮流則設定為零，只考慮正向潮流(Positive Flow)，權值統合法(Dominant Flow)為負向潮流歸零法及絕對值法的加權組合，淨潮流法(Net Flow)之最大變化是取包括交易 k 在內總電力潮流，與不包括交易 k 在內之總電力潮流之最大值來決定其分母值。

(1) 絕對值法

$$\text{對每一筆交易 } k : CT(k) = \sum_{\text{all } i,j} C_{ij} \frac{|F_{ij}^k|}{\sum_{\text{all } s} |F_{ij}^s|}$$

參數代表意義： $CT(k)$: 分攤至交易 k 之成本， F_{ij}^k : 由於交易 k 電力潮流在線上 i-j 之變動， F_{ij}^S : 在線上 i-j 包括交易 k 在內總電力潮流， C_{ij} : 分攤至線上 i-j 輸電網路之成本， ΣC_{ij} : 總輸電擁有成本。

(2) 負向潮流歸零法

$$\text{對每一筆交易 } k : CT(k) \begin{cases} \sum_{all\ i,j} C_{ij} \frac{F_{ij}^k}{\sum_{all\ s \in \Omega_{ij+}} F_{ij}^s} & |F_{ij}^k| > 0 \\ 0 & |F_{ij}^k| < 0 \end{cases}$$

參數代表意義： $CT(k)$:分攤至交易 k 之成本， F_{ij}^k :由於交易 k 電力潮流在線上 $i-j$ 之變動， F_{ij}^s :在線上 $i-j$ 包括交易 k 在內總電力潮流， Ω_{ij+} :在線上 $i-j$ 正向電力潮流交易集合， C_{ij} :分攤至線上 $i-j$ 輸電網路之成本， $\sum C_{ij}$:總輸電擁有成本。

(3) 權值統合法

$$C_{ij} = \frac{F_{ij}^k}{F_{ij}^c}$$

對每一筆交易 k : $CT(k) = C_{ij} * CT_1(k) + (1 - C_{ij}) * CT_2(k)$

參數代表意義： $CT(k)$:分攤至交易 k 之成本， $CT_1(k)$: 分配到負向潮流歸零法之成本， $CT_2(k)$:分配到絕對值法之成本， F_{ij}^k :在線上 $i-j$ 包括交易 k 在內之總電力潮流， F_{ij}^c :線上 $i-j$ 之最大容量。

$$(4) \text{ 淨潮流法對每一筆交易 } k : CT(k) = \sum_{all\ i,j} C_{ij} \frac{(F_{ij}^s - F_{ij}^{s-k})}{\text{Max}(F_{ij}^s, F_{ij}^{s-k})}$$

參數代表意義： $CT(k)$:分攤至交易 k 之成本， C_{ij} :分攤至線上 $i-j$ 輸電網路之成本， F_{ij}^s :在線上 $i-j$ 包括交易 k 在內總電力潮流， F_{ij}^{s-k} :在線上 $i-j$ 不包括交易 k 在內之總電力潮流。

5.4 輔助服務

美國各州對輔助服務之名稱雖略有不同，但其主要功能卻大致相同，德州在 2000 年電業自由化初期，將輔助服務分為 4 個群組(Group)。

群組 A:

- 頻率調節備轉容量 (Regulation Reserve)：上下調節之容量為 1800MW。
- 熱機備轉容量 (Responsive Reserve)：由於電力系統之擾動使得頻率下降，如機組跳機等，則發電容量可自動增加，或負載可自動切除，此項需求為 2300MW。
- 非熱機備轉容量(Non-spinning Reserve)：離線或無載發電，在 ERCOT 30 分鐘的要求之內，可以產生電能或切離負載，其容量與熱機備轉容量同為 2300MW。

群組 B:

替代備轉容量(Replacement Reserve)：為次一日離線之發電機組容量，如果需要的話 ERCOT 可以調度這些機組以滿足能源不平衡 (Energy Imbalance) 或壅塞管理(Congestion Management)之要求。

群組 C:

- 全黑啟動 (black start)：當系統發生重大事故時，有能力可以同步被啟動而不必靠電網之支援。
- 電壓支援 (voltage support)：由某些特定的機組所提供以維持輸、配

電壓在網路上處於可接受之範圍。

- 可靠度必須運轉機組 (Reliability-Must-Run) :為了電壓支援，穩定度或可靠度為目的，ERCOT 調度這些機組，且透過每年之合約來購買所有之群組 C。

群組 D:

優先排程外機組(Out-of-Merit Order)：ERCOT 購買此機組容量作為輔助服務，當市場投標方式無法解決時，這個容量或電能可用來解決電能不平衡或壅塞之問題；優先排程外機組之程序，是為了解決市場重要投標失敗時啟動之服務。

5.5 壅塞費用

壅塞費用之計算方式是利用執行最佳化電力潮流(optimum power flow) 得出每一個結點之價格，其計算方法如下所示。美國 PJM 是全美最成功之電力市場之一，電業參與者可以購買財務輸電權(Financial Transmission Rights, FTR)，在 ERCOT 則稱為 CRR 壅塞營收權，當某一條線路發生壅塞時，有優先使用該線路之權，或獲取利得。台灣幹線系統經過多年之強化，在系統正常情況下，線路壅塞之情形較不易發生，若發生超過輸電系統規劃準則之範圍時，則發生壅塞之機率較高。

5.6 線路損失

線路損失可採用簡單之線路損失因素，或 8760 小時每小時或每半小時

動態計算，惟需具備相當之軟硬體，才可精確計算。

5.7 電業報酬率

國外電力公司股東權益報酬率(Return of Equity, ROE)約為 10%，如 ERCOT 輸配電 ROE 值約為 8.5%，美國南方電力公司(Southern Company)約為 13.0%。無論台灣何時實施電業自由化，輸配電業之合理投資報酬率應受合理保障，資產報酬率(Return on Asset, ROE)如能達到 3%~5%左右，將有利電業之永續發展。

第 6 章 德州 ERCOT 電業自由化對台電之啟示

德州 ERCOT 電業自由化實施至今已非常成熟，法規面・軟硬體設備、人員訓練非常健全。我國電業自由程度如與德州 ERCOT 相當，對本公司發電業、輸電業、配電業及售電業將產生巨大的影響，本公司亦應提出因應對策。至於電業自由化前後之影響，如表 6.1，完全是以市場需求為導向。

表 6.1：電業自由化前後之比較

自由化前	自由化後
獨佔事業	競爭市場
產品整合	產品鬆綁 (MWh, Regulation, VAr, Reliability 等)
成本加合理利潤	價格取向
垂直整合電業	水平切割為 GenCo, TransCo, DisCo 及 PoolCo
降低成本	提高利潤
唯一的數學解答方式	無數的運轉策略
保障回收 管制電價	市場決定價格
平均費率	即時費率
允許政府補貼	傳送有效率的價格信號，並不鼓勵補貼
提供所有負載	考慮經濟因素時，可以允許卸載

6.1 電力調度

在電力調度上，台電為充分供應電力，目前在夏季尖峰時期必須讓高成本之機組加入系統。但管制一解除，在調度機制上不再附屬在電力公司之下，將由一超然之機構所組成，完全以電力市場之競標價格及系統安全為考量，對各機組採同一標準之排程及調度。其可能之影響如下：

- 電源調度方式改變。由最低總燃料成本之考量，改為最低總價格之考量；
- 電源調度主宰由中央集權(成本經濟調度)改由各發電廠自主決定(投標價格)；
- 中央調度中心工作角色由指令工作改為湊合服務工作；
- 需要更精確的短期負載預測；
- 集中性的計劃改為分散市場。更多的交易介面，更多的交易成本；
- 輔助服務性質之交易(如無效電力、頻率控制)增加；
- 能源管理系統(Energy Management System, EMS)配合更新。通訊資訊設備之更新。

6.2 電源開發及發電業

當台電仍為三業一體之綜合電業經營型態時，因負有政策上之使命，需隨時配合負載之增加，開發新的電源，以便提供用戶充裕之電力。電業自由化後，發電業可以自由加入市場，當電源不足時，電價可能較高，反

之，電源充足時，則電力可能以較便宜之價格賣出。在電源之開發上，大部份由發電業依其專業之判斷，決定在何處新建電廠較為有利，所有風險亦將由業者自行承擔。其可能之影響如下：

- 火力電源之開發工作由民間自行開發；
- 若水力及核能屬於國營公司所有，水力電源之勘測如地質之調查、水文之觀測等重要任務則由該公司全權負責；
- 新核能機組之開發將審慎評估；
- 核能機組需保持正常運轉，故需給予一定比率進入電力市場；
- 各個發電業為了爭取用戶，可以登廣告在某段時間給予折扣；
- 發電業間之競爭將更趨於激烈，發電業之戰國時代於焉開始；
- 發電業將以降低燃料成本為目標；
- 發電業運轉及維護之排程最佳化以獲取最大之利潤；
- 工作人員之超時安排以獲取最大之電廠利潤；
- 發電業將對風險與獲利間審慎評估；
- 發電業需避免簽訂長期燃料合約。

6.3 輸配電系統

現階段除獨立發電業的電源線由業者自行興建外，所有之輸配電線仍屬台電擁有，在電業自由化下輸配電系統之使用權將開放給所有使用者，不論售電業或大用戶均可透過網路系統直接向發電業購買電力。其可能之

影響如下：

- 輸配電系統無歧視，無獨占，屬於所有使用者；
- 整個輸配電部門之界定需重新劃分；
- 輸電路權困難取得下及發電廠開放自由興建，整體輸電規劃之難度增高；
- 輸電線路之總輸送容量(**Total Transfer Capability, TTC**)與可輸送容量(**Available Transfer Capability, ATC**)之計算，應及時公佈；
- 輸配電費率透明化、公開化、公平化；
- 本公司輸配電進出費計價方式採用郵票法，與國外先進國家相似，簡單透明，當輸電線有壅塞情況發生時，對於壅塞地區之輸電價格會提高很多；
- 如需進行線下補償，則輸電價格將相對提高；
- 市場資訊系統(**Market Information System, MIS**)之設立，提供用戶市場相關資訊。或網路開放進出即時資訊系統(**Open Access Same-Time Information System, OASIS**)之設立，提供網路相關資訊；
- 輸配電費率應由中央主管機關訂定，如：PUCT 德州公用事業委員會訂定該州之輸配電費率。

6.4 售電業

目前台電之用戶均依地理位置而獲取電力，不論遠近價格均一致，但

電業自由化後，低壓用戶甚至可以自由選擇售電公司，屆時將完全以用戶為導向，跨區間的售電公司將展開相互競爭，區域間之價格將不再一致。

其可能之影響如下：

- 各地售電價格不一；
- 售電公司將以高品質之服務來爭取用戶；
- 不同電力品質之用電別，需要不同之電價；
- 用戶需裝設智慧型電錶，如欲跨區購電，則需記載不同時段之負載；
- 用戶可以自由選擇服務品質良好之售電公司或更換不同之售電公司；
- 用戶亦可裝設監測設備，電業若發生人為之疏忽時，可能要求賠償。

6.5 重要機構之設立

- 國家能源管制委員會之設立，如美國 FERC 聯邦能源管制委員會；
- 輸電可靠度委員會之設立，如美國 NERC 北美電力可靠度組織；
- 公用事業委員會之設立，如德州之 PUCT 及加州之 CPUC；
- ISO 獨立系統運轉機構之設立，德州 ISO 為非營利之公司設有董事會；
- 具有電力交易功能排程業之申設，如加州 CAISO 之 SC 排程業 (Scheduling Coordinator, SC) 或德州 ERCOT 之 QSE 合格排程業。兩者名稱雖不同，惟功能相似。

6.6 因應對策

世界各國電業進行電業自由化之準備階段，均投入相當多的人力及物力從事這方面之研究及探討，台灣電力公司過去曾經肩負起經濟成長的角色，但要因應電業未來的重大變革，勢必需要了解各國電業自由化的經驗。世界各先進國家如：英國、北歐、澳洲、紐西蘭、美國及加拿大等國家，實施電業自由化已累積 10 餘年之經驗。電業自由化之準備階段，對於軟硬體設備之更新或新設，從業人員之安置或再訓練等均是重要議題，我國如欲實施電業自由化，應隨時與國內外各個學術機構及電力公司相互合作，獲取最新的訊息，持續研訂適合台灣之可行方案。

第 7 章 建議及結論

電業自由化係一長期性之工作，有賴明確的政策方向、健全的法律規範及相關法規、獨立超然之管制機構、及民眾接受意願度為考量，故世界各國大多參酌國情而採行階段性之作法。就台灣而言，維持電力系統之安全性與可靠度，穩定供應電力至屬重要，因此我國電業自由化政策，需兼顧自由競爭與充裕電力為目標。政府推動電業自由化之政策，本公司應全力配合，惟維持電業永續發展，降低實施電業自由化之困難度，政府訂定電業合理報酬率亦屬必要。

本公司為我國最大且唯一之綜合電業，自成立以來，提供穩定電力及協助工業發展，戮力執行能源多元化之政策，由 1945 年裝置容量 33MW，發電量 3.6 億度，成長至 2012 年總裝置容量 40,976MW，淨發購電量 2,117 億度，各成長 1,242 倍及 588 倍，六十七年來成效斐然。世界銀行 2010-2011 全球經商環境十項評比的「電力取得」項目，獲得 183 個經濟體整體排名第 3 的佳績。這是本公司成立以來，所有從業人員之努力，才能獲得世界銀行最大之肯定。

惟近年來，我國電價一直無法合理反映成本，本公司負債比例及歷年累積虧損亦達歷史新高，造成本公司財務處於極端不利之情況。電價合理化及核能議題每為大眾關切，擁核與反核論述皆有道理，本公司為政策之執行單位，有關不同燃料發電成本之計算，每為大眾質疑。為提供社會大眾

正確觀念，如要全面執行非核家園，所需付出之實際代價應讓社會大眾確實了解，亦可展現本公司從事於非核家園之努力。

本公司可考慮每年 12 月第一星期定為「非核週」或每年 12 月定為「非核月」，所有核能機組全部檢修停止運轉，讓社會大眾深入了解，執行「非核家園」所需付出之實際代價。依據 101 年統計年報，民國 101 年 12 月發電端最大尖峰負載為 26,104.5MW，為全年最低之發電量，該年度總裝置容量為 40,976MW，其中核能為 5,144MW 約占 13%，該年度淨發購電量為 2,117 億度，核能為 389 億度約占 18%。如該月份核能機組全面停止運轉，本公司其他機組應可供應該月最大尖峰負載。惟因核能停止運轉所增加之燃料費用，應於下年度電費中分 12 個月分攤完成，由全民埋單納入電費計算，或只針對前百分之二十用電量最高之用戶負擔。

執行「非核週」或「非核月」期間，每日公布運轉機組及燃料別、發電成本、核能停止運轉所需增加之發電費用、每人每月需增加之費用。本公司此舉可讓全國民眾確實了解非核家園所需面對之實際代價，讓民眾感同深受，藉此鼓勵大眾節約用電，使用節能設備，提高能源使用效率。並告知社會大眾，夏季尖峰時段如要實施「非核週」或「非核月」，所需增加之電費及限電機率應是多少，藉此鼓勵大眾節約用電，使用節能設備，提高能源使用效率。

在有形效益方面，每年可降低大量之能源浪費及減少進口可觀之燃料費

用。台電每度售電成本為 3.04 元，平均售電單價為 2.72 元。每年如減少 1% (21.17 億度) 之淨發購電量(2,117 億度)，即可節省 64.4 億元之能源支出，可減少本公司每年 6.8 億元 $[(3.04-2.72)*21.17=6.8]$ 之虧損。在無形效益方面可以避免社會資源浪費，消除社會兩極對立；改變人民用電習慣，鼓勵全民節約能源。

參考文獻

- [1] Operating Reserves, Version 9, Transmission Services Business Practice, Bonneville Power Administration, August 22, 2013.
- [2] ERCOT Nodal Protocols, Taylor, Texas, August 1, 2013.
- [3] ERCOT Nodal Operating Guides, Taylor, Texas, July 3, 2013.
- [4] ERCOT Quick Facts, Taylor, Texas, May, 2013.
- [5] Daneshi, H., Srivastava, A.K, “ERCOT electricity market: Transition from Zonal to Nodal Market Operation,” IEEE Power & Energy Society General Meeting, July 24–29, 2012, San Diego, CA.
- [6] John Adams, “Generation 101: Review of Wholesale & Retail Markets,” ERCOT, Taylor, Texas, April 17, 2012.
- [7] Chyou-Jong Lin, Oliver S. Yu, Yung-Tien Chen, Chung-Liang Chang, Yuh-Fa Chuang, “Impacts and Challenges of Electricity Industry Liberalization in Taiwan”, IEEE/PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition 2002: Asia Pacific, October 6-10, 2002, Yokohama, Japan, pp.722-727.
- [8] Rajat Deb, Keith White, Jason Christian, Richard Albert, “Final Report for Transmission and Distribution Power Wheeling Tariff Design and Simulation”, December, 2001.
- [9] Rajat Deb, Keith White, Jason Christian, Lie-long Hsue, “The Second Interim Report for Transmission and Distribution Power Wheeling Tariff Design and Simulation”, November 13, 2001.
- [10] W. J. Lee and C. H. Lin, “Utility Deregulation and Its Impact on Industrial Power Systems,” IEEE Industry Applications Magazine, pp40-46, May/June 1998.
- [11] 李偉仁，黃舜賢，“Wheeling Charge in ERCOT”，電力代輸國內外專家學者第一次諮詢會議，簡報於台灣電力公司208會議室，2013年5月27-31日。
- [12] 臺灣電力公司，101年統計年報，中華民國102年4月。
- [13] 林求忠，“電力代輸輸電費率探討”，電機月刊，2003年5月號，第149期，pp.240-250。
- [14] 李偉仁，“Wheeling Charge under a Deregulated Environment”，簡報於台灣電力公司電力調度處2501會議室，2000年5月24日。
- [15] <http://www.ercot.com/about/profile/history>, Electric Reliability Council of Texas.
- [16] <http://www.ferc.gov/market-oversight/mkt-electric/texas.asp>, Federal Energy Regulatory Commission.
- [17] <http://www.governor.state.tx.us/files/ecodev/texas-economic-overview.pdf>, The State of Texas Governor.
- [18] <http://www.nerc.com/>, North American Electric Reliability Corporation.
- [19] <http://www.opuc.texas.gov/ERCOT.html>, Texas Office of Public Utility Counsel.
- [20] <http://www.potomaceconomics.com/>, Potomac Economics.
- [21] <http://www.puc.texas.gov/>, Public Utility Commission of Texas.

- [22] <http://www.thetexaseconomy.org/>, The Texas Economy.
- [23] <http://www.taipower.com.tw/>, Taiwan Power Company.
- [24] http://www.usgovernmentsspending.com/compare_state_spending_2012bZ0A, United States Government Spending.
- [25] <http://en.wikipedia.org/wiki/Texas>, Wikipedia, the free encyclopedia.
- [26] [http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_GDP_\(nominal\)](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_GDP_(nominal)), Wikipedia, the free encyclopedia.