

美國電力自由化政策與法規探討： 以賓澤馬及加州為焦點

Investigation of Electricity Liberalization Policy and Regulation
in the USA: Focus on PJM and CA-ISO

許志義*
Hsu, Jyh-Yih

黃鈺愷*
Huang, Yu-Kai

王京明**
Wang, Kim-Mie

摘 要

本文旨在探討美國電力市場自由化相關政策與法規之沿革，並以美國最早推行電力自由化市場的兩個地區「PJM-Interconnection」和「CA-ISO」為例，探討兩個電力市場的電力結構以及制度設計，並研析個別批發市場價格與零售市場價格。PJM 供電結構以燃煤、核能機組為主，CA-ISO 則以燃氣機組為主。反映在電價上，CA-ISO 批發電力價格波動較大，零售市場價格較高。最後總結歸納出此兩地區近年電力市場沿革有以下發展趨勢，值得我國借鑑：(1) 電力交易所與電力調度中心合併營運；(2) 長期雙邊合約簽訂的普及；(3) 低碳燃料與分散式電源的廣泛運用；(4) 能源資訊技術的進步使需求面管理益獲重視。

Abstract

The objective of this article is to review electricity liberalization policy and regulation in the USA. The research investigates PJM-Interconnection and CA-ISO, two regional operators that implemented electricity liberalization policy in its earliest stages in America. The structure of electricity supply, electricity market design as well as wholesale and retail market prices for these two operators are analyzed and compared. The results show that the main electricity supply units in PJM are coal and nuclear, while CA-ISO relies more on natural gas. The wholesale market price in CA-ISO shows more fluctuation than that of PJM, and CA-ISO has a higher retail market price. The authors conclude by listing several developing trends in the U.S. electricity market: (1) the combination of power exchange (PX) and independent system operator (ISO) has become the mainstream; (2) long-term bi-lateral contracts have become prevalent; (3) low-carbon fuel and distributed generation are widely utilized; and lastly, (4) there has been more attention given to demand-side management because of the progress of energy information communication technology (EICT).

關鍵詞(Key Words)：電力自由化市場(Electricity Liberalization Market)、電價成本結構(Cost Structure of Electric Rates)、聯邦能源管制委員會(Federal Energy Regulatory Commission, FERC)、市場監督與調查辦公室(Office of Market Oversight and Investigation, OMOI)、獨立電力調度中心(Independent System Operator, ISO)、區域輸電組織(Regional Transmission Organization, RTO)。

*國立中興大學應用經濟學系、產業發展研究中心

**財團法人中華經濟研究院

壹、前言

本文旨在探討美國電力自由化市場相關之政策與法規，包括賓州、紐澤西州、馬里蘭(合稱賓澤馬，英文全名 PJM-Interconnection，以下簡稱 PJM)與加州等，均為美國最早推動電業自由化之地區，其過程與結果各有千秋。美國加州在電業自由化後第三年(2000)即發生嚴重的電力危機，而 PJM 專屬的獨立調度區域則是日益擴大，其輸電系統之加入成員數目逐年成長，被譽為當前電業自由化的成功典範。

為探討美國電力自由化發展，本文首先回顧美國電力市場自由化之沿革，探討 PJM 和 CA-ISO 電力供需結構以及電力市場設計，並探討分析批發與零售電價。最後，總結前述研究結果，提出結論與相關政策意涵。

貳、美國電力市場自由化之沿革

截止至 2013 年 10 月，北美地區 (含加拿大 部分省分) 電力自由化情形如圖 1 所示。是否完全自由化的評判標準，取決於各層級的能源消費者是否能自由選擇能源供應來源而定。然而，美國幅員廣大，其境內涵蓋數個不同之電力市場，各電力市場之發展歷程有其異同，造成該差異的原因甚多，包括各地資源稟賦、能源政策方針、政治生態、民眾環保意識之差異等。為了解美國電力市場的沿革，本節先加以探討美國政府電力管制單位歷年所制定的電力市場相關政策、法規及措施。

美國聯邦政府於 1935 年通過公用事業管制法案(Public Utility Company Holding Act, PUCHA)，旨在避免公用事業發生不公正或不可靠的市場行為，尤其是可能藉由獨占性之電力市場利潤，交叉補貼其多角化轉投資之其他競爭型態市場業務，造成不公平競爭或不當的社會資源分配。在此情況下，聯邦政府與各州公用事業委員會

(Public Utility Commission, PUC) 共同管理電力

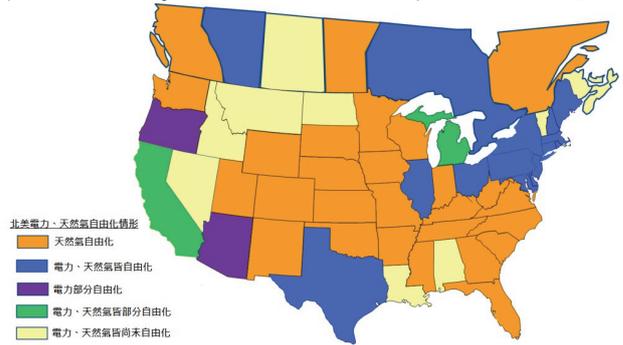


圖 1 北美電力、天然氣自由化情形

資料來源：The Deregulated States Map (2014) [1]

及天然氣公司。當時電力機組皆屬大型機組，數量尚稱不多，自然而然形成電力產業獨占的局面。

隨著科技發展，小型且高效率的機組浮出檯面，也順勢產生獨立的新發電業者。這些發電業者提供較低的供電成本與公用事業相競爭，使電力產業自由化的意識逐漸抬頭，各州公用事業委員會開始檢討原管制市場的適用性及存在價值，而一部份的州委員會也開始實施電業自由化政策或已慎重考量開放市場的可行性，此背景下美國聯邦政府也著手推動一系列的電力市場變革措施。主要包括以下數端：

一、1978 年公用事業管制政策法(PURPA)

1978 年為解決經濟成長、能源短缺及石油輸出國聯合壟斷行為引發之石油價格波動，所造成電力供給不足與成本提高等問題，美國聯邦政府制定「公用事業管制政策法(Public Utility Regulatory Policies Act, PURPA)」，開放非屬公用事業性質的獨立發電業者(Independent Power Producers, IPPs)加入電力批發市場。PURPA 要求公用電業開放代輸，允許獨立發電業者與合格設備業者(Qualifying Facilities, QF)與其併聯，可透過公用電業輸電網路送電予用戶，合格設備業者係指再生能源發電業者與汽電共生業者。PURPA 也要求公用電業必須以迴避成本(Avoided Cost)向合格設備業者購電，各州可自行決定迴避成本

高低及向非公用電業購電之比例。

事後檢討 PURPA 之實施績效，其成效並不顯著。主要原因在多數州之電力公司皆與獨立發電業者或合格設備業者簽定長期固定價格合約，且合約價格大多高於一般電力價格，使得電力公司成本反而提高。不過 PURPA 也證明一件事，即獨立發電業者可透過電力公司之輸電線路與設備進行送電與售電之行為，而且不會影響到電力批發市場之正常運作。1992 年美國國會進一步通過「能源政策法(Energy Policy Act)」，將代輸業務開放範圍擴大至所有發電業者，不再限於 PURPA 中之合格設備業者。

二、1996 年 FERC Order 888 與 Order 889

1996 年美國聯邦能源管制委員會(Federal Energy Regulatory Commission, FERC) 制訂「Order 888」，要求全美各州或地區開放批發市場競爭，而且要求所有電業必須進行發電與輸電之功能性分割，以避免電業兼營發電與輸電業務，產生操縱市場的力量，而使新進業者無法公平地使用輸電網路。Order 888 並未規定電業分割方式，帳目分割或完全分離皆可，但建議採成立「獨立電力調度中心(Independent System Operator, ISO)」之形式來進行，將操作權交給 ISO 運作，但輸電資產所有權仍屬於電力公司。FERC 保有核准 ISO 運作程序之規定，但不能直接向 ISO 下達指令，ISO 擁有完全獨立操作權。同時，FERC 發布「Order 889」，要求建置「公開聯網即時資料系統(Open Access Same-time Information System, OASIS)」，要求電業需隨時更新輸電線路之價格與可用率等資訊。

三、1998 年電力競爭計畫

美國目前主要能源政策係依據美國聯邦政府能源部於 1998 年公布的「電力競爭計畫(Comprehensive Electricity Competition Plan)」所制定，此計畫之目標為促進及保障公共利益，並提供政策機制以促進再生能源之發展，計畫中之

具體政策包含：

(一) 制定再生能源配比標準(Renewable Portfolio Standard, RPS)：

RPS 為一確保再生能源所占發電或消費比率之政策，規定發電業者或供電業者於其發電量或售電量中必須包含特定比例之再生能源電力。

(二) 公共利益基金(Public Benefit Fund, PBF)：

計畫預計全美要籌措 30 億美元之公共利益基金，用來提供各州之低收入戶補助、能源效率計畫開支、消費者教育及再生能源技術之示範與發展。

(三) 淨電表計量(Net Metering)：

淨電表計量係指容許分散型發電系統將其過剩電力回售給電力網路，以抵消其負載量之謂。在此措施中，用戶都可選擇淨電表計量，且所有配電業者都應該提供網路互連之服務，但適用範圍僅限於非常小規模之再生能源計畫(20kW 以下)，且價格須受限於州立標準。

(四) 資訊揭露規範：

為確保消費者選擇再生能源發電配比之權利，尤其是選購「綠色電力」之權利，所有的供電業者都必須公布其發電來源、價格及其他相關資訊，供消費者選擇。美國大多數的再生能源鼓勵措施都屬於州政府層級，許多州政府都訂有電力自由化市場中推廣再生能源的政策。

四、2000 年 FERC Order 2000-RTO

在 1997 年及 1999 年間加州與東北部 PJM、New-England、New-York 分別成立 ISO 與開放批發電力市場競爭。2000 年，有鑑於 ISO 發展過於緩慢，FERC 另行發布「Order 2000」，提倡「區域輸電組織(Regional Transmission Organizations, RTOs)」之理念，將區域輸電系統加以整合形成一個新的經濟實體，建議所有擁有跨州輸電資產電業，在 2001 年 1 月 15 日前將輸電資產交由 RTO 管理，不願加入者應提出說明適當理由。2001 年 6 月 FERC 根據區域特性整合所有輸電資產後，將之分為四大區域，此四大區域幾乎涵蓋了整個

美國本土區域。2000 年 Order 2000 公布後，德州 ERCOT 亦成立 ISO，但實際上 ERCOT 並不受 FERC 管轄，因為 ERCOT 的營業區域並未跨越其他州，而 FERC 是負責監督管理跨州經營之電業。嗣後，2004 年 Midwest ISO(MISO)亦開始運作。

五、2002 年市場監督與調查辦公室

鑑於加州電業自由化失敗與電力危機的經驗，2002 年 FERC 為了更正電力市場監管機制的缺失，要求獨立調度中心(ISO)需成立「市場監督與調查辦公室(Office of Market Oversight and Investigation；OMOI)」來強力執行監督、評估、調查、執法、規劃、處罰等管制功能。OMOI 共有 100 多位員工，同時派駐至少兩個全職人員至各 ISO 及批發市場做監督管制工作，加強聯邦與地方管制機制之整合。其具體職能為以下七項：

- (一) 扮演 FERC 重要的諮詢角色，負責管制與監督能源市場結構、能源市場績效以及市場參與者遵循法規等事項。
- (二) 分析研究能源市場結構與活動，以評估該州市場情況，在可能發生市場危機時提出警訊，並提供改善對策。
- (三) 對可能違反 FERC 規則、法令及相關能源市場結構、活動與參與者的管制規定之事件進行調查，對於違反事件加以懲罰，並透過協商與起訴來收取罰鍰。
- (四) 提供一個非正式解決爭議的平台，並向 FERC 提供執法之建議。
- (五) 讓非正式的爭議解決能夠與強制法規相契合，包括可能會妨礙天然氣或批發電力市場競爭之行為，以及破壞市場訂價機制等活動。
- (六) 進行市場研究，發展市場模型並加以模擬，蒐集與分析所有市場監督與調查所有可能的資訊。
- (七) 提出各項報告，包括各州能源市場整理、市場活動與趨勢分析、違反市場條件的警告及

能源市場功能與統一管理的變化。同時需要定期提出報告給 FERC 與一般民眾。

此外，OMOI 經由定期向 FERC 提交市場調度資訊以及市場運作績效報告，針對績效不佳的項目提出改正方案，必要時亦進行相關法規修訂工作。而運作績效報告以 PJM 市場績效報告「State of the Market Report」設計架構最為完整，主要衡量指標包括：批發市場績效、零售市場績效、電網系統運轉績效等三大項，各分項考量因素如表 1 所示。

表 1 市場績效報告設計架構

批發市場績效	
	市場結構
	市場供需 (裝置容量、發電量、尖峰負載)
	市場集中度 (HHI)
	重要供給者 (剩餘供給指數, RSI)
	邊際機組所有者 (邊際機組機率分配)
	需求面反應
	市場行為
	價格成本差距指數
	賣方標單上限
	頻繁被限機組
	市場績效
	電能市場價格 (區域邊際價格)
零售市場績效	
	零售電價
	用戶轉換情形
電網系統運轉績效	
	用戶平均斷電時間
	系統平均斷電次數
	系統平均斷電時間
	平均短暫斷電次數

資料來源：王京明、杜家雯、郭婷瑋(2008)^[2]

六、2002 年 FERC 標準市場設計

有鑑於賓澤馬電力市場運作之成功，2002 年 FERC 根據其電力市場制度發展出「電力批發市場標準市場設計(Standard Market Design, SDM)」，目的在建立具一致性之輸電服務管制方法，以及將各區域批發電力市場設計標準化，以消除各州間輸電服務條款之差異，進而確保各區

域間或區域內電力費率更佳合理與公正。標準市場設計原則包括：

- (一) 網路轉供服務單一化，消除垂直整合公用事業優先使用輸電設備之不公平現象。
- (二) 採區域邊際定價(Locational Marginal Pricing, LMP): 輸電服務與電能價格決定方式應採區域邊際訂價法，以增加投資訊息，降低輸電線路壅塞與提升電網運作效率。
- (三) 進行市場操縱力的監督與控制。
- (四) 容量充足要求 (Resource Adequacy Requirements): FERC 管制市場力政策使得投資誘因降低，因此對於必要的發電容量與輸電容量投資建議給予補貼。
- (五) 實施即時與前一日現貨市場：交易成本較低，且市場結清價格公開，可提高批發電力市場交易之透明與效率，另外，也有利於價格需求反應計畫 (Price-responsive Demand Programs)之推行，即時電價也可作為零售電價制定之參考。
- (六) 輸電服務費用應包含轉供費用與使用費兩部分，其中轉供費用應涵蓋一部份或全部的輸電系統固定成本，降低輸電投資的風險，而使用費則應反應邊際成本。
- (七) 實施壅塞收入權(Congestion Revenue Rights, CRRs)，為一種財務契約，使輸電用戶可規避輸電價格波動風險，在 LMP 下，引起輸電壅塞者必需支付較高的輸電服務費用。
- (八) 各州可參與獨立輸電提供者或區域輸電組織之經營管理，聯邦與州政府間應進行協商合作，包括輸電與發電場址的安排、零售面的價格反應需求計畫、資源適當與安全考量等。
- (九) 未加入 RTO 的地區，應提高其輸電操作者獨立性，使輸電服務能夠更加公平。
- (十) 應遵守可靠度標準，避免發生損害系統可靠度之事件。

但標準市場設計後來遭受極大的批評，許多電力公司基於本身的利益拒絕採用，其中

New-York ISO, New-England ISO, PJM 和 Midwest ISO，雖然採用標準市場設計，但仍然作些修正，而 CAISO 與 ERCOT 則將原先的節點系統(Nodal System)加以修改，以配合標準市場設計原則。2005 年 9 月 FERC 終止標準市場設計計畫，允許尚未採取標準市場設計的地區，可以提議其他更具效率的市場設計型態。基本上標準市場設計以 PJM 為藍圖，PJM 地區為美國電業自由化運作績效最佳的地區，在電力批發市場中商品種類很多，有充分的避險工具，且供電穩定度高，為美國電業自由化的成功典範。

七、2005 年能源政策法(Energy Policy Act)

該法於 2005 年通過，賦予 FERC 更大的管制權限，同時更加強調電力系統可靠度，主要政策目標有三：

- (一) 重申推動電力批發市場開放競爭之決心。
- (二) 加強 FERC 使用的管制工具，承諾有效率的管制是防止消費者權益被剝削與確保公平競爭的必要條件。
- (三) 提供更穩固的能源基礎建設。

八、2008 年以市價為基礎的公用事業批發電力銷售制度

FERC 制訂法規和標準，透過市場基礎 (Market-Based) 訂價來銷售電力和輔助服務 (Ancillary Service, AS)，以確保售電的公平性與合理性。市場基礎訂價的規範制度依循以下三個面向：

- (一) 進行賣方市場力(Market Power)分析，制訂相關條件和申報要求。
- (二) 加強 RTO 和 ISO 參與者的市場規範。
- (三) 持續監督和落實執法行動。

九、2011 年能源批發市場需求反應補償 (Demand Response Compensation)

FERC 為了改善批發能源市場的運作和競爭力，要求每一個 RTO 和 ISO 需求反應的參與者，

需量反應容量必須以市價支付給電力公司，也就是要採取區域邊際訂價法，並要符合以下兩個條件：

- (一) 需量反應必需要能平衡供給和需求；
- (二) 需量反應資源必須符合淨收益檢定(Net Benefit Test)決定的有效成本。

其中此法案提及的淨收益檢定是建立在 RTO 和 ISO 的歷史供給曲線¹，根據該供給曲線計算淨收益檢定門檻值(Threshold Point)²，其檢定概念是比較電力公司向需量反應參與者購買的需量反應淨收益是否大於電力公司的發電成本。若前者大於後者，則電力公司向需量反應參與者購買需量；若前者小於後者，電力公司則自行發電。

此外，FERC Order 745 載明，當價格高於淨收益門檻值時，需量反應參與者需要支付全額的批發價格給發電廠和輸電系統營運商(Transmission System Operator, TSO)；當價格低於該門檻值時，則僅需支付批發價格和零售價格的差額給發電廠和輸電系統營運商。

十、2013 年重審分散式電力系統定義及程序規定

在 2010 年 FERC 要求 North American Electric Reliability Corporation(NERC)對電力可靠度標準發展程序做相關規定的修改。在 2013 年 4 月 FERC 核准修改後的分散式電力系統規定，載明運轉設備必須要在 100kV 以上，准許採廣義的區域認定，並對設備的種類、結構制訂明確的標準，對分散式電力系統增訂一致性的規格，也設置篩選標準移除電網中運作不佳的分散式發電裝置。

¹ 供給曲線資料為了提供需量提供者和其他市場參與者有效即時的市場供需狀況，會在每月 15 日更新相關資料供下個月使用。供給曲線每月需考量的參數有前一年同時期的曲線、可使用的 DR 來源、燃料價格等。

² 數學式表示如下： $[(LMP_0 - LMP^*) \times MWh \text{ 消費量}] > (LMP^* \times DR \text{ 抑低量})$ ，其中 LMP_0 為需量反應調度前的價格， LMP^* 為需量反應調度後的價格。

參、PJM 與 CA-ISO 背景探討

一、PJM 背景探討

1927 年賓州、紐澤西州與馬里蘭州，此三州三家綜合電業共同組合電力池，簡稱「PJM」。1997 年成立 PJM，建立第一個能量競標市場。1998 年 PJM 開始運作，並成立容量市場。2001 年 PJM 組成「區域輸電組織(RTO)」，成為美國第一個區域輸電組織。之後 PJM 控制區域不斷擴大，至 2013 年中，其控制地區已擴大至美國數十州，涵蓋人口數超過 6,000 萬人，為美國最大的區域輸電組織。

PJM 於 2012 年裝置容量為 181,990 MW，發電量為 790,090 GWh。主要發電機組為燃煤(42.1%)、核能(34.6%)、燃氣(18.8%)，如表 2 所示。尖峰負載為 154,344MW，備用容量率約 13%，邊際機組為燃煤與燃氣機組。主要電力潮流方向為由西向東，西部地區發電結構以燃煤機組為主，發電成本低，而東部地區負載需求較高，受限於輸電線路容量限制，使得東部地區容易發生輸電壅塞情形，因此相對而言，東部地區

表 2 2012 年 PJM 裝置容量與發電量

	裝置容量 MW	發電量 GWh
燃煤	75,989 41.8%	332,762 42.1%
燃氣	52,003 28.6%	148,230 18.8%
燃油	11,531 6.3%	5,031 0.6%
核能	33,024 18.1%	273,372 34.6%
水力	7,880 4.3%	12,650 1.6%
風力	780 0.4%	12,633 1.6%
太陽能	47 0.0%	233.5 0.0%
廢棄物	736 0.4%	5,177 0.7%
總計	181,990 100%	790,090 100%

資料來源：Energy Information Administration (2013) ^[3]

電力成本較高，近來已有三家公用電業同意擴充東部地區主要輸電線路，對於輸電壅塞之抒解，有很大幫助。

二、CA-ISO 背景探討

加州為促進發電市場競爭，使各區發電與輸電容量能夠更有效的運用，並提供公平開放的網路服務使用權，1992 年加州公用事業委員會 (CPUC) 決定進行電業自由化，1996 年 9 月州議會通過的「Assembly Bill 1890 (AB1890)」，為加州電業自由化的重要里程碑。按 AB1890 法案，加州有四年的電力市場解除管制過渡時期(1998 年至 2002 年)，不強制三大民營公用電業進行分割，但須將發電、輸電、配電等功能分離，其中輸電及配電仍為受管制業務，三大民營公用電業需將輸電系統控制權交由 CA-ISO 管理。此外，該法案也規定公用事業必須分割出售 50% 以上之化石燃料電廠，並強制於 PX 買賣電力，以確保新發電市場之競爭性。1998 年 3 月，電力市場開始運作，發電市場開放自由競爭，電力價格由市場決定，同時亦開放零售市場的競爭，民營公用事業電力公司的所有電力用戶有直接選擇購電之權利。

加州電業自由化約經歷兩年之蜜月期，2000 年夏季以前，僅在夏季會發生緊急事故，最多一個月發生三次，且事故原因皆非電能市場不平衡所造成。但在 2000 年 6 月，批發市場電力價格突然高漲。由於批發電價高漲，但零售電價卻受到管制，因此民營公用電業必須以高價買電以低價售電，造成民營公用電業嚴重虧損，瀕臨破產，也造成獨立發電業不願出售電力予民營公用電業。2000 年 12 月躉售價格較前一年同期上漲約四十倍，2001 年 1 月當時加州州長戴維斯宣布加州進入緊急狀態，州議會同意暫時解凍零售電價，要求水資源部以長期契約直接購買電力，並以低於批發市場的價格銷售給三大綜合電力公司。然而，由於加州本身電力供需失衡(需求大於供給)，以及獨立發電業者市場力濫用、管制機關

監管失當，造成批發電價在 2001 年冬季仍舊維持在相當高的水準，同時緊急事故發生更加頻繁，南加州常常發生無預警斷電，並開始實施輪流限電，此即為加州電力危機。

CA-ISO 於 2012 年裝置容量為 74,103 MW，發電量為 198,313 GWh。主要發電機組為燃氣(61.3%)、水力(13.9%)、核能(9.3%)，如表 3 所示。尖峰負載為 64,936MW，備用容量率約 21%，邊際機組為燃氣機組。

表 3 2012 年 CA-ISO 裝置容量與發電量

	裝置容量 MW	發電量 GWh
燃煤	426 0.6%	1,580 0.8%
燃氣	45,183 61.0%	121,649 61.3%
核能	4,577 6.2%	18,491 9.3%
水力	13,888 18.7%	27,461 13.9%
風力	4,967 6.7%	9,152 4.6%
太陽能	855 1.2%	1,533 0.8%
生質能	1,180 1.6%	5,934 3.0%
地熱	2,651 3.6%	12,362 6.2%
其他	376 0.5%	151 0.1%
總計	74,103 100%	198,313 100%

資料來源：Energy Information Administration (2013)^[3]

肆、賓澤馬與加州電力市場制度設計

一、賓澤馬電力市場制度設計

PJM 批發電力市場之商品種類繁多，包括前一日與即時能量市場(Energy Market)、備轉容量市場、每年(每月)財務輸電權(Financial Transmission Right, FTR)拍賣市場，皆為 FERC 標準市場設計的藍圖。在電業自由化第一年(1998 年)賣方標單必須以成本為基礎(Cost-based

Offers)進行報價，1999 年 4 月改採市場機制 (Market-based Offers)。1999 年 1 月每日容量市場開始運作，1999 年中每月、多月容量市場開始運作。1999 年 5 月 1 日 FTR 拍賣市場開始運作，2000 年 6 月 1 日前一日電能市場與頻率調節市場開始運作，2002 年 12 月 1 日 PJM 修正市場設計增加備轉容量市場，2003 年 6 月 1 日 PJM 引進拍賣收入權(Auction Revenue Rights, ARR)。以下就能量市場、雙邊合約市場、壅塞管理市場 (Congestion Management Market)、輔助服務市場 (Ancillary Service Market)說明其職責與運作方式。

(一) 能量市場

能量市場(或稱電能市場)負責進行批發電力市場之電能買賣與交付行為，以滿足電能供應商、批發用戶與其他市場參與者之需要。運作方式相當類似股票交易市場，由買賣雙方自行設定價格後進行撮合。

訂價方式採區域邊際訂價法(LMP)，反應各區域當時的電能價值，也就是在考慮所有輸電限制下，以可用發電機組最低發電成本滿足下一單位負載之成本，等於「發電邊際成本」、「輸電壅塞成本」與「邊際損失成本」三者之和。若某個區域發生輸電壅塞，則電能無法自由傳送至該地區，為滿足其需求，該區域的電能價格將較昂貴，因此該區域邊際價格相對較高。

以賣方標單為基礎，買賣電力者可利用雙邊契約或於市場上遞出買/賣電力標單進行電力交易。買方有充分選擇權，如負載服務公司(Load Serving Entities, LSE)，即售電業可透過 PJM 電力現貨市場、自我排程(Self-schedule)、雙邊合約等方式獲得電能，再提供給用戶。

PJM 結清方式採雙重結算系統(Two Settlement System)，包括兩個市場：前一日市場(Day-ahead Market)及即時平衡市場(Real-time Balancing Market)，其運作方式如下：

1. 前一日市場

前一日市場可讓市場參與者以前一日價格

買賣電力，也使輸電用戶可以前一日注入點及提出點間的 LMP 價差做為壅塞成本，對其雙邊交易進行排程，預期排程可為固定、可調度或壅塞受限(‘Up to’ Congestion Bid)型式，註明是否願意支付壅塞成本，或是在壅塞時願意降載。售電業則能以前一日價格針對特定的負載需求，提送負載排程。收到標單及雙邊合約排程後，PJM-ISO 會利用排程程式，考慮最小成本、網路限制、備用容量義務、可靠度進行排程，得出前一日每小時排程與 LMP。所有列入排程之發電業者可獲得前一日 LMP，列入的排程負載需求則須支付前一日 LMP，雙邊合約則支付注入點及提出點間前一日 LMP 差異，做為壅塞費用。

2. 即時市場

未被選入前一日排程的發電業者，可以改變他們的標單，參與即時平衡市場(否則原始前一日標單仍然有效，可作為下一日的賣單)。即時市場則是依據實際小時電量、輸電限制、供電者在即時市場的標單，五分鐘結清一次 LMP。售電業者的負載超出/低於其前一日排程的量，則須支付/可獲得即時 LMP，發電業者的發電量低於/超出前一日排程之發電量，則必須支付/可獲得即時 LMP。雙邊合約則按其實際電量與前一日排程之差異，以注入點及提出點間即時 LMP 差額支付壅塞費用。

前一日市場及即時平衡市場有不同的會計結算系統，前一日市場係按「排程小時電量」及「前一日市場結清價格」結算，即時平衡市場則是按「實際小時電量與前一日排程電量之差額」及「即時市場價格」結算。

(二) 雙邊合約交易

PJM 場外的實體電力合約可透過交易所或以店頭交易(OTC)雙邊合約方式達成。在交易所中的合約有固定形式，多以月尖峰/離峰為交易期間區塊(Monthly On/Off Peak Block)，有固定電量(MW)，並有單一價格。賣方須送一定電量(MW)至合約指定的地點(Hub)，而買方則必須將電力由 Hub 送至負載端。為滿足合約，雙方都可能要再

另外購買輸電合約或至電力現貨市場交易。相反的，OTC 交易之雙邊合約則無固定形式，可由買賣雙方按其需求決定合約條款。

PJM 要求其會員必須在至少一日前，告知所有使用到 PJM 發電及輸電設備的雙邊合約排程，並說明是否願意支付前一日市場及即時市場的壅塞費用。在前一日市場中，簽有雙邊合約輸電用戶可提送壅塞受限標單，其出價不可大於 \$25/MWh，否則會被視為固定雙邊合約。

(三) 壅塞管理市場

PJM 有建立「財務輸電權市場(Financial Transmission Right, FTR)」，提供財務輸電權給電力交易者作為規避網路壅塞價格變動工具，可確保持有者在一日前市場發生網路壅塞時，因調度排程外機組來紓解壅塞所產生之輸電壅塞費用可獲得補償。FTR 有指定的注入點(發電端)及提出點(負載端)，在注入點及提出點間的網路系統發生壅塞時，FTR 持有者可獲得市場參與者繳交之輸電壅塞費用的一部分。

設計 FTR 的目的是確保固定點對點輸電服務，用戶在其送電量與其預訂容量相符時，不致產生額外之輸電壅塞成本。換句話說，FTR 為一種財務契約，將輸電壅塞費用退回給固定點對點輸電服務用戶，而非實體的電力輸送權。當一日前市場壅塞發生時，FTR 持有者可獲得其持有 FTR 數量(MW)乘以注入點與提出點間 LMP 價差，所求得之補償金額。

FTR 有分為年與月拍賣市場，「年拍賣市場」出售整個 PJM 系統之財務輸電權，結清方式係以「成交總價最大化」為原則，拍賣所得則按拍賣收益權(Auction Revenue Rights, ARR)³分配給網路輸電用戶及固定點對點輸電用戶。拍賣共分四回合，各出售 PJM 系統 25%容量，在前面回合所購買的 FTR 也可在後面的回合出售。

「月拍賣市場」則是出售年拍賣所剩餘的容

量輸電權，同時也容許市場參與者出售其持有的 FTR。月拍賣只有一回合，拍賣現有之剩餘容量。結清方式亦以「成交總價最大化」為原則，所得先按差額比例分配給 ARR 持有者彌補年拍賣所得之不足，若有剩餘則納入市場結算程序中。

此外，PJM 會員持有的 FTR 可在次級市場中以透過 PJM 提供的 eFTR 次級交易中心 (Secondary Trading Center) 以雙邊合約方式買賣，直接買賣手中持有的 FTR 給其他市場參與者，PJM 會自動移轉 FTR 所有權，並調整會員的月帳單。一個輸電路徑 FTR 可分割成數個不同 MW 或不同時間範圍的 FTR 出售。eFTR 的次級交易為電子佈告欄系統(Bulletin Board System, BBS)，想出售者可在上面張貼或查看買賣公告，以及接受或拒絕報價。

在 PJM FTR 拍賣市場或次級市場買賣的市場參與者，可先成為 PJM 會員或輸電用戶，再透過 eFTR 買賣。亦可於場外自行交易，但 PJM 的帳單結算服務僅提供給透過 eFTR 的市場參與者。

(四) 輔助服務市場

PJM-ISO 所提供的輔助服務包含，備轉容量、電力調度 (Regulation) 與全黑啟動 (Black Start)。礙於篇幅所限，以下就 PJM 備轉容量市場說明其運作流程。

為了確保電力系統的可靠度，系統應保有超過尖峰負載以上之容量，PJM Operating Agreement (Schedule 11) 中規定了「容量信用市場」的運作準則。依其用戶之負載量，每個配電公司都需滿足其每日之容量要求，其可透過自己的發電容量、雙邊合約或至容量市場購買容量來滿足容量要求。

容量信用市場包括「每日市場」及「每月市場」。「每日市場」為強制性市場，買方及賣方標單於早上 07:00-10:00 間提送，註明容量、種類(固定或變動)、價格、日期等資訊。PJM 會於 10:05 評估市場參與者之容量，若市場參與者的容量不足，PJM 會自動將買方標單調為不足之容量；若

³ ARR 之經濟價值為 FTR 年拍賣中注入點與提出點之 LMP 差異，其公式為：
ARR 分配目標值=(持有之 ARR MW 數/回合數)*(提出點 LMP-注入點 LMP)

市場參與者容量過剩，則 PJM 會賣出過剩容量。「每月市場」則是自願性市場，期間可涵括一個月至數月，買方及賣方標單亦於早上 07:00-10:00 間提送，PJM 於晚上 12 點前結清。

二、加州電力市場制度設計

以下探討 CA-ISO 能量市場、雙邊合約市場、壅塞管理市場、輔助服務市場的制度設計與其運作方式。

(一) 能量市場

加州電力批發市場的交易模式如同其他股票、商品交易所，惟電力其特殊性，有不同時間架構的制度設計，其功能性彼此相互關聯，因此得以捕捉電網內的輸電損失、虛功負載，進而計算出每個節點的價格。以下說明其運作方式：

1. 前一日市場

前一日市場決定每一小時每單位的市場結清價格，並分析每一機組需要發電多少量。前一日市場會在交易日前七天開盤，於前一天的下午一點收盤，並發佈排程結果及結算價。收盤前三天的流程包括：

- (1) 市場力測試：若有任何標單不符市場力測試，系統將會決定最有效率的發電排程處理區域可靠度問題。
- (2) 整合遠期契約市場：此機制同時分析考量電能和輔助服務，檢查壅塞管理所需的輸電容量以及平衡電力所需的備轉容量。「發電量」、「網外匯入電量」兩者之和須與「負載用電」、「網外匯出電量」、「輸電損失」三者之和相等，使最終排程得以符合整體電網以及輔助服務之限制需求。
- (3) 排程差額履行：當預測負載與整合遠期市場不符時，即產生排程差額的處理流程。此流程必須確保 ISO 能購入成本最低的可用資源作為額外的排程容量，以滿足排程差額所需。

2. 即時市場

CA-ISO 的即時市場，又稱即時電能不平衡市場(Energy Imbalance Market, EIM)，其交易的補充電能(Supplemental Energy)可以迅速進行買賣，每 5 分鐘進行交易一次，即時電能不平衡發生時，SC 若提供額外發電時可以獲得相對應報酬，但若要取得額外電能則需要支付費用給 ISO，市場參與者也可以遞出遞增標單(Incremental (Inc) Bids)來供給電力，或是在超額供給與輸電線路壅塞時可以遞出遞減標單(Decremental (Dec) Bids)來減少電力供給。

於 2014 年 CA-ISO 為了在即時電能不平衡市場落實輸電補償政策(Transmission Compensation Policy)，試圖降低交易摩擦(Transactional Friction)，CA-ISO 中的市場參與者(如 NV Energy, Pacific Corp 等)享以不收取代輸費率(Wheeling Rates)至少一年的獎勵誘因^[4]，其目的在於減少市場參與者的電網成本，以促進市場參與者對 EIM 的參與誘因。

(二) 雙邊合約市場

2000-2001 年加州電力危機發生前，發電業和公用事業為避免在電價低廉時缺乏彈性使電廠蒙受虧損，故限制雙邊合約的簽訂。然而，因加州電力市場強制發電業於電力交易所(Power Exchange, PX)交易電力，缺乏場外交易機制的情形下，使發電業有誘因少發電拉抬交易所電力價格，以增加其自身利益。致使當電力危機發生時，未有雙邊合約交易機制規避居高不下的批發市場價格，反使電力公司承受巨額虧損。

因此，電力危機之後，雙邊合約市場對於穩定 CA-ISO 的供電可靠度扮演舉足輕重的角色。CPUC 為了維護電網可靠度，要求電力公司必須將特定電力裝置可供給之容量規範於雙邊長期契約中，若電力裝置必須提供額外的容量或是升級裝置容量彈性所需額外的融資活動，CPUC 有責任提供新的躉購措施和成本分配機制。

而 CA-ISO 為了因應其政策目標，實施可靠度服務措施(Reliability Service Initiative, RSI)，旨在藉由躉購額外容量以因應不同的分散式發

電資源所需的資源適足率標準 (Resource Adequacy Requirement, RAR)，改善經濟效率，並且確保電價合理。然而，CA-ISO 尚未有健全的市場機制得以有效處理分散、彈性、多元的電力資源所需之可靠度服務，故 RSI 大多在雙邊合約的架構下進行。加州既有的再生能源大部分亦皆透過雙邊合約導入電力市場，而合約的制定須考量裝置特性、所在位置、容量大小、合約期間等因素，其中合約期間目前大多小於十年。

(三) 壅塞管理市場^[5]

CA-ISO 負責分配輸電線路之使用權利，當輸電線路分配不足時，則該地區將被定義為壅塞地區，壅塞地區之 SC 將可以參與壅塞管理市場，減少其電力輸送或是增加發電量。CA-ISO 以區域為管理基礎，並在網路上公佈各區域的價格。

壅塞情形可分為區域間(Inter-zonal)壅塞與區域內(Intra-zonal)壅塞，而其解決方式係以最小成本為之。區域間壅塞管理的解決方法為，對於缺電地區，優先調整可增加出力或減少負載之最低投標價格之電力交易量。對於過剩地區，優先調整能增加負載或減少出力之最高投標價格者之電力交易量，最後調整出力機組之競標價格即為兩地區的電力交易價格。而區域內壅塞管理方式類似，不過解決區域內壅塞時，不能造成區域間壅塞，區域內壅塞管理的成本 CA-ISO 則透過電網營運費(Grid Operation Charge)回收。

(四) 輔助服務市場

為維持輸電網的穩定與安全，電力系統需隨時維持一適當的備轉容量，以因應系統發生緊急事故時可有效支援。系統亦需具備可瞬間平衡電力供需失衡的機組。故 ISO 負責輔助服務市場之運作，其將輔助服務內容分為下列六項，定義分別如下：

1. 調度電力
2. 熱機備轉容量(Spinning Reserve)
3. 非熱機備轉容量(Non-spinning Reserve)
4. 替代備轉容量(Replacement Reserve)

5. 電壓支持(Voltage Support)

6. 全黑啟動

前四項輔助服務可以透過市場取得，排程協調單位(Scheduling Coordinators, SC)有提供輔助服務之義務，可自我評估決定要自己提供或向電網內發電廠、分散式電力資源(Distributed Energy Resource, DER)、整合商(Aggregator)等參與者購買所需之輔助服務。ISO 則經由前一日(Day-ahead Market)及前一時(Hour-ahead Market)輔助服務市場，向排程協調者購入各項輔助服務，並依據負責相關的結算工作與計價方式。至於電壓支持與全黑啟動是公共財，無法以現貨競價取得，故 ISO 必須「事前」訂定之。

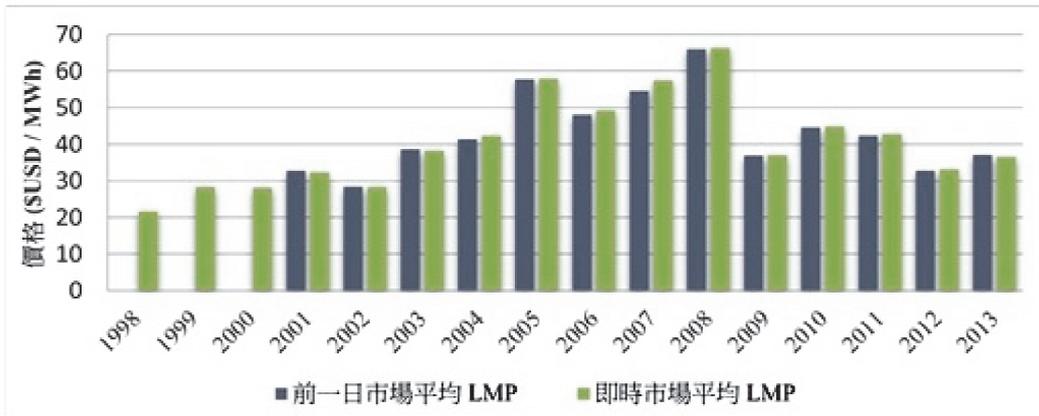
伍、批發市場、終端用戶電力價格分析

本節探討 PJM 與 CA-ISO 的批發市場價格(系統電價)、終端用戶電力消費價格。

一、批發市場價格

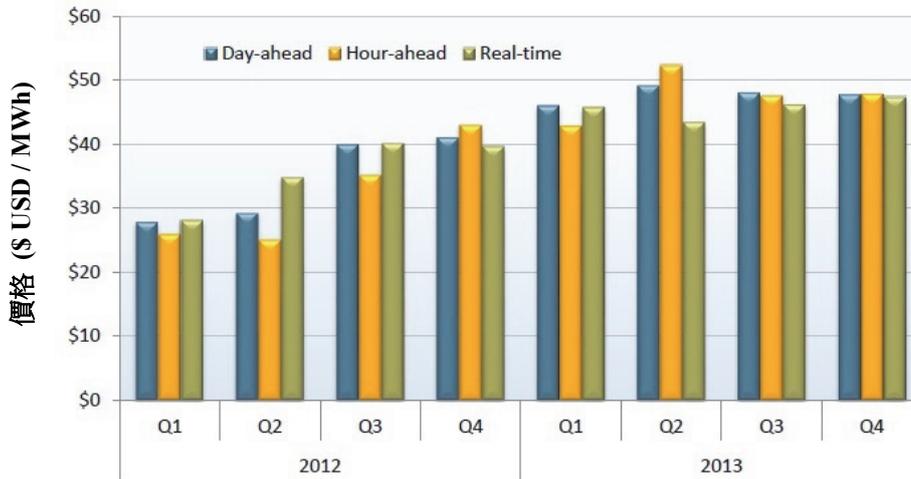
圖 2 顯示 PJM「前一日市場」和「即時市場」1998 年至 2013 年區域邊際價格(LMP)。「前一日市場」和「即時市場」LMP 價差大部分皆在 \$1/MWh 以內，至多不超過 \$3/MWh，顯示 PJM-ISO 即時市場收斂機能運作成效顯著。2009 年到 2013 年的平均 LMP 大致落在 \$32/MWh 到 \$42/MWh 之間。其區域邊際價格波動主要受 LMP 邊際損失組成(Marginal Loss Component of LMP, MLMP)、LMP 壅塞組成(Congestion Component of LMP, CLMP)、系統邊際價格(System Marginal Price, SMP)影響。MLMP 是電力從發電端經由輸配線網路到負載端因物理限制所產生之電力損失；CLMP 是反映舒緩輸電限制所需之成本；SMP 是扣除 MLMP 和 CLMP 後之淨額，即表示該節點於該時間點之系統邊際成本。

圖 3 顯示 2012 第一季到 2013 第四季 CA-ISO 電力批發市場價格，整體而言「前一日市場」的價格高於「即時市場」約 \$2/MWh，最



資料來源：整理自 State of the Market Report for PJM (2013)^[5]

圖 2 PJM 電力批發市場價格



資料來源：Annual Report on Market Issue & Performance (2013)^[6]

圖 3 CA-ISO 電力批發市場價格

大價差於 2013 年第二季可到\$6/MWh。2013 年「前一小時市場」與「即時市場」價格收斂效果優於 2012 年。此原因主要來自於在即時時間架構下，會有額外的發電機組加入排程，而主要加入排程的機組主要為再生能源。此外，在 2012 年與 2013 年第二季「前一日市場」與「即時市場」價格收斂效果以及「前一小時市場」與「即時市場」價格收斂效果不如其他季，此乃水力發電受季節性變化影響所致^[6]。

二、終端用戶價格

表 4 為 PJM 和 CA-ISO 於 2001 年、2007 年、

2013 年的終端用戶平均電力消費價格，終端用戶包括住宅、商業、工業、交通部門。兩電力區相較之下，加州的電價普遍較 PJM 各州高，且加州電價是逐年增加，就住宅部門而言，2013 年加州住宅部門平均電價為 16.39 US cent/KWh，PJM 住宅部門平均電價較高的州為紐澤西州 15.72 US cent/KWh、密西根州 14.59 US cent/KWh、馬里蘭州 13.24 US cent/KWh。

加州終端用戶電價較 PJM 各州高的原因是，加州發電量結構六成為燃氣機組，而 PJM 發電量結構燃煤機組占四成，核能機組占三成。此外，近年美國西部受氣候變遷之故，降雨量不

表 4 PJM 與 CA-ISO 終端用戶消費價格

單位：(US cents/KWh)

	2001				2007				2013			
	住宅	商業	工業	交通	住宅	商業	工業	交通	住宅	商業	工業	交通
CA-ISO												
California	12.09	12.15	9.32	-	14.42	12.82	9.98	8.37	16.39	14.57	11.17	7.68
PJM												
Delaware	8.61	7	4.81	-	13.16	11.21	8.93	-	8.61	7	4.81	-
Indiana	6.92	5.29	4.11	-	8.26	7.29	4.89	10.09	10.84	9.48	6.59	9.87
Illinois	8.71	7.4	4.65	-	10.12	8.57	6.61	6.43	10.25	7.88	5.73	5.44
Kentucky	5.58	5.2	3.04	-	7.34	6.76	4.47	-	9.71	8.5	5.4	-
Maryland	7.67	6.36	4.37	-	11.89	11.58	9.41	10.15	13.24	10.7	8.36	8.48
Michigan	6.97	8.26	7.54	5.08	10.21	8.77	6.47	9.76	14.59	11.07	7.78	9.92
New Jersey	10.21	9.09	8.33	-	14.14	12.99	10.08	11.14	15.72	12.8	10.71	10.43
North Carolina	8.12	6.42	4.61	-	9.4	7.43	5.47	9.14	10.91	8.73	6.34	7.94
Ohio	8.37	8.46	4.27	-	9.57	8.67	5.76	9.98	11.91	9.38	6.1	6.61
Pennsylvania	9.68	8.62	5.76	-	10.95	9.2	6.87	7.72	12.82	9.26	7	7.82
Tennessee	6.32	6.31	4.05	-	7.84	8.09	5.19	10.31	10.04	10.01	6.44	11.46
Virginia	7.79	5.85	4.16	-	8.74	6.38	5.07	6.73	10.93	8.05	6.65	8.17
Washington DC	7.79	7.45	4.81	-	11.18	12.01	9.32	11.32	12.56	11.39	5.89	-
West Virginia	6.26	5.44	3.74	-	6.73	5.85	3.95	6.42	9.52	8.16	6.2	8.68

資料來源：US Energy Information Administration (2013)^[8]

穩，加州有超過一成的發電量仰賴水力發電，使加州不時面臨電力供給吃緊的窘境，此也反映於高電價上。再者，加州因環保意識的興起，實施汙染排放權制度，墊高興建新電廠的成本。雖然加州相較美國其他州較積極發展再生能源，也積極推廣需量反應但其發展速度仍不及電力需求的成長速度。

陸、結論與政策意涵

本文探討美國電力市場自由化相關的政策沿革，回顧 PJM 與 CA-ISO 自由化的發展進程與背景，並探討兩電力市場的市場設計，最後分析批發與零售電價。綜合上述內容，歸納重點如下：

1935 年 PUCHA 為了促進管制美國公用事業，立法限制公用事業營運的範圍與轉投資之權責。自 1973 年和 1978 年的兩次石油危機衝擊下，傳統電力公用事業開始開放電力市場競爭，有助於節約能源，汽電共生合格系統(QF)以及在地發電的再生能源發展。因此 1978 年通過著名

的 PURPA 法案，代表新的分水嶺。事實上，PURPA 法案相關的加州再生能源 Standard 1、2、3、4，四種保證價格收購電價，即為德國 2001 年採用饋網電價(Feed-in -tariff, FIT)之濫觴。接著 1980 年代末，英國柴契爾夫人雷厲風行電力市場自由化與民營化，造成全球沛然莫之能禦的解除管制風潮。在此影響趨勢下，美國自 1996 年 FERC 通過關鍵性的 Order 888 加速美國批發電業自由化後，1998 年 PJM 和加州電力市場先後實施電力市場自由化。由於 PJM 電力市場自由化績效良好，其 RTO 控管之電力區域逐年擴充版圖。相反地，加州因電力市場設計將 ISO 和 PX 分開平行運作，不但增加交易成本，更因為政治因素之介入，迫使住宅部門零售電價與批發市場自由化之電價機制脫節，亦即在 1998 年自由化實施三年期限內，必須平均每年下降百分之十的零售電價，釀成日後發生電力危機，以至於電力市場自由化成效不彰。可見電力市場設計之良窳，攸關日後電力市場能否正常運作。

綜合本文回顧美國近年電力市場發展，在節

能減碳、電力供應穩定、能源資通訊技術進步的考量背景下，可整理出以下發展趨勢以及對台灣推行電力自由化政策之啟示：

一、PX 與 ISO 合併營運：

加州電力市場的經驗，起初將 PX 和 ISO 兩獨立機構分開經營，導致營運成本過高，資訊流通不易掌握，交易成本增加，導致壅塞問題無法真正解決，加州電力危機發生後 PX 已遭廢除，電力調度和價格決定的機能皆由 ISO 運作。至於 PJM 則是 ISO 與 PX 合併運作，似成為當前美國電力市場主流特色之一。

值得注意的是，行政院本的電業法修正案⁴所規劃的電力市場藍圖，僅設置 ISO，未強制設置電力交易所。是否設置 PX 有不同的優缺點。設置 PX 的好處在於價格透明、節省資訊收集交易成本，而其缺點則需支付相對應的手續費，未設置 PX 的優劣則正好與設置 PX 相反。由於設置 PX 有不同的優劣，在規劃電力市場時，宜思考清楚 PX 的角色定位。

二、長期合約的簽訂：

長期合約(如：雙邊合約)的簽訂，有助於電廠規避短期電價劇烈波動的風險，亦能讓發電業者及早確保投資的回收，提供業者投資誘因，達到避險以及促進投資之目的。PJM 電力市場 80% 以上的電力是來自雙邊合約，而加州電力市場初期禁止長期契約，使消費者必須到躉售或即期現貨市場購電，惟因電價波動過大，後來也放寬簽署雙邊合約等長期合約的限制。

以台灣目前行政院版本的電業法修正草案，其所規劃的電力市場中未強制設置電力交易所，電力交易以長期合約為主要電力來源，此情形與上述 PJM 現況雷同。然而，即時的電力供需未必會與長期合約相同，在目前電業法草案未強制設立電力交易所的電力市場架構下，缺少發現電力現貨價格之機制，使相關成本與價格資訊不

透明。故若要健全電力自由化市場運作，從 PJM 電力市場經驗來看，除場外長期雙邊合約的交易外，場內即時現貨交易機制之設置有其必要性。

值得一提的，此一即時現貨交易市場不一定要屬於「強制性」，即使是「自願性」，亦可達到價格訊號揭露之目的。但其結算還是須「強制性」，亦即處理雙邊合約排程調度與輔助服務的價格，仍需要以「前一日市場」或「即時市場」的價格作為基礎。因為現貨市場揭露的價格資訊除「電能價格」外，也揭露了「壅塞價格」與「電能平衡價格」，而這些價格皆是雙邊合約用戶(與現貨市場參與者)必須支付的共同額外費用，因此市場參與者必須共同參與結算作業，才可完善電力市場的運作。

三、低碳燃料與分散式電源的運用：

為了因應氣候變遷，本文探討的兩個電力市場皆逐年降低煤炭發電的比例，而改採天然氣及其他再生能源發電，全美再生能源的發展，尤以加州最具代表性。加州在發生電力危機之後，積極發展再生能源⁵，其 RPS 設置目標在 2020 年全加州 1/3 的電力必須皆來自於再生能源。

發電結構朝低碳發電源轉移的趨勢也發生在台灣，根據能源局統計年報資料顯示，近年台灣的發電裝置容量結構，燃煤機組在 1997-2012 年間均維持在 8.1GW 到 9.2GW 水準之間。而同一時期燃氣機組則由 3.4GW 成長到 10.6GW。然而，現今台灣民情已不易再興建大型發電廠，加州三大電力業者紛紛推行分散式發電資源(Distributed Energy Resource, DER)搭配多元的需量反應方案等措施，此類商業模式不僅可讓供給面更永續環保之外，也同時提供誘因改變需求面電力消費方式，以達整體社會節能減碳之目的。此類措施可做為台灣面對發電源開發不易之因

⁴ 103 年 2 月 11 日自經濟部簽出版本

⁵ 2013 年 3 月聯邦政府批准加州大型太陽能發電廠計畫，計畫場址位於河濱(Riverside)的麥考伊太陽能發電計畫(McCoy Solar Energy Project)發電量最高可達 750 MW。加州的太陽能發電可望在 2016 年達到 3,000 MW

應政策借鑑。

柒、致謝

四、需求面管理日益獲重視：

無論是加州電力市場或是 PJM 電力市場，因環保意識高漲，找尋發電場址不易，輸、配電路權困難，供給面開發受阻的緣故，電力自由化政策日趨重視電力需求面管理。例如 2011 年通過的電力批發市場對需量反應的市價補償制度。

此外，自由化的電力市場也有助於民間能源服務企業，從事電力需求面管理的相關商業活動。以 Comverge 為例，該公司為一家專門替企業與住家提出智慧節能方案以及扮演大型需量反應整合商的全方位能源服務公司。其在 PJM 轄區所管理的容量達 3,500MW，占全 PJM 的 25%。致力於佈建智慧電表並提供需量反應計畫減少用戶的能源使用量(特別是工商業用戶)，有效減少尖峰用電，提升電網可靠度。

反觀台灣當前電力需求面管理推動現況，24,000 中高壓用戶已全數安裝智慧電表完成，然 1,300 萬戶的低壓用戶僅完成安裝 10,000 戶，且可操作的需量反應方案僅侷限於中高壓用戶。在電力市場尚未完全自由化前，可運作的商業模式有限，民間企業參與安裝智慧電表以及節能諮詢服務的空間有限，此時台電可提出更多元的需量反應方案，攤銷智慧電表成本，提升低壓用戶安裝智慧電表意願。如此一來不僅可減緩台灣尖峰時段電網的負荷，佈建 AMI 後所衍生的新商業模式(如分散式電力的發展、讀表資料的應用)，更有助於活絡台灣電力市場的發展。

此外，需量反應除了可減少電網尖峰負載的負荷之外，還可透過抑低眾多用戶需求負載，與分散各地之再生能源裝置，形成虛擬電廠(Virtual Power Plant, VPP)，提供因應電力供需不平衡、電壓不穩定等輔助服務之需要，使得需量反應成為提供輔助服務的途徑之一，甚至透過法規予以規範，也成為當前全球暖化與環境保護趨勢下，節能減碳新趨勢。

本文作者感謝科技部 (MOST 103-3113-E-006-011)^[9]、公平交易委員會 (FTC 10314)^[10]、原子能委員會核能研究所 (NL1025013)^[11] 研究計畫之支持，始得以完成此一文章，惟文中若有訛誤，應由作者自負文責。

捌、參考文獻

- [1]“The Deregulated States Map,” Sep. 2014, [Online]. Available: <http://energytariffexperts.com/blog/2013/5/29/the-only-correct-deregulated-states-map>
- [2]王京明、杜家雯、郭婷璋，「電業自由化改革之國際間比較與評鑑」，中華經濟研究院，2008 年 10 月。
- [3]Energy Information Administration, “Electric Power Annual,” Energy Information Administration (EIA), Department of Energy, United State, 2013.
- [4]Energy and Environmental Economics Inc, “NV Energy-ISO Energy Imbalance Market Economic Assessment,” 2014.
- [5]許志義，「電力調度機制獨立性探討」，我國電業自由化趨勢論壇，台北國際會議中心 102 會議室，2013 年 11 月 8 日。
- [6]“State of the Market Report for PJM,” Independent Market Monitor for PJM, 2013.
- [7]“Annual Report on Market Issues & Performance,” California ISO Department of Market Monitoring, 2013.
- [8]US Energy Information Administration, “Electricity Data Browser,” Aug. 2014, [Online]. Available: <http://www.eia.gov/electricity/data/browser/>
- [9]許志義、陳彥豪，「動態電價市場/輔助服務市場機制」，科技部委託專題研究計畫，MOST 103-3113-E-006-011，2014 年。
- [10]許志義、王京明、黃銘傑，「國內電力市場相關問題之研究」，公平交易委員會委託專題研究計畫，FTC 10314，2014 年。
- [11]王京明、許志義，「美、德、瑞典及我國現行電價策略分析資料庫建置」，原子能委員會核能研究所委託專題研究計畫，NL1025013，2013 年。