

出國報告（出國類別：開會）

出席「新加坡電力圓桌論壇暨電力市場改革研討會」出國報告

服務機關：經濟部能源局

姓名職稱：林全能局長

吳志偉組長

派赴國家：新加坡

出國期間：2017 年 7 月 31 日至 8 月 2 日

報告日期：2017 年 9 月 20 日

行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：

出席「新加坡電力圓桌論壇暨電力市場改革研討會」出國報告

頁數 21 含附件：☒是☐否

出國人員姓名／服務機關／單位／職稱／電話

林全能／經濟部能源局／局長／（02）27757704

吳志偉／經濟部能源局／電力組／組長／（02）27757750

出國類別：☐1 考察 ☐2 進修 ☐3 研究 ☐4 實習 ☒5 其他

出國期間：106 年 7 月 31 日~8 月 2 日

報告期間：106 年 9 月 25 日

出國地區：新加坡

分類號／關鍵詞：電業自由化、電力市場、市場集中狀態（Moderate Market Concentration）、電力交易所(Power Exchange)、再生能源

摘 要

「新加坡電力圓桌會議」為新加坡舉辦之亞太地區重要能源論壇，今年（2017）為第 11 屆並由新加坡能源市場公司(Energy Market Company, EMC)主辦。參與本次論壇可與亞太地區國家交流有關電力市場改革經驗，並有助於瞭解亞太地區各國電力市場改革現況。此外，本次同時安排拜訪新加坡能源市場管理局及新加坡能源市場公司，瞭解新加坡有關電業管制機關設計及市場管理之相關經驗，做為我國電業管制機關未來運作之參考。

本次「新加坡電力圓桌會議」除由能源局林全能局長就我國電力市場發展進行報告之外，同時邀請新加坡能源市場管理局執行長及紐西蘭電力市場管理局執行長，分別就新加坡及紐西蘭電力市場發展經驗進行報告與分享；另本次圓桌會議亦邀請專家分別就再生能源與電力市場發展、碳交易以及新加坡電力市場未來規劃方向等議題進行介紹。

在圓桌會議各場次報告以及兩場訪談中，充分瞭解目前新加坡電力市場之發展，已朝向全面零售競爭邁進，在全面零售競爭的趨勢下，將使一般電力用戶，特別是一般住宅用戶面臨重大的改變，因此，相關的配套與規劃必須周延完整，並減少在電力市場開放過程中，對用戶造成負面的影響。新加坡過去電力市場的發展經驗以及未來面臨的問題，我國不久後也亟可能會出現，因此，對於相關現象的早日釐清與規劃，將有助於我國電力市場長期穩健的邁進。

目 錄

摘 要.....	i
壹、考察目的	1
貳、考察安排與規劃.....	2
參、考察過程與紀要.....	4
肆、心得與建議事項.....	19
伍、附件	
一、Developing Efficient and Competitive Energy Markets in Singapore	
二、Pre-requisites for a Successful Competitive Retail Market: New Zealand's Experience	
三、Integrating Renewable Energy into Electricity Markets and Power Systems	

壹、考察目的

「新加坡電力圓桌會議」為新加坡舉辦之亞太地區重要能源論壇，今年(2017)為第11屆並由新加坡能源市場公司(Energy Market Company, EMC)主辦。本次新加坡電力圓桌會議除邀請能源局林全能局長就我國電力市場發展進行報告之外，同時邀請新加坡能源市場管理局執行長及紐西蘭電力市場管理局執行長，分別就新加坡及紐西蘭電力市場發展經驗進行報告與分享；另本次圓桌會議亦邀請專家分別就再生能源與電力市場發展、碳交易以及新加坡電力市場未來規劃方向等議題進行介紹。參與本次論壇可與亞太地區國家交流有關電力市場改革經驗，並有助於瞭解亞太地區各國電力市場改革現況，同時就目前電力市場最新發展議題亦可深入瞭解。

此外，本次同時安排拜訪新加坡能源市場管理局及新加坡能源市場公司，藉由實際的訪談過程，可進一步學習新加坡有關電業管制機關設計及市場管理之相關經驗，做為我國電業管制機關未來運作及進行電力市場管制制度設計之參考；同時，亦與新加坡能源管制機關及實際負責操作電力交易平台之公司建立良好的互動，有利於長期雙方建立相互溝通管道及經驗分享的持續交流。

貳、考察安排與規劃

本次考察行程共計 3 天，除第一天的交通時間外，依據前述的訪談目的，共安排以下行程：

日期	論壇及參訪單位
106/8/1(星期二)	08:30-12:20 參與「新加坡電力圓桌會議【上午場】 ● Ng Wai Choong, Chief Executive, Energy Market Authority, “Developing Efficient and Competitive Energy Markets in Singapore” ● Carl Hansen, Chief Executive, Electricity Authority, New Zealand, “Pre-requisites for a Successful Competitive Retail Market: New Zealand’s Experience” ● Dr Chuan-Neng Lin, Director-General, Bureau of Energy, Taiwan, “Developments in Taiwan’s Electricity Market”
	12:20-13:20 能源市場管理局(EMA)會議 ● 針對雙方電力市場發展之現況與經驗進行交流 ● 建立雙方長期資訊分享與經驗交流之機制
106/8/2 (星期三)	13:50-17:00 參與「新加坡電力圓桌會議【下午場】 ● Kees-Jan van Oeveren, Director and Country Manager, Clean Technology Centre, DNV GL -Energy, “Integrating Renewable Energy into Electricity Markets and Power Systems” ● John Pellegrini, Senior Consultant, Energy & Risk Management Consulting, “Carbon Pricing: Europe’s Experience and Lessons Learnt” ● Paul Poh, Executive Vice President, Market Administration, Energy Market Company, “Preparing NEMS for the New Energy Market Landscape”
	10:30-12:00 拜訪能源市場公司(EMC)

日期	論壇及參訪單位
	訪談主題： ● 新加坡電力交易市場發展歷程與經驗。 ● 新加坡電力交易市場管理及零售競爭平台規劃

參、會議過程與紀要

本次依據前述安排參與「新加坡電力圓桌會議」及進行各單位拜訪，以下茲就會議過程與紀要進行說明：

一、「新加坡電力圓桌會議」

(一) Developing Efficient and Competitive Energy Markets in Singapore(詳附件一)

1995 年之前，新加坡電力部門由新加坡公用事業管理局（Public Utilities Board，PUB）統籌負責。為推動電業改革，提昇能源產業整體效率，以及加速能源相關技術的創新，新加坡政府於 1995 年 10 月將新加坡公用事業管理局所管轄的電力部門予以公司化，並改組成立成 3 家發電公司（Tuas Power Ltd、Power Senoko Ltd、Power Seraya Ltd）、1 家輸配電公司（Power Grid Ltd）、1 家售電公司（Power Supply Ltd）及 1 家控股公司（Singapore Power Ltd）。

新加坡政府為進一步推動電業自由化改革，引進電力批發市場競爭，促進發電業者與電力零售業者間的交易，於 1998 年 4 月成立新加坡電力池（Singapore Electricity Pool，SEP），負責批發電力市場集中交易，並由 PowerGrid 公司負責電力池的營運管理工作，並在同年 6 月通過新加坡公用事業法，作為電力市場改革的主要法規依據。2000 年 3 月，為進一步解除投資人進入電力市場之障礙，將發電、輸配電及售電業務，依功能別分隔為可競爭(contestable)及不能競爭(non-contestable)的部門，並成立電力調度中心及訂定階段性開放電力零售市場競爭。

2001 年 4 月 1 日，為進一步推動電力市場改革，進行了下列幾項措施：

1. 將新加坡公用事業管理局改組為新加坡能源市場局（Energy Market Authority，EMA），並進一步規劃出售原有三家發電公司（Tuas Power Ltd、Power Senoko Ltd、Power Seraya Ltd）所擁有的股份；
2. 引進國外電力市場成功運作經驗，2003 年 1 月 EMA 與紐西蘭電力市場公司（M-co）共同投資成立能源市場公司（Energy Market Company，EMC）

正式運作，接替原有 Power Grid 所運作之電力池，成為新加坡電力市場運作者。

3. PowerGrid 公司專營輸配網路業務，將新加坡電力公司(Singapore Power Company)轄下的二家發電子公司(PowerSenoko 及 PowerSeraya)移轉給 Temasek 控股公司。

2003年1月1日起，新加坡電力批發市場(the New Electricity Wholesale Market)正式展開營運，主要包含了現貨市場、需求面管理、備用電力市場、節點定價等。就現貨市場而言，市場參與者可以不必強制透過電力池而可以採用雙邊契約的模式進行交易。此外，備轉容量電力市場提供發電業者得以透過簽約或競標的方式提供輔助性服務，以增加系統的穩定與可靠度。同時進行電力零售市場的開放，採分階段分批方式進行，由大用戶逐步開放至小用戶。

首先在 2003 年 1 月開放契約容量大於 2MW 以上之高壓大用戶(約 250 戶)，6 月 1 日開始實施第一階段之零售市場，開放所有高壓用戶，8 月開放每月用電量大於 39,000 度以上之低壓用戶，9 月開放每月用電量大於 20,000 度以上之低壓用戶(用戶用電量以 2002.10.1 之數據為準)。之後根據 2003 年 8 月用戶資料重新設計，12 月進入第二階段零售用戶，開放每月平均用電量大於 26,000 度以上之低壓用戶，2005 年 5 月開放 16,500 度，7 月開放 13,500 度，10 月開放 11,500 度，2006 年開放 10,000 度(含)以上低壓用戶之購電選擇權。在歷經 8 年的市場運作之後，考量零售市場競爭已趨近成熟，新加坡政府決定將加速用戶購電選擇權的開放，在 2014 年將購電選擇權門檻由 10,000 度/月調降到 4,000 度/月，並於 2015 年再次下調至 2,000 度/月，在今年(2017)並宣佈將於 2018 年開始全面開放用戶購電選擇權，亦即完全開放零售市場的競爭。

2004 年，為防範三大發電公司(如 Senoko Power Ltd、PowerSeraya Ltd 及 Tuas Power Ltd)操縱發電容量以促使電價上漲，引進特定契約機制(Vesting contract)，此種特定合約，開始限制在總電力需求之 65%，以穩定電價，減少開放初期之電價波動情況發生。從另一方面而言，由三大發電公司角度，也可藉此一特定合約降低電價，以預防新的競爭者進入電力市場。

在有關批發市場部分，市場參與者在歷經十餘年來也有了顯著的成長，依據下圖顯示，目前在批發市場中註冊之發電業者有 14 家，批發市場交易商有 19 家，另零售業者有 20 家。若依據美國司法部公布之市場集中度標準來看，新加坡電力市場在 2012 年之前，屬於高度市場集中（High Market Concentration）的狀態，在 2014 年以後逐漸進入中度市場集中狀態（Moderate Market Concentration），到 2016 年以後則已開始進入競爭市場狀態。

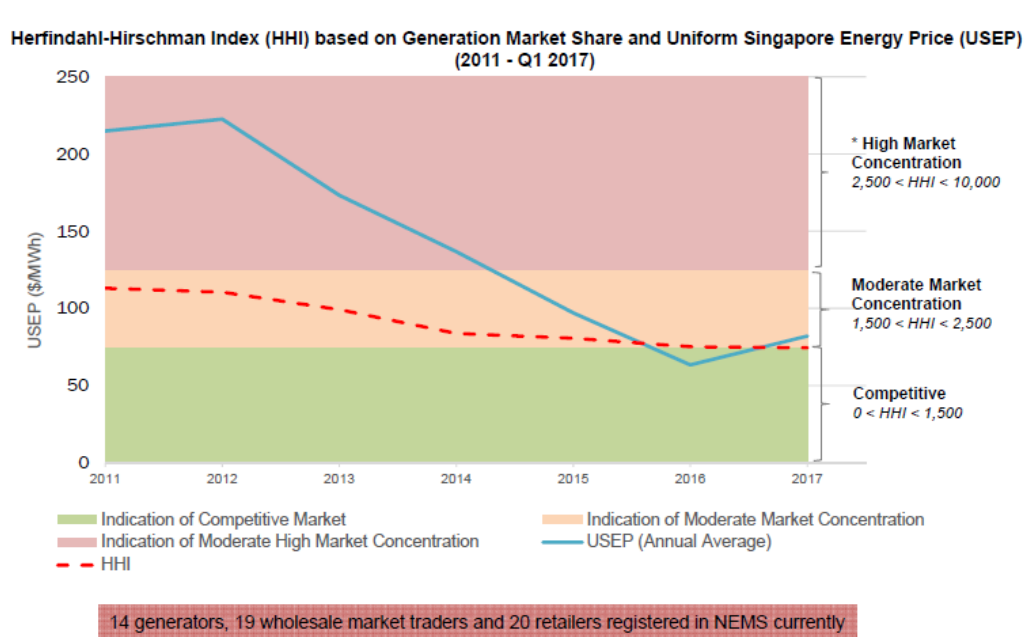


圖 1 新加坡電力市場集中度發展趨勢

新加坡零售市場近年來亦有顯著的發展，在 2014 年以前，取得零售業執照的業者不超過 10 家，而在 2015 年開始，隨著用戶購電選擇權的逐漸擴大，零售業者也有顯著的成長，到 2017 年第 2 季時，已有 25 家取得零售業執照的業者，且預期隨著用戶購電選擇權全面開放，零售競爭會有更蓬勃的發展。

需求面管理亦為新加坡電力市場近年來著重的議題，除了一般國際上常見的可停電力(即計畫性減供電力)方案、需量反應(Demand Response)計畫等，在 2016 年並推出 Project Optiwatt 計畫，由能源市場管理局與 16 個機構共同合作，透過需求面管理措施，將尖峰時段用電移轉到非尖峰時段，以降低尖離峰用電差距。

在再生能源發展部分，目前新加坡主要的再生能源裝設以太陽光電為主，其裝置容量在 2011 年不到 20MW，到了 2017 年第一季裝置規模已成長至超過

130MW；而配合再生能源的發展，新加坡也開始思考儲能系統議題，包括對儲能系統的管制架構進行重新的檢視，以及儲能系統測試平台建置以及補助計畫等。

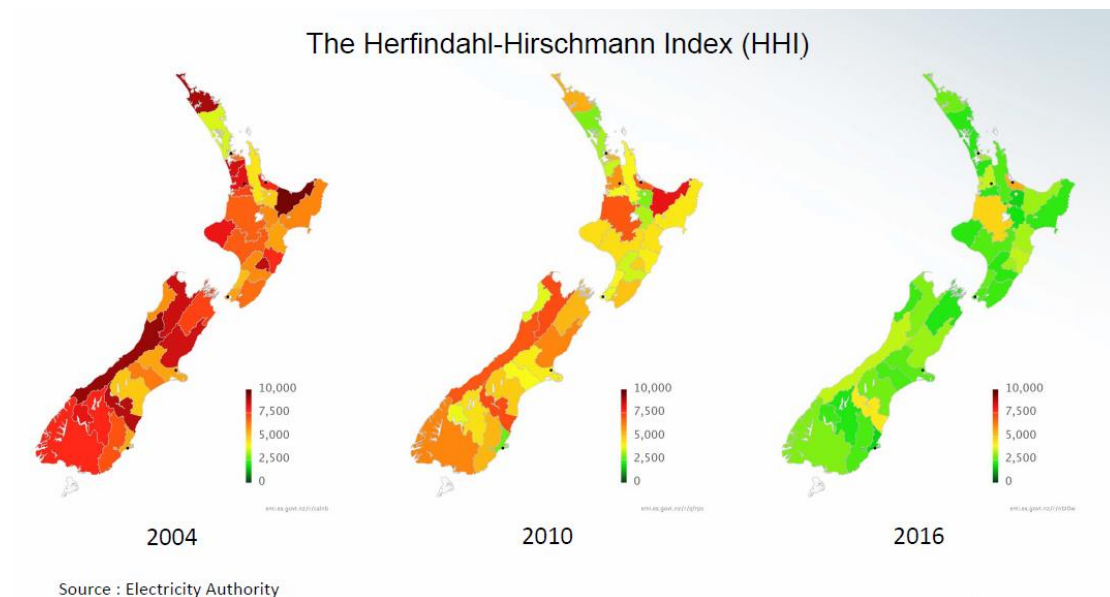
目前新加坡係以天然氣發電為主要的發電方式，其占比高達 95%，也因此，新加坡非常重視天然氣來源的分散化。目前新加坡天然氣供應主要係透過 LNG 以及 PNG(Pipeline Nature Gas)兩種模式，其來源主要則為印尼及馬來西亞。

(二) Pre-requisites for a Successful Competitive Retail Market: New Zealand' s Experience(詳附件二)

紐西蘭的電業自由化改革始自 1980 年代末期，改革的重點在產業結構重組與電業自由化市場之引進。從 1994 年開始，紐西蘭開放大用戶購電選擇權，並於 1999 年全面開放用戶購電選擇權。1996 年紐西蘭設立自願性電力市場(NZEM)，紐西蘭交易所(New Zealand Exchange, NZX)負責電力批發交易(原由 M-Co 公司負責)。此外，發電業與售電業亦可進行雙邊合約簽訂。

在 2003 年紐西蘭成立電力委員會(Electricity Commission)負責制定電力監督規則，維護電力交易運作規範，到 2010 年以後，依據紐西蘭電力事業法 2010 的規定，成立紐西蘭電力管制局取代電力委員會，除持續負責電力市場之管制業務外，並加強零售競爭之推動。目前電力管制局共有 65 位全職員工。

在零售市場競爭部分，經過十餘年的發展以後，市場競爭態勢亦有顯著的轉變。由下圖可以清楚的看出，在 2004 年時，紐西蘭各區的零售部門市場集中度都偏高，大多屬於市場高度集中的狀態；而到了 2016 年時，大多數地區市場集中度指標已經都低於 2500 以下，屬於中度集中或甚至競爭市場狀態。

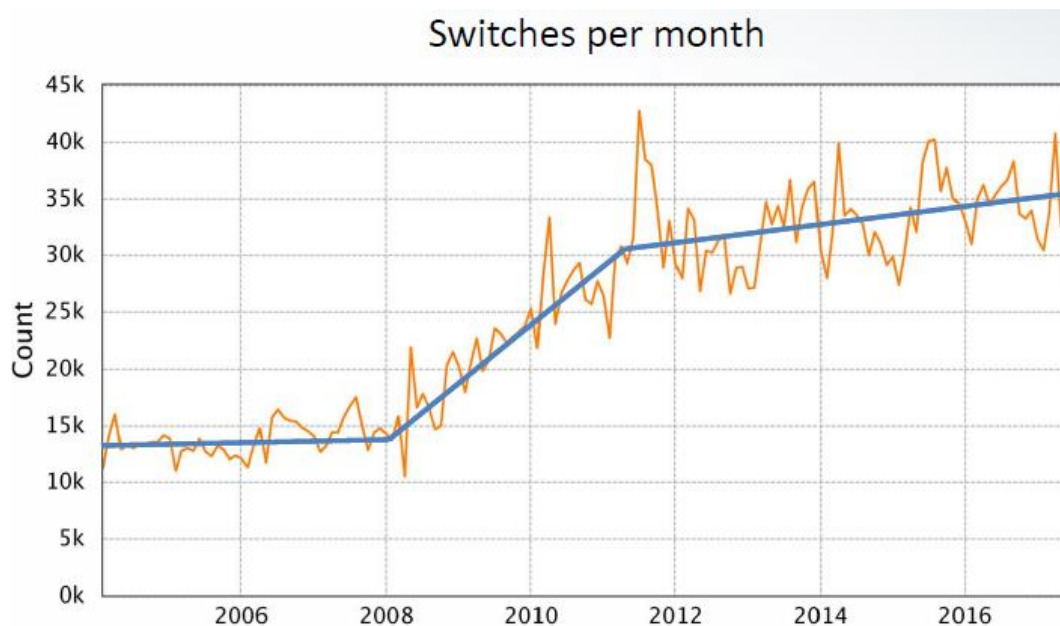
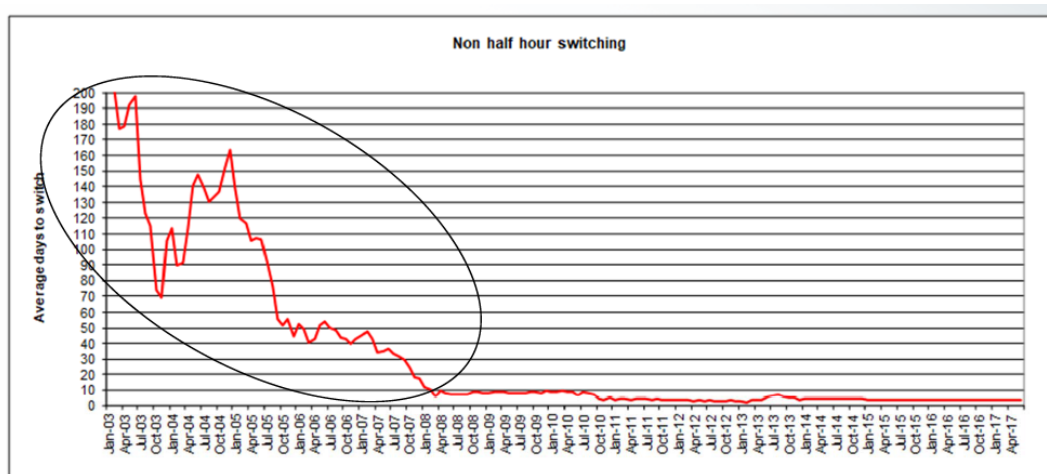


根據報告人紐西蘭電力管制局執行長 **Carl Hansen** 指出，成功的電力市場運作必須能具有下列 3 個特質，一為價格可反應成本的變動；二為消費者必須有多元的選擇機會；三為技術的創新可以很快的被採納運用。

在有關零售競爭部分，依據紐西蘭的用戶購電選擇權開放經驗，主要的前提要件包含下列幾項：

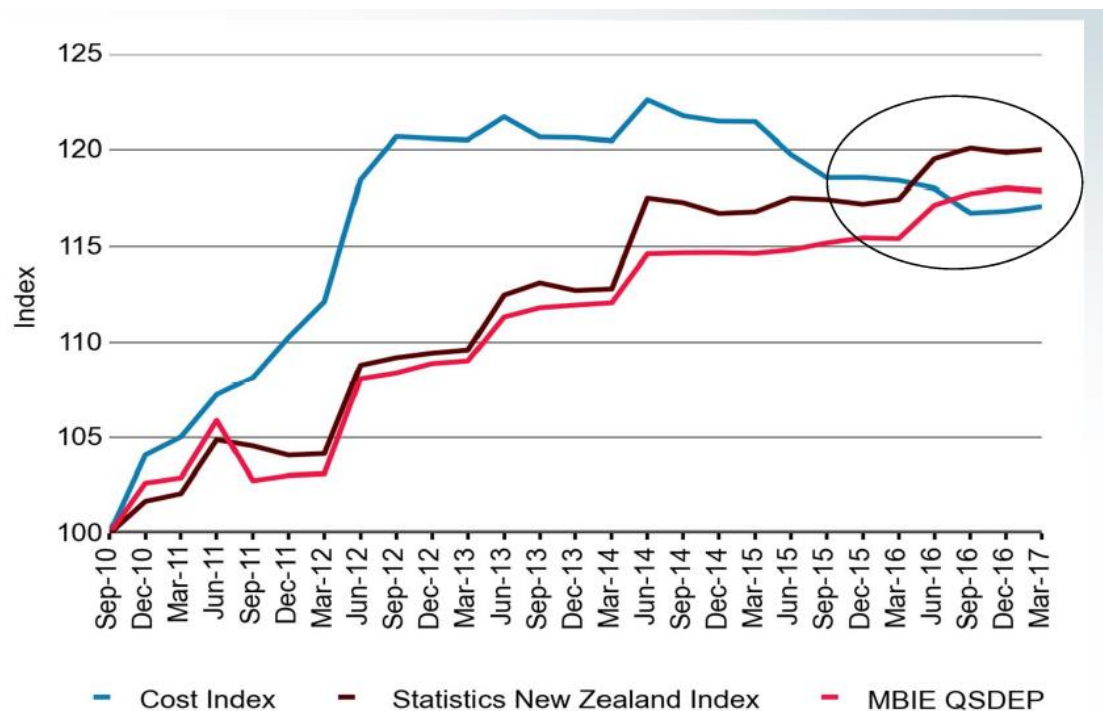
1. 公平的競爭環境（Level playing field）；
2. 避免零售業者的進入與發展障礙；
3. 減少消費者移轉的障礙；
4. 管制者對市場的即時與動態管理。

紐西蘭在用戶選擇權開放初期，用戶移轉的程序與時間非常繁複，進而影響用戶移轉的意願，這個現象到 2008 年之後才有顯著的改善。也因此，在 2008 年之後，用戶移轉的案例有明顯的增加趨勢。



就零售業者而言，必須讓其有規避電價波動風險的機制，最重要的即是可透過電力的長期期貨市場，預先在可接受的價格範圍內，購買未來所需要的電能。此外，降低交易成本也是促進新零售業者進入市場的重要配套措施。需多交易成本可能來自於既有地區配電業者對於新的零售業者的要求，因此，紐西蘭管制單位明確表示希望地區配電業者能對新進零售業者表示支持，並儘量簡化相關作業程序。

在經過近 20 年的發展之後，目前紐西蘭電力市場已經非常符合前述所提的成功市場要件。首先在成本與價格的趨勢上，在 2014 年之前，成本指標明顯高於零售價格，惟自 2014 年之後，兩者已經越來越匹配。



此外，零售業者的家數也有顯著的成長，特別是在小型（用戶數<10,000）及微型（用戶數<1,000）零售商部分，在 2013 年之後有明顯的增加。在創新的部分，隨著零售競爭的開放，也有許多新的創新設計：

1. 電價方案與帳單設計：如預付方案、吃到飽（all you can eat pilot）試驗計畫、即時電價等。
2. 資訊服務：如即時使用監測、即時價格警示、帳單與使用狀況比較等。
3. 需量反應誘發機制：如即時電價、時間電價、電動車充電費率方案等。
4. 新興產品：如 Peer-to-peer (P2P) 售電模式
5. 減少交易成本：複合式服務，如電力、瓦斯、電信等的網包式商品服務、電子帳單等。

(三) Integrating Renewable Energy into Electricity Markets and Power Systems(詳附件三)

電力市場架構可概分為兩類，第一類稱為 Gross power pool；第二類稱為 Net power pool 或 Bilateral market。在第一類市場中，所有的批發交易皆在電力池中

進行，大用戶(或售電業)不可略過電力池直接向發電業者購電；而第二類市場允許大用戶(或售電業)與發電業者簽訂雙邊合約，因此，部分交易並未經過電力池。新加坡與澳洲的電力市場屬於 Gross power pool；瑞典及挪威則屬於 Net power pool。

多數再生能源具備間歇性且無法隨意調控，太陽光電與風力發電皆是如此，故而部分電力系統操作者對於大量導入再生能源頗有疑慮。一方面，再生能源的間歇發電特性需要投入其他電力資源(如儲能)進行補償；另一方面，再生能源的裝置容量再大，本身也無法承擔合理的輔助服務。

電力系統操作的風險可能隨著再生能源的增加而提升，2016 年澳洲南部的大停電事故即與再生能源的運作特性相關。8 月 28 日由於龍捲風的襲擊，2 座 275kV 的架空線路倒塌，造成三迴路高壓線路保護跳脫，因此南澳洲系統電壓在 2 分鐘內出現 6 次陡降突波，南澳洲的 9 座風場雖然具備低電壓穿越(Low-Voltage Ride Through, LVRT)能力，其保護設定為 2 分鐘內接受 3 次電壓陡降突波，因此開始降低輸出，系統又損失了 450MW 的供電能力。由於供需不平衡，大電流由 Victoria 的 Heywood 接點透過輸電線路進入南澳電網，因缺口過大，0.7 秒內即達到輸電電流極限，造成接點開關的保護跳脫，使南澳電網自澳洲電網斷開，成為孤島。最後，頻率變動過快(Very High Rate of Change of Frequency)使南澳電網的低頻電驛未能正常動作，導致電力系統崩潰，南澳電網全黑。事故發生前南澳電網的火力發電為 330MW，風力發電為 883MW，來自 Victoria 的電力為 613MW。雖然風場的保護設定過於敏感為事件主因之一，然而，懸殊的電力配比與輸電線路瓶頸已使得原有系統運作風險過高。

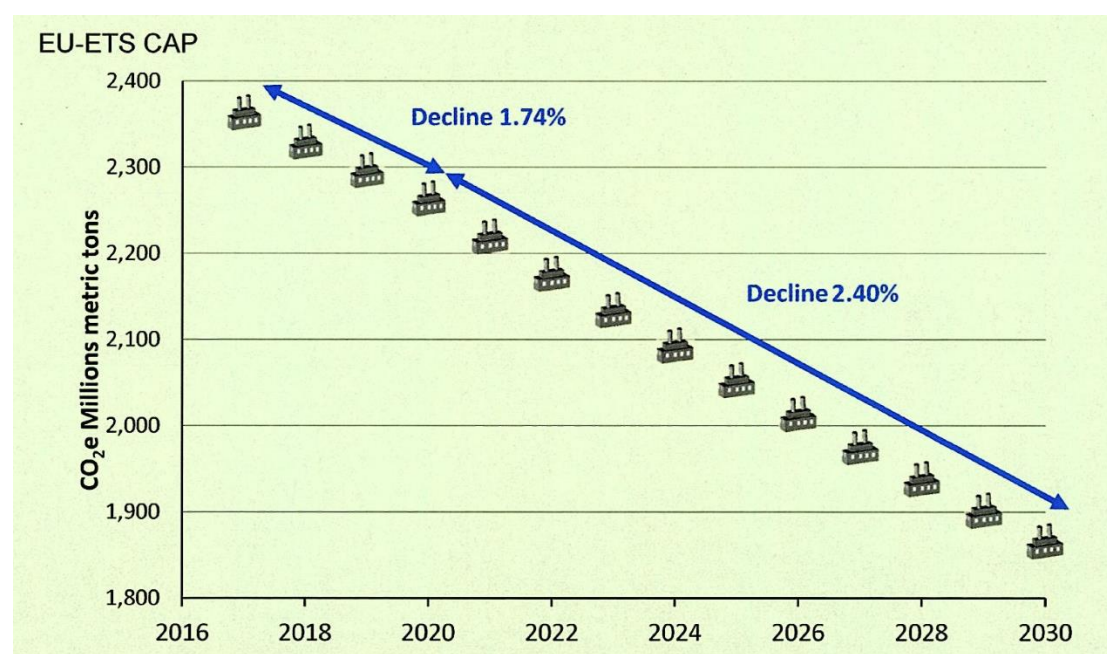
大量再生能源的布建已是不可避免的趨勢，故在輸配電系統的運作彈性以及軟體系統的感測與控制能力，都得依未來再生能源滲透力的快速增加必須大幅提升，並徹底檢討過去大型火力機組集中式管理所衍生的缺陷，而系統的驗證(Verification)及確證(Validation)將更形重要。

(四) Carbon Pricing: Europe' s Experience and Lessons Learnt

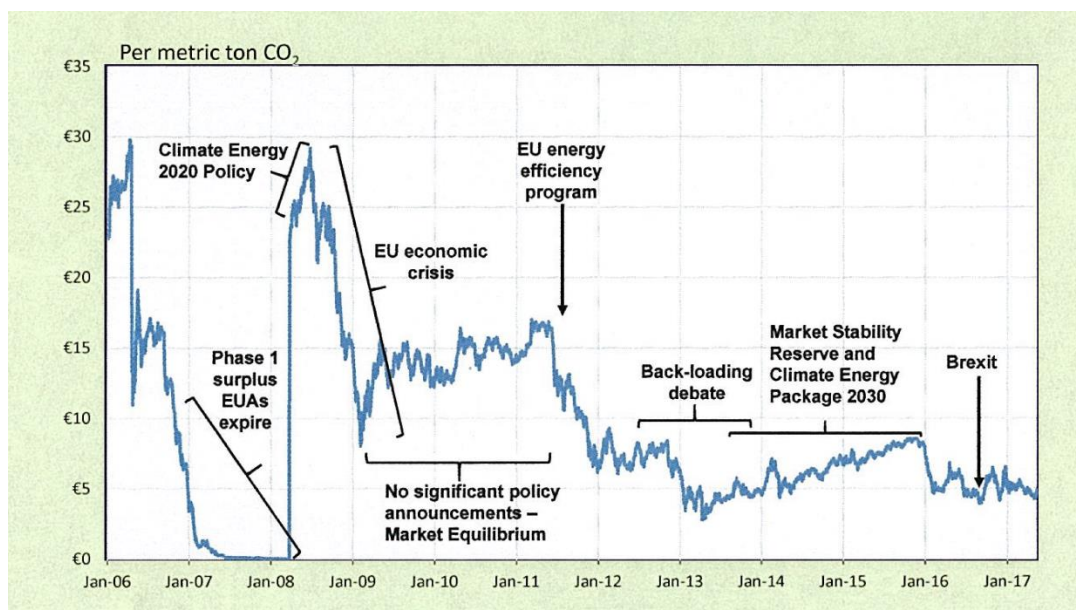
歐盟透過兩個機制推動二氧化碳減量，一個是碳排放(碳權)交易系統 (ETS, Emission Trading System)，另一個是碳稅機制。

ETS 的基本精神是設定碳排放上限(CAP)，並容許碳排放交易。目前有 28 個歐盟會員國、冰島、挪威與列士敦士登(Liechtenstein)等 31 個國家加入歐盟 ETS。依據使用者付費的精神，交易對象之間依其碳排放額度付出費用，其單位表示為 EUA，每 1 EUA 相當於 1 公噸二氧化碳排放。但是 ETS 的碳排放計算並未涵蓋所有的碳排放，大體上 ETS 包含大約 40%的歐盟碳排放，加上 11,000 個電力、鋼鐵、石化與境內航空的實體排放。

歐盟 ETS 2017 年的總排放量目標約為 2,370 百萬公噸，至 2030 年目標為遞減至 1,870 萬公噸，下圖顯示其逐年目標與減碳比例。



在 ETS 的體系下，碳交易價格由市場機制決定，然而此市場機制實際上與政策措施緊密鏈結，由下圖可見 2020 氣候變遷的政策發佈後，交易價格大幅上揚，經濟衰退、節能計畫、英國退出歐盟…等事件對價格均有其影響，其變化趨勢如圖 4 所示。大體而言，ETS 制度達成其原訂目標，而未影響經濟發展，碳交易本身也創造了利潤，跨國的碳交易量較預期為高。若無政策支持，碳交易價格下滑的趨勢相當明顯，而 EUA 單價下滑時，企業減碳的動力隨之下降，可能以購買碳權取代實際減碳，以減少開支。



相對於 ETS，碳稅機制較為單純，唯各國價格差異頗大，且有不同的排除項目，下表為部分國家碳稅概觀。

Country/State	Initiated	Tax Rate (US\$/CO ₂ e)	Application of Tax
Sweden	1991	\$153	exemptions for certain fuels and sectors
Norway	1991	\$53	fossil fuels exported
Switzerland	2008	\$37	exemption for sectors in EU-ETS
Finland	1990	\$24	exemptions for several sectors
British Columbia	2008	\$23	exemptions for certain fuels and sectors
United Kingdom	2013	\$23	electricity generation >2MW
Ireland	2010	\$22	applies to fossil fuels
Denmark	1992	\$15	modified rate for certain industries
Alberta	2017	\$15	First Nations and certain flights, industries.
South Africa	2017	\$9	modified rate for certain industries

瑞典擁有全球最高的碳稅，但是其計算方式較為簡化，避免直接量測，以避免額外的成本，其稽查方式亦較為鬆散，唯對不實申報者課以高額罰金。關鍵產業獲得政府的補貼(rebate on carbon tax)，而部分燃料之排碳亦被排除，以降低對經濟的衝擊。

芬蘭是最早建立碳稅制度的國家，然而對發電業、商業及航空用的石化燃油不課徵碳稅。2016 年其碳稅收入達到 67 億歐元，占其 GDP 的 2.8%，近年平均

減碳為每年 7%。依其統計，碳稅每增加 4 歐元，個人可支配收入將減少 1.2%，結果為減少 7.2%。挪威的情況與芬蘭類似，其年度減碳約為 2.3%。

整體來看，碳稅制度對經濟成長未必帶來負面影響，並可鼓勵減少化石燃料的使用，唯對特定產業免除碳稅或給予補貼將限制其效果。電業若需繳納碳稅，必然轉嫁成本至消費者，此為政策制定所需考量。

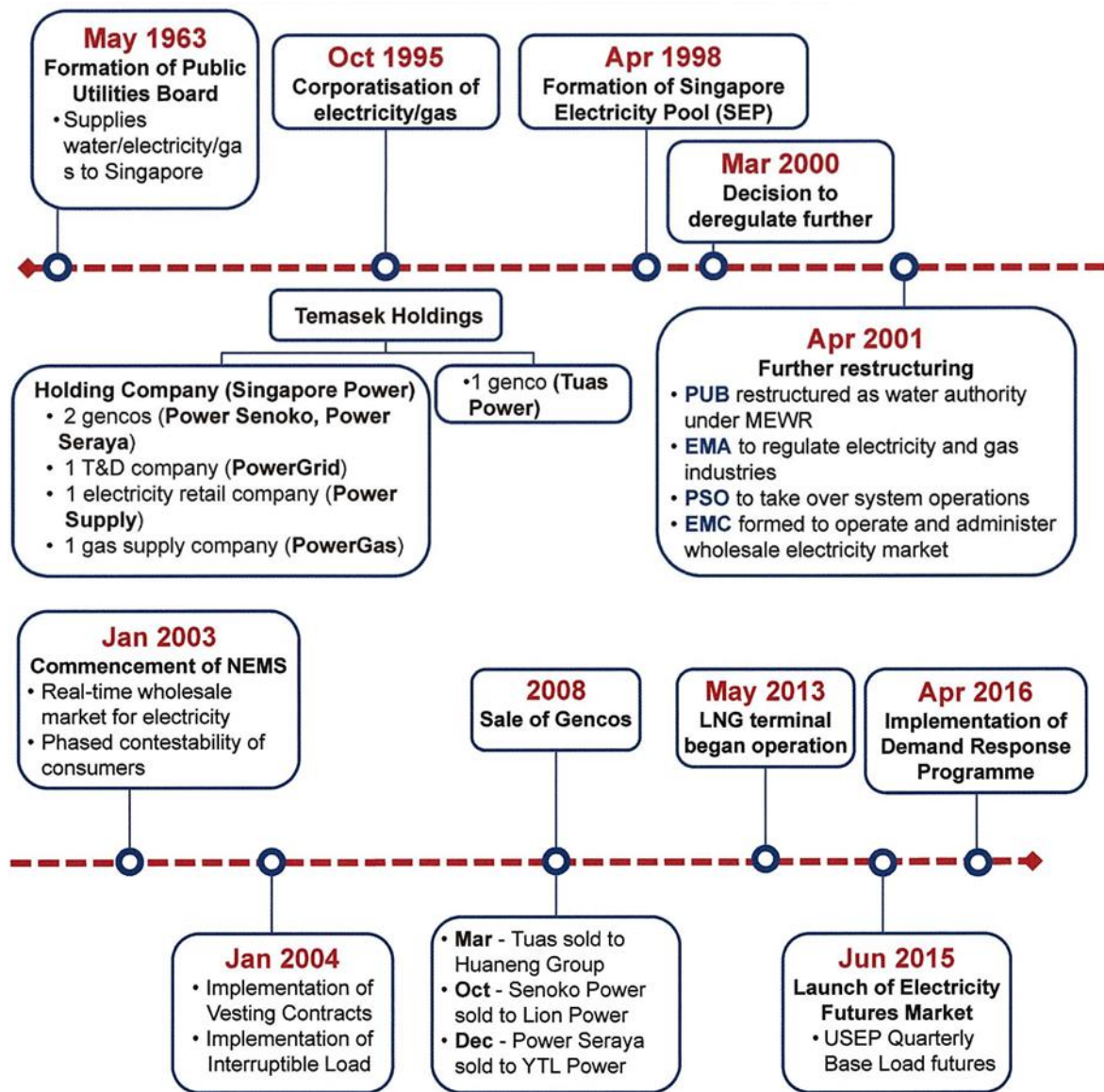
(五) Preparing NEMS for the New Energy Market Landscape

電力市場公司(Energy Market Company)與 EMA 皆成立於 2001 年，負責營運新加坡的電力批發市場，成立時由 EMA 持股 51%，Marketplace Company 持股 49%，2014 年完成釋股，成為新加坡交易所(Singapore Exchange, SGX)的子公司。

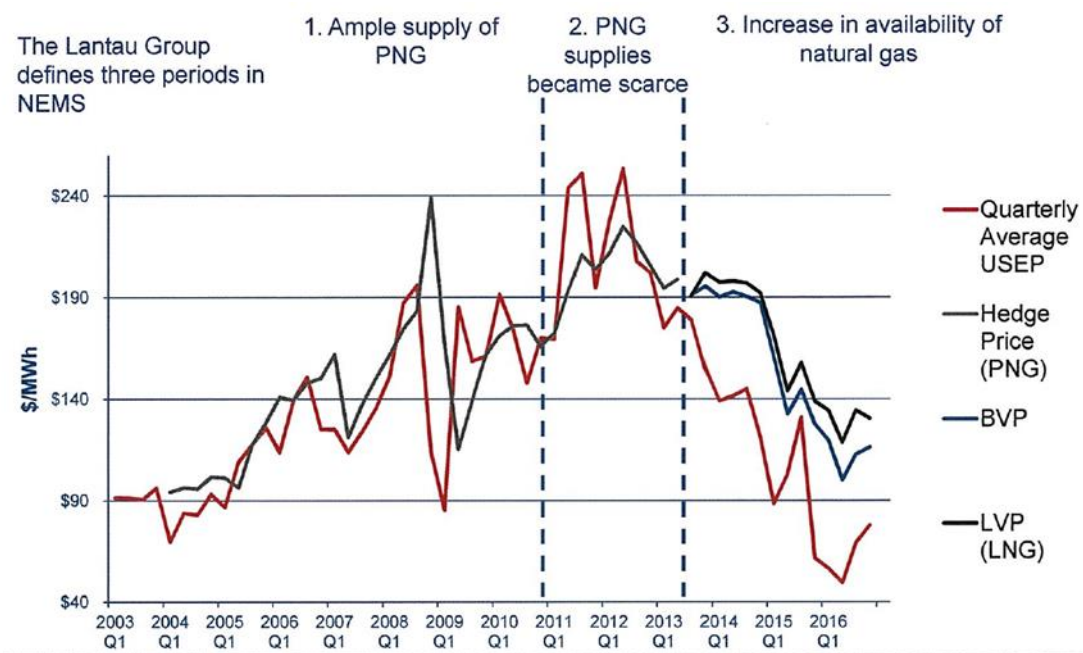
1995 年新加坡即展開電力市場重組的準備，至 2003 年一月才開始運作其批發交易市場(National Energy Market of Singapore, NEMS)，2004 年引入 vesting contract，2008 年出售公營發電業，2016 年開放電力期貨交易，歷程如下圖所示，其改革步調相當穩健。

新加坡的電力批發交易每 30 分鐘一次，除了能量交易外，還包含 3 種備轉服務(Primary- 8 秒; Secondary- 30 秒; Contingency- 10 分鐘)以及調頻服務，全黑啟動服務則以年度為單位進行交易。

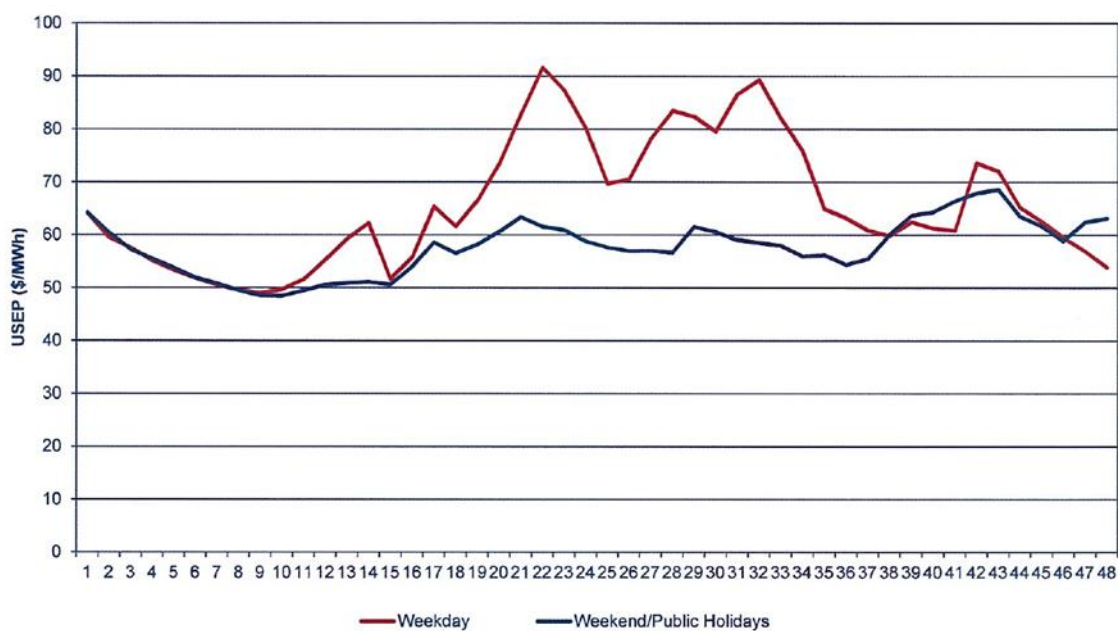
講者提到澳洲與歐洲電業經營的部分困境，導致電價上漲及傳統電源投資缺乏誘因。以澳洲為例，2017 年的電價相對於 2011 年成長將近一倍，預期 2019 年之前，每年仍將成長 5~15%。由於再生能源容量增加而缺乏良好的整合管理；天然氣價格高漲，國內供應不足；輸電系統容量不足；再加上政府的政策不夠明確，導致電廠投資意願不足。



新加坡電力供應以天然氣發電為主，其電價自然受天然氣格波動影響，由下圖可見 2003 年至 2016 年的批發市場季平均價格在每度電 5 分至 25 分新加坡幣之間，變化不可謂不大，2011 年至 2013 年的管線天然氣(PNG)供應量不足導致價格高漲，在液化天然氣(LNG)加入供應之後，價格才逐漸回到低點。



下圖為新加坡 2016 年每日的平均批發價，週末價格為每度 5~7 分；週間則在 5~9 分之間。



二、Energy Market Authority

EMA (中譯為能源市場管理局)為新加坡貿工部下的常設組織，成立於 2001 年，為新加坡天然氣與電力部門的管制機構，其設置目的為確保穩定安全的能源供給；促成能源市場的有效競爭；以及發展能源產業。

新加坡 1995 年即開始電力事業轉型，將政府的電力事業切割為發電、輸配電與售電業，輸配電維持獨占，並準備開放發電與售電之民營競爭。1998 年成立電力池(Singapore Electricity Pool)，進行電力市場契約媒合與電力調度。2001 年 4 月成立 EMA 及 EMC，以確保解除管制後的電力與天然氣市場安全穩定運行，開放大用戶選擇權(2MW 以上)。2003 年啟動新加坡國家電力市場(National Electricity Market, NEM)。2004 年，選擇權擴大至每年用戶一萬度以上的用戶，並推出差價合約(Vesting contract)，以限制大型業者的市場力量。2008 年，將政府持有的發電業全數出售，公部門不再擁有發電資產。

EMA 在電力市場的任務包含以下三者：

(1) 市場規則制定與管理：EMA 負責新加坡電力及天然氣市場的規則制定與監督管理，同時負責區域整合空調系統的規範。EMA 負擔電力安全與穩定供應之責任，並制定規範框架與市場架構，以促成電力與天然氣市場的自由競爭。

(2) 產業推動：新加坡擁有極佳的日照強度而風速和緩，因此，太陽光電是推動再生能源的主要選項。EMA 即負責推動再生能源設置，累計設置案超過 1800 件，總裝置容量約 130MW，目標為 2020 年達到裝置量 1GW。此外，EMA 積極推升能源產業的人力素質，促進創新研究，扮演新加坡國際能源週(Singapore International Energy Week)的推手，並推廣住宅部門的能源效率改善。

(3) 電力系統調度：EMA 下設電力系統操作單位(Power System Operator, PSO)，監督電力及天然氣系統的調度運作，並進行電力系統研究，以確保系統的安全與穩定。PSO 的任務包含 (a)控制各發電機組的輸出及穩定系統頻率；(b)透過輸電系統調控系統電壓與功率潮流；(c)與市場操作者(EMC)及市場參與者聯繫調度排程及調度指令；(d)監督天然氣的輸送體系，以確保供電所需。

新加坡的尖峰負載大約為 7GW，發電系統裝置容量約為 13.4GW (2016 年統計值)，除了少數焚化爐與再生能源之外，其餘均為燃氣機組，燃氣機組之發電量占比為 95%。其電力系統可靠度非常高，平均每年每戶停電時間在 1 分鐘以內，原因之一為其領土有限，較易於管理；另一個重要原因是電力供應極為充足。訪問團詢問其備用容量時，EMA 顯然不認為這是需要討論的問題，僅表示備用容

量在 30%以上。雖然新加坡與馬來西亞電網之間存在輸電線路，由於新加坡電力供應充裕，EMA 表示十餘年來僅有一次必須由馬來西亞購入電力。

三、Energy Market Company

新加坡允許發電業兼營售電業，市場規則雖然允許大型用戶直接向發電業者購電，實務上用戶為了避免議約等瑣事，幾乎皆向售電業者購電，僅有極少數例外。

電力市場每 30 分鐘交易一次，以電力需求總量介與排序投標價格交會點決定該時段的單一價格，即 USEP (Uniform Singapore Energy Prices)。由於 95%的發電量來自天然氣，因此其發電廠之間的競爭較為單純，不必考量發電業者因成本差異過大造成的不當獲利。新加坡土地資源有限，風力不強，因此再生能源發展受限，目前太陽光電裝置容量約為 130MW，目標為 2020 年達到 1GW。新加坡並未補助再生能源，太陽光電系統無論是否投標，皆以 USEP 出售予售電業。

USEP 目前約為新坡幣 8 分，輸配電成本約 6~7 分，再加上售電業者的管銷成本與利潤，即時大型用戶之電價。不具選權的小用戶仍由公用售電業(即 Singapore Power)負責，SP 透過 vesting contract 以合理價格向發電業購買電力，再售予用戶，目前小型之電價約為 22 分，此價格每季調整。

為了使電力市場更有彈性，雖然實體電力交易皆透過市場進行，發電業與售電業可另行簽訂財務合約，雙方在電力市場以 USEP 交易，而 USEP 與財務合約議定價格的差價則另行給付。此外，電力期貨允許發電業與售電業簽訂未來 9 個季度的合約，使售電業者更容易控制其財務風險。

EMC 對於本身的技術能力與管理績效相當自豪，電力調度排程須考量發電廠的可靠度、輸電路的容量與瓶頸、用戶負載的變化，以及意外事故的應變…等因素，目前電力調度計畫由 EMC 提出，交由 PSO 確認，極少有修正的需要。

肆、心得與建議事項

新加坡的電業改革始於 1995 年，2003 年批發市場開始運作，2015 年才引入電力期貨交易，而用戶選擇權的開放須得 2018 年才能完成，顯示電業改革需要充分的時間進行準備。電業自由化的主要目的是以自由競爭提升電業效率，使電力價格更為合理。由天然氣價格與新加坡電力市場批發價(USEP, Uniform Singapore Energy Prices)的比較可以看出，電力批發價格的成長確實低於天然氣價格的成長，顯示新加坡 EMC 對於發電業與售電業之間的交易管理相當有效率，市場競爭有助於降低批發價格。若將市場複雜化所導致的交易成本納入，仍難以論斷終端售電價格是否因電業自由化而降低，受訪單位 EMA 亦無明確答案。

EMA 認為電業管制機關應具備市場管理的基本能量，特別是經濟管制方面的能力培養，以建立良好的為電業監管機制。為確保長期供電穩定，EMA 每 5 年進行檢討電力供需狀況，並適時提出電網擴充計畫，避免輸配電瓶頸。為避免大型發電業者掌握過多資源而操縱價格，EMA 提出特定合約(vesting contract)機制，依其發電量比例與公用售電業簽訂購售電合約，其合約價格由每季參考 USEP 檢討，以保障小型用戶的權益。透過 vesting contract 的購電量早期達 70%，隨者用戶選擇權的開放，目前降低至約 20%，規劃 2023 年取消此一制度。

Singapore Power (SP)擁有輸配電網及公用售電價角色類似台電公司，SP Service 雖然身為公用售電業，卻扮演協助促進零售競爭之角色，包括擔任最終供電者與提供讀表服務等。法規並未禁止 SP Service 售電予大用戶，然而其售電價格受到限制 (USEP 加上固定差額)，缺乏與一般售電業競爭的彈性。隨著 2018 年零售競爭全面開放，SP Service 之零售市場占比將逐漸萎縮，專注於其他業務。

新加坡發電之初級能源 95%為天然氣，能源安全議題受到高度關注，除了引自馬來西亞的天然氣管線之外，近年也積極興建液化天然氣卸載碼頭與儲槽，以確保天然氣的穩定供應。新加坡天然氣供應體系與儲槽係由政府興建，並向使用者收取租金。

新加坡約已裝置 10 萬具智慧電表，由於應用模式仍在評估中，下一階段布建規劃尚未明確。再生能源的發展則受天然資源限制，僅有太陽光電較值得投入，目前再生能源發電比例仍低，對電力系統並無顯著影響。

本次參加新加坡舉辦之會議，及訪問新加坡能源管理局及市場管理公司後，提出觀察與建議如下：

1. **電業改革非一蹴可幾，應分階段逐步進行，並在進行過程中作調整：**我國電業法第一階段修法規劃為 6~9 年完成發電業、輸配電業及公用售電業的拆解，以時程來看仍屬合理，但是市場架構的規劃設計必須及早展開，以市場最終合理的架構來接續第一階段與第二階段修法，不應使電業法在第二階段大幅改修，以免造成市場混亂。我國電業最終目標與新加坡相似，其改革歷程值得我國參考，惟因市場規模及複雜度差異大，未來可供參考的市場模型與監管機制，則有待進一步研析。
2. **能源配比過於集中在天然氣所可能衍生的風險，應有配套措施：**新加坡大幅倚賴天然氣發電，其在改革初期因天然供應問題而導致停電，目前已透過油氣混燒及增設 LNG 接收站等方式作為配套，但因天然氣價格變化可能帶來電價的激烈波動，新加坡過去十年的批發電價波動上下達到 5 倍之大，季平均價格曾高達每度 25 分新加坡幣(約合台幣 5.5 元)，頗值得我國在制度配套設計時之警惕。
3. **電業管制機關專業能量之培養應有長遠規劃：**新加坡將電力調度機構(PSO)納入 EMA，而非獨立組織，是一個特別的做法，部分人才來自 SP(Singapore Power)，並且對人才培育投入相當多心力。這是我國電業改革所面臨的重要問題，在我國電力管制機關未來如何擴大專業能力培養上，形成足夠的監管專業能力，應有長遠之規劃。
4. **台灣未來發電業是否可同時經營售電業，宜進一步研析：**為了避免電業的不當競爭與隱藏貼補，許多國家禁止發電業兼營售電業，但是新加坡的發電業幾乎皆擁有售電業或有合作的售電業。EMC 的解釋是發電業擁有售電業可達成雙贏，發電業獲得通路，而售電業取得可靠合理的電

力來源。由於新加坡的電源過剩，所有電廠皆為民營且規模差異不致太大，這個做法降低了發電業的風險，也不致於使大型電業的擠壓小型電業的生存空間。且政府的高度介入市場秩序徇理六可能是原因之一，惟此方式是否適用於台灣，宜進一步分析。

5. **台灣電力交易市場制度設計宜及早進行：**集中交易市場的價格決定機制，以及是否容許雙邊合約是批發市場的關鍵議題。由於新加坡幾乎全數為複循環燃氣機組，電廠成本接近，一致的批發交易價格(USEP)為合理選擇且易於管理，而雙邊交易財務合約則提供了較大的價格彈性，促成競爭。此外，新加坡電力市場純為電能市場，並無容量市場，由於其備用容量遠超 30%，因此目前尚未造成明顯弊端。而我國的發電結構較為複雜，未來的發電業競爭仍須一併參考其他電業市場的經驗及早進行規劃。

伍、附 件

一、 Developing Efficient and Competitive Energy Markets in
Singapore

二、Pre-requisites for a Successful Competitive Retail Market: New Zealand's Experience

三、Integrating Renewable Energy into Electricity Markets and Power Systems

二、 Carbon Pricing: Europe' s Experience and Lessons Learnt

五、Preparing NEMS for the New Energy Market Landscape