

新加坡電網與電業自由化之探討

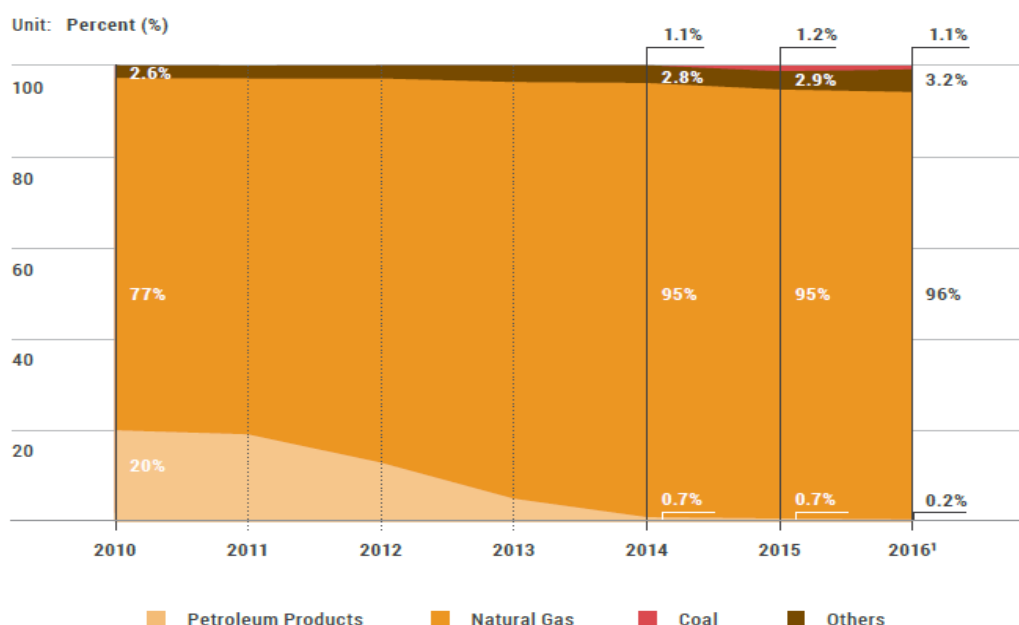
林昌賢

核研所-能源經濟及策略研究中心

2017/04

一、新加坡現況

新加坡地處南亞，位居麻六甲海峽要衝，西元 1965 年脫離馬來西亞聯邦獨立，有「花園城市」美稱。依新加坡官方西元 2016 年統計(參考文獻[1])，人口為 560 萬人，平均收入為五萬美元。主要產業為船運、貨運，並有石油煉油工業與電子半導體業，金融業也相當發達，是東南亞工業及金融重鎮。由於國土面積僅 719 平方公里，能源與礦物等天然資源缺乏，皆需仰賴進口。發電主要能源為天然氣 95.5%，石油 0.2%、煤 1.1%及其他來源 3.2%(廢棄物、太陽能、生質能)(參考文獻[2])，如圖 1。



資料來源：新加坡能源市場管制局

圖 1 新加坡發電能源占比

二、新加坡電業簡史

新加坡電業自由化歷程如表 1，新加坡電業早期為公共事業(參考文獻[3])，新加坡電力事業部門最早為西元 1963 年成立之新加坡公用事業局(Public Utilities Board, PUB)，業務包含水、電及瓦斯。西元 1995 年新加坡政府將獨占的電業分為發電及售電兩大部門，但輸電部分仍為獨佔，同時將新分割的發電及售電部分開放民營競爭。分割後新加坡電力公司(Singapore Power, SP)屬於官股淡馬錫(Temasek)控股公司所有，其中發電業聖諾哥(Senoko Energy Pte. Ltd.)、西拉雅(YTL PowerSeraya)、電力服務(SP Services)均為新加坡電力子公司，而獨佔的輸電業稱為新加坡電網(SP PowerGrid)。此時民營電廠也開始興建，大士發電廠(Tuas Power Generation)為第一家獨立民營電廠(Independent Power Plant, IPP)，但母公司仍為淡馬錫公司，所以也是新加坡政府投資設立的公司。西元 1998 年，新加坡電力池(Singapore Electricity Pool)開始運作，主要營運電力市場契約媒合與電力調度。西元 2000 年，政府將電力產業可競爭與不可競爭部分分開，成立獨立系統調度機構(Independent System Operator, ISO)，開始開放零售市場。西元 2001 年，新加坡能源市場管制局(Singapore Energy Market Authority, EMA)成立，作為新加坡電力與天然氣部門的管制機構，並許可每年用電 24 萬度以上用戶之購電選擇權開放。同年，新加坡政府將聖諾哥、西拉雅兩家發電公司的所有權轉移到淡馬錫手中，完全實現所有權的分離(參考文獻[4])。西元 2002 年，同時許可每年用電 12 萬度以上用戶之購電選擇權開放。西元 2003 年，購電選擇權分階段全面開放，從每年用電量 5 萬度降到 2 萬度，再到西元 2004 年的 1 萬度，而民營電廠興建完工後也陸續加

入營運，2008 年淡馬錫公司將股權出售給外國控股公司(參考文獻[4])。電力市場分批發 (Wholesale，躉售)及零售(Retail)兩種。有購電選擇權的用戶可直接在電力市場直接購電，也可以在零售市場透過服務業者代購，或自行向市場外其他零售業者交易(參考文獻[5])。有購電選擇權的電價為浮動，通常每年可節省不少電費。

表1 新加坡電業自由化大事紀要(參考文獻[3])

時間(西元)	大事紀要
1963	公用事業局成立，負責電力、水、天然氣之供應。
1995.10	將原有國營事業分割為七家公司，包括兩家發電公司、一家民營電廠、一家輸配電公司、一家電力零售公司、一家供氣公司及一家控股公司
1998.4	新加坡電力池開始運作。
1999.9	政府重新評估電力產業。
2000.4	公用事業局改組，成立獨立系統調度機構，並開放零售市場。
2001	新加坡能源市場管制局成立，開始開放大用戶購電選擇權。 新加坡政府將聖諾哥、西拉雅兩家發電公司的所有權轉移到淡馬錫手中，完全實現所有權的分離。
2003.6	第一階段用戶購電選擇權開放
2003.12	第二階段用戶購電選擇權開放
2004	用戶購電選擇權開放給每年一萬度以上用戶
2008	大士能源公司出售給中國最大的電力生產商華能集團； 聖諾哥能源賣給日本丸紅商社的獅城電力(Lion Power Holdings)； 西拉雅能源賣給馬來西亞的楊忠禮集團(YTL)。(參考文獻[4])

資料來源：新加坡能源市場管制局(本研究重新整理)

三、新加坡電業現況

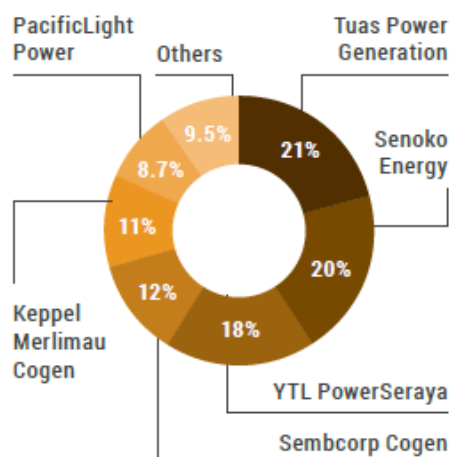
由於新加坡地狹人稠，不利於汙染較大的燃煤及石油發電，因此目前這兩種能源佔發電比重都很小，現有發電機組大部分為低碳排放的燃氣複循環渦輪機組。其

餘尚有小容量焚化爐廢熱發電機組，可回收廢棄物殘餘能源轉換為有用電力。依照新加坡能源市場管制局發佈分析資料(參考文獻[2])顯示，西元 2016 年發電量約為 50TWh，最大尖峰負載 6,960 MW，平均負載 5,000~5,800 MW，裝置容量 13,405 MW，備用容量與負載容量相當，約為 6,445 MW。新加坡目前政府持股發電廠計有聖諾哥發電廠，裝置容量為 3,300MW，西拉雅發電廠，裝置容量為 3,100 MW。民營大型獨立電廠有大士發電廠，裝置容量 2609MW，中型民營電廠計有勝科(Sembcorp)發電廠，裝置容量 1188.8MW，吉寶萬里旺熱(Keppel Merlimau Cogen)發電廠，裝置容量為 1340 MW，太平洋光源(Pacific Light Power)發電廠，裝置容量 800MW，詳細發電廠及市占率列於表 2，發電量占比繪於圖 2(參考文獻[2])。

表 2 西元 2016 年新加坡主要發電廠

發電廠	發電型式	裝置容量 MW	裝置容量占比	實際發電占比
聖諾哥 Senoko Energy	燃氣複循環、燃油	3,300.0	25%	20.1%
西拉雅 YTL PowerSeraya	燃氣複循環、燃油、燃氣	3,100.0	23%	17.9%
大士 Tuas Power	燃氣複循環、燃油	2,609.4	19%	21.0%
勝科 SembCorp Cogen	燃氣複循環	1,188.8	8.9%	11.6%
吉寶萬里旺熱 Keppel Merlimau	燃氣複循環	1,340.0	10%	11.2%
太平洋光源 PacificLight	燃氣複循環	800.0	6%	8.7%
大泉 Tuaspring	燃氣複循環	395.7	3%	9.5%
環保署、民營焚化爐	廢棄物轉換電能	256.8	5%	
其他	小電廠、太陽能、生質能	414.0		
總計		13404.7	100%	100%

資料來源：新加坡能源市場管制局(本研究重新整理)



資料來源：新加坡能源市場管制局

圖 2 新加坡電力市場發電量占比

新加坡電網輸配電系統全面採用地下電纜，並同時採用光纖電纜一起埋入，作為電力公司的核心資訊網路，將變電所的監測系統主機、數據庫，以及網際網路等互相聯接起來，建立一套電網與線上監控系統，圖 3 為全球能源網路研究所 (Global Energy Network Institute, GENI) 所示新加坡電網圖(參考文獻[6])。

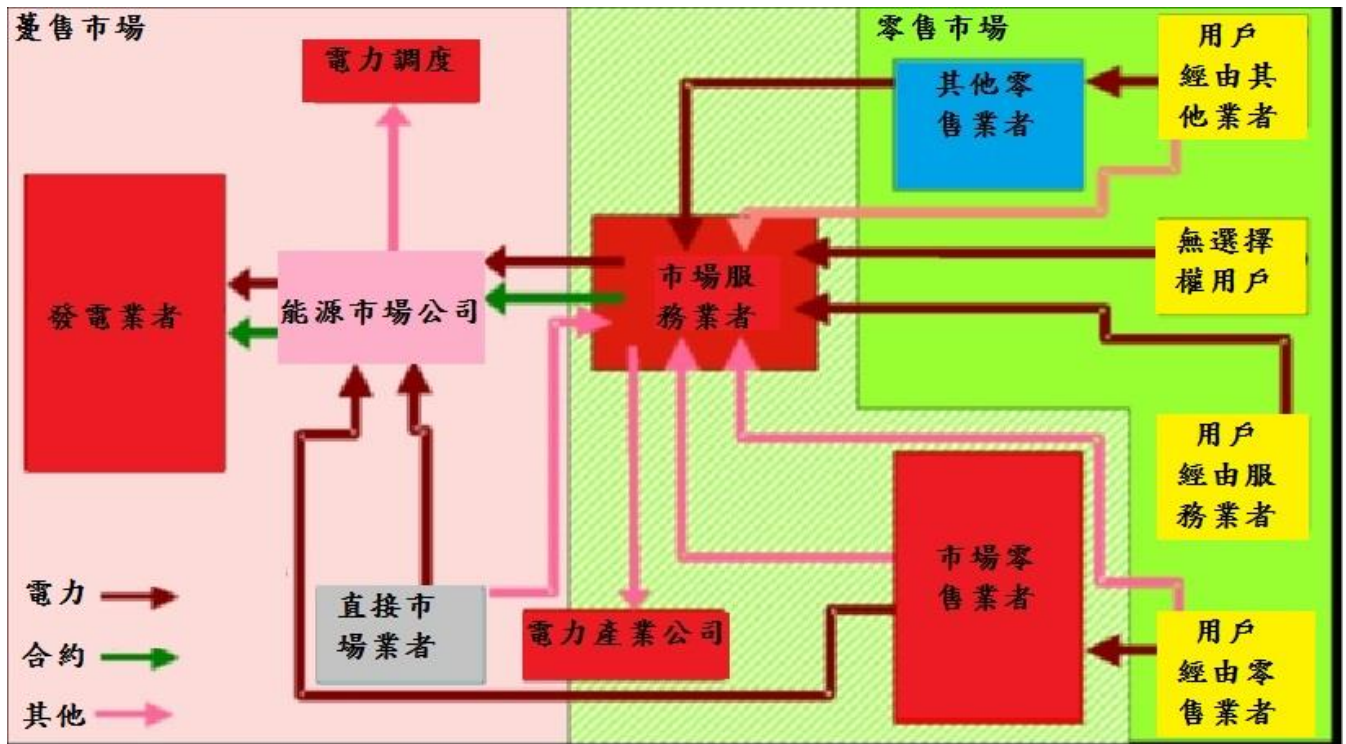


資料來源：全球能源網路研究所

圖 3 新加坡電網圖

四、新加坡電力市場

新加坡電力市場運作方式(參考文獻[3])，可由圖 4 說明。新電業市場由服務業者為運作核心，除市場資訊服務外，也提供有購電選擇權的用戶及零售業者市場交易之服務，並對於無購電選擇權的用戶則有供電義務。新電力市場運作之機構說明如下：



資料來源:新加坡能源市場管制局

圖 4 新加坡電力市場運作模式

1. 管制機構(The regulator)：能源市場管制局是新加坡電力市場的管制機構，負責確保新電力市場符合新加坡需求。
2. 市場管制機構(The market regulator)：能源市場公司(Energy Market Company, EMC)負責營運及管理批發市場。

3. 電力調度機構(The power system operator, PSO)：電力系統調度機構，是 EMA 下轄單位，負責電力系統調度控制及批發市場設備之調度，協調停電規劃及緊急處理，並依據輸電業者之營運協議書，指導新加坡高壓輸電系統的運轉與維護。
4. 電力產業公司(SP PowerAssets)：新加坡電力產業公司擁有者及負責輸電系統(包含高壓及低壓電網)之運轉及維護。
5. 發電業者(Generation licensees)：所有可供調度之發電機組容量超過(含)10MW，必須有能源市場管制局(EMA)之發電許可，市場參與者必須向能源市場公司(EMC)登記，強制參與並確保任何大容量發電機組，均能遵守市場規則運轉，例如備轉容量與履約保證。
6. 市場服務業者(Market support services licensees, MSSLs)：MSSLs 提供市場協助服務，包括抄表及儀表資料管理。也提供有購電選擇權的用戶及零售業者在批發市場交易之服務，並對無選擇權的用戶有供電義務。在新電力市場建立之初，負有供電責任之新加坡電力服務公司(SP Services Ltd)是唯一的市場協助服務業者。
7. 零售電業者(Retail electricity licensees)：零售電業者允許售電給有購電選擇權的用戶，它們可能是參與市場的零售業者(Market Participate Retailers, MPRs)，直接在批發市場購電；或非屬參與市場的其他零售業者(Non-market Participant Retailers, NMPRs)，間接透過市場服務業者(MSSLs)購電。

8. 用戶(Consumers)：用戶依全年用電量決定是否有購電選擇權，有購電選擇權的大用戶稱直接市場業者，可直接向批發市場購電，或向零售業者購電，另外也可間接透過市場協助服務業者向批發市場購電，而無購電選擇權的用戶市場服務業者有供電義務。

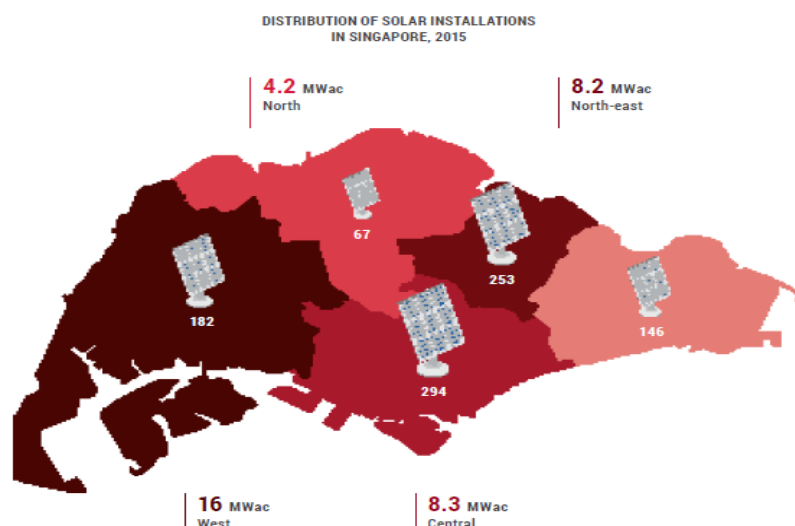
新加坡電力市場的運作方式(參考文獻[3])：新加坡新電力市場收到市場業者提出之需求時，必須同時針對備轉容量、機組排程及電力調度進行安排，發電機依照等級之要求可“立即”或“一段時間後”進入發電狀態，並有一定的備轉容量，作為萬一發生容量不足時之補償用，等級越高越快，價格也越高。掛牌價格以每半小時為一單位，於前一日提出隔日各時段報價，市場業者必須提出該日的需求預估，由電力池進行調度。現貨市場價格合約確定後，機組必須調節出力經過輸電網路履約供電至用戶。全新加坡機組調度及備轉容量之標準服務費是相同的，但掛牌價格可依照機組備轉容量之類別、等級及時段而改變。

新加坡新電力市場有避險要求及安全標準之機制。為減少電力市場的電價波動風險，新加坡政府仿效英國電業制度，電力交易市場除了提供前一日市場及現貨市場進行電力交易外，發電業者與售電業者也可自行簽訂價差契約（Contract for Difference, CFD）以規避現貨電價波動所帶來的風險，價差契約不涉及實體電力之交割，為一純粹之財務避險工具，其性質屬於選擇權之一種。

五、新加坡再生能源

新加坡將規劃中重要的新能源佈局視為國家安全政策。除現有天然氣能源外也積極發展再生能源(參考文獻[7])，主要包含風力、太陽能、生質能及潮汐發電。由

於處於熱太陽帶(tropical sunbelt)所以新加坡大力發展太陽能與相關半導體製造、智慧電網、綠建築與碳交易產業。對內透過「新加坡科技研究局」(Agency for Science, Technology and Research)，加強研究發展，設立新能源技術中心，提供相關技術基礎。依照新加坡能源市場管制局統計於西元 2015 年，潔淨技術部門為新加坡的國民生產毛額(Gross Domestic Product, GDP)貢獻 34 億新元，並僱用 18,000 人，其中潔淨能源的國民生產毛額貢獻為 17 億新元與 7,000 工作機會。如圖 5 所示，西元 2015 年新加坡太陽能裝機數為 942 組，總發電量為 46.1MW。

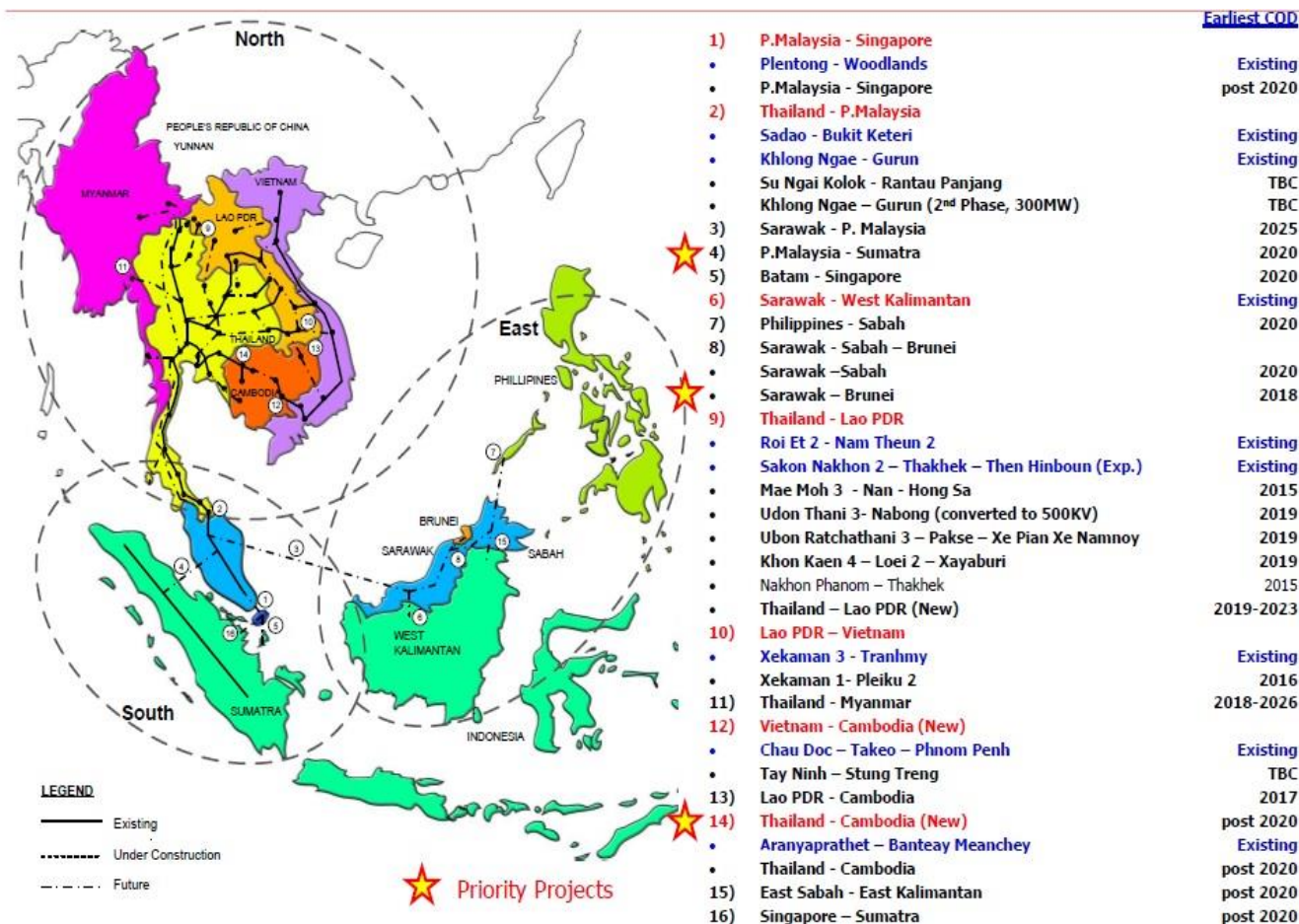


資料來源:新加坡能源市場管制局

圖 5 西元 2015 年新加坡太陽能發電量

六、參與東南亞互聯電網計畫

新加坡加入東南亞國協(Association of Southeast Asian Nations, ASEAN)後也從西元 1997 年開始逐步加入東南亞電網(ASEAN Power Grid)互聯計畫。電網互聯可使東南亞能源更有效率的運用，減少能源浪費與電廠重複投資。現有東南亞電網計畫如圖 6 所示：



資料來源:新加坡能源市場管制局

圖 6 東南亞電網計畫

新加坡與馬來西亞雖然有電網相連，傳輸容量為 450MW，而與印尼巴淡島(Batam)和蘇門答臘(Sumatra)的電網仍在施工，目前新加坡尚無外購電力，未來有計畫藉互聯電網向東南亞各國購入電力(參考文獻[8])。

七、結論與建議

新加坡電網所以能夠成功，主要是電業自由化的開放加上良好的管理。這些能源政策的成功經驗值得我國政府及電業參考：

1. 新加坡土地狹小，為了避免使用高污染燃煤機組，而採用排碳量較少的燃氣複循環發電機組，可做為國內新能源開發之參考。

2. 新加坡電網(目前仍幾乎是獨立電網)與我國相似，因新加坡良好的管理制度使得電業穩定成長，並積極參與南亞電網互聯計畫，未來可藉互聯電網向東南亞各國購入電力，減少設置電廠，方便交換再生能源。
3. 新加坡電業自由化從政府事業到淡馬錫控股再轉換為國際控股民營成功的經驗，對於尚處於摸索階段的我國電業，應可做為最佳參考典範。

給我國政府與電業之建議：

1. 早期馬來西亞天然氣輸送管線曾經發生問題而停電(參考文獻[9])，現在改為使用船運由港口接收進口印尼天然氣，向多個國家購買能源是基於分散風險及能源安全考量。
2. 電業全面自由化，新加坡的「新電力市場」(new electricity market)政策擺脫舊有獨佔壟斷框架，提升營運效率，走向良性競爭。(參考文獻[5])
3. 新加坡能源市場管制局隸屬於貿易與工業部(Ministry of Trade and Industry, MTI)，為政府三級機構專責能源市場管制，值得我國電業自由化後，管制機構設置、法規、運轉及變革之參考。
4. 新加坡發電機組備用容量率幾近 100%，在尖峰用電與緊急調度上有很大的便利性，除確保電力供應無慮外也促進了新加坡經濟成長，值得我國政府及能源業學習。
5. 積極發展再生能源為新產業，創造更高國民生產毛額及就業機會。

隨著全球化的經濟和國際關係的日趨緊密，能源安全問題攸關國家經濟發展。另一方面，全球暖化與氣候變遷問題日趨嚴重，因此應採取有效節能減碳措施，以達成我國溫室氣體減量之目標。新加坡獨立電網與電業自由化模式，未來可做為我國廢核後發展再生能源之借鏡。

參考文獻

[1] Department of Singapore Statistics, Singapore Government. Website:

<http://www.singstat.gov.sg>.

[2] “Singapore Energy Statistics 2016”, Singapore Energy Market Authority.

[3] “Introduction to the National Electricity Market of Singapore”, version 6, 2010.

[4] “以新加坡為例看我開放電業之扭曲” 聯合報社論，2016 年 10 月 24 日報導。

[5] “新加坡電力市場與您” 新加坡能源市場管制局，2014 年 12 月出版。

[6] Global Energy Network Institute. Website:

http://www.geni.org/globalenergy/library/national_energy_grid/singapore/singaporeannationalelectricitygrid.shtml.

[7] “Clean Energy”, Singapore Economic Development Board, 2016.

[8] “Interconnections in Southeast Asia: Implications for Singapore and the region”, Energy Market Authority of Singapore, 28 April 2016.

[9] “新國大停電 摸黑兩小時” 自由時報電子報，2004 年 7 月 1 日報導。