

新加坡節能減碳政策措施與對我國啟示

摘要

新加坡為一地狹人稠高所得的都市型小國家，能源幾乎完全依賴進口，其人均排放量偏高，為全球平均水準(4.51 噸)2 倍，居全球第 25 位，其目前節能減碳策略措施以達到至 2020 年比 BAU 減量 7%-11%的目標為主。在新加坡地理條件不利於替代能源發展之下，其預期短期排放無法下降而採取穩定長期排放的策略。其減緩策略方向有二，即一方面持續從燃油轉成燃氣發電，另一方面積極推動能源效率，並以後者為減碳核心策略，其目標為至 2030 年能源密集度較 2005 年減少 35%。我國亦依賴進口能源，在過渡到使用清潔能源的期間，或可仿效新加坡將燃油轉成燃氣發電，同時為確保天然氣供給的彈性與多樣性，擴大增建天然氣相關輸儲設施，以因應需求；另在車輛排放上亦可考量參酌新加坡限制車輛成長與鼓勵購買低碳車輛等之措施，如針對車輛排放性能分類，據以對低排放車給予回扣獎勵，對高排放車處以課費懲罰等。

一、能源供需與排放現況

新加坡位於東南亞，為一高度都市化的小型國家，國土面積 697 平方公里，居世界第 192 位；2012 年人口總計 531 萬人，居世界第 100 位；2012 年估計 GDP(PPP)為 3,385 億美元，為世界第 39 位，人均 GDP 則為 63,742 美元，為世界第 4 位。新加坡可謂地狹人稠高所得的都市型小國家。

表 1 2012 年新加坡與我國主要社會經濟指標

社會經濟指標	新加坡	台灣
國土面積	697	35,980

(平方公里)		(192)	(139)
人口 (百萬)		5.31 (100)	23.39 (49)
國民經濟 (PPP)	GDP (10 億美元)	338.5 (39)	782.6 (22)
	人均 GDP (美元)	63,742 (4)	33,458 (21)

資料來源：Central Intelligence Agency-The World Factbook；IEA(2014), Key World Energy Statistics.
註：括符內為世界排名。

(一)能源供給現況

根據國際能源署(IEA)統計，2012 年新加坡的能源供給總量為 155.0 百萬公噸油當量，幾乎完全依賴進口(99.6%)，進口能源為石油(占能源供給的 94.9%)與天然氣(占 4.7%)。

表 2 2012 年新加坡與我國的能源供給結構 單位：Mt eq, %

能源供給結構	新加坡		台灣	
	數量	%	數量	%
能源總供給	155.0	100	124.9	100
自產能源	0.6	0.4	13.3	10.7
天然氣	-	-	0.3	0.3
核能	-	-	10.5	8.4
再生能源	0.3	0.2	1.8	1.4
其他	0.3	0.2	0.7	0.5
進口能源	154.4	99.6	111.6	89.3
煤炭	-	-	39.2	31.4
原油	147.0	94.9	58.9	47.1
天然氣	7.3	4.7	13.5	10.8

資料來源：IEA(2014), Energy Balance of Non-OECD Countries.

(二)能源消費現況

新加坡國內能源消費 2012 年計 18.3 百萬公噸油當量，以工業、運輸與能源部門自用之能源消費最多，其中工業部門能源消費最為偏高，為 5.2 百萬公噸油當量，占國內能源總消費

的 28.3%；運輸部門次之，為 2.5 百萬公噸油當量，占 13.8%；能源部門自用消費 2.3 百萬公噸油當量，占總能源消費 12.4%

表 3 2012 年新加坡與我國的能源消費結構 單位：Mt eq, %

能源消費結構	新加坡		台灣	
	數量	%	數量	%
國內能源消費	18.3	100	69.7	100
能源部門自用	2.3	12.4	4.5	6.5
工業部門	5.2	28.3	22.4	32.1
運輸部門	2.5	13.8	12.1	17.3
住宅部門	0.6	3.5	5.6	8.0
服務業部門	1.7	9.1	5.4	7.7
農業部門	0.0	0.0	0.6	0.8
非能源消費	6.0	32.9	19.2	27.6

資料來源：IEA(2014), Energy Balance of Non-OECD Countries.

(三)二氧化碳排放現況

根據 IEA 資料顯示，2012 年新加坡 CO₂ 排放量為 4,975 萬噸，占全球比重為 0.2%，居全球第 54 位。其人均排放量偏高為 9.36 噸，為全球平均水準(4.51 噸)的 2 倍，居全球第 25 位；如果按碳密集度指標計算，新加坡單位 GDP CO₂ 排放量為 0.15 公斤，遠低於全球平均水準(0.38 公斤)，居世界第 115 位；其每一噸能源則排放 1.99 噸的 CO₂，亦遠低於全球平均水準(2.37 噸)，居世界第 85 位。

表 4 2012 年新加坡與我國 CO₂ 排放現況

CO ₂ 排放現況	新加坡	台灣	全球	OECD
排放總量 (Mt of CO ₂)	49.75 (54)	256.61 (24)	31,734	12,146
人均排放 (t CO ₂ / capita)	9.36 (25)	10.95 (20)	4.51	9.68

排放密集度 (kg CO ₂ / GDP)	0.15 (115)	0.32 (52)	0.38	0.31
每單位能源排放 (t CO ₂ / toe)	1.99 (85)	2.45 (42)	2.37	2.31

資料來源：IEA(2014), Key World Energy Statistics.

二、節能減碳目標

在 2009 年哥本哈根談判之前，新加坡所實施減緩與能效措施，係針對至 2020 年比 BAU 減量 7%-11% 的減量目標。而於 2009 年哥本哈根談判中則承諾，至 2020 年比 BAU 減量 16%，然而哥本哈根談判協議未成。目前新加坡的節能減碳目標與策略措施仍以前者為主要目標。預計從 2005 年開始，新加坡 BAU 排放於 2020 年估計達 77.2 百萬公噸(MT)。(預計年經濟成長率 3-5%)

三、主要節能減碳政策措施

(一) 主要政策

新加坡於 2010 年 7 月成立國家氣候變遷秘書處(National Climate Change Secretariat, NCCS)，隸屬於總理辦公室，負責協調氣候變遷之國內與國際政策、規劃與行動。該秘書處於 2012 年 6 月公布新加坡的「國家氣候變遷策略 2012」，規劃從四個層面解決氣候變遷相關挑戰：

- 1.降低所有部門的碳排放：包括車輛排碳量稅務計畫、最基本耗能標準計畫和綠色建築標誌等。
- 2.準備好調適氣候變遷的影響：瞭解氣候變遷對新加坡的衝擊影響，並提升抵禦氣候變遷的應對能力。
- 3.掌握綠色成長機會：測試各種新技術、商業模式和解決方案，將新加坡發展為全球潔淨科技中心。

4.建立國內外夥伴關係：如宣導民間、私人企業以及公共領域的合作，同時加強與聯合國、世貿以及亞太相關組織之合作等。

在降低碳排放方面，由於新加坡能源幾乎完全依賴進口，且是一個很小、不利於替代能源的城市型國家，可進行的排放減量範圍與空間有很大的局限性。其地小且有密集的城市景觀，大範圍使用替代能源(如太陽能)深受挑戰，此困難點已為 UNFCCC 所認同。因此新加坡在面對風能、水力、生質能、地熱能或核能等低排放替代能源的發展非常有限下，非常依賴進口能源發電，並且在可預見的未來又沒有可行的替代技術可取代的限制與獨特條件之下，新加坡預期其排放無法於近期內下降，但新加坡將朝向如何穩定其長期排放進行。

(二)主要策略與措施

鑒於上述之限制與獨特條件，新加坡的減緩策略主要方向有二，即一方面持續從燃油發電轉成燃氣發電，目前燃氣發電已占約 80%之電力來源；另一方面是積極推動能源效率，並以提升能效為新加坡的減碳核心策略，其目標為至 2030 年能源密集度減少 35%(以 2005 年為基準)。

為達到新加坡低於 2020 年 BAU 排放水準 7%-11%的目標，而於重要部門實施減緩措施。如前所述，其能源消費主要部門為工業部門(占 28.3%)、運輸部門(13.8%)與能源部門自用(12.4%)等。其各主要部門之減緩措施如表 5 所列。

1.電力部門

目前已從燃油發電轉成燃氣發電(已占 80%)，新加坡

已成為世界燃氣發電占比最高的國家。電力部門仍將持續從燃油發電轉成燃氣發電，以降低碳排放，同時為確保天然氣供給的彈性與多樣性，興建液化天然氣(LNG)接收站。另因太陽能是最有利於新加坡的再生能源，亦努力研發與試驗提升使用太陽能的方法與商業模式，以尋求盡量利用與擴大太陽能發電。

2.工業部門

新加坡政府透過協助企業鑑識商業上可行的能源效率改善，並透過共同資金協助企業支付能效裝置前置成本，以促進能效投資。如擴大節能技術補助（GREET）計畫、發展並支持能效融資試驗計畫、於能源密集型部門鼓勵新的汽電共生廠、制定「節約能源法」提升大型能源用戶之能源效率改進計畫等(措施說明請見表 5 所列)。

3.建築部門

為提升建築能效，而針對新建建築與既有建築皆有環保標章認證之要求。於「建築控制系統（環境永續性）規則」中要求新建築案的開發業者和所有權者須達到最低的綠色標誌(Green Mark)標準。要求從 2005 年的標準提高到 28% 的能效提升。該規則適用於新建建築和進行重大改造工程、建築面積 2000 平方公尺以上的既有建築。該建築於壽命期間可節能 20%-40%。對於新的和既有改造建築之冷卻系統，亦規定每 3 年稽核一次；並要求提交能源消耗和能源相關的建築資料。另在「公部門帶領環境永續發展計畫（PSTLES）」下，所有公部門建築物必須實施能源效率措施。

4.運輸部門

新加坡是世界上唯一限量管制車輛成長和積極對車輛使用定價的國家。其規定申辦居留權證明書者可擁有一部車輛的權利(有證書者可擁有和使用該車輛 10 年)，且將對新車主課徵車輛購置和所有權稅，這些稅包括附加註冊費(可能高達車輛市價的 100%)、消費稅和路稅等。透過控制車輛的成長，抑制車輛碳排放的增加。

為有助於提高汽車燃油效率的公眾意識，並鼓勵車商引進更省油的車輛進入新加坡，「燃油經濟性標籤計畫 FELS)」於 2009 年作出硬性規定，要求車商提供購車者燃油效率資訊，以協助消費者做出更明智的購買決定。

為鼓勵購買低碳排放汽車，實施「基於碳排放的車輛計畫(CEV)」。根據該計畫，所有新的和進口的二手車及計程車，基於 CO₂/km 排放性能資料分類歸屬，屬低排放車(A1-A4 類)者給予回扣獎勵，屬較高排放車(C1-C4 類)者，則以課徵註冊附加費的形式予以懲罰。

在加強提高公共交通的吸引力並鼓勵其使用方面，於「陸路交通總體規畫」下，新加坡的目標是到 2020 年達到 70% 的公共交通模式(2008 年是 59%)。

5. 家戶部門

主要提升家戶能效的措施，包括提升家用空調和冰箱的最低能源性能標準(MEPS)，並規劃將最低能源性能標準延伸適用於照明和更多電氣設備。實施「強制性能源標籤計畫(MELS)」，使消費者能比較不同型號電器能效表現，並計算其生命週期成本。而「最低能源性能標準(MEPS)」，禁止銷售最不具能效電器型號的銷售，此計畫目前涵蓋家用電冰箱和空調，未來並將擴展到其他家

用電器，對空調和冰箱的最低能效標準亦將更趨嚴格。

未來新加坡若需要額外的排放減量要求，例如在全球氣候協議達成的要求之下，新加坡表示將在所有部門需要更強的干預措施，因此其亦考量實施碳價格的可能性，如課碳稅或總量管制與排放交易制度等措施。

表 5 新加坡主要部門減緩措施

部門	減緩措施	相關作法或方案
電力	● 由燃油發電轉成燃氣發電	● 為確保天然氣供給的彈性與多樣性，興建液化天然氣(LNG)接收站。
	● 鼓勵更多的太陽能實驗和研究	● 經濟發展局(EDB)啟動太陽能能力建構計畫，如 Solar Capability Scheme (SCS) 與 Clean Energy Research Testbedding (CERT)。 ● 住屋發展局(HDB)於 30 個 HDB 區域進行為期 5 年的太陽能試驗平台。 ● HDB 正在研究太陽能電力的新商業模式。例如在榜鵝(Punggol)試驗一種太陽能租賃模式，鎮議會向私人公司租用太陽能光電 (PV) 系統，該公司設計、融資、安裝、操作和維護太陽能光電系統。而鎮議會再支付該公司所耗用太陽電力，價格等於或低於零售電價費率。
工業	● 擴大節能技術補助 (GREET) 計畫 (2012)	● 「效率設計方案 (DFE)」透過資助雇用能源顧問公司進行設計工作室高達 80% 的成本，鼓勵投資者設計能源和資源效率的設施。 ● 對於既有設施的「能源效率改善援助計畫 (EASE)」資助雇用經認證的節能服務公司 (ESCO) 進行能源稽核和提出能源效率改進措施的成本。 ● 透過「節能技術補助 (GREET)」和「投資津貼 (IA)」計畫，對能源效率投資給予補助和稅賦優惠。
	● 發展並支持能效融資試驗計畫 (2012)	● 考量以創新方法鼓勵提高能源效率，包括「能源性能合同 (EPC)」模式，即由第三方承擔能效投資的前期成本，並與消費者 (企業或家庭) 分享預期的節能成果。
	● 於能源密集型部門鼓勵新的汽電共生廠	● 「節能技術補助 (GREET)」和「投資津貼 (IA)」計畫亦著重於能源密集型產業，例如獎勵汽電共生電廠的建造。
	● 節約能源法，係針對大型能源用戶制定能源效率改進計畫，並採取其他措施 (2013 年)	● 該法要求年耗電超過 1500 萬度的工業和運輸部門用戶，要任命一名能源管理師，監督並報告其能源使用和溫室氣體排放，並提交能效改善計畫給相關機構。
建築	● 對所有新建築要求環保標章認證	● 「建築控制系統 (環境永續性) 規則」要求新建築案的開發業者和所有權者須達到最低的綠色標誌 (Green Mark) 標準。要求從 2005 年標準達到 28% 的能效提升。該規則適用於新建建築和進行重大改造工程、建築面積 2000 平方公尺以上的既有建築。該建築於壽命期間可節能 20%-40%。
	● 對既有建築的改造 (2013 年)，要求環保標章認證	● 建設局(BCA)利用激勵機制，如「綠色標誌建築面積 (GM-GFA)」計畫，鼓勵開發業者達到綠色標誌白金和 Gold ^{Plus} 更高層級的綠色標誌等級；且針對突破原型設計的「設計原型的綠色標誌獎勵計畫 (GMIS-DP)」，可達到超越綠色標誌白金等級的評等。
	● 對新的和既有改造 (2013 年) 建築之冷卻系統，每三年稽核一次	● 政府將提供支持協助建物所有人達到規定之最低標準。
	● 提交能源消耗和能源相關的建築資料 (2013 年)	● 在「公部門帶領環境永續發展計畫 (PSTLES)」下，所有公部門建築物必須實施能源效率措施。
運輸	● 達成公共交通和私人交通 70:30 占	● 在「陸路交通總體規畫」下，新加坡的目標是到 2020 年達到 70% 的公共交通模式(2008 年是 59%)。

	<ul style="list-style-type: none"> ● 比模式 ● 實施基於碳排放的車輛計畫 (CEV)，以鼓勵購買低碳排放汽車 (2013) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 根據 CEV 計畫，所有新的和進口的二手車及計程車，基於 CO2/km 排放性能資料分類歸屬，屬低排放車 (A1-A4 類) 者給予回扣獎勵，屬較高排放車 (C1-C4 類)，則課以註冊附加費的形式予以懲罰。
家戶	<ul style="list-style-type: none"> ● 提升家用空調和冰箱 (2013 年) 的最低能源性能標準 (MEPS) ● 將最低能源性能標準延伸適用於照明 (2014) 和更多電氣設備 	<ul style="list-style-type: none"> ● 「強制性能源標籤計畫 (MELS)」使消費者能比較不同型號電器能效表現，並計算其生命週期成本。 ● 「最低能源性能標準 (MEPS)」，禁止銷售最不具能效電器型號的銷售。此計畫目前涵蓋家用電冰箱和空調，未來並將擴展到其他家用電器。2013 年空調和冰箱的最低能效標準將更嚴格。
廢水 / 廢棄物	<ul style="list-style-type: none"> ● 焚燒污泥而不在垃圾填埋場進行處理 ● 減少塑膠焚燒 	<ul style="list-style-type: none"> ● 透過焚燒污泥減少污水污泥直接排放甲烷。三井住友銀行和 ECO-特殊廢物管理 (ECO-SWM)，已在新加坡合作開發東南亞最大的污水污泥脫水與焚燒專案之一。預計該廠每年將平均減少大約 129,000 公噸的二氧化碳當量。 ● 以回收代替焚燒更多的塑膠垃圾。預期垃圾回收率從 2011 年的 59% 提升至 2030 年的 70%。

資料來源：新加坡 National Climate Change Secretariat, “Climate Change & Singapore: Challenges, Opportunities, Partnerships - National Climate Change Strategy 2012”, 2012。

三、節能減碳成效

在發電方面，主要使用能源從燃油轉為天然氣的措施，已使燃氣發電占比從 2000 年的 19% 上升至 2012 年的 80%，大幅降低排放成長。

然而在整體氣候變遷績效表現上，依據 2014 年 12 月德國看守協會(Germanwatch)與歐洲氣候行動網(Climate Action Network Europe)公布之 2015 年氣候變遷績效指標(Climate Change Performance Index 2015)，在 61 名當中(前 3 名從缺)，新加坡為第 50 名，得分 47.27，比前一年的第 48 名 50.32 得分退步。於 CCPI 的評估下，新加坡在排放水準、排放發展、再生能源、能源效率與政策上的整體表現非常不佳(very poor)。

四、對我國啟示

(一)新加坡面臨能源依賴進口、主以化石能源發電、再生能源發展受地理條件限制等問題之下，預期其排放無法於短期內下降，而將減緩策略朝向如何穩定其長期排放。我國亦面臨類似之限制條件與問題，可學習新加坡此策略構思，為兼顧經濟成長與排放減量，可考量先求穩定排放再求進一步減量。

(二)在能源供給方面，在過渡到使用清潔能源的期間，可學習新加坡由燃油轉成燃氣發電，同時為確保天然氣供給的彈性與多樣性，興建液化天然氣(LNG)接收站。另新加坡環境條件雖不利於大量部署太陽能，但努力尋求使用太陽能的方法與商業模式，以盡量利用與擴大太陽能發電的做法，亦可參考。

(三)在能源需求方面，提升各部門的能效是新加坡減緩策略的核心，其許多措施我國都已實施，其中較值得學習的措施建議：

- 1.針對新建建築與既有建築皆要求有環保標章認證，以擴大建築能效之提升。
- 2.為限制非低碳車輛之成長，增加其相關稅費之課徵，以降低車輛排放。
- 3.為鼓勵購買低碳排放汽車，可參卓新加坡實施之「基於碳排放的車輛計畫」，針對所有新的和進口的二手車及計程車，基於 CO₂/km 排放性能資料分類歸屬，屬低排放車者給予回扣獎勵，屬較高排放車者，則以課註冊附加費的形式予以懲罰。
- 4.為進一步提升家戶電器之使用能效，提升家用空調和冰箱的最低能源性能標準，並將最低能源性能標準延伸適用於照明和更多電氣設備。

參考資料：

1. International Energy Agency(2014) , Energy Balance of Non-OECD Countries 。
2. International Energy Agency(2014), Key World Energy Statistics 。
3. 網 站 : Central Intelligence Agency, The World Factbook
(<https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>) 。
4. Singapore National Climate Change Secretariat, “Climate Change & Singapore: Challenges, Opportunities, Partnerships - National Climate Change Strategy 2012”, 2012.
5. Germanwatch, Climate Change Performance Index 2015, December 2014.
6. 網 站 : 新加坡 NCCS (National Climate Change Secretariat, Prime Minister’s Office, Singapore)
(<http://app.nccs.gov.sg/page.aspx?pageid=158&secid=157>) 。