

香港未來發電燃料組合諮詢

一由中國大陸輸入更多電力或提高香港天然氣發電比例

蕭國鑫

工業技術研究院 綠能與環境研究所

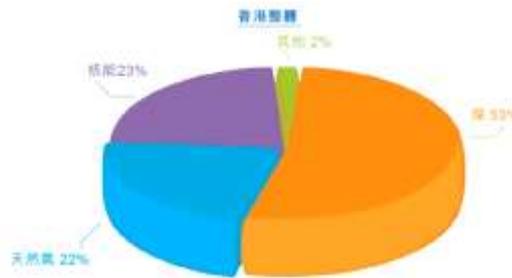
摘要

目前香港為國際上重要的商業、金融和物流中心之一，而安全可靠的電力供應是經濟競爭力的重要支柱；未來香港是否可持續發展，合理的電價及可靠的電力供應將是重點工作。香港居民希望未來有更清新空氣的環境和健全的經濟發展，為平衡相互競爭的政策目標，香港需要考慮未來發電燃料組合的變化。鑒於香港的發電機組將陸續退役，未來將廣泛地使用清潔但較昂貴的能源；同時，為了進一步改善環境，亦需要採用更多的清潔電力。因此，香港地區未來的燃料組合對於長遠電力市場的環境將會有重大影響。

香港政府考慮各種燃料種類的利弊及未來的發展情況；因此，建議兩個燃料組合方案，包括(1)藉由中國大陸電網購電以輸入更多電力，此方案約有 20%的電力從大亞灣核電廠輸入，另從中國大陸電網（南網）新購買約 30%的電力，其餘 50%將利用本地發電(天然氣發電約 40%，煤炭和再生能源約 10%)來提供；(2)利用更多天然氣作為本地發電，即將天然氣發電比例提升至 60%，燃煤和再生能源發電維持約 20%，從大亞灣核電廠輸入的核電維持約占整體燃料組合 20%。而評估每個方案都有利弊，所以香港政府對於提出的兩個燃料組合方案諮詢文件持開放立場。由於此決定會對未來的經濟和社會發展有深遠影響，所以香港政府希望民眾能就此份諮詢文件(為期三個月:2014/03/18~06/18)，針對(1)安全、可靠性、合理價格、環保表現及其他相關的考慮，提出對兩個燃料組合方案的任何意見；(2)圈選哪一個為較佳的燃料組合方案，並說明原因；再利用制式回應表格回應上述之問題，以協助香港政府訂定未來發電燃料組合的方向。

一、前言

目前香港由兩家私營公司以垂直整合的方式(包括發電廠、輸配電網及直接向其服務地區內的客戶供應電力及提供客戶服務)提供電力。此兩家私營電力公司分別為(1)香港電燈有限公司(簡稱港燈),供應電力地區為港島、鴨脷洲及南丫島等地區;(2)中華電力有限公司聯同青山發電有限公司(統稱中電)則為九龍、新界及部分離島的客戶供應電力。兩家電力公司2012年的總裝機容量為12.64GW。2012年香港約有77%的電力由本地發電提供,23%電力則是從中國大陸大亞灣核電廠經專線輸往香港。如圖1為香港2012年整體發電燃料組合。

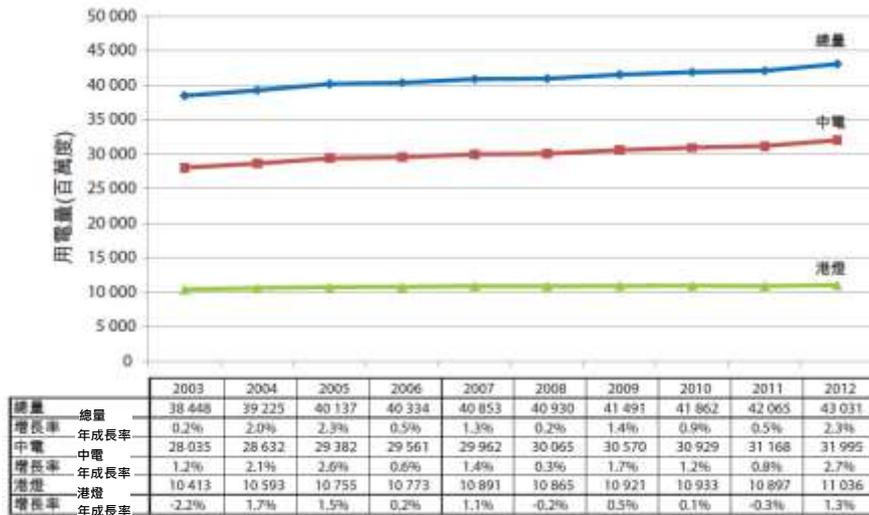


資料來源: 香港環境局

圖 1、2012 年香港整體發電燃料組合

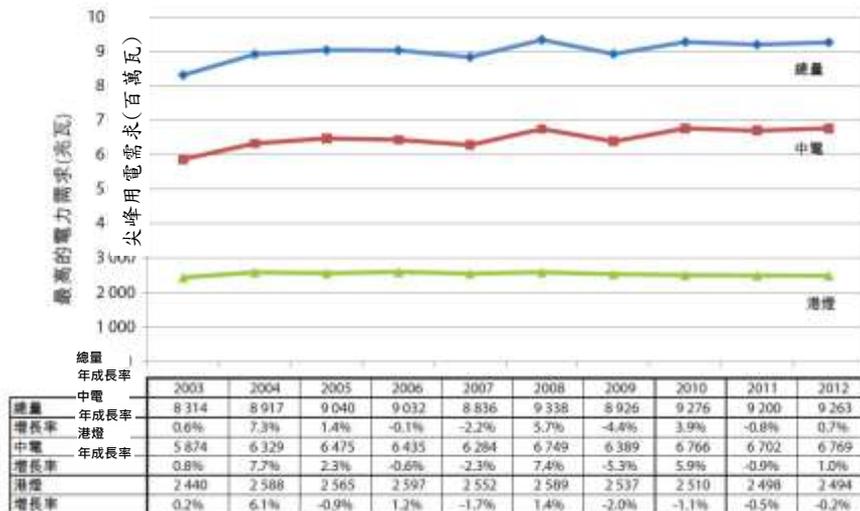
過去數年間,香港推行多項提升能源效益的措施,使得用電量成長已經放緩。2008年至2012年間,香港的用電量成長約5.1%,每年平均成長1.3%(如圖2,同期香港地區生產總值約成長19.3%)。另2008年至2012年間,香港的尖峰用電需求減低約0.8%(如圖3)。

香港的能源政策是要確保以合理價格、安全、可靠及有效率來滿足市民的能源需求,並將發電造成的環境影響減至最低。而電力提供對於香港的經濟發展有舉足輕重的地位,但因為香港本身並沒有發電資源,長久以來一直依賴進口燃料提供發電、或從中國大陸直接輸入電力;因此,未來不同的燃料組合對於香港地區長遠電力市場的環境將有重大的影響。



資料來源：香港環境局

圖 2、2003 年至 2012 年香港的用電量

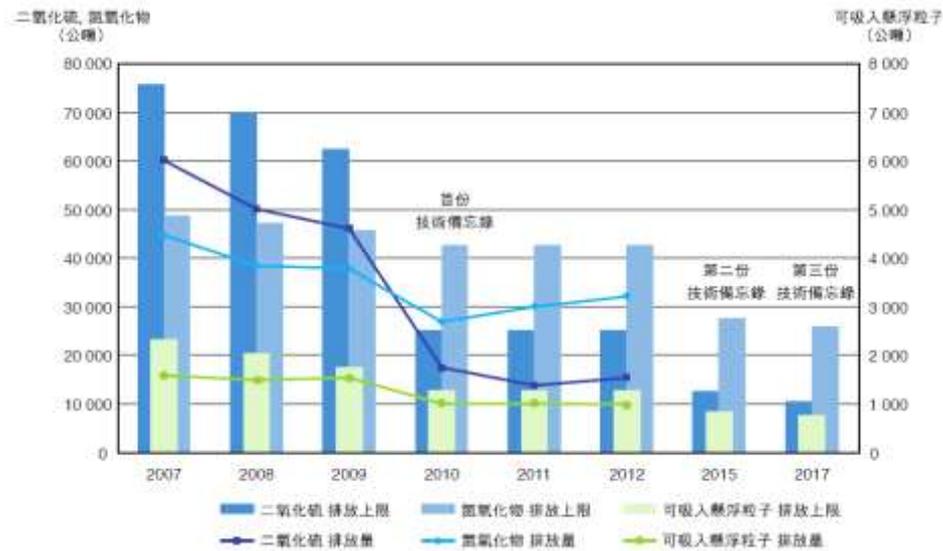


資料來源：香港環境局

圖 3、2003 年至 2012 年香港地區尖峰用電需求

香港政府基於下列四項原因，需要儘早檢討和規劃未來燃料組合，包括(1)現有的發電機組將於 2017 年起陸續退役，藉此可以探討如何替代這些機組，並重新審視整體燃料組合，以儘早規劃新的發電及輸電設施；(2)預計用電增幅有限，但仍須滿足電力需求，例如預測總用電量由 2012 年的 430 億度，增至 2020 年的 480 億度及 2023 年的 500 億度；(3)為改善空氣品質而訂定的空氣污染減排目標

(如圖 4)；(4)致力實現 2010 年就諮詢公眾時所訂之降低碳強度(碳排量/國民生產總值)目標，及優化發電組合(發電占香港地區溫室氣體排放量約 66%，如圖 5)，希望 2020 年時碳強度由 2005 年的基準降低 50%至 60%，相當於溫室氣體減量約 19%~30%，即由 2005 年的 4,200 萬公噸(二氧化碳當量)減少到 2020 年的 2,800 至 3,400 萬公噸之間。



資料來源：香港環境局

圖 4、香港地區發電廠空氣污染物排放上限



包括煉鋼生產，佔總生產的溫室氣體排放量的1%

資料來源：香港環境局

圖 5、1990 年至 2010 年香港地區溫室氣體排放趨勢

二、香港優化燃料組合的考慮因素

香港地區的電力來源，包含煤炭、天然氣、再生能源(風、太陽能及生質能)、核能及電網購電等。而各種發電燃料均有其利弊，所以制訂未來發電燃料組合時需要考慮彼此之間的優勢。

目前香港約有 53% 電力來自燃煤發電，但是燃煤是空氣污染和溫室氣體排放的主要來源，例如 2010 年香港燃煤發電機組所排放的二氧化碳、氮氧化物、可吸入懸浮粒子及溫室氣體等，分別占總排放量約 50%、22%、14% 及 50%。而燃煤發電的成本不只取決於煤價，還要計算投入燃煤發電機組減排措施的成本。另天然氣發電相對燃煤是燃燒時較清潔，產生較少量的空氣污染物和二氧化碳；但目前天然氣價格較高，且國際上天然氣使用量又不斷增加，預計未來天然氣發電的成本可能會上升。

香港目前大量發展再生能源的可能性極低，因為香港地區缺乏水力及地熱資源，無法進行做水力發電及地熱發電，又缺乏廣大的腹地可以裝設太陽能板，所以大力推展太陽能亦有其限制。風力發電雖然可行，但依據香港機電工程署說明(香港機電工程署，2002)，香港發展風力發電最大的阻力是土地不足，所以發展大型風力發電基站受到限制；另該署報告亦指出，整合香港全部郊區風力發電場能滿足全年電力需求的 7.5% (對比 1999 年)，若加上近岸的海上風力發電場，可滿足香港全年電力需求的 23%，雖然風力發電具有潛在開發性，但目前進展仍相當緩慢，最大的阻力是香港的電力政策所致。另潮汐發電雖然可行，但由於潮汐水位差小，發電效率亦不高。另轉化廢棄物能作為香港電力供應的來源，考慮到工程規模，廢氣物轉化為再生能源的占比，推估 2020 年代初期，最多只占總電力需求約 1% (香港環境局，2014 年)。因此，就目前的技術水準及經濟效益評估後，將再生能源作為香港主要發電燃料的機會不大。

目前由大亞灣核電廠輸入香港的核電約可提供香港地區 30% 的用電需求(購電合約在 2009 年已延長 20 年至 2034 年 5 月)。而 2012 年從大亞灣核電廠輸入的核電約占全香港燃料組合的 23%，預計將

會因整體用電量逐漸增加，而在 2020 年代初下降至約 20%。為減低未來數年對電費的影響，香港中電正安排從大亞灣核電廠額外增加輸入約一成的電力。另外若需要從中國大陸電網購電，目前香港可直接經中國南方電網（南網）輸入電力（該電網目前已接駁中電的電網）。上述各種發電燃料種類之比較如表 1 所示。

表 1、香港未來可採用的發電燃料種類比較

| 燃料種類 | 供應 | 可靠性 | 價格 | 生命週期中，溫室氣體/空氣污染物排放 |
|------|--------|----------|----------------------------------|--------------------|
| 煤炭 | 足夠 | 高 | 低 | 高 |
| 天然氣 | 足夠 | 高 | 高且波動大 | 中 |
| 再生能源 | 受環境限制 | 低 | 很高 | 低 |
| 核能 | 中國大陸供應 | 高 | 中等價格，但輸電、可能涉及調峰管理及本地的後備發電均需要額外費用 | 低 |
| 電網購電 | 中國大陸供應 | 高，但需後備發電 | 中等價格，但輸電、可能涉及調峰管理及本地的後備發電均需要額外費用 | 低（就香港地區排放而言） |

資料來源：香港環境局

三、香港的燃料組合方案

香港政府考慮環境現況及各種燃料種類的利弊，最後提出兩個燃料組合方案，包括方案 1:由中國大陸電網購電以輸入更多電力；方案 2:利用更多比例的本地天然氣發電等兩種；而最終選定的發電燃料組合，將提供未來十年發電規劃與基建基礎。例如香港地區興建新的燃氣發電機組約需四至五年，而完成新的跨境輸電設施約需要八至十年，若 2014 年提出未來的燃料組合方案可以定案，則部分發輸配電基礎建設，可能約在 2023 年才能完成。此外在決定燃料組合時，亦需考慮香港現有燃煤機組的退役時間表，且兩個方案中均須落實 2020 年降低空氣污染物排放及碳強度的目標。

香港政府提出之未來兩個燃料組合方案內容為：

方案 1：從內地電網購電以輸入更多電力

此方案從大亞灣核電廠輸入核電，以滿足 2023 年香港所需約 20% 電力外，亦從中國大陸南網輸入約 30% 的電力(2023 年約需 150 億度電，屆時約只占南網發電量 2%)，其餘將藉由香港本地的天然氣發電(40%)、燃煤和再生能源發電共 10% 來補足。而當跨境輸電設施約在 2023 年全面落成時，此方案可以達到空氣污染物減排目標的上限，評估將有助於將碳強度由 2005 年的基準降低約 60%，且中國大陸所增加的碳排放之置換效應將會很小。

此方案之從中國大陸電網購電以輸入更多電力，可以循(1)由特定的電力來源經專線輸入電力，模式與目前從大亞灣核電廠輸入核電相同；(2)加強與鄰近電網的連繫以取得電力。此方案由特定的電廠提供電力和使用專線輸電，可讓香港直接控制發電的供應及其品質，但風險是在滿足電力需求時，增加對特定外來電源的依賴；因此，中國大陸的電力供應是否充足及其供應是否可靠，均有賴於大陸電力供應商與香港電力買家之間的商業合約和政府間的承諾保證。

方案 2 利用更多天然氣作本地發電

方案 2 將繼續依賴本地發電，以滿足香港地區長遠的電力需求。例如天然氣發電比例由 2012 年的 22% 提升到 2020 年約 60%，同時維持從大亞灣核電廠輸入約 20% 的核電，其餘 20% 將由本地燃煤發電和再生能源提供；資料整理如表 2 所示。

本方案之優點為本地發電自主性較高，但缺點為天然氣仰賴中國大陸提供；而天然氣發電的成本價格較高，且須確保有充足的天然氣供應。考慮到要維持合理價格的政策目標，這個方案中的燃煤比例會較高。

表 2、香港 2012 年和兩個建議方案的燃料組合

| 燃料組合 | | 輸入 | | 天然氣 | 煤炭及再生 能源 |
|--------|--------------------------|----------------|------|-----|-------------|
| | | 核能(大亞灣 核電廠) | 電網購電 | | |
| 2012 年 | | 23% | - | 22% | 55%** |
| 方案 1 | 從中國大陸電 網購電以輸入 更多電力 | 20% | 30% | 40% | 10% |
| | | 合計：50% | | | |
| 方案 2 | 利用更多天然 氣作本地發電 | 20% | - | 60% | 20% |

資料來源：香港環境局

**包括少量燃油

四、兩個燃料組合方案之比較

香港的能源政策目標是提供安全、可靠、合理價格及環保的能源，而能源的多元性、未來供應的靈活性及對社會其他影響因素等亦為考慮重點。由於兩個燃料組合方案各有其利弊(如表 3)；因此，香港政府對本諮詢文件持開放立場，希望民眾能夠就此份諮詢文件，提出對此兩個燃料組合方案的意見，並能夠圈選較佳的燃料組合方案及說明原因，以協助香港訂定未來發電燃料組合之方向。

表 3、兩個建議燃料組合方案優劣

| 評估項目 | 優 劣 |
|------|---|
| 安全 | • 兩個方案均不會對香港構成特別的安全風險 |
| 可靠性 | • 方案 1：香港未曾大規模從電網購電，但從中國大陸輸入更多電力在技術層面上是可行的。香港可以受惠於整個南網擁有多個供電源的強大網絡支援，亦可安排後備發電容量應付緊急情況。香港政府未來會進行詳細的技術研究。 • 方案 2：可靠性方面，香港本地發電一直有良好的記錄。 |

| 評估項目 | 優 劣 |
|-------------------|---|
| 合理價格 | <ul style="list-style-type: none"> • 以現有資料推算，兩個方案平均每單位成本相差不大。初步估算，若與 2008 至 2012 年五年間的平均發電成本比較，增幅約為一倍。 • 方案 1：部分人士關注認為此方案，未來將使香港成為受制的買方。 • 方案 2：高度依賴天然氣為單一燃料，會使得電價受天然氣價格波動所影響。 |
| 環保表現 | <ul style="list-style-type: none"> • 兩個方案都可以達到 2020 年改善空氣品質及碳排放表現的環保目標。 • 方案 1：跨境輸電設施大約 2023 年全面落成後，可進一步降低本地碳排放量，亦可引入香港更多樣化且環保的燃料種類。 • 方案 2：新發電設施投入運作後的一段時間，環保方面作出重大改善的空間有限。 |
| 對 2018 年以後電力市場的影響 | <ul style="list-style-type: none"> • 方案 1：可增強香港兩個電網的聯繫，從而提供發電層面更多的競爭空間。 • 方案 2：新的供電商參與本地發電的程度，將受制於是否有土地可供興建新的發電設施。若允許現有電力公司興建新發電機組，則可能會增加未來開放市場時，消費者所可能要承擔的成本。 |
| 多元化 | <ul style="list-style-type: none"> • 方案 1：可引入各類香港沒有的較清潔燃料。 • 方案 2：會增加高度依賴單一燃料種類的風險。 |
| 增加未來供應的靈活性 | <ul style="list-style-type: none"> • 方案 1：不需要新的土地興建新的發電設施，所以在滿足香港長遠的電力需求上，更為可行和具持續發展潛力。 • 方案 2：難以找到合適地點興建新的發電廠，在應付未來用電量上升方面未必有彈性。 |
| 對社會影響 | <ul style="list-style-type: none"> • 方案 1：兩家電力公司可能會縮小本地發電規模。而因應 2018 年後電力市場的檢討成果，必須小心處理兩家電力公司對本地員工就業情況影響。 • 方案 2：對本地員工就業衝擊影響較小。 |

五、討論與建議

香港政府為了持續發展經濟，訂定了安全、可靠、合理價格及環保能源的四大能源政策目標，而確保合理的電價及可靠的電力供應將是持續經濟發展的重點工作。目前香港地區的燃煤發電機組將於 2017 年起陸續退役，而再生能源發電又無法滿足用電需求(香港機電工程署，2002 年)，為了改善空氣品質、減少燃煤發電，規劃未來將廣泛地使用清潔但較昂貴的能源；因此，香港政府考慮各燃料種類的利弊及香港的情況後，建議了(1)由中國大陸電網購電以輸入更多電力；(2)利用更多天然氣作本地發電等兩個燃料組合方案。由於兩個方案都有利弊，且對未來的經濟和社會發展有深遠影響，所以香港政府希望民眾能針對兩個燃料組合方案，就安全、可靠性、合理價格、環保表現及其他相關考慮提出意見，並圈選較佳的燃料組合方案及說明原因(香港未來發電燃料組合公眾諮詢回應表格如附件)。

香港與中國大陸電網已經連結，所以香港政府提出發電燃料組合方案 1 之網電方案，建議由中國大陸南方電網購買約 30% 網電，同時維持從大亞灣核電廠輸入 20% 核電。另天然氣發電則提升到 40%，燃煤和再生能源占約 10%。方案 2 之本地發電方案建議，除維持從大亞灣核電站輸入 20% 核電外，天然氣發電占比則提升至 60%，燃煤和再生能源發電約占 20%。

上述兩個方案均維持從大亞灣核電廠輸入 20% 核電，即仍然使用核電，且亦提高天然氣發電量。但目前香港的天然氣源為自海南島氣田，利用高壓海底管線進入香港(圖 6)，未來將再增加中國大陸西氣東輸二線(圖 7)來提供天然氣(價格約為 18~20 美元/MMBtu，圖 8)(Natural Gas Supply to CAPCO/CLP, 2013；財團法人中技社，2014 年)，所以香港未來若要大量擴充天然氣發電，實際的氣源掌控權仍在中國大陸手中。而目前大陸空氣品質問題日趨嚴重，促使煤轉氣的力道加大，未來是否會穩定供應天然氣，仍須進一步評估。



資料來源: Natural Gas Supply to CAPCO/CLP, 2013

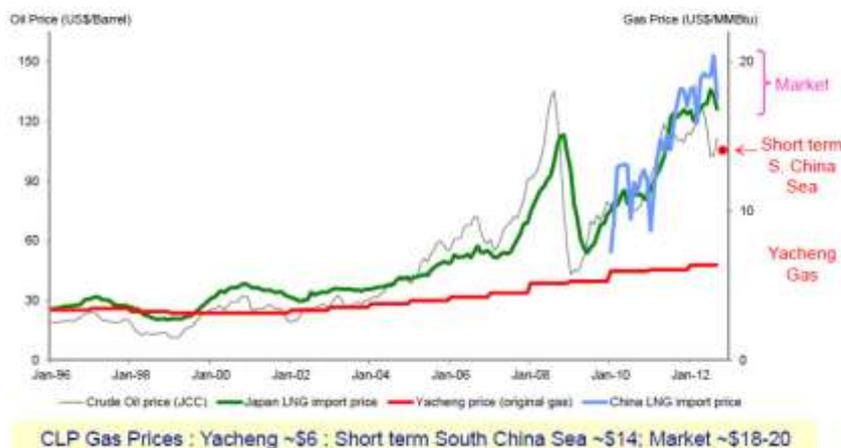
圖 6、目前利用高壓海底管線自海南島天然氣田輸入香港示意圖



資料來源: Natural Gas Supply to CAPCO/CLP, 2013

圖 7、中國大陸西氣東輸二線示意圖

Gas Price Trend



資料來源: Natural Gas Supply to CAPCO/CLP, 2013

圖 8、香港自中國大陸輸入天然氣價格

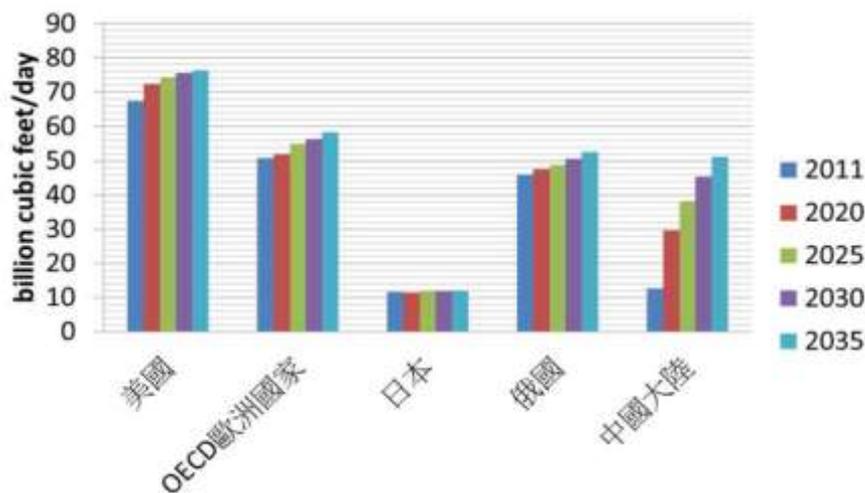
我國為獨立的電網系統，目前尚無境外之電網加入營運，因此，無法像香港一樣，可以依賴境外之併聯電網提供電力。另外，目前亦無天然氣管線可以輸送天然氣，唯有依賴現有的電力系統，在儘量減少外在環境干擾與充足的備載容量(15%)情況下，才能保證國人的用電需求與安全。

我國政府亦努力於溫室氣體減量工作，在具高效率淨煤效果之碳捕獲與封存技術(Carbon Capture and Storage, CCS)未商業化前，增加天然氣發電占比為規劃構想之一。目前我國並沒有境外天然氣管線輸送系統，進口之天然氣均為液化天然氣(Liquefied Natural Gas, LNG)，因此，推動跨境天然氣輸送之構想曾提出討論，即推動由中國大陸跨境進口管線天然氣，評估目前技術上雖然可行，但仍存在諸多問題，例如：

1. 中國大陸自身天然氣供需失衡：2011 年中國大陸天然氣需求達 1,320 億 m^3 ，IEA 預估 2035 年天然氣需求將達 5,290 億 m^3 (圖 9)，預計中國大陸未來將成為全球主要天然氣進口大國；但中國大陸 2035 年自產天然氣只有 3,170 億 m^3 ；因此，是否有多餘的天然氣輸出仍值得探討。

- 2.價格不具競爭性：目前中國大陸中石油公司經由西氣東輸二線及香港支線供氣香港之價格約為 18~20 美元/MMBtu；而中石油公司提供管線天然氣給臺灣的方案未來若循香港模式，則價格將難以和臺灣進口的 LNG 有競爭能力。
- 3.臺灣自中國大陸進口管線天然氣仍有政治爭議：例如管線建設主導權、所有權歸屬、海峽兩方之運維協調、供氣品質及氣量調度監控等；而且海峽中線以東超過 50 公里以上是否能經過環評，尚有許多問題需要克服。因此，在兩岸政治局勢相當和緩，大陸天然氣供需穩定、價格達到合理範圍，並符合「利益、安全、自主」原則下，兩岸天然氣管線輸送的契機才會出現。

為今之計，我國應當先積極興建完成 LNG 第三接收站，尋求更多元、價格更有利的 LNG 供應來源，並擴大儲運能力，方能確保臺灣未來基本的天然氣供應安全；另嘗試與更多天然氣出口國建立能源關稅條例，或進一步進行能源投資，或是積極在臺灣鄰近沿海地區進行探勘，尋求開發出可觀的自有氣源等，均為穩定天然氣源重要的思考方向。



資料來源：IEA World Energy Outlook, November 2013

圖 9、世界重要國家 2011 年至 2035 年天然氣需求變化推估

參考文獻

香港環境局，2014年，未來發電燃料組合諮詢文件。

香港政府新聞處：〈水務、電力及氣體燃料供應〉，《香港便覽》系列，
2009年11月更新。

香港機電工程署，2002年，香港使用可再生能源的可行性研究。

財團法人中技社，2014年，臺灣擴大使用天然氣之評估_專題報告。

IEA, IEA World Energy Outlook, November 2013

Natural Gas Supply to CAPCO/CLP_An Introduction to LegCo Panel on
Economic Development 8th January 2013, CB(1)401/12-13(01),
2013.

附件：

回應表格

香港的未來發電燃料組合公眾諮詢

請於 2014 年 6 月 18 日或之前透過以下方式提交你的意見。

郵寄地址： 香港添馬添美道二號政府總部東翼十五樓環境局電力檢討科

電子郵件： fuel_mix@enb.gov.hk

傳真： 2147 5834

第一部分

- 這是 團體回應（代表個別團體或機構意見）或
 個人回應（代表個人意見）

（個人或機構名稱）

_____ 及 _____

（電話）

（電郵）

第二部分

燃料組合

| 燃料組合 | | 輸入 | | 天然氣 | 煤炭 (及可再生能 源) |
|----------|--------------------------|--------------------|-------|-----|--------------------|
| | | 核能 (大亞灣核電 站) | 從電網購電 | | |
| 現時(2012) | | 23% | - | 22% | 55% ** |
| 方案 1* | 通過從內地電網 購電以輸入更多 電力 | 20% | 30% | 40% | 10% |
| 總共：50% | | | | | |
| 方案 2* | 利用更多天然氣 作本地發電 | 20% | - | 60% | 20% |

*以上的燃料比例用以提供一個基礎作規劃電力供應所需的基建。不同燃料的實際分配應按實際情況釐定。

**包括少量燃油。

第三部分

具體諮詢問題

問 1：就安全、可靠性、合理價格、環保表現及其他相關的考慮而言，你對兩個燃料組合方案有何意見？(請就每個方案說明你的看法)

| 方案 | 支持 | 不支持 | 不支持方案的原因 (可選擇多過一項) |
|----|--------------------------|--------------------------|--|
| 1 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> 安全 <input type="checkbox"/> 可靠性 <input type="checkbox"/> 合理價格 <input type="checkbox"/> 環保表現 <input type="checkbox"/> 其他 (請註明)： _____ _____ |
| 2 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> 安全 <input type="checkbox"/> 可靠性 <input type="checkbox"/> 合理價格 <input type="checkbox"/> 環保表現 <input type="checkbox"/> 其他 (請註明)： _____ _____ |

問 2：你認為在兩個燃料組合方案中，哪一個較理想？為什麼？(請只選擇一個)

方案 1

方案 2

原因：(可選擇多過一項)

安全

可靠性

合理價格

環保表現

其他 請註明： _____

第四部分

其他意見或建議

| |
|--|
| |
|--|