

本港的減排與發電燃料組合的關係

周全浩

浸會大學地理系教授兼香港能源研究中心主任

政府最近公開關於〈香港應對氣候變化策略及行動綱領〉的公眾諮詢文件，提出降低香港碳強度及減少溫室氣體排放的行動綱領。諮詢文件就減排提出三大理想目標：由 2005 年至 2020 年，將香港的碳強度減少 50% 至 60%；溫室氣體總排放量由 4200 萬噸降低至 2800—3400 萬噸，幅度為 19%—33%；人均排放量由 6.2 萬噸減少至 6—4.5 萬噸，減低達 27%—42%。政府探求從不同方面制定溫室氣體的減排措施，主要針對能源界別的排減，以及發展有效率和環保的公共運輸系統。由於香港溫室氣體主要源頭是發電，本文將集中討論能源方面的減排策略，並針對政府增加核電的建議，從核安全及成本兩方面闡釋增加核電在燃料組合的比例的可行性。

溫室氣體主要分為六大類：分別是二氧化碳 (CO₂)、甲烷 (CH₄)、氧化氮 (NO_x)、及三類不同的合成氣體，如被廣泛應用於電冰箱或冷氣機的制冷劑氫氟碳化物 (HFC) 便是其中一種合成氣體。六類溫室氣體中，以二氧化碳的排放量最大宗，其影響也最大。因此，各國均特別針對二氧化碳制定排減措施

香港的溫室氣體排放主要源自發電、交通運輸、及其他能源使用，於 2008 年所佔的比重分別是 67%，18% 及 7%，與能源有關的排放量佔總數高達 92%。由此可見，從能源界別，特別是發電方面著手減少溫室氣體排放是最有效的減排策略。

根據 2009 年的數據，現時香港兩家電力公司的發電燃料組合中，燃煤所佔的比重最高，約 54%，其次天然氣及核電各佔 23%，可再生能源的使用率幾乎是零。

事實上，煤炭、石油、及天然氣三大化石燃料仍是現時全球最主要使用的燃料，三種燃料均同屬於碳氫化合物一類。碳氫化合物是由碳和氫組成的有機化合物，其存在的形態取決於碳和氫的比例。若該物質氫的比例較高，而碳的比例很低，便以氣態存在，即天然氣。相反，煤的碳比例很高，而氫的比例很低，因此以固態存在。至於液態的石油，其碳氫比例介乎兩者之間。由於煤的碳比例最高，燃燒煤發電所產生的二氧化碳也自然是最高的，而天然氣的碳比例是三種燃料中最低的，是較清潔、環保的燃料。若要減少發電時所產生的二氧化碳，增加天然氣的使用，抑壓煤的需求是理性的能源選擇。由此可見，清楚了解燃料的特質，於制定減排措施時才可「有的放矢，對症下藥」。

另外，核能在發電的過程中並不會產生溫室氣體，因為核電是透過核原子分裂所產生的大量熱能發電的。自上世紀 90 年代，全球暖化及溫室氣體的排放受到越來越大的關注，核電作為另一種可替代的潔淨能源，受到越來越多國家的青睞，很多國家均增加核電的使用，為自 1986 年切爾諾貝爾事故以來日益衰退的核能工業重新注入新生命。

於諮詢文件中，政府考量到不同能源特質對環境所帶來的影響，銳意降低煤在發電組合中的比例，並提高天然氣及核電的比重。預計到 2020 年，煤佔本港整體發電組合的比率將大幅調低至少於 10%；天然氣及核電的比率，將分別增至 40% 和 50%；而可再生能源則上升到 3-4%。

電力於香港一直扮演著重要角色。在 2009 年，高達 70.9% 的煤、天然氣、及石油產品是作發電之用，換言之，約 70 % 香港所用的能源是供發電之用。事實上，自上世紀 50 年代，香港每一年所使用的能源，有一半以上是作發電用途。即使是終端能源的使用方面，電力仍持最大份額，佔 48.7% ，石油產品和煤氣則分別佔 42.4% 及 8.9% 。

香港的電力由港燈和中電兩家電力公司供應。除了供應本地生產的電力外，中電還從大亞灣核電站進口核電，同時售賣部分電力給深圳蛇口。然而，香港每一年進口的電量是高於出售的電量，換言之，香港是電力淨進口。而電力的淨進口量相當於香港 2009 年總體電力耗用的 20.3% 。

由於政府計劃 10 年後將核電的輸入由現時的 23% 大幅調升至 50%，因此，在可見的將來，核電在能源經濟所扮演的角色將遠遠超過現在。此決定已引起社會各界人士熱烈關注核電的若干層面。

事實上，很多經濟大國都有發展具規模的核能發電站。於 2010 年 1 月，核電已供應全世界 15% 的電力，世界主要經濟發達國的核電使用比例較一般國家為高。例如法國，3/4 的電力是產於核能，其比例是各發達國中最高的；而比利時、瑞典則有一半是核電；另外德國、芬蘭、瑞士和南韓有 1/3 的電力來自核電；日本就有 1/4 是核電；大國如俄羅斯、美國也有 1/5 的電力來自核電。由此可見，使用核電的覆蓋範圍已十分廣泛。而且，很多國家都有策劃或落實龐大的核電擴展計劃，現時所有核電擴展計劃完成後，全世界核電的總裝機容量將增加 55% 。

香港自 1994 年已從大亞灣引入核電，供電情況一直維持安全穩定。大亞灣核電站有兩個機組，另配套一座位於廣州從化的抽水蓄能電站，以確保核電站安全穩定並符合經濟原則運行。近年，大亞灣核電站大約年生產 140 億度電，其中七成供應香港。

特別值得一提的是，自 1994 年輸入核電，香港溫室氣體的排放量由 93 年的 4300 萬噸二氧化碳當量顯著下降至 94 年的 3400 萬噸二氧化碳當量。據估計，核電的輸入大大減少香港的二氧化碳排放量達 750 萬噸，同時也大幅降低氧化氮、氧化硫及懸浮粒子的排放。

核安全問題一直受到極大的關注。大亞灣核電站自 1994 年併網發電，除發生過一些小事故外，十六年以來都安全穩定地運作。事實上，從 1982 年中電宣佈大亞灣核電計劃到 1986 年計劃落實，一直遭受到很大的反對聲音。當時很多社會人士基於安全的理由提出反對，更有人組織起 50 萬人簽名反對核電站的興建。但現在事實證明，各界人士的擔憂實是過慮，因為過去十六年大亞灣核電站的運作一直相安無事。

環顧核電使用的歷史，自 1955 年大量核電廠相繼投入商業運作，55 年間只發生過三宗較為嚴重的事故，分別是：1957 年的英國溫德斯格爾火災 (Windscale)、1979 年的三里島事故、及 1986 年的切爾諾貝爾事故。三宗事故中，除了切爾諾貝爾事故的傷亡較嚴重外，其他兩宗事故的死傷均不大。

其實，核電廠在正常的情況下運作，對安全構成的威脅實不大。而且，大亞灣核電站嚴格按照國際安全標準運行，工作人員亦接受過專業培訓，為了自身安全起見，工作人員必會嚴格遵守安全工作指引，因為當事故發生，首當其衝的一定是核電站內工作人員，所以社會大眾不必過度憂慮因人為疏忽而引起的事故。

此外，核電廠採取了安全而嚴謹的調控機制，每個調控設備均設有後備系統，系統內任何一組儀器受到損壞，另一組後備系統可立刻補替。除非核電廠內巧合地同時發生多宗人為疏忽及事故，否則發生嚴重意外的機會極低。

雖然核電站發生嚴重意外的機會很低，若果一旦發生嚴重事故，核電站內也設有多重保護屏障，以防止核輻射外泄。除了於進行核分裂的堆蕊設置一層 8 寸厚、堅固的不銹鋼外殼保護，還一個三合土建築物包圍著核反應堆，此設計盡量將意外損害減至最低。

另一大眾關注的話題是核能發電成本。核能的發電成本每個國均不同，成本的高低取決於以下五大因素。

首先，不同程度的安全系數要求會直接影響核電廠的建造成本和時間外，還會影響將來電價。高安全系數要求自然調高建造成本，電價自然高漲。以美國為例子，每完成建造核電站的一個重要部分，必須通過核監察部門的安全審查和檢驗，才

可繼續下一部分的建造。美國建一個核電站長達十五年，然而，法國和日本只需要七年，因此美國的建造成本和利息開支也相對高昂。

第二，保險開支也是重要成本之一。保費一般由政府介入和釐訂，因為投保核電站所要承擔的風險極高，商業機構通常不敢接受有關核能方面的投保，免招重大的損失。

第三方面則涉及核廢料處理的成本。由於核廢料牽涉到敏感的國家安全議題，而一些國家也需要處理其核武器計劃的廢料，因此，民用發電產出的核廢料與軍用產出的核廢料通常會一併由政府介入處理，處理核廢料的成本便不能以商業原則釐訂。

第四，核反應堆的堆蕊會釋放出極強的輻射，拆卸核電站必牽涉到安全的問題及政府的介入處理，所以，拆卸費用亦不能以經濟原則計算。

最後一方面是鈾的價格及供應。鈾的價格跟隨國際油價而變動，據聞供應則受到卡特爾(Cartel)組織的壟斷和控制。然而，鈾的供應一直維持穩定的狀況。再者，鈾佔發電成本的比例並不高，其價格的變動對發電成本不構成很大的影響。

由此可見，核電的發展與政府有著密切的關聯，其成本價格往往取決於政府介入的程度多於市場經濟原則，因此，核能發電成本的高低不能一概而論。

考慮到香港獨特的經濟環境和減排的必要性，筆者認為政府提出「2020 改變香港燃料組合結構」的建議是可行的方案。到 2020 年，核能發電將供應香港一半的電力，其扮演的角色將舉足輕重。社會大眾擔心核安全問題無可厚非，但總結過去經驗，大亞灣核電站為香港提供穩定及合理價格的電力，其安全性也受到肯定，因此社會各界人士無須過分憂慮。