



for a living planet®

世界自然基金會
香港分會

香港新界葵涌葵昌路 8 號
萬泰中心 15 樓
15/F, Manhattan Centre,
8 Kwai Cheong Road,
Kwai Chung, N.T., Hong Kong

WWF-Hong Kong

電話 Tel: +852 2526 1011
傳真 Fax: +852 2845 2764
wwf@wwf.org.hk
wwf.org.hk

香港 2050 能源願景 碳排放和電價的共治良方

序言

目前香港特區政府的能源政策共有四項目標：安全、可靠、可負擔及環保，儘管當局指出四項目標各有其重要性，但亦承認四項政策目標是互相競爭。現時香港電力市場側重於電力供應的可靠性，供電可靠程度達 99.999%；但在減少溫室氣體排放上則未如理想，香港生產每一度電的平均碳排放，均高於其他國際城市，如倫敦、紐約及新加。

應對氣候變化 香港責無旁貸

根據聯合國政府間氣候變化委員會(IPCC)在 2013 年公布的第五份評估報告，2011 年的全球大氣二氧化碳水平已上升至 390.5PPM¹ (百萬分之一單位)，較 1750 年工業革命前的水平上升 40%。

在聯合國應對氣候變化的承諾中，表明將控制全球平均溫度的上升幅度於攝氏兩度以內，避免令地球生態承受不可逆轉的氣候災難。其中已發展地區如歐盟，承諾於 2030 年，比 1990 減低 20 至 30%的溫室氣體排放，2030 年減排 40%，而 2050 年就到達減少 80%碳排放的目標；而已發展城市如倫敦，就設下於 2025 年減排 60%的目標(以 1990 年為基準)；紐約就設下 2030 年減排 30%的目標(以 2005 年為基準)。

反觀香港未能追上國際減排步伐，香港僅提出於 2020 年前在 2005 年的基準上減排 19% 至 33%，而佔超過六成溫室氣體排放的電力行業，亦缺乏機制推動減排。在應對氣候變化和規劃電力市場的工作上，我們必須有更進取，更長遠的願景。在全球共同應對氣候變化的前提下，佔本地六成溫室氣體排放的發電行業，必須為氣候變化而改變，務求令電力供應在未來三十年維持穩定，並兼負減排的責任。

「香港 2050 能源願景」

世界自然基金會香港分會(WWF)認為香港政府必須從現在開始訂立每年 1 至 2%的節能目標，以及循序漸進地增加可再生能源的應用，令市民可以使用清潔、穩定和可負擔的電力，並大幅降低發電所產生的碳排放。

就此，世界自然基金會提出「香港 2050 能源願景」(下稱：2050 願景)，就未來三十五年內香港應採用的發電燃料組合、電力市場規管政策及電力基建提出建議。2050 願景(相比 2005 年的減排水平)能夠使香港成功於 2020 減排 41%，長遠於 2035 年減排 58%；並進一步於 2050 年成功減

排 93%。本會的減排目標較特區政府提出於 2020 年在 2005 年的基準上減排 19% 至 33% 更為進取，而且有效避免社會為電力供應付出的高昂成本。

一) 若電力市場規管模式不變，香港將付出高昂成本

早於 1997 年，香港已經禁止電力公司興建新的燃煤發電機組。由 2015 年起，隨著燃煤機組的老化，香港將逐步以天然氣取代煤為主要發電燃料，同時需要急速興建天然氣機組，並大量輸入天然氣。另一方面，現時香港能源政策上並未從需求管理(Demand side management)上著手，為全港定下節能指標¹，只任由用電量自然增長。在上述情況下，本會推測未來香港整體用電量及成本代價：

自然增長情境模擬

以特區政府於 2014 年發表的《未來發電燃料組合》公眾諮詢文件為基準，文件假設每年用電量及最高需求將隨人口上升而同步增長，政府因而預測至 2020 年時每年香港耗電量增長將介乎 1 至 2%。在政府的預測基礎上，本會設定至 2025 年前香港每年用電量平均增長為 1.5 %；配合政府統計每 15 年人口增長率遞減 0.6%²ⁱⁱ，故推算 2025 至 2040 年間的用電量增長將下降至 0.9%，2040 年後的增長為 0.3%。

在此增長幅度下，香港的用電量將由 2012 年的 430 億度電，上升至 2035 年的 571 億度(增加 38%)，而 2050 年更上升至 615 億度(合共增加 43%)。若香港仍維持僅使用天然氣發電，全港 2050 年來自發電的碳排放量將高達 26,626 千公噸，較 1990 年的排放水平高 16%，完全不能減排。

單以天然氣為主要發電燃料不能減排之餘，亦涉及龐大的發電成本，包括興建新天然氣機組成本、天然氣每年入口成本及碳排放的社會成本。三者的成本(不包括通脹)如下圖所示：

	新天然氣機組累積成本 ³ⁱⁱⁱ (港元)	天然氣每年入口成本 ^{4iv} (港元)	每年碳排放的社會成本 ^{5v} (港元)
2015	N/A	178 億	64 億
2035	871 億	604 億	67 億
2050	N/A	651 億	73 億

¹ 特區政府在 2015 年施政報告，僅提出政府內部運作的節能目標為 5 年降低 5%，但欠缺全港節能目標。

² 參考 1981 至 2011 年間的香港每年平均人口增長，1981 至 1995 為 1.3%，1996 至 2000 年則 0.74%，故推算每 15 年平均人口增長率下降 0.6%。

³ 按港燈 2013 年提供予特區政府的 L10 天然氣機組的興建成本預測 30 億港元，興建 335MW 機組作為計算參考

⁴ 以中電評估西氣東輸的成本每百萬英熱單位 18 美元推算

⁵ 參考機管局 2014 年計算第三跑所帶來碳排放的社會成本評估方法，當中以 35 美元一噸的價格，以及按 2013 年中電龍鼓灘發電機組排放表現推算

二)「香港 2050 能源願景」控制電力開支

在人口自然增長下，若再放任電力需求無止境地上升，香港單憑天然氣替代燃煤發電，將無法減少碳排放以應對氣候變化，而且涉及的成本龐大。因此，香港必須要同步發展可再生能源，以及全面推廣節能及用電需求管理，方能與其他發展經濟體系的減排目標看齊。WWF 的「香港 2050 能源願景」(2050 願景)，將可以達到 2050 年，比 1990 年減排九成的目標。

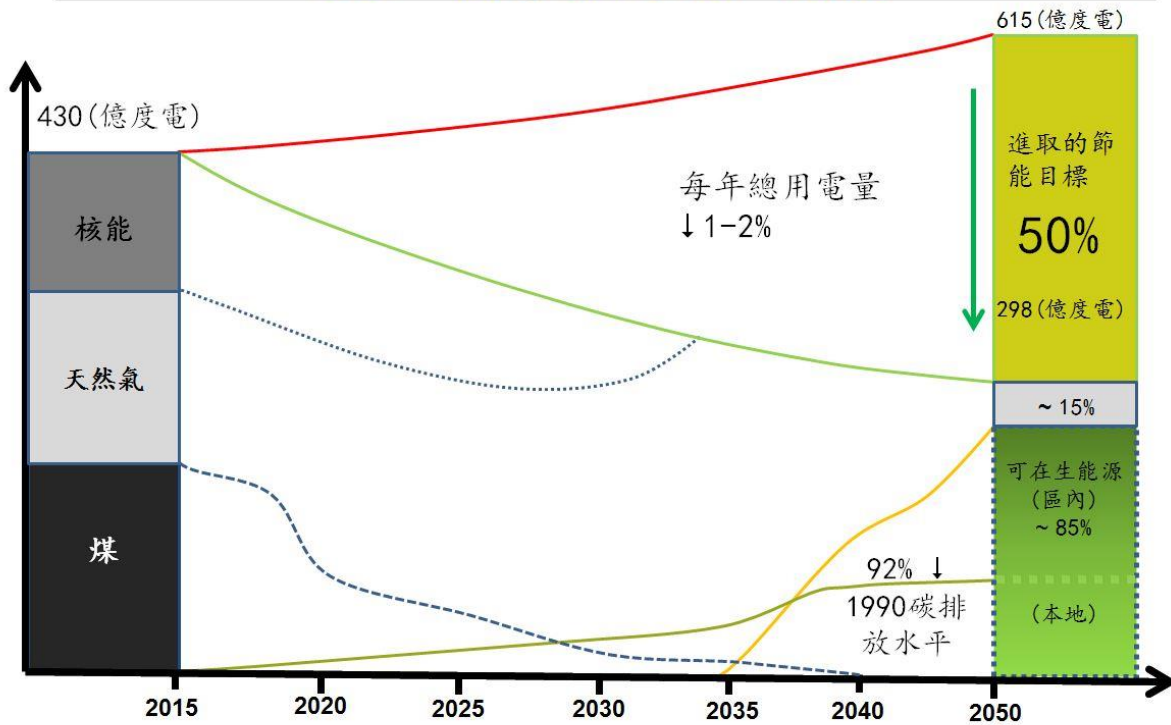
此願景假設特區政府全面推行節能及需求管理政策，並以每年平均節省 1 至 2% 用電為目標，則 2025 年前每年用電量平均增長為負 0.5%，2025 至 2040 年間為負 1%，2040 年後的增長為負 1.5%，於 2050 年的用電量將較自然增長情境減少五成。2050 願景並提倡逐步增加可再生能源為發電燃料，並建議香港在 2020 年開始應用本地可再生能源(太陽能 and 風能)，至 2035 年視乎本地可再生能源發展情況及其他減排措施的成效，再決定區域可再生能源⁶的交易機制，以減低本地的碳排放。

WWF 建議的發電燃料組合

	2015	2020	2025	2030	2035	2050
天然氣	37.5%	55%	60%	70%	65%	~15%
煤	37.5%	18%	12%	5%	5%	0
核	25%	25%	25%	20%	0	0
可再生能源(本地)	0	2%	3%	5%	10%	~30%
可再生能源(內地)	0	0	0	0	20%	~55%

⁶ 輸入內地可再生能源必須率先建立一套可靠的交易機制，確認購電的資金會成為可再生能源項目的收益，以充分利用內地可再生能源低成本的優勢，彌補本地可再生能源面對的發展限制。

WWF的清潔能源願景



	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
對比 1990 年 的減排水平	3%	26%	32%	41%	48%	64%	79%	92%

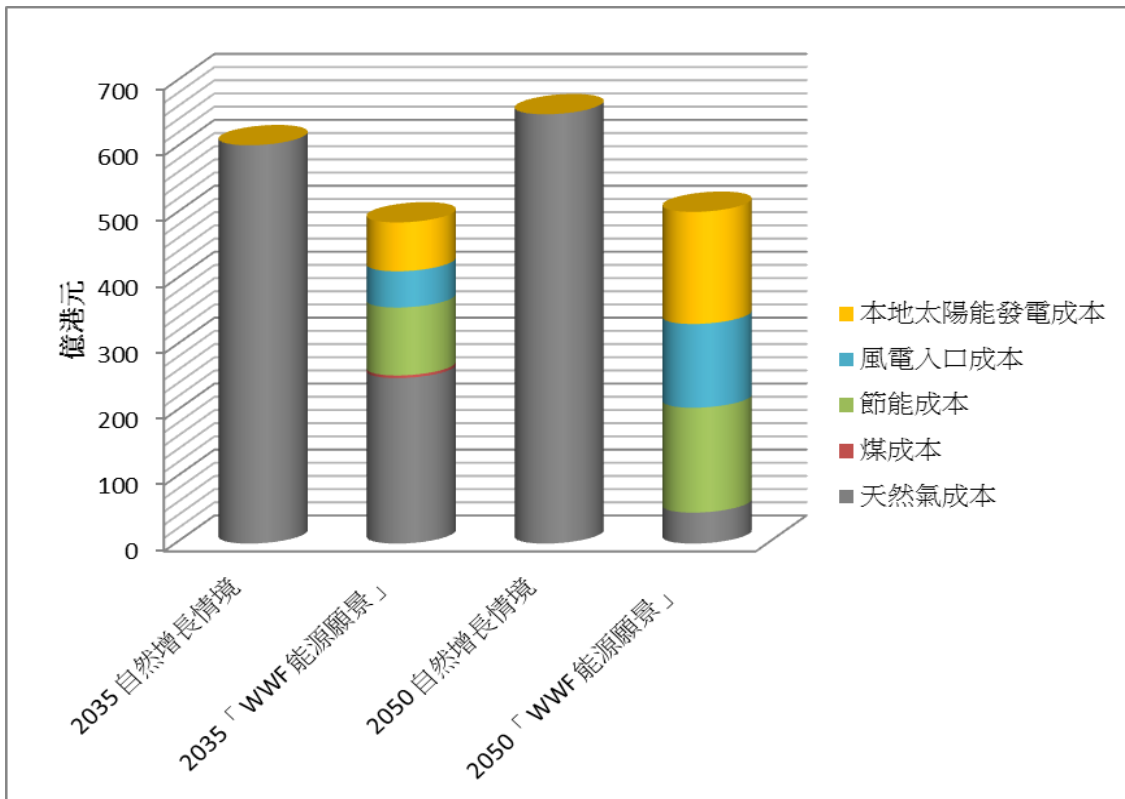
如上述願景得以實現，本港將能節省以天然氣發電的三項高昂成本(興建新天然氣機組成本、天然氣入口成本及碳排放的社會成本)。

2050 願景提倡逐步增加可再生能源代替僅以天然氣為發電燃料，將可大幅度降低電力生產成本。2050 願景計算輸入天然氣、入口內地風電^{7vi}、節能成本^{8vii}，本地太陽能發電成本^{9viii}，將可於 2035 年及 2050 年每年為本港節省分別 117 億及 148 億港元的成本，尚未計算當中涉及的碳排放成本，以及興建替代天然氣機組的成本。

⁷ 按 0.6 人民幣(0.7503 港元)一度風電成本

⁸ 節能成本為 0.5 港元一度電計算

⁹ 以目前本地太陽能光伏成本 2.035 港元計算



為什麼要發展節能科技 及 制定用電需求管理目標？

節能科技已經被聯合國政府間氣候變化委員會，認定為最環保及最具成本效益的減排方法^{ix}，特區政府早前推行的「建築物能源效益資助計劃」^x中，3 億 5600 萬港元的成本預計每年可節省 1.5 億度電¹⁰，回本期僅 2.4 年。而參考歐洲多國不同的節能計劃，包括英國、法國、意大利等，成本亦不過是每度電 0.15 至 0.5 港元^{xi}。而新加坡政府於 2005 年推出的能源效益提升輔助計劃，更表示每 1 新加坡元的節能投資，可每年節省 5 新加坡元能源開支^{xii}。所以，2050 願景中加大投資節能科技，是絕對合乎成本效益的建議。

可再生能源值得做嗎？

理工大學 2012 年進行本地可再生能源資源研究，發現本港以太陽能發電足以每年供電 59 億度，而以離岸風發電則可每年供電 80 億度。在技術層面，機電工程署早在 2002 的研究^{11xiii}

¹⁰ 政府 2009 至 2012 年間資助超過 5600 幢樓宇進行工程，以改善其屋宇裝備裝置，包括照明、電力、空調、升降機及自動梯裝置的能源效益，預計每年共可節省 1.5 億度電。

¹¹ 機電工程署委託了顧問公司進行《香港使用可再生能源的可行性研究》中，考慮本地發展可再生能源的潛力和限制時，包括多社會、經濟、財務、法律、規管及制度等因素，建議 2022 年前本地每年最高 15 億可再生能源的適當審慎目標。

預測 2022 年前，本地的可再生能源每年可提供 15 億度電力。故「2050 能源願景」提出的短期及長遠的可再生能源目標，都是一個可行的方案。

從發電成本而言，參考國家發改委能源研究所 2014 年發表的《中國風電發展路綫圖 2050》，中國 2030 年風電發電量將達 8 千億度電以上^{xiv}，預期的上網電價將介乎 0.48 至 0.6 元人民幣之間^{xv}，對比本地天然氣發電具有相當的價格優勢。

三) 政策倡議

為促成「2050 年能源願景」，香港的電力市場需於未來二十年間循序漸進地改良，並完成下列的基礎建設：

年份	政策及基建
2020 年或以前	興建兩個大型海上風場 為兩電設定節能目標及再生能源的替代規管架構 調整兩電准許利潤水平 引入智能電錶及按時段電力收費

簡介：

在 2020 年前，特區政府將與兩電全面檢討《管制計劃協議》，必須要求兩電分擔減排的責任，並加入節能及可再生能源目標於協議條文中。同時調低現時《管制計劃協議》規定的 9.99%(一般資產)，以及剔除 11%(可再生能源資產)的准許利潤水平，額外設立再生能源的替代規管架構，避免兩電的投資項目令電費過度上升。兩電風力發電及推行智能電錶¹²的成本，下調至社會可負擔水平，以促成達成「香港 2050 能源願景」中，2%可再生能源的目標。

2025 年或以前	開放電網予小型可再生能源發電裝置 設定可再生能源接駁的上網電價(Feed-in Tariff) 推行綠色建築標準要求
-----------	--

簡介：

在開始淘汰舊有燃煤機組的背景下，香港應設定可再生能源接駁上電網的電價，規定兩電必須向開放電網予小型(30kW 以下)可再生能項目，並簡化安裝

¹² 智能電錶超越傳統電錶只記錄用戶用電的功能，可記錄用電時段，調控用電水平及記錄客戶用再生能源的發電水平。如同時推動按時段電力收費的推行，就是為降低電力最高需求而推行的措施，務求在 2025 年燃煤機組開始逐步淘汰前，減少香港興建新發電機組的需要。

太陽能板的申請過程，降低安裝成本，鼓勵以再生能源替代燃煤發電。

與此同時，在建築物上推行綠色建築標準要求，要求全港樓宇在進行大規模翻新工程中，至少達綠色建築銀級水平，進一步推低用電量及用電最高需求。而對於新建築物，亦應要求安裝太陽能系統，配合接駁上網電價的政策，可望提高太陽能產業在本港的規模經濟，令安裝太陽能系統的成本大幅下調。

2030 年或以前	加大兩電聯網裝置 發展智能電網 開設碳交易機制/開徵碳稅
-----------	------------------------------------

簡介：

在舊有燃煤機組大幅淘汰下，兩電有必要加大聯網的輸電能力，避免兩電重覆投資在後備發電機組上，藉此減少資本投資以控制電費升幅。此外，隨著兩電加大聯網，本港的電網亦應逐步開發智能電網¹³，妥善地吸納更多分散式源頭的電力，包括可再生能源、電動車、甚至是小型燃氣發電機組，確保有足夠的供電能力，同時加強對電力需求的管理能力，令電網管理人在電力供應緊張時暫停部份次要用電需求，應付淘汰燃煤機組的挑戰。

大幅減少燃煤發電可作為推動碳稅或碳交易的契機，向企業按碳排放量徵收稅款，令電力價格如實反映碳排放的社會成本，亦使可再生能源與化石燃料公平競爭。丹麥早在 90 年代開始徵收碳稅，規管發電所造成的碳排放。

2035 年或以前	與南方電網聯網 制定區域再生能源的交易機制 延長與內地的抽水蓄能合約 開展區域蓄能設施研究
-----------	--

簡介：

隨著大亞灣核電站的淘汰，特區政府應研究利用原有從大亞灣核電站連接香港的輸電網絡，改為香港連接南方電網聯網的裝置，以節省與內地南方電網聯網的成本，並制定區域再生能源的交易機制，經南方電網輸電及減排份額的會計安排，以便在 2035 年開始，以區域再生能源交易替代約兩成的現有核電供應。

為調節可再生能源供應的波動，本港應延長現時用於調節大亞灣供電的抽水蓄能服務合約，在可再生能源供應充裕時，將水抽向高處儲起能量，電力供應緊

¹³ 傳統電網消納可再生能源的能力有限，一般當可再生能源應達 30% 的水平將影響供電的穩定性，智能電網則用以提升電網消納可再生能源的能力，特別是分散式可再生能源的項目。

張時排水發電。特區政府亦應按當時可再生能源的發展情況，以及本地智能電網的發展，研究在區內開拓新的蓄能設施，為日後區域可再生能源交易，至超過五成作準備。

結語：

「2050年能源願景」並非一個單純從環保考慮出發的願景，更檢視了香港未來電力供應的穩定性和成本效益，符合社會對電力市場安全、可靠、可負擔及環保的四項期望。「2050年能源願景」的落實關鍵，端賴香港政府能否把握時機，積極推動改革電力市場架構及規管機制，令市民，企業，環境同樣受惠其中。

WWF 期望社會各界在未來電力市場規管的討論上，關注電力價格及穩定性外，同時考慮電力規管模式下減少碳排放的課題，承擔全球減排責任。

參考資料：

-
- ⁱ IPCC, Fifth Assessment Report Working Group 1, Chapter 2, P.161, 2013
http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WG1AR5_Chapter02_FINAL.pdf
- ⁱⁱ 香港人口趨勢 1981 至 2011，政府統計處，表 2.1
<http://www.statistics.gov.hk/pub/B1120017032012XXXXB0100.pdf>
- ⁱⁱⁱ 立法會參考資料摘要，兩家電力公司 2014 至 18 年發展計劃和 2014 年電費檢討
http://www.legco.gov.hk/yr13-14/chinese/panels/edev/papers/edev1210-enbcr145760813pt14_enbcr245760813pt10-c.pdf
- ^{iv} 中電可持續發展報告 P.170
<https://www.clpgroup.com/sr2012/ebook/TC/Full/files/assets/basic-html/page170.html>
- ^v 中電集團網站 龍鼓灘設備表現數據
https://www.clpgroup.com/tc/Sustainability-site/Facility%20Statistics/BlackPoint_2013_tc.pdf
- ^{vi} 《中國風電發展路線圖 2050》國家發改委能源研究所 2014, P.26
<http://www.cnrec.org.cn/cbw/fn/2014-12-29-459.html>
- ^{vii} Table 3, European and South American Experience of White Certificates, Eoin Lees, 2010
- ^{viii} Status, Obstacles and Prospects of solar photovoltaic development in Hong Kong, Ir. Dr. LU Lin Vivien, 2014
- ^{ix} P.23 Summary for policy maker Assessment Report 5 WG III 2014
- ^x http://gia.info.gov.hk/general/201206/13/P201206130303_0303_95476.pdf
- ^{xi} Table 3, European and South American Experience of White Certificates, Eoin Lees, 2010
- ^{xii} Energy Efficient Singapore website
http://www.e2singapore.gov.sg/Incentives/Energy_Efficiency_Improvement_Assistance_Scheme.aspx
- ^{xiii} 香港使用可再生能源的可行性研究，第一階段研究摘要，機電工程署，2002
http://www.emsd.gov.hk/emsd/c_download/tc/stage.pdf
- ^{xiv} 《中國風電發展路線圖 2050》國家發改委能源研究所 2014, P.39
<http://www.cnrec.org.cn/cbw/fn/2014-12-29-459.html>
- ^{xv} 《中國風電發展路線圖 2050》國家發改委能源研究所 2014, P.26
<http://www.cnrec.org.cn/cbw/fn/2014-12-29-459.html>