



主辦機構



2013年12月8日

內容

1. 簡述生產電力可造成“空氣污染”和導致“氣候變化”
2. 電力來自風力 - 發展簡史
3. 簡介風的來源和風力發電的基本原理
4. 回顧南丫風發力電站項目
5. 探討兩電建議興建離岸風力發電
6. 總結

School of Energy and Environment, City University of Hong Kong

1

1. 電力 - 可以說是日常生活的必需

社會能夠高效率地運作是需要可靠的**電力**供應
=> 照明，供水，電訊，交通，辦公室，工廠，
銀行，醫院，學校，家居，餐廳，電影院等。

電力可以說是我們生活的一部分，比
以往任何時候密切，亦是人類的發展
和經濟繁榮的主要驅動力。

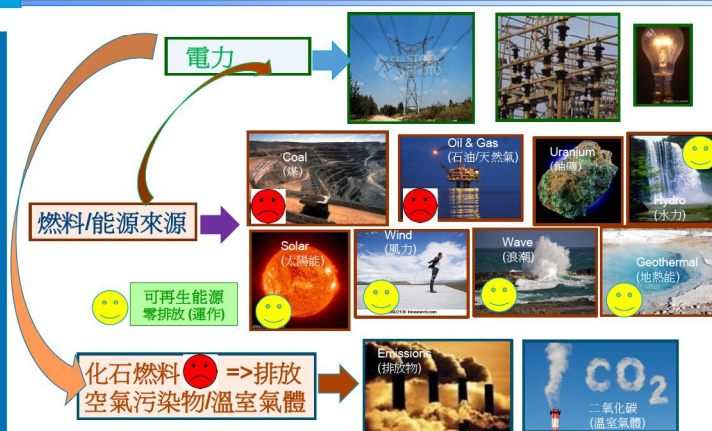
即使努力促進能源效率和節約能源，
但世界人口不斷增長，城市化和新興
經濟體擴大，**電力**需求只會增長。



School of Energy and Environment, City University of Hong Kong

2

1.1 電力，燃料，能源，排放物



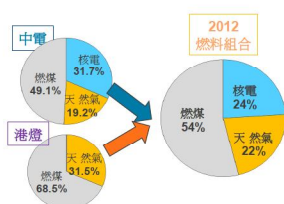
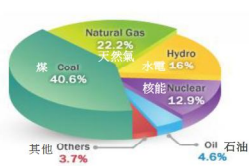
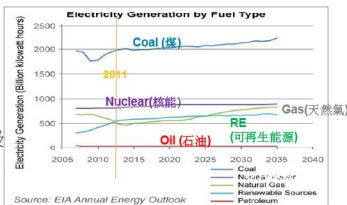
School of Energy and Environment, City University of Hong Kong

3

1.2 由燃燒化石燃料所產生的問題

但是為各種原因，全球生產電力仍然主要是燃燒化石燃料：**煤 (Coal)** 和**天然氣 (Natural Gas)**。

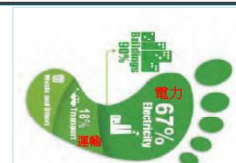
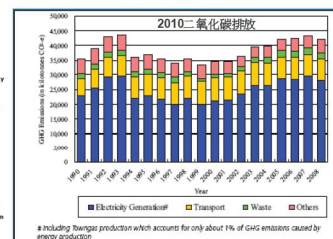
燃燒**化石燃料**在生產電力的過程中排放**二氧化硫 (SO₂)**，**氮氧化物 (NO_x)**，可吸入懸浮粒子 (**RSP**) 等 (污染物) 和**二氧化碳 (CO₂)** (溫室氣體) 到大氣中。



1.3 香港空氣污染物及碳排放源頭



污染物來自水上運輸 vs 電力
 二氧化硫: 54% vs 44%
 氮氧化物: 33% vs 26%
 懸浮粒子: 37% vs 16%



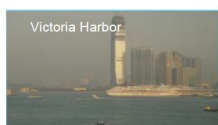
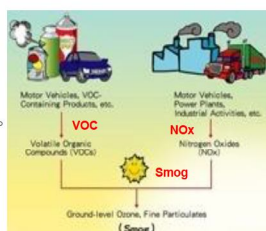
Sources: EPD Web Site
 Hong Kong's Climate Change Strategy and Action Agenda Consultation Document (Sept 2010)

1.4 污染物 (Pollutants) -> 煙霧

香港能見度差主要是由**光化學煙霧 (photo-chemical smog)** 導致。在陽光下，揮發性有機化合物 (**VOC**) 與氮氧化物 (**NO_x**) 作出反應，形成“臭氣”，從而有助形成細顆粒物。積聚的臭氣，細顆粒物和其他污染物產生“光化學煙霧”。

NO_x 的釋放是通過空氣中的氮 (**N₂**) 和氧 (**O₂**) 在高溫下 (燃燒) 產生，如在化石燃料的車輛和發電站的排氣。**VOC** 的來源，如汽油，塗料和溶劑的釋放。

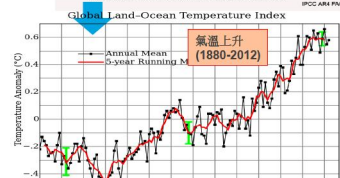
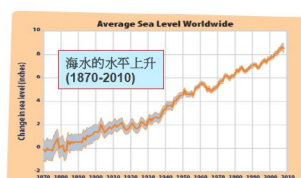
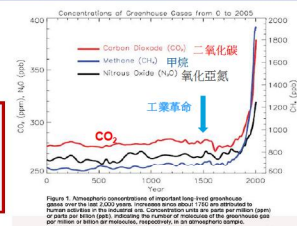
煙霧會刺激我們的眼睛，鼻子和喉嚨，或可以使現有的心臟和呼吸系統問題，如哮喘惡化。



1.5 溫室氣體 (GHG) -> 氣候變化

《國際能源展望2013》指出，大部分全球人為**溫室氣體**排放 (**CO₂**, **CH₄**, **N₂O** 等) 來自**燃燒化石燃料** (液體燃料，天然氣及煤)。

有足夠的科學證據顯示，人類排放的溫室氣體量的增加正在迅速變暖的地球。全球氣溫上升，加速在北極和南極的冰川融化，使海水的水平上升，並引發一系列的**氣候變化**。



Source: EPA's Climate Change Indicators (2012).
<http://www.epa.gov/climatechange/indicators/eigne/sea-level.html>

Source: http://en.wikipedia.org/wiki/Global_warming

1.6 氣候變化 -> 極端事件

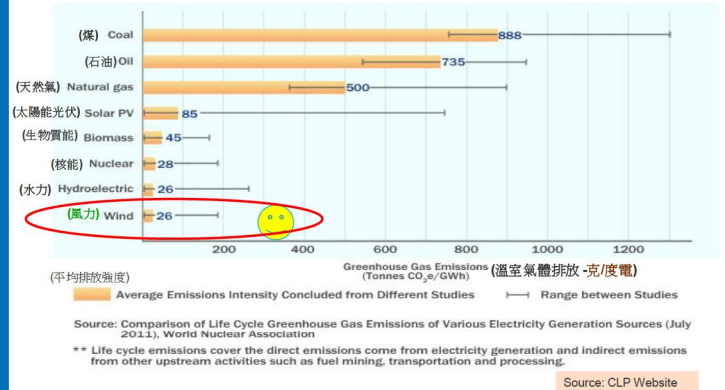


世界各地的壓倒性的科學共識：
氣候變化帶來極端的天氣情況和氣候系統中的不同尋常的現象，例如：暴雨，水災，山泥傾塌，超級颶風，冰川融化，山火，乾旱等。不僅對基礎設施，自然環境和生態系統造成嚴重損害，並威脅到人類的生存。

2013年11月初超級風暴“海燕”在菲律賓造成嚴重損害生命財產，導致超過5,700人死亡。



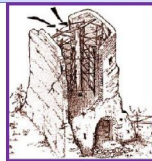
1.7 發電方法 - 生命週期溫室氣體排放強度



2.1 風力使用發展簡史 - 早期系統

第一風能系統

- 在近東和波斯古文明
- 垂直軸風力磨 - 使用風帆連接到一個垂直軸，軸端連接磨石，作銼削用。



中世紀風能系統

- 風力磨傳入歐洲大陸
- 水平軸風力磨 - 使用風帆連接到一個水平直軸，水平軸連接到塔內，塔內裝有齒輪和車軸，控制旋轉。

在19世紀的美國風能系統

風玫瑰結構 (wind-rose Configuration)
水平軸風力抽水系統遍鋪農村地區。



Sources: Torrey, Volta (1976) *Wind-Catchers: American Windmills of Yesterday and Tomorrow*. Stephen Green Press, Vermont.
 Righter, Robert (1996) *Wind Energy in America*. University of Oklahoma Press, Oklahoma.

2.2 發展簡史 - 風力發電的開展

1888年：

Charles Brush 建成第一個大型風力發電機 (18米高，17米直徑“風玫瑰結構” - 容量12千瓦)。



1890s年：

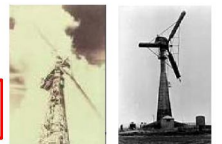
紐約Lewis電力公司銷售發電機組加裝到當時的風車。

1920s - 1950s年：

開發採用2葉片和3葉片的水平軸線風力發電系統。

1940s - 1960s年：

由於美國和歐洲的農村電力化 - 導致風力發電下降。

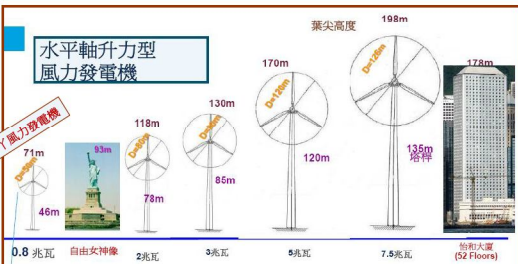


Sources: Torrey, Volta (1976) *Wind-Catchers: American Windmills of Yesterday and Tomorrow*. Stephen Green Press, Vermont.
 Righter, Robert (1996) *Wind Energy in America*. University of Oklahoma Press, Oklahoma.

2.3 風電發展簡史 -當今時代

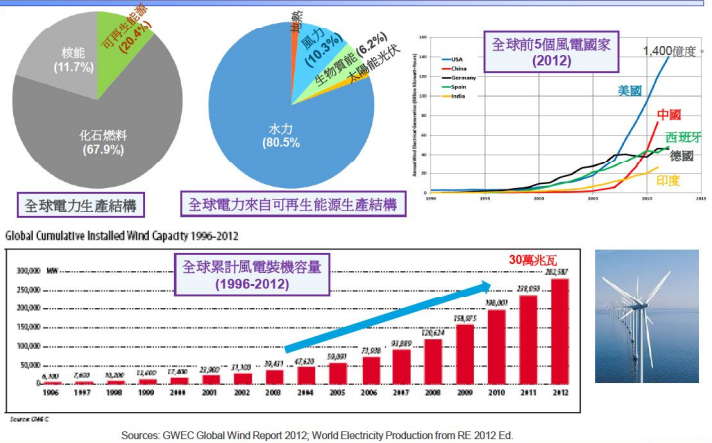
發展催化劑:

- 科技進步 + 規模增長 (降低成本)
- 電力市場開放 (引入競爭)
- 能源安全/獨立 (國家戰略性)
- 改善空氣質素
- 應對氣候變化



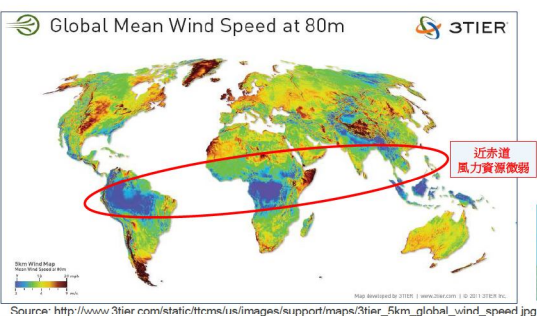
現代風力發電機標準化:
3葉片水平軸升力型單塔式

2.4 全球電力來自風電狀況 (2012年)



3.1 風的來源

- 風是太陽能的一種形式。
- 風是由於大氣中的空氣吸收太陽熱力不均勻和地球自轉帶動而形成。
- 風流動模式亦受地球的不規則地形, 水體, 植被覆蓋而修改。

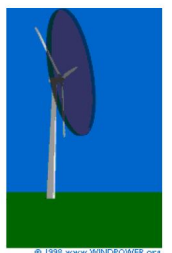


3.2 風力發電的基本原理 (1/3)

風能的多少是取決於以下的參數關係:-

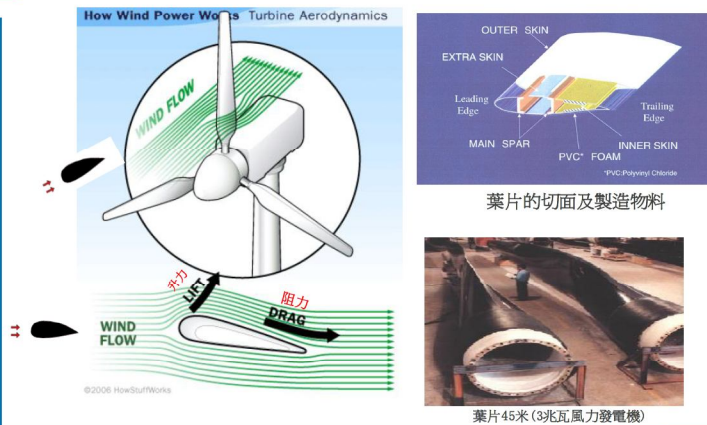
$$P = 0.5 \times D \times A \times V^3 \times C_p$$

P = 風能 (瓦)
D = 風密度 (千克/立方米)
A = 葉片掃過面積 (平方米)
V = 風速 (米/秒)
Cp = 功率係數 = 16/27



風力發電機可攝取最多 59% 的潛在風能

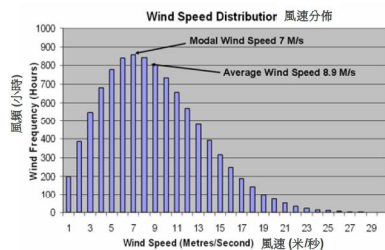
3.3 風力發電的基本原理 (2/3)



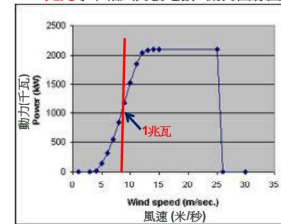
3.4 風力發電的基本原理 (3/3)

風速: 晝夜和季節亦不同
容量係數 (Capacity Factor)

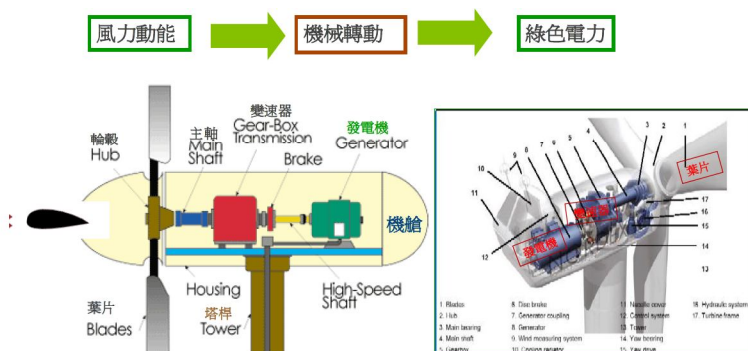
風電機一年運行 在高峰值功率的百分率
= 平均輸出 = 30% + (良好的選址)
最大輸出



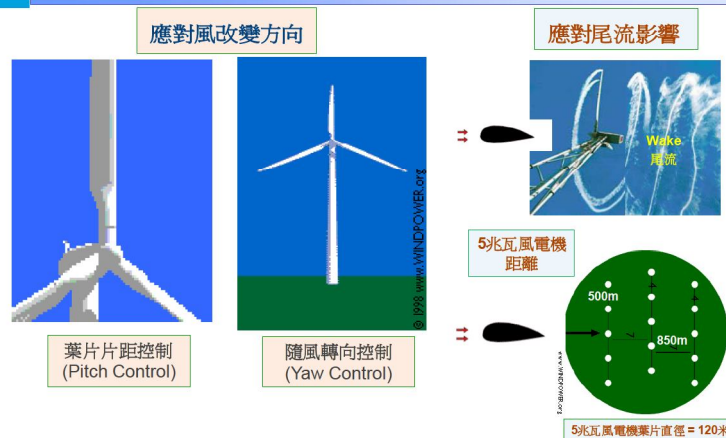
2.1兆瓦水平軸風力發電機 - 動力曲線圖



3.5 風力發電機的構造

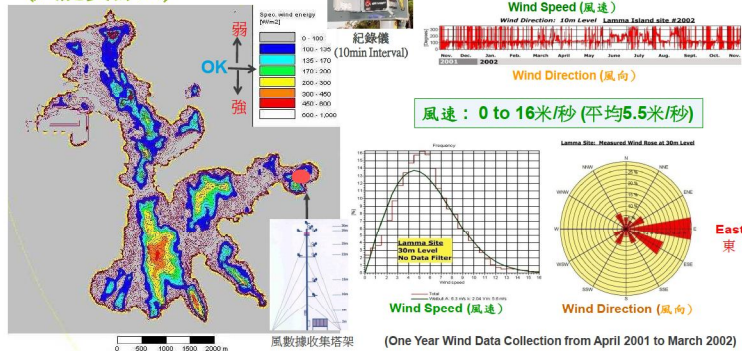


3.6 攝取最大風能設計

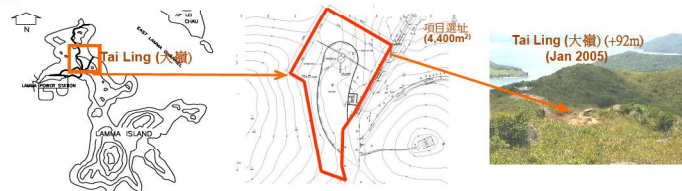


4.1 南丫風力發電站 - 風力數據收集

Wind Resource Map (風能資源圖)



4.2 大嶺選址作環境影響評估



大嶺選址作環境影響評估:

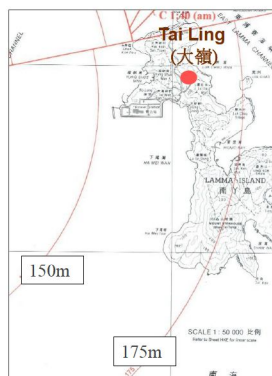
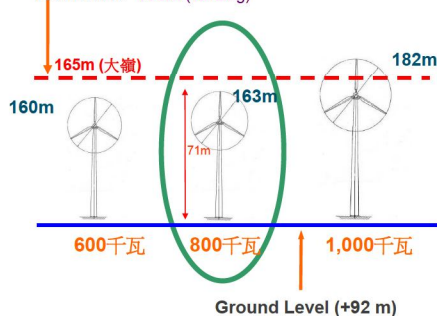
- 可接受的風速 (平均5.5米/秒)
- 毗鄰現有的11千伏電纜線路 (接入電網)
- 可接受的航機飛行路線安全高度限制
- 離最近的民居260米 (減低噪音擾民)
- 利用現有的275千伏電纜道路 (運送機件)



Source: http://www.hkelectric.com/web/AboutUs/RenewableEnergy/Index_zh.htm

4.3 大嶺航機飛行安全高度限制風電站容量 (800千瓦)

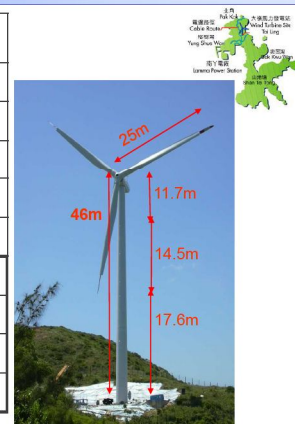
民航處: 航機飛行安全高度限制
CAD's Flight Path Safety Height
Restriction: 165m (Tai Ling)



Source: http://www.hkelectric.com/web/AboutUs/RenewableEnergy/Index_zh.htm

4.4 南丫風力發電機 - 主要技術資料

設計標準	Nordex N50 - 800kW (800千瓦) IEC Class 1
葉片數目	3 (fixed pitch)
葉片直徑	50 m
塔樁高度/直徑	46 m H / 1.81 - 2.72m dia.
風車總高度	71 m (23 storey)
葉片轉速	15 / 24 rpm
切入風速	3 m/s (11 km/h)
停機風速	25 m/s (90 km/h)
可承受風速	70 m/s (250 km/h) for 3 sec
總重量	80 tonne



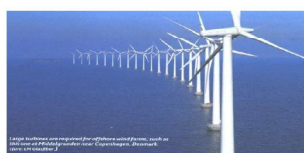
Source: http://www.hkelectric.com/web/AboutUs/RenewableEnergy/Index_zh.htm

4.5 南丫風力發電站 - 挑戰

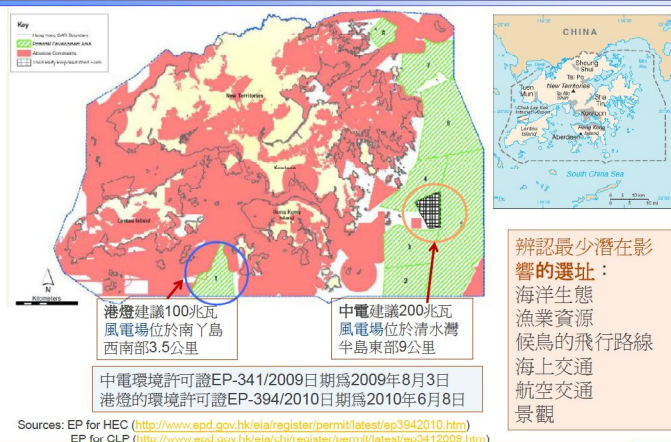


5.1 香港風電場選址 (1/2)

- 香港總面積: 1,104 平方公里
- 郊野公園及自然保護區: 佔百分之40,
- 另外綠化地帶: 佔百分之14
- 多山地勢: 困難運送施工物料/機械, 風電機件
- 人口約有715萬 (稠密城市)
- 局限了在陸上開展風力發電項目的可行性
- **離岸風力發電是唯一的選擇**



5.2 香港風電場選址 (2/2)



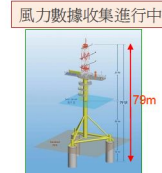
5.3 中電建議200兆瓦離岸風電場

中電建議的離岸風電場, 水域的面積約為16平方公里, 項目採用67台3兆瓦風力機或40台5兆瓦風力機。

風電場水深30米, 比大多數世界上目前運行的海上風電場的更深, 加上軟沉積物的海床, 並且距離地質公園的邊界約3公里, 形成相當大的工程挑戰。

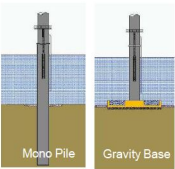


傳統的打樁方法未必適合建立風電塔樁的基礎。故採用吸力式沉箱技術, 施工方法不需要打樁或鑽入海底的岩石層, 減少干擾對海床和海洋生物, 並縮短安裝時間。

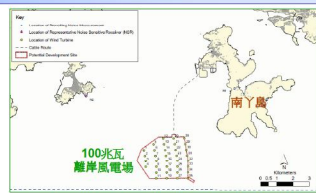


5.4 港燈建議100兆瓦離岸風電場

港燈建議的離岸風電場，水域的面積約為6平方公里，項目採用33台3.6兆瓦風力機。



風電場水深約18至23米，採用“單樁”或“重力地基”式設計建立風電塔樁的基礎，將會於詳細設計階段確定。



Source: http://www.hkelectric.com/NR/rdonlyres/0926AFB2-220A-4861-AEF5F993025D0B8/0/HKESLG3rdMeetingMinutes_c_v1_postedonwebsite.pdf



「激光雷達」測風站

港燈於2012年3月在離岸風場選址的海面設立測風站，並展開為期一年的實地風力及海浪數據收集工作。測風站採用「激光雷達」技術量度現場的風力資源。測風工作已於2013年2月底完成，數據分析進行中。

Sources: http://www.hkelectric.com/web/MediaCentre/PressRelease/Year2010/05022010_en.htm
<http://www.hkelectric.com/OffshoreWind/Farm/Introduction/>
 HEC Paper "Hongkong Electric's Renewable Installations" dated 24 July 2013.

6. 總結 - 擁抱在香港利用風力(可再生能源)發電?

兩電倡議興建共300兆瓦離岸風力發電場：關注

- 風力發電場佔海域面積約22平方公里 (1.7x南丫島)
 - 施工及運行對環境，候鳥和海洋生態有所影響
 - 需要投資超過100億港元
 - 每年可生產電量約5億6千萬度
 - 產電容量係數相當低只有21.3%
 - 發電場提供大約1.25%香港現時的電力生產量
 - 風力發電產生的電力是間歇性的
 - 不可靠的和不可預知，不能處理調峰或基本負載操作
 - 需要化石燃料或核電機組做後備
 - 但每年減少排放49萬噸二氧化碳，1,700噸二氧化硫及700噸氮氧化物
- 

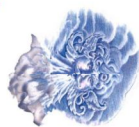


《管制計劃協議》:可再生能源設施投資的回報率為11%，發電的百分率=1%至<1.5%，提供額外0.01%回報



有待您的思考？

香港開展風力發電 挑戰及展望



謝謝!

