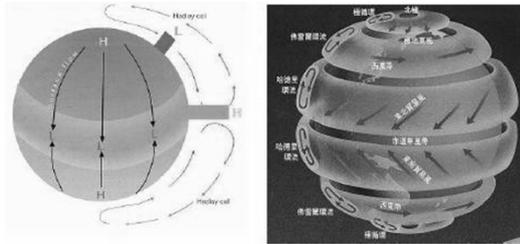


風的成因

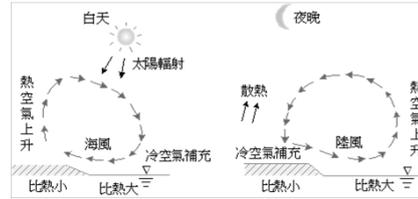
- 地球自轉及太陽熱輻射不均，引起空氣循環流動而形成風



1

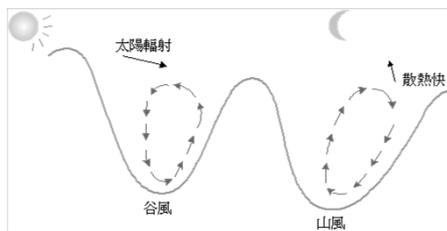
風的循環

地球大氣層內風的形成乃直接起源於地球本身的自轉及太陽輻射，區域性空氣的循環流動小規模者如海陸風 (sea-land breeze) 和山谷風 (mountain-valley wind)，而大規模者則如東北季風或颱風。



2

山谷風



3

風能

若與太陽能比較，風能的優點在於不論白天、晚上、晴天或陰天皆能運用，且在最冷及最暗的冬天（此時最需要能量）往往能得到最多的風能。而陰天及高海拔區域，太陽能無法有效取得時，風能將更為可靠。但和太陽能一樣，風能也是間歇性能量，並且需要儲存。

當太陽光照射到大氣頂層時，約2%的太陽能轉換成風的動能，而後消散以溫暖大氣。以美國為例，其太陽能轉換成風能的速率約為全美能源消耗的30倍。

4

風力發電機並不能將所有流經的風力能源轉換成電力，其中風能轉換成電能的效率除決定於各式風扇的形狀外，另一重要的參數即為葉片尖端速度與風速的比值。

根據理論分析，風車自風能中取得能量而轉換成機械能的最大效率不超過59%，其稱為「貝茲極限定律 (Betz's limit law)」，而現今風車的效率則約能從這59%的效率中取得約50~70%的能量。一典型風車由機械能轉換成電能的效率約為90%。根據以上數據，當風速10 m/s時，風車在最佳運轉條件下，其取得的電力約為 $0.61 \times 0.59 \times 0.7 \times 0.9 = 0.227 \text{ kW/m}^2$ 。

5

- 藉由空氣的氣動力作用（包括升力及阻力）轉動葉片以擷取風的動能，進而轉換成電能
- 風力機無法轉換全部風能，輸出效率約20~40%

6



風力發電機之分類

1. 依照主軸與水平面的相對位置可分為水平軸與垂直軸式，換言之，若主軸呈水平狀態，即為水平軸式；反之，若主軸呈垂直狀態，即為垂直軸式。
2. 依照葉輪相對於風向的位置可分為上風式(或迎風式)及下風式(或逆風式)。
3. 依照葉片數量可分為多葉片及少葉片式。就雙葉片而言，由於葉片較少，故可節省葉片的成本，另外負荷較輕，所以可以較高的轉速運轉，但相對地振動及噪音較大。四葉片由於葉片數多，故葉片成本較高，並以較低轉速運轉，振動及噪音較小。至於三葉片式，綜合雙葉片及四葉片之優點，現在較普遍採用。

水平軸式風力發電機

- 風力發電機種類：
 - 水平軸式風力發電機
 - 是目前最常用的類型
 - 適合用於風力較大，風向固定，不易產生亂流的地點
 - 具有較高轉換效率係數的特性
 - 構造：風輪、齒輪箱、發電機、轉向控制器、整流器、儲電裝置、塔架

垂直軸式風力發電機

- 垂直軸式風力發電機
 - 適用於風力較小、風向不固定的地點
 - 轉換效率較低



水平軸式風力發電機構造

- 風輪：
 - 功用：將風能轉換為機械能
 - 運作方式：由氣體流動性能良好的葉片裝在輪軸上所組成
- 齒輪箱：
 - 功用：低速轉動的風輪通過傳動系統由加速齒輪箱增速，將動力傳導給發電機
 - 葉片帶動大齒輪轉動小齒輪產生更大的發電能，可使發轉速從大齒輪每分鐘30至60轉增加到小齒輪每分鐘1500至1800轉，但也可能因齒輪卡死而停止動作

水平軸式風力發電機構造

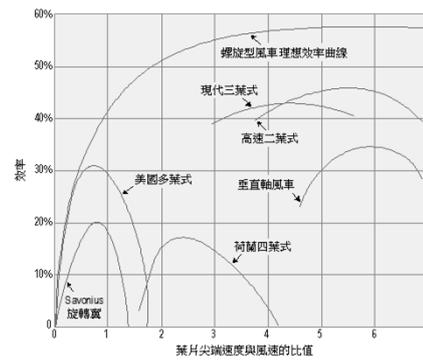
- 發電機：最常使用的是感應發電機、同步發電機，感應發電機維護成本較低
- 轉向控制器：風向經常改變，需有自動迎風裝置，以有效利用風能

水平軸式風力發電機構造

- 整流器：重整電流，使電流變成直流電
- 儲電裝置：儲存所產生的電流，供給需求

水平軸式風力發電機構造

- 塔架：
 - 上述組件安裝在機艙內，機艙由塔架支撐
 - 是支撐整個風力發電機重量的柱狀物



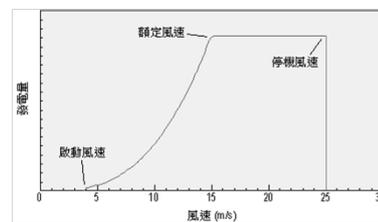
16

裝置容量

風力發電機的裝置容量 (installed capacity) 是風力發電機的最大發電容量。由於風速隨時變化，時大時小，故風力發電機並不會一直處於裝置容量的狀況下發電。當風力發電機運轉一段時期後，實際的發電量與裝置容量的比值稱為負載率 (load factor or capacity factor)，即

$$\text{負載率}(\%) = \frac{\text{實際發電量}}{\text{設計發電量}} \times 100 = \frac{\text{實際發電量}}{\text{裝置容量} \times \text{時間}} \times 100$$

17



一般市場上風力發電機的起動風速 (cut-in velocity) 約介於 2.5~4 m/s，於額定風速 (rated velocity, 12~15 m/s) 時達到額定的輸出容量。為避免過高的風速損壞發電機，大多於風速達 20~25 m/s 範圍內停機，典型的停止運轉風速 (cut-out velocity) 為 25 m/s。

18

風力發電機的優點

1. 風力能源永不耗竭
2. 風力發電無污染
3. 風力發電是自產能源
4. 增加就業機會並具觀光效益

設置風力發電機時，應考量因素有：

1. 風性與地理條件
2. 風力發電機性能與配置
3. 土地利用的規劃
4. 慎選周圍環境

19

風能評估

- 選擇地點：依據風速資料、地形地貌、周遭環境，評估出大區域範圍的風力資源
- 蒐集資料，模擬風場分佈：瞭解特定區域是否有足夠的風能，並證明調查研究結果
- 規劃風力機設置最佳位址：量化小尺度區域的風越過山丘地區或平坦地區時的風場變化

風能利用價值分等

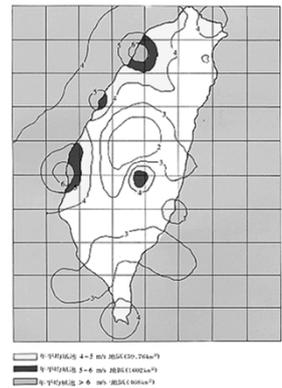
年平均風速 (m/s) 風能利用價值

- <3...沒什麼價值
- 3...勉強可用
- 4...還不錯
- 5...良好
- 6...優異
- >6...特優

21

台灣風力資源分佈

依據本島風能評估結果顯示，西部沿海包括桃園、新竹、苗栗、台中、彰化等地以及外島地區的澎湖與蘭嶼離島等地區，年平均風速可達5~6 m/s 以上，風能密度達 250 W/m² 以上，深具開發風能的潛力，如能多加利用將可促進國內能源多元化與自主性。



22

- 工研院能資所於湖口試驗廠研發成功之風力發電機群(4呎、40呎及150呎三型)



23

臺灣

- 發電廠設置：皆位於西部沿海風能佳之地區
 - 澎湖
 - 1987年七美鄉的250呎風力發電機組，為實驗及培育人才使用
 - 白沙鄉中屯村，由四部600呎風力發電機所組成，發電時數一年可達4000小時，最有效率

臺灣

- 發電總量：
 - 累計裝置容量有34.7萬瓩，年發電量有9.36億度
 - 如果每戶平均年用電量以4000度，每年可供23萬4千戶的家庭用電，減少55.6萬公噸的二氧化碳排放量
- 未來發展：
 - 海上發展
 - 內陸、台地及丘陵發展

各國風力發電簡介

- 丹麥：
 - 10年之內以自然風力成為整座島的發電來源
 - 目前自然風力已經替代島上全部的電能以及70%的熱能
 - 丹麥珊索小島風力發電 能源自給自足

靠近瑞典瑪爾摩市與丹麥哥本哈根跨海大橋的海上風力發電機



各國風力發電簡介

- 荷蘭弗里斯蘭省：
 - 2020年前新建200座大型風力發電機組，一半的家庭用電將來自風力發電
 - 2008年荷蘭陸地和海上風力發電裝機總容量達2216兆瓦

各國風力發電簡介

- 英國：
 - 具成熟的海上風力發電技術
 - 歐洲最具開發海上風能潛力的國家，足以供應全部家戶用電
 - 2020年海上風力發電量將擴增至3300萬瓩，約佔全國發電量的五分之一

各國風力發電簡介

- 中國大陸：
 - 內蒙古有13萬台家用微小型風力發電機
 - 內蒙古有五個風力發電廠，年發電量超過1億瓩
 - 上海市政府規劃在東海大橋兩側建造發電廠，由數十台3000瓩風力發電機構成10萬瓩的發電廠

風力發電發展阻礙

- 產生噪音：
 - 距離超過100公尺可降到40分貝以下
 - 距離超過200公尺小於馬路上車輛經過的聲音
- 鳥擊：
 - 鳥類會順著機組的航道飛行
 - 風機轉動時的氣流改變，會改變鳥類原有飛行
- 發電成本：較傳統能源為高
- 台電風力發電機17座壞5座 故障率高

台電82座風力發電機 51座故障

2008年06月23日

- 台電風力發電計畫大擺烏龍，已完工商業運轉的八十二部風機中，最高曾有五十一部無法運轉發電，台電把原因歸咎於台灣氣候太熱、備品不夠等，一座座的風力發電機，竟都成為海邊的裝飾品，政府再生能源政策在執行面上已遭嚴重扭曲。
- 62%無法運轉 淪為裝飾品為配合政府開發潔淨能源的政策目標，從2003年開始，到2010年止，台電規劃投資一百九十億元，在全國興建一百八十六部風力發電機，總裝置容量為卅三萬瓩，到目前為止，已完工商轉八十二部，結果卻有五十一部無法運轉，故障率高達六十二%。
- 據指出，發生瑕疵的五十一部風力發電機均採最有利標招標，並不是最低價標，結果選出現這麼大的問題，讓人懷疑背後是否還有更大的秘密待挖掘。

• 歸咎天氣太熱 未追究責任

- 台電內部資料指出，出現風力發電機裝機後無法運轉發電的品牌及機組數，分別是GE有廿三部、Harakosan有廿二部、Gamesa有六部，多分布在西部沿海。無法運轉的原因，從風機所在地高溫、高鹽害，備品供應不及，葉片控制不同步，甚至保固期過期，都能被拿出來當理由。
- 已投資近百億收入僅11億如以發電量來看，已完工的台電八十二部風機這幾年來共發電五點六億度，以每度二元計算，發電收入約十一點二億元，與已投資的近百億元金額比較，報酬率根本慘不忍睹。
 - 若以容量因素（即每年發電時間比率）檢視，只有離島的澎湖中屯風力及彰工風力兩處風力機的容量因素各為四十七%、卅五%，其餘的石門、恆春等風力計畫均未達卅%，也就是代表著一年有七成以上的時間，這些風力發電機是處於閒置狀態未能發電。

問題

- 再生能源的另一個大問題是規模。
 - 大型風力渦輪機的電力產能率是200萬瓦特，一般的燃煤火力發電廠是4億瓦特，核能電廠是10億瓦特，所以，500座風車相當於一座核能電廠，對吧？哎，不對。核能電廠90%以上的時間都可以持續運轉，風吹的時間大約只有30%。所以，你需要1500座風力渦輪機才能產生一座核能電廠所產生的電力。還有，這1500座風力渦輪機不能設在同一個地方，否則就不能充分運轉。

問題

- 再者，風力發電雖是再生能源，並不代表人們願意讓風力渦輪機設在他們家的後院。在景色秀麗的山谷及海邊，風力最強，但沒有人想讓住家的純樸景觀被破壞，雖然人人都想要更便宜的電力供應生活所需。我們再一次得面臨兩難選擇。

一座核能發電廠可以供應25萬戶家庭所需要的電力，一座大型風力渦輪機只能供應幾百家。這是再生能源的最大缺點，當我們需要大規模的解決問題時，再生能源的有限規模就是不足以一舉解決我們的問題。屋頂上太陽能蒐集板非常有用，特別是在陽光普照的社會，可是，跟風力發電一樣，太陽能無法擴大規模到足以使一個國家的石油消費量產生明顯變化。

問題

- 在台灣可設置風力發電機的理想風場很難找，一年平均下來，可發電時數大約只有二千八百小時，容量因素尚不到卅%。根據台電內部資料，一部風力發電機投資金額約八千萬至一億元，售電價格統一每度兩元，但加計利息、折舊、稅負、維修等成本後，台電的風力平均每度發電成本竟超過兩元。再對照早期風力發電機組的發電成本，分別是台湖重工參寮風力電廠每度一點二五元，台電澎湖中屯每度一點六四元，天隆竹北電廠每度一點三元，台電的成本都比民間高，與其做得不三不四傳出弊案，還不如將整個市場讓給民間做，既有效率又經濟。

Questions

- 何謂海陸風？何謂山谷風？
- 風力發電機的組成有那些？風力發電機有幾種分類方式？
- 風力發電機有那些優點？設置時應考慮那些因素？

37