

風力

台大生機系
馮丁樹教授

3/10日作業題目



- 1. 風力在農業上之應用如何？
- 2. 風車之種類有那些？

*請用A4紙作答

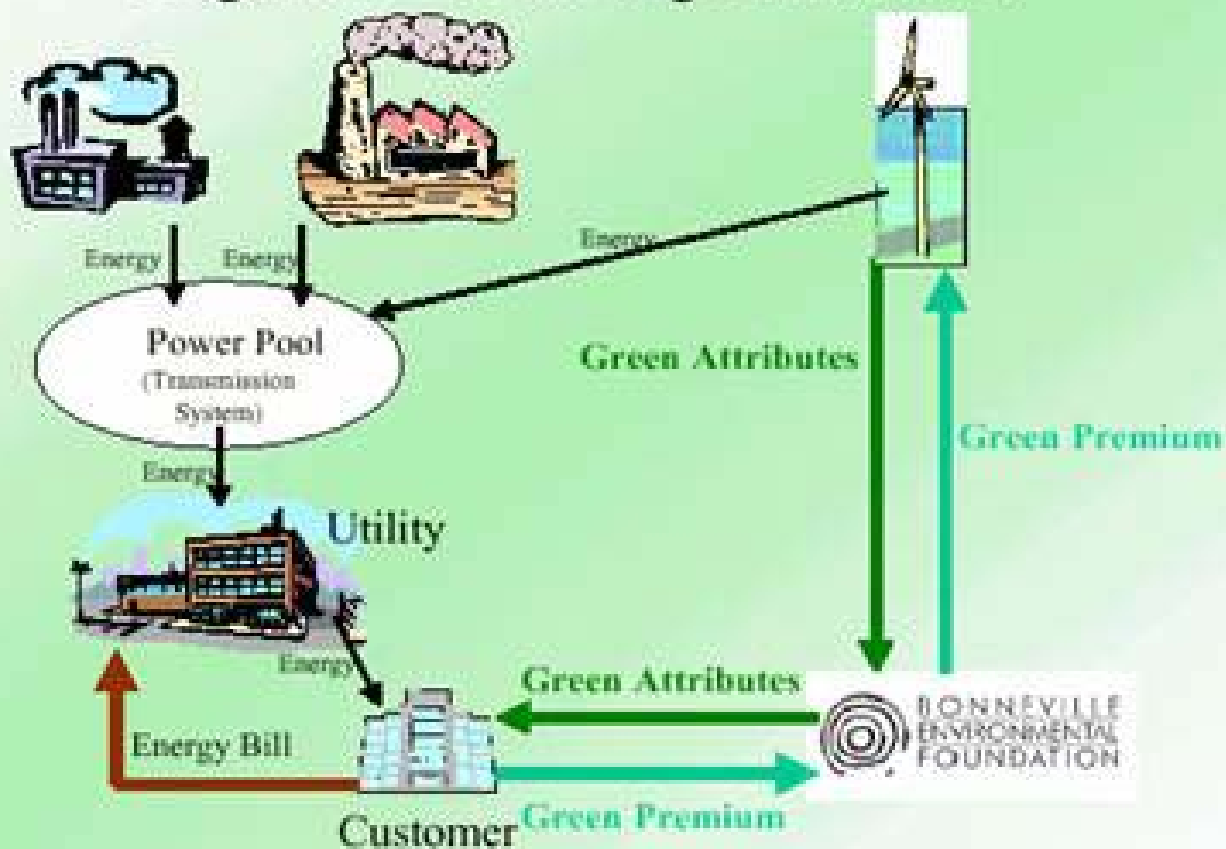
*請於課堂中解答並於下課時繳交

風力

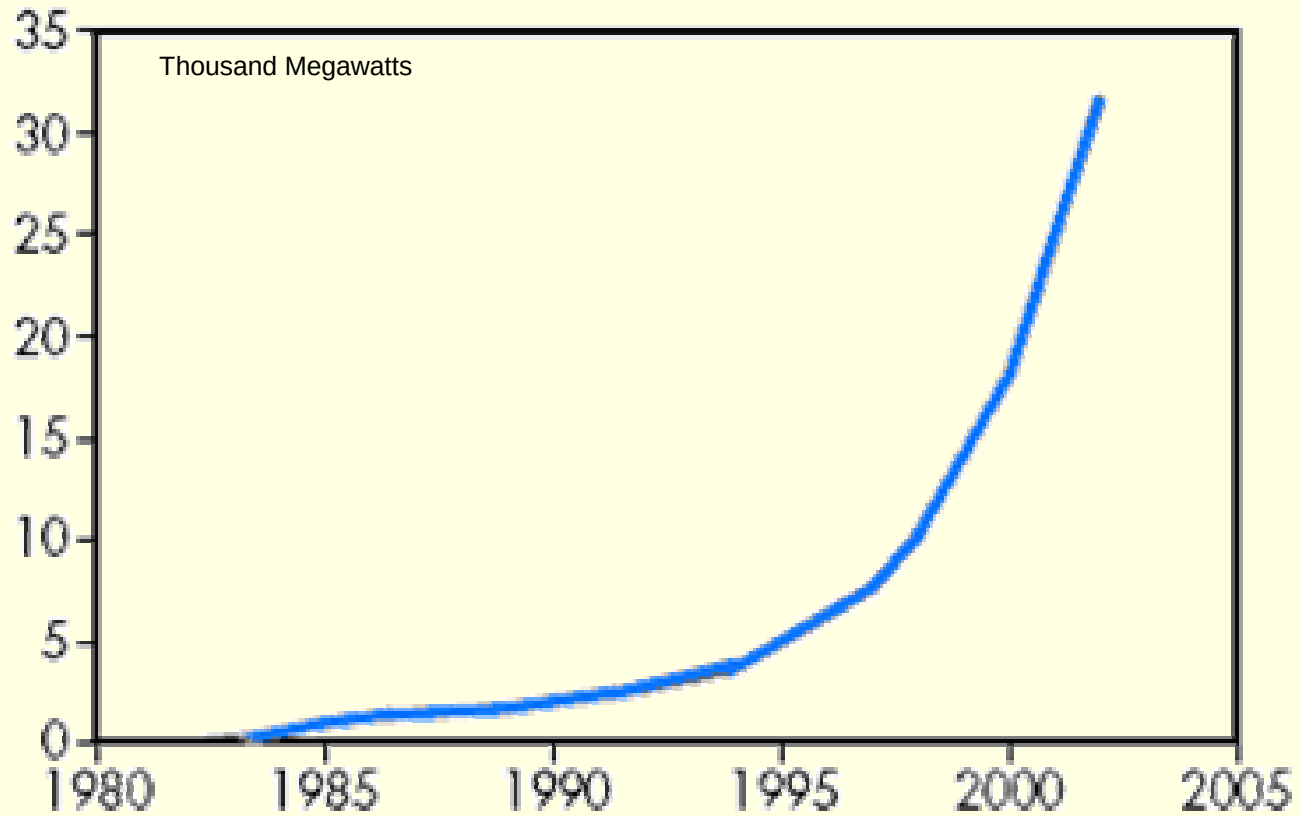


風力技術

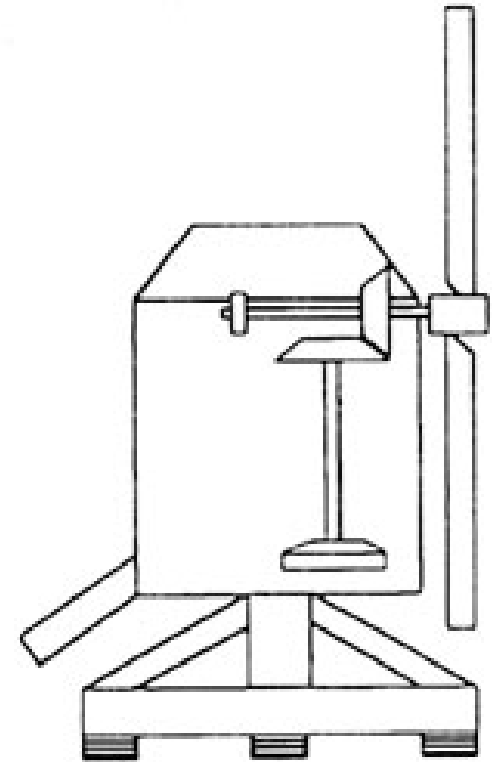
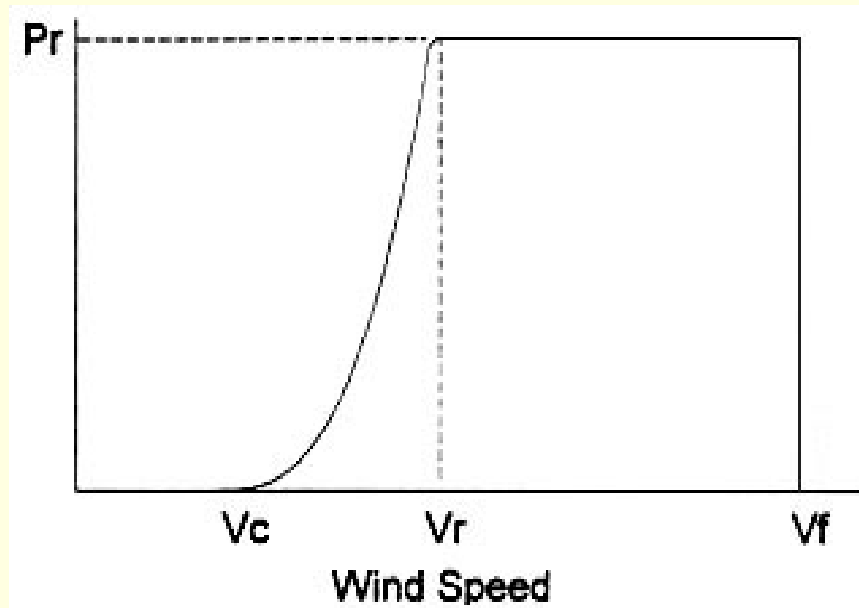
Diagram 3 - Green Tag Transaction



World Wind Energy Generating Capacity, 1980–2002



早期的風車



Schematic of a Fourteenth Century Dutch Windmill

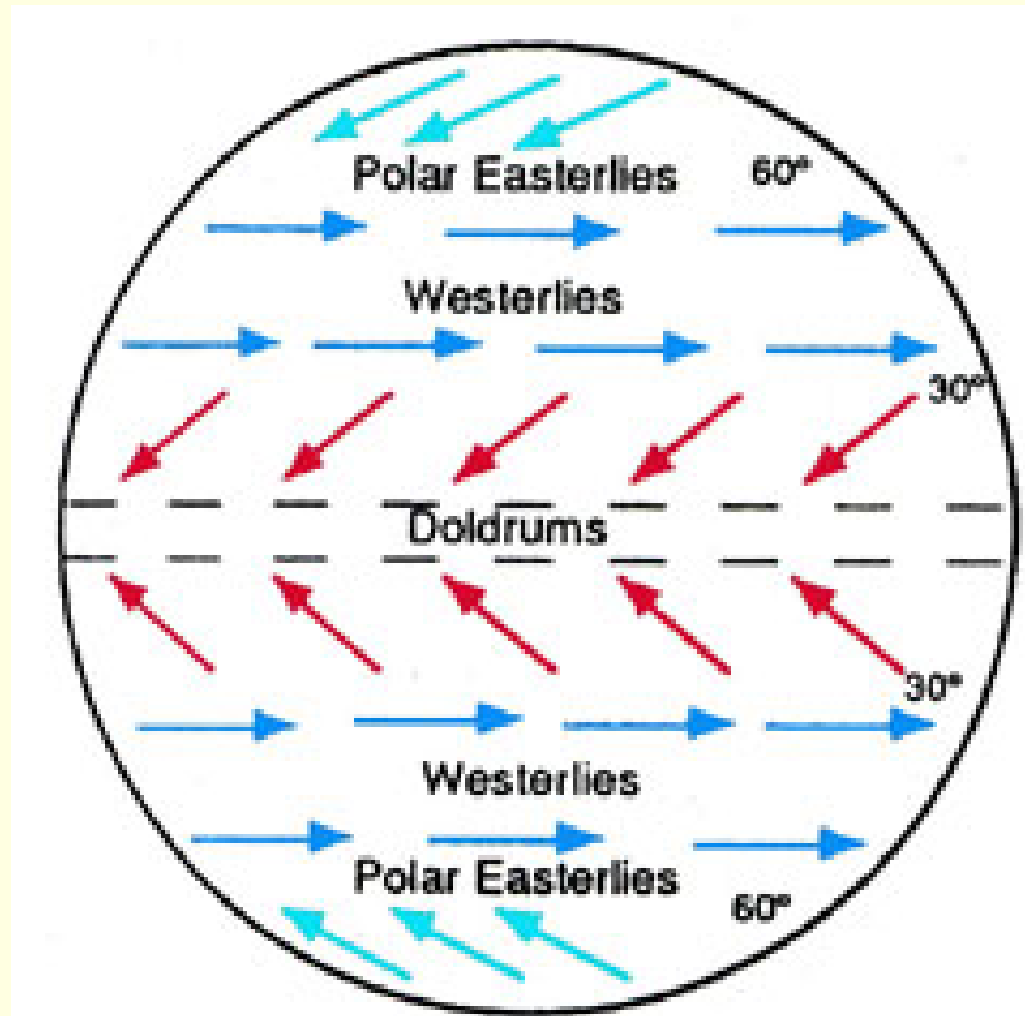
風力發電技術

- 太陽照射到地球表面時，因各處受熱不同產生溫差，從而引起大氣的對流形成風
- 據估計太陽能抵達地球的部份約**2%**轉化為風能
- 全球的風能約達 **$2.74 \times 10^9 \text{MW}$** ，其中可利用的部份為 **$2 \times 10^7 \text{MW}$**

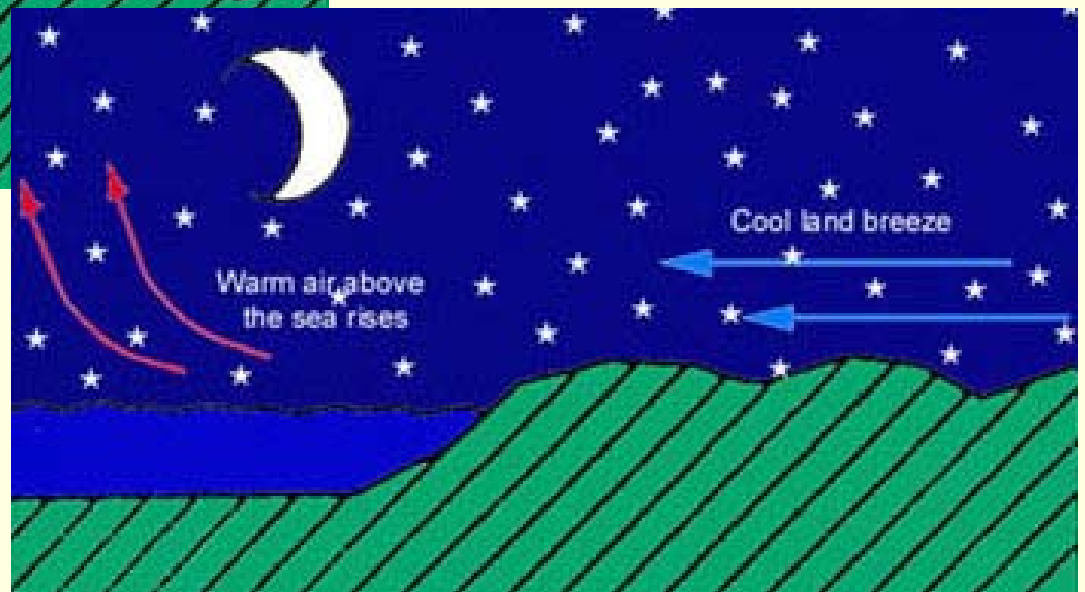
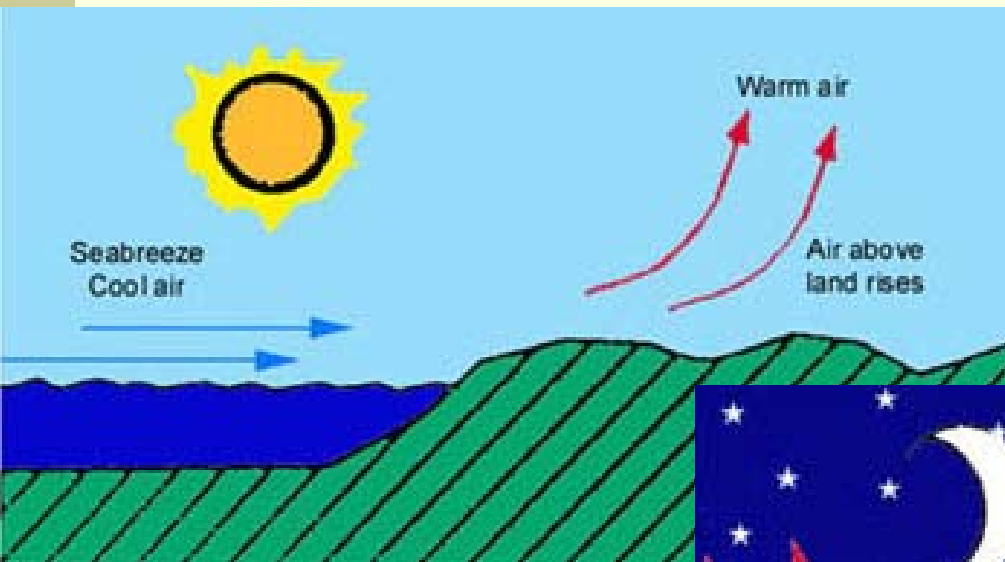
風的變化

- 風向和風速是兩個描述風的重要參數
- 風向是指風吹來的方向
- 風速是表示風移動的速度，即單位時間內空氣流動所經過的距離。
- 風的強弱是週期性的，地面上夜間風弱，白天風強；高空中正相反是夜裏風強，白天風弱臨界高度約為**100～150m**

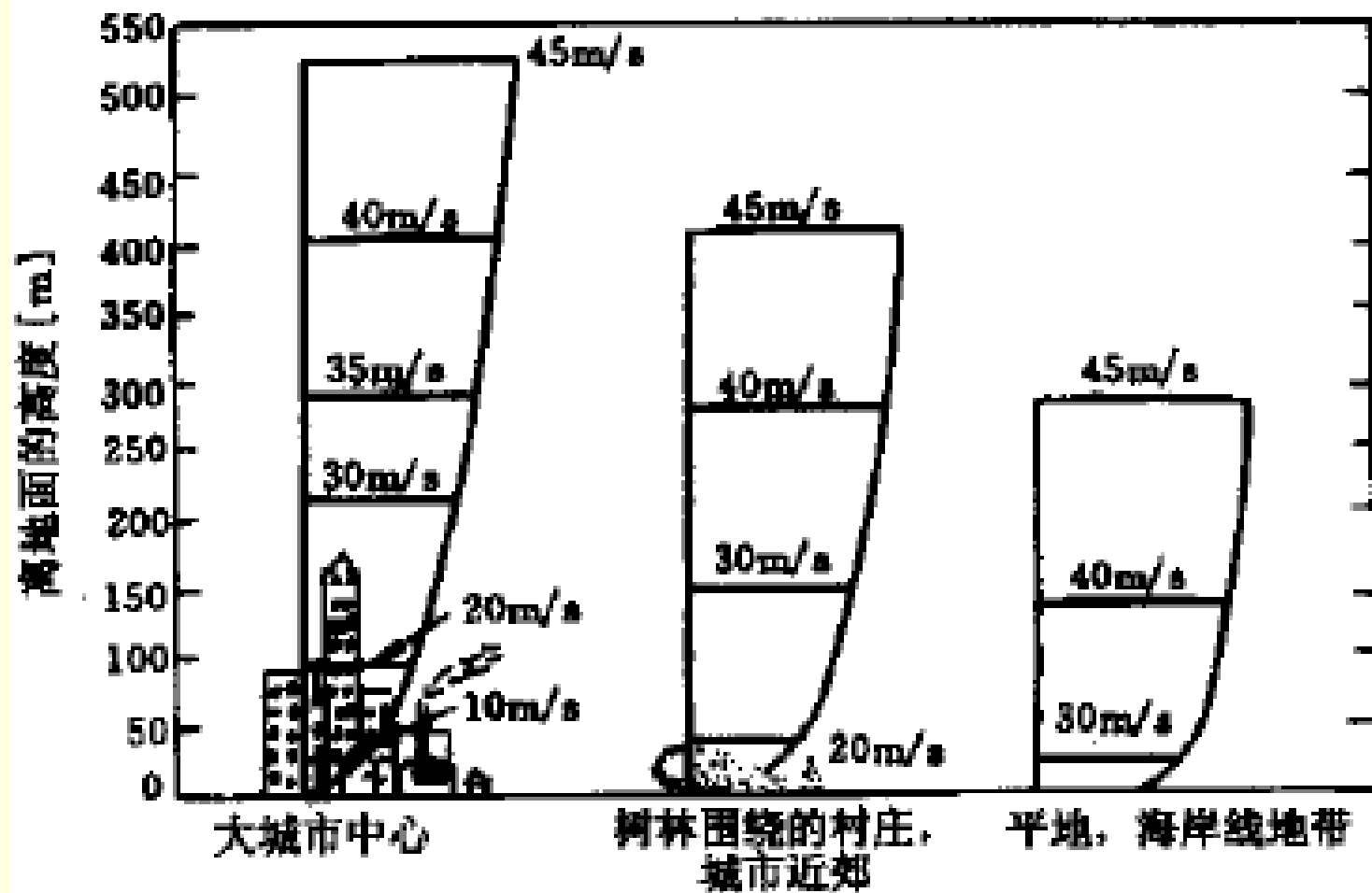
地球的風向



日夜的溫差



不同高度處風速的變化



大氣層之分區

- 離地面2m以內的區域稱為底層；
- 2-100m的區域稱為下部摩擦層，二者總稱為地面境界層；
- 從100-1000m的區段稱為上部摩擦層，以上三區域總稱為摩擦層。摩擦層之上是自由大氣。

級別	風速 [m/s]	陸地	風力等級	浪高 [m]
0	小於0.3	靜煙直上		
1	0.3-0.6	煙能表示風向，但風標不能轉動	出現魚鱗似的微波，但不構成浪	0.1
2	1.6-3.4	人的臉部感到有風，樹葉微響，風標能轉動	小波浪清晰，出現浪花，但並不翻滾	0.2
3	3.4-5.5	樹葉和細樹枝搖動不息，旌旗展開	小波浪增大，浪花開始翻滾，水泡透明象玻璃，並且到處出現白浪	0.6
4	5.5-8.0	沙塵風揚，紙片飄起，小樹枝搖動	小波浪增長，白浪增多	1
5	8.0-10.8	有樹葉的灌木搖動，池塘內的水面起小波浪	波浪中等，浪延伸更清楚，白浪更多（有時出現飛沫）	2
6	10.8-13.9	大樹枝搖動，電線發出響聲，舉傘困難	開始產生大的波浪，到處呈現白沫，浪花的範圍更大（飛沫更多）	3
7	13.9-17.2	整個樹木搖動，人迎風行走不便	浪大，浪翻滾，白沫象帶子一樣隨風飄動	4
8	17.2-20.8	小的樹枝折斷，迎風行走很困難	波浪加大變長，浪花頂端出現水霧，泡沫象帶子一樣清楚地隨風飄動	5.5
9	20.8-24.5	建築物有輕微損壞（如煙囪倒塌，瓦片飛出）	出現大的波浪，泡沫呈粗的帶子隨風對動，浪前傾，翻滾，倒卷，飛沫擋住視線	7
10	24.5-28.5	陸上少見，可使樹木連根拔起或將建築物嚴重損壞	浪變長，形成更大的波浪，大塊的泡沫象白色帶子隨風飄動，整個海面呈白色，波浪翻滾	9
11	28.5-32.7	陸上很少見，有則必引起嚴重破壞	浪大高如山（中小船舶有時被波浪擋住而看不見），海面全被隨風流動的泡沫覆蓋。浪花頂端刮起水霧，視線受到阻擋	11.5
12	32.7以上		空氣裏充滿水泡和飛沫變成一片白色，影響視線	14

風能之利用

- 美國早在1974年就開始實行聯邦風能計畫
- 80年代成功地開發了100、200、2000、2500、6200、7200kw的6種風力機組。
- 目前美國已成為世界上風力機裝機容量最多的國家，超過 2×10^4 MW，每年還以10%的速度增長。
- 1990年美國風力發電已占總發電量的1%

風力發電技術之研究

- 在瑞典、荷蘭、英國、丹麥、德國、日本、西班牙等根據各自國家的情況制定了相應的風力發電計畫。
- 瑞典1990年風力機的裝機容量已達350MW，年發電10億kw·h。
- 丹麥在1978年裝機容量2000kw，預計到2005年電力需求量的10%將來源於風能。
- 德國1980年裝機容量為3000kw，到本世紀末風力發電也將占總發電量的8%。
- 英國，英倫三島瀕臨海洋，風能十分豐富，政府對風能開發也十分重視，到1990年風力發電已占英國總發電量的2%。
- 在日本，1991年10月輕津海峽青森縣的日本最大的風力發電站投入運行，5台風力發電機可為700戶家庭提供電力。

風力在農業上之應用

- 發電
- 風力在農業上可用為灌溉、排水、穀類脫粒、粉碎、攪、池塘或河川曝氣等機械性動力、誘蛾燈、電照栽培、飼育、乾燥、換氣照明等的電氣動力。
- 設施方面則如溫室、畜舍的冷暖氣、雞糞乾燥等所需之熱能

風車設計之考慮因素

- 風向的變動追蹤以求輸出與負載之平衡。
- 需具備暴風中對風車之保護措施。
- 需考慮建置成本，以輕薄之材質為主，並能克服潮濕氣候的侵蝕。
- 須降低噪音，以避免影響環境或牲畜之安寧。
- 顧及景觀，需能與自然取得協調。

風能之特點

- 風速**9~10m/s**的**5級**風，吹到物體表面上的力，每平方米面積上約有**10kg**。
- 風速**20m/s**的**9級**風，吹到物體表面上的力，每平方米面積可達**50kg**左右。
- 颱風的風速可達**50~60m/s**，它對每平方米物體表面上的壓力，可高達**200kg**以上。最大時甚至可達每平方米**60t**左右的壓力。

風能之優點

- 蘊量巨大；
- 可以再生；
- 分佈廣泛；
- 沒有污染。

風能之缺點

- 1. 密度低
- 2. 不穩定
- 3. 地區差異大

能量密度比較

能源類別	風能 3m/s)	水能流速 3m/s)	波浪能 (波高 2m)	潮汐能(潮 差 10m)	太陽能平均	
能流密度 [kw/m ²]	0.02	20	30	100	晴天 1.0	晝夜 0.16

風車的種類

- 水平軸型
(需有風向追蹤機構)
- 垂直軸型

- 揚力型

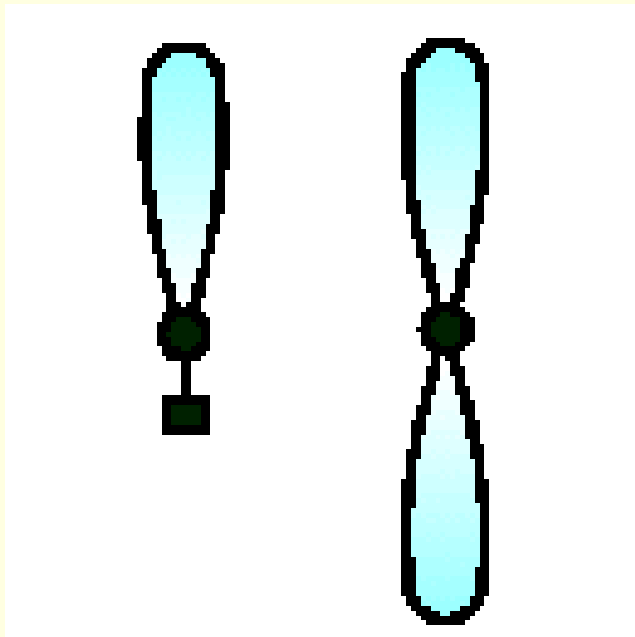
圓周速度可能超過風速,螺旋槳式、帆翼式、荷蘭式及多翼式等

- 抵抗型

圓周速度不能超過風速,如杯式、沙伯紐式或葉輪型

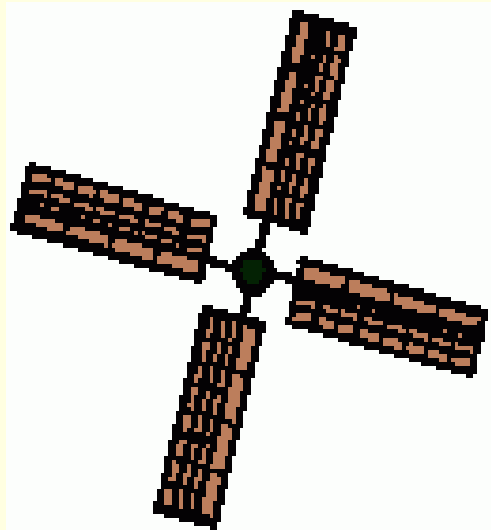
螺旋槳風車

- 有配重、兩翼或三翼式風車



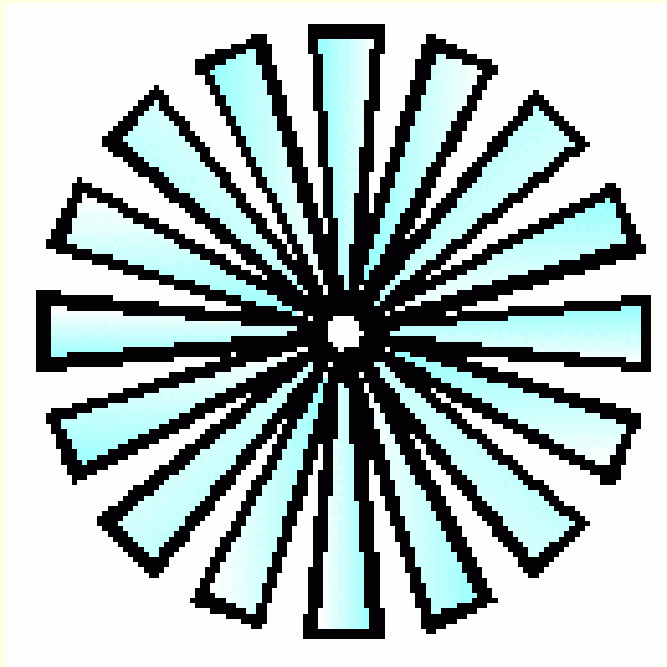
荷蘭式風車

- 以格板形成葉片，
通常為四片



多翼形風車

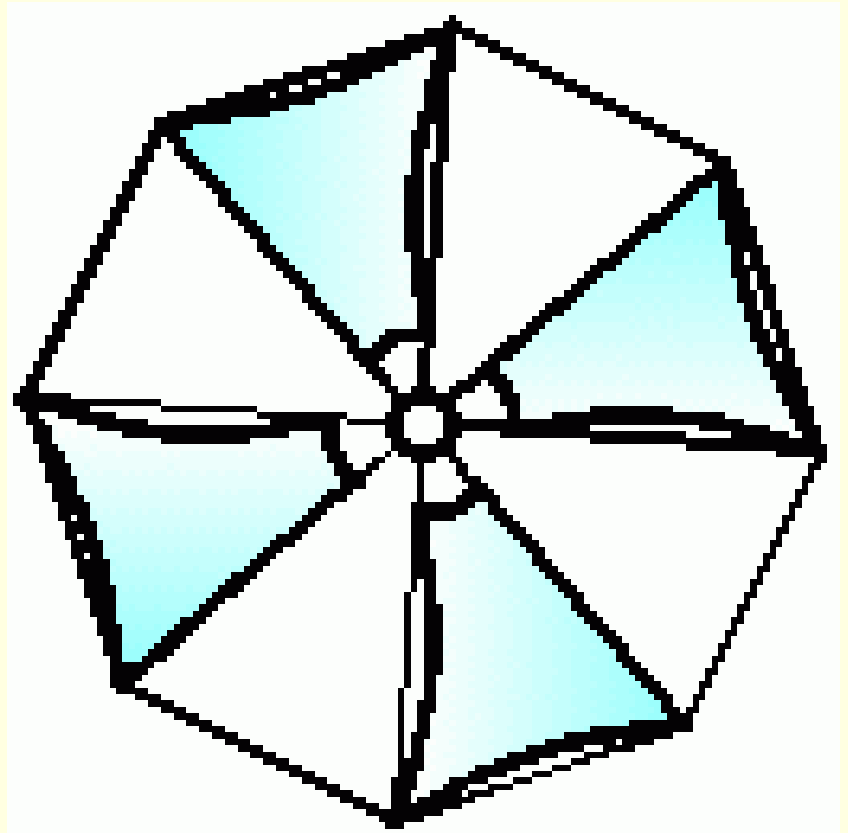
- 轉速低、高扭力用途





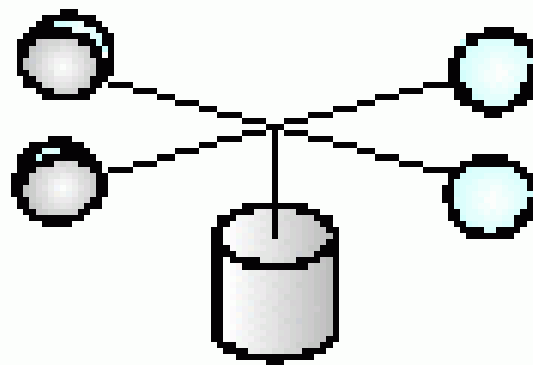
帆翼形風車

- 早期應用於地中海地區



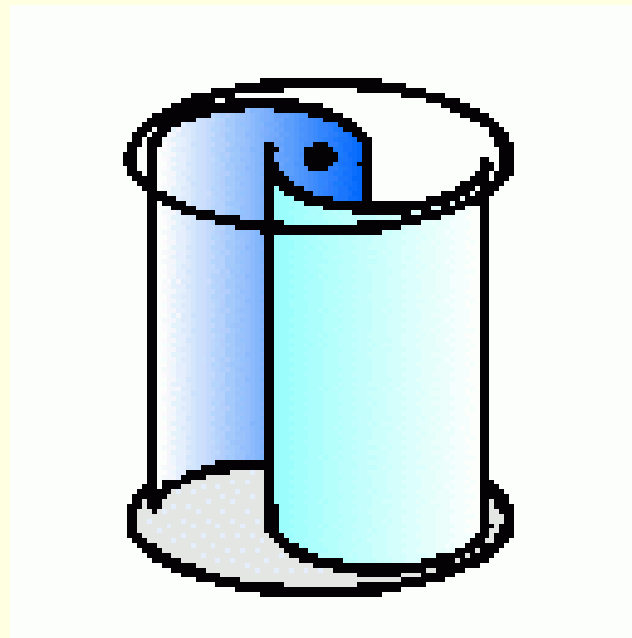
杯式風車

- 常用於風速計，依其轉速決定風速



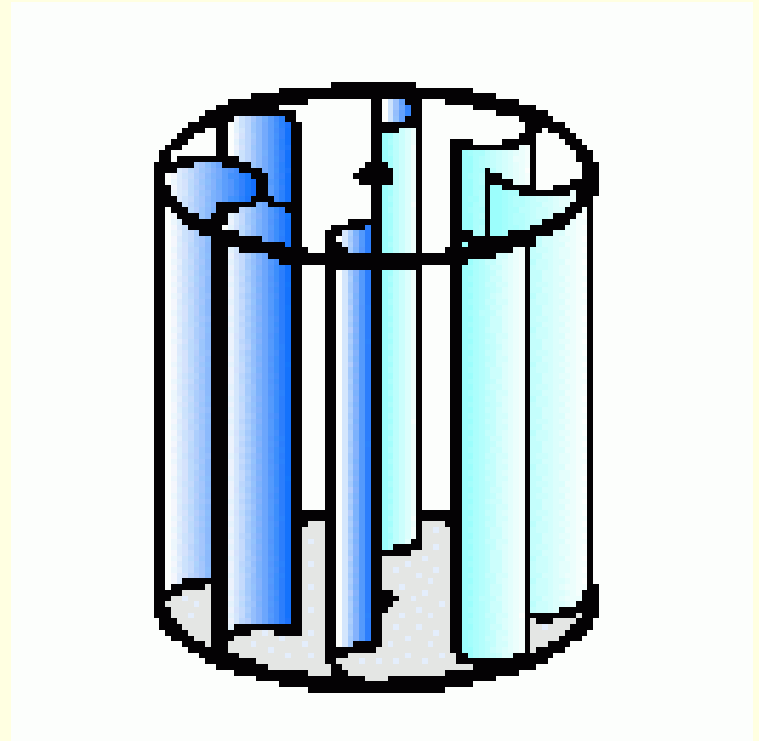
沙伯紐斯型風車

- 無風向性，迴轉速度低，起動扭力大



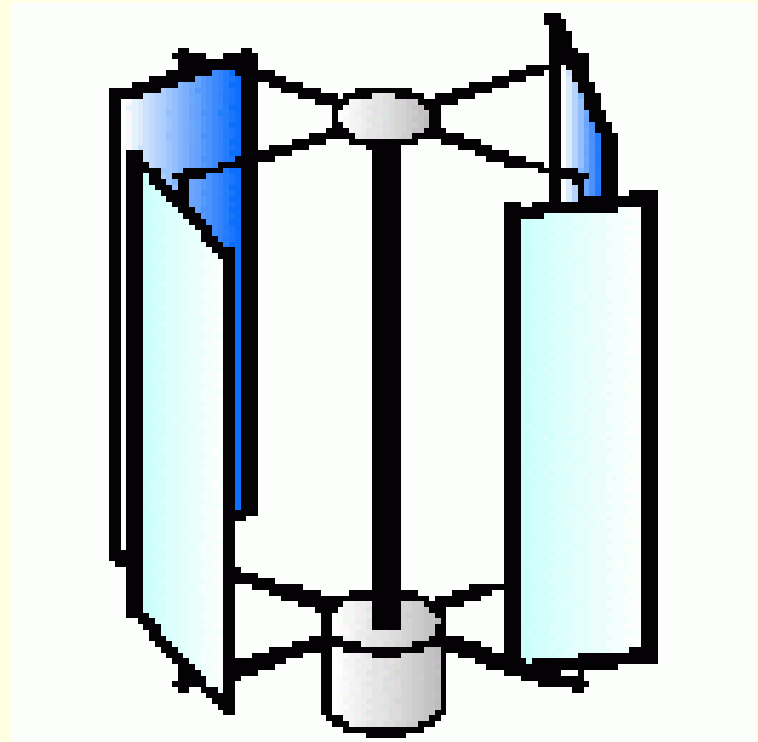
葉輪型風車

- 依葉片之形狀
產生扭力，
應用於低速抽
氣用途



陀螺型風車

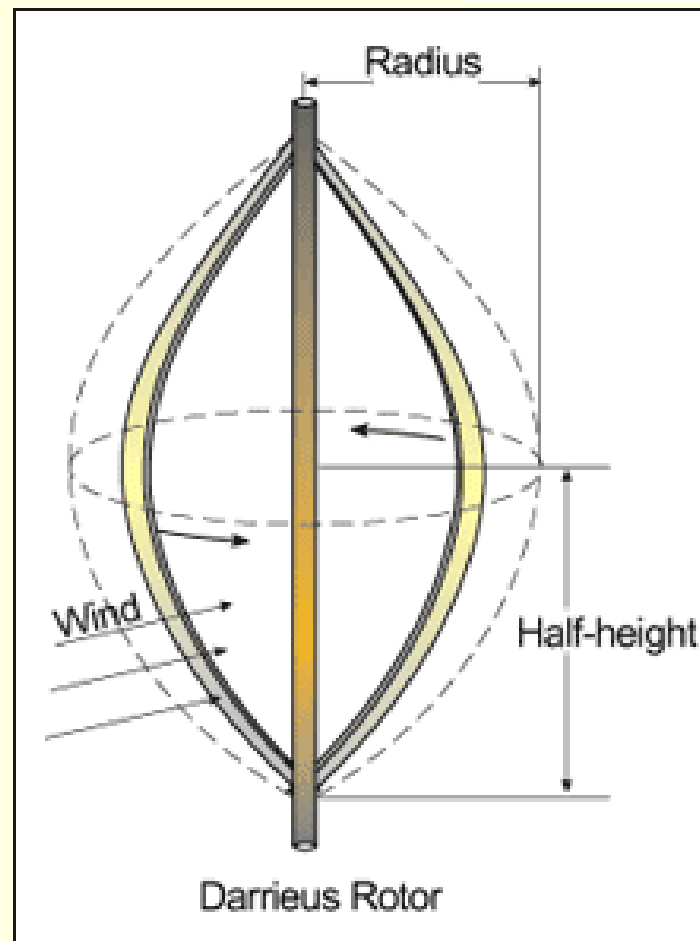
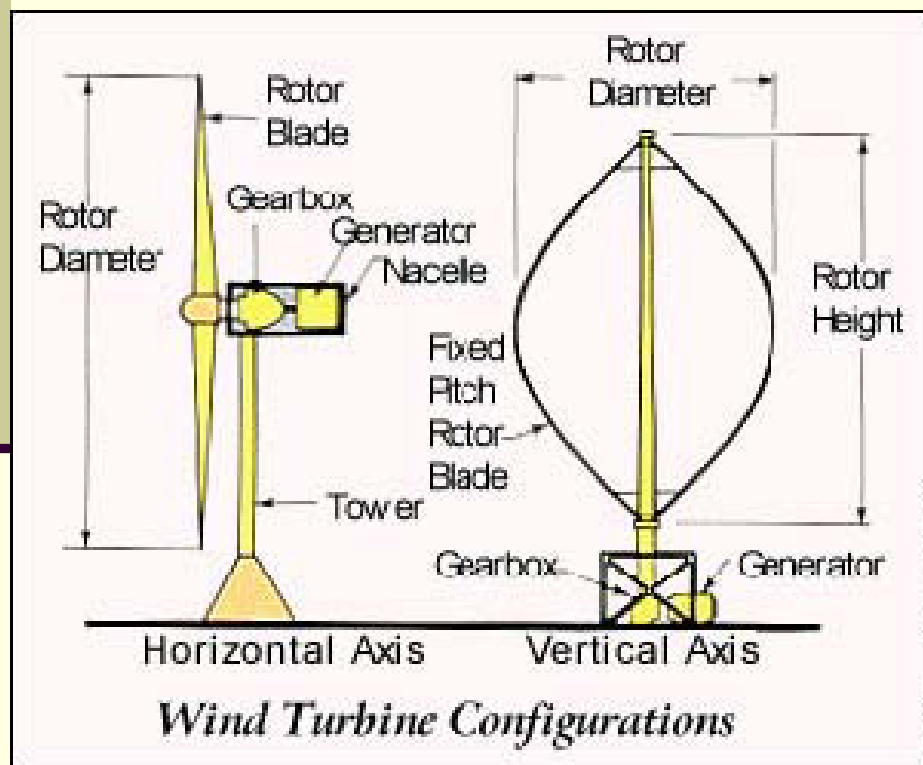
- 葉片垂直可依風力轉變角度。



達留斯型風車



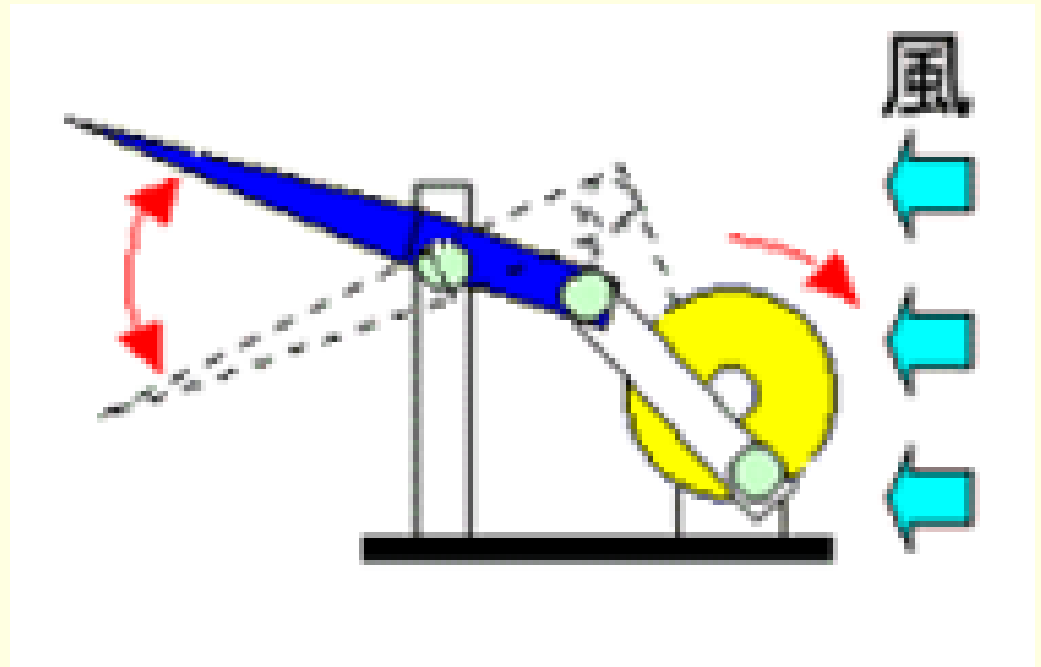
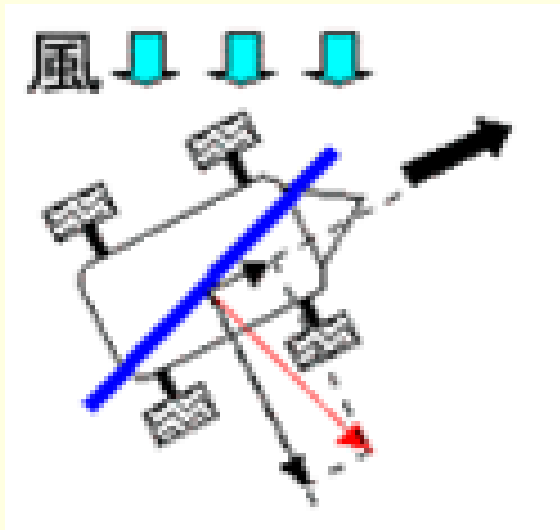
- 葉片薄窄並呈彎曲狀，可高速運轉。





振動型風車

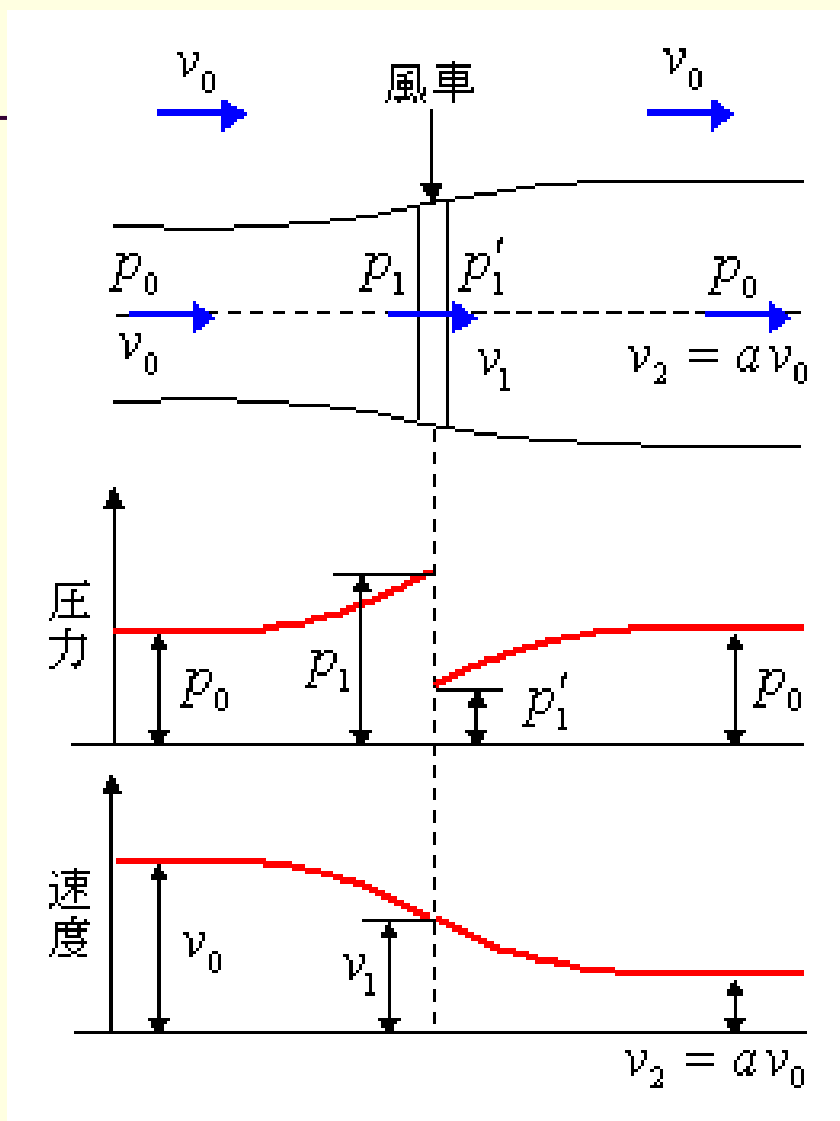
- 利用風吹動翼皮帶動機械之型式



風車之性能

$$\frac{1}{2} \rho v^2 + \rho g z + p = \text{一定}$$

ρ : 密度 [kg/m^3]



$$p_0 + \frac{\rho}{2} v_0^2 = p_1 + \frac{\rho}{2} v_1^2 \quad p_0 + \frac{\rho}{2} v_2^2 = p_1' + \frac{\rho}{2} v_1^2$$

整理上兩式，風車之前後壓差應為：

$$p_1 - p_1' = \frac{\rho}{2} (v_0^2 - v_2^2)$$

設風車所受之力為F時，則依其等於動量變化量：

$$F = \pi R^2 (p_1 - p_1') = \pi R^2 \rho v_1 (v_0 - v_2) [N]$$

設葉片處之風速為上、下游處風速之平均值，則

$$v_1 = \frac{v_0 + v_2}{2}$$

風車之理論功率

$$L = \pi R^2 v_1 (p_1 - p_1') = \frac{\pi R^2 \rho (v_0 - v_2)(v_0 + v_2)^2}{4} [J / s]$$

設風速之減速比為a

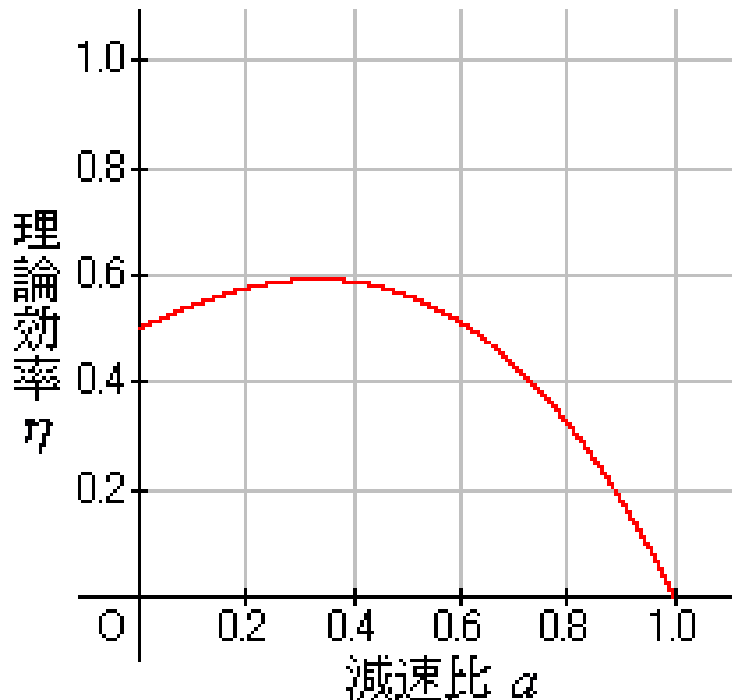
$$L = \frac{\pi R^2 \rho v_0^3 (1 - a)(1 + a)^2}{4} [J / s]$$

風車之理論效率則為：

$$\eta = \frac{(1 - a)(1 + a)^2}{2}$$

風車最大效率應發生在 $a=1/3$ 處，其效率值為60%

$$L_{\max} = (2/3)^3 \rho A V_0^2$$



$$C_L = \frac{L}{L_{\max}} = \frac{16L}{27L_{\max}} = 0.593 \frac{L}{L_{\max}}$$

垂直風車之性能

- 設其受風面積同為 A ，
- 承受之風速為 V_0 ，
- 若風車葉片之周速為 V ，則其相對速度為 $V_0 - V$ ，其輸出功率 L 應為：

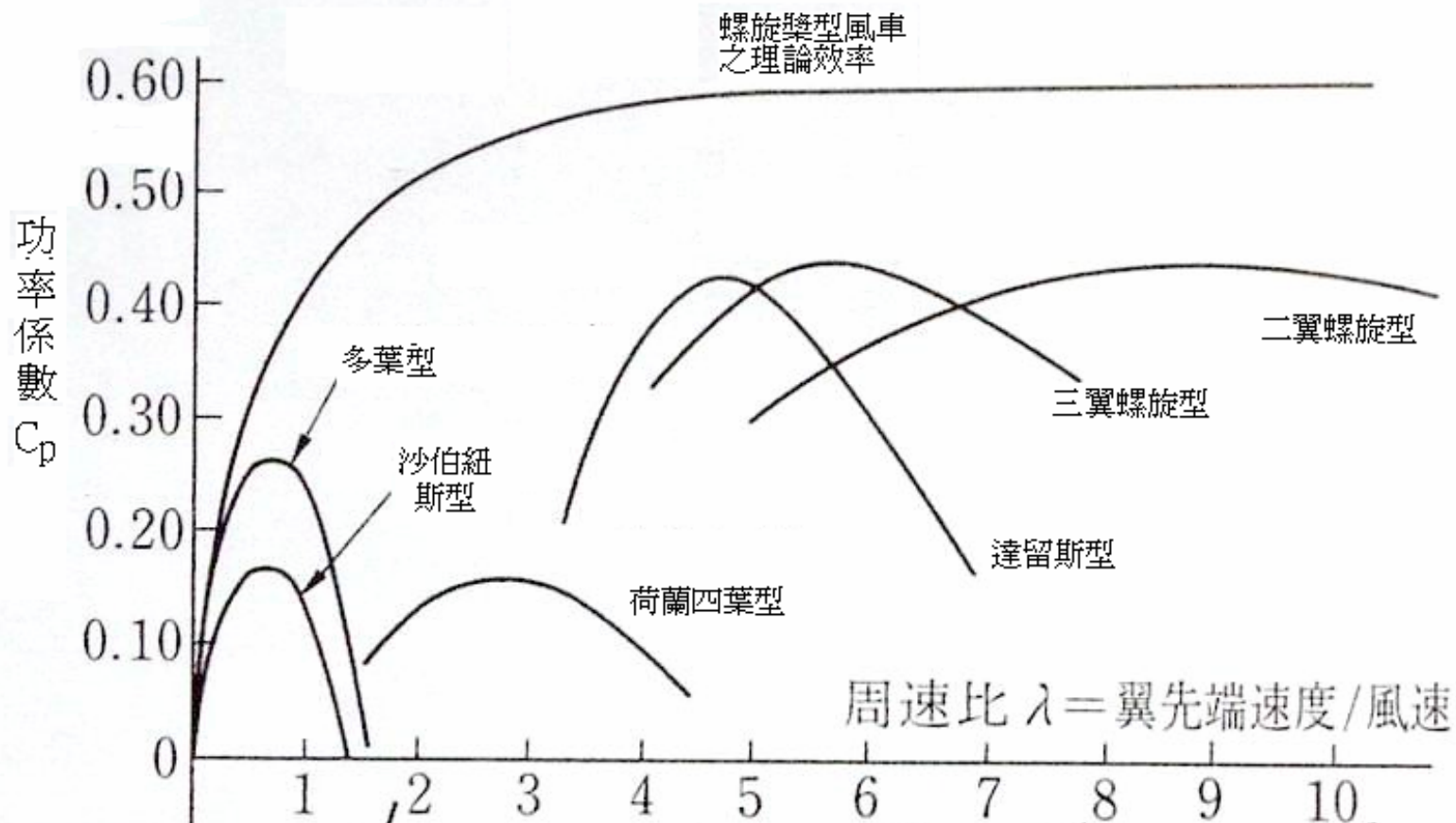
$$L = \frac{C_D \rho (V_0 - V)^2 V}{2}$$

垂直風車之性能

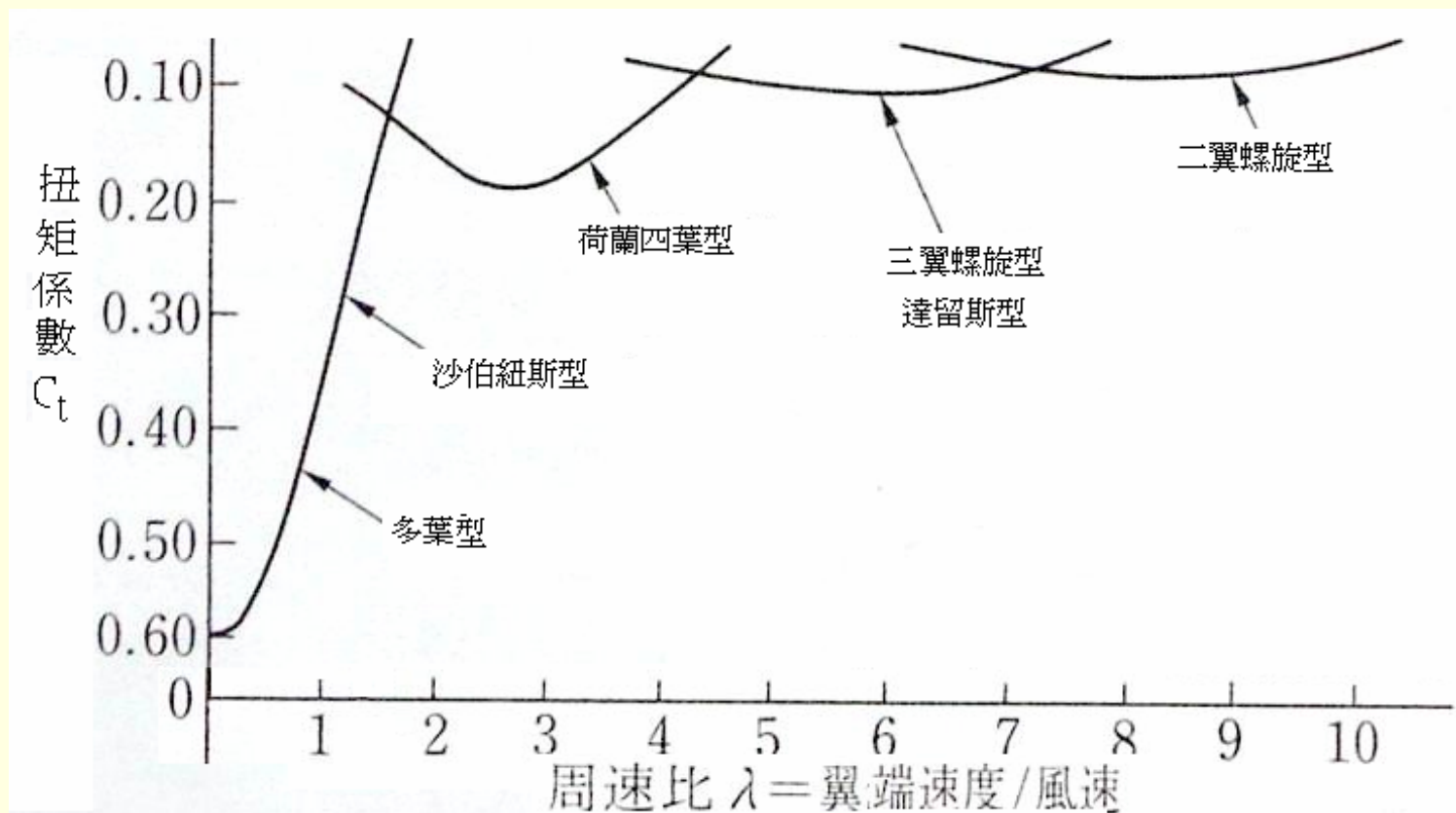
$$L_{\max} = \frac{2C_D \rho A V_0^3}{27}$$

$$C_t = \frac{2T}{\rho A V_0^2 R}$$

各型風車之功率係數變化

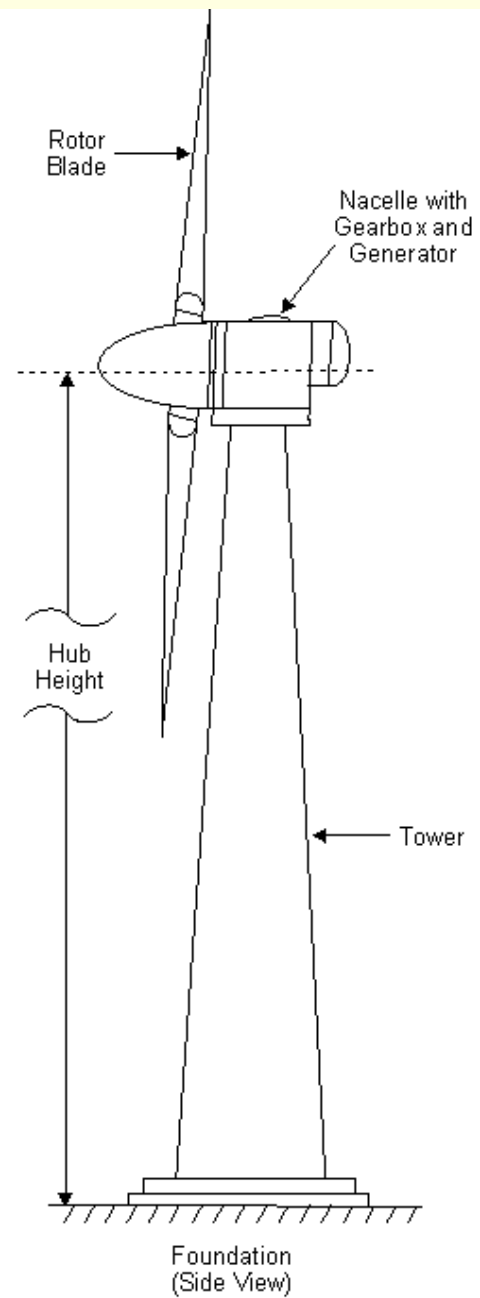
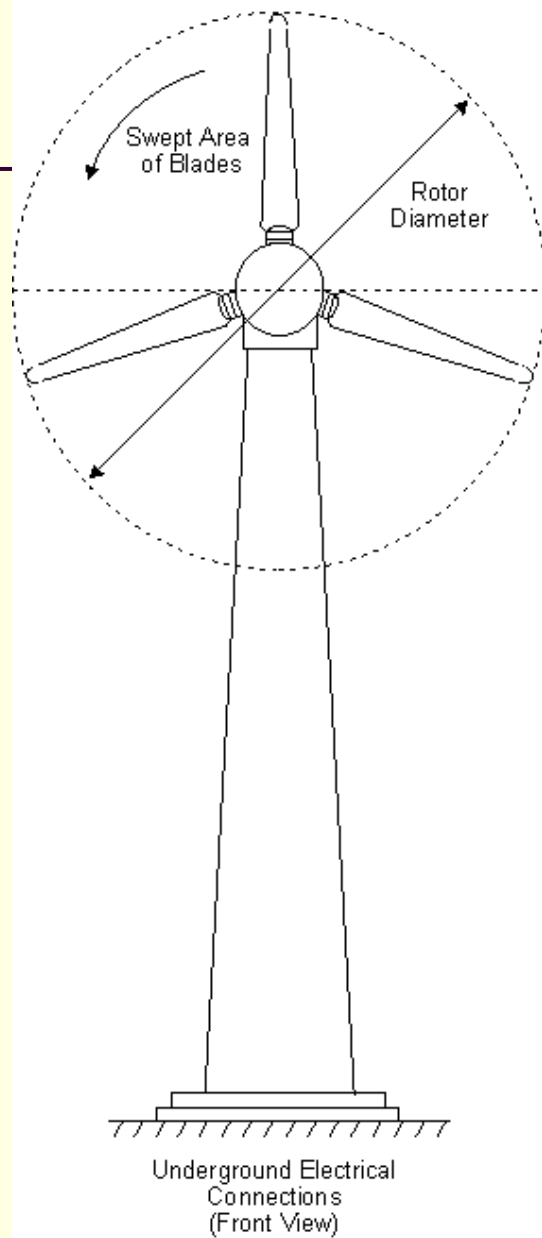


各型風車之扭矩係數變化

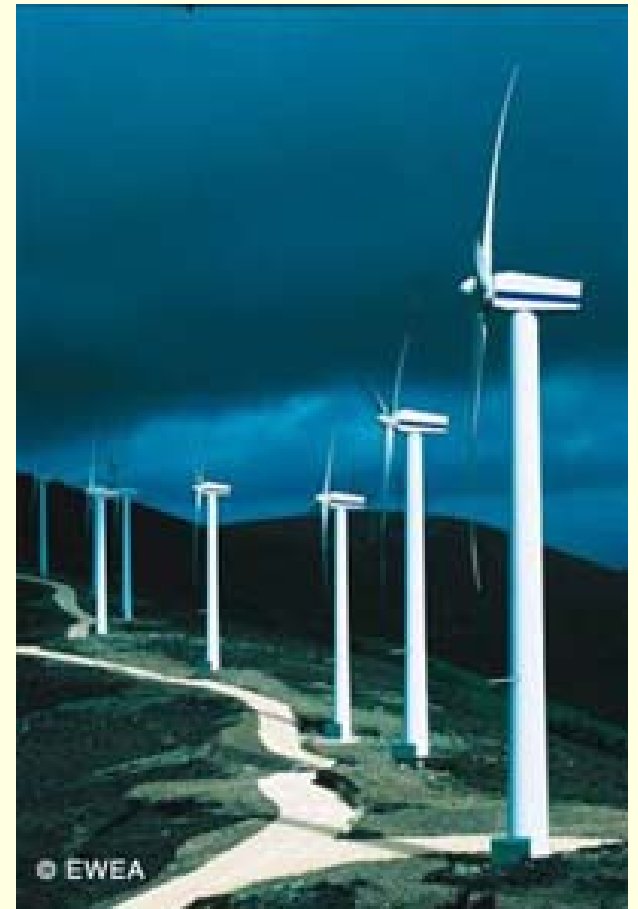




結構



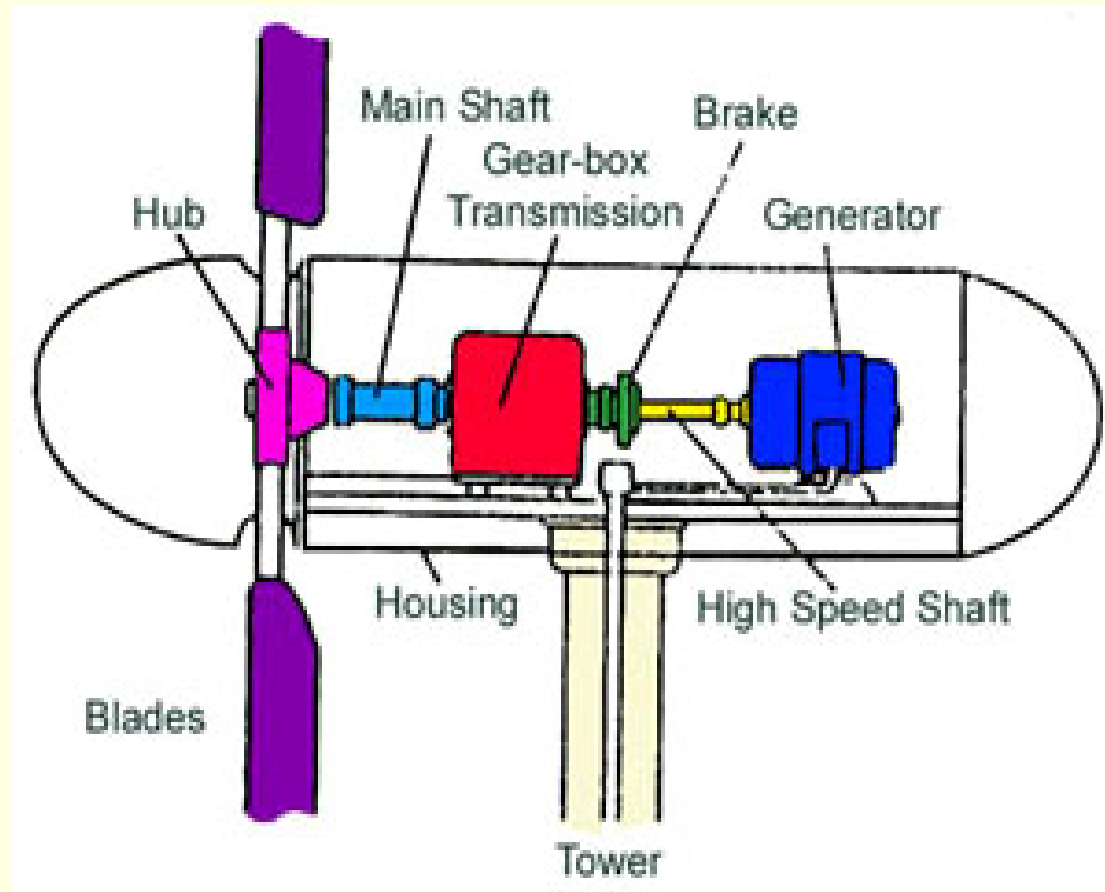
Turbine Component	Function
Nacelle	Contains the key components of the wind turbine, including the gearbox, yaw system, and electrical generator.
Rotor blades	Captures the wind and transfers its power to the rotor hub.
Hub	Attaches the rotor to the low-speed shaft of the wind turbine.
Low speed shaft	Connects the rotor hub to the gearbox.
Gear box	Connects to the low-speed shaft and turns the high-speed shaft at a ratio several times (approximately 50 for a 600 kW turbine) faster than the low-speed shaft.
High-speed shaft with mechanical brake	Drives the electrical generator by rotating at approximately 1,500 revolutions per minute (RPM). The mechanical brake is used as backup to the aerodynamic brake, or when the turbine is being serviced.
Electric generator	Usually an induction generator or asynchronous generator with a maximum electric power of 500 to 1,500 kilowatts (kW) on a modern wind turbine.
Yaw mechanism	Turns the nacelle with the rotor into the wind using electrical or other motors.
Electronic controller	Continuously monitors the condition of the wind turbine. Controls pitch and yaw mechanisms. In case of any malfunction (e.g., overheating of the gearbox or the generator), it automatically stops the wind turbine and may also be designed to signal the turbine operator's computer via a modem link.
Hydraulic system	Resets the aerodynamic brakes of the wind turbine. May also perform other functions.
Cooling system	Cools the electrical generator using an electric fan or liquid cooling system. In addition, the system may contain an oil cooling unit used to cool the oil in the gearbox.
Tower	Carries the nacelle and the rotor. Generally, it is advantageous to have a high tower, as wind speeds increase farther away from the ground.
Anemometer and wind vane	Measures the speed and the direction of the wind while sending signals to the controller to start or stop the turbine.



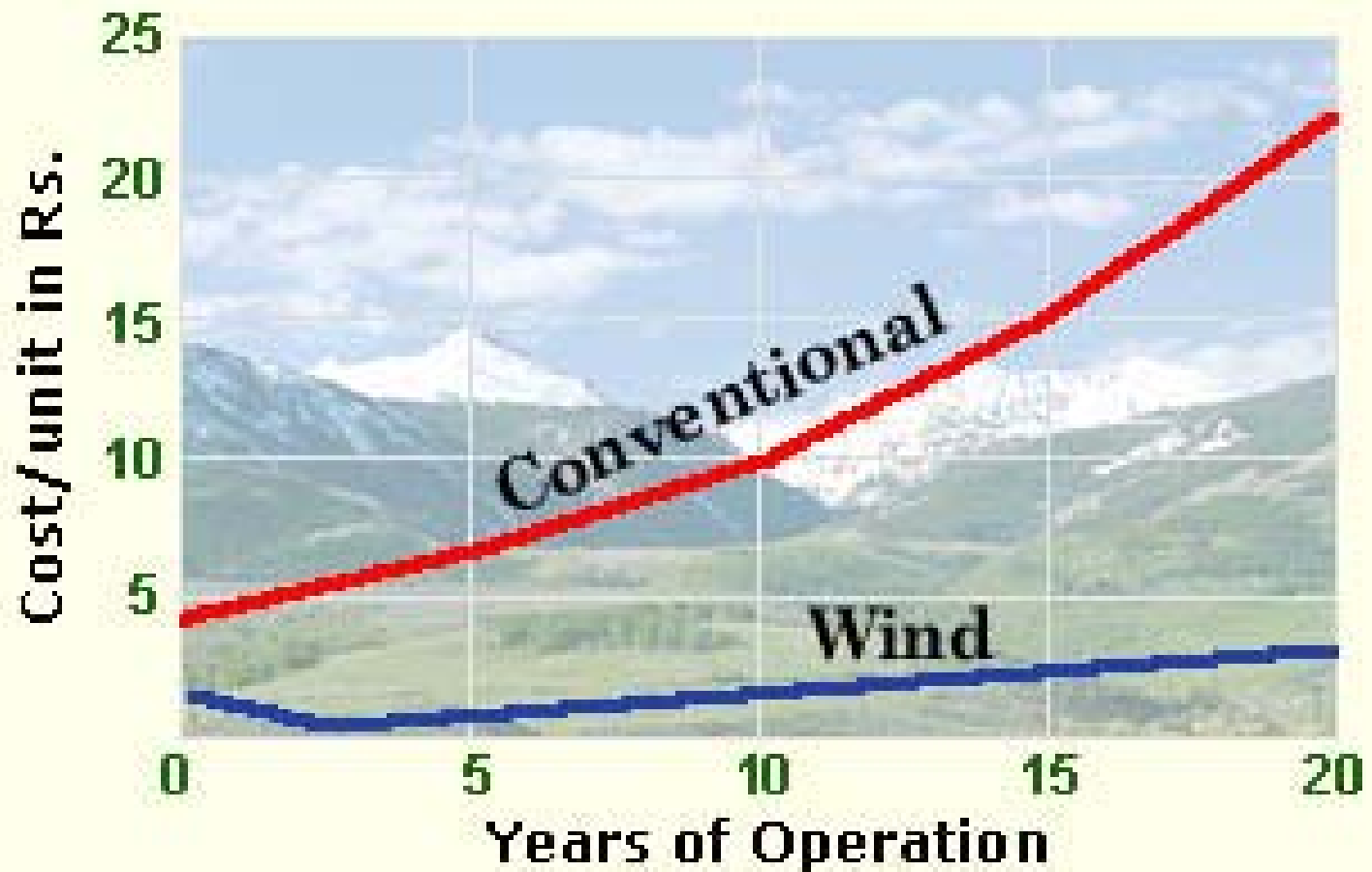




水平軸風車內部



Economics of Wind Power



風力發電技術之發展

- Research and development throughout the past 20 years has resulted in a current generation of utility-scale wind turbines, with maximum electricity generating capacity often exceeding 500 kW per turbine, designed for about 120,000 hours of operation over a 20-year lifetime.

Achievements on turbine technology

- Improvements in the aerodynamics of wind turbine blades, resulting in higher capacity factors and an increase in the watts per square meter of swept area performance factor.
- Development of variable speed generators to improve conversion of wind power to electricity over a range of wind speeds.
- Development of gearless turbines that reduce the on going operating cost of the turbine.

Achievements on turbine technology

- **Development of lighter tower structures.** A by-product of advances in aerodynamics and in generator design is reduction or better distribution of the stresses and strains in the wind turbine. Lighter tower structures, which are also less expensive because of material cost savings, may be used because of such advances.
- **Smart controls and power electronics** have enabled remote operation and monitoring of wind turbines. Some systems enable remote corrective action in response to system operational problems. The cost of such components has decreased. Turbine designs where power electronics are needed to maintain power quality also have benefited from a reduction in component costs.

本節結束

