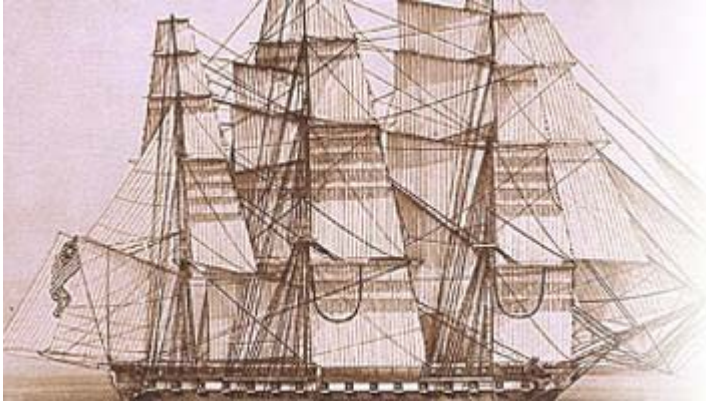


風能

甚麼是風能？

很早以前人類已經懂得利用風能。風的動能可以轉化為其他能量，例如是機械能或電能。



當風吹著帆， 船只借助風能向前行駛

多年來，農夫已經曉得與建風車來抽取井水。



數百年前，有些國家，例如荷蘭，已經利用風車在低地抽水。

風能可以推動石磨，磨碎谷物。



時至今日，人們使用風車來發電。

風是如何形成的?

理論上，太陽發放至地球的輻射能，只有百分之一至二會轉化成為風能，而這百分之一至二的能量，相當於全球能源總消耗量的百倍以上。

下圖展示風的形成過程:



當陽光照射地球時，地面會受熱，令地面上的空氣熱起來，因應不同地形，地面的受熱程度亦會有異。

熱空氣向上升（對流作用），形成低氣壓。當熱空氣上升至一定高度時，便會逐漸冷卻，然後橫向移動以平衡氣壓。當這些空氣冷卻後，就會下降形成高氣壓。

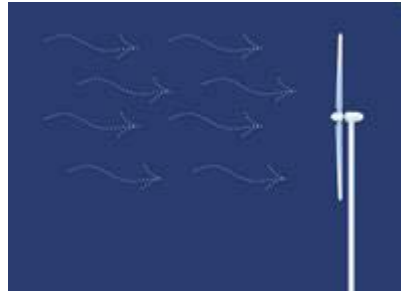
氣壓差異會令空氣由高氣壓的地方流動到低氣壓的地方。

這種流動的空氣就是風。

風的特性

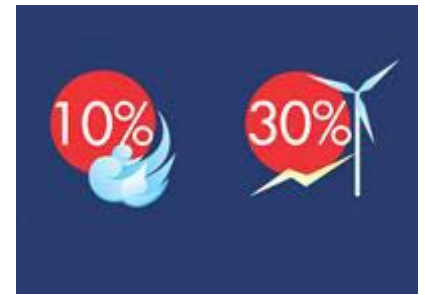
風是難以預測的，它會受到
素影響。

- 風只會間斷出現。
- 風可以出現在地面或海上。
- 風速受到地勢影響。
- 地勢越高，風速越高。



氣候和地理因

風速對風力發電機的運作及效率非常重要。要推動風力發電機產電，風速通常最少要達到每秒3米。



一般而言，每當風速增強一成，風力發電機的輸出功率就可增加約三成。

如何收集風能？

所有移動的物體都帶有動能。蘊藏在風中的動能
流動時產生的能量 - 可以轉移到其他的物體上，
推動帆船或啟動風力發電機產生電力。



風力發電機: 當風速達到切入風速時，便可啟動渦輪產電。
Courtesy: DOE/NREL
Credit: TVIG, Inc.

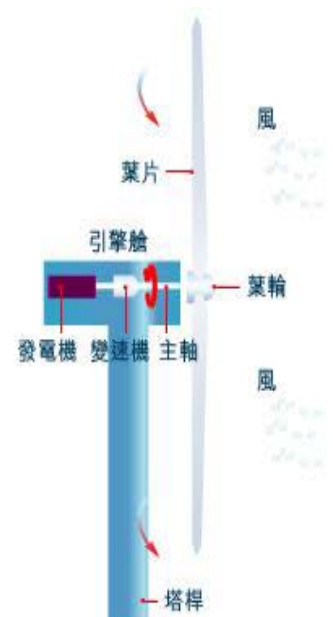
- 即空氣
例如用於



風力發電場: 時至今日，世界上愈來愈多地方利用岸上或離岸風力發電場發電。
Photo Courtesy of Shell
Wind Energy

風力發電機如何產生電力?

| 主要組件 | 功能 |
|------|--|
| 引擎艙 | 內藏風力發電機的主要組件，包括變速機及發電裝置，工程人員可通過塔桿到達引擎艙進行維修。 |
| 葉片 | 接收風力而轉動軸心，將風能傳送到風車轉輪。風力發電機內設對風控制裝置，確保葉片能隨風向轉變，保持迎著風向的角度。 |
| 塔桿 | 用作支撐引擎艙及葉輪。塔桿越高，就可收集越強的風力。 |
| 葉輪 | 葉輪連接著風車主軸。 |
| 主軸 | 連接著風車葉輪及變速機，主軸轉動並驅動發電機。 |



風力發電機如何運作?

- 當風吹向葉片時，會對葉片兩面造成不同的壓力，壓力的差異便會產生動力，轉動葉片。
- 葉片產生的動力會推動相連的轉動軸、變速機及發電裝置。
- 變速機將轉動軸的旋轉速度加快，令到發電裝置產生電力。
- 風力發電機內的對風控制裝置，使風力發電機能隨風轉向，有助收集最多風能。

橫軸式及直軸式風力發電機

橫軸式

- 利用對風控制裝置，令葉輪迎向風源。
- 與直軸式風力發電機相比，橫軸式風力發電機的效能系數較高，故此較為普及。



橫軸式

Courtesy: DOE/NREL

Credit: Milligan, Michael

直軸式

能夠接收各方向的風力。一般規模較小，由於機身較矮，加上發電裝置安裝於地面，因此維修比較方便。

按現時的技術，直軸式風力發電機的效能系數較橫軸式為低，並且需以馬達作起動。



直軸式
Courtesy: DOE/NREL
Credit: Thresher, Bob

風力發電場

風電場可建於陸上或海上。

岸上風電場

建築在陸地上的風電場，仍是現今世界的主流。

- 優點

建造成本較離岸風電場低，維修保養較容易，方便接駁電網。

- 限制

興建在高地上的風電場一般都受到高度限制，風源不穩定，噪音及外觀可能影響環境。



位於澳洲南澳省的 Wattle Point 風力發電場，於 2005 年正式啟用，總裝機容量達 91 兆瓦。

離岸風電場

離岸風電場通常建於人口稠密及缺乏適合興建岸上風電場的地方。

- 優點

可收集較陸上強勁及穩定的風力資源，外觀對環境造成的影響較小，不用像岸上風電場一樣受到高度限制。

- 限制

建築成本較高，受水深限制 (現有的離岸風電場一般都安裝在水深少於 20 米的水域，如果水深超過 30 米，則需作特別考慮)，維修保養不及岸上風電場方便。



位於丹麥 Rødsand 的離岸風電場，擁有 72 座機組，總裝機容量為 165.6 兆瓦。
Source: Nysted Offshore Wind Farm

風力發電站的選址

風力發電場可同時作其他用途，例如用作耕地。然而，高大的樹木或建築物會阻擋風勢，影響風力發電機的效率。

一般而言，風電場選址的考慮因素包括：

- 有強勁和穩定的風力。
- 地點要空曠，兩台風車之間最少有相當於葉片直徑五至七倍的距離。
- 靠近現有電網。
- 要有良好道路運輸配套，地質亦要適合。
- 對附近環境影響少。

風能產電最多的國家

美國、德國及西班牙是現時全球風能總裝機容量最大的國家。

| 排名 | 國家 | 裝機容量(兆瓦) | 佔國家電力需求比率(%) |
|----|-----|----------|--------------|
| 1 | 美國 | 25,369 | 1.9 |
| 2 | 德國 | 23,902 | 6.5 |
| 3 | 西班牙 | 16,740 | 11.7 |

截至 2008 年年底為止



美國
裝機容量約 160 兆瓦的
Brazos 風力發電場，
位於德州。



德國
裝機容量約 240 兆瓦的
Butendiek 風力發電場，
位於漢堡。



西班牙
裝機容量約 198 兆瓦的
El Marquesado 風力發電場，
位於格拉納達。

資料來源: IEA Wind Energy Annual Report 2008

應用例子

中國

中國風能潛質優厚，風電產業近年來發展蓬勃，以總裝容量計算，中國已在全球風能產電國家中佔領導地位。截至 2008 年底為止，中國的風電總裝容量為 12,210 兆瓦，全球排行第四。在 2008 年，港燈國際有限公司與華能新能源產業控股有限公司合作，共同開發分別位於雲南省和河北省的風電場。

雲南大理風電場

風電場位於雲南省大理市南面的者磨山，海拔 2400 至 2800 米之間，是全國位處海拔最高的風電場之一。風電場共設有 64 台風力發電機組，總裝機容量達 48 兆瓦，於 2009 年初落成投產。



河北樂亭風電場

河北樂亭風電場共設 33 台風力發電機組，每台容量達 1.5 兆瓦，總發電容量達 49.5 兆瓦，於 2009 年 12 月落成投產。



風力發電的優點

- 環保能源不會造成污染

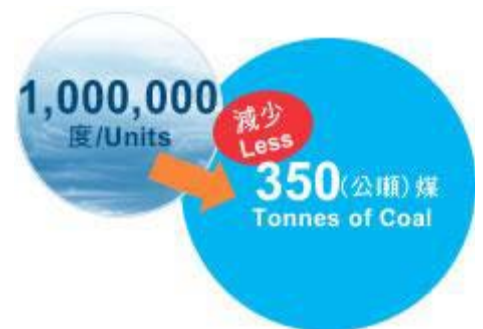
風力發電機不會釋出溫室氣體，不會導致全球暖化。

- 不會耗用資源

風力發電機每生產一百萬度電，就能減少使用大約 350 公噸燃煤。

- 相比其他可再生能源成本較低

由於風力發電的技術日趨成熟，興建及營運成本亦相應減低，更具成本效益。



風力發電的限制

- 風力間斷且難以預測

電力的特性是要按需求而生產相應的電量，目前科技仍未能以具效益的方法將電力大量儲起。由於風速及風向都難以預測，風力發電機的產電量亦難以控制及預計，所以不能依賴風能作為唯一的發電資源。

- 需佔用大範圍的空地

在人煙稠密及土地資源有限的地方，興建風力發電場存在一定困難。

- 對環境造成影響

風力發電機可能會對飛行中的候鳥構成危險，或造成視覺及噪音滋擾。



Courtesy: DOE/NREL

Credit: Spink, Todd

風能發展的歷史



自古以來，人類一直利用風力來推動帆船。

十九世紀開始，人類利用風力發電。最早期的風力發電機之壹，位於美國俄亥俄州克裏夫蘭，144片木制葉片組成，容量約為12千瓦。

截至2008年，最大容量的風力發電機位於德國埃姆登，容量為6兆瓦。