

# 風能應用技術

文/陳美蘭

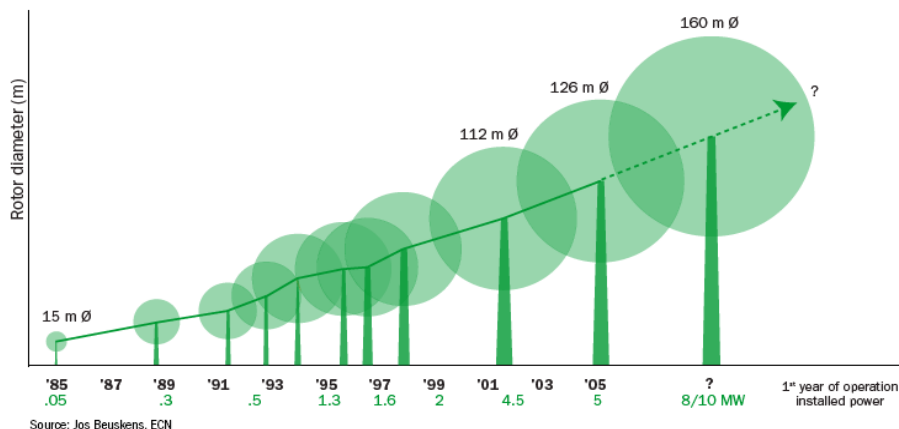
良好且穩定的風能是風力發電開發的首要條件，風力電場日益增多的情況下，一方面風能較佳的場址已不像以往那麼容易尋得，故風力電場設置前，有關場址的風能評估與規劃更需要審慎的評估；一方面鑑於諸多大型風力電場營運，為了使電網併聯之電力得以安全運作，並提升整體風力電場發電量以取代傳統能源，因而發展了長短期風能預測技術。本文將介紹目前風電開發前的風能評估與風電開發後之風能預測的應用現況，透過長期風能預測技術來預估場址的潛在風能與年發電量，而短期風能預測技術則有助於電力調度以維持供電穩定，並可提升風電於自由市場中之競爭力。



## 一、前言

有鑑於提升能源自主以及永續發展，綠色能源早已變成現今先進國家不可或缺的替代能源或輔助能源，自 1980 年代迄今，許多國家陸續朝風力發電開發，各國對於開發能源的重視程度，從 2006 年全球風電總設置容量已達到 73,904 MW (WWEA<sup>[4]</sup>, 2006) 可以得知。以技術面來說，現今風電機組的容量和性能已大幅提升，20 年前的單機容量僅 25 kW，而現今在市場上銷售的商業化風電機組，其單機容量

一般為 800~3,000 kW，目前已有多家開發業者針對單機容量 3.6~6 MW 的大型機組進行研發試測及試運轉(參見圖 1)。在 2002 年底，德國安裝設置了第一台 Enercon 4.5 MW 的風電機組，光是葉片直徑就高達 112 公尺，6 MW 的機型也在 2006 年年初開始運轉(裝置於 Hooksiel, Wilhelmshaven)，這些大型機組不但提升單機發電容量，同時降低風力機關鍵元件重量(葉片、發電機等)以減少塔架之負載，而且塔架越高可擷取的風能越大，是目前風力機發展的主流趨勢。



陳美蘭

工業技術研究院/能源與環境研究所  
 新能源技術組/風力與太陽熱能研究室  
 e-mail: [MLChen@itri.org.tw](mailto:MLChen@itri.org.tw)

圖 1：逐年商業化風力發電機組示意圖(資料來源 European Commission 歐盟執行委員會/歐盟政策提案及執行機構；歐洲風能協會)<sup>[3]</sup>

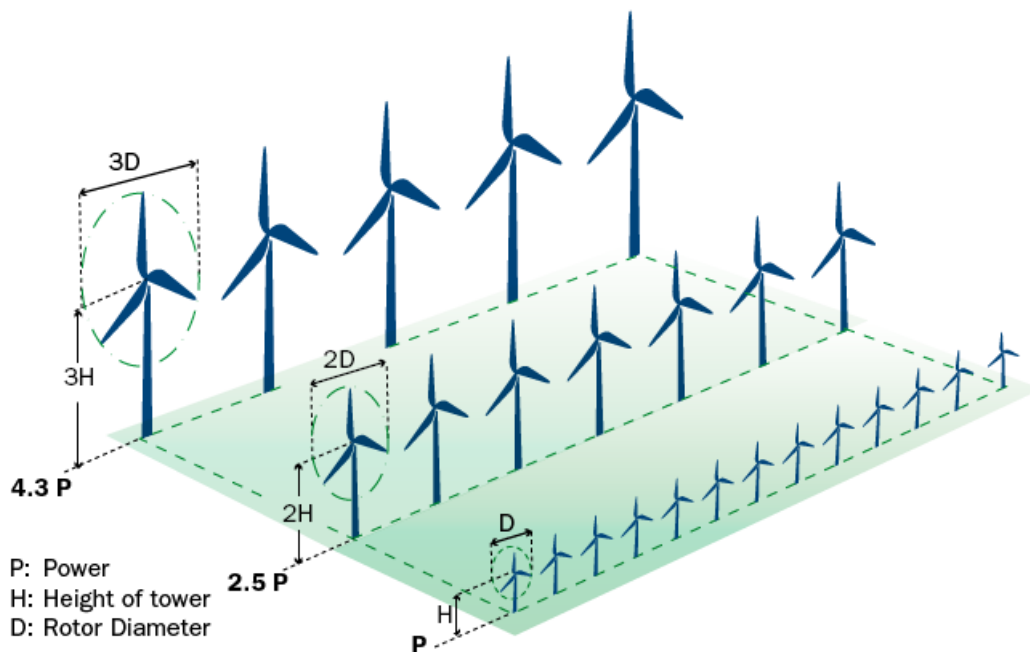


圖 2：相同的土地上設置大小不同風力機組之示意圖(資料來源 European Commission 歐盟執行委員會/歐盟政策提案及執行機構；歐洲風能協會)<sup>[3]</sup>

過去 10 年，全球風力發電市場比起其它能源或再生能源，其成長率非常快且穩定，從 2000 年起平均累積裝置容量的年成長率是 28%。自 1995 年僅僅 4,800 MW 的全球裝置容量，在 11 年內已經增加超過 15 倍，到 2006 年底已超過 73,000 MW。依據 2004 年裝置容量的統計，陸域的風力發電場平均單機容量是 1.3 MW，而離岸式風力發電場之平均單機容量是 2.1 MW。假設 2030 年陸域的風力電場平均單機容量是 2 MW，而離岸式風力電場平均單機容量是 10 MW，分別裝置在陸域與離岸的有 75,000 部與 15,000 部，則將可達到 300 GW 的裝置目標<sup>[3]</sup>。若以風力機組 20 年或 25 年的使用年限來考量，透過 Repowering 的方式將老舊的風力機替換掉，在原址以更新型的風力機組來取代，以提高發電量。例如早期原本在風況良好的地方裝置 150 kW~600 kW 等機型的風力發電機組，如今可以直接用更大型的風力發電機組汰換舊的機組，例如 2 MW~5 MW 的機型，如此一來，單機容量馬上倍增，總裝置容量當然也會隨之增加(參

見圖 2)。這也就是為何國外各能源相關單位、組織或是顧問公司皆對風力發電未來的前景仍投以期盼的原因之一。

目前 Repowering 這個方式在包括丹麥、德國和美國等比較早投入風力發電開發的先進國家已經被使用數年以上。另一方面由於陸域式風力電場已不易再尋覓優良風場，故而逐漸將重心放在離岸式風力電場的開發，所以，如何運用有限的土地及資源創造最佳的發電效益，反而成了開發風力發電的主要研究課題之一。

除了積極發展大型化風力機組本身的機電研究外，許多國家的政府研究機構成立風力資源研究部門，針對地區性的潛在風能進行國家型計畫研究與調查，為了全面性地瞭解風力潛能優劣分佈情況，以快速找尋適合風力發電開發的場址，作為風力發電後續開發時的參考依據。然而，風力發電最大的問題之一就是風的不穩定性，一個好的場址必須具備的首要開發條件就是風能良好且可預測，目前國外有很多研究

機構或是風電顧問公司有從事場址細部規劃評估工作，透過專業的審慎評估與規劃，不但對風電開發業者的投資較有保障，對融資銀行也是一種擔保證明，對國家整體推動風電之計畫更是不可或缺的研究。

所以，就應用面可以將「長期」預測技術區分為下面兩種目的<sup>[1]</sup>：

- (1) 以國家地區為主要研究範圍，分析潛在的風力資源。可快速尋找風能良好的場址，預測的尺度大概介於 1~20 年。
- (2) 就單一風力發電場址，進行風力機佈置之最佳化分析。針對不同場址的地形地貌與周遭環境評估風力發電場之年發電量，預測尺度介於 1~20 年。

此外，風力機本身的控制系統與併網電力也會受到風的不穩定性所影響，所以在風力機運轉過程中必須加強監測。考量越來越多大型風力電場設置並營運發電，以及提升整體風力電場發電量與維護電力品質以替代傳統能源，短期風能預測技術已是電場營運時不可或缺的功能，除了可以更安全地調度電力，也可提供經營者於風場營運時，選擇定期維護之時間點，以減少電場發電量之損失。

所以，就應用面可以將「短期」預測技術區分為下面兩種目的<sup>[2]</sup>：

- (1) 可有計畫性地選擇傳統發電廠所產生的電力：依據發電系統的大小及傳統裝置型態，預測時間尺度大概介於 3~10 小時，例如較為穩定的傳統裝置像是柴油發電機或是燃氣渦輪機等，時間尺度在 3 小時之下。
- (2) 在電力自由化的市場中可提高產生電力的最佳價值：針對不同的需求，所需要的預測時間長短也不同，就短期預測技術而言，大致可分為四種預測的時間尺度：(a)風力機控制約數秒；(b)傳統發電廠的發電規劃約數小時；(c)電力市場的交易~24 小時；(d)定期維修的營運計畫 ~2 週。

以下將針對風電開發前的風能評估與風電開發後之風能預測的應用情況，說明如何透過長期風能預測技術來評估場址的潛在風能與年發電量，以及短期風能預測技術的功能與其重要性。

## 二、風電開發前之風能評估(長期風能預測技術)

隨著風力機組單機容量越來越大型化，輪轂高度也不斷往上延伸，所以，為了能得到某一特定區域某一高度範圍的風速資料，除了可利用鄰近既有氣象觀測站資料加以初略分析外，最直接的方法就是架設固定高度的風速觀測塔(含風向)進行長期觀測；另外，透過數值模擬方式得到風場模擬結果，雖然是快速又經濟的作法，但仍須與實際觀測資料來進行驗證，才能確認模擬結果的可靠性，故僅能作為初步篩選場址的參考依據。以台灣為例，目前所設置的風力發電場皆位於西部沿海風能佳之地區，未來風力發電開發除了朝離岸式發展外，可能要往內陸、台地及丘陵發展。後者除風況不及沿海地區來得優良外，加上受遮蔽物以及地形效應影響，必須透過長期預測方法才能評估場址預期發電效益，以確認是否有開發價值。

依照區域的大小把風能評估研究區分成以下三種基本的類型或是步驟：

### (1) 第一步驟：大區域風能初步鑑定(Preliminary Area Identification)

此步驟是依據風速資料、地形地貌、周遭環境等關鍵因子，評估出大區域範圍的風力資源，其中有關風速資料的部分，除了鄰近地區有現成的觀測資料或是氣象資料外，在此階段也可以架設新的風速塔以蒐集長期觀測資料，或是利用數值模式模擬大區域風場分佈情況。

### (2) 第二步驟：小區域風能預估(Area Wind Resource Evaluation)

直接透過風速量測方法或是鄰近地區既有風速資料來分析局部地區之風能特性，也是風力發電開發規劃時必須要審慎考量的主要依據，在此階段直接進行風速量測最主要的目的是為了：

- (a) 決定或是證實某些特定區域是否有足夠的風能，並進一步去證明特定場址的調查研究結果。
- (b) 區別分類相對可開發的潛在場址。
- (c) 進行評估與挑選風力機前必須取得代表性的資料。
- (d) 篩選潛在風力機安裝的位址。

由於風能大小與風速的三次方成正比，風速的大小是最直接影響風力電場電力輸出的一個因子，在風能評估時可把風力潛能做一簡要分類，以快速地瞭解所評估場址其風力潛能的優劣(請參見表 1)，下式是風能與風速的關係式：

$$WPD = \frac{1}{2n} \sum_{i=1}^n \rho \cdot v_i^3$$

其中，WPD = 風能密度(the wind power density in W/m<sup>2</sup>)

$n$  = 觀測個數(the number of records in the averaging interval)

$\rho$  = 空氣密度(the air density at a particular observation time in a unit of kg/m<sup>3</sup>)

$v_i$  = 風速大小(the wind speed at the same observation time in a unit of m/s)

表 1：風能分級表<sup>[5]</sup>

風力級數 Wind Class	30 m 高之潛能		50 m 高之潛能	
	風速(m/s)	風能(W/m <sup>2</sup> )	風速(m/s)	風能(W/m <sup>2</sup> )
1	0-5.1	0-160	0-5.6	0-200
2	5.1-5.9	160-240	5.6-6.4	200-300
3	5.9-6.5	240-320	6.4-7.0	300-400
4	6.5-7.0	320-400	7.0-7.5	400-500
5	7.0-7.4	400-480	7.5-8.0	500-600
6	7.4-8.2	480-640	8.0-8.8	600-800
7	8.2-11.0	640-1600	8.8-11.9	800-2000

表 2：IEC class

IEC class	I	II	III	IV
$V_{ave}$ (m/s) annual average wind speed at hub height	10	8.5	7.5	5
$V_{ref}$ (m/s) 50-year maximum 10-minute wind speed	50	42.5	37.5	30

另外不同地區所需選用的風力機型也不盡相同，因為風力機是在不同的天候假定狀況下，依據不同的使用程度所設計或建造出來的，例如在高風速區或是地形非常複雜的地區，其所使用的風力機型必須有耐高風速與結構荷重的條件，所

以風力機相對堅固而且價格相對昂貴；相反地，如果是在低風速且平坦地形區，則不需要上述所謂的高規格風力機型，所以價格也比較便宜。因此 IEC 對於風力機型的認證標準也將風力機耐風速大小考量進去，表 2 是 IEC Class 簡要分類。

(3)第三步驟：單一場址風力機設置規劃(Micro-siting)

此為風能評估的最後一個步驟，主要的目的是為了量化當小尺度區域的風越過山丘地區或平坦地區時的風場變化，由於近地表面的風受地形地貌影響很大，所以透過 Micro-siting 技術可以提供風力機佈置位址最佳化的功能，在同樣的土地面積與相同數量的風力機機組條件下，以達風力電場最大發電量為目的。

所以任何一個風電開發業者進行開發前置作業時，都不可忽略前三項類型或是步驟，其中第一類型通常都是以國家為區域單位，所進行的大範圍風能評估研究。國外許多政府都是以國家型計畫委託相關研究機構進行評估，將評估結果公開給有興趣開發之業者，作為第一步風能鑑定的參考依據。業者再進行後續第二步及第三步之細部規劃與評估。透過圖 3 風能評估流程圖可說明長期風能預測技術的基本原理，其中中尺度模擬結果與風速量測結果都可以透過小尺度模擬得到小區域場址風力潛能與年發電量預估值，作為後續單一風場規劃與評估依據。

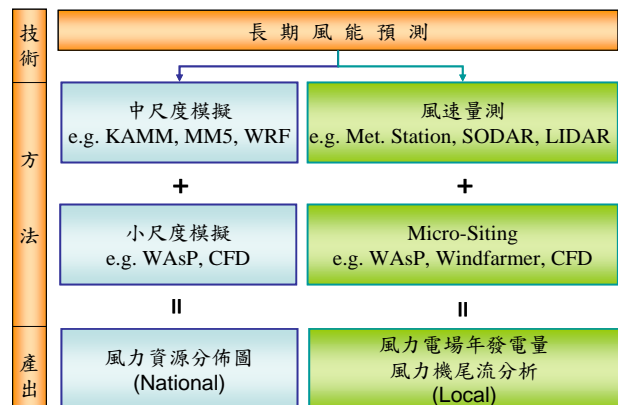


圖 3：風能評估流程圖

另外，為了得到大區域範圍潛在的風力資源分佈資料，必須考量風場受地形地貌或是障礙物的影響，透過特定的經驗公式或是小尺度區域評估軟體分析

局部較為複雜區域的風能特性，以改善中尺度模擬準確性。以下針對中尺度模擬、風速量測、小尺度模擬與 Micro-siting 等方法作一簡要說明：

(1) 中尺度模擬

目前最普遍被使用於風力資源評估的中尺度模式或是軟體有 KAMM (Karlsruhe Atmospheric Mesoscale Model)<sup>[6]</sup>、MM5(The Fifth-Generation NCAR/Penn State Mesoscale Model)、WRF(Weather Research and Forecasting Modeling)、MesoMAP<sup>[7]</sup>，將現成的全球氣象網格資料，針對特定地區利用上述中尺度模式進行風場模擬，可以提高空間資料的解析度，彌補觀測資料的不足。此類中尺度模式可以模擬出受地形影響而造成某些中尺度的現象，或近地表面因大氣輻射引發局部環流，透過數值模擬皆可探討陸海域風場分佈狀況(如圖 4)。其中 KAMM<sup>[6]</sup>可以進行

時間序列的模擬也可以先利用長時間的大尺度網格資料分類出特定地區的風力級數(Wind Classes)，採用 Statistical-Dynamical Downscaling 的方式進行每個 Wind Class 模擬(利用特定風速與位溫垂直剖面進行狀態分析)，再將模擬結果個別進行統計分析，以構成特屬於每個 Wind Class 的風能特性，包含風速及風向的分佈等。

中尺度模式結合小尺度模式進行風場模擬分析是目前評估大區域風力潛能的主要做法，例如丹麥 RISØ 國家實驗室利用 KAMM/WAsP Method<sup>[6]</sup>(參見圖 5)目前已完成許多國家政府所委託之風能評估研究案(例如歐盟、美國、中國、日本以及最近完成的埃及等等)，另外還有 WindSCAPE<sup>[8]</sup>也是結合中小尺度模式所設計而成的軟體。

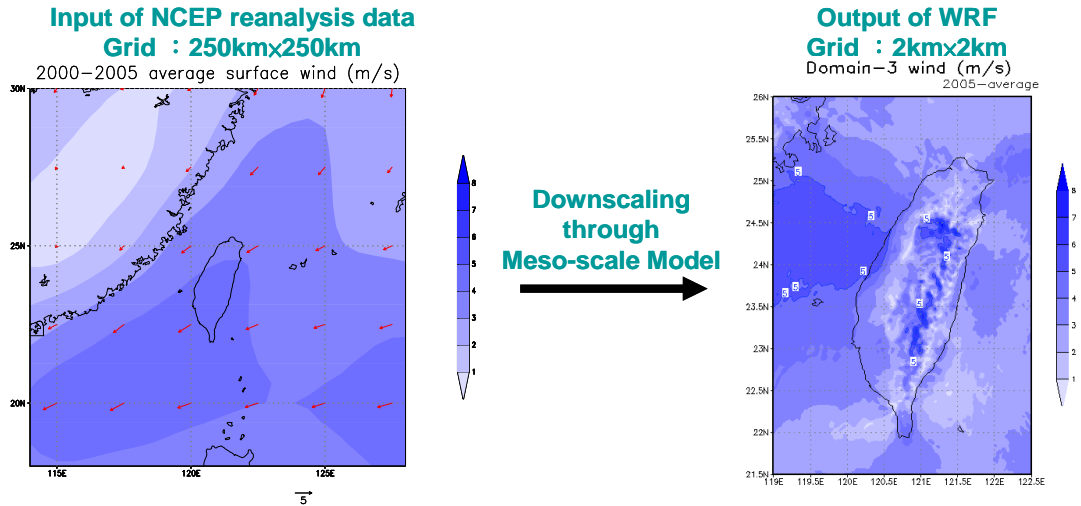


圖 4：中尺度模擬結果示意圖

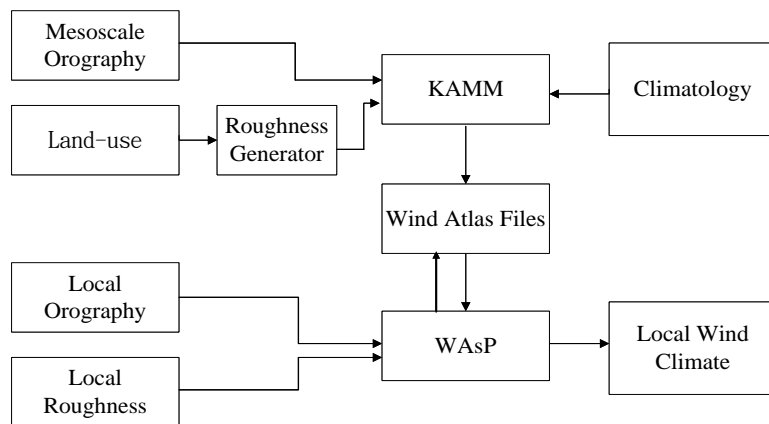


圖 5：KAMM/WAsP Method<sup>[6]</sup>

(2) 風速量測

因為不同的風速大小會直接影響風力機的發電量，所以蒐集分析鄰近地區的風速(及風向)資料則是最首要的工作。但目前大部分的觀測站都是為了氣象、農業、環境監測等不同目的而設置的，設置地點不一定位於空曠地區，且觀測高度多侷限於地表約 3~10 m 不等的高度，其觀測之風速易受建築物及地貌所影響。所以，直接架設符合所需高度的風速塔進行長期觀測是最準確的方法。但至少需觀測滿一年以上的時間，才能進行年季分析、韋伯機率分佈以及風花圖等(參見圖 6)，且資料的可用率需達 95%，否則此觀測資料則不具代表性。

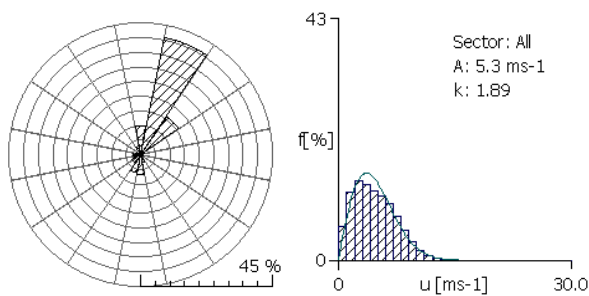


圖 6：風花圖(wind rose)以及韋伯(Weibull)分佈圖

若發生觀測資料遺漏的現象，則必須利用鄰近觀測資料以特定相關性加以彌補資料不足之處，以提升資料的可靠度，才能再進一步作為評估之用。另外，若沒有經費設置 60 m 高的風速塔進行長期觀測，可以利用 10 m~30 m 高的風速塔搭配 SODAR 或 LIDAR 等觀測儀器，將 SODAR 或是 LIDAR 在不同高度所量測到的數據，透過與風速塔間的相關性來推估風速塔所在的不同高度或是特定風力機機型輪轂高度的風速，可以減少觀測經費的支出。

(3) 小尺度模擬與 Micro-Siting

小尺度區域風能評估方法目前最普遍的作法是利用 WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program)風能評估軟體<sup>[9]</sup>(其主要方法請參見圖 7 流程圖)，利用測站(包含氣象局、機場或是風速塔等)長期觀測之風速資料，移除測站周圍之地理特性(地形、粗糙度及障礙物)之影響，獲得當地之基本風能分佈；再考慮場址之地理特性，以評估其風力資源；也可更進一步考慮風力機型式、數量及配置，以推估年發電量。

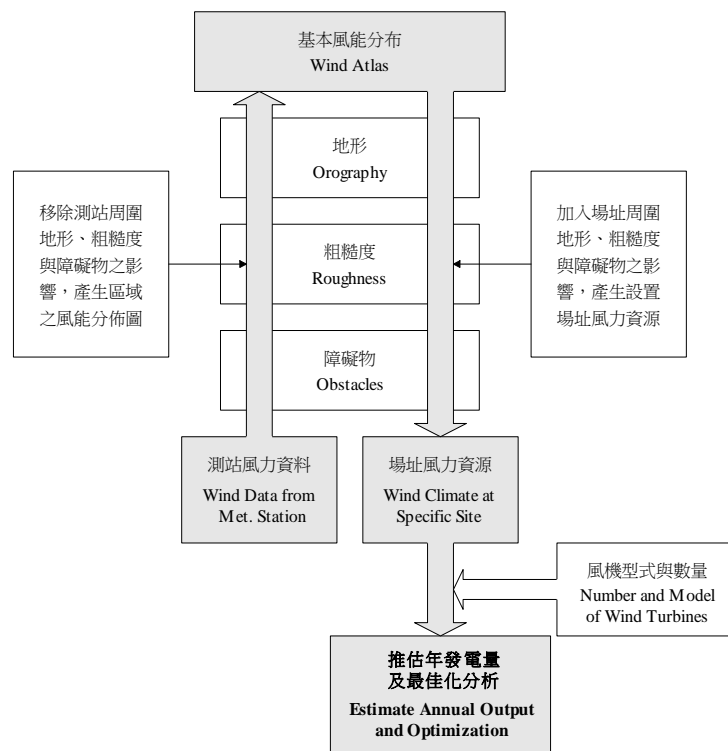


圖 7：WAsP 分析評估流程圖<sup>[9]</sup>

透過移除測站周圍地形、障礙物與粗糙度等地理因素之影響，可更精確地評估其風力資源，包括不同高度及背景粗糙度下之平均風速及風能密度，以及各方位之韋伯分布與尺度參數。**Micro-Siting** 的細部規劃可行性評估工作主要的目的是為了量化小尺度區域的風能受地形地貌以及風力機彼此間尾流的影響，評估場址的潛在風能，所以透過 **Micro-Siting** 技術可以提供風力機佈置位址最佳化的功能，在同樣的土地面積與相同數量的風力機機組條件下，以達風力發電場最大發電量。

### 三、風電開發後之風能預測(短期風能預測技術)

風電開發後之風能預測主要是為了使電場得以順利營運與維護。營運的部分是要預測並掌握未來 0~48 小時風力電場風能變化情形，以提升風力電場的整體發電量，增加風力發電在電力市場中的競爭力；維護的部分可用較長時間的預測尺度來決定維護時間點，以減少電場營運成本。就離岸式風力電場維護而言，工作人員安全上的顧慮非常重要，所以必須透過短期預測事先得知未來幾天的天候狀況，以利提前安排起動機等維護工具。以丹麥為例，目前所有的風力電場都有定期維護的時程表，而且風力機控制系統應該都要有預測的功能，也是未來必然的趨勢。

而短期風能預測的主要需求者大致可歸類如下：

- (1) 擁有併聯至電網的風力電場開發業者，在歐洲現有 Elsam、E2、CEHN、Iberdrola、E.On、NUON、RWE、EnBW 等。
- (2) 電力傳輸與供應者，例如 Energinet.dk、E.On Netz、Vattenfall Europe、Red Electrica。

短期風能預測技術主要的方法係利用數值天氣預報(NWP)及監控與資料擷取(SCADA)的現場發電運轉資料作為初始資料，透過模式將風速資料空間解析度提高至單一場址的空間尺度(Downscaling)，再將此一場址的風能轉換成電能；另一個方法，則直接將數值天氣預報結果轉換成電能，最後再總計上述兩者單一風力發電場的電能延伸預估至整個區域(Upscaling)，以預測出未來 0~24 小時內風力發電場的整體發電量。目前各種預測的方法可以依照可利用資料的類型作區分，而且所有的模式都需要氣象預報資料或現場觀測資料當作初始資料，其中典型的數值天氣預報時間尺度是 48 小時，此外地形的效應如何反應在風場變化上也是短期預測中必須要去考量的，因為在複雜地形的地區更難以掌握其短期變化情形。利用圖 8 短期風能預測的流程圖來概要說明五種預測方法，圖中『1』現場量測資料(以下簡稱『1』)、『2』數值天氣預報(NWP)表示氣象即時預報資料(以下簡稱『2』)及『3』表示風力電場的地形地貌資料以及風力機佈置位置(以下簡稱『3』)。

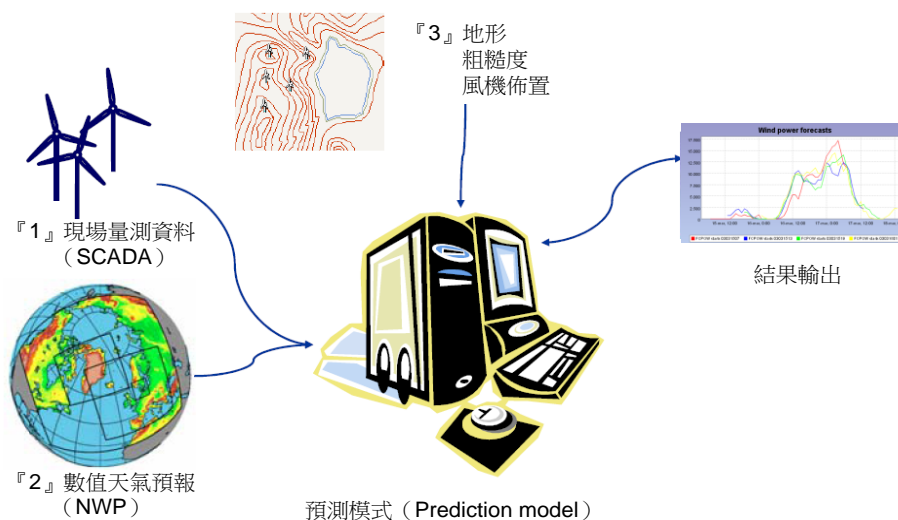


圖 8：短期預測概要流程圖(資料來源：RISØ)

由於我們有興趣的預測範圍乃是以一個風力發電場或單一風力機為主，所需的空間尺度非常小，若將預測範圍、單一場址預測結果與實際數據相關係數兩者之間的關係作一分析，當範圍距離越來越遠，相關係數的確會越低，所以直接使用數值模式預測結果作為分析的初始條件，雖然可以減少計算時間及提高方便性，但往往也是造成預測不準確的最主要原因，其中預測誤差 80% 其實都是來自不準確的天氣預報。除了數值天氣預報資料會導致預測誤差之外，由於某些不確定性是來自所選用的模式所造成的，最直接的確認方式就是依據過去運轉資料與預測結果作一比較，即可確認不可靠度有多高(參見圖 9)，所以運用整體預測<sup>[12]</sup>的方法將多種模式結合在一起進行研究分析與誤差比對，一方面藉由預報天氣現況及風險指標瞭解天氣的穩定狀態進行短期預測評估，另一方面統計分析過去預測誤差並將誤差結果進行分類，最後提供不同預測結果分別以個別之信賴區間顯示，可使預測結果之準確度提高，也更具參考價值。

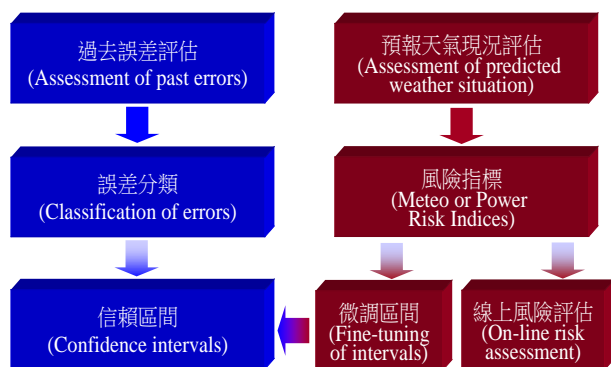


圖 9：不可靠度估算方法(資料來源：RISØ)<sup>[12]</sup>

目前已開發的短期預測軟體有很多種，各個軟體對於各個風力發電場預測的準確性也有所不同，加上個別所使用的模式對於地形解析度不夠足以去預測出局部環流的現象，故只有少數幾個物理模式可以區別陸域與海域並且可以自由調整相對所需的解析度。所以為了提高短期預測的評估結果，目前仍有許多研究在進行中，包括利用上述整體預測方法進行各個模式的短期預測模擬分析，多重比較其差異性。另

外，為了加強短期預測的實用性，目前短期預測模組已整合於風力發電場營運系統中，方便經營者進行風力發電場管理及維護工作。

#### 四、結論與討論

典型的長期風能預測技術是以非常平坦的地形或有些微斜坡的地區為主，近地表風場流動被假設為跟隨地形而變化。在複雜地形其風場流動的變化會受陡斜坡度的影響，流場可能會有繞山運動或是越山運動。若以近地表流場跟隨地形而變化為假設條件，那在靠近斜坡地區的流場與實際情況相比會有加速度的現象，因為流場受到陡峭斜坡阻隔時，流場強度事實上應該是要被減弱的，而不是反而加速。此外，流場受陡峭斜坡阻隔時，在背風處會有平均流速等於 0 的迴流地區，仍是會被此地區所引發的渦流所影響，而典型的長期風能預測技術卻無法準確的評估出此現象，導致有高估風能的可能性。這樣的情況或許可以透過 CFD 計算來處理，但卻是非常消耗資源的。此法應配合著重於另一個研究重點，即避免複雜地形所引發的流場導致風力機損毀，利用 CFD Model 針對有需要之個案進行流場模擬，以分析目前已開發之風能評估軟體所無法解析的現象。

透過短期預測技術可以得知陸域風力電場或是離岸式風力電場局部性/區域性/國家性的風力預測結果，也可以應用在不同的地形、不同的氣候條件、陸域/沿岸/離岸式風力電場、併聯電網或獨立電網。就應用層面，可更有效管理風力電場，對新增風力電場的設置也有幫助，因為如果可以準確的預測風能將可減少風力發電開發業者的風險，使得開發業者更樂意去從事風電的開發，尤其是在自由化的電力市場。但是短期預測最大之誤差來自於氣象預測資料(NWP)，而越複雜之地形其預測之誤差越高，但是沒有單一預測模式可於所有的測試中獲得最佳的結果，若增加空間解析度會耗費相當大的資源，但對於準確度的提升卻有限，因此透過有效的綜合使用物理與統計模式，可節省經費而獲得最好的預測結果。有鑑於此，2006 年歐盟計畫 ANEMOS<sup>[13]</sup>運用此概念已



完成整合市面上 9 種不同的短期預測模組，透過不可靠度評估與風險指標的功能設計，提供各種不同的短期預測模組，供電場經營者自由選擇作為風場短期預測之用途與決策依據，以提升風力電場的整體發電量，並增加風力發電在電力自由化市場中的競爭力。

### 五、參考文獻

- [1] 陳美蘭，「風能評估技術應用與發展現況」，太陽能及新能源學刊第十一卷・第一、二期，95 年 12 月。
- [2] 陳美蘭，「風力發電短期預測與應用現況」，台電工程月刊・第 705 期，96 年 5 月。
- [3] The Advisory Council of the European Wind Energy Technology Platform, "Wind Energy: A Vision for Europe in 2030", September 2006.
- [4] World Wind Energy Association, "New World Record in Wind Power Capacity: 14,9 GW added in 2006 – Worldwide Capacity at 73,9 GW", January 2007.
- [5] Wind Energy Danish Assoc. WindPower.org. Wind class standard definitions "Wind Class". 11/Feb/2004, <<http://www.windpower.org/es/stat/unitsw.htm>>
- [6] Frank, H. P., O. Rathmann, N. G. Mortensen, and L. Landberg. The Numerical Wind Atlas: The KAMM/WasP Method. [Roskilde, Denmark]: Information Service Department, Risø National Laboratory, June 2001.
- [7] Brazil Mining and Energy Ministry. Mapas do Potencial Eólico Anual [cdrom]. In: Atlas Do Potencial Eólico Brasileiro. [Brasilia, Federative Republic of Brazil], e-dea Technologies/Christianne Steil, 2001.
- [8] WindSCAPE, <<http://www.windlabsystems.com/index.htm>>
- [9] Mortensen, N.G.; Heathfield, D.N.; Myllerup, L.; Landberg, L.; Rathmann, O., Wind atlas analysis and application program: WASP 8 help facility. (2004) 333 topics.
- [10] G. Giebel, J. Badger, I. Martí Perez, P. Louka, G. Kallos, A. M. Palomares, C. Lac, and G. Descombes, "Short-term Forecasting Using Advanced Physical Modelling - The Results of the Amemos Project," in European Wind Energy Conference (EWEC). Athens, Greece, 2006.
- [11] G. Giebel, L. Landberg, G. Kariniotakis, and R. Brownsword, "State-of-the-Art on Methods and Software Tools for Short-Term Prediction of Wind Energy Production,"
- [12] Landberg L., Giebel G., Nielsen H.A., Nielsen T., and Madsen H. "Short-term Prediction—An Overview," Wind Energy, 6:273–280, 2003.
- [13] Home page of ANEMOS project, <http://anemos.cma.fr>.