

# 歷史評估系統 (WRF 1km) 風能

歷史評估系統產品是利用本局區域預報系統(CWB/WRF)所產製100米高度的歷史氣象資料[東西風(m/s)、南北風(m/s)、氣壓(hpa)、溫度(°C)、比溼(kg/kg)]，將模式輸出的東西風及南北風計算出100米高度的風向及風速，再透過簡易運算式將風速轉換成風能密度及風能發電量，之後分別進行月、季、年平均的統計分析，最後得到風能產品的評估結果。評估結果每隔兩年會以滾動方式進行統計分析。

$$\text{風能密度} : P = C_p \times \frac{\rho}{2} \times A \times V^3$$

( $C_p$ 為風機功率係數，目前極限約為40%， $\rho$ 為密度， $A$ 為風機葉片掃掠面積， $V$ 為有效風速，3m/s~25m/s)

## 什麼是WRF?

WRF是中尺度數值天氣預報系統，本模式同時滿足大氣研究和天氣預報上的需求，並且廣泛應用在跨尺度的天氣現象。WRF模式設計的目標主要是應用在模式水平解析度1~10公里之間的數值模擬，這樣的解析度特別適合模擬地形所引發之局部天氣現象或劇烈中尺度天氣系統，例如山谷風、海陸風、鋒面、對流系統等等，颱風相關研究當然也是主要的應用目標之一。

WRF模式的兩個動力核心是依據不同目地所設計的，分別為ARW (Advanced Research WRF)及NMM (Non-hydrostatic Mesoscale Model)。兩者在WRF架構上是相同的，但所著重的地方不同。ARW是由NCAR的MMM( Mesoscale and Microscale Meteorology Division)所研發，注重在研究，可以調為靜力穩定模式，能夠應用於理想個案模擬、參數化研究、資料同化研究、即時數值天氣預報與分析、颱風模擬、區域氣候研究、偶合模式應用及教學等，WRF-ARW主要之物理過程可分為微物理、積雲參數化、行星邊界層、地表過程與輻射。而NMM則由NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)的NCEP所研發，著重於非靜力穩定與即時預報，可應用於即時數值天氣預報與分析、參數化研究、偶合模式應用及教學等。

## WRF的作業方式

CWB/WRF模式每日進行4次預報(00Z、06Z、12Z、18Z)，每次預報時間( $\tau$ )達120小時，模式輸出的時間間距為1小時，輸出的資料經內插至等壓面後再轉換網格點資料。為配合綠能計劃需求，利用模式輸出之100米高風場、溫度場、比濕、雲液態水混和比、以及離地表2 m高度之氣溫及地表太陽短波輻射量等氣象參數來做風能及太陽能資訊的監測及預報。

CWB/WRF為二層巢狀網格，解析度分別為15和3公里，積分範圍如圖1所示，垂直分層則為52層，模式頂設為20 hpa。模式網格設定資訊如表一，模式物理參數法組態設計列於表二。WRF模式使用模組設計標準化語言，具有完整的數值計算和資料同化技術、多重移動網格以及物理過程（尤其是對流和中尺度降水過程）。WRF的網格設計在水平面上是採用 Arakawa C 交錯網格方式，此種網格設計將速度場放交錯在質量場/熱力/化學的左右上下二分之一網格處，呈現交錯分佈網格架構，垂直方向eta( $\eta$ )座標相當於MM5模式sigma( $\sigma$ )的追隨地勢坐標，並可採用不一致的網隔間距。

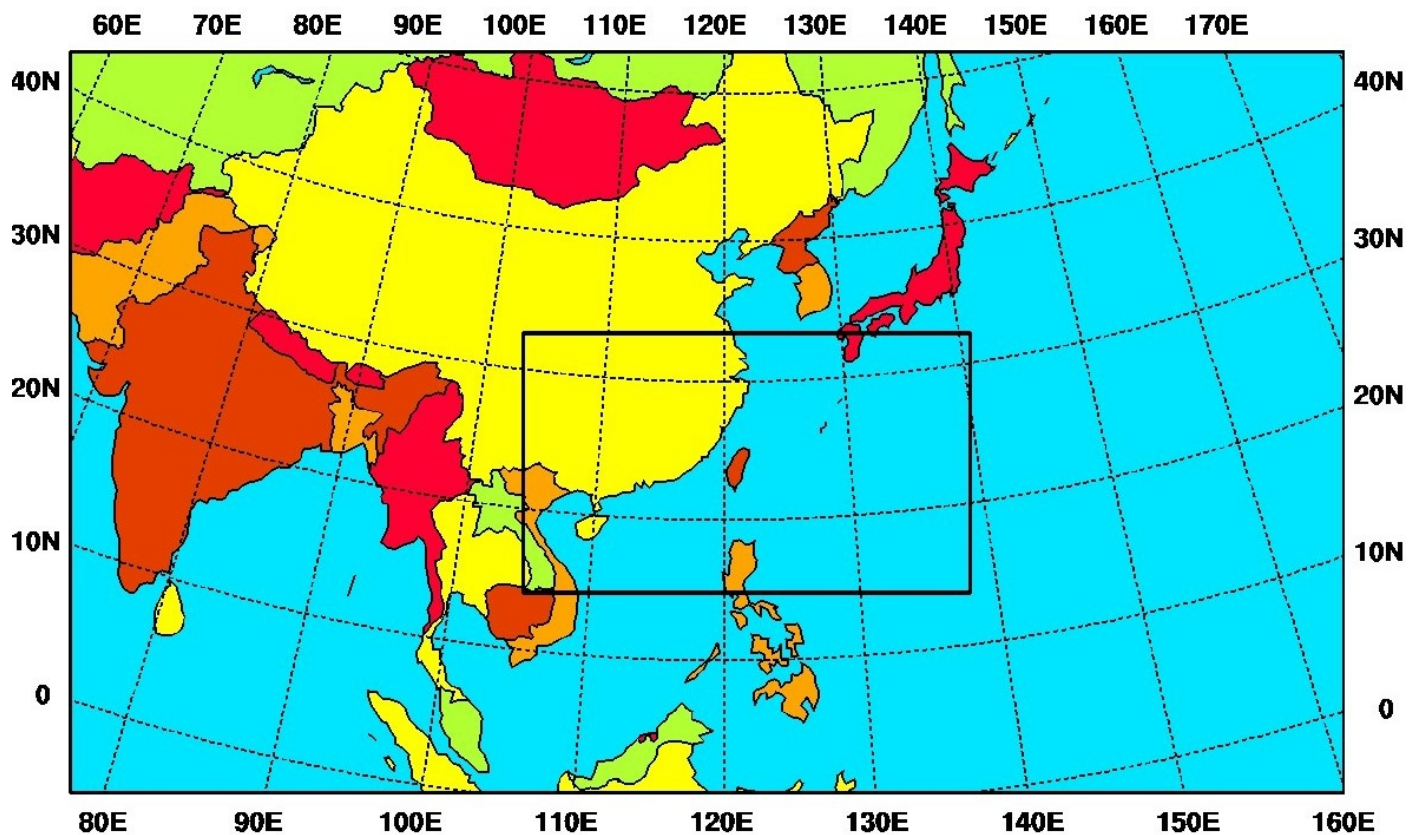


圖1，CWB WRF 積分範圍

	Domain 1	Domain 2
巢狀網格設定		
投影法	Lambert	
網格解析度(km)	15 km	3 km
X方向格點數	662	1161
Y方向格點數	386	676
垂直層數	52層	
參考經度	120°	120°
參考緯度	10°、40°	10°、40°
中心經度	118.59	122.27
中心緯度	27.07	22.87
模式頂高度(Pa)	2000 Pa	
積分時間間隔	60 s	15 s
DMS 輸出X方向格點數	661	1158
DMS 輸出Y方向格點數	385	673
DMS 輸出左下端點座標	-5.693677°N, 78.02554°E	14.02224°N, 105.2500°E
DMS 輸出右上端點座標	43.28705°N, -179.5461°E	32.12021°N, 140.91388°E

表一：模式網格設定資訊

	Domain 1	Domain 2
物理參數化設定		
積雲參數化法(mp_CuP)	Kain-Fritch with new trigger function	None
微物理參數化法(mp_physics)	Goddard 5-class scheme	Goddard 5-class scheme
邊界層參數化法(bl_pbl_physics)	Yonsei University scheme	Yonsei University scheme
長波輻射參數化法(ra_lw_physics)	RRTMG scheme	RRTMG scheme
短波輻射參數化法(ra_sw_physics)	RRTMG scheme	RRTMG scheme
地表參數化法(sf_sfclay_physics)	Monin-Obukhov scheme	Monin-Obukhov scheme
土壤模式(sf_surface_physics)	NOAH	NOAH
土壤層數	4層	
動力參數設定選項		
Dynamical core option(dyn_opt)	Eulerian mass core	
時間積分方式(rk_ord)	Runge-Kutta 3rd order	
(w_damping)	With vertical velocity damping.	
紊流與混合方式(diff_opt)	evaluates 2nd order diffusion term on coordinate surface	
渦流參數方式(km_opt)	horizontal Smagorinsky first order closure	
Upper level damping	without damping	
Basetemp	290	
從模式頂damping深度(zdamp)	5000 (m)	
邊界條件控制選項		
(spec_bdy_width)	5	

表二：CWB WRF 3個系集成員模式組態共同的部分

## 100M風速的產出

由於過去並無保留100米的資料，因此在歷史評估系統中所使用的CWBWRF一公里解析度的資料是由即時資料的10米風與100米風關係先推導出迴歸方程，再套用到三公里解析度歷史資料的10米風中，推導出100米風，再將三公里解析度的資料內插成一公里解析度，進而得到CWBWRF一公里解析度的歷史資料。

## 風能計算方法

風能即為空氣流動所產生的動能，當空氣流動越快，其蘊含的動能越高。風力發電機的原理是利用風的動能轉動發電機來產生電力，而在目前發電機的有效利用風速範圍大約是3~25 m/s，因此在本計劃的風能計算方法，亦加入有效風速的限制條件，來計算有效風能密度。而根據貝茲極限理論，在物理上風力發電機是無法百分之百擷取風能，因此從風中取出的能量有一個極限值大約59%。

簡易的風能計算可由下式表示:

$$P = C_p \times \frac{\rho}{2} \times A \times V^3$$

( $C_p$ 為風機功率係數;本計劃目前設定為40% ; $\rho$ 為空氣密度; $A$ 為風機葉片掃掠面積，本計劃目前設定為1 m<sup>2</sup>;V為有效風速，3m/s~25m/s)

藉由上述方法取得風能密度，而風能發電量則從風力發電機的啟動風速至切出風速之功率曲線(圖1-1)去做計算。

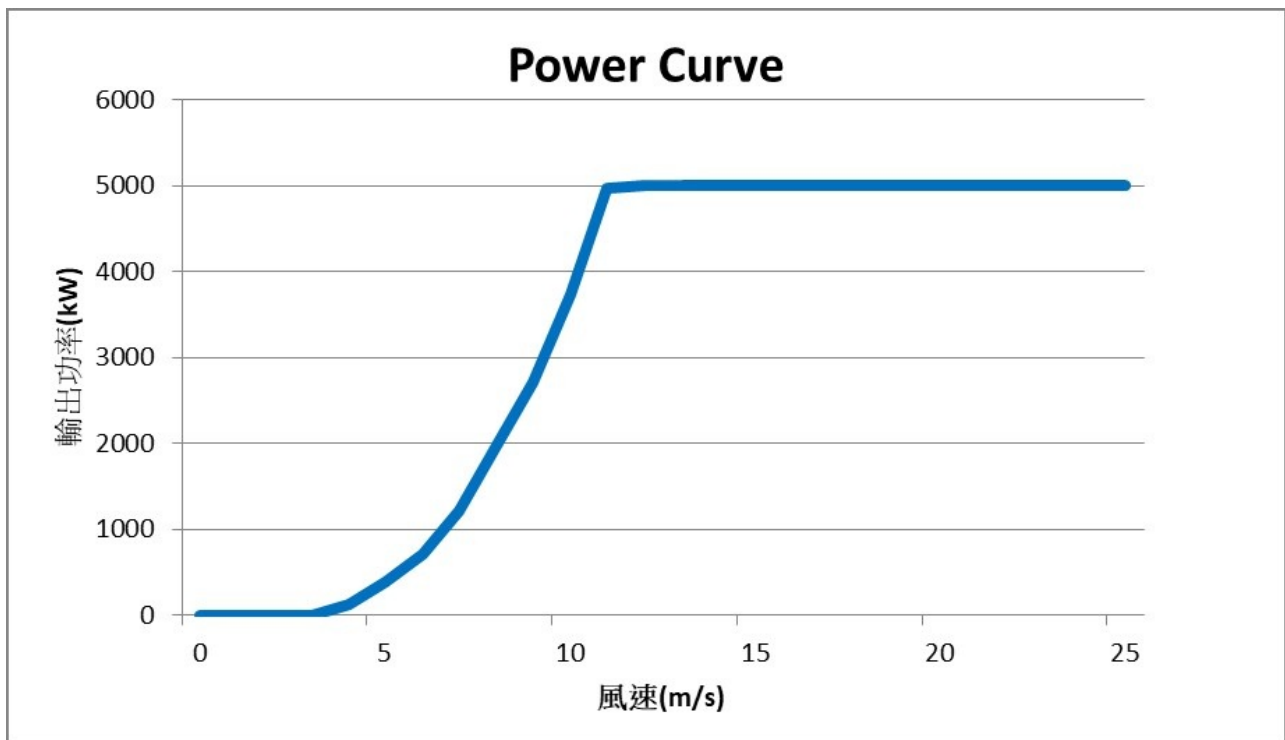


圖1-1 理想功率曲線

## 年、季、月平均

由本局提供2015年至2017年的CWB/WRF 3公里解析度歷史氣象資料，經降尺度並引入觀測資料後，藉由上述之方法將其轉換成風速、風能密度及風能發電量。之後每隔兩年會做前三年的風速、風能密度、風能發電量的年、季、月平均，以提供近三年風能評估的統計結果。