

監測及預報系統 (CWB/GFS) 風能

本產品分為風速、風能密度、風能發電量。利用本局全球預報系統(CWB/GFS)所產製100米高度的氣象預報資料[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。

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

(C_P)為風機功率係數，目前極限約為40%， ρ 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GFS?

本局從 1983 年起進行數值天氣預報的發展，並且於 1988 年上線第一代的全球數值天氣預報系統(簡稱 CWB/GFS)，數值天氣預報包含資料同化系統與預報模式系統兩部份。現行作業版本為TCo639L72模式：水平解析度提升至約0.14個經緯度(約15公里)，垂直座標更名為S-P hybrid座標，解析度也增加至72層，模式最上層頂為0.1 hPa。

GFS模式的運作，在前置資料處理的資料同化利用GSI (Gridpoint Statistical Interpolation)，並採用三維系集變分混合法(Hybrid 3D-EnVAR)分析。觀測資料同時採用傳統(風場之Vor, Div.及T, Q, Terrain Pressure)及非傳統(輻射等)觀測資料在模式(σ)面上進行分析；預報的動力模組為全球波譜模式(TCo639L72)，其動力核心由Eulerian(T511L60)升級至Semi-Lagrangian(TCo639L72)，高斯網格點分布為2576 x 1280，垂直為S-P混合座標，共72層。預報變數包含渦度、散度、虛位溫、比濕、地表氣壓及雲水含量，時間積分採跳蛙和半隱式計算格式；物理參數化方面，在邊界層上採用Eddy Diffusivity/Mass Flux(EDMF) Monin (Siebesma et al. 2007)，並加入尺度感知、深/淺對流Scale- and Aerosol-aware Simplified Arakawa-Schubert (Han et al. 2017 & Arakawa and Wu 2013)；其它動力核心及參數化法，包含土壤模式、深/淺對流、網格尺度降水、地形/對流重力波拖曳及輻射參數化法則如表1所示。

表 1 中央氣象局全球預報模式(TCo639L72)設定

變數	TCo639L72
資料同化	Hybrid GSI
水平解析度	15 公里
垂直解析度	S-P Hybrid座標；72層
模式層頂	0.1 hpa
網格尺度降雨	Zhao and Carr (1997)
動力核心	Spectral method Semi-Lagrangian (NDSL) + Semi-implicit 3 time level
深/淺對流	Scale- and Aerosol- aware Simplified Arakawa-Schubert (Han et al. 2017 & Arakawa and Wu 2013)
土壤模式	Noah Land Surface model
輻射	RRTMG (Mlawar and Clough 1997; Hou 2002)
PBL邊界層	Eddy Diffusivity/Mass Flux(EDMF) Monin (Han et al. 2016)
地形重力波拖曳	Palmer et al. (1986)
對流重力波拖曳	stationary convectively forced gravity wave drag (Chun and Baik 1998)

GFS的作業方式

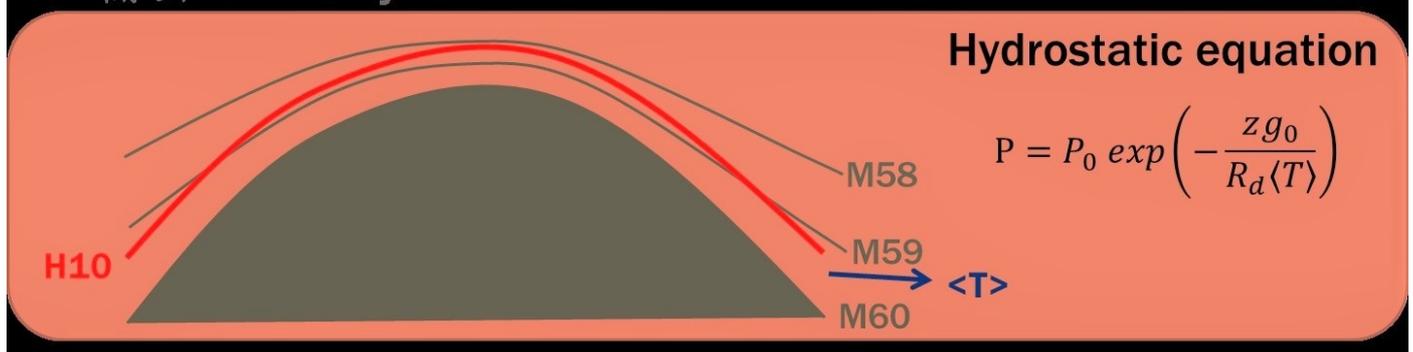
目前CWB/GFS TCo639L72的模式作業流程為每日00Z、06Z、12Z、18Z產出，一共輸出16天的預報資料(大部分資料10天以內逐6小時、10天以上逐24小時)。於預報系統中僅使用8天內的預報資料，為配合綠能計劃需求，將100米資訊、2米溫度及地表短波輻射量資訊由1天增加輸出至16天逐3小時，並且利用模式輸出之100米高風場、溫度場、比濕、雲液態水混和比、以及離地表2 m高度之氣溫、地表太陽短波輻射量等氣象參數來做風能及太陽能資訊的監測及預報。

GFS 100M風速的產出

為了提供綠能開發計畫所需之100米高氣象資訊，利用CWB/GFS全球模式產出之 σ 層及近地表層之氣象場資料，以靜力方程及線性內插方式，計算離地表100公尺高之氣象場資料，並隨CWB/GFS全球模式每六小時預報一同輸出。

此模組提供離地表100公尺高之溫度、氣壓、風場、比濕以及雲液態水混和比。其中比濕以及雲液態水混和比由CWB/GFS全球模式之 σ 層資料內/外插而得、溫度場由 σ 層及2公尺高度氣溫內插而得、風場由 σ 層及10公尺高度風場內插而得、氣壓場由 σ 層及地面氣壓內插而得。

- Step 1 :
利用sigma layer最底兩層計算近地面平均大氣溫度。
- Step 2 :
以靜力方程及平均溫度計算離地面100m之氣壓。
- Step 3 :
線性內插找出在此氣壓高度之氣象場(P,T,U,V,q)。
- Step 4 :
輸出DMS key。



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% ; ρ 為空氣密度; A 為風機葉片掃掠面積，本計劃目前設定為1 (m²); 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。

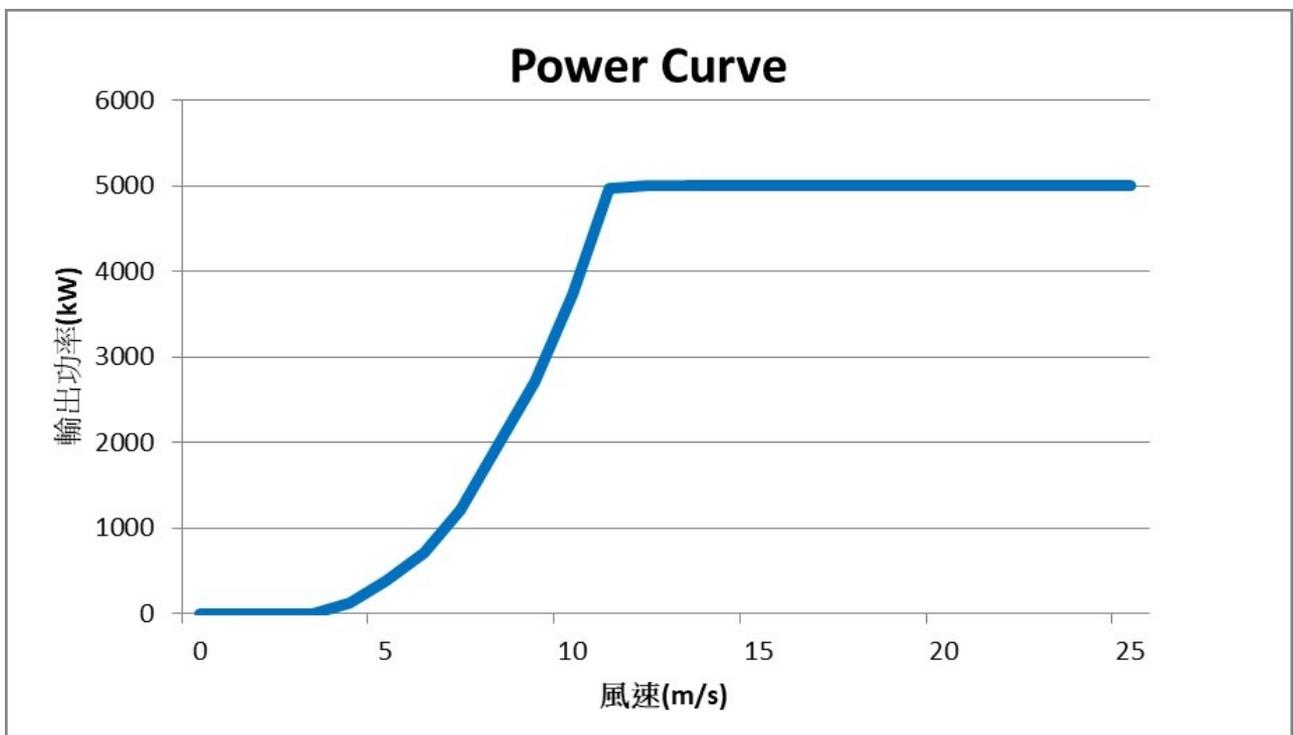


圖1-1 理想功率曲線