

預報系統 (DCA/CWB/GFS) 太陽能

本產品包含太陽短波輻射量及太陽能發電量密度。太陽短波輻射量是由本局全球預報系統(CWB/GFS)所產製，再經由統計分析小組將模式產出的太陽短波輻射量透過誤差衰退平均法校正後而得，而太陽能發電量密度則是利用校正後的太陽短波輻射量(W/m2)及模式輸出的2米高溫度(K)，透過簡易運算式所估計出來的。

單位面積(m2)的太陽能發電量密度： $P_t = \{SSR \times (1 - (T - 25^{\circ}C) \times 0.1\%)\} \times \eta$

(SSR為太陽短波輻射量，T為2米高氣溫，η為太陽電池的轉換效率。一般常見的矽晶類太陽能模組轉換效率約為14 %~16 %；薄膜類模組效率約為9 %。故在推估太陽能發電量密度計算中太陽電池轉換效率以15% 帶入計算。)

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)，垂直座標更改為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。

什麼是DCA

誤差衰退平均法(Decaying Average:DCA)是簡化形式的卡門濾波(Kalman Filter)，用意是讓最近時間的訊息擁有更多的權重，就好比我們會更重視一個人最近一份工作的表現狀態，而不是第一份工作到最近一份工作同等平均的表現。

因此，我們可以保留一段時間，數值模式預報與真實值之間的誤差，且透過DCA的方式令最近的誤差擁有較多的權重，時間越久遠的誤差影響越少，這麼作能夠保留些許過去的誤差訊息，也能讓最近的誤差表現出來，再利用此誤差來修正最新產出的數值預報模式。

誤差衰退平均法 (Decaying Average)

1. 原理：

將數值模式近期模擬的平均誤差視為模式系統性偏差，藉由簡化形式卡門濾波(Kalman Filter)動態估計後予以移除。

2. 作法：

一. 誤差計算

以下式估計時刻格點 i,j 的時間預報場誤差值 $(b_{i,j}(t))$ 。其中， $(f_{i,j}(t))$ 為時刻格點 i,j 的時間預報場預報值，而 $(a_{i,j}(t))$ 為時刻格點 i,j 的分析值/真實值。

$$(b_{i,j}(t)) = f_{i,j}(t) - a_{i,j}(t) \quad (1)$$

二. 更新系統性偏差

以下式與 $t-1$ 時刻校正結果更新系統性偏差 $(B_{i,j}(t))$ 。其中權重係數 w 代表該更新值考量幾次近期計算的偏差資訊(圖1)。若以每日00Z模擬為例，權重係數0.02代表掌握最近100-150次(權重係數倒數的2-3倍)模式模擬與分析場的系統偏差。

$$(B_{i,j}(t)) = (1-w) \cdot B_{i,j}(t-1) + w \cdot b_{i,j}(t) \quad (2)$$

三. 以系統性偏差校正預報值

將時刻格點 i,j 的時間預報場預報值減去更新後的系統性偏差值 $(B_{i,j}(t))$ ， $(F_{i,j}(t))$ 得到時刻格點 i,j 的時間預報場校正值，即：

$$(F_{i,j}(t)) = f_{i,j}(t) - B_{i,j}(t) \quad (3)$$

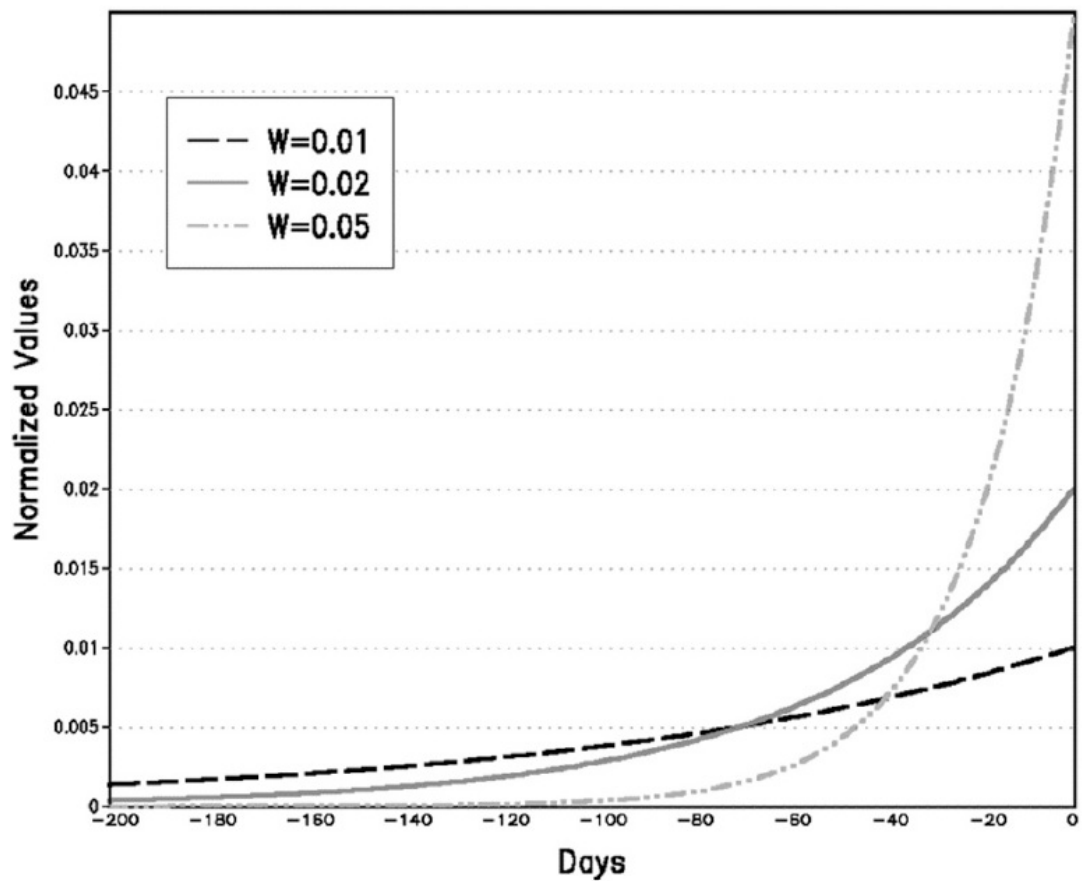


圖1逐次(橫軸)預報誤差佔系統性偏差比例(縱軸)隨不同衰退權重係數(w)的變化情形

(曲線下面積總和為一)

3. 參考文獻：

Cui, B., Z. Toth, Y. Zhu, and D. Hou, 2012: Bias correction for global ensemble forecast. Wea. Forecasting, 27, 396-410.

DCA的作業方式

DCA會於每日產製00Z、06Z、12Z、18Z逐六時預報資料(共192小時)，以00Z為例，每日下午2點前會將DCA校正後的逐六時預報資料上傳至下游端。DCA取模擬範圍逐網格點之東西向百米風(100m U)、南北向百米風(100m V)及地表短波輻射(Radiation)，統計前一天的CWB GFS百米風數值預報模式與CWB WRF MDAS百米風分析場以及CWB GFS地表短波輻射數值預報模式與本局預報中心修正後的地面格點輻射分析場之間的誤差，再利用誤差來修正今天產出的數值預報。

太陽能計算方法

太陽能發電是透過太陽光電板吸收太陽的能量來發電，因此日射量的多寡會直接影響發電量大小，太陽光電板發電量隨著日射量大小隨時在改變，通常不會逐日、逐時計算發電量，通常的做法是觀察一段時間例如一個月或者一年的總值，然後換算相當於ASTM E1036 標準的等效日照小時（Equivalent Sunshine Hours, ESH），以簡化計算。等效日射小時，為評估太陽能發電之重要因子，此數值越大表示當地日射能量越強，發電量可以越多，其定義為將當地之日射量換算為1000 W/(m²)之標準條件下之有效照射時間。

簡易的太陽能計算式可由下式表示：

$$P_t = (SSR \times (1 - ((T - 25^\circ\text{C}) \times 0.1\%)) \times \eta) \times A$$

(SSR為太陽短波輻射量，T為2米高氣溫，η為太陽電池的轉換效率。)

根據登錄在經濟部能源局太陽能高效率模組產品中常見矽晶類太陽能模組轉換效率約14 %~16 %；薄膜類模組效率約9 %。故在推估太陽能發電量密度計算中太陽電池轉換效率以15%帶入計算式中，最後藉由上述方法來建置太陽能發電量密度預報系統。