

中央氣象局 WRF 模式預報之校驗

陳柏榮、洪景山、戴俐卉、周宜萍

中央氣象局

摘要

中央氣象局規劃在 2007 年中使用 WRF 模式作為作業之區域預報模式，預報模式除了要能維持每日正常地進行預報作業外，同時也必須考量模式的計算效能，以及最重要的，必須評估模式的預報能力，為此氣象局將對 WRF 模式進行一系列的預報實驗。本研究將針對 update cycle run 更新頻率的測試，模式頂差異於預報作業的結果校驗以及 WRF 模式與 NFS 模式於夏季、冬季之預報能力進行校驗分析。

分析結果顯示，6 小時的 update cycle run 較 12 小時的 update cycle run 結果，有較小之模式系統性預報誤差。而在模式頂層設定差異的校驗中，雖然從單獨個案的比對上並不顯著，但是從統計的校驗的結果來看，發現當模式頂層設在 10 hPa 時，其結果較設在 50 hPa 時為佳。至於 WRF 模式與 NFS 模式的校驗中，不管是夏季或冬季個案，WRF 的預報誤差均比目前 NFS 之預報誤差有所改進。

關鍵字：WRF 模式

一、前言

中央氣象局自 2001 年起，採用非靜力預報模式 (Nonhydrostatic Forecast System, NFS) 做為作業的中尺度預報模式，並預計在 2007 年中，使用 WRF 模式作為下一代的中尺度數值天氣預報模式，並與現行之 NFS 模式並行作業。而 WRF 是美國近年來集合美國學術界和作業單位人力所發展之下一代中尺度數值模式。WRF 的設計不僅要提供給學術單位研究之用，同時在設計之初也特別考慮進去作業的需求，例如特別強化資料同化部分，以使預報模式與分析模組能充分結合；模式程式碼高度模組化以及平行化，以使達到作業預報時限的需求等。為了充份了解 WRF 模式預報能力，因此我們針對 WRF 模式進行一系列之預報實驗，並探討與分析其預報能力與預報誤差形成的原因。本研究即針對 update cycle run 頻率、模式頂高度與一段時間之預報校驗，分別探討其預報誤差之特性。

二、模式設定

本文所採用模式版本為 WRF V2.1.2 版，模式的網格解析度以及格點數目分別為 45 km(228x128)、15 km(184x196) 以及 5 km(94x124)，如圖一所示，而垂直分層共 41 層。模式的初始場是來自上一個預報時間的 6 小時預報場，並且再加入全球的觀測資料(包括 SYNOP、SHIPS、METAR、PILOT、SOUND、SATEM、SATOB AIREP、wind profile data and BUOY)，經由 3DVAR 的客觀分析而來，所使用的邊界條件則是來自中央氣象局的全球模式(GFS)。

模式的物理參數化設定如下，積雲參數化採用 Kain-Fritsch scheme(模式第三層不使用)，微物理參數化法採用 WRF Single-Moment 5-class scheme，邊

界層參數化採用 Yonsei University scheme，地表的參數化法採用 MM5 similarity，土地的參數化法採用 5-layer thermal diffusion，長波與短波的參數化分別採用 RRTM scheme 與 Goddard shorwave 的參數化法。

三、WRF 作業性測試

(1) Update Cycle Run 的更新頻率測試

相較於 cold start 從全球模式內差而來的模式初始場，update cycle run 則可以保留住更高解析度的模式資訊，且 update cycle run 可以有不同的更新頻率，模式預報誤差會經由不同更新頻率而影響到初始場的品質，本研究即是針對 6 小時/12 小時更新頻率進行分析。6 小時的 update cycle run 即一天做四次的預報，其初始場來自上一個預報的 6 小時預報場，而 12 小時的 update cycle run 則一天僅做兩次預報，初始場來自上一個預報的 12 小時預報場。為了要比較出 6 小時與 12 小時 update cycle run 累積的效應，我們針對 2005 年 8 月一整個月進行連續的 update cycle 預報實驗，本文選取 2005 年 8 月 20 日 0000 UTC 之預報結果進行分析。

圖二與圖三分別為 6 小時與 12 小時 update cycle run 於一鋒面個案(2005 年 8 月 20 日 0000 UTC)的初始場以及 48 小時之後的模式預報場。在 update cycle run 持續 20 天的預報後，我們已可發現兩者的初始場(圖二 a 與圖三 a)，已經存在著某種程度上的差異。48 小時的預報結果(圖二 b 與圖三 b)，顯示兩者對於鋒面系統降水的位置有很相似的配置，且累積雨量也相去不遠。但在海平面氣壓場中，雖然兩者皆顯示出在台灣東南方海面上的降水中心有一低壓的存在，但是此一低壓在 12 小時的 update cycle run 預報結果卻遠較 6 小時的為強(約低了 4 hPa)。在我們比

對實際的天氣系統後，認為 6 小時 update cycle run 的結果比較接近於真實的天氣系統，而 12 小時 update cycle run 所產生的低壓系統則太強，此一現象在其他預報中亦曾多次被發現。

追踪此一低壓系統生成的經過，發現早在 19 日 0000 UTC 於台灣東南方海面一帶已有低壓的生成，但是 6 小時的 update cycle run 在接下來的預報中，每 6 小時便加入觀測資料加以逐步的修正調整，使得模式產生的低壓系統逐漸獲得適當的控制，而 12 小時的 update cycle run 中，初始場即已存在更為顯著的低壓系統，如圖四所示。由於模式的初始場會受到三個因素影響，從上次一個預報時間得來的 First guest、觀測資料量使用的多寡以及客觀分析的方法，但在本實驗所使用的觀測資料與客觀分析方法都是相同，因此 12 小時的 update cycle run 初始場會有較強的 meso low，相信即是來自上一個預報時間得來的 First guest。比對模式的始初場(圖二 a 與圖三 a)與上一個時間的預報場(圖四 a,b)，顯示加入觀測資料分析後，影響並不十分顯著。而 12 小時的 update cycle run 會有較強的低壓系統存在，顯示 12 小時的 update cycle run 的初始場累積了較多的預報誤差，因此導致後續的預報中，使得低壓系統持續的增強，造成更大的預報誤差。所以，本研究顯示，較小的 update cycle 更新頻率可以有效地提升模式的預報能力。

(2) 模式頂高度測試

在 WRF 模式中，模式頂的預設值設在 50 hPa，其高度約為 20 km(約為對流層頂)，但一些較強的對流系統，例如颱風，其對流常會到達此高度甚至於更高層的地方，而 WRF 模式的設計，模式頂數公里內必須處理上邊界之數值過程，因此模式頂設在 50 hPa 是否適當？仍有必要進一步分析與研究。為此，我們將模式頂調高至 10 hPa(約 32 km)，並與模式頂設在 50 hPa 的個案做比對。

為了看出兩組設定較為明顯的差異，我們仍是採用 6 小時 update cycle run 的方式，時間為 2006 年 7 月 11 日~31 日。圖五即為在此一期間所發生的凱米颱風個案剖面(7 月 24 日~27 日)，從初始場的溫度(陰影)配置來看，兩組設定的結果雖然顯示出山脈右側呈現明顯的差異，當然，這個差異雖有可能是由 update cycle run 所造成的，但亦有可能是由颱風的所在位置，與所切截面的位置差異造成的。然而從高層的位渦分佈(等值線)來看，顯示當模式頂設在 10 hPa 時，在 150 hPa 以上的位渦梯度遠大於模式頂設在 50 hPa 的個案，而此種差異在經過一段時間的預報後，會將影響傳到模式下層，但其實際的影響過程則有待進一步的研究。

從較長時間統計的校驗結果來看(圖六)，當模式頂設在 10 hPa 時，發現在模式高層 100 hPa 處(圖六 d)，溫度場平均偏差的校驗結果有相當明顯的改善(TOP 50 hPa 平均值為 1.54 °C，而 TOP 10 hPa 平均

值為 0.51 °C，兩者相差達 1.03 °C)。而模式頂的改變，不只對高層產生影響，還會向下延伸，但影響的幅度則隨著高度減小，例如 300 hPa 為 0.12 °C，500 hPa 為 0.07 °C，850 hPa 為 0.05 °C。

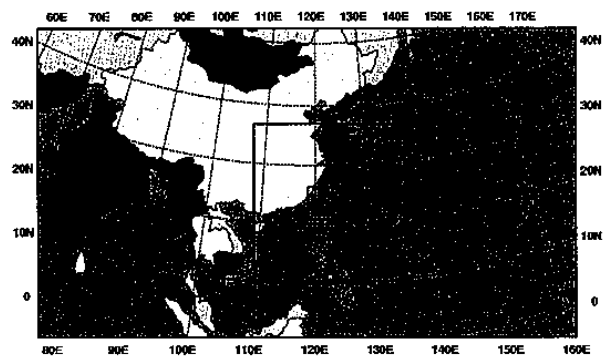
(3) 夏季、冬季預報實驗校驗

我們分別在夏季(2005 年 8 月)與冬季(2006 年 2 月)各以 6 小時 update cycle run 的方式，做了一個月的預報實驗，在探空站上進行校驗，並與 NFS 模式之預報進行比對。

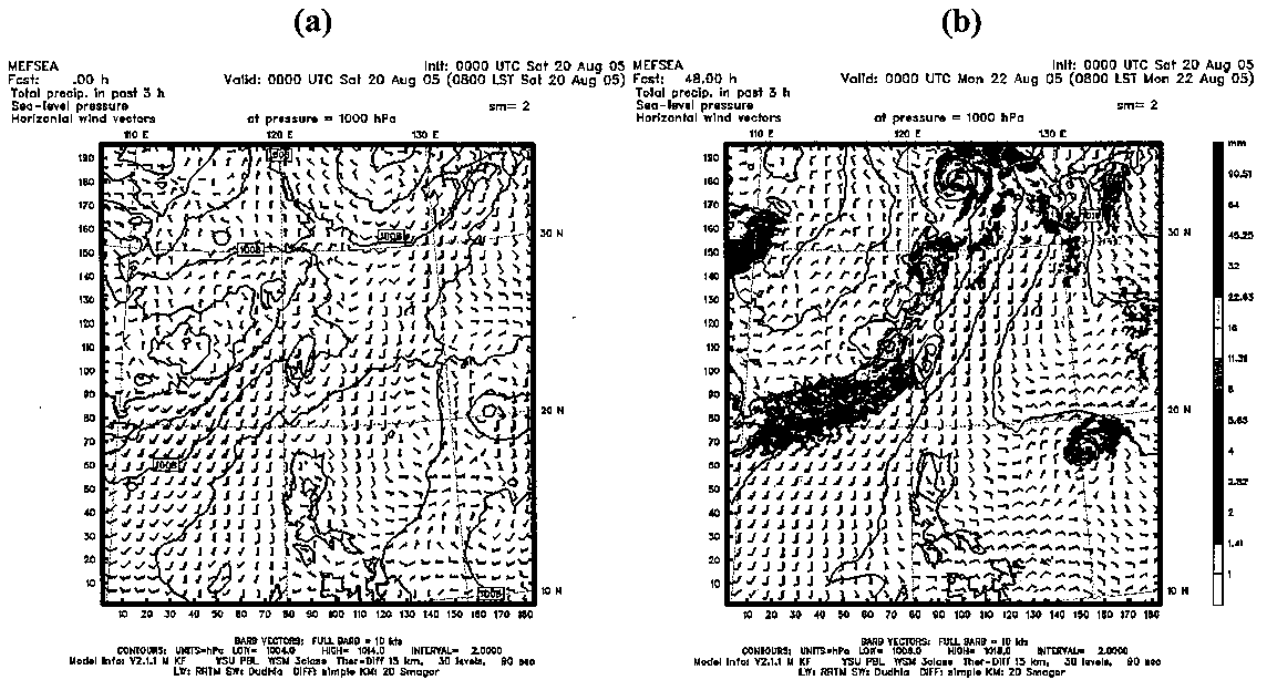
圖七與圖八分別為夏季與冬季個案在各高度層 Phi 場經由統計過後的均方根誤差。就模式的特性而言，由圖中可以清楚看到，兩個模式的預報誤差，皆隨著模式的高度以及預報的時間逐漸的增大。NFS 模式在初始場(INI)時，其預報誤差值皆較 WRF 模式為小，但隨著預報時間的增長，預報誤差值則迅速的增加。而 WRF 模式雖然在初始場有較大的分析誤差，但在 24 小時的預報中，其預報誤差值變化不大，在預報 24 小時之後，才逐漸的增大，此現象在夏季個案中尤為顯著。從冬夏的分季來看，發現在預報 72 小時後，兩個模式在冬季個案中，誤差值幾乎相去不遠，但在夏季個案中，WRF 模式在各高度層表現幾乎均較 NFS 模式為佳。以高度層來區分，發現 WRF 模式在模式的低層(850 hPa)的改善尤為明顯。統合來說，目前 NFS 模式在 24 小時內的預報似乎仍較 WRF 模式為佳，但預報 24 小時後，則以 WRF 模式為佳。

四、結論與未來工作

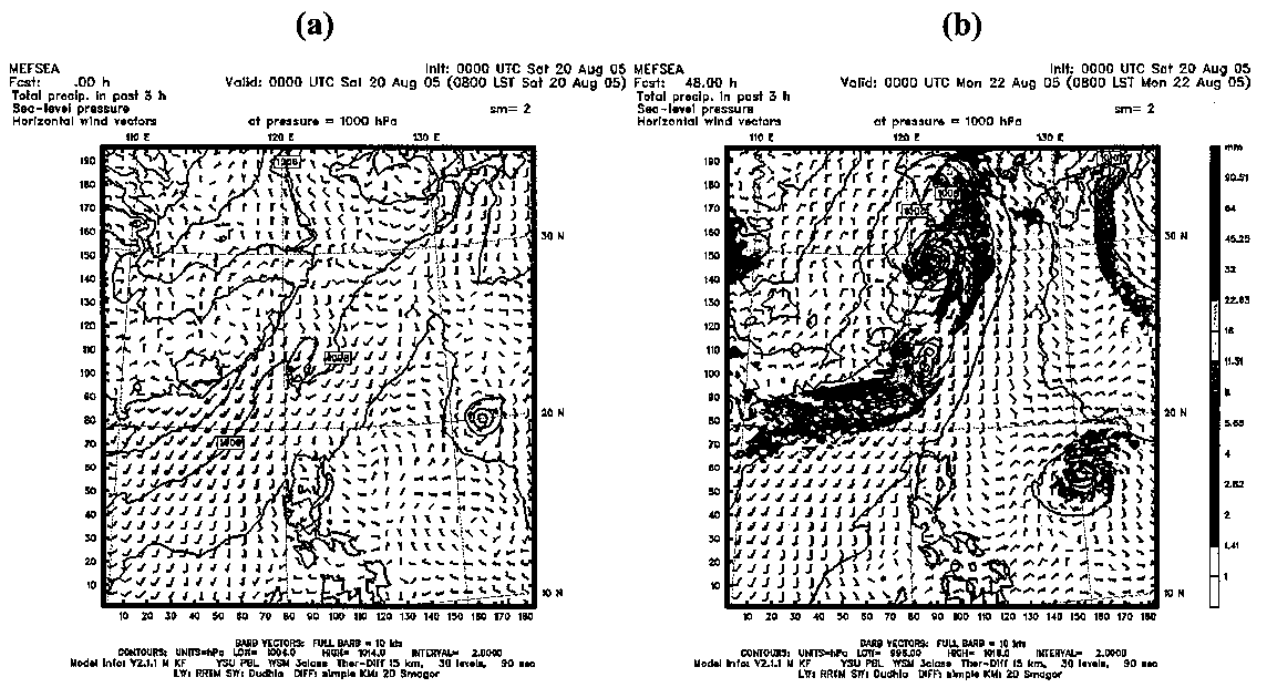
總合以上的實驗結果，我們可以知道當我們採用 6 小時更新頻率的 update cycle run 時，由於模式累積較少的預報誤差，而觀測資料也適度的加以調整修飾，使得模式預報的結果更近於真實的天氣系統。當模式頂層設在 10 hPa 時，雖然在個案分析中，效果差異並不顯著，但從長時間統計的結果來看，卻得到明顯的改善。而 WRF 模式與 NFS 模式夏季與冬季在探空站上的校驗結果顯示，NFS 模式在 24 小時的預報有較佳的結果，但在預報 24 小時後，仍以 WRF 模式為佳。



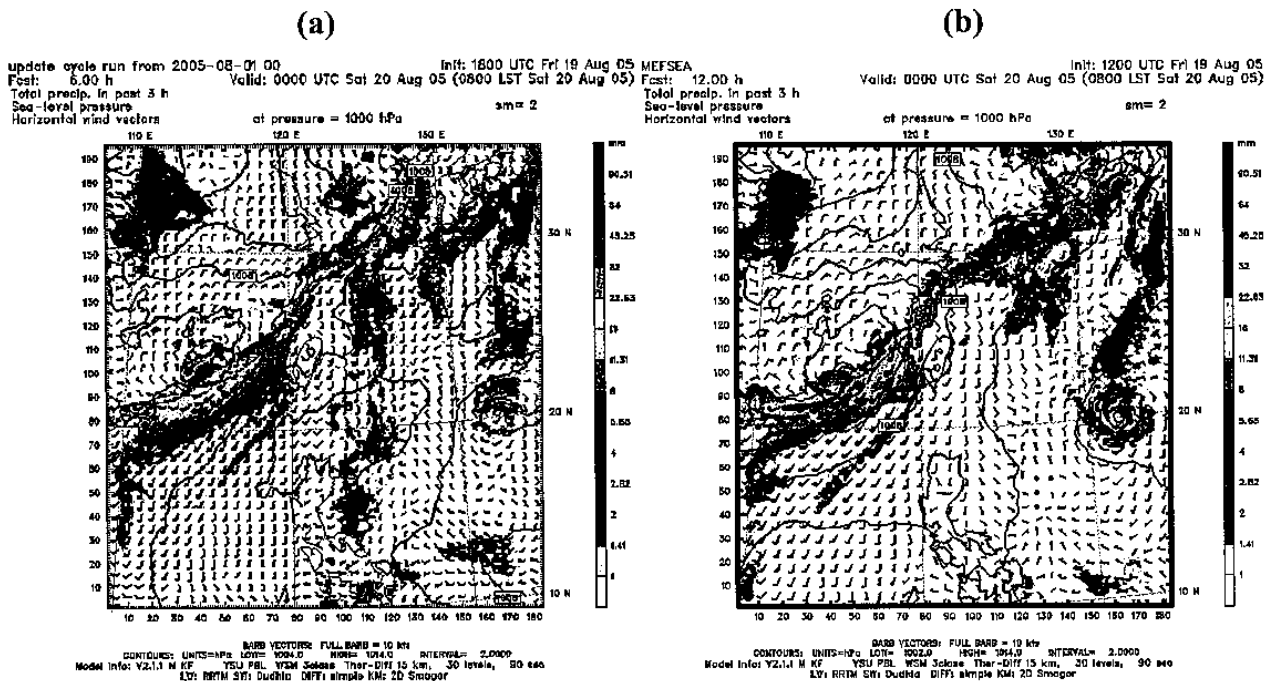
圖一、WRF 模式巢狀網格範圍。



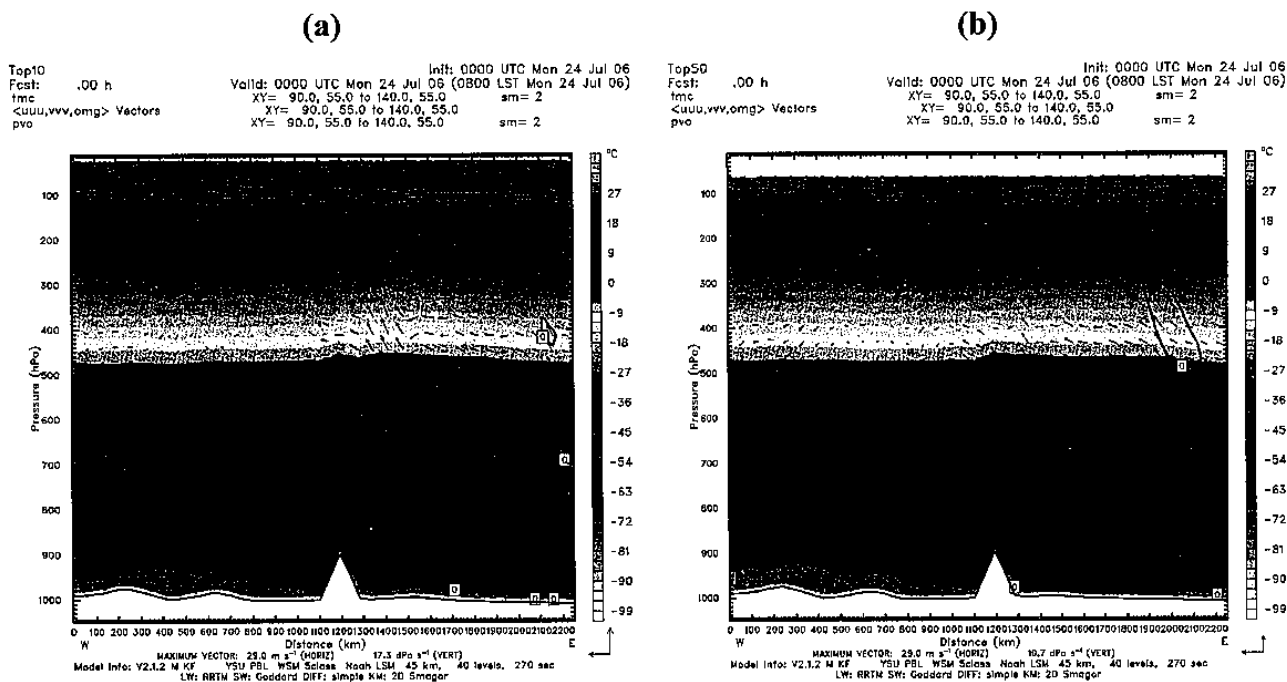
圖二、6-hr update cycle run 結果於 2005 年 8 月 20 日 00Z 之預報。(a) 初始場。(b)48 hr 預報場。



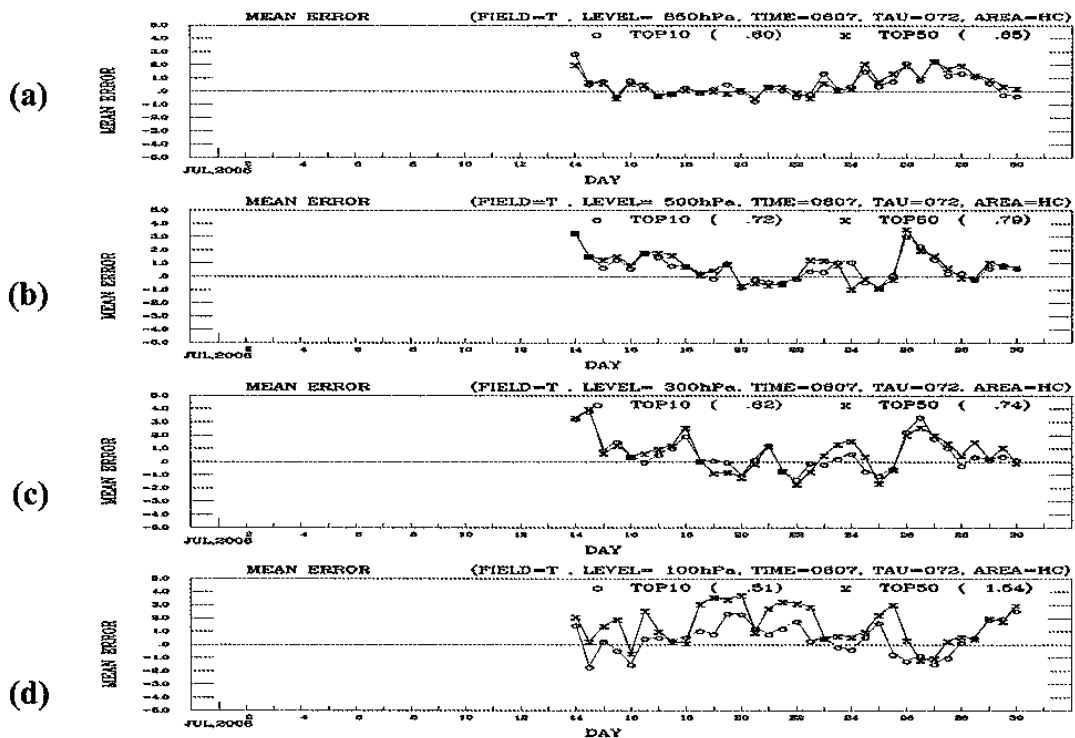
圖三、12-hr update cycle run 結果於 2005 年 8 月 20 日 00Z 之預報。(a)初始場。(b)48 hr 預報場。



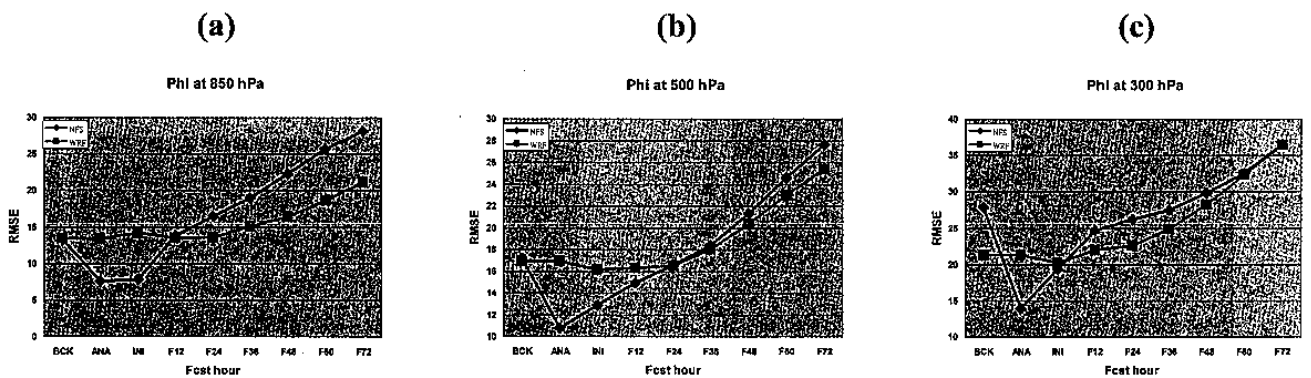
圖四、6-hr & 12-hr update cycle run of the first guest。 (a) 2005年8月19日1800 UTC 預報6小時之預報場。
 (b) 2005年8月19日1200 UTC 預報12小時之預報場。等值線為海平面氣壓場，陰影為累積雨量。



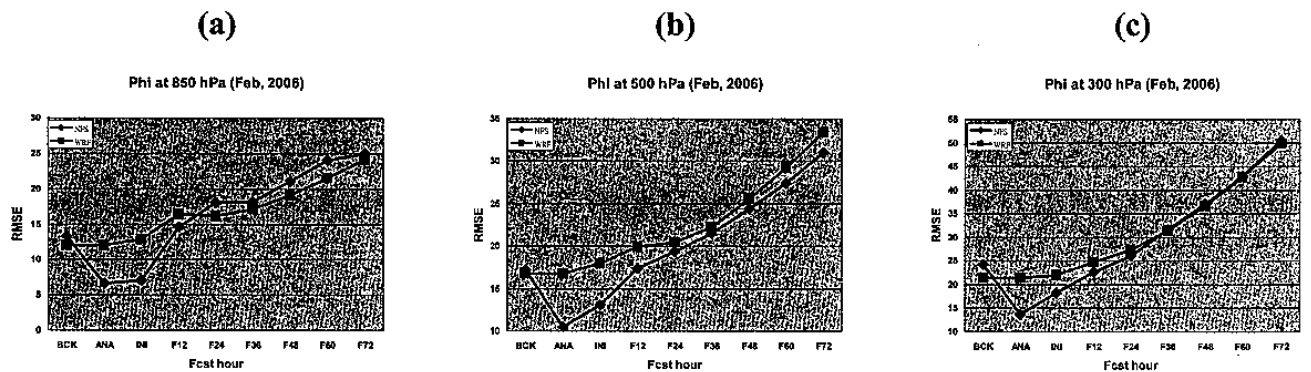
圖五、2006年7月24日00Z 模式初始場，陰影為溫度場，等值線為位溫(單位為PVU)。模式頂設於(a) 10 hPa；(b) 50 hPa。



圖六、模式頂設定在 10 hPa(紅線)與 50 hPa(藍線)於各高度層的溫度場 72 小時預報之 Mean Error。(a) 850 hPa；(b) 500 hPa；(c) 300 hPa；(d) 100 hPa。



圖七、WRF 模式與 NFS 模式於 2005 年 8 月的校驗結果比對。藍線為 NFS 模式，紅線為 WRF 模式。(a) 850 hPa；(b) 500 hPa；(c) 300 hPa。



圖八、WRF 模式與 NFS 模式於 2006 年 2 月的校驗結果比對。藍線為 NFS 模式，紅線為 WRF 模式。(a) 850 hPa；(b) 500 hPa；(c) 300 hPa。