

# 近期區域預報模式之改進

童雅卿 林淑卿 柳再明 黃麗玫

中央氣象局

## 摘要

中央氣象局區域預報系統曾於西元1991年10月底作了大幅之修改。其修改項目包括預報範圍東移；水汽場、海面溫度及海面風場分析之加入；垂直正模初始化疊代次數之增加；氣壓梯度力計算方法之更新；深土溫度氣候值之調整及輸出時用虛溫取代溫度來推算高度場等。這些項目於上線前曾於西元1991年9月21日開始執行為期半個月之綜合平行測試，並將其預報結果與作業版相比較。

本文即針對此次之大幅修改，依其個別修改項目，一一加以簡介。並舉例說明平行測試版與作業版預報結果之差異。基本上，平行測試版對於太平洋高壓、鋒面及降水型態等之預報均較作業版為佳。因此於去年10月底將這些項目修改上線。

## 一、前言

中央氣象局區域預報系統於西元1988年7月1日正式作業。此系統之預報範圍由東經70度至東經180度、南緯10度至北緯51度，涵蓋了亞洲大陸及附近海域。其水平方向採網格間距為90公里之直角座標；垂直方向則採隨地形變化之 $\sigma$  ( $= P/P_s$ ) 座標，共分成12層。

模式之初始資料除了全球預報系統所提供之海平面氣壓場，每12小時預報場之邊界值及一些氣候值外，此系統亦於等壓面上執行高空風場、溫度、高度場之客觀分析。其預報值場來自於區域模式前一次預報之12小時預報場。這些分析資料再經垂直正模初始化之處理，濾去重力波，方始進入預報模組。

此預報模式為一原始方程數值預報模式。空間採4階差分法；時間則採split-explicit法以

240秒之積分時距預報72小時。

模式之物理部分包括郭氏積雲參數法 (Kuo, 1965, 1974)；均勻混合之行星邊界層參數法 (Deardoff, 1972) 及長波輻射 (Sasamori, 1968)、短波輻射 (Katayama, 1972) 之參數法。另外地表溫度之變化亦根據Blackard (1977) 之預報方程來估算。

此區域預報系統於去年10月28日作了大幅的改進。此次之修改包括模式預報範圍東移；發展水汽場、海面溫度、海面風場之客觀分析；垂直正模初始化疊代次數之增加；氣壓梯度力計算方法之更新；深土溫度氣候值之調整及輸出時用虛溫取代溫度來推算高度場。這些項目於上線前曾加以整合並執行半個月之平行測試。

本文第二節即針對這些個別修改項目，一一加以簡介。至於加入這些項目之總效應，則於第3節

時舉例比較平行測試版與作業版之預報結果並加以闡述。

## 二、個別項目之簡介

此次區域預報模式之修改項目依其性質又可概略分成四類加以討論。

### (一)預報範圍東移

以往的預報範圍主要包括亞洲大陸及附近海域，對於海洋之範圍涵蓋得有限，因此區域預報模式對於太平洋高壓之掌握不甚理想。另一方面由於電腦資源有限，無法擴大預報範圍。僅能將預報範圍東移，涵蓋較廣之太平洋洋面，以期能改進對太平洋高壓之預報。

### (二)使用更多、更正確之初始資料

以往區域預報系統除了全球預報模式所提供之海平面氣壓分析場外，對於觀測資料之應用只限於探空資料及飛機資料，也就是僅從事1000毫巴至100毫巴各層等壓面上風場、高度及溫度場之客觀分析，而忽略了海面上衆多船舶資料所能提供的資訊。因此對於此次大幅修改即包括3種資料之開發使用，他們分別是水汽場、海面溫度及海面風場資料。此3種資料之處理均延續高空風場或質量場之方式採Barnes(1964)客觀分析法。其個別特徵則在下面一一加以描述。

#### 1. 水汽場分析

原有水汽場之初始資料為區域模式前一次預報之12小時預報場。此種處理方式使得水汽場未納用實際觀測資料而且與其他受過觀測資料修正後之變數並不一致。因此發展水汽場之客觀分析，以提供更正確之水汽分佈，從而改善模式中對潛熱釋放及降水型態之掌握。

此水汽場分析乃是採相對濕度為分析變數。觀測資料由探空資料之溫度及露點溫度來推算。由於

考慮水汽分佈之不均勻性及較小尺度之結構，其影響半徑採800公里來分析。預猜值場則為區域模式前一次預報之12小時預報相對溼度場。

方力脩(1991)即曾就區域預報模式加入水汽場分析作一些個案研究，發現加入水汽場分析之預報對於降水量及降水分佈型態有較佳的掌握。

#### 2. 海面溫度之客觀分析

以往之區域預報模式中，海面溫度資料來自於月平均之氣候值。其溫度分佈較為均勻，因此對於洋面上許多氣旋之生長、消散及可感熱之傳送等均未能提供更小尺度之資訊。為了改善此狀況，因此發展海面溫度之客觀分析。因為海間溫度變化較慢，為引進分佈較廣的資料區域，目前以過去6天約3000多筆船舶觀測資料來修正月平均氣候值場，以提供更局部之海溫變化，加強對海面系統之掌握。

#### 3. 海面風場分析

如眾所知，低層環流直接影響到邊界層可感熱及潛熱之傳輸。海面風場分析即是利用船舶、浮標觀測風場來改善海面上低層環流之初始場。

於原有之模式設計中，海平面風場不作分析而直接採用925毫巴之分析風場。由於925毫巴風場主要受探空資料所修正，而海上探空資料稀少，因此主要仍為預猜值場即前一次預報之925毫巴12小時預報風場。新的海面風場分析即是利用每次約200多點之船舶資料來提供更正確之低層環流資訊。

#### 4. 垂直正模初始化疊代次數之增加

由於Barnes客觀分析法乃是針對單一變數將其觀測資料內差到網格點上。不同變數之分析資料並未滿足實際大氣之動力平衡狀態並且包含多種觀測誤差。此種資料在進入預報模式後將產生假的慣性重力波，模式需經一段時間之調整才能濾去此重力波。為了加速調整過程，因此執行垂直正模初始化之處理來平衡高頻率非氣象之重力波。於區域預

報系統，垂直正模初始化之處理乃是利用模式中垂直方向之前 3 個重力波來表現平衡狀態下之風場及質量場。以往區域模式乃是利用疊代 3 次求得這些模之結構。此次之修正則增加疊代次數為 5 次求得更精確之 eigen modes。

### (三) 預報模式處理方法之改進

#### 1. 氣壓梯度力計算方法之更新

區域預報模式預報範圍內之許多山脈地形位於台灣上游，其附近天氣系統之成長、消散，將影響到台灣之天氣。但其異常陡峭之地形亦造成預報之困難。氣壓梯度力之計算方法即其一。

於  $\sigma$  座標上，動量方程式之水平氣壓梯度力可表示如下：

$$-\nabla_p \phi = -\nabla \sigma \phi + RT \nabla P_s$$

$P_s$  為地表大氣壓力。右邊第一項為  $\sigma$  面上之重力位梯度；第二項則是地形高度差所造成之修正項，此修正項用地表大氣壓力之梯度來推算。於陡峭地形區，此二項之大小相當，符號相反，容易產生極大之截斷誤差，造成氣壓梯度力之估算錯誤。

對於此項問題，在經過理論研究評估後，決定採用 Zheng 和 Liou (1986) 所提出之改進方法。將氣壓梯度力分解成二部分：第一部分為初始值，於預報剛開始時用重力位在等壓面上計算，因此此部分沒有前述二項之總和造成的大截斷誤差；第二部分為重力位與其初始值之差值。利用此差值於預報積分時計算等  $\sigma$  面上之兩項氣壓梯度力，以減少於陡峭地形區所造成之偏差。

#### 2. 深土溫度氣候值之調整

於地表溫度之預報方程中有一項深土溫度對地表溫度之影響。原來之模式設計，深土溫度由全球預報模式提供，但因此二模式地形高度解析之差異及氣候值本身之均勻性，此溫度造成模式系統性誤

差，因此發展一深土溫度之經驗公式，其為緯度、高度及日期之函數。作業版之模式已採用此公式來推算深土溫度。此次之修改則是針對此公式再加以調整，以期預報出較佳之地表溫度。

#### (四) 輸出時，高度場推導之修改

於區域預報模式，由於高度場並非預報因子，因此等壓面上之高度預報場乃是由海平面氣壓場、溫度場利用靜力平衡之關係式來推算。此種推算法忽略了空氣中水汽之效應，因此於修訂版中，以虛溫取代溫度來推算等壓面之高度場。

## 三、平行測試之結果

對於上述各修改項目，除了最後一項用虛溫取代溫度場來推算高度場外，餘皆與原來之區域模式加以整合而執行一綜合平行測試。此平行測試由西元 1991 年 9 月 21 日 00 UTC 開始至 10 月 5 日 00 UTC 結束，共為期 15 日。分析比較此平行測試與作業版約 30 個個案之預報結果，發現平行測試版之結果大致上較作業版為佳。在此限於篇幅，僅以西元 1991 年 9 月 28 日 00 之個案為例，來說明二者之差異。

圖一為作業版此個案之 36 小時預報海平面氣壓場，虛線為 12 小時之累積降水量。圖二為平行測試版之結果。圖三則是相對應時間之主觀分析圖。

由主觀分析圖中可發現於西元 1991 年 9 月 29 日 12 UTC 時，海洋主要受太平洋高壓所籠罩，其勢力範圍沿伸至日本及中國大陸東南部。堪察加半島附近有一強烈氣旋中心氣壓為 987 毫巴，其所伴隨之鋒面向西南沿伸至台灣附近。輕度颱風耐特則於菲律賓西方海域徘徊。陸地上主要有一中緯度低壓位於東經 110 度、北緯 45 度附近，其中心氣壓為 996 毫巴。此低壓之西北方為大陸高壓所盤據。

將作業版、平行測試版之預報結果與主觀分析

圖相比較可發現新版之預報中雖然太平洋高壓之中心氣壓稍強，但其高壓之勢力範圍及日本附近高壓中心之位置強度均較作業版為佳。對於堪察加半島右側之低壓，則二者均預報過強。台灣附近定義鋒面之等壓線型態及強烈之氣壓梯度於平行測試版中均有較好之掌握。另外，作業版之降水分佈較為零散，台灣之降水約為10毫米。而平行測試版有較有組織之鋒面降水分佈，台灣地區之降水可達98毫米。實際上，當天宜蘭觀測到93毫米之降雨量。陸地上之中緯度低壓二者對其強度均掌握的不錯，但速度均偏快。其他各地二者差異不大。

圖四為作業版同一個案36小時預報之850毫巴溫度場（實線）及風場。圖五為平行測試版之結果。圖六為相對應時間之主觀分析圖。實線為等高線、虛線為等溫線、粗黑線則是台灣附近雲之分佈。

於西元1991年9月29日12 UTC時，觀測資料顯示15°C等溫線通過台灣北部海域，18°C等溫線經過台灣南緣。台灣地區主要吹東風，華南一帶主要為東風或東北風。於山東半島附近有反氣旋。

比較圖四、五、六可發現作業版之36小時850毫巴預報於華南地區南風過強，導致15°C及18°C之等溫線過於北抬。而平行測試版對於台灣附近等溫線之掌握極佳，台灣及華南地區主要吹東風，於山東半島附近亦預報出反氣旋氣流。

#### 四、結 論

區域預報系統於去年10月底曾做大幅之修改。其修改項目包括(1)預報範圍東移，以改進對太平洋高壓之掌握；(2)水汽場、海面溫度、海面風場客觀分析之加入及垂直正模初始化疊代次數之增加，以便使用更多之觀測資料及提供更正確之初始資料；(3)氣壓梯度力計算方法之改進，以減少於陡峭地形區因大項小差值所造成氣壓梯度力計算之誤差；(4)

調整深土溫度氣候值之經驗公式，使之預報出更合理之地表溫度；(5)輸出預報場時，考慮空氣塊中水汽之效應，以虛溫取代溫度來推算等壓面之高度場。

最後一項，因高度非預報因子，因此不影響update cycle。其餘各項均被加以整合於去年9月21日00 UTC起執行半個月之平行測試。本文僅以一個個案說明平行測試版與作業版預報結果之差異。但事實上我們一一比較了二版近30個個案之預報結果發現大致上平行測試版對於太平洋高壓，鋒面及降水型態之掌握較作業版為佳，850毫巴溫度場及風場也以平行測試版之預報較好，其中之改進以加入水汽分析之影響最大。

綜合以上之討論，這些項目之修改對於模式預報有正面之影響，因此於去年10月28日00 UTC正式上線，更新作業模式。

#### 參考文獻

- 方力脩，1991：水汽場客觀分析之探討及TAMEX LEVEL-III水汽場資料之建立，國科會專題研究計劃：NSC-80-0414-P-052-03B
- Barnes, S. L., 1964: A Technique for Maximizing Details in Numerical Weather Map Analysis. *J. Appl. Meteor.*, 3, 396-409.
- Blackadar, A. K. 1977: High resolution models of the planetary boundary layer. *Advances in Environmental Science and Engineering*, Vol. 1, Gordon and Breach, 50-85.
- Deardorff, J. W. 1972: Parameterization of the planetary boundary layer for use in general circulation models. *Mon. Wea. Rev.*, 100, 93-106.
- Katayama, A., 1974: A simplified scheme for computing radiative transfer in the atmosphere. Tech. Rep. No. 6, Dept., UCLA, 77 pp.

pp. 56-57, Springer-Verlag, Berlin.

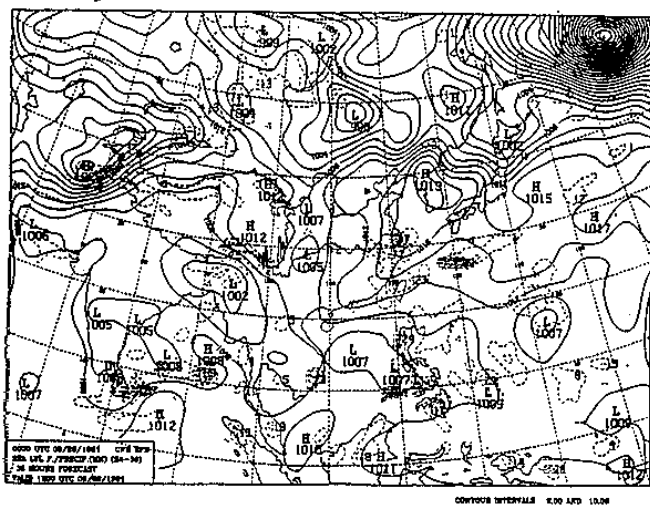
Anthes, Richard A. 1983, Numerical Simulation of  
a case of explosive marine cyclogenesis,  
Mon. Wea. Rev. 1174-1188.

Kuo, H. L., 1965: On formation and intensifi-  
cation of tropical cyclones through latent  
heat release by cumulus convection., J.  
Atoms. Sci., 22, 40-63.

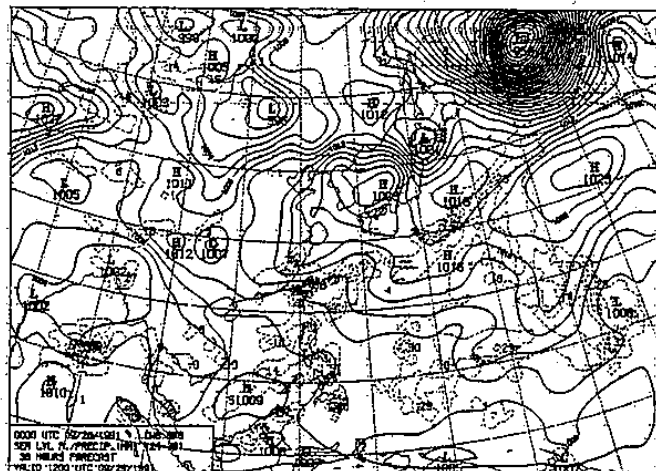
Madala, R. 1981: Finite Difference Techniques  
for Vectorizing Fluid Dynamic Calculations

Sasamori, T., 1969: The radiative cooling cal-  
culation for application to general circula-  
tion experiments. J. Atmos. Sci., 1,  
721-729.

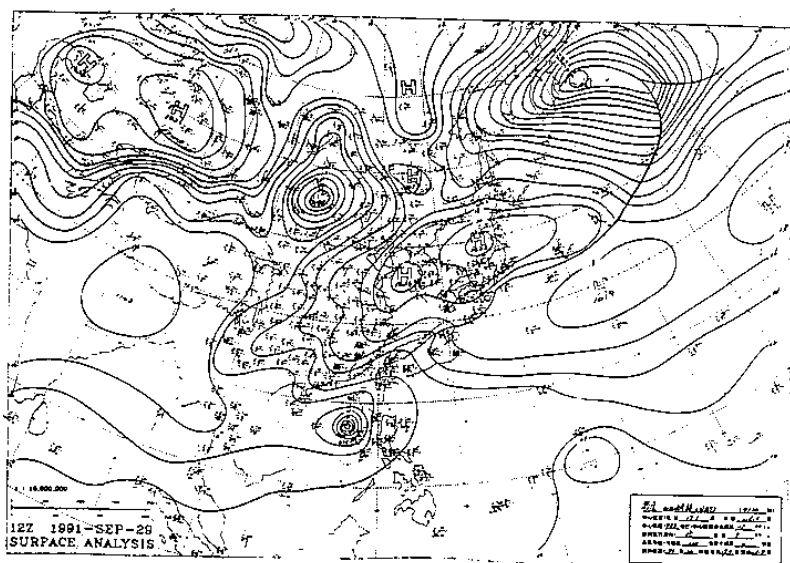
Zheng, Q. and K.-N. Liou, 1986: Dynamic and  
thermodynamic influence of the Tibetan  
Plateau on the atmosphere in a general  
circulation model. J. Atmos. Sci., 43,  
1340-1354.



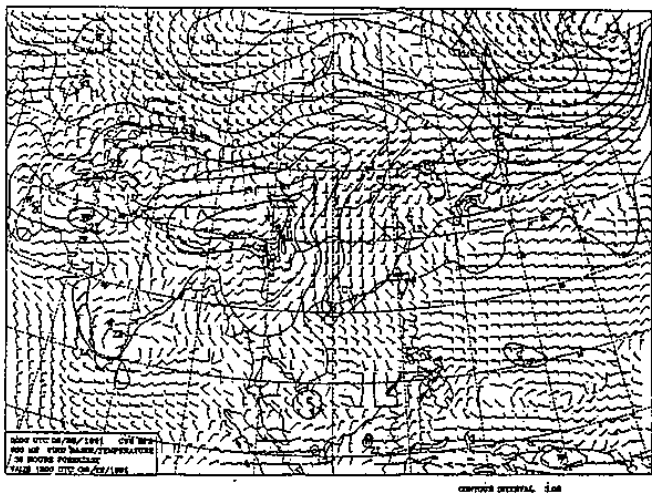
圖一 作業版西元1991年9月28日00 UTC 個案之36小時預報海面氣壓場。實線為等壓線，其間距為3毫巴。虛線為12小時之累積雨量，其間距為10毫米。



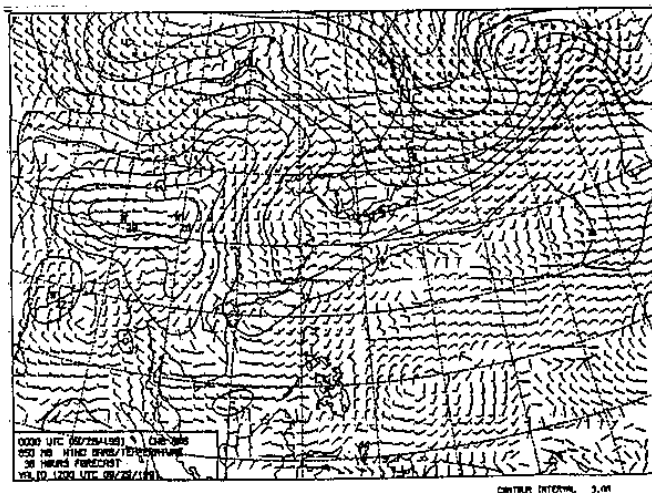
圖二 同圖一所示，但為平行測試版。



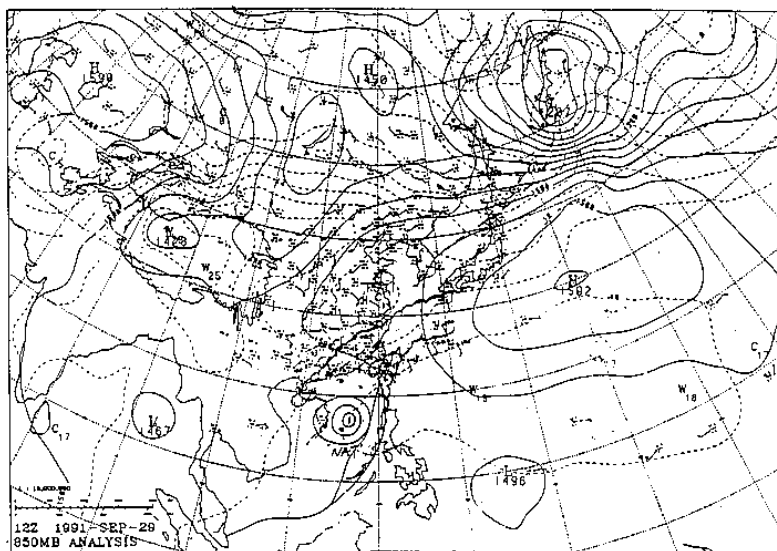
圖三 西元1991年9月29日12 UTC之海平面氣壓場主觀分析圖。實線為等壓線，其間距為3毫巴。



圖四 作業版西元1991年9月28日00 UTC個案之36小時，預報850毫巴溫度場及風場。實線為等溫線，其間距為3°C。



圖五 同圖四所示，但為平行測試版。



圖六 西元1991年9月29日12 UTC之850毫巴主觀分析圖。實線為等高線，其間距為30公尺。虛線為等溫線，其間距為3°C。粗黑線標示台灣附近雲之分佈。

