

北半球三层准地转波谱模式*

郑 庆 林

(中央气象局气象科学研究院天气气候研究所)

提 要

文中,非线性项的处理用了变维方法,纬向的“完全的谱方法”及经向的“准谱方法”,既有利于克服非线性不稳定,且能大大节省计算量及存储量,使之能在小型计算机上实现其程序设计。通过设计多个地形曲面的办法来考虑地形的作用。在时间差分格式中,将时间步长取成波数的函数,有利于节省计算量。这模式从一九七四年九月开始进行了较多个例的预报实验,其 72 小时以内的预报效果是比较好的。

一、二维场的球面函数逼近

$W(\theta, \lambda)$ 在 $(0 \leq \theta \leq \pi/2, 0 \leq \lambda \leq 2\pi)$ 内连续,可按球面函数展开成如下形式:

$$W(\theta, \lambda) = \sum_{m=0}^M \sum_{n=1}^N (\tilde{A}_{m, m+2n-Z} \cos m\lambda + \tilde{B}_{m, m+2n-Z} \sin m\lambda) \bar{P}_{m+2n-Z}^m(\cos \theta) \quad (1)$$

其中, $\bar{P}_{m+2n-Z}^m(\cos \theta)$ 是归一化了的缔合勒上德多项式。需对 W 场奇开拓时(沿 θ 方向),取 $Z=1$; 偶开拓时,取 $Z=2$ (以下同)。令:

$$A_m(\theta) = \sum_{n=1}^N \tilde{A}_{m, m+2n-Z} \bar{P}_{m+2n-Z}^m(\cos \theta) \quad (2a)$$

$$B_m(\theta) = \sum_{n=1}^N \tilde{B}_{m, m+2n-Z} \bar{P}_{m+2n-Z}^m(\cos \theta) \quad (2b)$$

于是
$$W(\theta, \lambda) = A_0(\theta) + \sum_{m=1}^M [A_m(\theta) \cos m\lambda + B_m(\theta) \sin m\lambda] \quad (3)$$

下面的讨论中, $\Delta\lambda = \pi/18$, $\Delta\theta = \pi/36$, 所以

$$A_0(\theta_i) = \frac{1}{36} \sum_{j=1}^{36} W(\theta_i, \lambda_j) \quad (4a)$$

$$A_m(\theta_i) = \frac{1}{18} \sum_{j=1}^{36} W(\theta_i, \lambda_j) \cos(mj\pi/18) \quad (4b)$$

$$B_m(\theta_i) = \frac{1}{18} \sum_{j=1}^{36} W(\theta_i, \lambda_j) \sin(mj\pi/18) \quad (4c)$$

* 1978 年 5 月 9 日收到修改稿。

以及
$$\tilde{A}_{m,m+2n-z} = \frac{\pi}{18} \sum_{i=1}^I A_m(\theta_i) \sin \theta_i \bar{P}_{m+2n-z}^m (\cos \theta_i) \quad (5a)$$

$$\tilde{B}_{m,m+2n-z} = \frac{\pi}{18} \sum_{i=1}^I B_m(\theta_i) \sin \theta_i \bar{P}_{m+2n-z}^m (\cos \theta_i) \quad (5b)$$

由于有了(2)式,所以在已知 $W(\theta, \lambda)$ 求展开系数时,可先通过(4)式,再通过计算(5)式来得到;反之,可先由(2)式,再由(3)式来得到,这里称上述作法为变维方法。这是一种节省计算量的作法。

这里,采用了快速算法来实现(4)式的计算,令

$$j = 6j_0 + j_1 \quad (j_0 = 0, 1, \dots, 5; j_1 = 1, 2, \dots, 6) \quad (6a)$$

$$m = 6m_0 + m_1 \quad (6b)$$

当 $M = 12 + M_2$ 时, $m_0 = 0, 1, 2$; 而 $m_1 = \begin{cases} 1, 2, \dots, 6 & (m_0 = 0, 1) \\ 1, 2, \dots, M_2 & (m_0 = 2) \end{cases}$

这里取 M_2 为小于 6 的正整数。

令
$$\tilde{C}_{m_1}(\theta_i, j_1) = \sum_{j_0=0}^5 W(\theta_i, \lambda_{6j_0+j_1}) \cos(m_1 j_0 \pi / 3) \quad (7a)$$

$$\tilde{D}_{m_1}(\theta_i, j_1) = \sum_{j_0=0}^5 W(\theta_i, \lambda_{6j_0+j_1}) \sin(m_1 j_0 \pi / 3) \quad (7b)$$

于是
$$A_m(\theta_i) = \frac{1}{18} \sum_{j_1=1}^6 [\tilde{C}_{m_1}(\theta_i, j_1) \cos(m j_1 \pi / 18) - \tilde{D}_{m_1}(\theta_i, j_1) \sin(m j_1 \pi / 18)] \quad (8a)$$

$$B_m(\theta_i) = \frac{1}{18} \sum_{j_1=1}^6 [\tilde{D}_{m_1}(\theta_i, j_1) \cos(m j_1 \pi / 18) + \tilde{C}_{m_1}(\theta_i, j_1) \sin(m j_1 \pi / 18)] \quad (8b)$$

注意(6b)式,(8)式可被计算。

令:
$$\varepsilon_{M,N} = \sqrt{\left\{ W(\theta, \lambda) - \sum_{m=0}^M \sum_{n=1}^N [\tilde{A}_{m,m+2n-z} \cos m\lambda + \tilde{B}_{m,m+2n-z} \sin m\lambda] \bar{P}_{m+2n-z}^m \right\}^2}_{\theta, \lambda} \quad (9)$$

式中
$$\overline{(\quad)}_{\theta, \lambda} = \frac{1}{\pi^2} \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} (\quad) d\theta d\lambda$$

表 1 是利用 1973 年 1 月 11 日 20 时至 1 月 20 日 20 时(北京时,下同)的十天 500 毫巴等压面高度场资料进行逐日球面函数展开,而后利用(9)式求其逼近的均方根误差并加以平均而得到的。可以看到,收敛速度是很快的,当 $M=14$, $N=13$ 时,均方根误差可以减少到 1 位势什米。由于计算量及存储量和 $M \times N$ 有关,所以在一定的误差要求下,应选择 $M \times N$ 值小的为好。例如, $\varepsilon_{12,14}=1.09$, $\varepsilon_{15,12}=1.08$, $\varepsilon_{13,13}=1.09$; 在 $\varepsilon=1.09$ 的要求下,应选择 $M=13$, $N=13$ 为好。模式的 M, N 值,可根据上述原则对不同季节作些调整。

表 1 $\varepsilon_{M,N}$ 随 M, N 的分布 (单位: 位势什米)

$M \backslash N$	7	8	9	10	11	12	13	14	15
8	2.22	2.05	1.98	1.91	1.84	1.78	1.74	1.70	1.67
9	2.07	1.87	1.79	1.71	1.62	1.56	1.50	1.45	1.42
10	1.97	1.75	1.66	1.57	1.48	1.41	1.35	1.29	1.25
11	1.91	1.68	1.58	1.49	1.39	1.31	1.24	1.18	1.13
12	1.87	1.63	1.53	1.43	1.32	1.23	1.16	1.09	1.04
13	1.84	1.59	1.48	1.38	1.26	1.17	1.09	1.01	0.96
14	1.82	1.57	1.45	1.34	1.22	1.12	1.03	0.95	0.90
15	1.80	1.54	1.43	1.31	1.19	1.08	0.99	0.91	0.86
16	1.79	1.53	1.41	1.29	1.16	1.04	0.96	0.87	0.81

二、北半球三层准地转波谱模式

1. 模式的预报方程组

在 (θ, λ, p, t) 坐标系中, 模式的预报方程为:

$$\frac{\partial \nabla^2 \psi}{\partial t} = J(\nabla^2 \psi + f, \psi) + \bar{f} \frac{\partial \omega}{\partial p} + Q_1 \quad (10)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{\partial \psi}{\partial p} \right) = J \left(\frac{\partial \psi}{\partial p}, \psi \right) - \frac{S}{p^2} \frac{\omega}{\bar{f}} - Q_2 \quad (11)$$

这里 $\Delta^2 A = \frac{1}{a^2 \sin \theta} \left(\frac{\partial}{\partial \theta} \sin \theta \frac{\partial A}{\partial \theta} + \frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial^2 A}{\partial \lambda^2} \right)$; $J(A, B) = \frac{1}{a^2 \sin \theta} \left(\frac{\partial A}{\partial \theta} \frac{\partial B}{\partial \lambda} - \frac{\partial B}{\partial \theta} \frac{\partial A}{\partial \lambda} \right)$;

$S = R^2 T (\gamma_d - \gamma) / g$, $f = 2 \Omega \cos \theta$, Ω 为地转角速度, ψ 为流函数。 Q_1, Q_2 是为考虑地形影响而引进的订正项。 ψ 的初值由下式给出:

$$a^2 \nabla^2 \psi|_{t_0} = \frac{1}{f_1} \left(a^2 \nabla^2 \phi|_{t_0} - \frac{1}{f_1} \frac{\partial f_1}{\partial \theta} \cdot \frac{\partial}{\partial \theta} \phi|_{t_0} \right) \quad (12)$$

其中: 当 $\theta \leq 70^\circ$ 时, 取 $f_1 = f$; 当 $\theta > 70^\circ$ 时, 取 $f_1 = 2 \Omega \cos 70^\circ$; $\phi|_{t_0}$ 为初始时刻位势高度场(在低纬地区, 用风场修正它)。在(12)式及以下的讨论中, 假定 ψ 场是以赤道为奇对称流场, 并且在极点是有界的。而

$$\omega|_{p=0, P=0} \quad (13)$$

可以看到, 如果取订正项 Q_1, Q_2 为零, 这模式就是没有考虑地形的影响了。作为第一步, 为了近似地考虑地形的作用, 取订正项 Q_1, Q_2 为:

$$Q_1 \approx \bar{f} \frac{\partial \omega^*}{\partial p} \quad (14 a)$$

$$Q_2 \approx \frac{S}{p^2} \cdot \frac{\omega^*}{\bar{f}} \quad (14 b)$$

并且近似认为, ω^* 具有下列的空间分布(也是时间的函数):

$$\omega^* = \begin{cases} 0 & (P > P_h) \\ -\rho_h \cdot g \cdot \nabla h \cdot \nabla h & (P = P_h) \\ -\tilde{K}_{P_h-P} \cdot \rho_h \cdot g \cdot \nabla h \cdot \nabla h & (P < P_h) \end{cases} \quad (14c)$$

式中, $\tilde{K}_{P_h-P}$ 为衰减系数。

2. 模式方程组的数值求解

(1) 垂直有限差分格式

模式的垂直分层及各地形曲面 h_4, h_5, h_6 的定义, 如图 1 所示。

在高层, 可以不考虑地形影响, 取 $Q_1|_{P_1} \approx 0, Q_2|_{P_2} \approx 0$ 。

根据(14)式:

$$\begin{aligned} Q_1|_{P_3} &= \frac{\bar{f}}{P_{h_4}-P_2}(\omega^*|_{P_{h_4}} - \omega^*|_{P_2}) = -\frac{\bar{f} \cdot \rho_{h_4} \cdot g}{P_{h_4}-P_2}(1 - \tilde{K}_{P_{h_4}-P_2}) \nabla h_4 \cdot \nabla h_4 \approx \\ &\approx -\frac{\bar{f} \cdot \rho_{h_4} \cdot g}{P_{h_4}-P_2}(1 - \tilde{K}_{P_{h_4}-P_2}) \cdot \hat{K}_{h_4} \cdot \nabla h_4 = \mu_{h_4} J(h_4, \psi_3) = \hat{\mathcal{W}}_{h_4} \end{aligned} \quad (15a)$$

$$\text{用类似方法可以得到:} \quad Q_1|_{P_6} \approx \mu_{h_6} J(h_6, \psi_5) = \hat{\mathcal{W}}_{h_6} \quad (15b)$$

$$\text{以及} \quad \frac{\bar{f}}{P_4-P_2} \omega^*|_{P_4} \approx \mu_{h_5} J(h_5, \psi_5) = \hat{\mathcal{W}}_{h_5} \quad (15c)$$

数值实验结果表明, 考虑了地形影响订正项 Q_1, Q_2 后, 对预报效果有改进。

将(10)式写在 P_1, P_3, P_5 上, 将(11)式写在 P_2, P_4 上, 并考虑到(15)式, 经过适当推导, 不难得到:

$$a^2 \nabla^2 \left(r_1 \frac{\partial \psi_1}{\partial t} + \frac{\partial \psi_3}{\partial t} + \frac{\partial \psi_5}{\partial t} \right) = a^2 \tilde{F}_1 \quad (16a)$$

$$a^2 \nabla^2 \left[\frac{\partial \psi_1}{\partial t} + (\alpha - 1) \frac{\partial \psi_3}{\partial t} - \alpha \frac{\partial \psi_5}{\partial t} \right] - d_1 a^2 \left[\frac{\partial \psi_1}{\partial t} + (\alpha - 1) \frac{\partial \psi_3}{\partial t} - \alpha \frac{\partial \psi_5}{\partial t} \right] = a^2 \tilde{F}_2 \quad (16b)$$

$$a^2 \nabla^2 \left[\frac{\partial \psi_1}{\partial t} + (\beta - 1) \frac{\partial \psi_3}{\partial t} - \beta \frac{\partial \psi_5}{\partial t} \right] - d_2 a^2 \left[\frac{\partial \psi_1}{\partial t} + (\beta - 1) \frac{\partial \psi_3}{\partial t} - \beta \frac{\partial \psi_5}{\partial t} \right] = a^2 \tilde{F}_3 \quad (16c)$$

其中, $a^2 \tilde{F}_i = \sum_{j=1}^8 L_{i,j} \cdot a^2 F_j$; $L_{i,j}$ 是 L 矩阵第 i 行第 j 列元素

$$L = \begin{pmatrix} r_1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 \\ 1 & (\alpha - 1 - 1/r_1) \hat{\lambda}_2 & \alpha - 1 & (1 - 2\alpha) \hat{\lambda}_4 & -\alpha & \alpha - 1 & 1 - 2\alpha & -\alpha \\ 1 & (\beta - 1 - 1/r_1) \hat{\lambda}_2 & \beta - 1 & (1 - 2\beta) \hat{\lambda}_4 & -\beta & \beta - 1 & 1 - 2\beta & -\beta \end{pmatrix} \quad (17)$$

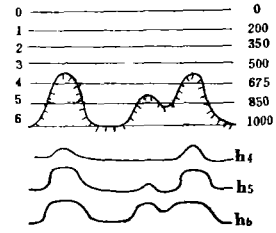


图 1 模式的垂直分层及各地形曲面的定义

$$a^2 F_j = \begin{cases} a^2 J(\nabla^2 \psi_j + f, \psi_j) & (j=1, 3, 5) \\ a^2 J(\psi_{j-1}, \psi_{j+1}) & (j=2, 4) \\ a^2 \hat{W}_{h_{j-2}} & (j=6, 7, 8) \end{cases} \quad (18)$$

$\hat{\lambda}_j = \bar{f}^2 \cdot P_j^2 / [S_j(P_4 - P_2)(P_{j+1} - P_{j-1})]$; $r_1 = P_2 / (P_4 - P_2)$; 而 α, β, d_1, d_2 是与 $\hat{\lambda}_j, r_1$ 有关的数。

(2) 球面函数的应用

将 ψ_j 按(1)式的类似形式展开(取 $Z=1$, 并将 m 换成 l), 为在非线性项的处理中仍采用变维方法, 这里继续利用(2), (3)式, 并令

$$y_{j,l}(\theta, t) = \sum_{n=1}^N d \cdot \tilde{A}_{j,l,l_2}(t) \cdot \frac{d^k}{d\theta^k} \bar{P}_{l_2}^l \quad (19a)$$

$$\hat{y}_{j,l}(\theta, t) = \sum_{n=1}^N d \cdot \tilde{B}_{j,l,l_2}(t) \cdot \frac{d^k}{d\theta^k} \bar{P}_{l_2}^l \quad (19b)$$

其中, 当标号 y 为: D R G
 k 分别为: 1 0 1
 d 分别为: 1 $-l_2(l_2+1)/a^2$ $-l_2(l_2+1)/a^2$

这里 $l_2 = l + 2n - 1$, 于是有

$$\begin{aligned} a^2 \tilde{F}_i = & \sum_{l=1}^M (E_{i,l}^c \cos l\lambda + E_{i,l}^s \sin l\lambda) + \sum_{l=1}^M \sum_{l_1=1}^M E_{i,l,l_1}^{cs} \cos l\lambda \sin l_1\lambda + \\ & + \sum_{l=1}^M \sum_{l_1=1}^M (E_{i,l,l_1}^{cc} \cos l\lambda \cos l_1\lambda + E_{i,l,l_1}^{ss} \sin l\lambda \sin l_1\lambda) + E_{i,0}^c \end{aligned} \quad (20)$$

其中, $E_{i,l}^y = \sum_{j=1}^8 L_{i,j} F_{j,l}^y(\theta, t)$; $E_{i,l,l_1}^Y = \sum_{j=1}^8 L_{i,j} F_{j,l,l_1}^Y(\theta, t)$;

这里, 标号 y 分别为 c, s ; 标号 Y 分别可为 cc, ss, cs ; $F_{j,l}^Y, F_{j,l,l_1}^Y$ 是与 $A_{j,l}, B_{j,l}, D_{j,l}, \hat{D}_{j,l}, R_{j,l}, \hat{R}_{j,l}, G_{j,l}, \hat{G}_{j,l}$ 以及地形影响项展开系数等等有关的量, 而 $a^2 \tilde{F}_i$ 还可以按富氏级数展开:

$$a^2 \tilde{F}_i = \hat{E}_{i,0}^c + \sum_{m=1}^M (\hat{E}_{i,m}^c \cos m\lambda + \hat{E}_{i,m}^s \sin m\lambda) \quad (21)$$

于是, 由(20), (21)式可得到:

$$\hat{E}_{i,0}^c = E_{i,0}^c + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^M (E_{i,k,k}^{cc} + E_{i,k,k}^{ss}) \quad (22a)$$

$$\begin{aligned} \hat{E}_{i,m}^c = & E_{i,m}^c + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{M-m} (E_{i,k,m+k}^{cc} + E_{i,m+k,k}^{cc} + E_{i,k,m+k}^{ss} + E_{i,m+k,k}^{ss})_{(1,M-1)} + \\ & + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{m-1} (E_{i,k,m-k}^{cc} - E_{i,k,m-k}^{ss})_{(2,M)} \end{aligned} \quad (22b)$$

$$\hat{E}_{i,m}^s = E_{i,m}^s + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{M-m} (E_{i,k,m+k}^{cs} - E_{i,m+k,k}^{cs})_{(1,M-1)} + \frac{1}{2} \sum_{k=1}^{m-1} (E_{i,k,m-k}^{cs})_{(2,M)} \quad (23)$$

其中, $i=1,2,3$; $m=1,2,\dots,M$; $(\)_{(a,b)}$ 是表示 $(\)$ 内的 m 的取值范围为 $a \leq m \leq b$ 。可以看到, 这在纬向采用“完全的谱方法”, 所有非线性项都被解析地计算出来, 克服了非线性不稳定。由于(22), (23)式中已去掉极大量不必要(含零项)的运算, 节省了大量计算量。

根据缔合勒上德多项式递推公式, 不难得到:

$$\frac{d}{d\theta} \bar{P}_{l_2}^l = 2 (C_{l,l_2}^1 \bar{P}_{l_2+2}^l + C_{l,l_2}^2 \bar{P}_{l_2}^l + C_{l,l_2}^3 \bar{P}_{l_2-2}^l) / \sin 2\theta \quad (24)$$

其中: $l_2 = l + 2n - 1$, $l = 0, 1, \dots, M$, $n = 1, \dots, N$; 而 C_{l,l_2}^j 是 l, l_2 有关的量(这里 $j=1, 2, 3$)。因而, 可以精确计算 $\hat{E}_{i,m}^c, \hat{E}_{i,m}^s$ 在 $[0, \frac{\pi}{2}]$ 内 θ_k 点上的值, 并按下列格式展开:

$$\hat{E}_{i,m}^y = \sum_{n=1}^N \tilde{F}_{i,m,m+2n-1}^y(t) \bar{P}_{m+2n-1}^m(\cos\theta) \quad (25)$$

于是,

$$\tilde{F}_{i,m,m+2n-1}^y(t) = \frac{\pi}{18} \sum_{k=1}^I \hat{E}_{i,m}^y(\theta_k, t) \cdot \sin \theta_k \cdot \bar{P}_{m+2n-1}^m(\cos \theta_k) \quad (26)$$

式中: $i=1, 2, 3$; 标号 y 分别可为 c, s ; 在这里, 经向采用了“准谱方法”。以(25)式代进(21)式中有:

$$a^2 \tilde{F}_i = \sum_{m=0}^M \sum_{n=1}^N (\tilde{F}_{i,m,m+2n-1}^c \cos m\lambda + \tilde{F}_{i,m,m+2n-1}^s \sin m\lambda) \bar{P}_{m+2n-1}^m \quad (27)$$

于是, 由(16)式有:

$$\begin{pmatrix} d\tilde{Y}_{1,m,l_2}/dt \\ d\tilde{Y}_{3,m,l_2}/dt \\ d\tilde{Y}_{5,m,l_2}/dt \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \gamma_1 & 1 & 1 \\ 1 & \alpha-1 & -\alpha \\ 1 & \beta-1 & -\beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} -\tilde{F}_{1,m,l_2}^y/[l_2(l_2+1)] \\ -\tilde{F}_{2,m,l_2}^y/[l_2(l_2+1)+d_1a^2] \\ -\tilde{F}_{3,m,l_2}^y/[l_2(l_2+1)+d_2a^2] \end{pmatrix} \quad (28)$$

式中: 当标号 Y 表示为 A 时, 标号 y 表示为 c ; 当标号 Y 表示为 B 时, 标号 y 表示为 s 。

在上述非线性项处理中, 由于用变维方法、纬向“完全谱方法”和经向“准谱方法”, 使得计算量及存储量都大为减少。这方法已用于北半球七层初始方程谱模式中^[1]。

(3) 时间差分格式

这里采用显式格式, 将时间步长取成波数的函数, 认为近似稳定性判据应与波数有关。从线性化涡度方程出发:

$$\frac{\partial}{\partial t} \nabla^2 \psi' + \tilde{\alpha} \frac{\partial}{\partial \lambda} \nabla^2 \psi' + 2(\Omega + \tilde{\alpha}) \frac{\partial \psi'}{\partial \lambda} = 0 \quad (29)$$

式中, $\tilde{\alpha}$ 为平均西风角速度。

令

$$\psi' = e^{im\lambda + i\omega t} \bar{P}_{m+2n-1}^m \quad (30)$$

式中 $i = \sqrt{-1}$ 。以(30)式代进(29)式中, 对 t 的偏导数采用中央差分格式, 可得到:

$$\sin(\sigma \Delta t) = \Delta t \cdot \Omega \cdot m \cdot [2(1 + \tilde{\alpha}/\Omega)/(m+2n-1)/(m+2n) - \tilde{\alpha}/\Omega] \quad (31)$$

如果 ψ' 随时间增大, 解是不稳定的。为避免之, 要求 $|\sin(\sigma \Delta t)| \leq 1$ 。若取 $\tilde{\alpha}$ 上界为 $\tilde{\alpha}_{\max}$, 那么有:

$$\Delta t < 1 / \left[\Omega \cdot m \cdot \left| \frac{2(1 + \tilde{\alpha}_{\max}/\Omega)}{(m+2n-1)(m+2n)} - \frac{\tilde{\alpha}_{\max}}{\Omega} \right| \right] \quad (32)$$

根据(32)式的要求, 本模式将 Δt 取成 m 的函数: $m=1 \sim 4$, $\Delta t=4$ 小时; $m=5 \sim 8$, $\Delta t=2$ 小时; $m=9 \sim 12$, $\Delta t=1$ 小时。实验结果表明, 这种做法有利于减少计算量。

3. 结果

本模式从 1974 年 9 月开始进行较多个例的预报实验, 72 小时以内的预报效果是比较好的。当 $M=15$, $N=13$, 在 6912 型计算机上制作 24 小时预报约需 16 分钟。

本例(以 1975 年 6 月 8 日 20 时 200 毫巴, 500 毫巴, 850 毫巴等压面资料为初始场)

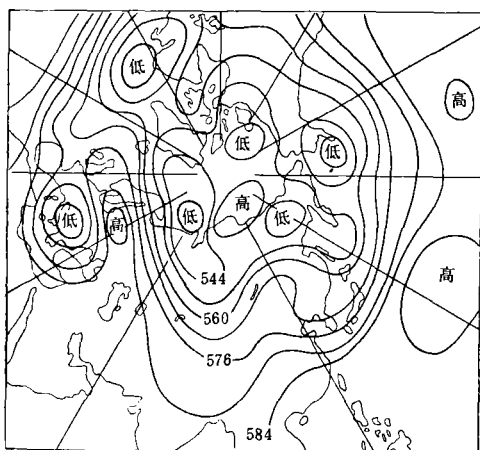


图 2 1975 年 6 月 8 日 20 时(北京时,下同) 500 毫巴等压面分析(初始场)

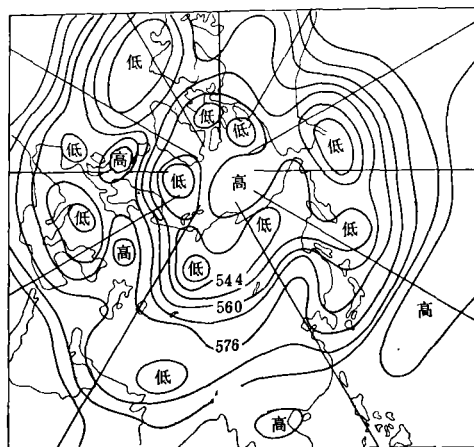


图 3 1975 年 6 月 9 日 20 时 500 毫巴等压面分析(24 小时实况图, 验证图 5)

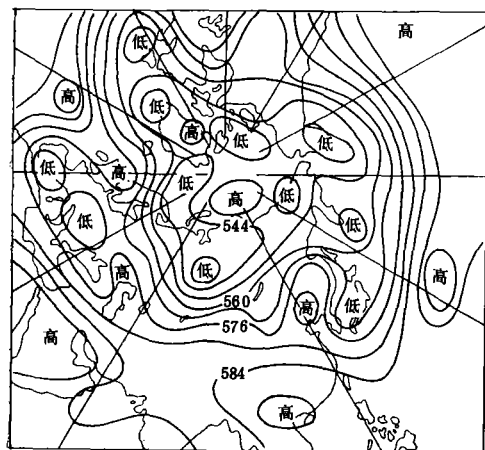


图 4 1975 年 6 月 10 日 20 时 500 毫巴等压面分析(48 小时实况, 验证图 6)

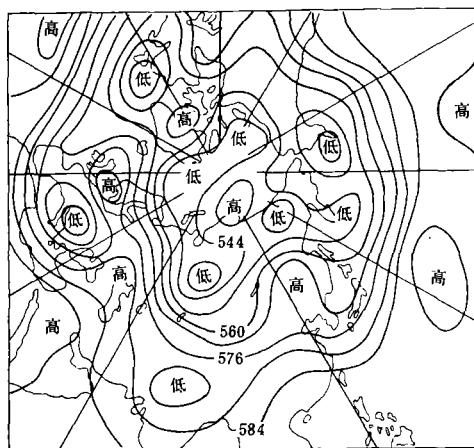


图 5 24 小时 500 毫巴预报图

仅给出 500 毫巴的 24, 48 小时的北半球范围的预报图及实况图。从 48 小时内的实况演变, 可以看到(见图 2, 3, 4): (1) 原里海至冰岛为一高压带, 其北侧为平直气流带, 南侧为地中海大低压。48 小时内, 这一高压带逐渐在欧洲中部及西部减弱断开, 这一带被从新地岛西部下来的低压槽, 以及从地中海北移的减弱的低压所代替。而新地岛低压向南偏东方向迅速移动。(2) 原日本海为一横槽, 48 小时内, 由于原贝加尔湖高压东移, 而原日本海低压向西南方向移动, 使得这一带出现北高南低的形势。(3) 原北美大陆弱脊东移并强烈加强。西班牙西部在 48

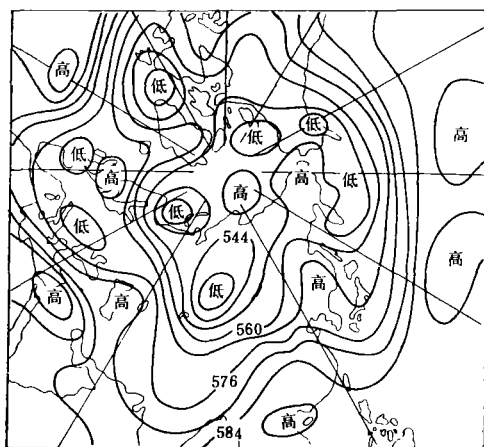


图 6 48 小时 500 毫巴预报图

小时内生成一较强高压脊, 致使原加拿大东部的东西向大低压稍东移, 变成了南北向的大低压。上述形势大调整(包括调整过程)均在 24, 48 小时预报图上被较好地预报出来(分别见图 5, 图 6), 但贝加尔湖一带的低压槽却预报得深些。

参 考 文 献

[1] 郑庆林, 北半球七层初始方程谱模式, 第二次全国数值预报论文集。

A THREE-LEVEL FILTERED SPECTRAL MODEL FOR NORTHERN HEMISPHERE

Zheng Qing-lin

(Research Institute of Weather and Climate, Central Meteorological Service)

Abstract

A three-level filtered spectral forecast model including orography has been developed, using the difference method, vertically, the degradation of dimensionality, and a perfect spectral method latitudinally and pseudo-spectral methods longitudinally. The wave numbers taken along the parallels and the meridians are 15 and 13 respectively. In time integration, the time step is taken as a function of wave number. Since september in 1974, a number of examples have been computed, with fairly good results.