

一个修正的 σ 坐标初始方程斜压模式的 分裂显式积分*

陈嘉滨 张道民 朱抱真

(中国科学院大气物理研究所)

提 要

为了节省计算时间,本文对一个修正的 σ 坐标初始方程斜压模式作了分裂显式积分的研究。把大气运动分为平流过程和适应过程。在时间积分上对平流过程采用欧拉后差,对适应过程采用向前-向后差分格式,得到积分 15 天的稳定结果。计算时间比显式节省了 60% 左右,而预报效果相似。

一、引 言

近年来,大气物理研究所第二研究室的部分同志设计和试验了一个包括地形和非绝热作用的初始方程三层模式^[1],现在这个模式已扩充为北半球五层初始方程差分预报模式^[2],它采用一个修正的 σ 坐标作为垂直坐标并采用显式时间积分。水平格距为 381 km,时间步长为 7.5 分钟,格点数为 51×51 ,预报结果较好,但很费机器时间。为了适应业务预报的要求,我们需要试验节约计算时间的积分格式。

大尺度大气运动,按时间尺度可区分为适应过程和演变过程(或平流过程)^{[3],[4]},由此提出了用不同的数值方法处理控制方程不同项的分裂积分方案。陈秋士^[5]把分裂技术应用到准地转模式上,Gadd^[6]把分裂技术应用到 P 坐标的初始方程上获得成功。本文把分裂显式技术应用到作者所提出的修正 σ 坐标初始方程斜压模式,得到了 15 天积分稳定的计算结果。而计算时间仅是显式积分格式的 40%。

二、控制方程组

修正的 σ 坐标定义^[2]为

$$\sigma = \begin{cases} \frac{p - p_m}{\pi} + \sigma_m, & \text{当 } p > p_m \\ \frac{p}{\pi}, & \text{当 } p < p_m. \end{cases}$$

这里

* 本文于 1980 年 12 月 9 日收到,1981 年 6 月 4 日收到修改稿。

$$\pi = \begin{cases} \pi_L \equiv \frac{p_* - p_m}{1 - \sigma_m}, & \text{当 } p > p_m \\ \pi_U \equiv \frac{p_m}{\sigma_m}, & \text{当 } p < p_m. \end{cases}$$

p_m 和 σ_m 是常数, 我们取 $p_m = 600$ mb 和 $\sigma_m = 0.6$ 。

我们的原来 5 层初始方程模式是采用修正的 σ 坐标、显式差分格式, 非线性项取辐散形式^[2]。为了便于显式分裂积分, 把控制方程改写为如下形式。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = - \left[m \left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) + \frac{m}{\pi} \dot{\Sigma} \frac{\partial u}{\partial \sigma} \right] + f v - f v_g + F_u \quad (1)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = - \left[m \left(u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) + \frac{m}{\pi} \dot{\Sigma} \frac{\partial v}{\partial \sigma} \right] - f u + f u_g + F_v \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial t} = & - \left\{ m \left[u \frac{\partial}{\partial x} \left(T + \frac{\phi}{c_p} \right) + v \frac{\partial}{\partial y} \left(T + \frac{\phi}{c_p} \right) \right] + \frac{m}{\pi} \dot{\Sigma} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(T + \frac{\phi}{c_p} \right) \right\} \\ & + \frac{RT}{c_p \pi \beta} \frac{\partial \pi}{\partial t} + \frac{1}{c_p} (u f v_g - v f u_g) + \frac{\dot{H}}{c_p} + F_T \end{aligned} \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial \dot{\Sigma}}{\partial \sigma} = & - \frac{1}{m} \left[m^2 \left(\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} \right) + \frac{\partial \pi}{\partial t} \right] \end{aligned} \right. \quad (4)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial \pi}{\partial t} = & - \frac{m^2}{1 - \sigma_m} \int_0^1 \left(\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} \right) d\sigma \end{aligned} \right. \quad (5)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial \phi}{\partial p} = & - \frac{RT}{p} \end{aligned} \right. \quad (6)$$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial}{\partial \sigma} [\phi (\sigma - \sigma_m)] = & \phi - \frac{RT}{\beta} \quad (p > p_m) \end{aligned} \right. \quad (6')$$

这里

$$\beta = 1 + \frac{p_m}{(\sigma - \sigma_m) \pi_L}.$$

m 为极射赤道地图投影放大系数。而

$$f v_g = m \left(\frac{\partial \phi}{\partial x} + RT \frac{\partial \ln p}{\partial x} \right),$$

$$f u_g = - m \left(\frac{\partial \phi}{\partial y} + RT \frac{\partial \ln p}{\partial y} \right)$$

和

$$U = \frac{\pi u}{m}, \quad V = \frac{\pi v}{m}, \quad \dot{\Sigma} = \frac{\pi \dot{\sigma}}{m},$$

其它一些符号同文献^[2]。这里要指出的一点是, 基本方程的平流项写为平流形式, 便于把与重力快波有关的适应过程从慢波的平流过程中分裂出来。

三、控制方程的分裂

把大气分为两种主要过程,适应过程和平流过程。适应过程是一种快过程。我们把控制方程中与此有关的气压梯度项,柯氏项,散度项和垂直平流项等归于适应过程中。平流过程是一种慢过程,我们把控制方程中与此有关的水平平流及地面摩擦和扩散项归于平流过程中。

1. 适应过程

预报方程组为

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -\frac{m}{\pi} \dot{\Sigma} \frac{\partial u}{\partial \sigma} + f v - f v_s \quad (7)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{m}{\pi} \dot{\Sigma} \frac{\partial v}{\partial \sigma} - f u + f u_s \quad (8)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -\frac{m}{\pi} \dot{\Sigma} \frac{\partial}{\partial \sigma} \left(T + \frac{\phi}{c_p} \right) + \frac{RT}{c_p \pi \beta} \frac{\partial \pi}{\partial t} + \frac{1}{c_p} (u f v_s - v f u_s) \quad (9)$$

$$\frac{\partial \pi}{\partial t} = -\frac{m^2}{1 - \sigma_m} \int_0^1 \left(\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} \right) d\sigma \quad (10)$$

$$\frac{\partial \dot{\Sigma}}{\partial \sigma} = -\frac{1}{m} \left[m^2 \left(\frac{\partial U}{\partial x} + \frac{\partial V}{\partial y} \right) + \frac{\partial \pi}{\partial t} \right] \quad (11)$$

加上静力方程(6)和(6')。在(10)和(11)中我们没有分出 π 的平流项而直接计算 U 和 V 的散度,这样可以更节省计算量。

垂直边界条件是:当 $\sigma=1$ 或 $\sigma=0$ 时, $\dot{\Sigma}=0$ 。

2. 平流过程

预报方程为

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -m \left(u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} \right) + F_u \quad (12)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -m \left(u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} \right) + F_v \quad (13)$$

$$\frac{\partial T}{\partial t} = -m \left[u \frac{\partial}{\partial x} \left(T + \frac{\phi}{c_p} \right) + v \frac{\partial}{\partial y} \left(T + \frac{\phi}{c_p} \right) \right] + \frac{\dot{H}}{c_p} + F_T \quad (14)$$

四、积分格式

我们采用了两种积分格式进行试验。

1. 积分格式 I

假定有一初值问题

$$\begin{cases} \frac{\partial X}{\partial t} = A X \\ X = X^0 \quad (t=t_0). \end{cases} \quad (15)$$

其中 X 是描写大气状态的物理量,是一个向量场, A 为一线性算子,假定 $A=A_1+A_2$ 。将

此算子对空间离散化后, 则得差分算子 $A = A_1 + A_2$ 。 A, A_1 和 A_2 仅依赖于空间步长。当空间步长 $\Delta x \rightarrow 0$ 时, 它们将分别趋于 A, A_1 和 A_2 。

若采用两时间层格式, 则在一个时间步长 Δt 内方程(15)的差分形式可写成^[6]

$$X^{n+1} = \left(I + \frac{\Delta t}{K} A_2 \right)^K (I + \Delta t A_1) X^n. \quad (16)$$

其中 I 为单位矩阵, A_1 和 A_2 分别为平流过程和适应过程的差分算子。平流过程时间步长为 Δt , 适应过程时间步长为 $\Delta t/K$, K 为一步平流所对应的适应过程的步数。式中圆括号右上角的角码 K 表示一步平流后, 要连续做 K 步适应过程的运算。在这种格式的分裂形式中, 一种过程是以另一种过程的预报值为初值进行时间积分的。由方程(16)可以看出 X^{n+1} 仅决定于 X^n , 而不参考更早的时间层。

若我们对平流过程采用三个时间层格式, 对适应过程采用两个时间层格式, 也可得到与(16)类似的表示式:

$$X^{n+1} = \left(I + \frac{\Delta t}{K} A_2 \right)^K (X^{n-1} + 2 \Delta t A_1 X^n) \quad (17)$$

与(16)不同的仅是第二个矩阵中 I 换为 X^{n-1} 。因此, 我们可以在平流过程中使用中央差时间积分。

2. 积分格式 II

这是平流过程和适应过程相加的格式。假定适应过程差分算子为 B_1 , 平流过程差分算子为 B_2 , 这时控制方程可写为

$$\frac{\partial X}{\partial t} = B_1 X + B_2 X, \quad (18)$$

时间积分后为

$$X^{n+1} = X^n + \left(\frac{\Delta t}{K} B_1 \right)^K X^n + \Delta t B_2 X^n \quad (19)$$

从这里可以看出这种格式的形式是平流过程和适应过程都是以同一时刻(n) 的值作为初值, 分别进行时间积分(平流过程时间步长为 Δt , 适应过程为 $\Delta t/K$), 而后相加(连同初值)作为 $n+1$ 时刻预报值。

本文先试验格式的稳定性, 暂略物理因子的作用。试验的结果是积分格式 I 比 II 稳定。

五、差 分 格 式

1. 平流过程的差分格式

对于时间差分, 我们采用两个时间层格式的欧拉后差, 它能有效地阻尼高频波。对于湍流扩散项, 我们采用向前差分。对平流项空间差分, 采用 Shuman 的半动量格式^[7], 即

$$u \frac{\partial a}{\partial x} + v \frac{\partial a}{\partial y} = \overline{u^x a_x} + \overline{v^y a_y} \quad (20)$$

若以 $X(u, v, T, q)$ 表示模式大气的状态, 以 X^n 表示适应过程结束的值, 以 $\left(\frac{\partial X}{\partial t}\right)_A$ 表示由平流过程引起的倾向变化, 这时平流过程计算如下

$$\begin{aligned} X^* &= X^n + \Delta t \left(\frac{\partial X}{\partial t}\right)_A^n \\ X^{n+1} &= X^n + \Delta t \left(\frac{\partial X}{\partial t}\right)_A^* \end{aligned} \quad (21)$$

其中右上角码表示时间层。平流过程引起的倾向计算如下

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial u}{\partial t}\right)_A^n &= -m \left(\overline{u^x u_x} + \overline{v^y u_y} \right)^n \\ \left(\frac{\partial v}{\partial t}\right)_A^n &= -m \left(\overline{u^x v_x} + \overline{v^y v_y} \right)^n \\ \left(\frac{\partial T}{\partial t}\right)_A^n &= -m \left(\overline{u^x T_x} + \overline{v^y T_y} \right)^n \end{aligned} \quad (22)$$

2. 适应过程的差分格式

在(16)式中, 若假定 A_1 是平流算子, 而 A_2 是适应算子, 则我们可以得到大气平流过程结束的状态就是适应过程的初始状态。

在适应过程中, 我们对时间差分采用向前—向后差 (forward-backward) 积分格式^[8], 从稳定性分析可以得到这种格式的时间步长可以拉长为中央差的两倍。因此, 可以大大节省计算时间。

在适应过程的 K 步中, 每一步都是根据方程(7)—(11)的如下差分方程进行计算, 首先计算地面倾向方程和垂直速度

$$\begin{aligned} \pi^{n+1} &= \pi^n - \frac{\Delta t' m^2 \Delta \sigma}{1 - \sigma_m} \sum_{k=1}^5 (\overline{U_x^x} + \overline{V_y^y})_k^n \\ \dot{\Sigma}_{k+\frac{1}{2}} - \dot{\Sigma}_{k-\frac{1}{2}} &= \begin{cases} -\Delta \sigma m (\overline{U_x^x} + \overline{V_y^y})_k^n & (k=1, 2, 3) \\ -\Delta \sigma m \left[m(\overline{U_x^x} + \overline{V_y^y})_k + \frac{1}{m} \frac{\partial \pi_L}{\partial t} \right]^n & (k=4) \end{cases} \end{aligned} \quad (23)$$

这是方程(11)的差分近似。第二步, 我们求 $t + \Delta t'$ 时刻的 T , 采用向前差分, 即

$$\begin{aligned} T^{n+1} &= T^n + \Delta t' \left\{ -\frac{m}{\pi} \left[\dot{\Sigma} \left(T + \frac{\phi}{c_p} \right)^\sigma \right]_\sigma + \frac{RT}{c_p \pi \beta} \frac{\partial \pi}{\partial t} \right. \\ &\quad \left. + \frac{mu}{c_p} \left[\overline{\phi_x^x} + R \overline{T^x (\ln p)_x} \right] + \frac{mv}{c_p} \left[\overline{\phi_y^y} + R \overline{T^y (\ln p)_y} \right] \right\}^n \end{aligned} \quad (24)$$

这是方程(9)的差分近似。在前面两步中, 我们还应把倾向值 $\frac{\partial T}{\partial t}$ 和 $\frac{\partial \pi}{\partial t}$ 保留起来。第三步, 我们根据静力方程(6)和(6)'求出 $t + \Delta t'$ 时的位势高度场 ϕ_k , 静力方程(6)和(6)'的差分取^[1]

$$\phi_5^{n+1} = \phi_5^n + \frac{\Delta t' R}{2} \left\{ \left(\frac{1}{\beta_4} - \frac{1}{2} \ln \frac{p_5}{p_4} \right) \frac{\partial T_4}{\partial t} + \left(\frac{1}{\beta_5} - \frac{1}{2} \ln \frac{p_5}{p_4} \right) \frac{\partial T_5}{\partial t} \right\}$$

$$+ \left[\frac{(2p_m + p_4)T_4}{2p_4^2} + \frac{T_5}{2p_4} \right] \frac{\partial p_4}{\partial t} + \left[\frac{(2p_m - p_5)T_5}{2p_5^2} - \frac{T_4}{2p_5} \right] \frac{\partial p_5}{\partial t} \}^n \quad (25)$$

$$\begin{aligned} \phi_k^{n+1} = & \phi_k^n + \Delta t' \left\{ \frac{\partial \phi_{k+1}}{\partial t} \frac{R}{2} \left[\ln \left(\frac{p_{k+1}}{p_k} \right) \left(\frac{\partial T_k}{\partial t} + \frac{\partial T_{k+1}}{\partial t} \right) \right. \right. \\ & \left. \left. + (T_k + T_{k+1}) \left(\frac{1}{p_{k+1}} \frac{\partial p_{k+1}}{\partial t} - \frac{1}{p_k} \frac{\partial p_k}{\partial t} \right) \right] \right\} \quad (k=1, 2, 3, 4) \end{aligned}$$

$$\text{其中 } \frac{\partial p_k}{\partial t} = (\sigma_k - \sigma_m) \frac{\partial \pi}{\partial t}, \quad p_k = \pi_L (\sigma_k - \sigma_m) + p_m \quad (k=4, 5)$$

对 $k=1, 2, 3$, $\frac{\partial p_k}{\partial t} = 0$ 。最后将由上式求得的 $t + \Delta t'$ 时刻的大气参量代到动量方程 (7)

和 (8) 式的如下差分方程中, 求得 $t + \Delta t'$ 时刻 u, v 的值

$$u^{n+1} = u^n + \Delta t' \left\{ \left(-\frac{m}{\pi} \sum \bar{u}_\sigma^\sigma \right)^n + \frac{f}{2} (v^n + v^{n+1}) - m \left[\bar{\phi}_x^x + R \overline{T^x (\ln p)_x} \right]^{n+1} \right\}$$

$$v^{n+1} = v^n + \Delta t' \left\{ \left(-\frac{m}{\pi} \sum \bar{v}_\sigma^\sigma \right)^n - \frac{f}{2} (u^n + u^{n+1}) - m \left[\bar{\phi}_y^y + R \overline{T^y (\ln p)_y} \right]^{n+1} \right\}$$

这里要指出的是时间差分对梯度项是后差, 对柯氏项是用梯形公式, 这样在形式上似乎是隐式, 但在实际上它是显式。联立求解上面的方程, 可以解得 $t + \Delta t'$ 时刻的风场

$$\begin{aligned} u^{n+1} = & \frac{1}{1 + \frac{1}{4} (\Delta t' f)^2} \left(u^n + \Delta t' \left\{ A_u - f v_{\varepsilon}^{n+1} + f \left[v^n + \frac{\Delta t'}{2} (A_v \right. \right. \right. \\ & \left. \left. \left. + f u_{\varepsilon}^{n+1} \right) - \frac{\Delta t'}{4} f u^n \right] \right\} \right) \end{aligned} \quad (26)$$

$$v^{n+1} = v^n + \Delta t' \left[A_v - \frac{f}{2} (u^n + u^{n+1}) + f u_{\varepsilon}^{n+1} \right] \quad (27)$$

其中

$$A_u = - \left(\frac{m}{\pi} \sum \bar{u}_\sigma^\sigma \right)^n, \quad A_v = - \left(\frac{m}{\pi} \sum \bar{v}_\sigma^\sigma \right)^n$$

$$f u_{\varepsilon}^{n+1} = -m \left[\bar{\phi}_y^y + R \overline{T^y (\ln p)_y} \right]^{n+1}$$

$$f v_{\varepsilon}^{n+1} = m \left[\bar{\phi}_x^x + R \overline{T^x (\ln p)_x} \right]^{n+1}$$

$\Delta t' = \Delta t / K$ 是适应过程的时间步长。

以上 (23) — (27) 就是我们对适应过程所取的差分方程组。

六、实验计算结果

利用本文的分裂显示格式，作了积分计算，我们取时间步长 $\Delta t = 45$ 分，取 $K = 3$ (即 $\Delta t' = 15$ 分)，计算结果表明上述格式是成功的。

我们比较了显式积分^[1]和分裂显式积分的动能变化曲线，可以看到两种方案动能变化基本相同。在前 12 小时中，分裂显式积分的动能变化比显式积分剧烈，这可能是由于初始几步时间步长取得较大，初值不协调造成的。另外，分裂格式的整层大气中平均散度的变化也是在一定范围内稳定地变化，这反应积分计算是稳定的。

还分别将时间步长 Δt 取为 15、30、45 和 60 分钟 (相应 K 为 1、2、3、4) 作了实验，发现前三种情况得到的计算结果相差无几，而当 $\Delta t = 60$ 分时，稍有一些差别，主要反映在一些天气系统的细微结构上略有差别。

这里我们给出了对 1976 年 7 月 28 日 20 时 (北京时) 作初始场 (图 1) 的积分结果。比较显式积分和分裂显式积分的 48 小时预报结果。可以看到天气系统的位置基本一样，不同的仅是系统的强弱稍有差别。我们作了 15 天分裂显式积分，证明格式是稳定的，没有任何计算波，文中给出了第 2、5、10 天的预报图。这个例子的中期变化不强，系统移动偏慢，因此，中期预报结果和实况有一定的相似。(参看图 2-7)

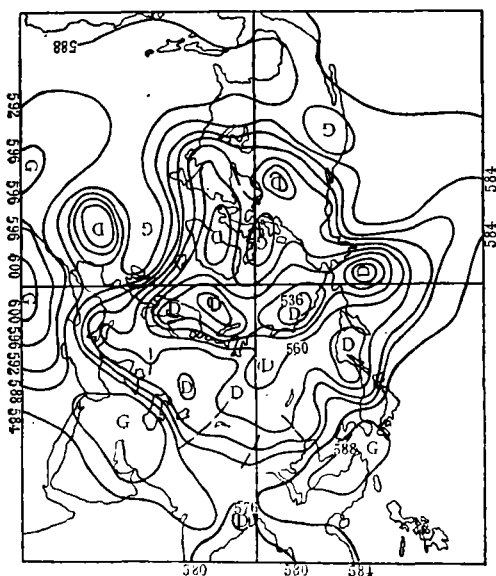


图 1 1976 年 7 月
28 日 20 时 500 mb
高度图 (初始场)

(576 以上间隔为 4, 以下为 8, 其它图同此)

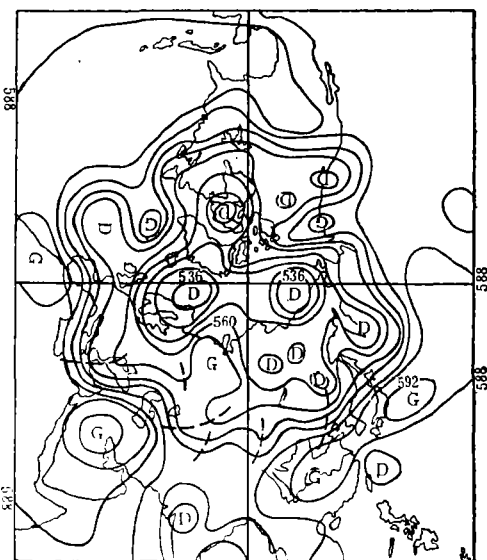


图 2 1976 年 7 月
30 日 20 时 500 mb
高度图 (实况)

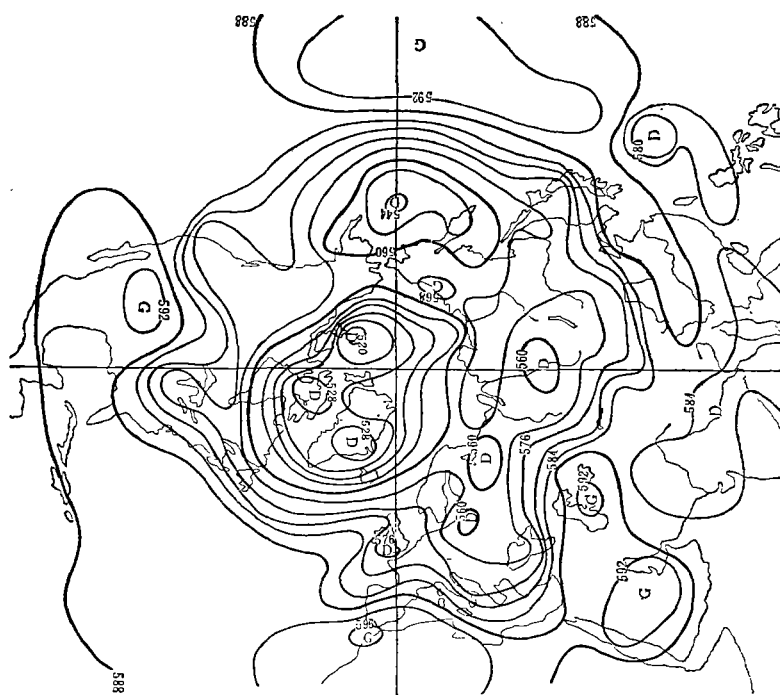


图 4 1976 年 8 月 7 日 20 时 500 mb 高度图(实况)

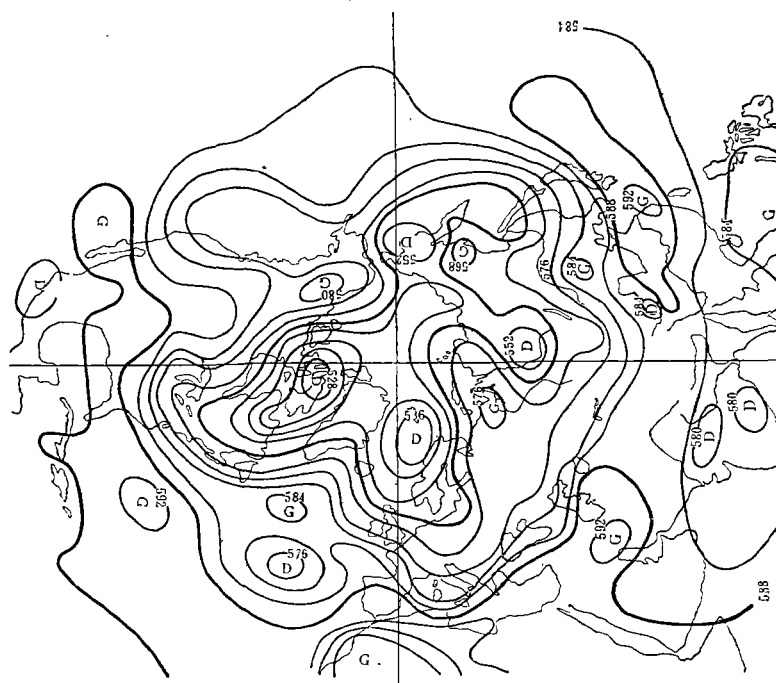


图 3 1976 年 8 月 2 日 20 时 500 mb 高度图(实况)

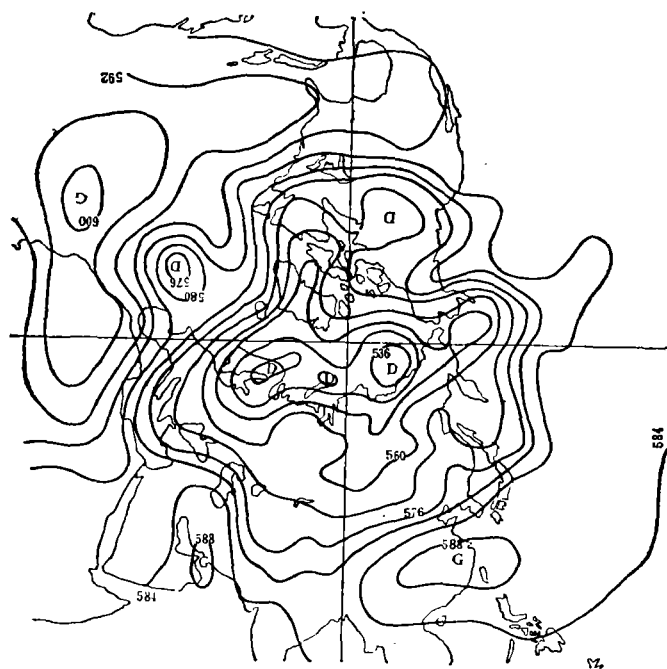


图 5 48 小时 500 mb 高度预报图 (用图 2 验证)

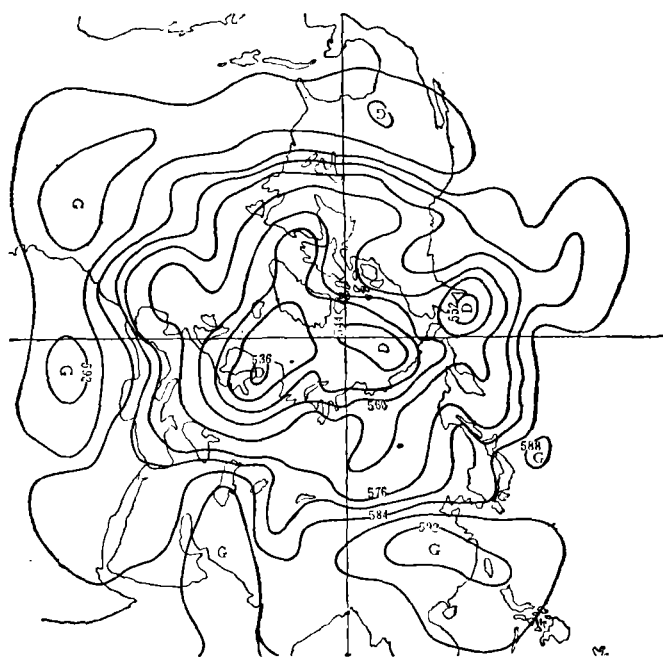


图 6 5 天 500 mb 高度预报图 (用图 3 验证)

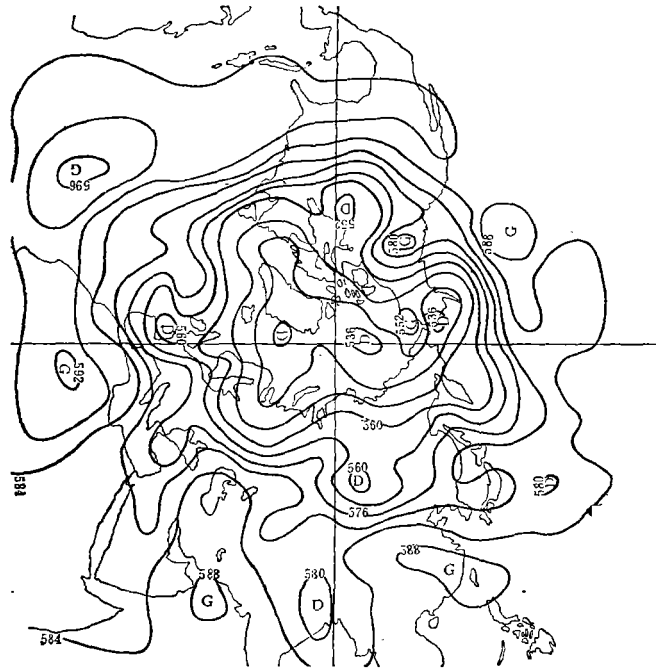


图 7 10 天 500 mb 高度预报图 (用图 4 验证)

七、结 语

在以上的工作中，我们把分裂技术应用到修正的 σ 坐标初始方程显式积分中，并取得了 15 天的稳定的计算结果。计算时间仅是显式积分的 40%，通过实验，我们得到控制方程取辐散形式是不利于显式分裂积分的，只有取平流形式才便于过程的分裂。通过其他各种方案的比较，发现适应过程中的时间差分格式中，气压梯度项取时间后差对计算稳定是极其重要的。

在下一步的工作中，我们打算把各种物理因子加进去计算。

在工作过程中曾同纪立人、袁重光、张学洪同志讨论过，他们曾提出过一些建议，特此感谢。

参 考 文 献

- [1] 朱抱真、陈嘉滨、张学洪、季仲贞、骆美霞等，一个包括地形和非绝热作用的原始方程数值模式，气象学报，38，130—141，1980。
- [2] 朱抱真、陈嘉滨、张道民等，一个修改的 σ 坐标初始方程斜压模式，气象学报即将发表。
- [3] 曾庆存，大气中的适应过程和发展过程(一)，气象学报，33，163—174，1963。
- [4] Marchuc, G. I. et al. Short-Term Weather prediction by Splitting of the Complete Hydrodynamic Equations, proc. WMO/IUGG Symp. Num. Wea. pred. Tokyo, (1968) II-1-8.
- [5] 陈秋士，分析天气形势变化物理过程的一种显式分解计算方法，第二次全国数值天气预报会议文集，科学出版社，1980。
- [6] Gadd, A. J.: A split explicit integration Scheme for numerical weather prediction, *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 104, 569—582, 1978.
- [7] Shuman, F. G. et al., An operational Six-layer primitive equation model. *J. Appl. Meteor.*, 7, 525—547 1968.
- [8] Mesinger, F. Forward-Backward Scheme and its use in a limited Area Model, *Contributions to Atmospheric physics*, 50, No: 1-2, 200—210, 1977.

A SPLIT EXPLICIT INTEGRATION OF PRIMITIVE EQUATION MODEL IN MODIFIED COORDINATE

Chen Jia-bin Zhang Dao-min Zhu Bao-zhen

(*Institute of Atmospheric Physics, Academia Sinica*)

Abstract

A split explicit integration of 5-level primitive equation model in modified σ -coordinate is investigated. The governing equations are divided into two process: advection and adjustment process. The former equations are written in the form as (12)–(14), and the latter in the form as (7)–(11). The Euler-Backward Scheme is used in the advection process, and the Forward-Backward scheme is used in the adjustment process.

The above scheme has been successfully integrated up to 15 days for an example, and the computation time is only 40% of that of the explicit scheme.

《冰川冻土》(季刊)订征启事

《冰川冻土》是中国地理学会冰川冻土分会与中国科学院兰州冰川冻土研究所共同主办的冰川学、冻土学的专业性学术刊物,在国内外公开发行。本刊主要任务是反映我国冰川学、冻土学领域的研究成果和新的进展,刊登内容主要包括:各类冰与冻土的物理化学性质,现代冰川,第四纪冰川,多年冻土、季节冻土、冰川沉积与地貌,冰缘地貌,冰川泥石流,雪冰(包括雪崩、风吹雪、海冰、湖冰、河冰、地下冰),以及高山与寒区气候、水文、地貌、生态等科学与技术方面的论文、综述、报道、学术讨论,工程经验,简讯等。

本刊读者对象主要是从事冰川、冻土学科领域的科研单位,生产部门的专业人员以及大专院校的师生。同时,对地理学、地质学和从事高山高原与冷区工作的专业技术人员也有较大的参考价值。

本刊每期 96 面,另附照片插页若干,定价 0.80 元,国内代号 54~29,欢迎读者可向当地邮局(所)办理订阅手续。

编辑部设在兰州市东岗西路 14 号兰州冰川冻土研究所。

《冰川冻土》编辑部