

数值预报和数理统计预报 会议论文集

中央气象局气象科学研究所编辑

科学出版社

数值预报和数理统计预报

会议论文集

中央气象局气象科学研究所編輯

科学出版社

1974

内 容 简 介

本书选编了1973年在北京召开的数值预报和数理统计预报学术交流和协作会议上的部分论文。反映了近年来我国有关单位在这一方面的部分科研成果。内容包括数值预报方面有准地转、原始方程正压及斜压模式；动力、统计相结合的预报模式；数理统计预报方面有长期形势预报、降水及台风路径的定量预报等。

本书可供广大气象工作者以及大专院校气象专业师生阅读参考。

数值预报和数理统计预报 会议论文集

中央气象局气象科学研究所编辑

*

科学出版社出版

北京朝阳门内大街137号

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1974年12月第一版 开本：787×1092 1/16

1974年12月第一次印刷 印张：12 3/4

印数：0001—3,800 字数：282,000

统一书号：13031·240

本社书号：391·13—15

定 价：1.30 元

前 言

一九七三年二月在北京召开了数值预报和数理统计预报学术交流和协作会议。参加这次会议的，有全国各地区的气象工作者、大专院校和科研单位的同志。这次会议规模比较大，内容也比较丰富，反映了我国各地气象工作人员在毛主席无产阶级革命路线的指引下所取得的新的成果，说明了我国数值预报和数理统计预报工作已遍及许多省、市。可以预期，在不久将来，我国数值预报和数理统计预报的研究和气象服务工作将会取得更好的成绩。

为了更广泛地交流经验，推动工作，我们选编了这次会议上的部份论文和论文摘要汇集成册，供广大读者研究、参考。在编辑过程中，我们得到中国科学院大气物理研究所、北京大学地球物理系等单位的支持和协助，在此深表感谢。

由于我们水平较低，工作中会有不少缺点、错误，祈请读者批评指正。

編 者

1973 年 5 月于北京

目 录

论 文 部 份

初始方程三层模式	.....	陈雄山、张学洪、许有丰、邢如楠、陈怀义、赵昭妍、马福慧	(1)
考虑大地形的准地转斜压 (四层) 模式	.....	朱永提、郭永润	(19)
使用多时刻观测资料的数值预报新模式	.....	郑庆林、杜行远	(33)
附 录: 天气数值预报中使用过去资料的问题	.....	丑纪范	(42)
北半球准地转三层模式预报的初步试验	.....	陈秋士、吴辉碇、周紫东、张若军、朱抱真	(49)
一种改进的引导气流预报台风路径的方法	.....	董克勤等	(57)
一次强河西热风过程的数值分析和预报	.....	曹泰生、鍾 强、钱正安	(60)
中纬度大尺度系统发生发展的物理过程	.....	陈秋士	(76)
逐步订正法的客观分析试验	.....	纪立人、刘克武、赵振纪	(110)
用统计与动力相结合的方法作 500 毫巴形势的长期预报	.....	中央气象局气象科学研究所	(116)
初夏西太平洋副热带高压脊线的逐步迴归分析	.....	江苏省革委会气象局气象台、南京大学数学系、气象系	(123)
逐步迴归分析在雨季长期预报中的应用	.....	福建省气象局气象台、福州大学数学系	(129)
北半球 500 毫巴月平均环流形势统计预报的试验	.....	北京大学地球物理系统统计预报组	(142)
九月份西太平洋台风路径统计预报的 TD_9 方案	.....	徐一鸣、李佐凤	(151)
应用逐步迴归作西北太平洋台风路径预报的一个改进方案	.....	刘韻清、姚棣荣、祝启桓、金一鸣	(160)
用逐步相似迴归方法作西太平洋台风路径预报	.....	乔述银	(171)
线性分型的数学方法	.....	数值预报试验小组 (广东省气象局、中山大学、广东师范学院)	(178)

论 文 摘 要 部 份

天气预报中应用分辨法的研究	中国科学院大气物理研究所概率统计预报组	(183)
天气概率的迴归估计	中国科学院大气物理研究所概率统计预报组	(187)
用正交筛选法试作短期降水预报	中国科学院大气物理研究所概率统计预报组	(189)
平稳时间序列预报中几个具体问题		
.....	中国科学院大气物理研究所概率统计预报组	(190)

论文部份

初始方程三层模式

陈雄山 張学洪 許有丰 邢如楠 陈怀义

(中国科学院大气物理研究所)

赵昭忻 馬福慧

(武汉中心气象台预报室)

一、引言

在数值预报中运用地转模式已有相当长的一段时期。地转模式^[1]对中高纬度移动性长波系统,急流带上小槽的强烈发展,横槽的南摆,大尺度低涡的南下加深等过程都具有一定的预报能力,但同时也可看到地转模式对高压脊的强烈发展、阻塞高压和切断低压的形成,由于冷空气入侵造成阻塞高压的崩溃或后退,夏季低纬度副热带高压的进退等过程一般预报不准。当然这些过程预报不出的原因是比较复杂的,但作为第一步,去掉地转假定,运用初始方程来做预报,这样可以搞清楚那几种过程是由于引进初始方程而报好的。再逐步引进地形作用,非绝热加热,海陆分布等等,搞清楚所引进的物理因子在预报中的作用。本文仅限于讨论运用初始方程做实际例子的预报所得到的改进。

积分初始方程时,容易遇到的问题是计算量大,化费计算机时间多,以及容易引起计算不稳定。针对这些情况,按[1]的方法,我们对初始方程组的变数重新加以组合,同时对线性项取时间隐式差分,非线性项取时间中央差,推导出三个预报高度场的二维椭圆型方程及六个预报风速分量的代数方程。用局地格林函数法与迭代法相结合的方案求解椭圆型方程,这样既节省计算量又能满足一定的精确度。若水平网格距取540公里,则时间步长可取到2小时。

对十二个实际例子作了预报。从预报的结果来看,阻塞高压西退以及极地大低涡向西南伸展等过程,初始方程比地转模式要报得好,而且初始方程对夏季低纬度副热带高压的活动具有一定的预报能力。

二、方程组

由 Euler 方程,连续方程及热通量方程所组成的初始方程写在 σ 坐标 (x, y, σ, t) 上便成为

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \pi u}{\partial t} + \frac{\partial \pi u^2}{\partial x} + \frac{\partial \pi uv}{\partial y} + \frac{\partial \pi u \dot{\sigma}}{\partial \sigma} = \pi f v - \frac{\partial \pi \varphi}{\partial x} + \frac{\partial \sigma \varphi}{\partial \sigma} \frac{\partial \pi}{\partial x} \quad (1) \\ \frac{\partial \pi v}{\partial t} + \frac{\partial \pi uv}{\partial x} + \frac{\partial \pi v^2}{\partial y} + \frac{\partial \pi v \dot{\sigma}}{\partial \sigma} = -\pi f u - \frac{\partial \pi \varphi}{\partial y} + \frac{\partial \sigma \varphi}{\partial \sigma} \cdot \frac{\partial \pi}{\partial y} \quad (2) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \pi u}{\partial x} + \frac{\partial \pi v}{\partial y} + \frac{\partial \pi \dot{\sigma}}{\partial \sigma} = 0 \end{array} \right. \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial}{\partial t} \left(\pi \sigma^2 \frac{\partial \varphi}{\partial \sigma} \right) + \pi u \frac{\partial}{\partial x} \left(\sigma^2 \frac{\partial \varphi}{\partial \sigma} \right) + \pi v \frac{\partial}{\partial y} \left(\sigma^2 \frac{\partial \varphi}{\partial \sigma} \right) + \\ + \left(R^2 T \frac{\gamma_a - \gamma}{g} \right) \pi \dot{\sigma} + \frac{R^2 T \gamma_a}{g} \sigma \left(u \frac{\partial \pi}{\partial x} + v \frac{\partial \pi}{\partial y} \right) = 0 \end{array} \right. \quad (4)$$

其中 u 为 x 方向的风速分量; v 为 y 方向的风速分量; $\varphi = gz$, φ 为位势高度; g 为重力加速度; z 为等压面高度; f 为地转参数; $\left(R^2 T \frac{\gamma_a - \gamma}{g} \right)$ 为静力稳定度;

$$\sigma = \frac{p}{p_s} = \frac{p/P}{p_s/P} = \frac{\zeta}{\pi} \quad (5)$$

p 为气压; $P=1000$ 毫巴; 取 $\pi = \pi(x, y)$; $\dot{\sigma}$ 为 σ 坐标下的垂直速度 $\dot{\sigma} = \frac{d\sigma}{dt}$.

边界条件为在 $\sigma=0, \sigma=1$ 处

$$\dot{\sigma} = 0 \quad (6)$$

侧向边界条件为最外二圈变数不随时间变化。

在垂直方向上, 对 σ 六等分, 由上向下依次用下标 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 表示。把运动方程及连续方程写在 1, 3, 5 层上, 把热通量方程写在 2, 4 层上, 并利用边界条件(6)得到

$$\frac{\partial \pi u_1}{\partial t} + \frac{\partial \pi u_1^2}{\partial x} + \frac{\partial \pi u_1 v_1}{\partial y} + 3(\pi u_2 \dot{\sigma}_2 - 0) = \pi f v_1 - \frac{\partial \pi \varphi_1}{\partial x} + \frac{\partial \pi}{\partial x} \left(\frac{\partial \sigma \varphi}{\partial \sigma} \right)_1 \quad (7)$$

$$\frac{\partial \pi u_3}{\partial t} + \frac{\partial \pi u_3^2}{\partial x} + \frac{\partial \pi u_3 v_3}{\partial y} + 3(\pi u_4 \dot{\sigma}_4 - \pi u_2 \dot{\sigma}_2) = \pi f v_3 - \frac{\partial \pi \varphi_3}{\partial x} + \frac{\partial \pi}{\partial x} \left(\frac{\partial \sigma \varphi}{\partial \sigma} \right)_3 \quad (8)$$

$$\frac{\partial \pi u_5}{\partial t} + \frac{\partial \pi u_5^2}{\partial x} + \frac{\partial \pi u_5 v_5}{\partial y} + 3(0 - \pi u_4 \dot{\sigma}_4) = \pi f v_5 - \frac{\partial \pi \varphi_5}{\partial x} + \frac{\partial \pi}{\partial x} \left(\frac{\partial \sigma \varphi}{\partial \sigma} \right)_5 \quad (9)$$

$$\frac{\partial \pi v_1}{\partial t} + \frac{\partial \pi u_1 v_1}{\partial x} + \frac{\partial \pi v_1^2}{\partial y} + 3(\pi v_2 \dot{\sigma}_2 - 0) = -\pi f u_1 - \frac{\partial \pi \varphi_1}{\partial y} + \frac{\partial \pi}{\partial y} \left(\frac{\partial \sigma \varphi}{\partial \sigma} \right)_1 \quad (10)$$

$$\frac{\partial \pi v_3}{\partial t} + \frac{\partial \pi u_3 v_3}{\partial x} + \frac{\partial \pi v_3^2}{\partial y} + 3(\pi v_4 \dot{\sigma}_4 - \pi v_2 \dot{\sigma}_2) = -\pi f u_3 - \frac{\partial \pi \varphi_3}{\partial y} + \frac{\partial \pi}{\partial y} \left(\frac{\partial \sigma \varphi}{\partial \sigma} \right)_3 \quad (11)$$

$$\frac{\partial \pi v_5}{\partial t} + \frac{\partial \pi u_5 v_5}{\partial x} + \frac{\partial \pi v_5^2}{\partial y} + 3(0 - \pi v_4 \dot{\sigma}_4) = -\pi f u_5 - \frac{\partial \pi \varphi_5}{\partial y} + \frac{\partial \pi}{\partial y} \left(\frac{\partial \sigma \varphi}{\partial \sigma} \right)_5 \quad (12)$$

$$\frac{\partial \pi u_1}{\partial x} + \frac{\partial \pi v_1}{\partial y} + 3(\pi \dot{\sigma}_2 - 0) = 0 \quad (13)$$

$$\frac{\partial \pi u_3}{\partial x} + \frac{\partial \pi v_3}{\partial y} + 3(\pi \dot{\sigma}_4 - \pi \dot{\sigma}_2) = 0 \quad (14)$$

$$\frac{\partial \pi u_5}{\partial x} + \frac{\partial \pi v_5}{\partial y} + 3(0 - \pi \dot{\sigma}_4) = 0 \quad (15)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \pi (\varphi_1 - \varphi_3) + \pi u_2 \frac{\partial}{\partial x} (\varphi_1 - \varphi_3) + \pi v_2 \frac{\partial}{\partial y} (\varphi_1 - \varphi_3) - 3 \left(R^2 T \frac{\gamma_a - \gamma}{g} \right)_2 \pi \dot{\sigma}_2 - \\ - \left(\frac{R^2 T \gamma_a}{g} \right)_2 \left(u_2 \frac{\partial \pi}{\partial x} + v_2 \frac{\partial \pi}{\partial y} \right) = 0 \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \pi (\varphi_3 - \varphi_5) + \pi u_4 \frac{\partial}{\partial x} (\varphi_3 - \varphi_5) + \pi v_4 \frac{\partial}{\partial y} (\varphi_3 - \varphi_5) - \frac{3}{4} \left(R^2 T \frac{\gamma_a - \gamma}{g} \right)_4 \pi \dot{\sigma}_4 - \\ - \frac{1}{2} \left(\frac{R^2 T \gamma_a}{g} \right)_4 \left(u_4 \frac{\partial \pi}{\partial x} + v_4 \frac{\partial \pi}{\partial y} \right) = 0 \end{aligned} \quad (17)$$

为了把三维的差分方程组化成二维的差分方程组,需要重新组合变数。

令

$$\begin{cases} U = u_1 + u_3 + u_5 \\ V = v_1 + v_3 + v_5 \\ H = \varphi_1 + \varphi_3 + \varphi_5 \end{cases} \quad (18)$$

$$\begin{cases} u = u_1 - u_5 \\ v = v_1 - v_5 \\ h = \varphi_1 - \varphi_5 \end{cases} \quad (19)$$

$$\begin{cases} \bar{u} = u_1 - 2u_3 + u_5 \\ \bar{v} = v_1 - 2v_3 + v_5 \\ \bar{h} = \varphi_1 - 2\varphi_3 + \varphi_5 \end{cases} \quad (20)$$

暂时不考虑地形的情况下,取 $\pi=1$ 。

(7) + (8) + (9), (10) + (11) + (12) 得到

$$\frac{\partial \pi U}{\partial t} + \frac{\partial \pi H}{\partial x} - f \pi V = -\frac{\partial}{\partial x} \pi (u + u_3^2 + u_5^2) - \frac{\partial}{\partial y} \pi (u_1 v_1 + u_3 v_3 + u_5 v_5) \equiv A_1 \quad (21)$$

$$\frac{\partial \pi V}{\partial t} + \frac{\partial \pi H}{\partial y} + f \pi U = -\frac{\partial}{\partial x} \pi (u_1 v_1 + u_3 v_3 + u_5 v_5) - \frac{\partial}{\partial y} \pi (v_1^2 + v_3^2 + v_5^2) \equiv A_2 \quad (22)$$

(13) + (14) + (15), 得到

$$\frac{\partial \pi U}{\partial x} + \frac{\partial \pi V}{\partial y} = 0 \quad (23)$$

引入流函数 ψ , 则有

$$\begin{cases} \pi U = -\frac{\partial \psi}{\partial y} \\ \pi V = \frac{\partial \psi}{\partial x} \end{cases} \quad (24)$$

$\frac{\partial}{\partial x}(22) - \frac{\partial}{\partial y}(21)$, 得到

$$\nabla^2 \frac{\partial \psi}{\partial t} = \frac{\partial A_2}{\partial x} - \frac{\partial A_1}{\partial y} - \pi U \frac{\partial f}{\partial x} - \pi V \frac{\partial f}{\partial y} \equiv A_3 \quad (25)$$

故可得到

$$\begin{aligned} \left(\frac{\partial \psi}{\partial t} \right)^t &= \nabla^{-2} A_3^t \\ \begin{cases} \pi(U^{t+1} - U^{t-1}) = -\frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial \psi}{\partial t} \right)^t \cdot 2 \Delta t \\ \pi(V^{t+1} - V^{t-1}) = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial \psi}{\partial t} \right)^t \cdot 2 \Delta t \end{cases} \end{aligned} \quad (26)$$

取 $\frac{\partial}{\partial x}(21) + \frac{\partial}{\partial y}(22)$, 得到 H 的 Poisson 方程

$$\nabla^2 \pi H = \frac{\partial A_1}{\partial x} + \frac{\partial A_2}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial x}(f\pi V) - \frac{\partial}{\partial y}(f\pi U) \equiv A \quad (27)$$

若(27)式的右端取\$(t+1)\$时刻的值,则解 Poisson 方程后就可得到\$(t+1)\$时刻的 \$H\$ 值.

(7)–(9), (10)–(12), 并利用(13), (15)得到

$$\begin{cases} \frac{\partial \pi u}{\partial t} + \frac{\partial \pi h}{\partial x} - \pi f v = B_1 \\ \frac{\partial \pi v}{\partial t} + \frac{\partial \pi h}{\partial y} + \pi f u = B_2 \end{cases} \quad (28)$$

其中

$$\begin{aligned} B_1 &= -\frac{\partial}{\partial x} \pi (u_1^2 - u_5^2) - \frac{\partial}{\partial y} \pi (u_1 v_1 - u_5 v_5) + u_2 \left(\frac{\partial \pi u_1}{\partial x} + \frac{\partial \pi v_1}{\partial y} \right) - u_4 \left(\frac{\partial \pi u_5}{\partial x} + \frac{\partial \pi v_5}{\partial y} \right) \\ B_2 &= -\frac{\partial}{\partial x} \pi (u_1 v_1 - u_5 v_5) - \frac{\partial}{\partial y} \pi (v_1^2 - v_5^2) + v_2 \left(\frac{\partial \pi u_1}{\partial x} + \frac{\partial \pi v_1}{\partial y} \right) - v_4 \left(\frac{\partial \pi u_5}{\partial x} + \frac{\partial \pi v_5}{\partial y} \right) \end{aligned}$$

对(28)式取时间差分,线性项取隐式差分,得到

$$\begin{cases} \frac{1}{2\Delta t} \pi (u^{t+1} - u^{t-1}) + \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial x} \pi (h^{t+1} + h^{t-1}) - \frac{1}{2} f \pi (v^{t+1} + v^{t-1}) = B_1^t \\ \frac{1}{2\Delta t} \pi (v^{t+1} - v^{t-1}) + \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial y} \pi (h^{t+1} + h^{t-1}) + \frac{1}{2} f \pi (u^{t+1} + u^{t-1}) = B_2^t \end{cases} \quad (29)$$

从(29)式中解出 \$\pi (u^{t+1} - u^{t-1})\$, \$\pi (v^{t+1} - v^{t-1})\$, 求得

$$\begin{cases} \pi (u^{t+1} - u^{t-1}) = \frac{2f\Delta t}{1 + (f\Delta t)^2} \left[-f\Delta t \left(\pi u^{t-1} + \frac{1}{f} \frac{\partial \pi h^{t-1}}{\partial y} - \frac{1}{f} B_2^t \right) + \right. \\ \left. + \left(\pi v^{t-1} - \frac{1}{f} \frac{\partial \pi h^{t-1}}{\partial x} + \frac{1}{f} B_1^t \right) - \frac{1}{2f} \frac{\partial \pi (h^{t+1} - h^{t-1})}{\partial x} - \right. \\ \left. - \frac{\Delta t}{2} \frac{\partial \pi (h^{t+1} - h^{t-1})}{\partial y} \right] \equiv B_4 \end{cases} \quad (30)$$

$$\begin{cases} \pi (v^{t+1} - v^{t-1}) = \frac{2f\Delta t}{1 + (f\Delta t)^2} \left[- \left(\pi u^{t-1} + \frac{1}{f} \frac{\partial \pi h^{t-1}}{\partial y} - \frac{1}{f} B_2^t \right) - \right. \\ \left. - f\Delta t \left(\pi v^{t-1} - \frac{1}{f} \frac{\partial \pi h^{t-1}}{\partial x} + \frac{1}{f} B_1^t \right) + \frac{\Delta t}{2} \frac{\partial \pi (h^{t+1} - h^{t-1})}{\partial x} - \right. \\ \left. - \frac{1}{2f} \frac{\partial \pi (h^{t+1} - h^{t-1})}{\partial y} \right] \equiv B_5 \end{cases} \quad (31)$$

令

$$D = \frac{\partial \pi u}{\partial x} + \frac{\partial \pi v}{\partial y}$$

$$\Omega = \frac{\partial \pi v}{\partial x} - \frac{\partial \pi u}{\partial y}$$

对(29)取散度及涡度,并消去 \$\Omega^{t+1}\$ 项,得到

$$\frac{1}{2} (D^{t+1} + D^{t-1}) = -\frac{\Delta t}{1 + (f\Delta t)^2} \cdot \frac{1}{2} \nabla^2 \pi (h^{t+1} + h^{t-1}) + \frac{\Delta t}{1 + (f\Delta t)^2} \left[\left(\frac{\partial B_1^t}{\partial x} + \right. \right.$$

$$\begin{aligned}
& + \frac{\partial B_2^t}{\partial y} \Big) + \frac{\pi(v^{t+1} + v^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial x} - \frac{\pi(u^{t+1} + u^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial y} \Big] + \frac{f(\Delta t)^2}{1 + (f\Delta t)^2} \Big[\Big(\frac{\partial B_2^t}{\partial x} - \\
& - \frac{\partial B_1^t}{\partial y} \Big) - \frac{\pi(u^{t+1} + u^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial x} - \frac{\pi(v^{t+1} + v^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial y} \Big] + \\
& + \frac{f\Delta t}{1 + (f\Delta t)^2} \Omega^{t-1} + \frac{1}{1 + (f\Delta t)^2} D^{t-1} \quad (32)
\end{aligned}$$

(7) - 2(8) + (9), (10) - 2(11) + (12), 并利用(13), (15), 得到

$$\begin{cases} \frac{\partial \pi \bar{u}}{\partial t} + \frac{\partial \pi \bar{h}}{\partial x} - \pi f \bar{v} = C_1 \\ \frac{\partial \pi \bar{v}}{\partial t} + \frac{\partial \pi \bar{h}}{\partial y} + \pi f \bar{u} = C_2 \end{cases} \quad (33)$$

其中

$$\begin{aligned}
C_1 &= -\frac{\partial \pi(u_1^2 - 2u_3^2 + u_5^2)}{\partial x} - \frac{\partial \pi(u_1 v_1 - 2u_3 v_3 + u_5 v_5)}{\partial y} + 3u_2 \left(\frac{\partial \pi u_1}{\partial x} + \right. \\
& \quad \left. + \frac{\partial \pi v_1}{\partial y} \right) + 3u_4 \left(\frac{\partial \pi u_5}{\partial x} + \frac{\partial \pi v_5}{\partial y} \right) \\
C_2 &= -\frac{\partial \pi(u_1 v_1 - 2u_3 v_3 + u_5 v_5)}{\partial x} - \frac{\partial \pi(v_1^2 - 2v_3^2 + v_5^2)}{\partial y} + 3v_2 \left(\frac{\partial \pi u_1}{\partial x} + \right. \\
& \quad \left. + \frac{\partial \pi v_1}{\partial y} \right) + 3v_4 \left(\frac{\partial \pi u_5}{\partial x} + \frac{\partial \pi v_5}{\partial y} \right)
\end{aligned}$$

对(33)式取时间差分, 线性项取隐式差分得到

$$\begin{cases} \frac{1}{2\Delta t} \pi(\bar{u}^{t+1} - \bar{u}^{t-1}) + \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial x} \pi(\bar{h}^{t+1} + \bar{h}^{t-1}) - \frac{1}{2} f \pi(\bar{v}^{t+1} + \bar{v}^{t-1}) = C_1^t \\ \frac{1}{2\Delta t} \pi(\bar{v}^{t+1} - \bar{v}^{t-1}) + \frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial y} \pi(\bar{h}^{t+1} + \bar{h}^{t-1}) + \frac{1}{2} f \pi(\bar{u}^{t+1} + \bar{u}^{t-1}) = C_2^t \end{cases} \quad (34)$$

从(34)中解出 $\pi(\bar{u}^{t+1} - \bar{u}^{t-1})$, $\pi(\bar{v}^{t+1} - \bar{v}^{t-1})$, 得到

$$\begin{cases} \pi(\bar{u}^{t+1} - \bar{u}^{t-1}) = \frac{2f\Delta t}{1 + (f\Delta t)^2} \left[-f\Delta t \left(\pi \bar{u}^{t-1} + \frac{1}{f} \frac{\partial \pi \bar{h}^{t-1}}{\partial y} - \frac{1}{f} C_2^t \right) + \right. \\ \quad \left. + \left(\pi \bar{v}^{t-1} - \frac{1}{f} \frac{\partial \pi \bar{h}^{t-1}}{\partial x} + \frac{1}{f} C_1^t \right) - \frac{1}{2f} \frac{\partial \pi(\bar{h}^{t+1} - \bar{h}^{t-1})}{\partial x} - \right. \\ \quad \left. - \frac{\Delta t}{2} \frac{\partial \pi(\bar{h}^{t+1} - \bar{h}^{t-1})}{\partial y} \right] \equiv C_4 \end{cases} \quad (35)$$

$$\begin{cases} \pi(\bar{v}^{t+1} - \bar{v}^{t-1}) = \frac{2f\Delta t}{1 + (f\Delta t)^2} \left[- \left(\pi \bar{u}^{t-1} + \frac{1}{f} \frac{\partial \pi \bar{h}^{t-1}}{\partial y} - \frac{1}{f} C_2^t \right) - \right. \\ \quad \left. - f\Delta t \left(\pi \bar{v}^{t-1} - \frac{1}{f} \frac{\partial \pi \bar{h}^{t-1}}{\partial x} + \frac{1}{f} C_1^t \right) + \frac{\Delta t}{2} \frac{\partial \pi(\bar{h}^{t+1} - \bar{h}^{t-1})}{\partial x} - \right. \\ \quad \left. - \frac{1}{2f} \frac{\partial \pi(\bar{h}^{t+1} - \bar{h}^{t-1})}{\partial y} \right] \equiv C_5 \end{cases} \quad (36)$$

令

$$\bar{D} = \frac{\partial \pi \bar{u}}{\partial x} + \frac{\partial \pi \bar{v}}{\partial y}$$

$$\bar{\bar{D}} = \frac{\partial \pi \bar{v}}{\partial x} - \frac{\partial \pi \bar{u}}{\partial y}$$

对(34)取散度及涡度,并消去 $\bar{\mathcal{Q}}^{t+1}$ 项,可得

$$\begin{aligned} \frac{1}{2}(\bar{D}^{t+1} + \bar{D}^{t-1}) = & -\frac{\Delta t}{1+(f\Delta t)^2} \cdot \frac{1}{2} \nabla^2 \pi (\bar{h}^{t+1} + \bar{h}^{t-1}) + \frac{\Delta t}{1+(f\Delta t)^2} \left[\left(\frac{\partial C_1^t}{\partial x} + \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{\partial C_2^t}{\partial y} \right) + \frac{\pi(\bar{v}^{t+1} + \bar{v}^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial x} - \frac{\pi(\bar{u}^{t+1} + \bar{u}^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial y} \right] + \frac{f(\Delta t)^2}{1+(f\Delta t)^2} \left[\left(\frac{\partial C_2^t}{\partial x} - \right. \right. \\ & \left. \left. - \frac{\partial C_1^t}{\partial y} \right) - \frac{\pi(\bar{u}^{t+1} + \bar{u}^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial x} - \frac{\pi(\bar{v}^{t+1} + \bar{v}^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial y} \right] + \\ & + \frac{f\Delta t}{1+(f\Delta t)^2} \bar{\mathcal{Q}}^{t-1} + \frac{1}{1+(f\Delta t)^2} \bar{D}^{t-1} \end{aligned} \quad (37)$$

令

$$\begin{cases} \theta_2^2 = \left(R^2 T \frac{\gamma_a - \gamma}{g} \right)_2 \\ \theta_4^2 = \frac{1}{4} \left(R^2 T \frac{\gamma_a - \gamma}{g} \right)_4 \end{cases} \quad (38)$$

由(13), (15)

$$\begin{cases} 3\pi \dot{\theta}_2 = - \left(\frac{\partial \pi u_1}{\partial x} + \frac{\partial \pi v_1}{\partial y} \right) = -\frac{1}{2} D - \frac{1}{6} \bar{D} \\ 3\pi \dot{\theta}_4 = \left(\frac{\partial \pi u_5}{\partial x} + \frac{\partial \pi v_5}{\partial y} \right) = -\frac{1}{2} D + \frac{1}{6} \bar{D} \end{cases} \quad (39)$$

(16) + (17), (16) - (17)得到

$$\begin{cases} \frac{\partial \pi h}{\partial t} + \frac{1}{2}(\theta_2^2 + \theta_4^2) D + \frac{1}{6}(\theta_2^2 - \theta_4^2) \bar{D} = B_3 \\ \frac{\partial \pi \bar{h}}{\partial t} + \frac{1}{2}(\theta_2^2 - \theta_4^2) D + \frac{1}{6}(\theta_2^2 + \theta_4^2) \bar{D} = C_3 \end{cases} \quad (40)$$

其中

$$\begin{aligned} B_3 = & -\pi u_2 \frac{\partial(\varphi_1 - \varphi_3)}{\partial x} - \pi v_2 \frac{\partial(\varphi_1 - \varphi_3)}{\partial y} - \pi u_4 \frac{\partial(\varphi_3 - \varphi_5)}{\partial x} - \pi v_4 \frac{\partial(\varphi_3 - \varphi_5)}{\partial y} \\ C_3 = & -\pi u_2 \frac{\partial(\varphi_1 - \varphi_3)}{\partial x} - \pi v_2 \frac{\partial(\varphi_1 - \varphi_3)}{\partial y} + \pi u_4 \frac{\partial(\varphi_3 - \varphi_5)}{\partial x} + \pi v_4 \frac{\partial(\varphi_3 - \varphi_5)}{\partial y} \end{aligned}$$

对(40)式取时间差分,线性项取隐式差分,得到

$$\begin{cases} \frac{1}{2\Delta t} \pi(h^{t+1} - h^{t-1}) + \frac{\theta_2^2 + \theta_4^2}{2} \cdot \frac{D^{t+1} + D^{t-1}}{2} + \frac{\theta_2^2 - \theta_4^2}{6} \cdot \frac{\bar{D}^{t+1} + \bar{D}^{t-1}}{2} = B_3^t \\ \frac{1}{2\Delta t} \pi(\bar{h}^{t+1} - \bar{h}^{t-1}) + \frac{\theta_2^2 - \theta_4^2}{2} \cdot \frac{D^{t+1} + D^{t-1}}{2} + \frac{\theta_2^2 + \theta_4^2}{6} \cdot \frac{\bar{D}^{t+1} + \bar{D}^{t-1}}{2} = C_3^t \end{cases} \quad (41)$$

以(32), (37)代入(41), 得到

$$\left\{ \begin{aligned} & \pi(h^{t+1}-h^{t-1}) - \frac{\theta_2^2 + \theta_4^2}{2} \cdot \frac{(\Delta t)^2}{1 + (f\Delta t)^2} \nabla^2 \pi(h^{t+1}-h^{t-1}) - \\ & - \frac{\theta_2^2 - \theta_4^2}{6} \cdot \frac{(\Delta t)^2}{1 + (f\Delta t)^2} \nabla^2 \pi(\bar{h}^{t+1}-\bar{h}^{t-1}) = B_6^t \\ & \pi(\bar{h}^{t+1}-\bar{h}^{t-1}) - \frac{\theta_2^2 - \theta_4^2}{2} \cdot \frac{(\Delta t)^2}{1 + (f\Delta t)^2} \nabla^2 \pi(h^{t+1}-h^{t-1}) - \\ & - \frac{\theta_2^2 + \theta_4^2}{6} \cdot \frac{(\Delta t)^2}{1 + (f\Delta t)^2} \nabla^2 \pi(\bar{h}^{t+1}-\bar{h}^{t-1}) = C_6^t \end{aligned} \right. \quad (42)$$

其中

$$\begin{aligned} B_6^t = & -2 \cdot \frac{\theta_2^2 + \theta_4^2}{2} \cdot \frac{(\Delta t)^2}{1 + (f\Delta t)^2} \left\{ f \Delta t \left[\left(\frac{\partial B_2^t}{\partial x} - \frac{\partial B_1^t}{\partial y} \right) - \frac{\pi(u^{t+1}+u^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial x} - \right. \right. \\ & \left. \left. - \frac{\pi(v^{t+1}+v^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial y} \right] + f \mathcal{Q}^{t-1} - \nabla^2 \pi h^{t-1} + \left[\left(\frac{\partial B_1^t}{\partial x} + \frac{\partial B_2^t}{\partial y} \right) + \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{\pi(v^{t+1}+v^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial x} - \frac{\pi(u^{t+1}+u^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial y} \right] + \frac{1}{\Delta t} D^{t-1} \right\} - 2 \cdot \frac{\theta_2^2 - \theta_4^2}{6} \cdot \\ & \cdot \frac{(\Delta t)^2}{1 + (f\Delta t)^2} \left\{ f \Delta t \left[\left(\frac{\partial C_2^t}{\partial x} - \frac{\partial C_1^t}{\partial y} \right) - \frac{\pi(\bar{u}^{t+1}+\bar{u}^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial x} - \right. \right. \\ & \left. \left. - \frac{\pi(\bar{v}^{t+1}+\bar{v}^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial y} \right] + f \bar{\mathcal{Q}}^{t-1} - \nabla^2 \pi \bar{h}^{t-1} + \left[\left(\frac{\partial C_1^t}{\partial x} + \frac{\partial C_2^t}{\partial y} \right) + \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{\pi(\bar{v}^{t+1}+\bar{v}^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial x} - \frac{\pi(\bar{u}^{t+1}+\bar{u}^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial y} \right] + \frac{1}{\Delta t} \bar{D}^{t-1} \right\} + 2 \Delta t B_3^t \\ C_6^t = & -2 \cdot \frac{\theta_2^2 - \theta_4^2}{2} \cdot \frac{(\Delta t)^2}{1 + (f\Delta t)^2} \left\{ f \Delta t \left[\left(\frac{\partial B_2^t}{\partial x} - \frac{\partial B_1^t}{\partial y} \right) - \frac{\pi(u^{t+1}+u^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial x} - \right. \right. \\ & \left. \left. - \frac{\pi(v^{t+1}+v^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial y} \right] + f \mathcal{Q}^{t-1} - \nabla^2 \pi h^{t-1} + \left[\left(\frac{\partial B_1^t}{\partial x} + \frac{\partial B_2^t}{\partial y} \right) + \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{\pi(v^{t+1}+v^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial x} - \frac{\pi(u^{t+1}+u^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial y} \right] + \frac{1}{\Delta t} D^{t-1} \right\} - 2 \cdot \frac{\theta_2^2 + \theta_4^2}{6} \cdot \\ & \cdot \frac{(\Delta t)^2}{1 + (f\Delta t)^2} \left\{ f \Delta t \left[\left(\frac{\partial C_2^t}{\partial x} - \frac{\partial C_1^t}{\partial y} \right) - \frac{\pi(\bar{u}^{t+1}+\bar{u}^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial x} - \right. \right. \\ & \left. \left. - \frac{\pi(\bar{v}^{t+1}+\bar{v}^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial y} \right] + f \bar{\mathcal{Q}}^{t-1} - \nabla^2 \pi \bar{h}^{t-1} + \left[\left(\frac{\partial C_1^t}{\partial x} + \frac{\partial C_2^t}{\partial y} \right) + \right. \right. \\ & \left. \left. + \frac{\pi(\bar{v}^{t+1}+\bar{v}^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial x} - \frac{\pi(\bar{u}^{t+1}+\bar{u}^{t-1})}{2} \frac{\partial f}{\partial y} \right] + \frac{1}{\Delta t} \bar{D}^{t-1} \right\} + 2 \Delta t C_3^t \end{aligned}$$

令

$$\begin{cases} X = \pi(h^{t+1}-h^{t-1}) \\ Y = \pi(\bar{h}^{t+1}-\bar{h}^{t-1}) \end{cases} \quad (44)$$

$$\begin{cases} \alpha = \frac{1}{3} \cdot \frac{(\Delta t)^2}{2[1 + (f\Delta t)^2]} \theta_1^2 \\ \beta = \frac{1}{3} \cdot \frac{(\Delta t)^2}{2[1 + (f\Delta t)^2]} \theta_2^2 \end{cases} \quad (45)$$

根据实际数据,可作下列近似

$$\nabla^2[3(\alpha + \beta)X] \doteq 3(\alpha + \beta)\nabla^2X \quad (46)$$

所以得到

$$\begin{cases} X - \nabla^2[3(\alpha + \beta)X + (\alpha - \beta)Y] = B_6^t \\ Y - \nabla^2[3(\alpha - \beta)X + (\alpha + \beta)Y] = C_6^t \end{cases} \quad (47)$$

$$Y - \nabla^2[3(\alpha - \beta)X + (\alpha + \beta)Y] = C_6^t \quad (48)$$

(47) + r(48), 其中 r 为待定, 得到

$$\{X + rY\} - \nabla^2\{[3(\alpha + \beta) + 3(\alpha - \beta)r]X + [(\alpha - \beta) + (\alpha + \beta)r]Y\} = B_6^t + rC_6^t \quad (49)$$

使方程(49)化成具有一个变量的 Helmholtz 方程, 需要成立等式

$$\frac{3(\alpha + \beta) + 3(\alpha - \beta)r}{1} = \frac{(\alpha - \beta) + (\alpha + \beta)r}{r}$$

解得

$$r_{1,2} = \frac{-(\alpha + \beta) \pm 2\sqrt{\alpha^2 - \alpha\beta + \beta^2}}{3(\alpha - \beta)} \quad (50)$$

令

$$\begin{cases} \tilde{X} = [3(\alpha + \beta) + 3(\alpha - \beta)r_1]X + [(\alpha - \beta) + (\alpha + \beta)r_1]Y \\ \tilde{Y} = [3(\alpha + \beta) + 3(\alpha - \beta)r_2]X + [(\alpha - \beta) + (\alpha + \beta)r_2]Y \end{cases} \quad (51)$$

$$\begin{cases} \lambda_1^2 = \frac{1}{3(\alpha + \beta) + 3(\alpha - \beta)r_1} \\ \lambda_2^2 = \frac{1}{3(\alpha + \beta) + 3(\alpha - \beta)r_2} \end{cases} \quad (52)$$

得到

$$\begin{cases} (\nabla^2 - \lambda_1^2) \frac{\tilde{X}}{\beta} = -\frac{1}{\beta}(B_6^t + r_1 C_6^t) \\ (\nabla^2 - \lambda_2^2) \frac{\tilde{Y}}{\beta} = -\frac{1}{\beta}(B_6^t + r_2 C_6^t) \end{cases} \quad (53)$$

$$\begin{cases} (\nabla^2 - \lambda_1^2) \frac{\tilde{X}}{\beta} = -\frac{1}{\beta}(B_6^t + r_1 C_6^t) \\ (\nabla^2 - \lambda_2^2) \frac{\tilde{Y}}{\beta} = -\frac{1}{\beta}(B_6^t + r_2 C_6^t) \end{cases} \quad (54)$$

求出 $\tilde{X}$, $\tilde{Y}$ 后, 用(51)式就可求出 X 及 Y, 即得到 $\pi(h^{t+1} - h^{t-1})$ 及 $\pi(\overline{h^{t+1}} - \overline{h^{t-1}})$.

三、椭圆型方程的解法及计算步骤

为了节省机器时间, 即节省计算量, 又要求满足一定的精确度, 对本模式中所出现的 Poisson 方程以及 Helmholtz 方程, 先用局地格林函数法作为“粗解”, 再用 Liebmann 迭代法迭代, 作为“精解”. 通过实际的计算, 这种方案能满足所提出的要求.

对 Helmholtz 方程 $(\nabla^2 - \lambda^2)X = F$ 的九点局地格林函数解为

$$\begin{aligned} X_{ij} = & \frac{1}{8 - \mu^2} \left[\left(\mu - \frac{4}{\mu} \right) F_{ij} + (F_{i+1j} + F_{ij+1} + F_{i-1j} + F_{ij-1}) + \right. \\ & \left. + \frac{2}{\mu} (F_{i+1j+1} + F_{i-1j+1} + F_{i-1j-1} + F_{i+1j-1}) \right] \end{aligned} \quad (55)$$

其中 $\mu = 4 + \lambda^2$.

对 Poisson 方程 $\nabla^2 X = F$ 的九点局地格林函数解则简化成

$$X_{ij} = -\frac{3}{8}F_{ij} - \frac{1}{8}(F_{i+1j} + F_{ij+1} + F_{i-1j} + F_{ij-1}) - \frac{1}{16}(F_{i+1j+1} + F_{i-1j+1} + F_{i-1j-1} + F_{i+1j-1}) \quad (56)$$

对上述方程的 Liebmann 迭代解为

$$X_{ij}^{v+1} = X_{ij}^v + \alpha [X_{i+1j} + X_{ij+1} + X_{i-1j} + X_{ij-1} - (4 + \lambda^2)X_{ij} - F_{ij}]^v \quad (57)$$

其中 α 为迭代系数, 取 $\alpha = \frac{1}{3}$, v 为迭代次数.

在实际试算中得知, 对 Helmholtz 方程用局地格林函数法求解已足够精确, 可不必再进行迭代. 但是对 Poisson 方程是需要迭代的.

本模式整个的计算步骤如下:

首先根据所输入的 200 毫巴, 500 毫巴, 850 毫巴的高度场直接求出该等压面上的地转风, 再用 Lagrange 插值公式把高度场与风场插到对应的 σ 面上作为高度场与风场的初值.

求二个 Helmholtz 方程 (42), (43) 的右端 B_6^t 及 C_6^t , 其中我们用 u^t 代替 $\frac{1}{2}(u^{t+1} + u^{t-1})$, v^t 代替 $\frac{1}{2}(v^{t+1} + v^{t-1})$, $\bar{u}^t$ 代替 $\frac{1}{2}(\bar{u}^{t+1} + \bar{u}^{t-1})$, $\bar{v}^t$ 代替 $\frac{1}{2}(\bar{v}^{t+1} - \bar{v}^{t-1})$. 解 Helmholtz 方程后再利用 (51) 式就可求出 $\pi(h^{t+1} - h^{t-1})$ 及 $\pi(\bar{h}^{t+1} - \bar{h}^{t-1})$. 把所求得的 $\pi(h^{t+1} - h^{t-1})$ 及 $\pi(\bar{h}^{t+1} - \bar{h}^{t-1})$ 分别代入 (30), (31), (35), (36) 式, 就可求出 $\pi(u^{t+1} - u^{t-1})$, $\pi(v^{t+1} - v^{t-1})$, $\pi(\bar{u}^{t+1} - \bar{u}^{t-1})$, $\pi(\bar{v}^{t+1} - \bar{v}^{t-1})$.

求解 Poisson 方程 (25), 并利用 (26) 式可求得 $\pi(U^{t+1} - U^{t-1})$ 及 $\pi(V^{t+1} - V^{t-1})$.

根据已求出的风速时间倾向, 用中央差对时间积分, 求出 $(t+1)$ 时刻的风速, 并代入 Poisson 方程 (27) 的右端, 求解该方程就可得到 $(t+1)$ 时刻的 πH 值.

由 $\pi(h^{t+1} - h^{t-1})$ 及 $\pi(\bar{h}^{t+1} - \bar{h}^{t-1})$ 用中央差对时间积分, 可求出 $(t+1)$ 时刻的 πh 及 $\pi \bar{h}$.

对 $(t+1)$ 时刻的高度场及风场, 用一个平滑系数与风速成正比的平滑公式进行平滑, 对高度场用公式

$$\varphi_{ij} = \varphi_{ij} + 0.000375 (|u_g| + |v_g|) \nabla^2 \varphi \quad (58)$$

对风场用公式

$$\begin{cases} u_{ij} = u_{ij} + 0.000375 |u| \nabla^2 u \\ v_{ij} = v_{ij} + 0.000375 |v| \nabla^2 v \end{cases} \quad (59)$$

这样算完成了一步, 重复以上步骤, 直到 24 小时, 48 小时等时刻, 把预报的高度场及风场用 Lagrange 公式由 σ 面插到 200 毫巴、500 毫巴、850 毫巴等压面上并打印出来.

四、实 例 预 报

预报范围分两种, 一种为北半球正八角形范围, 全场 1005 个点, 网格距为 540 公里,

对应的时间步长为 2 小时。另一种为欧亚范围，是一个压扁了的八角形，全场点数仍为 1005 个点，网格距为 270 公里，对应的时间步长为 1 小时。

对实际的例子作了预报，有冬季极地冷空气爆发的例子，也有夏季低纬度副热带高压活动明显的例子，一共预报了十二个例子，现在分别对以下三个例子加以讨论：

欧亚范围的例子，我们选取了 1972 年 6 月 19 日 00 世界时作为初始场，这一例子是一次“入梅”过程。在 6 月 19 日 500 毫巴初始场上(图 1)，588 线在我国东南、华南沿岸，亚洲为二槽一脊形势，西西伯利亚和贝加尔湖以东各为一个低压区。6 月 20 日(图 2)开始，乌拉尔山高压脊向北发展，在新地岛上空形成闭合高压环流。贝加尔湖附近上空的高压加强，发展成闭合的高压环流。副热带高压有一次加强北跳的过程。西西伯利亚低压分裂出的小槽向东南发展成低压，并和贝加尔湖以东低压后部由东北方向南下的小股冷空气结合，因此蒙古一带由经向环流转为平直的纬向环流。图 3 为 6 月 21 日的实况图，平直西风气流上不断有小波动东传，配合副热带高压的稳定，形成长江中下游的梅雨形势。图 4 是 24 小时 500 毫巴预报图，报出了副热带高压的北跳加强过程，蒙古一带的低

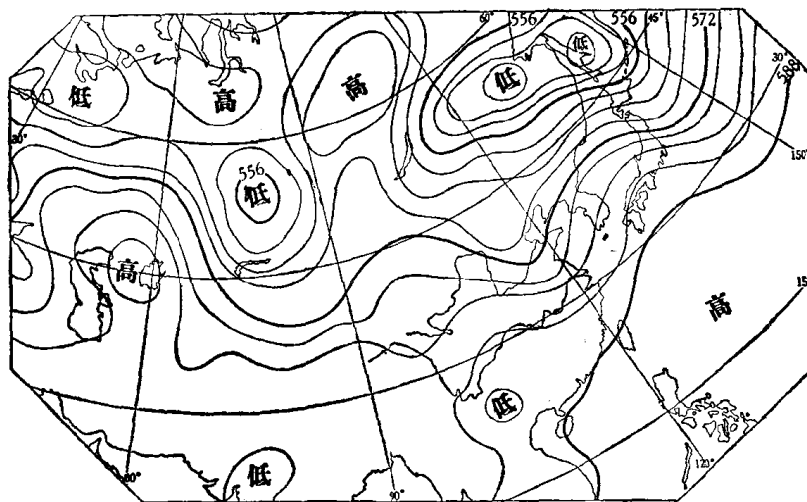


图 1

1972 年 6 月 19 日 00 世界时 500 毫巴高度场(等值线为每 4 位势什米一根，下同)

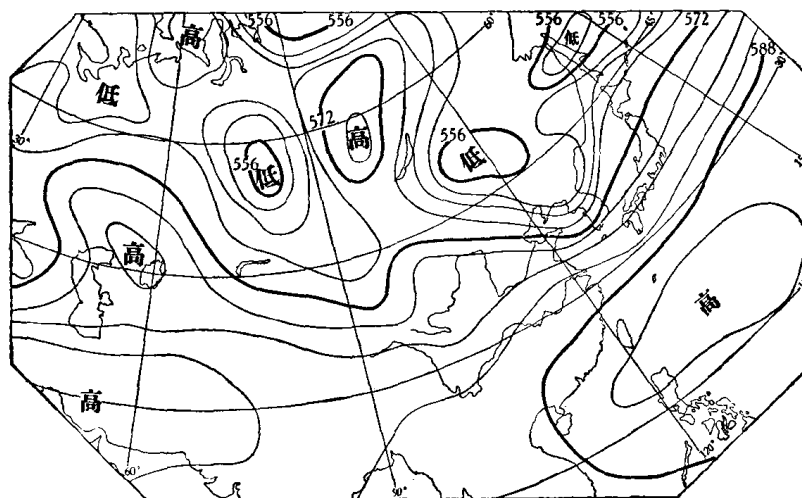


图 2

1972 年 6 月 20 日 00 世界时 500 毫巴高度场

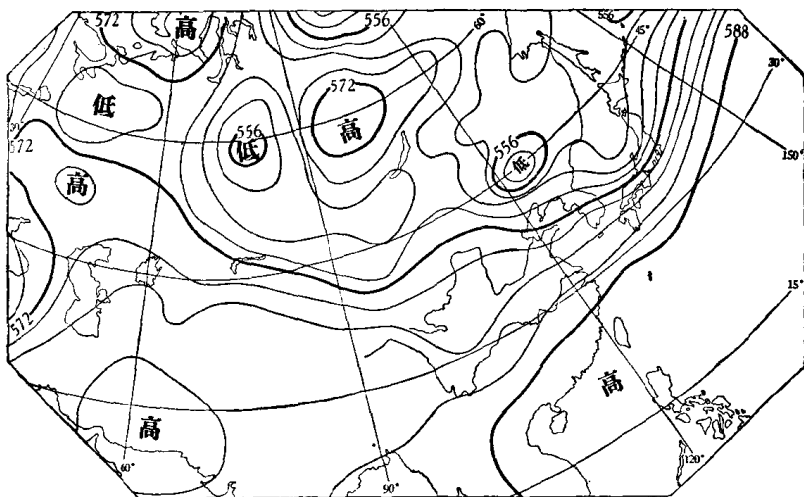


图 3

1972 年 6 月 21 日 00 世界时 500 毫巴高度场

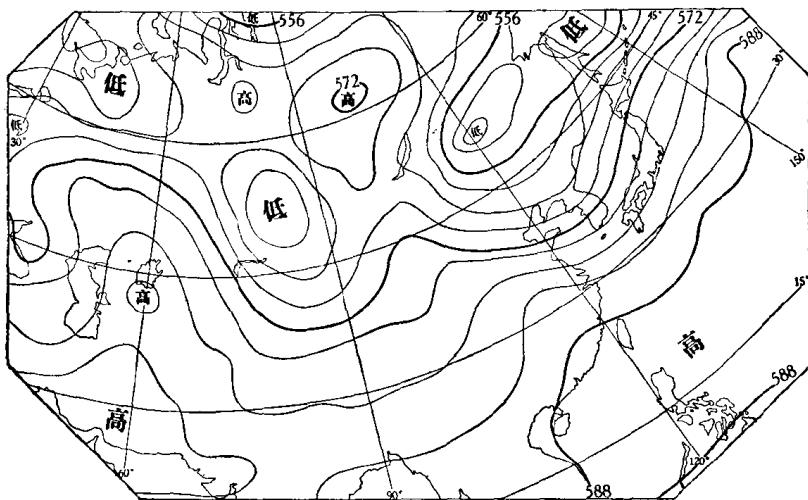


图 4

24 小时 500 毫巴预报图

1972 年 6 月 19 日 00 世界时—6 月 20 日 00 世界时

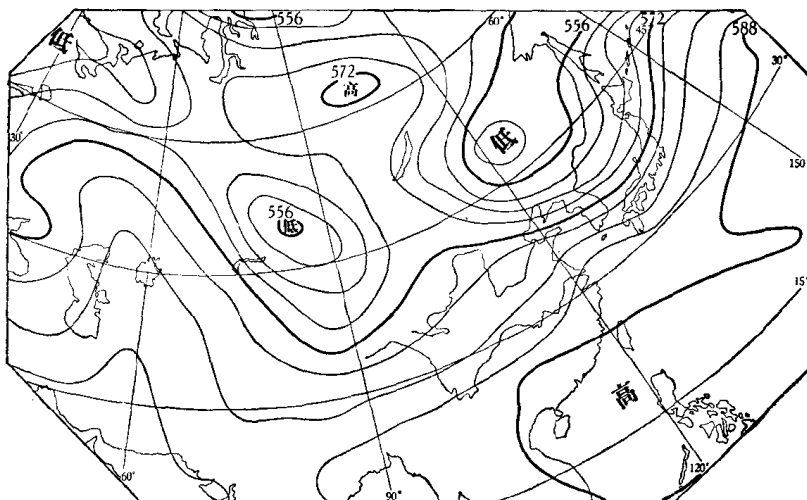


图 5

48 小时 500 毫巴预报图

1972 年 6 月 19 日 00 世界时—6 月 21 日 00 世界时

压区打通过程也报出来了,但贝加尔湖附近上空的高压环流加强还报得不够。图 5 是 48 小时 500 毫巴预报图,副热带高压预报得很好,在我国华南的 588 线几乎与实况报得一样。在蒙古一带也报出低压区。这次预报的关键是副热带高压的加强北跳及西风带二槽一脊形势破坏转为平直环流,在这两方面的预报是成功的。

另一个欧亚范围的例子是以 1972 年 8 月 17 日 00 世界时作为初始场(图 6)。在我国台湾北端上空有一个台风,这台风在未来的 24,48 小时登陆减弱,而且受到台风环流影响的副热带高压有所变动(见图 7,图 8)。图 9 是 24 小时 500 毫巴预报图,所预报的台风中心位置比实况偏北,但预报的副热带高压的变动与实况很一致,报出了台风西边的副热带高压的减弱。预报的 588 线穿过朝鲜半岛,是与实况一致的。图 10 是 48 小时 500 毫巴预报图,预报的台风减弱过程与实况相当一致。随着台风的减弱,在台风西边副热带高压的加强过程也报出来了,所预报的 588 线由朝鲜半岛上空退到朝鲜海峡上空,而实况也恰好是这样。

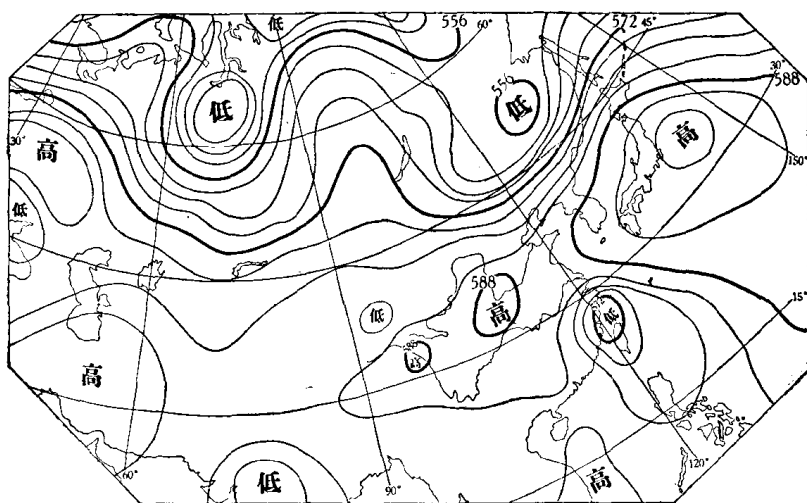


图 6
1972 年 8 月 17 日 00 世界时 500 毫巴高度场

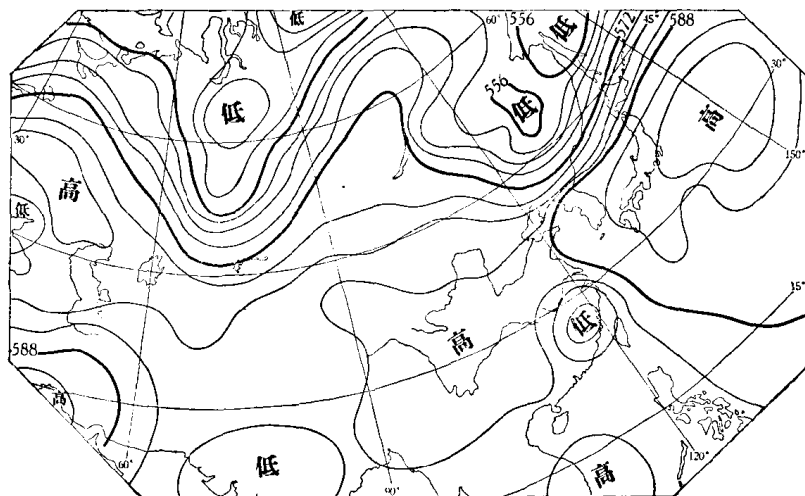


图 7
1972 年 8 月 18 日 00 世界时 500 毫巴高度场