第40卷 第3期 气 象 学 报 Vol. 40, No. 3
1982 年 8 月 ACTA METEOROLOGICA SINICA Aug., 1982

台风路径预报套网格模式的试验*

朱永禔 徐一鸣 胡富泉 丁荣富 倪允琪
（上海台风研究所） （南京大学气象系）

提 要

为了提高差分模式的分辨率，以改进台风路径预报。本文提出了原始方程模式的两种嵌套网格方案。试验表明，所提异模式嵌套网格交界域变量的衔接、协调处理是有效的；以轴对称正态分布模拟台风环流对于台风路径数值预报是适宜的。个例计算及1980年试用结果表明，套网格方案对路径预报有不同程度改进。

一、前 言

在数值预报差分模式中，分辨率愈低，截断误差、平滑等作用导致中尺度系统的衰减亦愈明显。因此，提高分辨率对改善数值预报甚为重要。然而，缩小格距不仅使相同预报域内格点数增加，而且，因时间步长须相应减缩而使计算工作量大幅度增长。因此，在目前条件下，应用细网格系统作大范围内业务数值预报是不经济的。即使在计算机条件较优越的国家亦只能采取粗、细网格嵌套技术以提高局部范围的分辨率。国外有限区域数值预报[1,2]大都循此途径才获得发展。

分辨率在台风路径数值预报模式中所占地位尤为重要。数年来，上海台风研究所的路径数值预报业务实践表明，以二百公里格距的正压原始方程模式[3]预报中等强度或弱台风路径时，在预报36小时后台风环流就大为减弱，甚至难以确定其中心位置。为了克服这一缺陷，同时试图改进路径预报，采取套网格系统以提高台风路径预报模式的分辨率是十分必要的。一九六五年我们曾以半球准无辐散正压模式作套网格试验，取得了一定效果。本文就上海现行的业务原始方程模式提出了两种套网格方案，并进行了个例试验，计算表明，为消除内、外区联结处由于变量不连续引起的不稳定，对交界域变量进行衔接、协调处理具有决定性作用。

二、异模式套网格方案

1. 模式简述

本方案以不同模式进行嵌套试验，即在常定侧边界条件下，以初始方程三层模式[4]（以下简称模式Ⅰ）作外区粗网格（格点数为982，格距为300公里，时间步长为1小时）预报，预报域复盖亚欧和西太平洋地区，而以正压原始方程模式[3]（简称模式Ⅱ）作细网格内区（31×27个格点，格距为150公里）预报，时间步长取600秒。

两种模式的等压面高度均取自客观分析的结果[6]，内区细网格点值系据粗网格点分

* 本文于1980年4月4日收到，1980年12月12日收到修改稿。

析值按 Bessel 插值公式求得。由于模式Ⅱ采用了四阶精度空间差分，所以必须对外区各时步的 500 毫巴风和高度的预报值分别作时、空线性内插，获得细网格边界域四圈格点的预报值，供衔接、协调之用。由网格嵌套布局(图 1)可见，内区右下角位于粗网域外，故在这部份内区边界上取定常值。

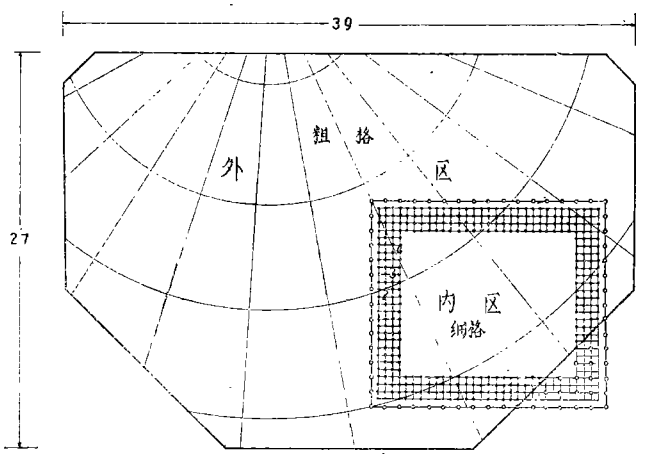


图 1 异模式嵌套网格系统

2．内、外区交界域变量的衔接、协调技术

实践表明，在对外区提供的变量进行时、空插值后所得细格区周界内第三、四圈上变量与内区相应格点的变量预报值不尽相同。为了抑制其差异的增长，我们在各时步对内区周界格点之两种值按下式进行衔接处理：

$$S_{i,j}=K_1(S_1)_{i,j}+K_2(S_2)_{i,j},\text{当}\begin{cases} j=N, N\leqslant i<P-N+1 \text{ 或} \\ i=P-N+1, N\leqslant j<Q-N+1 \text{ 或} \\ j=Q-N+1, P-N+1\geqslant i>N \text{ 或} \\ i=N, Q-N+1\geqslant j>N+1 \end{cases}$$

$$(N=3,4)$$

上式 i,j 为细网格点序号($i=x/d, j=y/d, 1\leqslant i\leqslant P, 1\leqslant j\leqslant Q$)。变量 S_1、S_2 (高度或风)分别为粗、细网格预报值，对于权重系数 K_1、K_2 我们取等值 0.5。

在内区周界除了衔接处理外，每四个时步尚须作一次变量协调处理：

对于 $j=3, 3\leqslant i<P-2$ 或 $i=P-2, 3\leqslant j<Q-2$ 或 $j=Q-2$，

$P-2\geqslant i>3$ 或 $i=3, Q-2\geqslant j>4$ 有

$$\tilde{S}_{i,j}=(1-\alpha_3)S_{i,j}+\frac{\alpha_3}{4}(S_{i+1,j}+S_{i-1,j}+S_{i,j+1}+S_{i,j-1}); \tag{1}$$

对于 $i=P-N+1, N\leqslant j<Q-N+1, (N=4,5)$ 或 $i=N$ 且

$Q-N+1\geqslant j>N+1, (N=1,2)$ 则有

$$\tilde{S}_{i,j}=(1-\alpha_N)S_{i,j}+\frac{\alpha_N}{4}(\tilde{S}_{i+1,j}+S_{i-1,j}+S_{i,j+1}+S_{i,j-1}); \tag{2}$$

对于 $i=N, Q-N+1\geqslant j>N+1, (N=4,5)$ 或者 $i=P-N+1$ 且

$N\leqslant j<Q-N+1, (N=1,2)$ 有

$$\tilde{S}_{i,j}=(1-\alpha_N)S_{i,j}+\frac{\alpha_N}{4}(S_{i+1,j}+\tilde{S}_{i-1,j}+S_{i,j+1}+S_{i,j-1}); \tag{3}$$

对于 $j=Q-N+1, P-N+1\geqslant i>N, (N=4,5)$ 或 $j=N$ 且 $N\leqslant i<P-N+1, (N=1,2)$ 有

$$\tilde{S}_{i,j}=(1-\alpha_N)S_{i,j}+\frac{\alpha_N}{4}(S_{i+1,j}+S_{i-1,j}+\tilde{S}_{i,j+1}+S_{i,j-1}); \tag{4}$$

对于 $j=Q-N+1, P-N+1\geqslant i>N, (N=1,2)$ 或 $j=N$，而且 $N\leqslant i<P-N+1, (N=4,5)$ 有

$$\tilde{S}_{i,j}=(1-\alpha_N)S_{i,j}+\frac{\alpha_N}{4}(S_{i+1,j}+S_{i-1,j}+S_{i,j+1}+\tilde{S}_{i,j-1}); \tag{5}$$

式中系数 α_N 的下标即圈序号 N，我们取 $\alpha_1=\alpha_5=0.08, \alpha_3=\alpha_4=\alpha_2=0.12$。

实例计算表明，经此处理后，可有效地消除交界域的变量不连续。由此，外区系统可通过交界域移入或移出内区，不受边界的影响。以 7802 号台风为例，于图 2、3 分别绘出了 500 毫巴初始场(1978 年 6 月 19 日 00Z)和 36 小时预报场 (内区之局部)。由图可见，西风槽未受内区周界(图左上角)牵制，24 小时东移了约八个经距，后 12 小时少动，36 小时预报槽线较实况略慢。此种西风槽经内区边界移入的情况 在 7708 号台风个例 计算中也存在。可见，上述衔接、协调方法对异模式套网格是适用的。

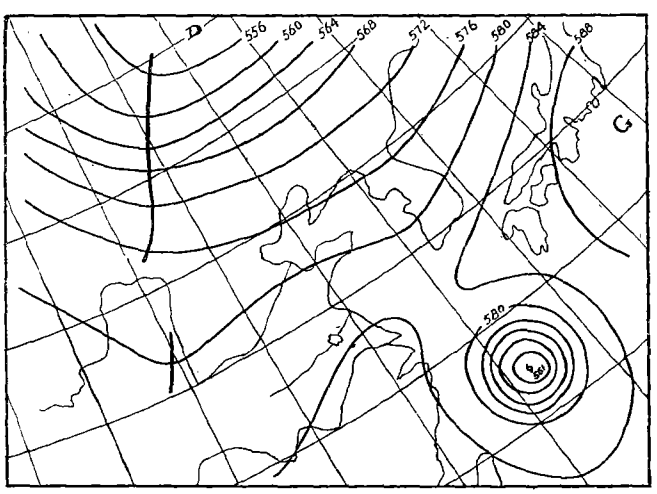


图 2　1978 年 6 月 19 日 00Z (世界时，下同)500 毫巴等压面高度场

3．轴对称台风环流的嵌入

在现今条件下，客观分析技术尚难以用稀少资料分析出正确的台风环流。为此，我们设台风环流具有轴对称结构，并有正态分布型，

即设

$$Z(r)=Z_B-\Delta Z/\exp((1.7\,r/R)^2), \tag{6}$$

式中 r 为某格点与台风中心之距离，R 为台风的平均半径，而 $\Delta Z=Z_B-Z(0)$，此处 $Z(0)$ 和 Z_B 分别为台风中心和台风环流外围 500 毫巴高度。R、Z_B 和 $Z(0)$ 据海面资料确定(并使 $Z(0)$ 不小于 550 位势什米)。显然，上式满足条件：

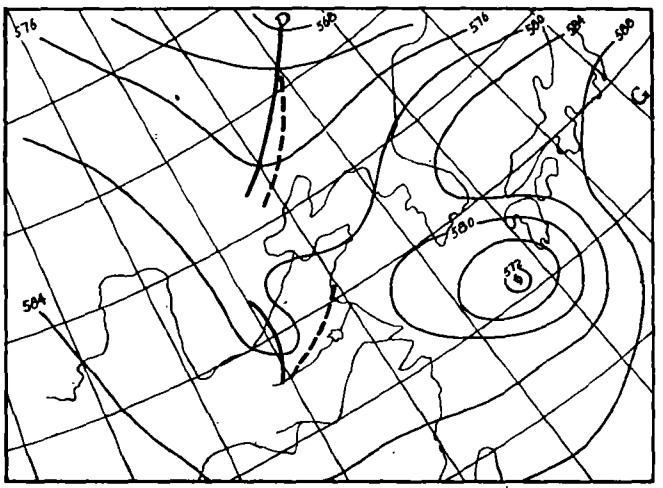


图 3 1978 年 6 月 20 日 12 Z 500 毫巴 36 小时预报高度场

$$\text{i. } \left.\frac{\partial Z}{\partial r}\right|_{r=0}=0,\ \text{ii. } Z|_{r=0}=Z(0),\ \text{iii. } Z|_{r=R}\simeq Z_B.$$

图 4 给出了 $\Delta Z=10,20,30$ 位势什米、$R=4\,d$($d=150$ 公里)的台风强度廓线。由图(4)可见，流场梯度的变化较匀缓。为使台风环流嵌入后与环境场协调一致，我们作如下处理：

i. 对 Z_B 的修正。

在 $R-0.7\,d<r\leqslant R+0.7\,d$ 范围内求客观分析高度 Z^* 的平均值 $\bar{Z}^*$，然后以此值与 Z_B 的加权平均作为 Z_B 的修正值，即 $Z_B^*=\frac{1}{3}(\bar{Z}^*+2Z_B)$.

ii. 与环境场的衔接、协调。

在台风区（中心周围 12×12 d^2 的区域）内作两步衔接、协调处理。首先，令

$$Z(r)=\delta\cdot[Z_B^*-\Delta Z^*/\exp((1.7r/R)^2)]+(1-\delta)\cdot Z^*(r),$$

其中 $\Delta Z^*=Z_B^*-Z(0)$，而衔接系数 $\delta=\begin{cases}1 & R>r\\ 2-r/R, & \text{当 } 2R\geqslant r\geqslant R\\ 0 & r>2R\end{cases}$。其次，对台风区周界四圈（令圈序号 $M=1、2、3、4$，近中心之圈序号为 1），由内及外逐圈进行协调处理，式与(1)－(5)类似，其中 α_N 以 β_M 代之，即对于 $i=i_0+M+2$，$j_0-M-2\leqslant j<j_0+M+2$，($M=2、3、4$)按(2)式；对于 $i=i_0-M-2$，$j_0+M+2\geqslant j>j_0-M-2$，($M=2、3、4$)按(3)式；对于 $j=j_0-M-2$，$i_0-M-2\leqslant i<i_0+M+2$，($M=2、3、4$)按(4)式；对于 $j=j_0+M+2$，$i_0+M+2\geqslant i>i_0-M-2$，($M=2、3、4$)按(5)式；对于 $i=i_0+3$，$j_0-3\leqslant j<j_0+3$ 或 $j=j_0+3$，$i_0+3\geqslant i>i_0-3$ 或 $i=i_0-3$，$j_0+3\geqslant j>j_0-3$ 或 $j=j_0+3$，$i_0-3\geqslant i>i_0+3$ 按(1)式进行处理，取系数 $\beta_M=1-\frac{M}{5}$。

试验表明，台风环流的结构对路径预报有一定影响。为了考察其影响程度，我们以藤田[6]给出的公式

$$Z(r)=Z_B-\Delta Z/\sqrt{1+(r/r_0)^2},\qquad(7)$$

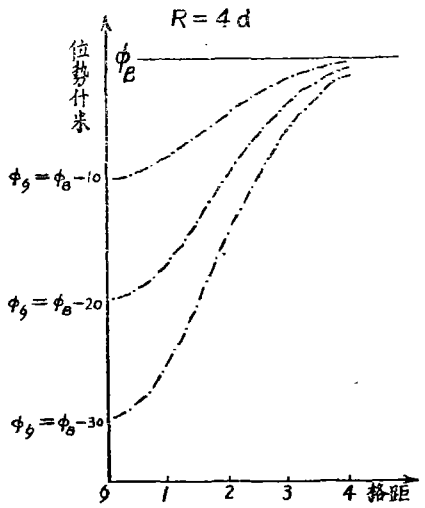


图 4　正态分布台风强度廓线
($R=4\,d$,$\Delta Z=10,20,30$ 位势什米)

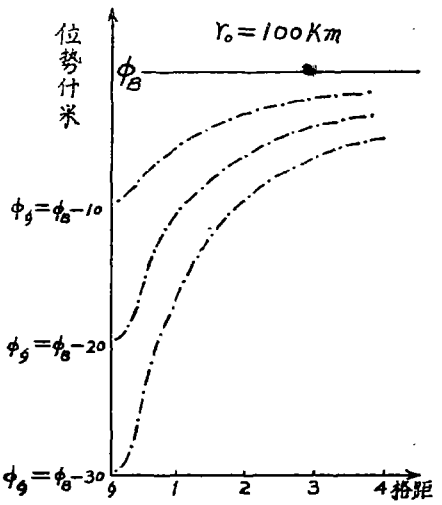


图 5　台风强度廓线(按藤田公式)
($r_0=100$ 公里,$\Delta Z=10,20,30$ 位势什米)

进行对比。首先，由(7)式可知，r_0 取值愈大，条件 $Z|_{r=R}=Z_B$ 的近似满足程度愈差，但 r_0 小，近中心的梯度又过大。如取结构参数 $r_0=100$ 公里，分别作三种强度台风的廓线(图 5)，对比图 4 与图 5 可见，正态分布公式能较好满足要求。个例计算亦表明，藤田公式用于作台风路径数值预报的效果不如正态分布型。

三、自模式套网格方案

1. 模式简述

本方案之粗、细网格区均以模式Ⅱ作预报。粗格距取 300 公里，格点为 31×27，预报域复盖欧亚和西太平洋地区，时间步长为 20 分，细格距为 150 公里，格点亦为 31×27，以我国东半部和西太平洋为预报域，时间步长为 10 分。细格内区的高度变量亦系按Bessel 公式插值求得，风场进行了动态初值化处理。

2. 内区周界协调技术

对正压原始方程模式，Elvius 和 Sundström[7]获得了适定的边值条件，即在流入点边界仅给切向风速 V_T，而在整个边界给法向风速 V_N，而 V_N 的选择应能抑制虚假重力波的产生，其余变量由域内值外推。为使内、外区交界处变量值连续，我们按上述原则并参照 Okamura[1]的调整方案，提出如下适用于四阶精度空间差分格式的协调公式。以 I、J 表示粗网格点序号，以 i、j 表示细网格点序号，首先在内区边界点依法向风的符号按下表确定内区边界线外两圈的估计值。对于流入点($V_N>0$)，变量 V_N、V_T、Z 按下表求取。

变　量	V_N	V_T	Z
边　值	$(V_N^*)_{i-1,j}$	$(V_T)_{I,J}$	$Z^{**}_{i-1,j}$
	$(V_N^*)_{i-2,j}$	$(V_T)_{I+1,J}$	$Z^{**}_{i-2,j}$

对于流出点($V_N \leqslant 0$)，有

变量	V_N	V_T	Z
边值	$(V_N^*)_{i-1,j}$	$(V_T^{**})_{i-1,j}$	$Z_{i-1,j}^{**}$
	$(V_N^*)_{i-2,j}$	$(V_T^{**})_{i-2,j}$	$Z_{i-2,j}^{**}$

表中变量右上角 * 号表示按等散度原理由内向外之推算值，即

$(V_N^*)_{i,j}=(V_T)_{i,j+1}+(V_N)_{i+2,j}-(V_T)_{i,j-1}-2d\cdot D_{I-1,J}$，其中 $D_{I-1,J}$ 为粗网格点 $I-1$，J 之散度值，d 为细格格距。带 * * 号之变量系按下式线性外推求得，即 $A_{i,j}^{**}=2A_{i+1,j}-A_{i+2,j}$。当内区边界两圈估计值确定后，再作两步调整。第一步，若$(V_N)_{i-1,j}>0$，有

变量	V_N	V_T	Z
条件	$\lvert(V_N)_{i-1,j}-(V_N^*)_{i-1,j}\rvert>C_1$	—	$\lvert Z_{i-1,j}-Z_{i-1,j}^*\rvert>C_2$
$A'_{i,j}$	—	—	$Z_{i,j}+e_2(Z_{i,j}-Z_{i,j}^{**})$
$A'_{i-1,j}$	$(V_N^*)_{i-1,j}+e_1((V_N)_{i-1,j}-(V_N^*)_{i-1,j})$	—	$2Z'_{i,j}-Z'_{i+1,j}$
$A'_{i-2,j}$	$(V_N^*)_{i-2,j}+e_1((V_N)_{i-2,j}-(V_N^*)_{i-2,j})$	—	$2Z'_{i-1,j}-Z'_{i,j}$

若$(V_N)_{i-1,j}\leqslant 0$，则有

变量	V_N	V_T	Z
条件	$\lvert(V_N)_{i-1,j}-(V_N^*)_{i-1,j}\rvert>C_1$	$\lvert(V_T)_{i-1,j}-(V_T^{**})_{i-1,j}\rvert>C_1$	$\lvert Z_{i-1,j}-Z_{i-1,j}^{**}\rvert>C_2$
$A'_{i,j}$	—	$(V_T)_{i,j}+e_1[(V_T)_{i,j}-(V_T^{**})_{i,j}]$	$Z_{i-1,j}+e_2(Z_{i-1,j}-Z_{i-1,j}^{**})$
$A'_{i-1,j}$	$(V_N^*)_{i-1,j}+e_1[(V_N)_{i-1,j}-(V_N^*)_{i-1,j}]$	$2(V'_T)_{i,j}-(V'_T)_{i+1,j}$	$2Z'_{i,j}-Z_{i-1,j}$
$A'_{i-2,j}$	$(V_N^*)_{i-2,j}+e_1[(V_N)_{i-2,j}-(V_N^*)_{i-2,j}]$	$2(V'_T)_{i-1,j}-(V'_T)_{i,j}$	$2Z'_{i-1,j}-Z_{i,j}$

第二步，若$(V_N)_{i-2,j}>0$，则

变量	V_N	V_T	Z
条件	$\lvert(V_N^*)_{i-2,j}-(V'_N)_{i-2,j}\rvert>C_1$	—	$\lvert Z_{i-2,j}^{**}-Z'_{i-2,j}\rvert>C_2$
$A''_{i-1,j}$	—	—	$Z_{i-1,j}^{**}+e_2(Z_{i-1,j}^{**}-Z'_{i-1,j})$
$A''_{i-2,j}$	$(V'_N)_{i-2,j}+e_1[(V_N)_{i-2,j}-(V''_N)_{i-2,j}]$	—	$2Z''_{i-1,j}-Z''_{i-2,j}$

若$(V_N)_{i-2,j}\leqslant 0$，则有

变量	V_N	V_T	Z
条件	$\lvert(V_N^*)_{i-2,j}-(V'_N)_{i-2,j}\rvert>C_1$	$\lvert(V_T^{**})_{i-2,j}-(V_T)_{i-2,j}\rvert>C_1$	$\lvert Z_{i-2,j}^{**}-Z'_{i-2,j}\rvert>C_1$
$A''_{i-1,j}$	$(V'_N)_{i-1,j}+e_1[(V_N^*)_{i-1,j}-(V'_N)_{i-1,j}]$	$(V_T^*)_{i-1,j}+[(V_T^*)_{i-1,j}-(V'_T)_{i-1,j}]e_1$	$Z_{i-1,j}^*+e_2[(Z^*)_{i-1,j}-Z'_{i-1,j}]$
$A''_{i-2,j}$	$(V'_N)_{i-2,j}+e_1[(V_N^*)_{i-2,j}-(V'_N)_{i-2,j}]$	$2(V_T^*)_{i-1,j}-(V'_T)_{i,j}$	$2Z''_{i-1,j}-Z'_{i,j}$

上列表中，我们取 $C_1=2$ 米/秒，$C_2=10$ 米^2/秒^2，$\varepsilon_1=0.25$，$\varepsilon_2=0.5$。计算表明，上述方案对自模式套网格是适用的。

3．内区预报值对外区粗格点预报的反馈

如粗、细网格预报误差的统计特性已知，则据最小二乘原理，不难考虑精度较高的内区预报值对外区的反馈，而经内区边界又反作用于内区预报，间接地改善内区的台风路径预报。下面我们将粗网格点的变量预报值记作 S_c，而将细网格点的同一变量预报值记作 S_f，该变量的正确值记为 S_a，设其为外区预测值的随机修正，显然有 $S_a=S_f+E_f$，$S_a=S_c+E_c$，其中 E_f 和 E_c 分别为细、粗网格区之预报误差。现设 E_c 与 E_f 无关，即 $\overline{(E_c)_I\cdot(E_f)_J}=0$，"——"为对内区粗格点的平均记号。为了考虑内区对外区的反馈，我们应用两种格距预报值之偏差来对外区预报值进行修正。在线性估计范围内一般可以加权平均处理之，即粗网格点变量之修正值可表为 $S^*=S_c+A(S_f+S_c)$，

式中 A 为待定之加权系数矩阵，显然，使

$$R=\overline{(S_I^*-S_I)^2}$$

为最小时的 S^* 为最佳修正。由此可得知加权系数矩阵 A。为减少计算工作量，我们仅在格点邻近九点范围内求取，并每隔六小时预报进行一次上述反馈计算。

四、实 例 试 验

1．我们用异模式套网格方案(简称套网格Ⅰ)和模式Ⅱ对 7609，7708，7802，7805，7806 和 7910 号等六个西太平洋台风（起始时刻分别为 76.7.17，77.9.9，78.6.19，78.7.22，78.7.29 和 79.8.24，00 Z）作了六次对比试验。为了便于对照，我们于表 1 给出

表 1　套网格Ⅰ与模式Ⅱ实例试验误差比较

台风编号 \ 预报方案 \ 偏差	12 小时				24 小时			
	套网格Ⅰ		模式Ⅱ		套网格Ⅰ		模式Ⅱ	
	距离(海里)	方向(度)	距离(海里)	方向(度)	距离(海里)	方向(度)	距离(海里)	方向(度)
7708 9.9.00Z	73.8	13.0	112.3	32.3	181.3	5.4	138.5	13.5
7802 6.19.00Z	78.0	19.6	88.0	52.1	175.8	2.8	181.5	4.1
7805 7.22.00Z	131.6	1.2	142.7	26.5	150.1	13.6	247.7	19.1
7806 7.29.00Z	36.3	33.6	36.4	9.0	63.4	17.5	68.0	4.3
7910 8.24.00Z	43.2	31.7	65.4	18.4	109.9	25.0	50.4	12.6
台风编号 \ 预报方案 \ 偏差	36 小时				48 小时			
	套网格Ⅰ		模式Ⅱ		套网格Ⅰ		模式Ⅱ	
	距离(海里)	方向(度)	距离(海里)	方向(度)	距离(海里)	方向(度)	距离(海里)	方向(度)
7708 9.9.00Z	153.1	17.9	52.2	0.6	—	—	—	—
7802 6.19.00Z	274.5	13.7	278.9	7.1	—	—	—	—
7805 7.22.00Z	247.3	7.2	287.1	6.8	256.9	1.7	364.7	2.5
7806 7.29.00Z	156.2	11.2	173.8	1.9	252.8	10.2	353.1	6.5
7910 8.24.00Z	122.0	12.6	31.1	8.3	147.2	17.8	109.4	12.8

了预报位置与实际位置的大圆距离和球面方向角偏差值。由表中数字可见，以套网格Ⅰ预报的距离偏差有72%次比模式Ⅱ的预报偏差为小。而12，24小时预报位置的方向角偏差亦以套网格Ⅰ为小，至于36，48小时预报位置的方向角偏差值，则以模式Ⅱ的结果为小。当然，从服务效果看还不能完全以位置偏差的大小来评判预报的优劣和成败，关键往往在于路径预报的总趋向与实况相近的程度。为此，我们于图6—9给出了四次预报与实况路径(以间隔为12小时的位置联线表之)，以便对比，现简述如下：

7708号台风(图6)具有较大的预报难度。自9月9日00 Z起发生了三次异常折向。其中前两次在本方案预报路径中均有反映，这显然比模式Ⅱ的结果为佳，由于移速偏慢，因此24小时预报距离偏差却反比模式Ⅱ为大。

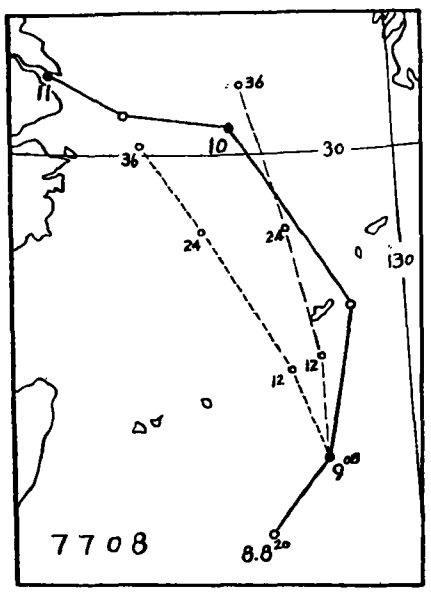


图6 7708号台风路径

(•——•——• 实况，•——•——•模式Ⅱ预报路径，
00 z 12 z 00 z
•----•-----•套网格Ⅰ预报路径)

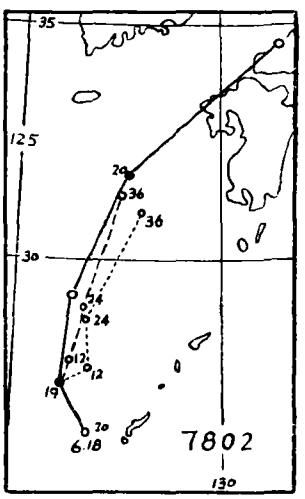


图7 7802号台风路径
(说明同图6)

图7 为7802号台风，路径趋向以套网格Ⅰ略优于模式Ⅱ。此外，套网格Ⅰ预报的台风环流在36小时后依然明显，预报至60小时，其移向与实况接近，而模式Ⅱ预报36小时后，台风位置已无法确定。

图8给出了7805号台风路径。可见套网格Ⅰ之预报登陆点与实况仅偏离0.2度(纬距)，从路径趋势和偏差值来看，套网格Ⅰ预报结果基本上均优于模式Ⅱ。

由图9可见，7910号台风的本方案预报路径趋向与实况较一致，且较模式Ⅱ的预报路径为优，但速度偏慢，因此无论从距离或从方向角偏差值来看，结论相反。由此可见，仅以偏差值来衡量模式的预报能力和价值是有局限性的。

2．应用自模式套网格方案我们对7708和7806号台风进行了三个时次的对比试验。图10—12分别为7708号(起始时刻为9月8日12 Z)和7806号(起始时刻为7月28日和

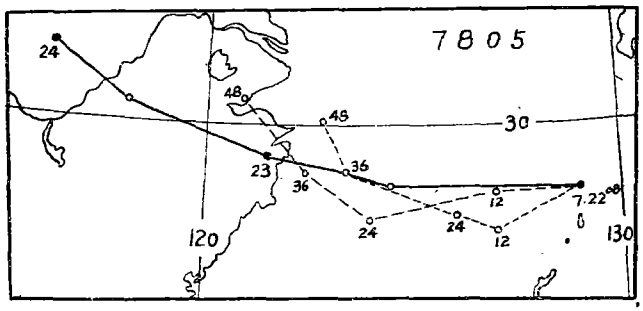


图 8　7805 号台风路径
（说明同图 6）

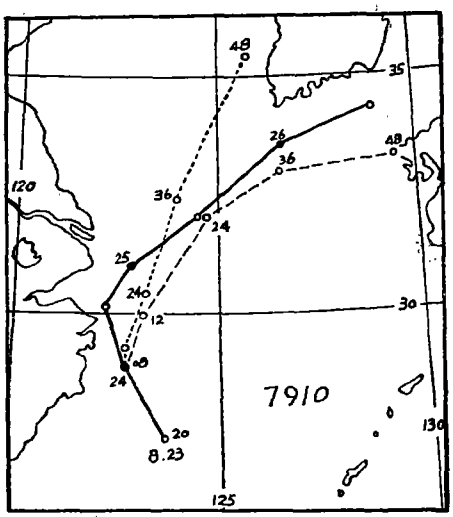


图 9　7910 号台风路径
（说明同图 6）

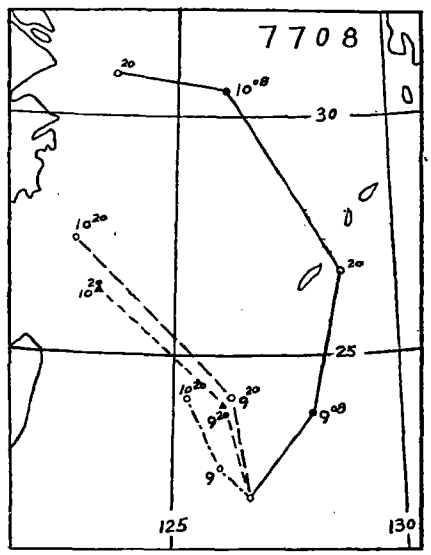


图 10　7708 号台风路径
（•—◦—•实况，◦—·—·—◦定常边值预报路径，▲----▲无反馈预报路径，◦---◦考虑反馈预报路径）

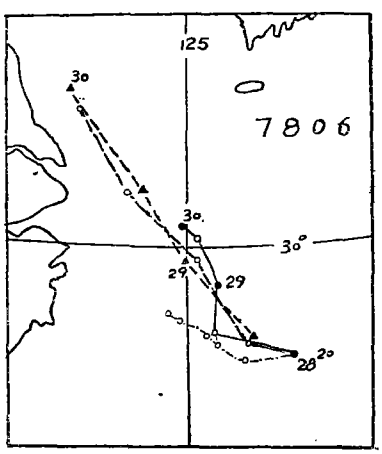


图 11　7806 号台风路径
（说明同图 10）

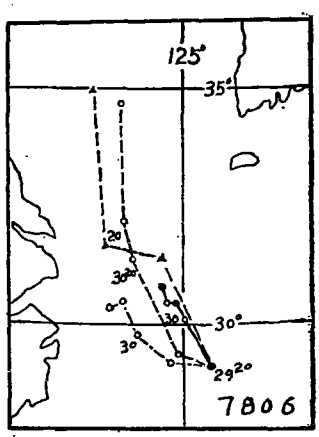


图 12　7806 号台风路径
（说明同图 10）

29 日 12 Z)的预报与实况路径。为了考察反馈作用，图上尚分别给出了定常边值和不考虑反馈的预报路径。对比图 10 的四条路径，显然以考虑反馈的预报路径为最佳。由于对副高西伸的趋势预报与实况相符，因此台风的西折趋势与实况较一致，只是偏差角较大。

至于 7806 号台风的二次预报(图11,12)，预报移速均较实况为快，但移向与实况尚一致。对比预报路径，亦可看出考虑反馈作用的优越性。

上述两种套网格方案的实例试验表明，以粗、细网格嵌套提高模式水平分辨率对于改善台风路径预报有一定作用。由于客观原因，我们未能以上述两种方案对相同实例进行对比试验，因此难以对其预报能力作出比较。然而，从预报时效看，套网格 I 有其优越性，如应用上一时次模式 I 的粗网格预报值作为内区边界值，则路径预报时效将更高。

五、一九八〇年试报情况

在 1980 年台风季节，用前述异模式套网格方案对七个西太平洋台风（8006，8012，8013,8014,8015,8016和 8019 号）进行了16 次试报，并提供给业务预报作了参考，结果尚不失所望，预报路径总趋向与实况基本相近。现举 8012,8015 和 8019 号台风的九次预报为例。图 13a 给出了 8012 号台风的三次预报路径，其移向与实际趋向相近，后两次预报路径均在登陆后才折向偏北，登陆点与实况偏差约在 1.5 度纬距以内与非同时次上海气象台发布的预报路径对比(见图 13 b)可见，三者相比之下以套网格 I 提供的预报路径较符合实况。由未在海上转向这一点来看，套网格 I 的预报路径是较成功的。此外，其移速误差亦较模式 II 的为小。图 14a 给出了 8015 号台风的预 报和实况路径。虽然 15,16 日台风稳定少动而预报过快外，移向总趋势与实况尚接近，三次预报登陆点与实况偏离均在约 1.5 度纬距以内，而模式 II 的预报路径（见图 14b）除了 15 日 12 Z 的一次预报移动缓慢较接近实况外，其后两次预报折向均与实况偏离较大，而上海气象台的三次预报移向趋势与实况尚一致。对 8019 号台风的三次预报（图 15 a），其海上转向的趋势均与实况相符，尤以后两次与实况更为接近，而对照模式 II 和上海气象台的预报（图 15 b)可见，亦以

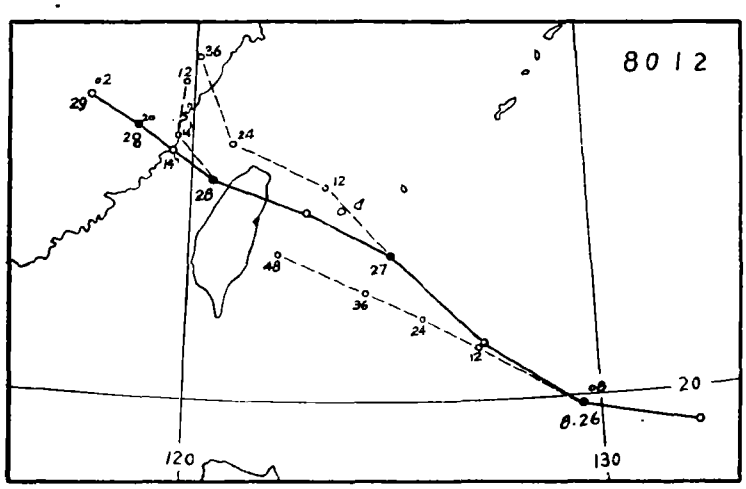


图 13a 8012 号台风路径

(•—•—•实测路径，•----•----• 套网格 I 预报路径)

12hr 24hr 36hr

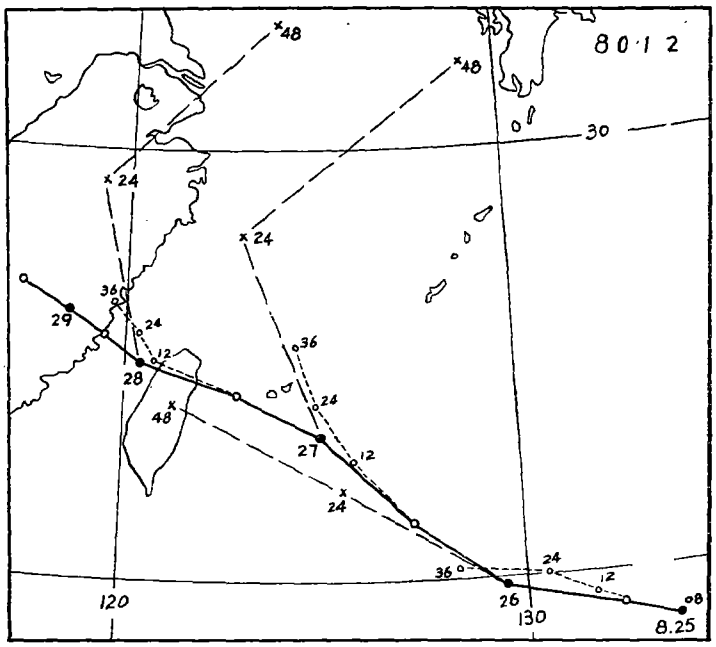


图 13b　8012 号台风路径

(•—○—•实况，○——○——○模式Ⅱ预报路径，×----×上海气象台预报路径)
12hr 24hr 36hr　　24hr 48hr

套网格Ⅰ的预报为优。

为了对预报位置的偏差有一量的估计，我们于所列表 2 中给出了各次预报的位置与实况间距离和方向角的偏差值。由平均值看，预报位置的距离偏差随着预报时间的延长而增大，即由 12 小时预报位置偏差 61.9 海里增大到 48 小时偏差 179.8 海里。而方向角偏差却随着预报时间的延续而减小，即由 12 小时平均偏差角 22.7° 减小到 48 小时的 13.5°。由此可见，套网格Ⅰ对预报路径的总趋向具有一定的参考价值。

由于条件所限，套网格Ⅰ与模式Ⅱ未能对同时次台风进行计算，因此难以逐个对比，

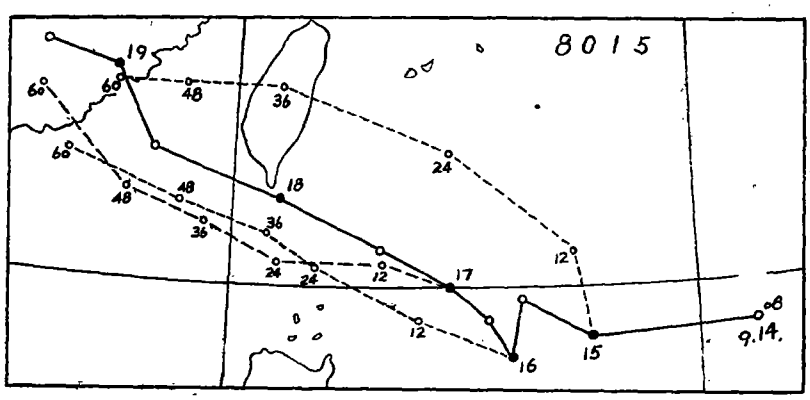


图 14a　8015 号台风路径
(说明同图13a)

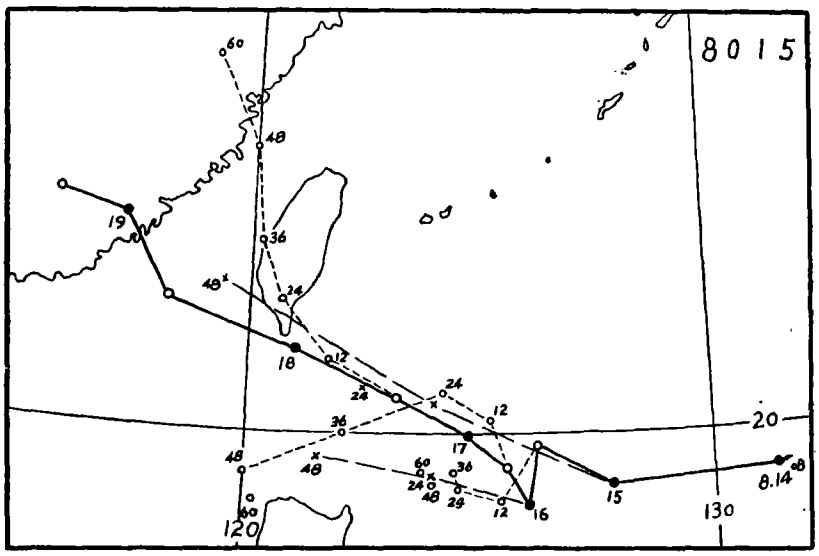


图 14b 8015 号台风路径
(说明同图13b)

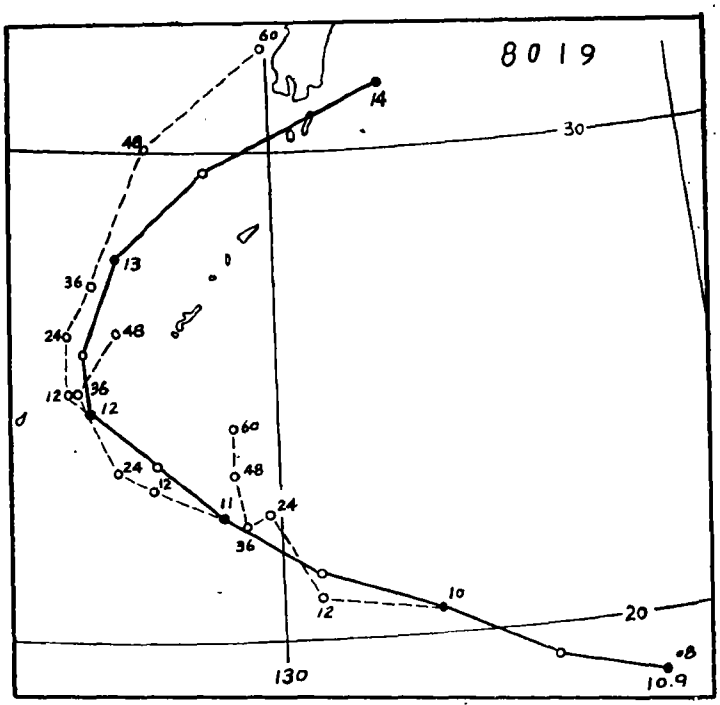


图 15a 8019 号台风路径
(说明同图13a)

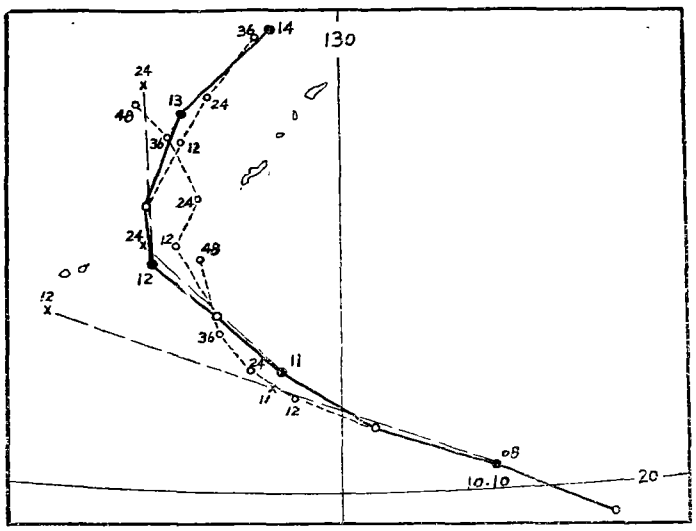


图 15b　8019 号台风路径
（说明同图13b）

表 2　1980 年套网格 I 与模式 II 预报台风位置平均偏差（括号内为预报次数）

模式 \ 预报偏差	12 小时		24 小时		36 小时		48 小时	
	距离（海里）	方向（度）	距离（海里）	方向（度）	距离（海里）	方向（度）	距离（海里）	方向（度）
模式 II	101.5 (12)	18.1 (12)	143.2 (12)	16.7 (12)	190.6 (9)	20.6 (9)	284.3 (7)	30.9 (7)
套网格 I	61.9 (17)	22.7 (17)	108.2 (16)	17.4 (16)	161.5 (14)	13.5 (14)	179.8 (10)	13.5 (10)

但比较相邻时次的预报路径趋势和表 2 所列偏差平均值，可以认为套网格 I 获得了改进的效果。此外，试用表明了套网格 I 的衔接、协调处理方法是有效的、实用的。

致谢：本文插图系南京大学气象系石宗祥同志绘制，作者在此表示谢意。

参 考 文 献

[1] Okamura Y., Computational design of a limited area prediction model, *Jour. Meteor. Soc. Japan*, **53**, 175—178, 1975.

[2] Kurihara Y., M. A. Bender and G. J., Tripoli A movable nested mesh primitive equation model, 11 th Technical conference hurricanes and tropical Meteorology, Dec. 13—16, 1977.

[3] 倪允琪、薛宗元、金汉良，西太平洋台风路径数值预告的[77]方案及其试验结果，第二次全国数值天气预报会议论文集，137—149，1979。

[4] 陈雄山等，初始方程三层模式，数值预报和数理统计预报会议论文集，1974.

[5] 上海市气象局数值预报组，高空图的业务客观分析，大气科学，3，184—189，1979。

[6] Fujita T., Pressure distribution in typhoon, *Geophys. Mag.* **23**, 1952.

[7] Elvius T., and A. Sundstrōm, Computationally efficient schemes and boundary conditions f or a fine-mesh barotropic model based on the shallow water equations, *Tellus*, **25**, 132—136, 1973.

AN EXPERIMENT IN NUMERICAL FORECASTING OF TYPHOON TRACKS WITH NESTED MODELS

Zhu Yong-ti Xu Yi-ming Hu Fu-quan Ding Rong-fu

(Shanghai Typhoon Institute)

Ni Yun-qi

(Department of Meteorology, Nanjing University)

Abstract

In order to improve the prognosis of typhoon movement, the nested mesh schemes for the primitive equation models are presented in this paper.

An experiment on prediction for some examples had been made by using these schemes. It is shown from the calculation that the methods for conjunction and adjustment of dependent variables at the juncture of coarse-mesh and fine-mesh are effective and the axial-symmetrical typhoon circulation simulated by the normal distribution is suitable for the prediction of typhoon movement by using numerical models.

One of the schemes was tested during the typhoon season in 1980 and resulted in the improvement, to a certain degree, in the forecast of the typhoon tracks.