

台风移动的分型统计预报方法

上海台风协作研究组*

一、前言

近年来,用逐步回归的统计预报方法作台风路径的短期预报,已成为许多气象台预报业务中常用的工具之一,这个方法结合了预报员们的实践经验,经两年的使用结果证明是有一定参考价值的。目前的改进主要采取以下几个途径:(1)提高预报因子的质量,着重在各个因子的天气意义方面和台风移动之间相关性的提高。(2)对统计样本先作天气型的划分或分类,使样本的离散度减小,经过分类以后的统计效果一般比没有分类前都有明显提高。(3)与其他方法相结合,如与动力学方法结合。这方面我们也进行了初步研究^[1]。本文提出的台风路径预报方案是根据台风路径趋势特征,先对天气形势作简单的分型,然后分别建立预报方程。

二、资料与取样的范围

台风资料取自中央气象局出版的《台风年鉴》,用 1957—1970 年的台风资料作为样本建立预报方程,而以 1971—1972 年资料进行试报。

样本选取的规定 (1)范围: 140°E 以西, 15°N 以北达到台风强度(中心最大风力 8 级或以上),而初始时刻的移向具有偏西成分的台风,中心位置越过 115°E 以西后一般不再取样。(2)时间: 7、8、9 三个月。(3)台风中心以东 20 个经度范围内有另一台风出现时,作双台风处理。本方程一般不适宜作双台风路径的预报。

为了尽可能保持样本的独立性,我们避免对同一台风作重复抽样。不得已对少数台风作重复抽样时,也务必使两个样点间的时间相隔 36 小时以上。

三、天气型的划分

对照台风路径的特点,对天气形势经过合理的划分后就可作台风路径预报的一种依据^[1]。但是根据以往应用天气分型作台风预报的经验,主要困难是如何客观地划分天气型的问题。我们力求划分的标准明确,便于识别,避免过细。为此,我们对进入 140°E 以西的太平洋台风,根据逐日 500 毫巴天气图上副热带高压的特征划分两个类型:

1976 年 4 月 3 日收到。

* 由上海气象局、南京大学、南京气象学院和上海师范大学等四个单位组成

“A”型：太平洋副热带高压呈东西向带状分布(海上不断裂)，而以 5880 位势米等高线西伸越过 120°E 作为本型的特征数值。另一个必要条件是台风东南方没有另一环 5880 位势米的闭合高压出现(图 1a)。

“B”型：有两种。(1)副高分裂成海上和大陆两环，主要特征是海上一环副高的 5880 位势米等高线没有越过 120°E(见图 1b)。(2)海上一环副高的 5880 位势米等高线越过 120°E 伸向大陆,但此时台风东南有另一个闭合的副热带高压中心(图 1c)。

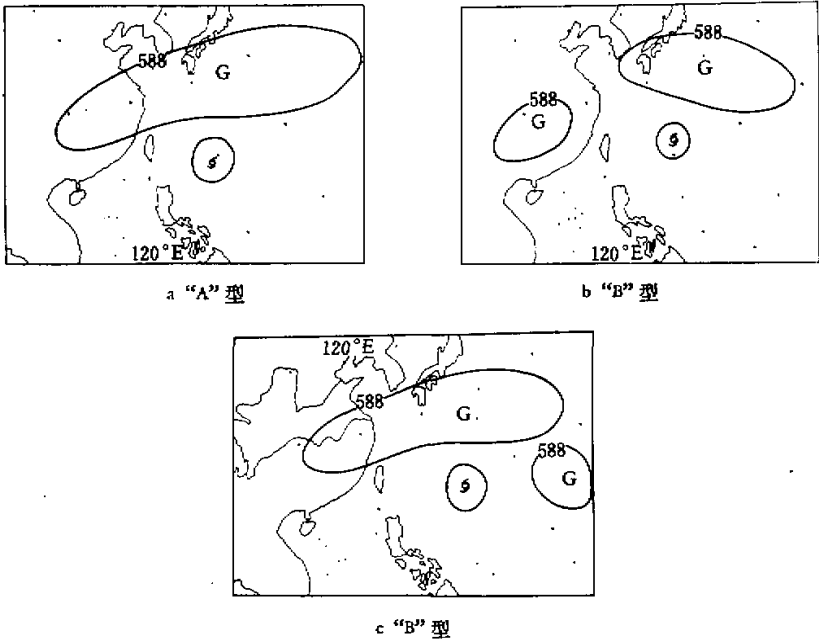


图 1 500 毫巴台风天气型示意图 (a 为“A”型,太平洋副高带状西伸到 120°E 以西。b 和 c 为“B”型,一种是副高断裂,一种虽为带状,但台风东南有另一个闭合高压中心。)

我们把“A”、“B”两个类型影响下的台风路径,根据逐日 500 毫巴天气图分别点成综合图(略)。结果表明天气型和台风路径趋势之间有良好的相关。在“A”型的环流背景下绝大多数为西行台风,转向的不到 5%;“B”型台风转向的居大多数,偏西移动的是少数。由于天气型的划分是根据瞬时的环流特征,不考虑以后如何变化,因此路径出现少量的混杂现象是必然的。在同一台风过程中两类天气型有时也会相互转换,但由于我们的预报时效限于未来 60 小时之内,未来天气型的变化对台风路径的短期预报影响还不太严重,何况天气型互换的机会毕竟是少的。

四、预报量的处理

台风移动的预报量是取预报时效内对台风中心的相对位移(单位纬度)。经向移动以纬度来表示,即

$$\Delta y_t = \phi_t - \phi_0 = \Delta \phi_t \quad (1)$$

这里 Δy_t 是预报时效 ($t = 24, 36, 48, 60$ 小时) 内台风中心相对初始纬度 (ϕ_0) 的经向移动分量, 向北为正, 向南为负。 ϕ_t 是预报时刻台风中心纬度, $\Delta \phi_t$ 是预报时刻与初始时间台风中心的纬度差。

考虑到地图投影的影响, 台风的纬向位移分量也换算为纬距表示, 即

$$\Delta x_t = (\lambda_0 - \lambda_t) \cos \phi_t = \Delta \lambda_t \cos \phi_t \quad (2)$$

其中 λ_0 和 λ_t 分别表示台风中心初始时刻和预报时刻的经度, Δx_t 是预报时效内台风中心相对初始经度的纬向移动分量 (单位纬度)。向西为正, 向东为负。

为了比较台风纬向位移分量的两种不同数量的分布, 我们分别计算了 $\Delta \lambda_{48}$ 和 Δx_{48} 的频数并画成直方图 (图 2)。可以发现, Δx_{48} 要比 $\Delta \lambda_{48}$ 更接近正态分布, 因此也更符合统计的要求。

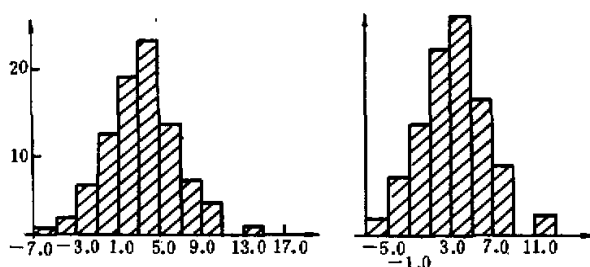


图 2 $\Delta \lambda_{48}$ (左) 和 Δx_{48} (右) 频数分布直方图

这样, 设 $\Delta \phi_t$ 和 $\Delta \lambda_t$ 分别表示从台风初始时刻到预报时效内的经向位移和纬向位移的预报值, 则经度预报值 $\hat{\lambda}_t$ 和纬度预报值 $\hat{\phi}_t$ 可从下式求得:

$$\Delta \hat{\lambda}_t = \Delta \lambda_t / \cos \hat{\phi}_t; \quad \hat{\lambda}_t = \lambda_0 - \Delta \hat{\lambda}_t; \quad \hat{\phi}_t = \phi_0 + \Delta \hat{\phi}_t \quad (3)$$

五、预 报 因 子

建立预报方程时, 供筛选的因子较多, 经筛选后得以下一些因子组成方程。因子可分为四类:

1. 反映台风初始状态的因子 ϕ_0, λ_0 ——台风中心的初始纬度和经度。 p_x, p_y ——台风中心初始时刻的纬向和经向位移分量, 取初始时刻 t_0 前后 6 小时的位移, 具体计算方法为:

$$p_x = (\lambda_{-6} - \lambda_6) \cos \phi_0, \quad p_y = \phi_6 - \phi_{-6}$$

其中 ϕ_6, λ_6 分别表示初始时刻后 6 小时台风中心的纬度和经度, ϕ_{-6}, λ_{-6} 为初始时刻前 6 小时台风的纬度和经度。

2. 反映天气形势特点的经验因子 台风附近副热带高压长轴的走向对台风移动有一定的影响。现用 a, b, c, d 各点分别表示台风中心从西 10 个经度、5 个经度, 正北方以及以东 20 个经度上副高脊线的纬度 (如图 3 所示)。于是取 $\Delta R = (a - c) - (c - d) = a + d - 2c$ 。(单位纬度), $c = b - d$ 。(单位纬度)。

$\Delta 588_{20}$ ——台风北侧 5880 位势米等高线最北一点与台风东侧 20 个经度内 5880 线

最南一点的纬度差(单位纬度,不取小数)。在各种天气形势下 $\Delta 588_{20}$ 这个因子的取法详细规定参见《1972年台风会议文集》第89页^[3]。

ΔD_{24} ——台风中心到北侧副热带高压脊线之间的距离(即图3中C点的纬度减去台风中心的纬度,单位纬度,取整数)的最近24小时的变化。距离变大为正,减小为负。

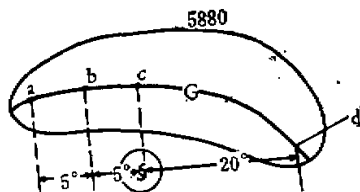


图3 反映副高长轴的a, b, c, d各特征点的取法

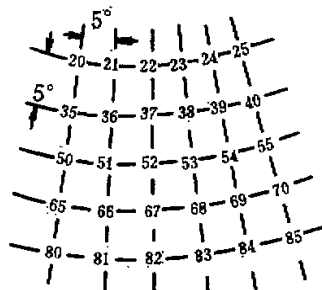


图4 移动网格系

3. 移动网格上500毫巴和700毫巴的高度、变高和地转风分量 网格点的分布如图4所示^[4], 67点固定为台风中心, 考虑到地图投影的比例尺随纬度的变化, 因此我们分别制作了适合于台风中心位于20°N以南, 20.1°—30°N和30°N以北三块比例尺不同的移动网格, 所取因子有:

Z_{37}, Z_{39} ——500毫巴上第37点和39点的高度, 取百位和十位两个数值计算, 如5870位势米取87。

$\Sigma \Delta H$ ——700毫巴上35、36、37、38、39五点24小时变高和, 单位位势十米。

$U_{12}, U_{21}, U_{22}, U_{31}, U_{32}$ ——500毫巴地转风纬向分量, 具体算法如下:

$$U_{12} = [(Z_{35} + Z_{36} + Z_{37} + Z_{38} + Z_{39}) - (Z_{20} + Z_{21} + Z_{22} + Z_{23} + Z_{24})] / \sin(\phi_0 + 12.5^\circ);$$

$$U_{21} = (Z_{30} + Z_{31} + Z_{32} + Z_{33} + Z_{34}) - (Z_{20} + Z_{21} + Z_{22} + Z_{23} + Z_{24});$$

$$U_{22} = U_{21} / \sin(\phi_0 + 10^\circ);$$

$$U_{31} = [(Z_{30} + Z_{31} + Z_{32} + Z_{33} + Z_{34}) - (Z_{35} + Z_{36} + Z_{37} + Z_{38} + Z_{39})];$$

$$U_{32} = U_{31} / \sin(\phi_0 + 7.5^\circ);$$

V_{11}, V_{22}, V_{32} ——500毫巴上地转风的经向分量, 计算方法为:

$$V_{11} = [(Z_{24} + Z_{25} + Z_{26} + Z_{27} + Z_{28}) - (Z_{23} + Z_{28} + Z_{33} + Z_{38} + Z_{43})];$$

$$V_{22} = [(Z_{25} + Z_{40} + Z_{55} + Z_{70} + Z_{85}) - (Z_{24} + Z_{39} + Z_{54} + Z_{69} + Z_{84})] / \sin(\phi_0 + 5^\circ);$$

$$V_{32} = [(Z_{21} + Z_{36} + Z_{51} + Z_{66} + Z_{81}) - (Z_{20} + Z_{35} + Z_{50} + Z_{65} + Z_{80})] / \sin(\phi_0 + 5^\circ).$$

4. 固定网格上的因子 固定网格上的编号与[5]的取法相同。因子为:

V_{71} ——700毫巴上福州和赣州的温度和减去上海和汉口的温度和。

V_{73} ——700毫巴上郑州的温度减北京的温度。

$\Sigma Z'$ ——500毫巴固定网格上34、35、36、37四点的高度和, 读取百位和十位两个数。

$\Sigma \Delta Z'$ ——500毫巴固定网格上34、35、36、37四点24小时变高的代数和, 单位位势什米。

$\Sigma \Delta T'$ ——500 毫巴图上呼和浩特、太原、北京、济南四个站的 24 小时变温代数和。

$V_{大陈}, V_{上海}$ ——浙江大陈岛和上海 500 毫巴实测风的 V 分量, 正确到 0.1 米/秒。

六、预 报 方 程

“A”型台风预报方程由 86 个样本, 44 个预报因子经逐步回归筛选建立。“B”型方程由 92 个样本, 43 个预报因子筛选建立。在筛选过程中, 对不同的 F 水平作了试验, 最后所得的方程是在尽可能提高 F 值的情况下直到保留 5—7 个因子为止。两类台风的预报方

表 1 预报方程、 F 值、复相关系数(r)和剩余标准差(S_y)一览表

“A”型台风							
因子	系数	因子	系数	因子	系数	因子	系数
$\Delta \hat{\phi}_{24}, F=1.5, r=0.81$		$\Delta \hat{x}_{24}, F=4.0, r=0.82$		$\Delta \hat{\phi}_{36}, F=1.5, r=0.77$		$\Delta \hat{x}_{36}, F=4.5, r=0.81$	
P_x	-0.25338	P_x	1.37729	P_y	1.94528	P_x	1.54702
P_y	1.35927	$\Sigma \Delta H$	0.04285	ΔR	-0.06969	ΔR	0.06912
$\Delta 588_{20}$	0.03059	U_{21}	-0.01773	U_{22}	-0.00949	$\Sigma \Delta H$	0.09357
Z_{27}	0.08015	$V_{大陈}$	-0.06133	$\Sigma Z'$	0.02490	U_{21}	-0.03548
U_{22}	-0.01264	$\Sigma Z'$	-0.01874	$\Sigma \Delta Z'$	0.03732	$V_{上海}$	-0.14075
V_{T1}	-0.06530			V_{T1}	-0.07448	$\Sigma Z'$	-0.02417
回归常数:	-6.62189	6.59515			-7.26903		11.05074
S_y :	0.86	0.93			1.40		1.43
$\Delta \hat{\phi}_{48}, F=3.0, r=0.76$		$\Delta \hat{x}_{48}, F=5.0, r=0.80$		$\Delta \hat{\phi}_{60}, F=2.5, r=0.74$		$\Delta \hat{x}_{60}, F=4.5, r=0.75$	
P_y	1.97736	P_x	1.59350	P_y	2.07633	P_x	1.00235
ΔR	-0.09501	ΔR	0.12266	C	0.13059	ΔR	0.02257
$\Delta 588_{20}$	-0.09517	$\Sigma \Delta H$	0.12541	$\Delta 588_{20}$	0.12087	$\Sigma \Delta H$	0.16650
U_{22}	-0.02101	U_{21}	-0.05637	U_{22}	-0.01941	U_{22}	-0.06504
$V_{上海}$	0.12394	$V_{上海}$	-0.23006	$V_{上海}$	0.15041	V_{11}	-0.20701
$\Sigma Z'$	0.02992	$\Sigma Z'$	-0.04228	$\Sigma Z'$	0.05416	$V_{上海}$	-0.28826
回归常数:	-9.87145	18.80092			-17.01759		7.41232
S_y :	1.86	2.01			2.42		2.87
“B”型台风							
因子	系数	因子	系数	因子	系数	因子	系数
$\Delta \hat{\phi}_{24}, F=3.0, r=0.86$		$\Delta \hat{x}_{24}, F=3.5, r=0.84$		$\Delta \hat{\phi}_{24}, F=2.0, r=0.78$		$\Delta \hat{x}_{24}, F=4.5, r=0.77$	
P_y	1.37667	P_x	1.39470	P_y	1.55452	P_x	1.45291
Z_{27}	0.07313	P_y	0.43901	ΔR	-0.05367	P_y	0.59433
U_{22}	-0.01195	ΔD_{20}	0.10583	Z_{27}	0.11468	C	-0.07418
U_{21}	0.02584	$\Sigma \Delta H$	-0.02338	U_{22}	-0.00978	U_{21}	-0.04938
V_{22}	0.01618	V_{22}	0.01183	U_{21}	0.05922	V_{11}	-0.05190
V_{T1}	0.05598			V_{22}	0.03738		
$\Sigma Z'$	0.01448			$\Sigma Z'$	0.02143		
回归常数:	-10.01048	0.01190			-14.79876	0.66560	
S_y :	0.80	0.78			1.39	1.35	
$\Delta \hat{\phi}_{48}, F=3.0, r=0.68$		$\Delta \hat{x}_{48}, F=3.0, r=0.69$		$\Delta \hat{\phi}_{60}, F=3.0, r=0.68$		$\Delta \hat{x}_{60}, F=3.0, r=0.64$	
P_y	1.95173	λ_0	0.10464	P_y	2.27550	λ_0	0.11895
U_{22}	-0.01355	P_x	1.45604	ΔR	-0.14304	P_x	1.14282
U_{21}	0.10160	$\Delta 588_{20}$	-0.10058	U_{21}	0.11454	$\Delta 588_{20}$	-0.19899
V_{22}	0.03789	U_{21}	-0.09718	V_{22}	0.09060	U_{22}	-0.08252
$\Sigma Z'$	0.04357	V_{22}	0.03400	$\Sigma Z'$	0.05419	V_{22}	0.04637
		$\Sigma \Delta T'$	0.05735			$\Sigma \Delta T'$	0.09359
回归常数:	-10.03442	-11.34657			-13.11278	-12.14032	
S_y :	2.32	2.24			3.19	3.58	

程、 F 水平、复相关系数(r)和剩余标准差(S_y)列于表 1。

七、拟合误差分析

建立分型预报方程时,样本数都超过了因子的个数十倍以上,因此方程应该还是比较稳定的。

我们对“ A ”、“ B ”两个型台风的 36 小时经向位移和纬向位移的预报误差进行 χ^2 检验。结果表明,不论是“ A ”型还是“ B ”型,其误差分布都可以认为服从正态分布。表 2 给出了“ A ”“ B ”两个型 36 小时经向位移及纬向位移预报方程拟合误差频数分配表,并在正态假设条件下,计算了分歧度 η 的值:

$$\eta = \frac{(\nu_i - Np_i)^2}{Np_i} \tag{4}$$

其中 ν_i 以拟合误差在指定区间的实测频数, p_i 为正态假设下的理论频数。可知 η 为一个自由度为 6 的 χ^2 变量,在显著水平为 0.05 时,临界值 $\eta_\alpha = 12.59$ 。由表 2 可知所有拟合误差的 η 值均小于 η_α , 故可认为拟合误差是服从正态分布的。

既然误差分布是服从正态的,那就可以根据剩余标准差 S_y 给出绝对误差 $|\delta|$ 的平均值:

$$E(|\delta|) = \frac{1}{S_y\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} |x| e^{-\frac{x^2}{2S_y^2}} dx \approx 0.8S_y \tag{5}$$

由此可以给出各个预报量的拟合平均绝对误差估计值见表 3。

表 2 预报方程拟合误差频数分配及理论数据

区 间	“A” 型				“B” 型			
	$\Delta\phi_{36}$		Δx_{36}		$\Delta\phi_{36}$		Δx_{36}	
	实际值	理论值	实际值	理论值	实际值	理论值	实际值	理论值
<-3.5	0	0.6	1	0.6	0	0.6	0	0.5
$-3.5\sim-2.6$	2	2.8	3	2.8	1	2.8	3	2.5
$-2.5\sim-1.6$	7	8.9	9	9.2	11	9.6	9	9.3
$-1.5\sim-0.6$	20	18.7	21	18.6	22	20.1	18	20.4
$-0.5\sim0.5$	28	24.2	22	23.5	30	25.8	35	26.2
$0.6\sim1.5$	19	18.7	21	18.6	16	20.1	15	20.4
$1.6\sim2.5$	7	8.9	8	9.2	7	9.6	8	9.3
$2.6\sim3.5$	1	2.8	1	2.8	3	2.8	4	2.5
>3.5	2	0.6	0	0.6	2	0.6	0	0.5
η	6.95		2.74		7.64		4.18	

表 3 各预报量拟合平均绝对误差表

预报量 台风型	$\Delta\phi_{36}$	$\Delta\phi_{48}$	$\Delta\phi_{60}$	Δx_{36}	Δx_{48}	Δx_{60}	Δx_{40}
“A”	0.68	1.11	1.48	1.92	0.74	1.14	1.60
“B”	0.64	1.10	1.84	2.53	0.62	1.07	1.78

进一步对“B”型台风的拟合误差 $\Delta\phi_{24}$ 、 $\Delta\lambda_{24}$ 、 $\Delta\phi_{48}$ 和 $\Delta\lambda_{48}$ 分别进行独立性检验。检验结果表明,在显著水平为 0.01 时都可以认为 $\Delta\phi_{24}$ 和 $\Delta\lambda_{24}$ 独立, $\Delta\phi_{48}$ 和 $\Delta\lambda_{48}$ 独立。因而可以把 $(\Delta\phi, \Delta\lambda)$ 作为二级正态变量来处理,并且其相关系数为零。如果按方程计算未来 24 小时(或 36、48、60 小时)台风中心将移到 $(\phi_{24}, \lambda_{24})$, 事实上,台风中心位置不会刚好与预报位置重合,而总有误差。对于统计预报来说,更确切的讲法应该是未来 24 小时台风中心在某个区域内的概率为多大。有了前面的讨论,就可以回答这个问题。如方程所预报的 24 小时位置在 $(\phi_{24}, \lambda_{24})$, 而 ϕ 、 λ 方向的标准差分别为 $S_{\phi_{24}}$ 和 $S_{\lambda_{24}}$, 则 24 小时台风落在如图 5 矩形中的概率(即保证率)为:

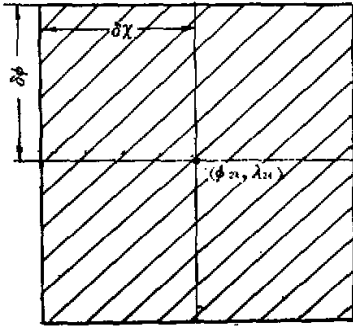


图 5

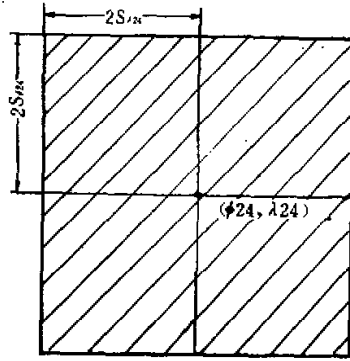


图 6

$$P = \frac{1}{2\pi S_{\lambda_{24}} S_{\phi_{24}}} \iint_{\substack{|x - \lambda_{24}| \leq \delta \lambda \\ |y - \phi_{24}| \leq \delta \phi}} e^{-\left[\frac{(x - \lambda_{24})^2}{2S_{\lambda_{24}}^2} + \frac{(y - \phi_{24})^2}{2S_{\phi_{24}}^2} \right]} dx dy$$

$$= \frac{1}{\sqrt{2\pi} S_{\lambda_{24}}} \int_{-\delta \lambda}^{+\delta \lambda} e^{-\frac{\mu^2}{2S_{\lambda_{24}}^2}} d\mu \cdot \frac{1}{\sqrt{2\pi} S_{\phi_{24}}} \int_{-\delta \phi}^{+\delta \phi} e^{-\frac{v^2}{2S_{\phi_{24}}^2}} dv \quad (6)$$

这个积分只要查正态分布表就可以算出来,特殊情况,落在如图 6 的矩形中的概率为 $(0.95)^2 \approx 0.90$ 。表 4 给出各种拟合误差出现的保证率。从表中可以看到各误差出现概率

表 4 预报方程各种拟合误差的保证率

预报量 \ 预报误差绝对值	“A”型							“B”型						
	≤0.5	≤1.0	≤2.0	≤3.0	≤4.0	≤5.0	≤6.0	≤0.5	≤1.0	≤2.0	≤3.0	≤4.0	≤5.0	≤6.0
$\Delta\phi_{24}$	57.0	81.4	96.6	98.9	100.0	100.0	100.0	53.2	91.2	98.8	98.8	100.0	100.0	100.0
$\Delta\lambda_{24}$	51.1	76.7	98.9	98.9	100.0	100.0	100.0	53.2	81.4	98.8	100.0	100.0	100.0	100.0
$\Delta\phi_{36}$	31.4	57.0	91.9	97.7	97.7	100.0	100.0	31.5	55.4	84.6	95.5	100.0	100.0	100.0
$\Delta\lambda_{36}$	33.7	61.6	86.0	97.7	100.0	100.0	100.0	30.4	61.9	85.8	100.0	100.0	100.0	100.0
$\Delta\phi_{48}$	25.6	44.2	75.6	93.0	97.7	98.9	98.9	21.7	36.9	67.4	83.6	94.5	97.6	97.6
$\Delta\lambda_{48}$	19.8	34.9	63.6	87.2	96.6	100.0	100.0	15.2	35.8	67.3	86.8	93.4	98.8	100.0
$\Delta\phi_{60}$	19.8	44.2	60.5	82.6	91.9	95.3	100.0	14.1	27.2	55.4	69.5	77.1	90.1	94.5
$\Delta\lambda_{60}$	16.3	27.9	51.1	69.8	88.4	93.0	98.9	11.9	22.8	53.2	63.0	78.2	85.8	91.2

的估计值。例如，“B”型 24 小时经向和纬向位移预报方程拟合误差绝对值 ≤ 1.0 纬距的概率分别为 0.91 和 0.81。“A”型 24 小时经向和纬向位移预报方程拟合误差 ≤ 1.0 纬距的概率分别为 0.81 和 0.77。这样我们在使用这些方程作预报时，就可以事先做到“胸中有数”了。

八、独立样本试报和实用效果

为了检验这些预报方程的效果，在 1971—1972 年的 18 个台风中选了 22 个独立样本进行试报，其中“A”型 10 例，“B”型 12 例，试报绝对平均误差列于表 5 中。可见，试报绝对误差和拟合绝对平均误差是很接近的。

这个预报方案在上海中心气象台投入实际业务预报中使用已有两年的历史，每当有可能影响华东沿海的台风进入预报区后应用这套方程逐日计算两次（08 和 20 时），做重复的预报。图 7 中给出了 1974 年和 1975 年几次台风预报和实际路径的对照。两年内我

表 5 试报误差和拟合误差比较表

		$\Delta\phi_{24}$	Δx_{24}	$\Delta\phi_{36}$	Δx_{36}	$\Delta\phi_{48}$	Δx_{48}	$\Delta\phi_{60}$	Δx_{60}
“A”型	平均绝对拟合误差	0.65	0.69	1.04	1.03	1.45	1.62	1.77	2.19
	平均绝对试报误差	0.59	0.78	0.90	1.20	1.10	1.58	1.84	2.09
“B”型	平均绝对拟合误差	0.57	0.63	1.15	1.02	1.72	1.69	2.30	2.47
	平均绝对试报误差	0.87	0.64	1.24	1.69	2.23	2.04	2.47	2.26

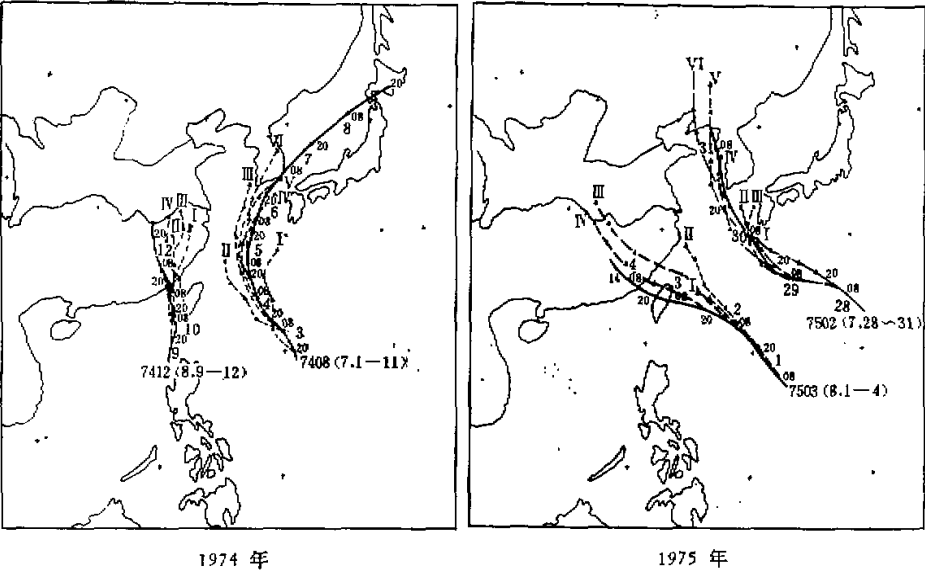


图 7 1974—1975 年几次台风预报路径(细断线)与中央气象台当时定位的实况(细实线)对照。台风实况只点出 08 时和 20 时两次，路径旁标出的粗字为日期，各次预报除登陆后趋向消失的台风外，均标出了 60 小时的预报位置(▲)，第一点为 24 小时的预报位置，以后的位置均为间隔 12 小时，直到 60 小时。

们共对 12 个台风作了 45 次预报,从定性来说,除了 7411 和 7413 号两个台风有 3 次趋势报错以外,其余 10 个台风和 42 次预报定性是对的,并能保证前后的一致性,对日常预报有一定的参考价值。分析这 3 次趋势预报相反的原因是天气型发生突然变化的影响,开始均出现“B”型环流,后来则很快变为“A”型环流,可见以后如能适当结合数值预报对环流变化的预报结果对提高统计预报质量是有效途径之一。从图 7 还可看到,这个方法作出的具体位置往往还有较大的偏差,尚不能令人满意,有待继续改进。

参 考 资 料

- [1] 上海台风协作研究组,台风路径的分型统计预报方法,《1974 年台风会议文集》,1975,上海人民出版社。
- [2] 高由禧,从天气型预告台风路径,《台风研究》,1953,中国科学院。
- [3] 上海中心气象台,西太平洋台风路径中期预报程序,《1972 年台风会议文集》,1974,上海人民出版社。
- [4] B. I. Miller, P. P. Chase, *Predication of hurricane motion by statistical methods*, Mon. Wea. Rev., 1966, 94(6)
- [5] 刘瀚清、姚稼梁、祝启桓、金一鸣,应用逐步回归作西北太平洋台风路径预报的一个改进方案,《数值预报和数理统计预报会议论文集》,1974,科学出版社。