

用多层基本气流综合预报台风路径

林超英 潘永祥 杨平章 袁卓建
(香港天文台) (中山大学气象学系)

摘 要

本文用“台风的准平衡移动”^[1]一文中给出的台风移动与各层基本气流关系式,结合香港天文台业务资料,设计了一个预报方案.分别用差分格距 $\Delta n = 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ$ (纬距)计算各层基本气流,对1976年—1982年经过 $10^\circ N-30^\circ N, 105^\circ E-125^\circ E$ 的所有台风作了2198次预报.24小时平均予报误差相当于或稍优于(当 $\Delta n = 25^\circ$)目前国内外预报误差.

从大气动力学原理导出的预报台风路径的各种方案,其核心为所谓的引导概念.为探讨最佳引导气流国内外已作了大量工作^[2,4]但结论很不一致,甚至相反,之所以如此可能是根本不存在对所有台风都适用的最佳引导层.杨平章用成熟台风模式从大气动力学原理出发得到了台风移动速度与各层基本气流关系的解析表达式^[1].本文用所得公式结合香港天文台的业务资料设计了一个预报方案,对1976年—1982年七年历史资料,采用五种不同差分格距计算基本气流预报台风,结果是令人鼓舞的.

一、预 报 方 法

文[1]中导出台风中心移动方程为:

$$\frac{d\vec{V}_{TY}}{dt} = f\bar{K}\Lambda(\vec{V}_g - \vec{V}_{TY}) - \zeta\bar{K}\Lambda(\vec{V}_E^* - \vec{V}_{TY}) + \left[\frac{Z_m}{H} \left| \bar{D}_{in} \right| \vec{V}_{in}^* - \frac{(H - Z_m)}{H} \bar{D}_{out} \vec{V}_{out}^* \right] + D' \vec{V}_{TY} - \mu(\vec{V}_{TY} - \vec{V}_E) + \vec{I} \quad (1)$$

\vec{I} 包括内力和台风柱体相对动量变化项,其它符号及意义皆同文[1].

为了能直接使用香港天文台的业务资料通过公式(1)作台风路径预报,须作如下假设:

$$\textcircled{1} \quad \vec{V}_g = \vec{V}_E = \vec{V}; \quad \vec{V}_E^* \simeq \vec{V}_{500}; \quad \vec{V}_{in}^* \simeq \vec{V}_{700}; \quad \vec{V}_{out}^* \simeq \vec{V}_{300} \quad (2)$$

这里 \vec{V} 、 \vec{V}_{700} 、 \vec{V}_{500} 、 \vec{V}_{300} 分别表示体积平均、700mb、500mb、300mb图上基本地转风引导气流,即扣除台风环流后的环境基本气流,简称为基本气流.

$$\textcircled{2} \quad \left| \bar{D}_{in} \right| = \bar{D}_{out} \equiv D \quad (3)$$

$$\textcircled{3} \quad \vec{I} = 0 \quad (4)$$

本文1983年12月收到

④ 在海上 $\mu = 0.8 \times 10^{-4} 1/s$, 在陆上 $\mu = 1.2 \times 10^{-4} 1/s$

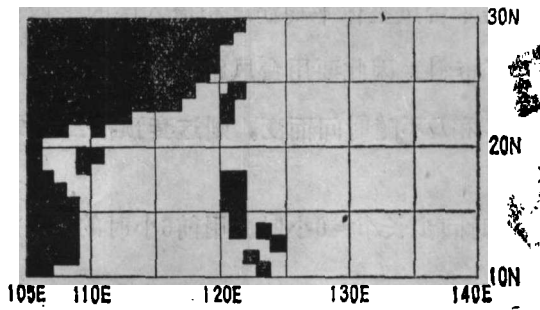


图1 选择 μ 值的海陆地区

图(1)表示选择摩擦系数 μ 在陆地上或海上的值的依据, 若某一度经纬度方格内有一半以上是陆地, 则视该方格为陆地。

将上述近似关系代入(1)式则有:

$$\frac{d\vec{V}_{Ty}}{dt} = f\bar{K} \wedge (\vec{V} - \vec{V}_{Ty}) - \bar{\zeta} \bar{K} \wedge (\vec{V}_{600} - \vec{V}_{Ty}) + \frac{D}{2} (\vec{V}_{700} - \vec{V}_{300}) - \mu (\vec{V}_{Ty} - \vec{V}) \quad (5)$$

设在时间步长 Δt 内 \vec{V} 、 \vec{V}_{700} 、 \vec{V}_{600} 、 \vec{V}_{300} 、 $\bar{\zeta}$ 、 D 等皆不随时间而变, 忽略台风移动过程中 f 的变化, 则用始值条件:

$$\begin{aligned} x_{Ty}|_{t=0} &= x_0 & y_{Ty}|_{t=0} &= y_0 \\ u_{Ty}|_{t=0} &= u_0 & v_{Ty}|_{t=0} &= v_0 \end{aligned}$$

积分(5)式, 则得 Δt 时刻后的台风预报位置 $x_{Ty}(\Delta t)$ 、 $y_{Ty}(\Delta t)$:

$$x_{Ty}(\Delta t) = x_0 + u_{Ty}^* \Delta t - A [1 - e^{-\mu \Delta t} \cos(\bar{\zeta} - f) \Delta t] + B e^{-\mu \Delta t} \sin(\bar{\zeta} - f) \Delta t \quad (6)$$

$$y_{Ty}(\Delta t) = y_0 + v_{Ty}^* \Delta t + B [1 - e^{-\mu \Delta t} \cos(\bar{\zeta} - f) \Delta t] + A e^{-\mu \Delta t} \sin(\bar{\zeta} - f) \Delta t \quad (7)$$

$$A = [(v_0 - v_{Ty}^*)(\bar{\zeta} - f) - (u_0 - u_{Ty}^*)\mu] / n^2 \quad (8)$$

$$B = [(\bar{\zeta} - f)(u_0 - u_{Ty}^*) + \mu(v_0 - v_{Ty}^*)] / n^2 \quad (9)$$

$$u_{Ty}^* = [a\mu - b(\bar{\zeta} - f)] / n^2 \quad (10)$$

$$v_{Ty}^* = [b\mu + a(\bar{\zeta} - f)] / n^2 \quad (11)$$

$$n^2 = \mu^2 + (\bar{\zeta} - f)^2 \quad (12)$$

$$a = -f\bar{v} + \bar{\zeta} v_{600} + \frac{D}{2} (u_{700} - u_{300}) + \mu \bar{u} \quad (13)$$

$$b = f\bar{u} - \bar{\zeta} u_{600} + \frac{D}{2} (v_{700} - v_{300}) + \mu \bar{v} \quad (14)$$

这套预报公式中除了 $\bar{\zeta}$ 和 D 两个参量外,其它的量都可在香港天文台的即时业务资料中获取。 $\bar{\zeta}$ 和 D 分别表示台风整体平均涡度和流入层的平均辐合量。目前还缺乏可用于直接计算 $\bar{\zeta}$ 和 D 的详尽资料。因此要用台风路径前期信息反算出前一时刻的 $\bar{\zeta}$ 和 D ,然后假设在预报时段内 $\bar{\zeta}$ 和 D 不随时间而变,则这套预报公式便可在业务上付诸实现。具体方法步骤如下:

①设预报时刻 $t=0$, 时间步长 $\Delta t=6$ 小时。用前6小时的 $\vec{V}_{Ty}|_{t=-\Delta t}$ 和 $\frac{d\vec{V}_{Ty}}{dt}|_{t=-\Delta t}$ 以及 $t=0$ 时刻各层在点 $[x=x_{Ty}(-\Delta t), y=y_{Ty}(-\Delta t)]$ 上的基本气流 \vec{V}_{700} 、 \bar{V} 、 \vec{V}_{600} 、 \vec{V}_{300} 资料用下列公式计算 D 和 $\bar{\zeta}$;

$$D = \begin{vmatrix} -(v_{Ty} - v_{600}) & [(v_{Ty} - \bar{v})f - (u_{Ty} - \bar{u})\mu - \frac{du_{Ty}}{dt}] \\ (u_{Ty} - u_{600}) & [-(u_{Ty} - \bar{u})f - (v_{Ty} - \bar{v})\mu - \frac{dv_{Ty}}{dt}] \end{vmatrix} / \Delta \quad (15)$$

$$\bar{\zeta} = \begin{vmatrix} \frac{1}{2}(u_{300} - u_{700}) & [(v_{Ty} - \bar{v})f - (u_{Ty} - \bar{u})\mu - \frac{du_{Ty}}{dt}] \\ \frac{1}{2}(v_{300} - v_{700}) & [-(u_{Ty} - \bar{u})f - (v_{Ty} - \bar{v})\mu - \frac{dv_{Ty}}{dt}] \end{vmatrix} \Delta \quad (16)$$

$$\Delta = \begin{vmatrix} -(v_{Ty} - v_{500}) & \frac{1}{2}(u_{300} - u_{700}) \\ (u_{Ty} - u_{500}) & \frac{1}{2}(v_{300} - v_{700}) \end{vmatrix} \quad (17)$$

②用算出的 $\bar{\zeta}$ 、 D 和 $t=0$ 时刻各层在点 $[x=x_{Ty}(t=0), y=y_{Ty}(t=0)]$ 的基本气流 \vec{V}_{700} 、 \vec{V}_{600} 、 \bar{V} 、 \vec{V}_{300} 资料通过(10)、(11)、(12)、(13)、(14)、式计算 $\vec{V}_{Ty}^*|_{t=0}$ 。

③用算出的 \vec{V}_{Ty}^* 和实测的 $\vec{V}_{Ty}|_{t=0} \equiv \vec{V}_0$ (用台风前期路径差分计算)。通过(6)、(7)、(8)、(9)式计算 $t=\Delta t$ 时刻的台风中心预报位置 $x_{Ty}(t=\Delta t), y_{Ty}(t=\Delta t)$ 。

④用点 $[x=x_{Ty}(t=\Delta t), y=y_{Ty}(t=\Delta t)]$ 上各层基本气流资料替换点 $[x=x_{Ty}(t=0), y=y_{Ty}(t=0)]$ 上相应的资料计算 $\vec{V}_{Ty}^*|_{t=\Delta t}$ 。

⑤用外推公式

$$x_{Ty}(t=2\Delta t) = x_{Ty}(t=\Delta t) + (u_{Ty}^*|_{t=\Delta t})\Delta t \quad (18)$$

$$y_{Ty}(t=2\Delta t) = y_{Ty}(t=\Delta t) + (v_{Ty}^*|_{t=\Delta t})\Delta t \quad (19)$$

计算 $t=2\Delta t$ 时刻台风中心预报位置,照此依次作循环计算直至算出 $t=4\Delta t=24$ 小时的未来台风中心预报位置 $x_{Ty}(t=24$ 小时), $y_{Ty}(t=24$ 小时)。

图2为上述方法的电子计算机工作框图。

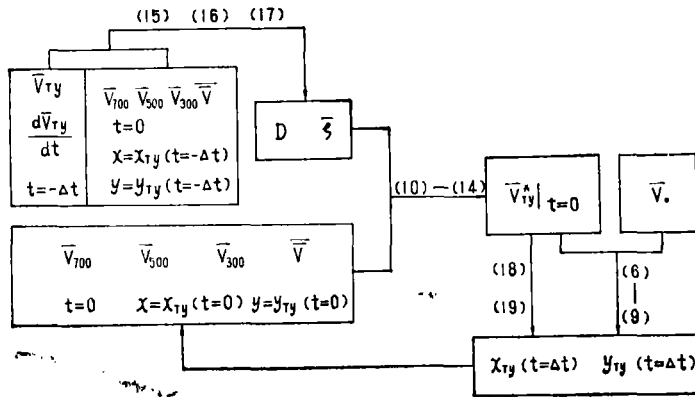


图2 台风路径预报框图

二、予报结果

按上述方法步骤，用1976年—1982年间经过 $10^{\circ}N-30^{\circ}N, 105^{\circ}E-125^{\circ}E$ 的所有热带气旋(包括热带低压)资料作出运算，得到以下结果。

表1 多层综合引导法24小时台风预报误差七年平均值

Δn	平均误差 (km)	标准偏差 (km)	预报次数	热带气旋数目
5°	223.6	178.8	499	90
10°	222.5	237.6	501	89
15°	214.5	196.4	487	90
20°	210.4	175.1	407	81
25°	199.5	144.0	304	76

Δn 是计算地转风的差分格距(纬距为单位)。

表2 国内24小时台风预报误差多年平均值

方法	引导	相似	统计	数值	统计—动力	主观
误差 (km)	211	222	193	217	215	206

美国国家飓风中心官方发布的台风预报24小时平均预报误差为204公里(1973年—1979年)，关岛为225公里。

由于不同地区不同年份台风预报难度不同，因此引用其它方法的预报结果作对比要作具体分析。表2所列各种客观预报方法都由1976年或同年后开始使用，虽然中央台预报的区域较大，统计资料样本相应也大些，但预报的具体台风大部分相同，因此作比较是有意义的。从对比情况看，在业务上作进一步改进应用这个方案是有前途的。

图3为平均误差频数分布图。从图可看出，差分格距 Δn 不同，预报误差也不同。

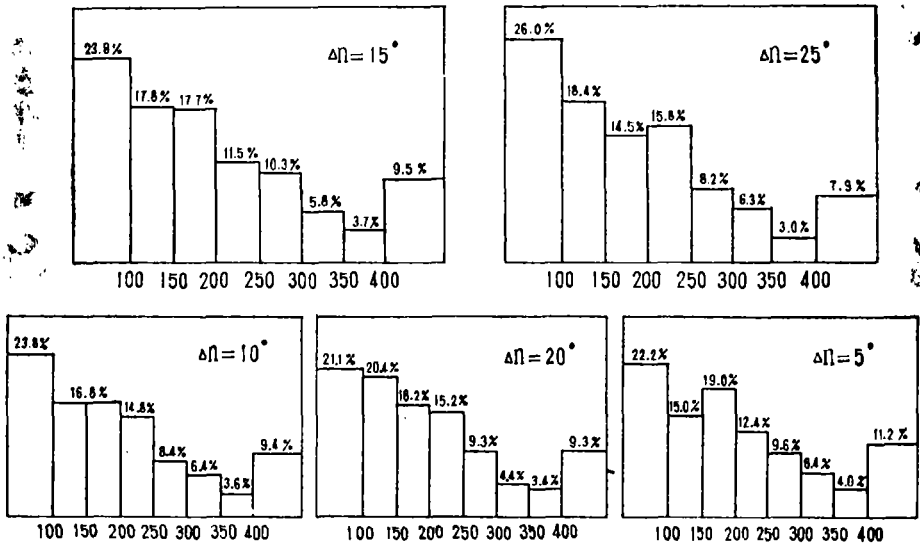


图3 误差频数分布

表3 各误差范围频数分布

Δn	误差小于200公里	误差小于250公里	误差小于300公里
5°	56.3%	68.7%	78.4%
10°	57.3%	72.1%	80.4%
15°	59.3%	70.8%	81.1%
20°	57.7%	73.0%	82.3%
25°	58.9%	74.7%	82.9%

从表3可看到，取 $\Delta n = 15^\circ$ 计算地转风，预报误差小于200公里的机率最高。但预报误差小于250公里或小于300公里机率最高的是取 $\Delta n = 25^\circ$ 的结果。后面将指出台风路径预报对基本气流的变化十分敏感。由于取不同的 Δn 带有不同的基本气流计算误差。从而显著影响预报结果。 Δn 太小，计算的基本气流易受较小尺度扰动和未完全扣除的台风环流的歪曲，使预报效果较差。 Δn 取大些反映大尺度系统的基本气流特征较好，使预报效果较好。这与预报员着眼于副热带高压等大尺度系统预报台风路径的经验是一致的。据此， Δn 应大于台风半径。小于或等于大尺度系统的水平特征尺度，从计算结果看，对于24小时短期预报取 $\Delta n = 15^\circ$ 为宜。对48小时预报取 $\Delta n = 25^\circ$ 较合适。

图4是取 $\Delta n = 15^\circ$ 和 25° 计算基本气流作预报的逐年台风预报误差分布曲线，误差的际变化是很大的。1977年预报误差最大。几乎比1978年大100公里。预报误差的际变化趋势和变动幅度不但与不同的 Δn 计算结果类似，而且与其它预报方法比较也有完全类似的结果。以预报范围为 $10^\circ - 30^\circ N$ ， $105^\circ - 125^\circ E$ 的关岛和香港台为例⁽²⁾，图4中一·—线是关岛联合台风警报中心的预报误差，···线是香港皇家天文台的预报误

差。这反映了不同年份台风预报难度不同。而且对难度较大的年份各种方法、各个预报单位预报误差都较大。

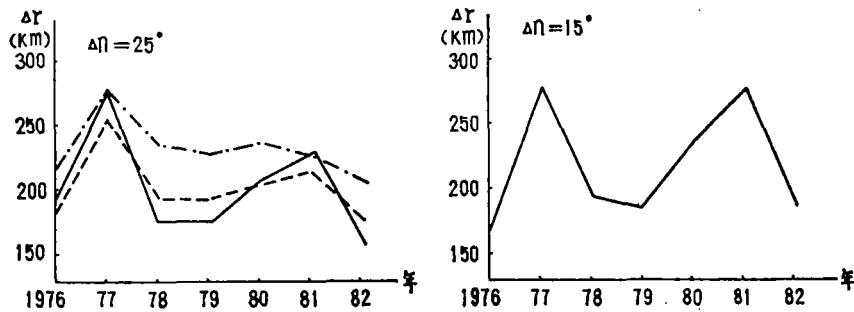


图4 误差 年 际 变 化

三、问 题 讨 论

1 资料误差的影响

从图3看到约有10%的预报误差大于400公里。以最差的取 $\Delta n = 5^\circ$ 的计算结果为例,在499次预报中有58次预报误差大于400公里。这58次中有37次在 Δn 取其它格距时预报误差可以减小到350公里以下。(表4列举了其中的10次预报。)而只有21次预报无论 Δn 取哪种格距,预报误差都保持在400公里以上。经分析,这21次预报误差大的主要原因是:1.在路径转折处附近,2.热带气旋强度弱或趋于填塞。

表4 计算误差对台风路径预报影响

年月	日时	台风名称	$D(10^6/1/s)$	$\bar{\zeta}(10^{-6}1/s)$	Δ	Δr	Δn
79 05	22 12	T.D	2961.3	-1562.5	0.48	424.3	5°
			-2999.0	2514.0	-0.24	302.6	10°
			-107.1	105.9	-5.18	406.2	15°
			-75.4	95.1	-4.37	259.1	20°
			-25.5	36.4	-4.03	147.4	25°
79 07	27 12	GORDON	-253.8	209.9	-2.10	447.0	5°
			284.1	-300.9	0.80	162.3	10°
			-4464.5	7478.0	-0.03	172.1	15°
			1629	-230.0	0.89	142.0	20°
			-11.3	78.5	-1.88	133.8	25°
80 07	25 12	KIM	-755.4	69.5	-3.78	517.5	5°
			-2457.0	-104.3	-1.02	2417.1	10°
			-2873.6	-336.4	-0.83	1039.0	15°
			-521.1	-39.4	-4.53	452.7	20°
			-500.9	-54.2	-5.61	236.3	25°

81 11	26 00	IRMA	280.7	-63.0	26.28	983.4	5°
			237.6	-81.3	22.04	712.6	10°
			146.8	-31.7	38.29	459.7	15°
			106.4	-5.1	48.82	283.4	20°
			94.8	13.5	71.60	272.7	25°
82 10	16 12	NAN-CY	-107.5	5.4	-5.62	434.1	5°
			-395.2	-31.6	-2.24	363.2	10°
			550.2	115.6	2.83	307.2	15°
			205.2	54.8	12.92	209.9	20°
			164.9	47.6	25.24	180.9	25°
76 08	23 00	EIIEN	-224.5	21.9	-5.11	767.2	5°
			-150.8	-44.7	-6.14	417.7	10°
			-206.9	-70.4	-6.48	292.2	15°
			-322.0	-127.2	-6.54	142.3	20°
			-470.1	-130.9	-6.68	133.1	25°
76. 09	19 00	IRIS	-419.8	86.0	-1.75	520.8	5°
			3773.8	277.3	0.29	322.3	10°
			393.1	102.1	5.41	107.6	15°
			249.6	87.0	14.37	11.5	20°
				73.6	29.77	52.4	25°
77 09	22 00	DINAH	478.2	-36.1	2.59	7505	5°
			365.5	1.0	4.21	457.1	10°
			238.0	52.7	8.91	177.5	15°
			173.7	74.0	17.33	188.3	20°
			151.8	74.7	32.26	56.8	25°
78 09	2900	LOLA	312.0	41.8	3.06	494.2	5°
			438.7	44.8	2.90	827.0	10°
			338.3	88.2	4.93	349.7	15°
			256.2	77.8	8.56	291.7	20°
			307.3	214.6	3.58	50.6	25°
78 10	100	LOLA	-186.3	7.6	-2.61	423.0	5°
			170.6	102.2	4.07	82.2	10°
			222.3	140.8	2.69	39.9	15°
			175.0	113.3	3.69	37.5	20°
			191.1	92.4	3.95	19.3	25°

表4中 D 、 $\bar{\zeta}$ 、 Δ 即为(15)、(16)、(17)式计算结果, Δr 为24小时台风路径预报误差(公里为单位)。

表4举例说明采用不同差分格距计算基本气流, 相应的台风路径预报结果有很大差

异。这表明计算误差严重影响台风路径预报。计算误差仅是气象资料误差的一个方面，就所应用的各层基本气流资料来说，除计算误差外，还包含有观测误差，客观分析误差。资料误差是所有台风路径动力预报方案的一个难于克服的障碍，在其它预报方案中也以不同的方式严重影响预报结果。

从动力学原理出发，对台风路径预报来说，任何动力预报方案均可以写成如下形式：

$$\vec{V}_{Ty} = \vec{V} + \vec{\Delta c} \tag{20}$$

即台风的移动速度 \vec{V}_{Ty} 可视为平均基本气流速度 \vec{V} 和某一偏差向量之和。例如(5)式只需要作简单变换即可写成：

$$\vec{V}_{Ty} = \vec{V} + \frac{1}{f} \vec{K} \wedge \left[\frac{d\vec{V}_{Ty}}{dt} - \frac{D}{2} (\vec{V}_{700} - \vec{V}_{300}) + \mu (\vec{V}_{Ty} - \vec{V}) \right] - \frac{\zeta}{f} (\vec{V}_{500} - \vec{V}_{Ty})$$

$$\text{令 } \vec{\Delta c} = \frac{1}{f} \vec{K} \wedge \left[\frac{d\vec{V}_{Ty}}{dt} - \frac{D}{2} (\vec{V}_{700} - \vec{V}_{300}) + \mu (\vec{V}_{Ty} - \vec{V}) \right] - \frac{\zeta}{f} (\vec{V}_{500} - \vec{V}_{Ty})$$

则有(20)式的形式。

G.J. Bell和林超英(1980)^[2]分析实际资料得到 $|\overline{\Delta c}| = 4.62m/s$ 。若地转风的资料误差为 $\overline{\Delta \vec{V}}$ 。则 $\overline{\vec{V}} = \langle \overline{\vec{V}} \rangle + \overline{\Delta \vec{V}}$ ， $\langle \overline{\vec{V}} \rangle$ 表示实际计算的读数， $\overline{\Delta \vec{V}}$ 表示资料读数与真值 $\overline{\vec{V}}$ 的差，即资料误差。代入(20)式则有：

$$\vec{V}_{Ty} = \langle \overline{\vec{V}} \rangle + \overline{\Delta \vec{V}} + \vec{\Delta c} \tag{21}$$

根据分析估计^[5]实测风的资料误差约为其本身的20%，即 $|\overline{\Delta \vec{V}}| \approx 0.2|\overline{\vec{V}}|$ 。这意味着资料误差对台风路径的影响随基本气流增大而增大。这和经验是一致的。在西风带，基本气流风速比东风带的风速大。台风路径预报平均误差一般都大于在低纬度东风带里的预报误差。但在东风带里，台风移速与基本气流的偏差与基本气流近于同量级，而在西风带里这种偏差一般要小一个量级。因此，在低纬度东风带里用引导概念预报比在西风带偏离更大。

由于地转适应的结果使 $\vec{\Delta c}$ 不能无限增大。一般量级为 $10^{\circ}m/s$ 。这在中纬度西风带里更明显。基本气流资料误差的量级也是 $10^{\circ}m/s$ 。在(21)式中若 $\langle \overline{\vec{V}} \rangle$ 的量级为 $10^1 m/s$ ，则 $\overline{\Delta \vec{V}} \sim 2m/s$ 。如果只用平均基本气流作预报，则这一资料误差对24小时台风路径预报来说可造成170公里以上的误差。这也许是目前台风路径预报难于取得显著进展的一个重要原因。

由于 $\vec{\Delta c}$ 与资料误差 $\overline{\Delta \vec{V}}$ 同量级，同样由于定位误差使得 $\frac{d\vec{u}_{Ty}}{dt}$ ， $\frac{d\vec{v}_{Ty}}{dt}$ 的大小与定位误差所导致的计算误差同量级，这使得(15)、(16)、(17)式的计算失去真实意义。从表4可看到，取不同的 Δn 产生的误差可使 $\overline{\zeta}$ 或 \overline{D} 出现相反的符号。因此不能从台风路径的前期资料通过(15)一(17)式计算出反映台风强度的参数 $\overline{\zeta}$ 和 \overline{D} 。

2. 改进预报的途经

① 减小资料误差的影响。可以采用更适当的平滑或滤波方法使基本流场能更好地反映大尺度系统特征。

从计算结果看,要作24小时台风路径预报,计算基本气流时差分格距 Δn 取 15° 能使计算引起的预报误差相对小些。对于超过24小时的预报, Δn 取 25° 较好。据大尺度系统对台风的引导概念来看,这样取差分格距是合理的。但这仅是很粗略的分析,最佳的格距应取多少,还需深入分析研究。

为减小资料误差的影响,应尽量多用台风路径前期资料和基本气流资料。用得愈多随机误差相互抵消的可能性愈大。

② 改进现行预报方案。这个方案只根据台风移速与各层基本气流的关系假设预报时段内环境基本气流不变的情况下预报台风未来位置。虽然在一般情况下,大尺度环境流场的演变是缓慢的,可以视为准定常的。但在环境流场调整转换时,环境流场的演变是明显的。这时用过去的基本气流代替已显著变化了的基本气流作预报显然是不合理的,也必然导致大的预报误差。阎书源(1981年,南京台风会议文集)用五层原始方程模式预报基本气流变化,用预报的对流层中下层(σ 坐标系中 $\sigma = 0.91, 0.73, 0.55$ 三层)基本气流对台风分别作引导预报,然后取平均作为台风的预报路径,对7806(Wendy),7807(Agnes)两个台风个例计算,结果较好,该个例计算因基本气流预报正确,引导预报效果好。台风路径预报关键取决于基本气流的预报正确。目前台风的数值预报仍处于试验阶段,试验结果显示,它是解决台风预报的有希望的途经。

由于海上实际风资料太少,只能用地转风代替,然而,在低纬度地区地转近似是不合理的,这有待用卫星测得的风和其它非常规的测风资料作对比计算。

在低纬度气压梯度力和柯氏力都很小,故在方案中应考虑内力和其它力即(1)式中 \vec{I} 的作用。从同一个台风的预报结果看相邻时刻计算的 $\bar{\zeta}$ 和 D 变化幅度很大,这除了资料误差影响外,与方案中设 $\vec{I} \approx 0$ 有关,方程被强迫平衡使计算的 $\bar{\zeta}$ 和 D 失去其物理意义。

在方案中设 $|\bar{D}_{in}| = D_{out}$,及 $Z_m = \frac{1}{2}H$ 也是不合理的,台风强度有变化 $|\bar{D}_{in}| \neq D_{out}$ 。据梁必骥等(南海台风的合成结构,1983年)分析南海台风合成结构,辐合层伸展至300mb以上,而这个方案中300mb被视为流出层,因此应该放弃(3)式和(4)式假设条件。

方程(1)中 $\bar{\zeta}$ 和 D 是表示台风强度的物理量,在现行方案中没有考虑台风强度变化对路径的影响。经验和实际资料表明台风路径变化与台风强度变化有关,因而这也是在方案中需要加以改进的一个问题。

参 考 文 献

- [1] 杨平章, 台风准平衡移动的探讨, 中山大学学报(自然科学版), 1983, 1, 112—120.
- [2] G.J.Bell, 林超英, 热带气旋移动与地转引导气流之间的偏离, 1980年上海国际台风学术讨论会译文集, 104—108.
- [3] G.J.Bell, 热带气旋及其预报的几个问题, 同上99—103.
- [4] 董克勤, 台风引导概念的发展, 气象, 1980, 8.
- [5] 泽田龙吉, 天气图分析基础, 科学出版社, 1965.

Forecasting Typhoon Tracks by Combining Basic Flows at Different Levels

Lam Chaoying Poon Wongchang
(Royal Observatory Hong Kong)

Yang Pingzhang Yuan Zhuojian
(Department of Meteorology Zhongshan University)

Abstract

In this paper, we design a forecasting model based on the formula given in A Reaserch of the Quasi-balance Movement of Typhoon Centre. Usiug the routine data used by Royal Observatory Hong Kong to calculate the basic flow in each level separately with different gridmeshs($\Delta n = 5^\circ, 10^\circ, 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ$ latitudes), we made 2198 forecasts for all typhoons passing over the region of $10^\circ-30^\circ\text{N}, 105^\circ\text{E}-125^\circ\text{E}$ during the years from 1976 to 1982. The results show that the 24-hour forecasting accuracy reaches the present forecast accuracy at home and abroaol.