

多层加权平均引导台风路径预报方法

王长甫 余荣华 刘福晓

(海司气象室)

董克勤

(国家气象局气象科学研究所)

提 要

通过对较多实例的计算分析,建立了应用地面—500hPa和地面—300hPa气压加权引导气流的台风路径预报方程。预报试验表明,它们对中、低纬度台风移动有较好的应用前景,文中对这一方法的依据和预报试验结果进行了比较详细的讨论。

一、引 言

多年的预报实践表明,用引导气流预报台风移动是一种行之有效的办法。国内先后应用500hPa一层引导气流^[1]、500和850hPa两层引导气流方案^[2,3],以及针对影响我国南海地区台风的500、700、850hPa三层基本气流权重引导预报方案,在台风预报中取得了较好的效果。这些情况表明,由于热带气旋环境流场在垂直方向有较大的变化,适当地考虑多层基本气流对台风的引导作用,要比只考虑某一层好些。美国的SANBAR预报模式应用了多层气压加权平均气流引导台风移动的技术^[5],在我国台风预报中尚未见到。本文旨在应用从地面到500hPa和300hPa的各主要等压面气压加权平均基本气流,建立台风24小时路径的预报方程,供实际预报应用参考。

二、计算方法和资料

本文采用董克勤和纽曼提出的计算地转基本气流格网点方案^[6],对每一次台风实例,计算了地面、850hPa、700hPa、500hPa和300hPa五个等压面上的地转基本气流。董克勤^[7]在热带气旋移动研究评述中指出,对于台风移向用地面—500hPa气压加权平均作引导最好,其次是用地面—300hPa平均。据此,进一步利用气压加权计算了地面—500hPa(300hPa)的平均地转基本气流,公式如下:

地面—500hPa: $V = 0.15V_{地} + 0.3V_{850} + 0.35V_{700} + 0.2V_{500}$

地面—300hPa: $V = 0.107V_{地} + 0.214V_{850} + 0.25V_{700} + 0.286V_{500} + 0.143V_{300}$

根据计算得到的气压加权平均地转气流和台风实际路径,进行引导偏差分析,在此基础上应用回归分析方法,初步建立了24小时台风路径的多层引导预报方程,并取独立样本进行了预报试验。

本文计算了1959—1979年7—9月279次台风个例的气压加权平均地转基本气流,其出现海域为 120° — 140° E、 5° — 40° N,台风路径资料取自1959—1979年台风年鉴,高度场或气压场的网格点数值读自中央气象局的历史天气图和上海中心气象台的1972—1979年300hPa高空图。

三、引导偏差分析

研究指出台风在低纬度活动时与在中,高纬度活动时所受的操纵气流是不同的^[6,9]。据此将台风所处的环境气流分为三种类型,采用预报起始时刻的地面—500hPa的加权平均引导气流东西分量(u_e)作为划分标准(东风带: $u_e < -1.5$;西风带: $u_e > 0$,过渡带: $0 \geq u_e \geq -1.5$,单位:km/h),并计算了不同环境引导流场中地面—500hPa(300hPa)的加权平均地转基本气流与未来24小时台风实际路径的偏差(表1)。表中实际移速与预报速度差 < 24 km/d定为移速接近;预报与台风实际移向的偏离角度 $\leq 2.5^{\circ}$ 定为移向较一致。

表1 台风实际路径与地面—500hPa(A)、地面—300hPa(B)
两种加权平均引导气流的比较

	引导层	实际次数	偏右 (%)	偏左 (%)	移向较一致 (%)	偏快 (%)	偏慢 (%)	移速接近 (%)	偏离角度 (度)	实际移速 (km/d)	引导速度 (km/d)
东风带	A	103	35.6	56.2	8.2	56.5	24.1	19.4	19.5	490	490
	B	43	23.5	76.5	0.0	40.7	53.2	6.1	21.4	533	499
西风带	A	50	13.5	78.3	8.2	70.7	13.2	16.1	31.7	511	432
	B	43	19.7	80.3	0.0	55.3	19.5	25.2	28.1	588	432
过渡带	A	60	25.1	71.8	3.1	62.4	23.3	14.3	37.5	422	355
	B	43	30.3	49.1	20.6	59.4	30.3	10.3	11.6	444	389

以上统计数据表明:

1. 对于东风带和西风带,用地面—500hPa平均引导效果一般优于地面—300hPa的引导,但对于过渡带,特别是台风移动方向,后者要好些。这与Chan和Gray^[8]的结果基本一致,说明选择这两种平均引导是可行的。

2. 台风实际移动与引导气流有程度不同的偏差,在所选的例子中实际台风多数偏于引导气流的左侧,即偏于环境流场的低压一侧,这与前面提到的研究结论是一致的^[6,9]。

3. 台风的实际移速多数快于平均地转引导气流的速度,西风带相差较大,东风带相差较小。

4. 台风实际移动与引导气流间的方向偏差与引导速度的大小有关,引导速度大时,其

偏差较小;引导速度小时,偏差较大。这一现象表明,强的引导气流对台风移动的操纵作用较大,弱的引导气流支配台风移动的效果较差,或者起不到引导作用,因此当引导气流较弱时直接用引导气流来预报台风的移动效果较差,需要引进偏差订正因子,以弥补单纯引导气流的不足。

5. 在过渡带,台风的实际移动方向与地面—300hPa 引导气流的偏角明显偏小,移速相差也不大。这表明在过渡带考虑较厚层次的加权平均引导气流来预报台风的移动比较有利。

四、预报方程

1. 方程的建立

以 279 次台风个例为样本,建立了应用地面—500hPa 和地面—300hPa 平均引导气流预报台风 24 小时路径的 4 组方程。

$$\begin{aligned} \varphi &= \varphi_0 + 0.3100 + 0.8526x_1 + 0.8344x_2 \\ \lambda &= \lambda_0 + 0.8277 + 0.8100x'_1 + 0.7923x'_2 \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \varphi &= \varphi_0 + 0.4832 + 0.7793x_1 + 0.7423x_2 \\ \lambda &= \lambda_0 + 0.6287 + 0.7453x'_1 + 0.6139x'_2 \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \varphi &= \varphi_0 + 0.1991 + 0.8637x_1 + 0.7843x_2 \\ \lambda &= \lambda_0 + 0.6120 + 0.7970x'_1 + 0.8368x'_2 \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \varphi &= \varphi_0 + 0.5204 + 0.7781x_1 + 0.7637x_2 \\ \lambda &= \lambda_0 + 0.7947 + 0.8412x'_1 + 0.6838x'_2 \end{aligned} \quad (4)$$

其中 λ, φ 为未来 24 小时台风中心点经纬度预报值; λ_0, φ_0 为预报起始时刻台风中心点经纬度值(取 14 时为预报起始时刻); x_1, x'_1 为引导因子,分别表示加权平均地转引导气流的南北分量和东西分量。方程组(1)、(2)分别用于东风带、西风带,其中的 x_1, x'_1 用地面—500hPa 资料求取;方程组(3)、(4)用于过渡带,其中的 x_1, x'_1 用地面—300hPa 资料求取。 x_2, x'_2 为偏差订正因子,由预报起始时刻前 12 小时台风的实际位移与起始时刻引导气流速度之间的偏差求得。下面以 14 时为预报起始时刻,给出 x_2, x'_2 的计算式:

$$\begin{aligned} x_2 &= \frac{2(\varphi_{14} - \varphi_8) + (\varphi_8 - \varphi_2)}{3} \times 4 - x_1 \\ x'_2 &= \frac{2(\lambda_{14} - \lambda_8) + (\lambda_8 - \lambda_2)}{3} \times 4 - x'_1 \end{aligned}$$

这里, φ 和 λ 的下标表示时间,即以预报时刻前两个 6 小时位移的加权平均表示最近台风的实际位移,乘 4 表示 24 小时位移, x_1 和 x'_1 则为相应的引导气流位移。

2. 非独立样本的试验

试验个例共 204 个,表 2 给出试验结果。从表 2 可见:东风带,台风的实际移动相对于预报路径左右的偏离其比例相当,实际移动速度相对于预报速度的快慢程度其比例也比

较接近;在西风带和过渡带,台风的实际路径偏于预报路径右侧的增多,偏于左侧的减少,这与平均引导气流的偏离情况有明显不同;台风实际移速多数偏快于预报速度;台风实际路径与预报路径两者间的偏离角度以过渡带最大,西风带其次,东风带最小。非独立样本试验结果与平均引导偏差相比,最为明显的一点是缩小了偏离角度,移向较一致的比例增大,这表明考虑多层加权平均引导的预报方程,提高了引导气流的预报能力,具有使用价值。

表 2 非独立样本试验结果偏差统计

	偏左 (%)	偏右 (%)	移向较一致 (%)	偏慢 (%)	移速接近 (%)	偏快 (%)	偏离角度 (度)
东风带	38.78	39.80	21.42	43.88	14.28	41.84	13.2
西风带	22.31	56.14	20.05	35.09	14.03	50.88	18.1
过渡带	26.51	53.06	20.41	12.24	16.33	71.43	21.7

3. 独立样本试验

图 1 是 7308、7413、7612、7909 号 4 个路径较为规则的台风和 7203、7305 号 2 个打转台风 24 小时预报试验结果。由图 1 看出,预报速度大时偏离角度较小,否则相反,偏离角度多数集中在 30 度以内。独立样本试验偏差分析结果与非独立样本试验偏差分析结果大致相同。

图 2 给出 7203 号台风的连续预报实例。总的特点是,预报移速在中、低纬度与实况较为接近,但随着纬度的增高,两者的偏差增大。

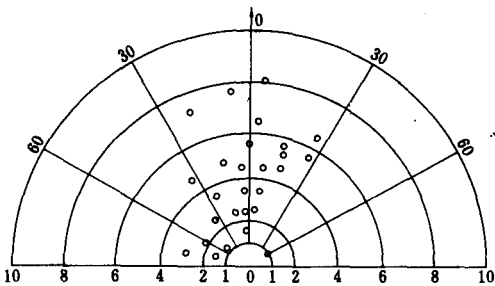


图 1 方程组(1)、(2)、(3)24 小时预报位置分布 (原点为台风预报起始点,箭头表示台风实际前进方向,圈点表示预报点位置,半圆弧为纬距)

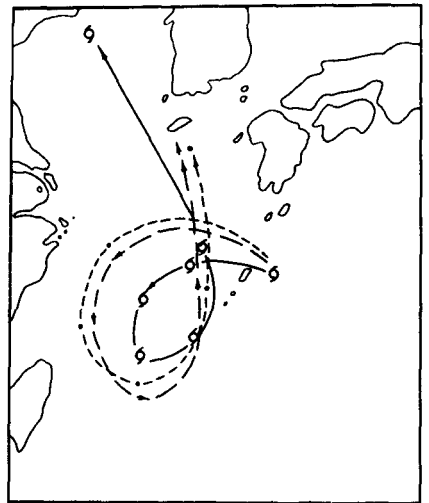


图 2 7203 号台风实例 (——实况,▶---方程(1)、(2)、(3)预报路径,·-----方程(4)预报路径)

五、预报效果检验

我们对活动在中、低纬度地区、影响南海的台风进行了24小时路径实际预报。表3给出8805、8823、8824、8825号4个台风路径较为规则的台风实况与预报偏差统计,可以看出,实际预报与独立样本试验的偏差分析结果大致相同,预报移向、移速的偏离较小,有一定参考应用价值。

表3 台风实况与预报路径的偏差统计

偏左 (%)	偏右 (%)	移向较一致 (%)	偏快 (%)	偏慢 (%)	移速接近 (%)	偏离角度 (度)	实际移速 (km/d)	预报移速 (km/d)
46.16	46.15	7.7	14.38	54.05	30.77	7.8	444	410

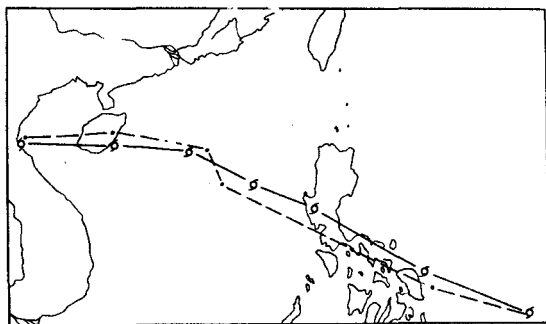


图3 8804号台风实例

(——实况, - - - - 方程(1)、(2)、(3)预报路径)

图3给出8804号台风连续6次24小时预报与台风路径实况。就影响南海的台风而言,其预报移速多数比台风的实际移速偏慢,这可能是由于南海地处低纬度地区,观测资料缺乏,读取网格资料时,靠大范围等高(压)线内插,不能反映真实气压梯度的结果。独立样本和非独立样本试验也存在这个问题。

六、小结和讨论

以上研究试验结果表明,应用多层气压加权平均引导气流及其偏差订正量,建立台风路径24小时预报方程是一种简单可行和有使用价值的方法。对于中、低纬度地区预报试验效果较好,对于个别台风的异常路径趋势预报也有所反映,但在系统形势变化较大的西风带中高纬度地区,简单地由初始场回归效果不太好。

与过去研究的结果相吻合,一般应用地面—500hPa的气压加权平均基本气流对台风引导较好,但对于处于过渡带的台风,应用地面—300hPa平均基本气流对台风引导效果

好些。由于历史天气图的限制,本文所取样本中包括 300hPa 资料的样本相对少些,因此相互比较不太严格,但从文中所给的一些实例可以看出,两类预报方程的预报结果相差并不大。从移向预报偏差来看,多层气压加权平均引导的效果要比两层引导稍好。1974—1977 年 251 次两层引导预报的平均移向偏角为 19.8° ^[3],而本文独立预报试验的移向偏角为 18.5° ,实际预报的移向偏角为 7.8° (四个路径比较规则的台风),明显比两层引导的移向偏离小。预报移速与实际移速也比较接近。

由于海上资料稀少,内插分析计算不准确和大范围形势变化等产生的问题,将随着卫星云推导风的资料增加、客观分析技术的改进以及在预报方程中应用数值预报产品等而有所改进。

参 考 文 献

- [1] 董克勤等,一种改进的引导气流预报台风路径的方法,数值预报和数理统计预报会议论文集,科学出版社,1974 年。
- [2] 董克勤、李曾中、张婉佩、张杰英,两层订正引导台风路径预报方案初步应用,气象科技,第 8 期,1976 年。
- [3] 董克勤、张婉佩、李曾中、张杰英,1974—1976 年用两层订正引导方案作台风路径业务预报的情况简介,第二次全国数值天气预报会议论文集,科学出版社,1980 年。
- [4] 钟铨、何夏江、董克勤,三层权重订正引导台风预报方案初步应用,气象 14,7,1988。
- [5] Sanders, F. and R. W. Burpee, Experiments in barotropic hurricane track forecasting, *J. Appl. Meteorology*, 7, 313—323, 1971.
- [6] Keqin Dong and Neumann, The relationship between tropical cyclone motion and environmental geostrophic flows, *Mon. Wea. Rev.*, 114, 115—122, 1986.
- [7] 董克勤,热带气旋移动研究述评,热带气象,3,4,1987。
- [8] Chan J. C. L. and W. M. Gray, Tropical cyclone movement and surrounding flow relationships, *Mon. Wea. Rev.*, 110, 1354—1374, 1982.
- [9] 董克勤、刘治军,台风路径与各等压面上基本气流的关系,气象学报,35,2,1965。

A MULTIPLE-LAYER WEIGHTED MEAN STEERING METHOD OF THE TYPHOON TRACK FORECAST

Wang Changfu Yu Ronghua Liu Fuxiao

(The Meteorological Office of Naval Headquarters)

Dong Keqin

(Academy of Meteorological Science, SMA)

Abstract

According to the calculation and analysis of many cases, four sets of regression equations of typhoon track forecast, which are derived from the weighted mean steering flows of the pressures from surface to 500hPa and surface to 300hPa levels, are established. The forecast experiments show that the equations have better prospect for predicting typhoon tracks in middle and lower latitudes.

The bases and results of the forecast method are discussed in detail in this paper.