

三层权重订正引导台风 预报方案初步应用*

钟 铨 何夏江 董克勤

(广州中心气象台) (气象科学研究院)

提 要

本文是两层引导台风预报方案的更新研究试验。在本方案中,采用了以台风中心为坐标原点的移动网格计算环境基本气流,提出了根据 850、700 和 500hPa 三层地转基本气流与当时台风移动的接近程度加权计算引导气流的新方法。1987 年台风季节,在广州中心气象台实际预报试用的结果表明,本方案的 24 小时和 48 小时预报误差比相应的美国关岛发布的台风预报误差要小,比过去多年两层引导方案的平均误差也小。

一、引 言

多年来国内应用 850 和 500hPa 两层基本气流的订正引导方案,在预报台风短期移动方面取得了一定效果。近年来国外利用合成资料分析了热带气旋的引导气流,陈忠良和格雷的结果〔1〕表明,从地面到 500hPa 积分得出的基本气流与实际台风移向偏离较小而且离散程度最小。因此,应用对流层中低层基本气流预报台风移动是可行的。在设计两层订正引导模式时尚没有区分高纬度和低纬度台风移动特征和环境影响的不同。因此就低纬度地区的台风预报而言,两层引导方案尚有改进的余地。

董克勤和纽曼〔2〕曾分析了热带气旋移动与环境地转基本气流的关系,发现在东风带和在西风带有明显的不同。东风带气旋移动与中低层基本气流偏离较小,而与高层基本气流偏离很大。林春辉〔3〕发现 500hPa 引导气流的强度与南海地区台风的移速有较好的关系。这些研究结果进一步表明,应用 850、700 和 500hPa 三层基本气

流,设计一种改进的适于低纬度地区使用的台风引导方案是比较合理的。

基于上述考虑,对 25°N 以南的台风,选取 1984 和 1986 年 146 次历史样本,进行了 850、700 和 500hPa 三层地转基本气流的计算和分析。结果表明,在大多数例子中,台风未来两三天的移动特点,可由三层基本流场权重后得出的引导流场较好地反映出来。从图 1 可以看到,引导流场与台风未来的移动之间关系十分明显。直到台风在广

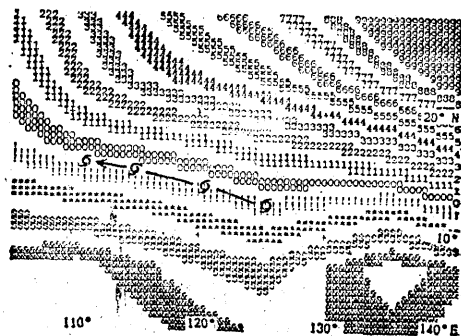


图 1 1986 年 7 月 4 日 20 时引导流场场斑
马图和 8607 号台风以后 3 天的路径

* 这项研究受到国家气象局“短平快”和台风基金的资助。

东登陆, 这种关系皆比较稳定 (图略)。但对于少数台风, 例如 8616 号异常路径台风, 前期出现的几次转折, 有时与引导气流之间有相当大的偏离 (图略)。在这种权重引导流场的基础上, 我们进一步引入订正值, 设计了一个适于低纬度地区台风路径预报的方案, 并于 1987 年在广州中心气象台投入业务预报参考应用。一共进行了 58 次预报, 内容除未来 12、24、36 和 48 小时的预报位置外, 同时提供了以斑马图形式打印输出引导流场。分别统计了 24 小时和 48 小时预报结果的预报误差。为了便于比较, 还相应地统计了美国关岛发布的 24 小时和 48 小时台风预报误差。初步应用结果表明, 三层权重订正引导方案对于低纬度台风预报有较好的性能, 引导流场斑马图也有参考价值。

二、预报方案简介

本方案输入的基本资料, 是台风东侧 15 个经度、西侧 20 个经度、南侧 10 个纬度和北侧 15 个纬度的 850、700 和 500hPa 三层高度场和初始时刻前、后 6 小时的台风移动实况。图 2 给出计算环境地转气流的网格点。这比两层订正引导方案中采用固定的经、纬度网格点有所改进, 可减少初始时刻因插值而引起的计算误差。具体计算地转风

的表达式是:

$$V_g = \frac{g}{f} \left(\sum_{i=1}^8 H_{Ei} - \sum_{i=1}^8 H_{Wi} \right) / 120$$

$$U_g = \frac{g}{f} \left(\sum_{j=1}^8 H_{Sj} - \sum_{j=1}^8 H_{Nj} \right) / 90$$

上式中 U_g 、 V_g 分别为地转风的纬向、经向分量, 以每 12 小时的经度和纬度为单位; g 是重力加速度, f 是柯氏参数, H 代表等压面高度, 其下标表示格点的位置 (如图 2 所示)。初始时刻以后的地转气流, 则需根据消去台风涡旋后的等压面高度场, 通过简单线性插值来计算。消除台风涡旋高度场是根据董克勤于 1965 年计算台风基本气流时提出的方法 [4] 进行的。

850、700 和 500hPa 三层环境高度场可根据当前的引导关系给予不同的权重, 得出一个与当前台风移动实况偏离相对较小的合成引导流场。权重是根据各层地转基本气流与初始时刻前、后 6 小时台风的移向、移速的偏离得出。权重系数可写作:

$$W_i = \frac{1}{d_i^2} \cdot \left(\frac{10}{\alpha_i} \right)^2$$

式中, 下标 i 表示等压面层次, W 为权重系数, d 为当前实际台风移动与该层地转引导移动的向量距离偏差, α 是前两者之间的移向角度偏差, 且当 α 小于 10° 时, 皆取值 10。从上式可以看出, 当个别一层的地转基本气流与实际台风移动偏离很大时, 它在合成的引导流场中所占的比例将非常小。为了便于参考应用, 将加权重后合成的引导流场以斑马图形式客观化输出。

1987 年实际提供的两次引导流场斑马图的例子如下: 8708 号台风是经菲律宾进入南海向西西北方向移动, 最后在越南登陆。如图 3 所示引导流场连续几天都预示出这一

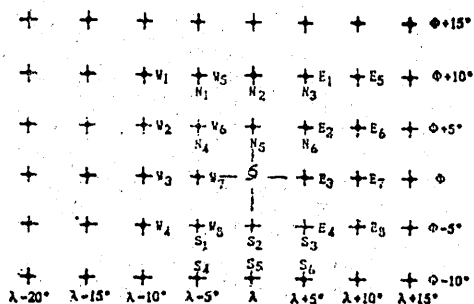


图 2 输入高度场和计算环境地转气流的网格点分布

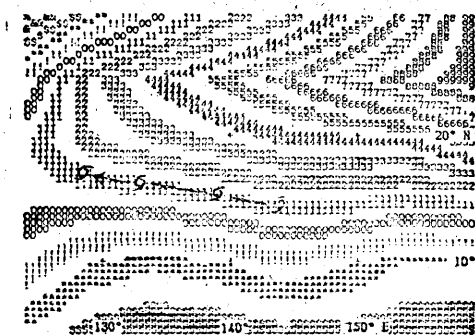


图3 1987年8月12日8时引导流场和8708号台风以后三天的路径

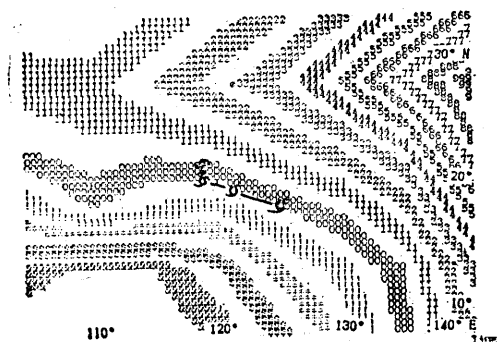


图4 1987年10月23日8时引导流场和8719号台风以后三天的路径

趋势,对预报提供了有价值的信息。如图4所示,10月23日的引导流场表示台风向西北偏西方向移动。实际台风在25日后一度缓慢北移,出现了可能转向的一些征兆,但后来台风并未转向东北,而是减弱为低压后又向西移到珠江口附近登陆。1987年实际预报例子也表明,对于大多数台风来说,三层权重合成的引导流场与未来两三天台风移动的趋势偏离较小,少数例子可出现较大的偏离。如8712号台风,9月8日20时引导气流明显偏北,但当时实际台风移向比较偏西(图5)。由于两者之间出现较大的偏离,我们的预报也出现了较大的误差。因此,在参考引导流场时,如果偏离颇大,还应考虑其它因素的影响,这反映当时台风的移动往往

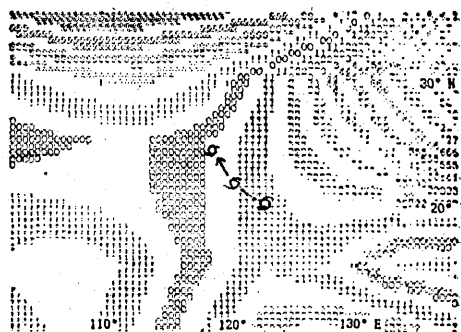


图5 1987年9月8日20时引导流场和8712号台风以后两天的路径

是比较复杂的。

由于台风的移动与地转引导气流之间一般都有某种程度的偏离,单纯地用地转气流引导会导致预报位置的较大误差。因此,我们参照董克勤提出的订正引导气流方法,通过历史样本的试验,在预报台风的具体位置时,采用下面给出的订正引导方程:

$$S^0 = C_g^0 + \Delta C,$$

$$S^1 = \frac{1}{2}(C_g^1 + C_g^{1-\tau}) + \Delta C, \tau \geq 1,$$

$$\Delta C = \frac{2}{3}(C_T^{+6} - C_g^0) + \frac{1}{3}(C_T^{-6} - C_g^0),$$

式中, S 代表预报采用的订正引导气流速度,上标 τ 代表预报步长,实际步长为12小时, $\tau=0$ 表示初始时刻; C_g 代表单纯地转气流速度; ΔC 为订正值,是根据初始时刻的地转气流(C_g^0)与前6小时和后6小时台风移动的实测速度(C_T^{-6} 和 C_T^{+6})之差加权重求出的。对于颇大的订正值,在进行第3和第4步预报时将自动作相当程度的衰减。试验结果表明,这样可减少一些36小时和48小时预报的误差。

三、预报应用结果

本方案于1987年7月开始在广州中心气象台投入业务预报应用。每次台风预报时提供12、24、36和48小时的台风预报位置和一张引导流场斑马图,到12月为止一共

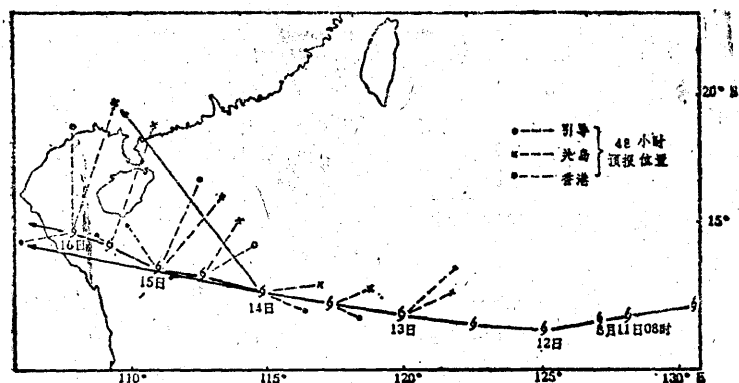


图6 本方案、关岛和香港对8708号台风连续进行48小时预报的实况
虚线表示预报误差

附表 三层权重引导(ST)与关岛联合警报中心(GM)对1987年可能影响南海的台风的24和48小时预报误差(FE)统计比较

台风号	预报方法	24 h-FE				48 h-FE			
		NO.	LA	LO	D	NO.	LA	LO	D
8704	ST	6	0.9	0.9	1.2	6	3.0	2.6	3.9
	GM	6	1.6	1.0	1.9	6	3.8	2.0	4.2
8705	ST	6	0.9	0.8	1.2	4	1.6	1.4	2.1
	GM	6	1.3	0.9	1.6	4	2.1	1.5	2.5
8707	ST	6	1.1	0.9	1.4	5	2.0	1.5	2.5
	GM	6	1.7	1.0	2.0	5	3.2	1.9	3.7
8708	ST	8	0.4	0.5	0.6	8	0.9	1.4	1.6
	GM	8	1.1	0.6	1.2	8	2.6	1.8	3.1
8710	ST	14	0.6	0.7	0.9	13	2.5	1.4	2.8
	GM	14	0.9	1.0	1.3	13	2.5	1.4	2.8
8712	ST	5	0.5	0.9	1.0	5	1.0	3.0	3.0
	GM	5	0.7	1.1	1.2	5	0.9	2.4	2.4
8719	ST	4	1.0	1.0	1.4	4	1.4	2.3	2.6
	GM	4	0.5	1.2	1.2	4	0.7	3.7	3.5
8721	ST	9	0.3	1.1	1.1	9	1.1	4.0	4.0
	GM	9	0.7	1.8	1.9	9	1.3	3.5	3.6
平均	ST	58	0.7	0.8	1.0	54	1.8	2.2	2.9
	GM	58	1.1	1.1	1.5	54	2.2	2.2	3.2

注: LA为纬度误差, LO为经度误差 D为矢量距离误差(经纬度), No.表示预报次数。

对8个台风进行了58次实际预报。下面介绍对两个台风连续预报的例子。

图6给出用本方案连续预报8708号台风的实际情况,同时给出美国关岛和香港的预报台风位置。从图中看出,本方案的预报误差明显小于其它两种预报误差。

图7给出对8704号台风预报的实例。在7月12日08时前后台风移向出现了明显转折,24小时移向改变了50多度,属于异常路径变化〔6〕。本方案在转折前没有预报出这一变化,误差较大。关岛在转折点仍预报台风西行,所以误差也较大。

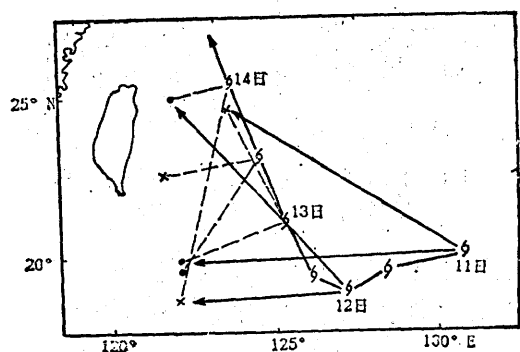


图7 本方案(·)和关岛(×)对8704号台风转向的48小时预报实况

附表给出本方案和关岛58次24小时与54次48小时预报误差的统计结果。可以看到,本方案1987年预报误差比较小,24小时距离误差为1.0经纬度 $\approx 111\text{km}$,48小时为2.9经纬度 $\approx 322\text{km}$ 。根据陈联寿和束家鑫〔7〕给出的资料,过去多年应用两层引导模式进行业务台风路径预报的平均距离误差,24小时为211km,48小时为422km。

如附表所示,除8721号台风48小时预报外,总的平均误差或者是逐个台风的平均

误差, 本方案的数值不大于相应关岛预报的数值。对应的 24 小时平均距离误差: 本方案——1.0 纬距 $\approx$ 111km, 关岛预报——1.5 纬距 $\approx$ 167km; 48 小时平均距离误差: 本方案——2.9 纬距 $\approx$ 322km, 关岛预报——3.2 纬距 $\approx$ 355km。但同时也应指出, 在实际业务预报应用中, 本方案作出预报要比关岛预报迟 3 小时左右。因此, 个别预报如 8710 号台风 48 小时的预报, 虽然两者的误差相等, 实效则应是关岛的好些。

上述纵向的与过去两层引导模式预报结果的比较、横向的与关岛对同时次同一台风的预报结果比较表示, 三层权重订正引导方案 1987 年预报应用的效果, 达到了国内外目前台风预报的水平。

四、小结

三层权重订正引导方案是在过去设计和应用引导模式的理论和经验的基础上, 针对可能影响我国南海的低纬度台风移动, 通过历史样本试验而建立的台风移动短期预报方案。

在计算方案中采用以台风中心为坐标原点的网格点, 求地转引导气流并根据当前台风移动实况进行权重, 得出合成的引导流场是对原两层引导方案的改进。本方案同时输出三层权重合成的引导流场斑马图。

1987 年本方案在广州中心气象台实际应用, 预报误差较小, 达到了国内外目前业务预报的水平。同时, 我们也考虑到, 1987

年台风比较少, 移动也相对比较规则些。根据文献〔8〕的分析, 可以推测其预报误差也应小些。另外, 本方案试验和应用的样本只有 200 余次, 还需要通过今后实际应用不断改进和提高。

本方案应用 IBM 类型微机完成预报计算和图形输出, 所需机时约 10 分钟, 操作简单, 一人可完成。

参考文献

- 〔1〕 Johnny C. L. Chan and William M. Gray, Tropical Cyclone Movement and Surrounding Flow Relationships. Mon. Wea. Rev., 1982, 110, 1354—1374.
- 〔2〕 Kegin Dong and Charles J. Nienmann, The Relationship between Tropical Cyclone Motion and Environmental Geostrophic Flows. Mon. Wea. Rev., 1986, 114, 115—122.
- 〔3〕 林春辉, 500 毫巴引导气流与南海海区台风移速突变分析, 热带海洋, 第 3 卷, 18—26, 1984.
- 〔4〕 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 卷第 2 期, 132—137, 1965.
- 〔5〕 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, 57—59, 1974.
- 〔6〕 韦有通, 南海和西北太平洋的台风异常路径, 热带海洋, 3 卷 1 期, 28—29, 1984.
- 〔7〕 Chen Lianshon and Shu Jiabin, A review of typhoon research and operational prediction in China. Preprints and Abstracts of Symposium on Typhoons, Shanghai, 1980, 6—11.
- 〔8〕 董克勤、杨麟美、周江兴, 台风路径预报现状分析, 气象, 12 卷 7 期, 2—7, 1986.

A weighted 3-level steering scheme of typhoon forecasting

Zhong Quan He Xiajiang

(Guangzhou forecasting Center)

Dong keqin

(Academy of Meteorological Science)

abstract

As a promotion study of the previous 2-level steering model, a weighted 3-level steering typhoon forecasting scheme has been developed and put into operation at the Kuangzhou Forecasting Center in the typhoon season of 1987. A verification of forecasts shows that the averaged typhoon position error produced by the scheme is less than that issued correspondingly by the JTWC at Guam and also less than the mean error produced by the 2-level steering model which has worked for many years.