

一种准确通用的台风路径预报模式

朱敬海, 潘杰丽

(钦州市气象局, 广西 535000)

摘 要:应用天气学理论, 对台风云图的晴空区轴线制约台风移动的规律进行物理解释。根据台风云团与晴空区之间存在的干、湿梯度力和推动台风前进的惯性力的互相关系, 建立台风移向预报方程和轨迹预报方程, 分析论证了台风移向变化的物理过程, 把影响台风移动的复杂因子转化为单一的预报因子。

关键词:干、湿梯度力; 台风路径; 预报模式

中图分类号:P731 **文献标识码:**A **文章编号:**1003 - 0239 (2007) 1 - 0069 - 06

1 引言

根据卢保祥^[1]在多年来运用 500hPa 湿热能量场制约台风移动的基本规律, 来研究台风云图上晴空区对台风移动过程的制约作用^[2]。在卢保祥的指导下, 研制成功一种比较准确的路径预报模式。该模式根据当天的台风卫星云图可对台风未来 1 ~ 3d 的移动轨迹实施客观预报。分析大量的台风云图后发现台风移动有如下特点:

(1) 台风移向前方遇到晴空区的中轴线(简称干线, 下同)阻挡时, 台风中心沿着当前移动方向前进, 接近干线时, 台风路径呈抛物线状发生偏转, 逐渐与干线的走向趋于一致。

(2) 台风移向前方受左右两侧干线制约时, 台风逐渐朝着两条干线汇合处移去。

(3) 当前台风移向与前方干线正交时, 台风移速减慢或停滞摆动。

(4) 当前台风移向前方没有干线阻挡时, 台风中心沿着平均移向移动。

以上特点贯串于台风移动过程中, 具有显著的稳定性和一致性, 即逐日云图上干线所预示的台风移动趋向是连续的^[3], 可以对台风移动趋势作出较长时效的预测。本文根据以上特点建立了移向预报方程和轨迹预报方程, 比较客观地解决了台风移动预报问题。

2 台风移动规律的物理解释

干线为什么能制约台风的移动路径呢? 根据天气学理论, 干线是代表干气团的基本走向, 可以把干线看作是干气团与台风气团之间的一条类似锋面的物质界面, 台风一侧的湿空气质点是不能穿过这条物质界面进入另一侧面的; 同理, 干气团的空气质点也不能穿过这条界面^[4]。如果把台风看作一个质点自然就会受到这条物质界面制约了。另一

方面台风是高温高湿的气团^[5],而干线附近则是干气团。由于干气团的比重比台风气团的比重大,它们之间必然存在一个指向台风中心的梯度力(简称为干湿梯度力)。如果把当前台风中心移向作为推动台风前进的惯性力方向,那么在这个梯度力的作用下,台风中心的移向将逐渐发生偏转,朝着惯性力和干、湿梯度力这两力的合成方向移动。实践证明这个梯度力方向是改变台风移向的决定因素。

3 干、湿梯度力方向与台风移向变化的关系

设当前台风中心的平均移动方向 θ_0 为推动台风前进的惯性力方向;台风中心至干线 L 的垂直线(指向台风中心)为梯度力方向,用 \vec{G} 表示;垂直方向 α 为 L 的特征方向。设定方向坐标:指向东为 0° ,指向西为 180° ,逆时针偏转为增大,顺时针偏转为减小。下面根据梯度力方向与惯性力方向,讨论移向变化的关系见图1:

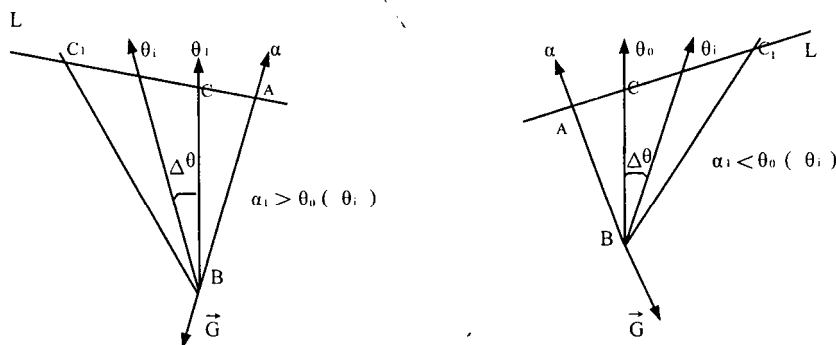


图1 梯度力与惯性方向力示意图

图1上可见, L 为当前云图干区中轴线, α 为干线的垂直方向, \vec{G} 为梯度力方向; θ_0 为当前台风中心的平均移向,代表惯性力方向。

干线的垂足点为 $A(\psi_c, \lambda_c)$, θ_0 方向与干线 L 的交点为 C ,台风中心点为 B ,得直角三角形 BAC 。从 B 点作一等腰三角形的底边与 L 相交于 C_1 ,得等腰三角形 BCC_1 。再作底角的平分线,并将平分线看作两力的合成方向 θ_i ,平分角定为偏转量 θ_{ic} 。

$$\text{则 } \theta_i = (90 - |\alpha_i - \theta_{i-1}|) / 4$$

$$\text{当 } \alpha_i > \theta_0(\theta_i) \quad \theta_i > 0; \quad \theta_i = \theta_{i-1} - \theta_i \text{ (逆时针偏转)}$$

$$\text{当 } \alpha_i < \theta_0(\theta_i) \quad \theta_i > 0; \quad \theta_i = \theta_{i-1} + \theta_i \text{ (顺时针偏转)}$$

$$\text{若接着受第二条干线制约时, } \theta_{i+1} = (90 - |\alpha_2 - \theta_i|) / 4; \quad \theta_{i+1} = \theta_i \pm \theta_{i+1}$$

$$\text{如此可推: } \theta_{i+1} = (90 - |\alpha_N - \theta_i|) / 4 \quad (N=1, 2, 3, 4, \dots)$$

公式中 α 是干线的特征常数,每条干线只有一个特征常数 α 值。 α 可从云图上当前台风中心与干线的走向直接确定。给出 θ_0 后,便可根据 α 值求出 θ_i 方向。

$$\text{从 } \theta_i = (90 - |\alpha_i - \theta_{i-1}|) / 4 \text{ 可知:}$$

台风移向变化是由于干、湿梯度力和惯性力的夹角来决定的。由于 $|\alpha_i - \theta_{i-1}|$ 的绝对值总是不断增大的, θ_i 是不断减小的, 当 $\theta_i = 0$ 时, θ_i 的方向便与 L 的走向趋于一致。可客观地展示台风路径呈抛物线状变化的物理过程。

4 轨迹预报方程

移动方向 θ_i 确定之后, 可在 θ_i 方向上取一点求取其位置:

$$\operatorname{tg} \theta_i = |\psi_i / \lambda_i| \quad \operatorname{ctg} \theta_i = |\lambda_i / \psi_i|$$

当 $0 < \theta_i < 45^\circ, 135^\circ < \theta_i < 225^\circ, 315^\circ < \theta_i < 360^\circ$ 时, $\lambda_i = C_1$

$$\psi_i = C_1 \times |\operatorname{tg} \theta_i|$$

当 $45^\circ < \theta_i < 135^\circ, 225^\circ < \theta_i < 315^\circ$ 时, $\psi_i = C_2$

$$\lambda_i = C_2 \times |\operatorname{ctg} \theta_i|$$

设 $\psi_i = \psi_{i-1} \pm \psi_i$, $\lambda_i = \lambda_{i-1} \pm \lambda_i$

当 $0 < \theta_i < 180^\circ$ 时, $\psi_i > 0$, $\psi_i = \psi_{i-1} + \psi_i$

当 $180^\circ < \theta_i < 360^\circ$ 时, $\psi_i < 0$, $\psi_i = \psi_{i-1} - \psi_i$

当 $90^\circ < \theta_i < 270^\circ$ 时, $\lambda_i < 0$, $\lambda_i = \lambda_{i-1} - \lambda_i$

当 $-90^\circ < \theta_i < 90^\circ$ 时, $\lambda_i > 0$, $\lambda_i = \lambda_{i-1} + \lambda_i$

C_1 、 C_2 是常数值, 只要给出 C_1 和 C_2 , 便可在 θ_i 方向上求取一个点的位置 (ψ_i 、 λ_i), 把各个方向上点的位置连接起来便是台风路径。

5 确定初始偏转位置 (ψ_0 、 λ_0)

实践表明台风中心只有接近干线时, 台风移向才会发生偏转。因此, 如何确定移向开始发生偏转的位置, 是分析台风移动路径的重要环节。根据实践统计, 可用如下公式求取:

设初始偏转位置为 $\psi_0 = \psi_d + \psi_0$; $\lambda_0 = \lambda_d + \lambda_0$, 台风中心至首次相交干线的垂足位置为 ψ_c 、 λ_c 。其中 (ψ_d 、 λ_d) 为台风当前的位置。

$$\psi_0 = (|\sqrt{(\psi_d - \psi_c) \times (\psi_d - \psi_c) + (\lambda_d - \lambda_c) \times (\lambda_d - \lambda_c)}| \cos(\alpha_1 - \theta_0) - R) \times |\sin \theta_0|$$

$$\lambda_0 = (|\sqrt{(\psi_d - \psi_c) \times (\psi_d - \psi_c) + (\lambda_d - \lambda_c) \times (\lambda_d - \lambda_c)}| \cos(\alpha_1 - \theta_0) - R) \times |\cos \theta_0|$$

当 $\psi_0 > 0$ 时, $\psi_0 = \psi_d + \psi_0$; $\lambda_0 = \lambda_d + \lambda_0$

当 $\psi_0 < 0$ 时, $\psi_0 = \psi_d - \psi_0$; $\lambda_0 = \lambda_d - \lambda_0$

6 移速预报

实践表明移速变化与偏转方向及 θ_i 的大小有关。

设 $V_0 = C$

当 $0 < \theta_i < 90^\circ, 180^\circ < \theta_i < 270^\circ$ 时,

如果 $\alpha < \theta_i$ 则 $V_i = V_{i-1} - 0.3 \times V_{i-1} \times \sin \theta_i$,

如果 $\alpha > \theta_i$ 则 $V_i = V_{i-1} + 0.5 \times V_{i-1} \times \sin \theta_i$

当 $90 < \theta_i < 180$, $270 < \theta_i < 360$ 时,

如果 $\alpha < \theta_i$ 则 $V_i = V_{i-1} + 0.3 \times V_{i-1} \times \sin \theta_i$

如果 $\alpha > \theta_i$ 则 $V_i = V_{i-1} - 0.3 \times V_{i-1} \times \sin \theta_i$

7 时效计算

设 $t_0=0$, $t_i = t_i + t_i$

$$t_i = 110 \times \sqrt{\Delta\psi(i) \times \Delta\psi(i) + \Delta\lambda(i) \times \Delta\lambda(i)} / V_i$$

注: V 的单位为 km/h, t 的单位为小时。

8 系统操作

- (1) 输入因子: (ψ_a, λ_a) 、 (ψ_c, λ_c) 、 θ_0 、 t_0 、 V_0 ;
- (2) 预报因子: α 、 C_1 、 C_2 、 R 、 $i=n$ (随机确定);
- (3) 输出预报产品: 预报轨迹和时效。

9 实例分析和预报

运用该台风预报模式对 2005 年 0518 号“达维”、0509 号“麦沙”、0505 号“海棠”等台风移动轨迹实施跟踪预报(云图略),发现预报路径与实况基本吻合(见图 2~4),有很高的使用价值。



图2 利用 2005 年 9 月 22 日 14 时云图做出的“达维”台风移动轨迹预报与实况对比图
(实心圆为本方法作出的台风路径预报,空心圆连线为台风实况路径,以下图相同)



图3 利用2005年8月01日14时云图做出的“麦沙”台风移动轨迹预报与实况对比图

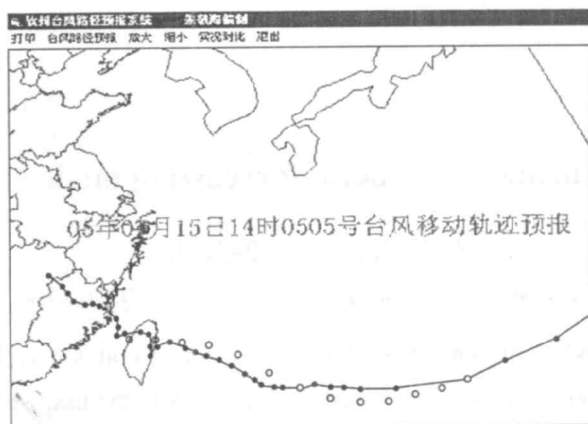


图4 利用2005年7月15日14时云图做出的“海棠”台风移动轨迹预报与实况对比图

由于台风云图上干线制约台风移动趋向具有显著的连续性,三个台风的实际路径与该方法制作的台风移动趋势完全一致,而且逐日云图上干线的分布特征与当前云图上干线分布状态相一致,所展示的台风移动趋势与当前云图展示的移动趋势也相一致,表明台风云图对台风移动趋势有极高的判断力,可以应用逐日的台风云图跟踪台风的移动趋势。

10 结论

(1) 干、湿梯度力是台风移向变化的关键因素。台风沿着干、湿梯度力与推动台风前进的惯性力的合成方向移动是客观存在的基本规律。我们根据这个基本规律建立的台风移向预报方程和轨迹预报方程,能客观地展示出台风路径变化的物理过程。

(2) 台风云图上干线的特征指数 α 是具体制约台风移向变化的决定因子。它与台风平均移向 θ_0 相结合,可定性判断台风路径的偏转方向和定量地推算出 θ_i 的大小。

(3) 台风云图对台风的移动趋势有极高的判断能力,可以应用逐日的台风云图跟踪台风的移动趋势。

(4) 本文所用的方法思路新颖、设计独特,把影响台风移动的复杂因素转化为单一的预报因子,直观、易于掌握,只要熟悉台风云图的基本特征均可使用本方法进行预报。可操作性强、准确度高,有普遍使用意义。

参考文献:

- [1] 卢保祥. 应用 500hPa 等压面图能量场预报台风路径[J]. 军事气象, 1978, (1):
- [2] 陈瑞闪. 台风[M]. 福建科学技术出版社, 2002, 400 ~ 408.
- [3] 江吉喜. 卫星资料在天气分析和预报中的应用. 2002 年全国学术交流会.
- [4] 郑新江. 气象卫星对热带气旋的监测. 2002 年全国学术交流会.
- [5] Roger B. Weldon and Susan J. Holmes. 水汽图像在天气分析和天气预报中的解译与应用[R]. 美国国家海洋和大气管理局环境卫星资料和信息服务的报告第 57 期. 1994, 201 ~ 214.

One kind of accurate and general forecasting mode of typhoon track

ZHU Jing-hai , PAN Jie-li

(Qinzhou Meteorological office, Guangxi Province 535000 China)

Abstract : The restriction of the axes of clear sky regions in the typhoon cloud atlas to the movement of typhoon has been explained physically, with the usage of synoptic principles. The forecast equations for the movement and track of typhoon has been deduced, using the relationship between the dry or wet gradient forcing, which exist between the cloud atlas and clear sky regions, and the inertial forcing which promote the movement of typhoon has also been demonstrated totally. Thus a single parameter is used in the prediction of the movement of typhoon instead of the several complex ones.

Key Words : the dry or wet gradient forcing ; the way of typhoon ; forecasting pattern