

对利用静止卫星云图定量预报 台风路径方法的改进

陈渭民 宋玉江*

提 要

本文对《利用静止卫星云图预报台风路径的一种新方法》**中影响台风路径的环境云场因子作了新的分类和规定,引入副热带高压变化因子,建立了一个五因子的台风路径的预报方程,且对方程进行了检验和讨论,表明改进的预报方程效果较好。并用实例说明预报方法。

卫星云图资料弥补了海上的资料不足,已成为分析预报台风活动的一种重要资料。十几年来,我国气象工作者从卫星云图上得到了许多预报台风路径的经验指标***, [1], 在台风业务预报中收到了较好的效果。但这些经验指标只能定性的预报台风未来移向的大致趋势。为了较定量地利用卫星云图预报台风路径,我们曾根据在卫星云图上影响台风路径的周围环境云系分布和台风自身的云系特征归纳为四个因子,求得一个预报台风路径的方程,提出了利用卫星云图定量预报台风移向的一种新方法**, 收到较好效果。但是该方法还有以下一些问题:(1)在对环境云场量化时只分西行、西北、北上和转向四个等级,每个等级有较宽的角度;(2)没有考虑副热带高压随时间的变化;(3)所取样本数较少,代表性欠佳。针对以上问题我们对方法作了改进。

一、台风移向及影响移向的云系特征

台风环境云场的分布、演变和台风自身云系的形状及其发展变化,对台风的移向都具有一定的预示作用。

1. 台风移向与副热带高压的关系

台风的移向主要受副热带高压环流引导。当台风处在东西向带状的副高南侧,则将

1986年9月1日收到,1987年2月20日收到修改稿

* 我院1986届大气探测专业毕业生

**1985年台风会议预印本,123—125页

*** 中央气象局、中国科学院大气物理研究所,用地球静止卫星云图预报台风的方法,3页,1982

向西移动;若在副高的西或西南侧,则将向北或西北移动。在卫星云图上,副高常有两种型式:(1)单环带状型:副高表现为东—西、东北—西南或西北—东南走向的狭长带状无云区。(2)双环状型:副高表现为东、西两环,台风位于两环副高之间。

2. 锋面云带对台风移动的作用

副高北侧的锋面云带是一西风带系统。它离台风愈近,对台风移动的影响愈大。当它与台风的距离 ≥ 10 个纬距时,对台风的作用就很小。当锋面云带靠近台风时,会使副高范围缩小、东移或断裂,影响台风移向。

3. 台风移向与其外围螺旋云带的关系

台风外围螺旋云带指示台风移向,它的旋转变化与台风移向偏转是基本相同的。当

其顺转时,台风移向右偏;若为逆转,台风移向会左偏。

4. 台风密蔽云区形状对台风移向的作用

台风密蔽云区形状表示了流场分布和上升运动的特征。当它为椭圆形时,台风一般朝云区长轴的方向移动。

5. 台风移向的分类

把台风移向分为4类(表1),每类又按间隔 10° 分为

3—4小类,每类对应环境云场如图1所示。

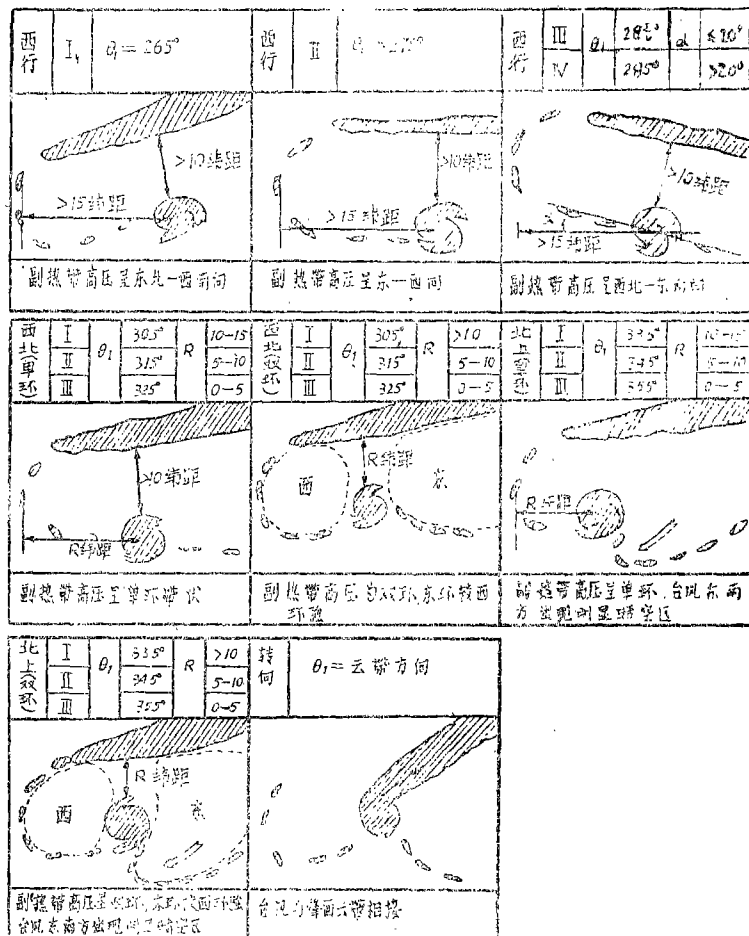


图1 根据环境云场选取 θ_1

表 1 台风移向的分类

西 行				西 北			北 上			转向
I	II	III	IV	I	II	III	I	II	III	
260 ↓ 270	270 ↓ 280	280 ↓ 290	290 ↓ 300	300 ↓ 310	310 ↓ 320	320 ↓ 330	330 ↓ 340	340 ↓ 350	350 ↓ 360	>360

二、预报因子的选取

根据上面讨论, 影响台风移向的因素主要包括两个方面: 一是环境云场(包括副热带高压、锋面云带); 二是台风自身云系(包括螺旋云带、密蔽云区等)。为建立预报方程, 将这两方面的因素以五个因子引入方程, 作为台风移向的预报因子。

1. 副热带高压因子, 该因子考虑了副高的形状、走向和范围, 以及与台风的相对位置。以 x_1 表示

$$x_1 = \theta_1 - \theta^{-24}$$

式中 θ^{-24} 为台风过去24小时移向, θ_1 的取值如图 1 所示, 单位取度。

2. 锋面云带距离因子, 用 x_2 表示

$$x_2 = M - L$$

式中 L 是台风云系边界距北面锋面云带前界的距离, 单位取纬距。M为常数, 定义为锋面云带对台风作用的起始距离。经统计分析, 取 $M=10$ 纬距。当 $L \geq 10$ 纬距时, 取 $M-L=0$; 当台风云系与锋面云带连接时取 $M-L=10$ 纬距。

3. 螺旋云带旋转因子, 用 x_3 表示

$$x_3 = \theta_3 - \theta_3^{-24}$$

式中 θ_3^{-24} 为螺旋云带前24小时的方向, θ_3 为现时螺旋云带的方向。云带的方向以台风中心为原点的方位角表示, 单位取度。在确定螺旋云带方向时, 一般作如下规定: 当台风只有一条螺旋云带时, 取其外部较平直部分的方向作为螺旋云带的方向; 当有两条以上的螺旋云带时, 取云带亮度最大、宽度最宽的一条确定螺旋云带的方向, 其随时间变化较小。当台风前24小时呈圆型, 螺旋云带不明显时, 取 $x_3=0$ 。在选择螺旋云带时宜选同一螺旋云带, 对生消很快的螺旋云带不能选用。

4. 密蔽云区形状因子, 用 x_4 表示

$$x_4 = \theta_4 - \theta^{-24}$$

式中 θ_4 是密蔽云区长轴方向, 单位取度。当密蔽云区表现为圆型时, $x_4=0$ 。

5. 副热带高压变化因子, 用 x_5 表示

$$x_5 = (R_{\text{东}}^{-24} - R_{\text{东}}) - (R_{\text{西}} - R_{\text{西}}^{-24})$$

式中 $R_{\text{东}}$ 、 $R_{\text{西}}$ 分别为东、西两环副高长轴的长度， $R_{\text{东}}^{-24}$ 、 $R_{\text{西}}^{-24}$ 为东西两环副高前24小时的长轴长度，单位为纬距。

当副高为单环时， $R_{\text{西}} = R_{\text{西}}^{-24} = 0$ ，则有

$$x_5 = R_{\text{东}}^{-24} - R_{\text{东}}$$

式中 R 是副高东西长轴距离， x_5 反映了副高范围变化对台风移向的作用。

三、资料和预报方程

依照上述因子的选取方法，对7801、7802、7805、7806、7810、7812、7813、7815、7816、7818、7819、8208、8209、8210、8211、8212、8213、8215、8218、8219、8404、8405、8406、8409、8413、8416、8417等27个台风，从云图上读得84组样本，再利用多元线性回归建立预报方程。

为了观察各变量对方程的贡献，采用逐步回归法，结果如表2所示。其中 y_{24} 为台风未来24小时的偏转量。 $y > 0$ ，台风将向右偏； $y < 0$ ，台风将向左偏。 y 的单位为度。对表中最后一行的全回归方程作 F 检验：当信度 $\alpha = 0.01$ 时， $F_{\alpha} = 3.23 < 5.309$ ，因而方程的线性显著。对样本随机删减，发现回归方程系数变化较小，说明这方程较为稳定。

表2 回归方程及其 F 、 S 、 R 值

因 子	F	S	R	回 归 方 程
x_1	23.291	30.137	0.470	$y_{24} = 10.894 + 0.362x_1$
x_1, x_4	12.808	29.944	0.490	$y_{24} = 10.675 + 0.311x_1 + 0.117x_4$
x_1, x_3, x_4	8.850	29.954	0.499	$y_{24} = 11.863 + 0.310x_1 + 0.094x_3 + 0.107x_4$
x_1, x_3, x_4, x_5	6.673	30.075	0.503	$y_{24} = 12.181 + 0.299x_1 + 0.097x_3$ $+ 0.107x_4 + 0.163x_5$
x_1, x_2, x_3, x_4, x_5	5.309	30.239	0.504	$y_{24} = 11.079 + 0.294x_1 + 0.378x_2$ $+ 0.105x_3 + 0.105x_4 + 0.162x_5$

由表2还看到，随着入选因子增加，复相关系数 R 增大；而对剩余标准差 S ，当增加 x_4 因子后， $S = 29.944$ ，其值减小了，但当其余因子入选时， S 值增大了，说明 x_1, x_4 因子最重要，其余因子的作用较小。尤当入选 x_2 后，虽然 R 增加到0.504，但是 S 也增加了，所以在通常情况下 x_2 因子可略去。五个因子 x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 的单相关系数分别为0.47、0.07、0.10、0.26、0.44。其中 x_1, x_4, x_5 的单相关系数较大。此外， x_2 因子的系数为0.378，其引起的偏转在 $0 \sim 3.8^\circ$ 之间，是一个较小的值。

由 S 和 R 值的大小及各因子变化范围来看，回归方程以 x_1, x_3, x_4, x_5 的方程为

好。

从上面分析可见， x_1 、 x_4 是最佳因子，其原因是 x_1 反映了副高对台风的作用， x_4 反映了台风本身内力的作用。而 x_5 因子表示东、西两环副高变化对台风路径的作用，一般情况下，副高变化较小，作用不显著；而当副高急剧变化时，其作用就不可忽略了。

按照上面同样方法，可求得48小时台风移向的预报方程：

$$y_{48}=18.764+0.314x_1+1.864x_2-0.025x_3+0.350x_4-0.657x_5$$

式中各因子意义与24小时预报方程相同， y_{48} 是48小时后台风移向的偏转量。对方程作F检验，当信度 $\alpha=0.01$ 时， $F_\alpha=3.34<6.91$ ，说明回归方程线性显著，同时各变量间相关关系也较密切，通过随机删减样本数，系数变化不大，表明方程较稳定。方程中 x_5 的系数为负，因未来48小时内一般副高的变化较大，造成负贡献的效果。 x_3 也是一样。

四、方程检验及误差分析

1. 方程检验

从1978—1984年20个台风中选用了40组样本，对两个全回归方程进行检验，结果如表3。由表可见，24小时预报效果好于48小时，这是因为48小时内，台风四周云场和自身云系将发生明显的变化，对台风移向产生较大影响所致。

表3 预报方程的拟合率

时 效	样 本 数	0— $\pm 5^\circ$		± 5 — $\pm 10^\circ$		± 10 —	
		次 数	百分率	次 数	百分率	次 数	百分率
24	40	17	42.5%	14	35%	9	23%
48	40	12	30%	13	32.5%	15	33%

同时，与方法改进前的结果比较，24小时的预报准确率有明显提高。如在0— $\pm 5^\circ$ 误差范围，原来的百分率只有31.4%，现为42.5%，提高了11.1%；在 ± 5 — $\pm 10^\circ$ 误差范围，原为31.4%，现为35%。

2. 误差分析

由于影响台风移动路径的因素很多，仅用几个因子去预报复杂的台风路径，就不可避免地要产生误差。其原因有如下几种：

(1)非线性引起的误差 在建立预报方程时，假设了因子与预报量的关系是线性的，而实际并非如此。

(2)非模式化引起的误差 上面在选择因子时，对其作了各种规定，这些规定有经验的，有按统计结果作的，还有是为了处理问题的方便。如对螺旋云带旋转因子，假定其旋转变化的，实际上有时其变化是迅速而不连续的。又如假定台风与锋面云带相连接时，台风将沿锋面云带方向移动，但从分析发现，并非每次连接都能使台风沿云带方

向移动,特别是锋面云带较弱时,对台风偏转的影响就较小。

此外,样品的读取、台风定位都带有一定的误差。特别是对5个因子的规定,在实用中还带有一定的主观性。当台风移速很慢或停滞时,读数误差是相当大的。

五、预 报 程 序

现以一具体实例,说明预报流程。8213号台风形成后向西北方向移动,8月19日08时(北京时)位于 10°N 、 146°E ,20日08时位于 11.6°N 、 142.3°E ,现对其作未来24小时移向预报。

(1)求台风过去24小时的移向 θ^{-24} $\theta^{-24}=299^{\circ}$,可根据每日发布的台风报的路径读出,也可从前24小时与现在云图上定的台风中心位置求出。

(2)分析副热带高压特征,确定 θ_1 由20日的云图可见,副高呈东西向,且台风离西脊点较远(>15 纬距),云场属西行Ⅱ类,故 $\theta_1=275^{\circ}$, $x_1=\theta_1-\theta^{-24}=275^{\circ}-299^{\circ}=-24^{\circ}$ 。

(3)量取台风与其北侧锋面云带距离 $L>10$ 纬距, $x_2=M-L=0$ 。

(4)量取螺旋云带角度 θ_3^{-24} 、 θ_3 $\theta_3^{-24}=345^{\circ}$, $\theta_3=360^{\circ}+50^{\circ}=410^{\circ}$,
 $x_3=\theta_3-\theta_3^{-24}=410^{\circ}-345^{\circ}=65^{\circ}$ 。

(5)确定密蔽云区长轴方向 θ_4 $\theta_4=313^{\circ}$, $x_4=\theta_4-\theta^{-24}=313^{\circ}-299^{\circ}=14^{\circ}$ 。

(6)量取副热带高压东西长度 $R_{\text{东}}^{-24}$ 、 $R_{\text{东}}$ 、 $R_{\text{西}}^{-24}$ 、 $R_{\text{西}}$ 该例副高呈东西向带状,故 $R_{\text{西}}^{-24}=R_{\text{西}}=0$,量得 $R_{\text{东}}^{-24}=75$ (纬距), $R_{\text{东}}=72$ (纬距), $x_5=R_{\text{东}}^{-24}-R_{\text{东}}=75-72=3$ (纬距)。

(7)将各因子值代入预报方程,求出偏转量 $y_{24}=11.079+0.294x_1+0.378x_2+0.105x_3+0.105x_4+0.162x_5=12.8^{\circ}$ 。

实况为:8月21日08时,台风移到 14°N 、 139°E ,台风移向偏转了 14° ,误差为 $\Delta y=14^{\circ}-12.8^{\circ}=1.2^{\circ}$ 。

由于改进了预报因子和增加了样本数,本方法预报效果较好,比原方法有一定提高。不过选用的台风路径一般都较规则,且以单台风居多。而对于疑难路径的台风预报还有待于不断改进和完善。

参 考 文 献

- [1] 李玉兰等,卫星云图上云系与台风路径的关系,中国科学院大气物理研究所集刊 2 号,20-35,科学出版社,1974。

IMPROVEMENT OF THE QUANTITATIVE TECHNIQUE FOR TYPHOON TRACK PREDICTION BY USING GEOSTATIONARY SATELLITE PICTURES

Chen Weimin Song Yujiang

ABSTRACT

Factors of the environmental cloud field are classified and defined based on geostationary satellite pictures with another factor, the variation of the subtropical high, introduced, thus establishing an equation of five predictors for quantitatively forecasting typhoon track. The equation has been proved to be effective and discussed in detail with examples.