

# 台湾岛地形对台风移动路径的作用\*

罗哲贤

(南京气象学院, 南京 210044)

陈联寿

(中国气象科学院, 北京 100081)

## 提 要

本文用一个  $\beta$  平面准地转正压模式实施了九组试验, 研究台湾岛地形对台风移动路径的作用。初始场系根据 SPECTRUM 和 TCM-90 期间加强观测资料确定。结果表明: 台湾岛地形的引进会使台风路径向右偏移; 地形使台风环流的最大风速区向台风中心方向推移, 造成台风环流空间尺度减小, 这个结构的变化是路径右偏的一个可能原因。

关键词: 台湾岛; 地形; 台风; 路径。

## 一、引 言

台湾岛地形对台风移动路径的影响问题, 已有若干数值研究<sup>[1-3]</sup>。在这些研究中, 初始场上台风的结构是给定的理想分布; 同时, 对于地形影响台风的可能机制涉及较少。

我们用台风特别试验 SPECTRUM 和现场试验 TCM-90 的加强观测资料, 用 NCAR 绘图软件插值方法, 得到 5—45°N、100—140°E 范围内目标台风 Yancy 1990 年 8 月 19 日 00 时(UTC)、目标台风 Abe 1990 年 8 月 31 日 00 时(UTC), 31 日 12 时(UTC)三个时次 500 hPa 位势高度的格点值, 以此求出初始场。这里, NCAR 绘图软件的功能是, 根据稀疏、不规则的测站资料, 求出稠密、规则格点上的内插值。首先将任意相邻的三个测站视为一个三角形的顶点, 把计算区域划分为很多个三角形; 再用二次或线性插值方法, 对每个三角形, 根据顶点值求出三角形内若干个规则格点上的内插值。这种用实测资料求出的初始场上的台风, 均具有非对称结构。然后在模式中引进台湾岛地形, 实施有无地形的对比试验, 进而分析地形影响台风移动的可能机制。

## 二、模式概述和试验设计

取带有地形项的准地转正压涡度方程

$$\frac{\partial}{\partial t} \nabla^2 \psi + J(\psi, \nabla^2 \psi + f_0 \frac{h}{H} + \beta y) = 0, \quad (1)$$

式中  $\psi$  为地转流函数,  $\beta = df/dy$ ,  $f_0$  为科里奥利参数,  $f_0$  为  $\beta$  平面上中线处  $f$  值。  $H$  为均

1993 年 9 月 20 日收到, 1994 年 3 月 6 日收到修改稿。

\* 国家自然科学基金资助项目。

质大气厚度,  $h(x, y)$ 为下边界地形面。

将(1)式无量纲化后, 再将流函数分解为平均流函数和扰动流函数。注意到台风 Yancy 位于台湾岛附近区域时, 处于弱环境流场之中, 故令基流为零, 得到关于扰动流函数的方程。与之相应, 在实测位势高度场上, 也将位势高度分解为平均值与扰动值。从扰动位势高度求出扰动流函数作为模式初始场。这样, 模式包含的物理过程为:  $\beta$  效应、非线性平流、地形、初始场上不同尺度系统之间的作用, 但不包括基流的影响。

计算区域为边长 5000 km 的正方形, 格距  $\Delta x = \Delta y = 50$  km, 计  $101 \times 101$  个格点。在计算区域边界, 有一个宽度为 500km 左右的过渡层。在过渡层中, 扰动流函数的取值线性地减小, 直至在边界处为零。 $f_0 = 0.6162 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ ,  $H = 10$  km。时步 4 min, 计积分 20 或 24 模式小时。

取两类地形。一类是与台湾岛中部山区相似的理想地形(图 1a, 记为地形 A); 另一类取自文献[2], 与实际地形更为接近(图 1b, 记为地形 B)。两者最大高度均为 2000m, 前者范围略大。

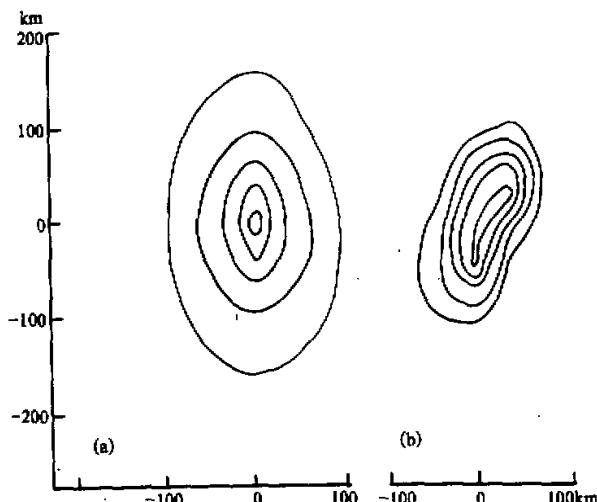


图 1 两类地形示意图  
(a) 地形 A, (b) 地形 B。等值线间隔为 500m, 地形最大高度 2000m

计实施了 9 个试验(表 1)。

试验 1 以 1990 年 8 月 19 日 00 时(UTC)扰动流函数场为初始场, 无地形。

试验 2 在台风中心 SW 方向引入地形 A。地形中心与台风中心的距离为 141 km, 余同试验 1。

试验 3 以地形 B 代替地形 A, 余同试验 2。

试验 4 在台风中心正西方向引入地形 A。两个中心之间的距离为 100 km, 余同试验 2。

表1 9个试验方案

试验号	初始场	有无地形	距离(km)	方位
1	1990年8月19日00时(UTC)	无	-	-
2	同1	地形A	141	SW
3	同1	地形B	141	SW
4	同1	地形A	100	W
5	同1	地形A	141	NW
6	1990年8月31日00时(UTC)	无	-	-
7	同6	地形A	400	SW
8	1990年8月31日12时(UTC)	无	-	-
9	同8	地形A	500	SSW

试验5 在台风中心西北方向引入地形A。两个中心之间的距离为141 km，余同试验2。

试验6 以1990年8月31日00时(UTC)扰动流函数为初始场，无地形。

试验7 在台风中心SW方向引入地形A。两个中心相距400 km，余同试验6。

试验8 以1990年8月31日12时(UTC)扰动流函数为初始场，无地形。

试验9 在台风中心SSW方向引入地形A。两个中心相距500km，余同试验8。

在试验2、7、9中，地形中心与台风中心之间的距离及其方位是根据相应时刻实际位势高度场上两个中心的位置决定的。

### 三、地形使台风路径向右偏移的现象

无地形时，台风向西北方向移动。20小时内移动150 km左右，属于缓慢移动的情况(图2，OA)。引进地形A后，台风移动路径明显地向右偏移(图2，OB)。这与Bender等<sup>[2]</sup>的结果类似。

地形A与地形B的最大高度相同，等高线分布型式类似。只是地形A的范围比地形B要大些。由此推断，如用地形B代替地形A(试验3)，台风路径向右偏移的幅度要减小，但仍会出现右偏现象。试验3的结果正是如此，右偏的幅度约减小一半(图略)。

当地形中心与台风中心的相对位置和距离改变时，台风移动路径向右偏移的现象继续存在，右偏的幅度基本相同(试验2、5，图略)。在试验2、4、5中，地形中心均位于台风中心的偏西方。

上述试验中，地形中心与台风中心的距离不超过150 km，地形的引进可以使台风路径明显右偏。在试验7中，两者相距400 km。地形引进后，台风路径略有右偏，但右偏幅度很小，一般不超过10 km(图略)。在试验9中，两者相距500 km，有、无地形的对比试验结果表明，两条路径几乎完全重合(图略)。以上结果似乎说明，台湾岛地形对台风移动具有影响力的空间范围，大约在150 km左右。超出这个范围其影响就不太明显了。就此而论，台湾岛地形可能起着一个区域性强迫因子的作用。

下面进一步分析为什么会出现路径右偏的可能原因。

#### 四、地形使台风路径右偏的可能原因

如上所述，在有地形的试验 2、4、5 与无地形的试验 1 的对比中，台风路径向右偏移的现象和幅度基本相同。现根据试验 1、5 这组对比试验的输出结果，讨论路径右偏的可能原因。

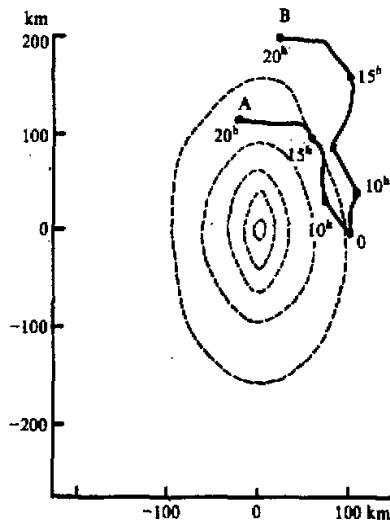


图 2 试验 1, 4 中台风移动的路径  
OA: 试验 1; OB: 试验 4。虚线为地形等值线

360° 方向最大风速的位置，再求出每个小时的  $\bar{r}_m$ 。令  $R(t) = \bar{r}_{m5}(t) / \bar{r}_{m1}(t)$ ， $\bar{r}_{m5}$ 、 $\bar{r}_{m1}$  分别是试验 5 和试验 1 台风环流的平均空间尺度。若  $R(t)$  小(大)于 1，则代表了在  $t$  时刻地形的引进使台风环流的平均空间尺度减小(加大)。

$R(t)$  随时间的变化列于图 3a。可见：从第 5h 以后， $R(t)$  稳定地小于 1。这意味着，平均而言，地形的引进使台风环流的空间尺度变小。这有助于台风移动路径向偏北方向偏移，即向右偏移。

接着计算每个小时的  $R_N$ 、 $R_W$ 、 $R_E$  和  $R_S$ 。这里  $R_N = r_{m5}(360^\circ) / r_{m1}(360^\circ)$ ， $R_W = r_{m5}(270^\circ) / r_{m1}(270^\circ)$ ， $R_E = r_{m5}(90^\circ) / r_{m1}(90^\circ)$ ， $R_S = r_{m5}(180^\circ) / r_{m1}(180^\circ)$ 。 $R_N$ 、 $R_W$ 、 $R_E$  和  $R_S$  分别描述了地形引进后，在台风环流的北、西、东、南部，台风空间尺度的变化情况。若  $R_N$  小于 1，这意味着，台风环流北部的最大风速区似乎被地形向南“挤”，向台风中心处靠近。 $R_W$ 、 $R_E$  和  $R_S$  的含意与之类似。

在  $R_i$  ( $i=N, W, E, S$ ) 随时间的演变图(图 3b—3e)上，先是在台风环流的北部，出现  $R_N < 1$  的时段(图 3b, cd 段)；接着出现  $R_W < 1$ 、 $R_E < 1$  的时段(图 3c, ef 段；图 3d, gh 段)；最后出现  $R_S < 1$  的时段(图 3e, ij 段)。表明：受地形的影响，在台风环流

由图 2 可见，如不计路径的摆动，只考虑总的移动趋势，无地形时台风向 NW 方向移动；有地形时，台风向 NNW 方向移动。

据 Chan 和 Williams<sup>[5]</sup>的研究，台风环流的空间尺度可以影响其移向。空间尺度愈小(大)，台风路径愈偏北(西)。一般用  $r_m$  的取值来描述台风的空间尺度。这里， $r_m$  为台风中心至出现最大风速处的距离。由于试验 1、5 中台风环流均呈非对称结构，即  $r_m$  随方位角  $\theta$  而变化，我们用  $\bar{r}_m$  代替  $r_m$  描述台风的空间尺度。令

$$\bar{r}_m = 0.25 \times [r_m(90^\circ) + r_m(180^\circ) \\ + r_m(270^\circ) + r_m(360^\circ)],$$

根据每小时输出一次切向风速  $V(x, y)$  的分布( $V = \sqrt{u^2 + v^2}$ ,  $u, v$  分别为沿  $x, y$  方向的地转风速)，可以求出沿  $90^\circ, 180^\circ, 270^\circ,$

的北部, 最大风速区似乎先被地形往南“挤”; 然后在台风环流的西部, 最大风速区似乎被地形往东“挤”, 同时, 台风环流东部的最大风速区也向台风中心方向靠近。最后是台风南部最大风速区向北、向台风中心方向靠近。注意到试验 5 中地形中心位于台风中心的西北方向(表 1), 上述最大风速区位置的先后变化次序是合理的。这样看来, 引入地形后, 随着台风向偏西北方向的运动, 台风环流的最大风速区向台风中心方向靠近, 使台风环流的空间尺度变小, 是台风路径右偏的一个可能原因。

## 五、讨 论

台湾岛地形对台风移动的影响, 包含两个问题。第一, 当台风从台湾以东洋面向偏西方向移动, 靠近但尚未抵达台湾岛东岸时, 由于位于路径前方的地形的作用, 使移速改变移向偏移。对此问题的科学理解有助于正确预报台风在台湾岛东岸登陆点的位置。第二, 当台风从台湾岛东岸及邻近区域继续向偏西方向移动时, 台湾岛地形对台风移速移向又有何影响。这与台风在东南沿海登陆点位置的预报亦有联系。考虑到台风特别试验资料的地理分布, 本文的工作属于第二个问题的范围。初步结果说明, 当地形中心与台风中心相距不太远, 如小于 150 km 时, 地形会使台风路径向右偏移; 偏移幅度可达 100 km 左右。

对于在我国东南沿海及台湾邻近区域活动的台风而言, 台湾岛的地形作用是影响它们移动的一个重要因素。目前, 与此有关的若干问题尚待解决。如观测研究中如何区分地形引起的路径偏移与台风环流内部因子引起的路径摆动; 如何数值模拟出富有特征的几类路径偏移; 如何理解地形引起路径偏移的物理机制等。本文就其中可能机制的问题提出一些初步结果。认为: 引入地形后, 台风风速最大区被地形向台风中心方向“挤”, 使台风环流的空间尺度变小, 是地形引起台风路径偏移的可能原因之一。由于问题的复杂性, 探讨其它可能原因十分必要; 同时, 由于本文模式非常简单, 洋面初始场资料尚很欠缺, 因而模式大气中台风路径与实况之间有一定误差, 这是本文的一个局限性。这些都需要继续研究。

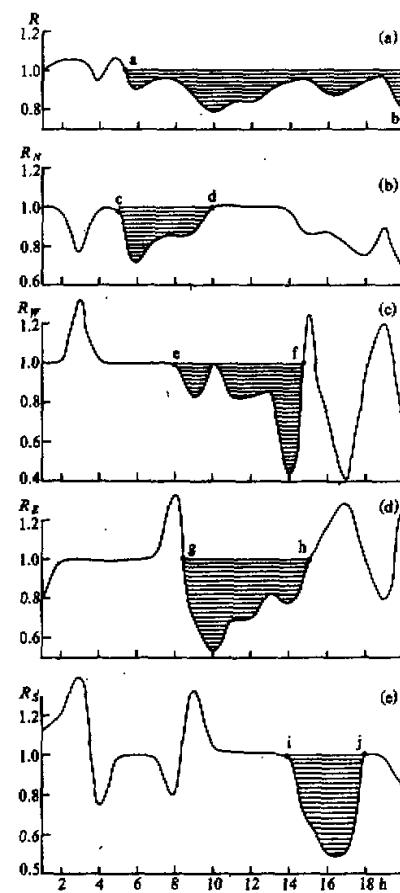


图 3  $R$ ,  $R_i$  ( $i = N, W, E, S$ ) 随时间的变化

阴影区代表  $R < 1$  或  $R_i < 1$

### 参 考 文 献

- [1] Chan, S.W., 1982. The orographic effects induced by an island mountain range on propagating tropical cyclones, *Mon. Wea. Rev.*, **110**, 1255-1270.
- [2] Render, M.A. et al., 1987, A numerical study of the effect of island terrain on tropical cyclones, *Mon. Wea. Rev.*, **115**, 130-155.
- [3] Yeh, T. C. and R.L. Elsberry, 1991, Upstream typhoon track deflections caused by the Taiwan orography, *Proceedings of Conference on Weather Analysis and Forecasting*, April 25-27. Taipei, 342-349.
- [4] Chen, L. S., 1991, The Effect of Different Motion scales Interaction and Structure Features on Tropical Cyclone Motion, WMO TD-NO.472, IV.1-15.
- [5] Chan, J.C.L. and K.T. Williams, 1987, Analytical and numerical studies of beta-effect in tropical cyclone motion, *J. Atmos. Sci.*, **44**, 1257-1265.
- [6] 蒋克勤、李曾中, 1980, 海南岛地形对过岛台风影响的初步研究, 大气科学, **4**, 220-227。

### Effect of the Orography of Taiwan Island on Typhoon Tracks

Luo Zhexian

*(Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing 210044)*

Chen Lianshou

*(Academy of Meteorological Science, Beijing 100081)*

#### Abstract

In order to investigate the effect of the orography of Taiwan Island on typhoon tracks, nine numerical experiments are performed using the barotropical vorticity equation with the orographic term. The grid point values of the initial fields are obtained from the dense data of SPECTRUM and TCM-90 Field Experiment by an interpolation method. Results show that the tracks of the model typhoon deviate towards the polar side because of the effect of the orography and that the asymmetric structure has been changed. The positions of the maximum velocities have been shifted towards the typhoon center after introducing the orography, which may be a possible cause for right deviation of the tracks.

**Key words:** Taiwan Island; orography; typhoon; track.