

SPECTRUM-90 时期大气 10—20 天 准周期振荡对热带气旋转向路径的影响

胡 坚 陈雪峰 费 亮

(上海台风研究所, 上海 200030)

提 要

本文研究了 SPECTRUM-90 时期, 大气 10—20 天周期振荡对西北太平洋转向台风路径的影响, 结果表明, 这种影响是显著的。在 SPECTRUM-90 时期, 10—20 天周期振荡比较活跃, 西北太平洋副热带高压的周期性退缩现象是来自中、高纬和热带的 10—20 天周期低压扰动共同影响所致, 这也是导致热带气旋转向运动的一个重要原因。进一步研究还发现, 在 SPECTRUM-90 时期, 存在着一支源于热带西北太平洋上呈经向排列的纬向风波列, 热带波动沿此波列向北传播, 在一定程度上, 可以推动热带气旋北上转向。

关键词: 大气准双周振荡; 波列; 台风转向路径。

一、引 言

相对于西行路径而言, 热带气旋的转向过程是一个比较困难的理论和预报问题, 它不仅与热带气旋的内部结构变化有关, 还取决于其外部环境大尺度流场的变化, 甚至还应进一步考虑两者相互作用的过程。因此, 研究转向台风路径的物理机制被列为 SPECTRUM-90 的一项重要课题。根据目前的认识, 副热带高压的变化, 是影响热带气旋移动的主要大尺度过程。热带气旋转向过程往往出现在副高周期性向东退缩时期, 研究表明^[1], 西北太平洋副热带高压的活动存在着显著的准双周振荡。但是, 副热带高压本身不是振荡源, 不可能激发出 10—20 天的准周期振荡。事实上, 大气中 10—20 天的准周期振荡主要存在于中纬度西风带和亚洲夏季风区的西南季风里^[2]。因此, 副高表现出的 10—20 天周期振荡必然是受到东风带与西风带准周期振荡影响及其相互作用的综合反映, 这就是说, 研究副高 10—20 天准周期振荡对转向台风路径的影响, 还必须同时考虑到更大范围内大气准双周振荡的过程。上述考虑将有助于我们开拓关于热带气旋路径新的研究领域或发展新的预报方法。

二、资料和计算方法

本文主要研究 SPECTRUM-90 时期(1990 年 8 月 1 日—9 月 30 日)4 个台风(9014、9015、9020 和 9021)路径的转向过程。计算和分析资料选自国家气象局(SMA)的 T42L9 的 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 格点资料,要素包括 500hPa 的 H 、 u 、 v , 这是因为考虑到 500hPa 是台风移动的主要引导层。

本文采用 Vondrak 多级数字滤波器^[3]来进行 10—20 天周期的带通滤波。这是根据捷克天文学家 J.Vondrak 的平滑法设计的一种单边滤波器, 它的频率响应函数理论公式为

$$R = C[1 - F(\varepsilon \cdot P)]^L]^M,$$

式中 C 为多级滤波器的补偿系数, L 和 M 为正整数; $F(\varepsilon \cdot P) = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^N Y_i^2}$ 为单个 Vondrak 滤波器的频率响应函数。这里, ε 是平滑因子, P 为周期, Y_i 代表观测资料, Y_i 则为 P 确定时, 对于不同的 ε 用 Vondrak 平滑法求得的平滑值。这种滤波器的优点在于: 其响应函数具有较短的截断频带, 滤波后不会产生波相位畸变现象。图 1 所示的即是这种滤波器对于 10—20 天周期的带通滤波响应曲线。

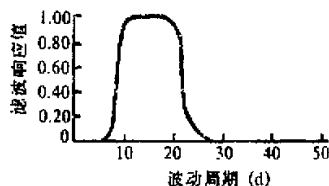


图 1 Vondrak 多级数字滤波器对于 10—20 天周期带通滤波的响应曲线

三、观测事实与分析

在 SPECTRUM-90 期间, 4 个转向路径台风 Zola(9014)、Abe(9015)、Flo(9020) 和 Gene(9021)的转向点分别出现在 8 月 22 日、9 月 1 日、9 月 17 日和 9 月 27 日, 这些转向点之间的间隔似乎表现出一个 10—20 天的周期。

图 2 表示 SPECTRUM-90 时期 10—20 天周期纬向风振荡的方差百分比分布形势。可见, 比较活跃的振荡主要出现在中纬西风带、副热带西北太平洋和热带西北太平洋。其中, 方差百分比以副热带西北太平洋地区为最大, 极值达到 62.3%, 这一地区同时期的位势高度场和风场功率谱之最大谱峰也出现在 10—20 周期上(图略)。注意到, 这里正是副热带高压之所在, 因而, 预示了上述台风转向过程与副热带高压 10—20 天周期活动之间的可能联系; 还预示了在 10—20 天周期上, 副热带环流与西风带和热带环流之间可能存在的相互联系及其对转向台风的影响。

考虑到 SPECTRUM-90 期间, 台风的转向过程集中出现在 $20^\circ\text{--}30^\circ\text{N}$ 纬带上, 为此, 我们首先考察该纬带上大气 10—20 天周期振荡的活动。图 3a 给出了该纬带 10—20 天带通滤波的 500hPa 位势高度场。这里, 一个引人注目的特征是, 台风的转向过程主要发生在 10—20 天振荡的负位相区, 并且, 转向点大多出现在负位相极值区附近。

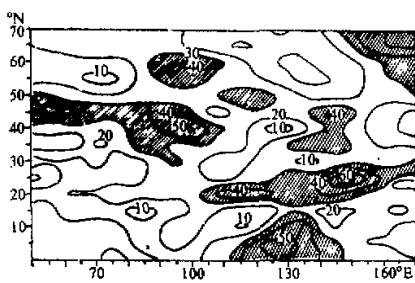


图2 SPECTRUM-90 时期 10—20 天周期
纬向风振荡($\bar{z}$)的方差百分比
阴影区表示大于 30% 的区域

另一方面,西行路径则全部出现在正位相区,并且,台风随着正位相向西伸展而稳定西移。还注意到 110—140°E 地区是该振荡振幅最大之所在,副高 588 位势什米特征线的西进东退也是在这里表现得最为清楚和频繁,并与该振荡位相的正负交替过程完全一致。具体表现为,副高在该振荡的正位相时期,向西伸展,在负位相时期向东退缩。这一事实证明,在直接影响台风路径的副高西进东退的过程中,大气 10—20 天周期振荡是一个重要的物理过程。

另一方面,在相应的纬向风场上,可以更加清楚地看到 10—20 天周期振荡对转向台风运动的影响。如图 3b 所示,台风转向过程无一例外地发生在西风增强的过程中,这与通常的观测经验是一致的。

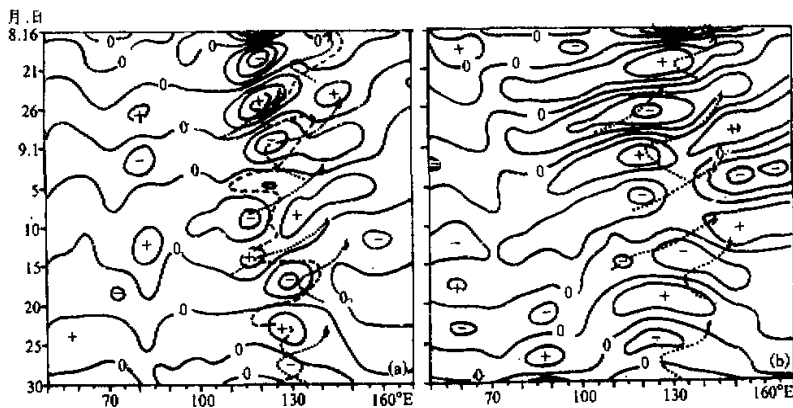


图3 沿 20—30°N 纬带平均的带通滤波位势高度(a)(单位: 12.0gpm)和
纬向风场(b)(单位: 2.0m/s)的经度-时间剖面
虚线代表 588 位势什米特征线; 点线为台风位移的纬向分量

根据上述分析,我们进一步考查在振荡最活跃的经度带上(120—140°E),10—20 天周期振荡的纬度-时间变化(见图 4)。由图 4a 所示的带通滤波位势高度场可见,高度场与副高变化有着与图 3 完全一致的配置关系。值得注意的是,10—20 天周期振荡明显地表现出由中高纬向副热带传播的现象。在台风的转向过程中,低压扰动自北向南传播或影响到副热带区,导致副高出现周期性间断或萎缩。不仅如此,在图 4a 中,还可以分辨出,在台风转向过程中,同时有来自热带的低压扰动对副高的影响。这一过程在相应的纬向风场上表现得更为清楚。由图 4b 可见,热带纬向风振荡的位移明显具有

向北的分量, 并且可以传播到 35°N 甚至更北的纬度。当来自低纬的纬向风位相分布与副热带高压反气旋环流一致时, 副高加强或维持; 反之, 将与副高环流相互抵消, 结果, 出现副高间断或减弱(东退)现象。因而, 所谓副热带高压的准双周振荡, 实际上是中、低纬环流 10—20 天周期振荡共同影响的结果。

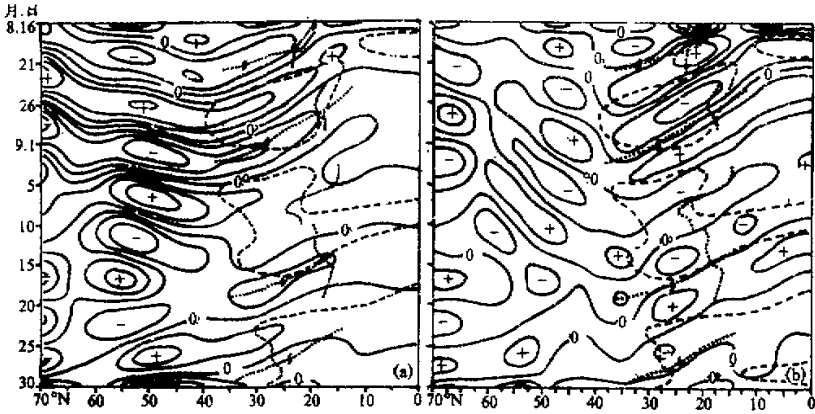


图 4 沿 120°E — 140°E 经圈平均的带通滤波位势高度(a)(单位: 16.0 gpm)和纬向风(b)(单位: 3.0m/s)的纬度-时间剖面
虚线代表 588 位势什米特征线; 点线表示台风位移的经向分量; 有台风符号处为台风转向纬度

在图 4b 中还注意到, 至少在 30°N 以南, 转向台风运动的经向分量与纬向风振荡传播的向北分量基本上一致, 换句话说, 转向台风运动有随着热带纬向风振荡向北传播而北上之趋势。这一事实说明, 热带 10—20 天振荡过程在一定程度上可以推动台风北上转向。与此相反, 西行台风的经向位移与纬向风振荡的北传分量有明显不同。因而, 构成了台风转向运动与西行运动在其环境场 10—20 天振荡过程中的一个重要差异。进一步分析认为, 造成上述差异的原因, 可能与台风在 10—20 天振荡的纬向风场中所处的位相不同有关。在图 4b 中看到, 转向台风主要处在纬向风场的零位相线附近或西风位相中。然而, 在图 3b 中可见, 西行台风主要处于东风位相中。不难理解, 在西行台风运动中, 台风要受到环境场东风加速其向西移动的引导作用。但是, 在转向台风运动中, 不存在这种引导作用。因而, 相对减小了转向台风运动的向西分量, 或者说, 相对增大了向北的分量。尤其当台风处在西风位相中时(例如图 4b 中台风 Zola 的情形), 环境气流将阻止其西行。为了清楚说明起见, 不妨以 8 月下旬纬向风场振荡过程为例。如图 5 所示, 这一时期在 120°E — 150°E 地区, 似乎存在着一支经向波列, 热带波动明显表现出沿此波列逐日北传的特征。在 8 月 24 日(图 5a), 有两个台风(Abe 和 Becby)同时生成在上述环境中, 但它们在其中的位相不同, 西行台风 Becby 中心处在约 -5.5m/s 的东风位相中, 显然该环境风场的引导作用将使其西行分量加大。事实上, 2 天后(见图 5b), 台风 Becby 向西移动了 8 个经度, 移速相当于 -5.14m/s , 此后, 台风 Becby 仍然处在 -4.0m/s 的区域中, 继续西行, 直至登陆消失。与此大相径庭的

是, 转向台风 Abe, 直至转向, 其中心始终处在呈东西走向的零位相线附近, 这意味着, 一方面, 此时的环境风场对台风 Abe 运动的引导作用很小; 另一方面, 在经向上, 台风 Abe 与环境场波动的相对位移很小 (尽管在纬向上两者有明显的相对运动)。实际上, 在图 5 所示期间, 热带波动沿上述波列北传的平均速度约为 2.5 纬度/天(相当于 3.0m/s), 而同一时期, 台风 Abe 的向北移速平均为 3.16m/s , 两者相当。因而, 有理由认为, 台风 Abe 能够北上至转向时的 30°N 附近(见图 5e), 与热带波动北传的推动作用有关。

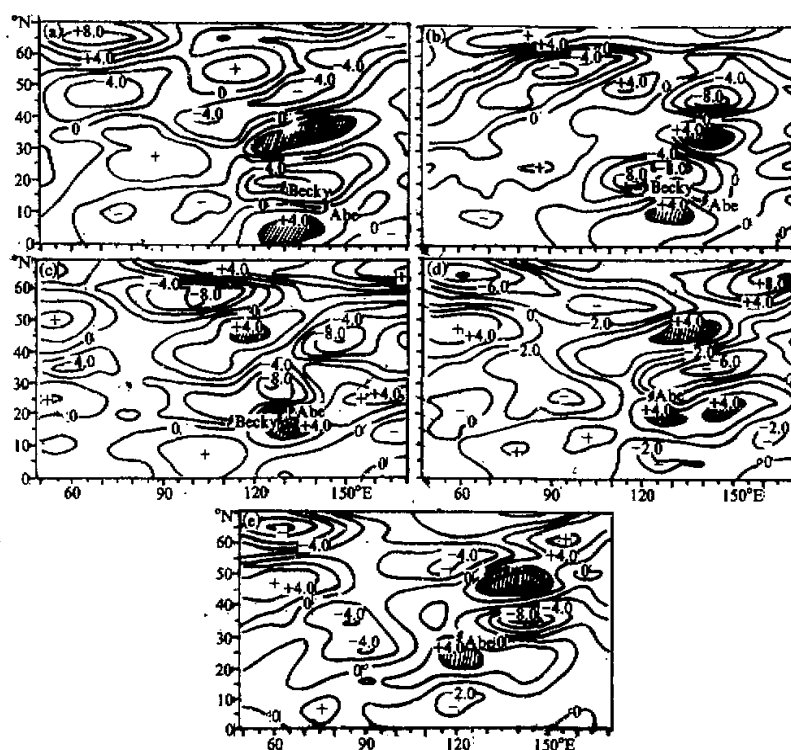


图 5 1990 年 8 月下旬 500hPa 上 10—20 天周期振荡的纬向风场
等值线间隔: 2.0m/s 。(a) 8 月 24 日; (b) 8 月 26 日; (c) 8 月 28 日; (d) 8 月 30 日; (e) 8 月 31 日

四、东亚越赤道气流 10—20 天周期振荡过程 对西北太平洋台风运动的影响

已有研究表明^[4-6], 在亚洲夏季风越赤道气流区, 存在着显著的 10—20 天周期振荡, 它可以影响到其外的大范围夏季风环流振荡过程。在 SPECTRUM 时期, 马来西

亚上空的越赤道气流比较活跃, 其最显著的经向风振荡出现在 10—20 天周期上 (图略)。与此相应, 在其东侧热带地区(120—130°E), 10—20 天周期纬向风振荡也比较活跃 (见图 2)。据此, 我们以马来西亚区域为基准点, 求取该点 10—20 天周期经向风振荡与计算区各点纬向风振荡的相关值。结果如图 6 所示。不难看出, 在 120—150°E 的西北太平洋上, 活跃着一支经向波列 (图 6 中点划线所示), 它源于低纬, 可以向北伸展到 35°N 附近。这支波列的形态、活动区域及其传播过程都与图 5 中描述的波列非常相似, 更一般地, 该波列上波动北传速度(2—3 纬度 / 天)与图 4b 所示热带波动北传速度也很接近。换言之, 图 4b 中热带波动向北传播过程实际上是它们沿上述波列作经向位移的结果。因此, 有理由认为, 东亚季风区越赤道气流 10—20 天周期振荡是引起热带西北太平洋上活跃的纬向风振荡并向北传播的重要物理过程。

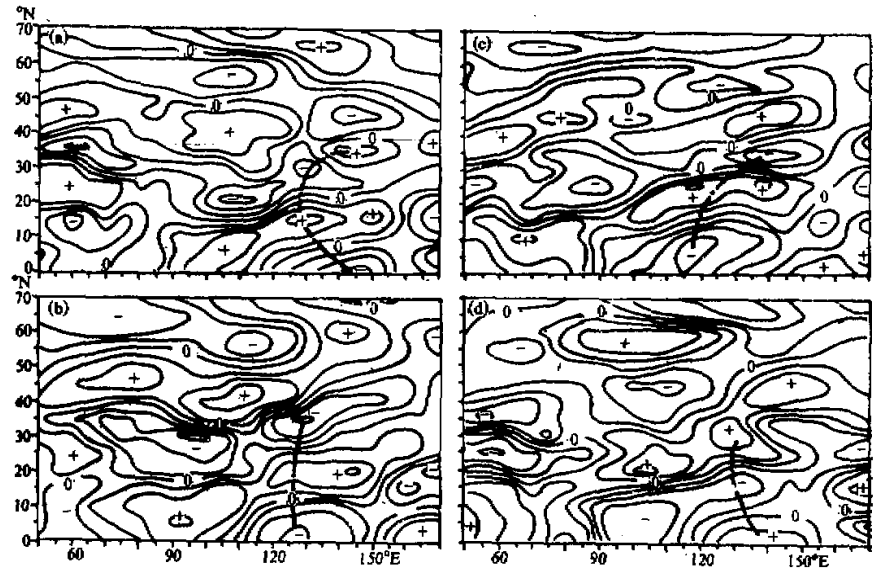


图 6 越赤道气流区(0—10°N; 110—120°E)10—20 天经向风振荡与计算区各点纬向风振荡的相关场
等值线间隔: 0.25。(a)、(b)、(c)、(d)分别表示纬向风振荡滞后 0, 2, 4, 6 天的相关场

进一步分析图 6 还发现, 与上述越赤道气流相联系的纬向风振荡, 其向北传播之现象主要出现在 120—150°E 的西北太平洋上, 这里, 也正是 10—20 天纬向风振荡比较活跃的地区 (见图 2)。按照上一节的分析, 这意味着, 在上述区域活动的台风, 如果其环境的 10—20 天周期纬向风气流对台风运动的引导作用很小 (台风处于零位相线) 或者是阻止其西行 (台风处于西风位相) 的, 那么, 热带波动北传过程对于推动台风北上的作用就比较明显。正如在图 4b 中所见到的。事实上, 在 SPECTRUM 时期, 台风的转向经度都发生在 120—140°E 之间。

五、结 论

由上述分析,我们认为:

(1) 在 SPECTRUM-90 时期,西北太平洋上 10—20 天周期振荡比较活跃;副热带高压西进东退的周期性变化主要是由于该振荡所致。在台风转向过程中,低压扰动从中高纬和热带同时传播至副热带西北太平洋上,迫使副高减弱东退。

(2) 在 SPECTRUM-90 时期,西北太平洋上存在着一支与东亚赤道气流活动相联系的经向波列,热带波动沿此波列向北传播,对于推动台风北上转向有一定作用。尤其当 10—20 天周期纬向风气流对台风运动引导作用很小(台风处于零位相线)或者阻碍台风西行(台风处于西风位相)时,这种推动作用比较明显。

必须指出,上述分析结果是有局限性的,一方面,影响台风运动的因素很多,本文只是探讨了其中一种可能过程;另一方面,无论台风活动或是大气 10—20 天周期振荡,都存在着年际变化,有时甚至是剧烈的,因此,本文分析结果未必能完全解释其他年份情况。

参 考 文 献

- [1] 孙淑清, 1979, 盛夏亚洲上空副热带高压活动的波谱分析, 台风及热带环流的研究, 科学出版社。
- [2] 武培立、李崇银, 1990, 大气中 10—20 天准周期振荡, 大气科学文集, 149—159, 科学出版社。
- [3] 罗时芳、郑大伟、Robertson, D.S., Carter, W.E., 1988, 地球自转的高频变化, 科学通报: 33, 605—608。
- [4] 陈于湘, 1980, 夏季赤道气流的谱分析, 大气科学, 4, No.4, 200—210。
- [5] Krishnamurti, T. N. and Bhalme, H., 1976, Oscillations of a monsoon system, Part I: Observational aspects, *J Atmos. Sci.*, 33, 1937—1954。
- [6] Sikka, D. R. and S. Gadgil, 1980, On the maximum cloud zone and the ITCZ over Indian longitudes during the south west monsoon, *Mon. Wea. Rev.*, 107, 994—1013。

The Effect of the Atmospheric 10—20 Day Oscillation on the Recurring Tropical Cyclones during SPECTRUM-90

Hu Jian, Chen Xuefeng and Fei Liang
(Shanghai Typhoon Institute, Shanghai 200030)

Abstract

The effect of the 10—20 day oscillation in the atmosphere on the recurring typhoon tracks over the northwestern Pacific during SPECTRUM-90 has been studied. Results show that the effect is remarkable. During the SPECTRUM-90 period, the 10—20 day oscillation was very active and was the important cause for the periodical change of the advance or retreat of the subtropical high and for the recurring typhoon motion. It is found from further studies that there existed a wavetrain originating at the tropical East Asia in a meridional arrangement. The tropical wave propagated northward along the wavetrain, which could result in the northward motion of the recurring typhoon to some extent.

Key words: the atmospheric 10—20 day oscillation; wavetrain; the recurring typhoon track.