王磊,陈光华,黄荣辉. 2009. 西北太平洋大气准双周振荡对热带气旋活动的影响 [J]. 大气科学, 33 (3): 416-424. Wang Lei, Chen Guanghua, Huang Ronghui. 2009. The modulation of quasi-biweekly oscillation on tropical cyclone activity over the western North Pacific [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 33 (3): 416-424.

# 西北太平洋大气准双周振荡对热带气旋活动的影响

#### 王磊 陈光华 黄荣辉

中国科学院大气物理研究所季风系统研究中心,北京 100190

摘 要 利用 JRA 逐日风场资料、NOAA/NCEP 的逐日 OLR 场资料以及美国联合台风预报中心的热带气旋 (TC)数据,通过对西北太平洋 (WNP) 上空 10~20 天大气准双周振荡 (QBWO) 不同位相的划分,深入分析了 QBWO 对 WNP 区域生成 TC 的调制作用。研究结果表明:在西北太平洋准双周尺度上,对流与纬向风表现出沿 热带地区向西偏北传播的特性。不同位相合成的季风槽位置和强度也发生相应的改变,由此可见,QBWO 是 WNP 上空季风槽季内变化的重要影响因子。当处于位相 1、4 时,WNP 生成 TC 的概率较低,且登陆我国 TC 的 数量也较少;当处于位相 2、3 时,WNP 发生 TC 的概率较高,特别是处于位相 3 时,不仅 TC 发生概率最高,而 且登陆我国的 TC 数量也最多。沿热带地区西传的天气尺度波动(周期 10 天以下)在 WNP 通过季风槽的纬向风 辐合作用,易于转变为波数较大、波长较短的热带低压(TD)型扰动,这种扰动在季风槽区通过能量的转换有利 于发展成为 TC。

关键词 西北太平洋 准双周振荡 热带气旋 **文章编号** 1006-9895 (2009) 03-0416-09

**中图分类号** P447

文献标识码 A

# The Modulation of Quasi-biweekly Oscillation on Tropical Cyclone Activity over the Western North Pacific

WANG Lei, CHEN Guanghua, and HUANG Ronghui

Center of Monsoon System Research, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190

**Abstract** This paper explores the modulation of quasi-biweekly oscillation (QBWO) on tropical cyclogenesis over the western North Pacific (WNP), using the Japanese reanalysis (JRA) daily data, NOAA/NCEP data and tropical cyclones (TCs) dataset obtained from the Joint Typhoon Warming Center. Through the classification of four phases, the composites indicate that the zonal wind and convective activity on 10 – 20-day scale propagate northwestward. During phases 1 and 4, the number and the occurrence probability of the TCs are lower. In contrast, the number of the TCs is relatively large and the occurrence probability of the TCs is higher during phases 2 and 3. Moreover, during phase 3, the number of the TCs landing in China is largest. From phases 1 to 4, the location of monsoon trough shifts westward over the WNP. The westward-propagating synoptic-scale disturbances due to the convergence of zonal wind on the eastern flank of the monsoon trough over the WNP are prone to translating to TD-type (tropical depression-type) disturbances, which is favorable for developing into TC by means of kinetic energy conversion from basic state in the monsoon trough.

**收稿日期** 2008-06-12, 2008-12-05 收修定稿

**资助项目** 国家重点基础研究发展规划项目 2009CB421505, 公益性行业(气象)科研专项 GYHY200806009, 国家自然科学基金资助项目 40730952

作者简介 王磊, 男, 1974年出生, 在职研究生, 工程师, 主要从事台风方面的研究。E-mail. wl@mail. iap. ac. cn

Key words western North Pacific, quasi-biweekly oscillation, tropical cyclone

### 1 引言

西北太平洋是全球热带气旋 (TC) 和台风生成 的主要源地之一,平均每年在此区域生成 30 个左 右的 TC, 数量约占全球总数的 1/3。由于受东风 带和西太平洋副热带高压的影响,在西北太平洋生 成的热带气旋(有很多发展成台风)有不少登陆我 国,给我国造成巨大的经济损失和重大人员伤亡。 对于西北太平洋区域 TC 活动年际与年代际变化及 其机制,以往都做讨较为系统性的研究 (Chan, 1985, 2000; Yumoto et al., 2001; Chia et al., 2002; Wang et al., 2002; Matsuura et al., 2003; Ho et al., 2004; 王会军等, 2007)。如今, 随着对 热带大气环流系统对 TC 影响的揭示, TC 季内尺 度的活动规律及其预报愈加受到关注。Gray (1979)研究各个海域 TC 生成的特征后发现,在季 节内尺度上, TC 具有群发的特点, 其生成的活跃 或中断期各自可达 2~3 周。在 TC 活跃的阶段可 以在两周内连续生成10个左右台风,而在相同时 间长度的稳定期,甚至没有一个台风生成。关于 TC 活动季内变化的研究,以往主要集中于 30~60 天振荡 (ISO) 对其的调制作用。相关研究已经证 实了 TC 活动的活跃期和平静期与 30~60 天振荡 (ISO)的不同位相存在密切相关(Liebmann et al., 1990; Maloney et al., 2000; Hall et al., 2001; 张 庆云等, 2003; Kim et al., 2008)。然而, 西北太平 洋区域除了 ISO 活动以外,还存在另一类显著的低 频活动系统 (Wen et al., 2008), 它的波段处于 10 ~20 天尺度上, 被称为准双周振荡。对准双周振 荡活动的研究也取得了一些成果(李崇银等, 1995; 彭茹等, 1995)。但是, 关于准双周 (10~20 天) 振荡对西北太平洋地区 TC 活动以及登陆我国 TC 的影响方面目前还关注较少。因此,需要对西 北太平洋准双周振荡对 TC 活动的气候调制作用做 进一步的分析。

关于准双周振荡的活动特征方面,李崇银等 (1995)指出:热带大气 10~20 天振荡是热带大气 中另一重要低频系统,其动能比 30~60 天振荡还 要大,而其结构和活动又同 30~60 天振荡很不一 样。其垂直结构以正压特征更显著,主要表现为向 西传播。彭茹等(1995)讨论了准双周振荡的位相 传播和地理特征,发现低层(850hPa)大气在1982 年中国东南部及其沿海地区都是准双周振荡的显著 区域。这些研究都证实了TC活动的活跃期和平静 期与准双周振荡密切相关。以上的研究主要以特殊 年份的个例分析为主,而利用长期的再分析资料从 气候角度分析准双周振荡系统与TC活动之间的关 系,可以为TC活动的季内预测提供科学的依据。

417

从以上的研究可知,热带大气准双周振荡对 TC生成可能具有重要的调制作用。本文通过对准 双周振荡位相的划分,系统地研究准双周振荡不同 位相对西北太平洋海域生成与登陆我国 TC 的调制 过程,揭示准双周振荡与登陆我国 TC 活动季节内 变化的内在联系。

#### 2 研究数据及准双周振荡位相划分

本文所考察的时段为 1979~2006 年 7~9 月, 所用资料来自日本的 Japanese 25-year Reanalysis (JRA-25)逐日再分析风场,其分辨率为 1.25°× 1.25°。此外,还采用 NOAA/NCEP 的逐日 Outgoing Longwave Radiation (OLR)资料来表征对 流。文中 TC 的统计资料来自美国联合台风中心。 为了突出准双周振荡对西北太平洋生成的一定强度 TC 的影响,本文只考虑热带风暴 (18 m/s)及其以 上强度的气旋。根据研究对象所处的波段,采用 Lanczos 方法 (姚菊香等, 2005)对 1979~2006 年 7~9 月逐日 OLR 及 850 hPa 风场资料进行了 10~ 20 天准双周波段的滤波,文中主要应用此波段的 信号结合 500 hPa 中层风场及 TC 资料进行准双周 振荡对 TC 活动影响的环流分析。

首先,需要对准双周的传播信号进行提取,并 划分不同的位相进行考察。将 10~20 天滤波的逐 日 OLR (1979~2006 年 7~9 月平均后的逐日 OLR 资料)进行 10°N~25°N 的纬度平均,然后在 纬圈 (100°E~180°)上进行 EOF 分解。从 EOF 分 解的前两个模态分布特征 (图 1a)可以看出,第一 模态的方差贡献达到 23.9%,其峰值区位于经度 169°E 附近,而低值区处于 138°E 附近。第二模态的 方差贡献为 20.9%,这一模态的峰值区位于 155°E 附近,低值区则处于 119°E 附近,其分布形态和第一 模态很相近,可是位相在经度上要滞后大约 14°。如 图 1b 所示,以 1985 年两个模态所对应的时间序列 为例,第一模态 ( $P_1$ )位相超前第二模态 ( $P_2$ )位相 约  $\pi/2$ ,即第二模态的时间序列相对于第一模态时 间序列 ( $P_1$ )落后大约 3 天,大约为 1/4 的准两周 活动周期。如图 1c 所示,求取时间序列的滞后相 关,也可以发现  $P_1$ 超前  $P_2$ 大约 3 天的相关系数可 以达到约 0.42,超过了 99%的信度检验。

EOF 分解的空间型和时间序列分布可以清楚 地反映出:当  $P_1$  处于零值附近,  $P_2$  处于极小值 (谷值)时,此时对应的对流活动在西北太平洋东 部约 155°E 海域; 3 天后(相当于经过 1/4 的准双 周振荡周期),  $P_1$  升至极大值(峰值), 而  $P_2$  处于



图 1 1979~2006 年 7~9 月 10°N~25°N 平均的 OLR 场 EOF 分解图: (a) EOF1 (实线)和 EOF2 (虚线)的空间分布; (b) 1985 年 EOF1 (实线)和 EOF2 (虚线)的时间序列图; (c) EOF1和 EOF2 的时间序列滞后相关

Fig. 1 The leading two EOF modes of OLR averaged over 10°N - 25°N from Jul to Sep for the years of 1979 - 2006; (a) Spatial distributions of EOF 1 (solid line) and EOF 2 (dashed line);
(b) time series of EOF 1 (solid line) and EOF 2 (dashed line) in 1985; (c) lag correlation of EOF 1 and EOF 2

零值附近时,此时对流活动迅速加强并由西北太平 洋东侧传到西北太平洋中部约137°E海域附近;再 过3天,P<sub>1</sub>降至零值附近,P<sub>2</sub>则升至极大值(峰 值),此时西北太平洋中部区域的强对流传至西北 太平洋西部约120°E海域,再过3天,P<sub>1</sub>下降至极 小值附近,P<sub>2</sub>则下降至零值附近,这表明西北太平 洋西部区域的强对流传至太平洋西岸约109°E附近 区域,并正在迅速减弱,这样经历了1个准双周振 荡周期(大约12天),完成了一个周期的循环。按 照 Matthews (2000)划分 ISO 不同位相的方法,将 准双周振荡用矢量 Z 表示,Z 的两个分量分别为 EOF 分解后的两个时间序列,

 $\mathbf{Z}(t) = [P_1(t), P_2(t)].$ 

同时定义矢量Z的振幅A与位相角 $\alpha$ :

 $A(t) = [P_1^2(t) + P_2^2(t)]^{1/2},$ 

 $a(t) = \tan^{-1} [P_2(t)/P_1(t)],$ 

其中, A 反映准双周振荡活动的强度,  $\alpha$  反映准双周振荡位相的传播。西北太平洋东部对流加强时,  $P_1$  为最大值,  $P_2$  接近零值,所对应的  $\alpha = \pi/2$ ; 3 天后,强对流传到西北太平洋中部,此时  $P_1$  处于零值附近,  $P_2$  为最小值,因此  $\alpha = \pi$ 。以此类推,可以得到不同准双周振荡位相。

为了研究方便,将准双周振荡划分为四个主要 位相,它们各自覆盖 1/4 周期,这四个位相的中心 被定义在  $\alpha = -\pi/2$ ,0, $\pi/2$ , $\pi$ 。图 2 可以清楚地 显示准双周振荡系统沿西北太平洋热带地区向西传 播的特性:西北太平洋东部对流加强时, $P_1$ 接近零 值, $P_2$ 为极小值,对应 $\alpha = -\pi/2$ ;3 天后(经过1/4 周期),强对流传到西北太平洋中部海域,此时 $P_1$ 为极大值, $P_2$ 为零值,对应 $\alpha = 0$ 。以此类推,可 以得到 4 个不同的准双周振荡位相,从而完成一次 从西北太平洋东侧到太平洋西海岸的循环过程。从 以上的位相循环可以证明,用上述方法可以有效的 划分准双周振荡不同位相并提取其传播的信号。下 面的分析都是基于这样的定义进行的。

## 3 准双周振荡不同位相对西北太平洋 TC 活动的调制

为了便于统计所定义的 4 个位相对于西北太平 洋 (0°~30°N, 100°E~180°) TC 的影响, 需要使标 准化的振幅 A 大于某一标准, 以说明准双周振荡信 号达到了一定的强度。挑选 0.5 $\sigma$ 、 $\sigma$ 、1.5 $\sigma$ 三个标



图 2 振幅 A 大于一个标准差的准双周振荡 4 个位相滤波后的 850 hPa 风场 (单位: m/s) 的合成: (a) 位相 1; (b) 位相 2; (c) 位相 3; (d) 位相 4。阴影为滤波后 OLR 值小于一7 W/m<sup>2</sup>(下同)

Fig. 2 The composites of filtered 850-hPa wind fields for four phases of quasi-biweekly oscillation (QBWO) in which the amplitudes are greater than one standard deviation: (a) Phase 1; (b) phase 2; (c) phase 3; (d) phase 4. Shaded areas show that the filtered OLR is less than  $-7 \text{ W/m}^2$  (the same below)

表 1 1979~2006 年的 7~9 月在西北太平洋区域振幅 A 大于三个标准时准双周振荡 4 个位相的天数、发生 TC 的天数 (个 数) 和概率

Table 1 The day number, the day number of tropical cyclones (TCs) occurrence and their occurrence probability for the four phases of quasi-biweekly oscillation (QBWO) in which the amplitudes meet different criterions in the western North Pacific during Jul –Sep of 1979 – 2006

	Y/X, Z/X (M, N)				准双周振荡	不符合条件	
	位相1	位相 2	位相3	位相 4	天数	的天数	总天数
A≥0.5σ	36/582, 84/582	38/640, 104/640	39/581, 99/581	29/641, 93/641	2444	132	2576
	(6.2%, 14.4%)	(5.9%, 16.3%)	(6.7%, 17.0%)	(4.5%, 14.5%)			
<i>A</i> ≥1.0σ	29/491, 69/491	28/520, 82/520	33/484, 82/484	25/533, 81/533	2028	548	2576
	(5.9%, 14.1%)	(5.4%, 15.8%)	(6.8%, 16.9%)	(4.7%, 15.2%)			
<i>A</i> ≥1.5σ	21/383, 48/383	23/402, 67/402	24/368, 64/368	21/406, 61/406	1559	1017	2576
	(5.5%, 12.5%)	(5.7%, 16.7%)	(6.5%, 17.4%)	(5.2%, 15.0%)			

注: X:振幅满足不同标准的总天数; Y:西北太平洋生成的登陆中国大陆 TC 的天数 (个数); Z:在西北太平洋发生 TC 的天数 (个数); M: 西北太平洋区域 TC 发生率; N:西北太平洋生成的登陆中国大陆 TC 的发生率。

准,其中σ表示振幅的标准差。表1统计了在1979 ~2006年的7~9月共2576天中当振幅A分别大 于这三个标准时4个位相的天数、发生TC的天数 (个数)及TC发生概率(发生TC天数除以位相的 天数)和准双周振荡在这三个标准时的天数、不符 合三个标准的天数及参与统计的总天数。表1中所 反映的主要特征为:在这三个标准中,当处于位相 1时,西北太平洋生成TC数量最少,在振幅大于 1.5个标准差时达到48个,并且,TC发生概率最 低,在振幅大于 1.5 个标准差时达到 12.5%;当处 于位相 2 时,西北太平洋生成 TC 数量最多,在振 幅大于 0.5 个标准差时达到 104 个,并且,TC 发 生概率较高,仅次于位相 3;当处于位相 3 时,西北 太平洋的 TC 发生概率最高,在振幅大于 1.5 个标 准差时达到 17.4%,并且,生成 TC 数量也较多; 当处于位相 4 时,西北太平洋生成 TC 数量较少, 在振幅大于 1.5 个标准差时达到 61 个,只比位相 1 多 13 个,并且,TC 发生概率较低,在振幅大于0.5

419

个标准差时达到14.5%。

# 4 准双周振荡位相对西北太平洋 TC 生成调节作用的环流分析

若要求标准化振幅 A 大于一个标准差 $\sigma$ , 对 28 年7~10月总共2576天的样本进行筛选,满足条 件的位相1~4的天数分别为491天、520天、484 天、533天。对4个位相合成的滤波(10~20天) 与原始 850 hPa 涡度场做 10°N~25°N 的纬度平均, 并在纬圈方向进行9点平滑平均处理(图3),所得 到的图反映了代表季风槽位置的涡度中心在纬圈上 的传播状况。如从图 3a 可以看出:在滤波后的 850 hPa 风场中,在位相1~4 期间,准双周振荡的 气旋式环流逐渐向西移动。并且,在位相2、3时 西传的气旋式环流处于强盛期,在位相1、4时环 流处于衰减期。图 3b 也反映出:在原始 850 hPa 风场中,西北太平洋西部季风槽的位置不断向西移 动,并且在位相2、3时处于强盛期,而第1位相时 142°E地区上空的季风槽较弱,第4位相时季风槽 位于南海上空,但此区域的对流活动较弱,使得在 南海地区生成的 TC 较少。从图 3 中可看到在位相 2、3 时是准双周振荡活动的强盛期,从表1 可看 到: TC 生成的数量最多,发生概率也很高;在位相 1、4分别为准双周振荡的发展期和衰减期,则TC 的生成数量较少。这表明:准双周振荡在位相2、3 时对西北太平洋的 TC 活动具有很强的调制作用, 在位相1、4时的调制作用并不显著。

图 4 显示了位相 1 和位相 2 时 850 hPa 滤波风 场的合成,并标出 2 个位相所对应的西北太平洋生 成的 TC。当处于位相 1 时,强对流中心在(15°N, 155°E)附近海域,伴随强对流存在着气旋式环流 分布,此气旋环流的经向跨度从 137°E~152°E,环 流中心处于西北太平洋的(15°N, 144°E)上空, TC 集中分布在强对流中心周围(图 4a);当处于位 相 2 时,强对流中心在(17°N, 137°E)附近海域, 伴随强对流存在着气旋式环流分布,此气旋环流的 经向跨度从 120°E~150°E,环流中心处于西北太平 洋的(21°N, 130°E)上空,TC 集中分布在强对流 中心周围(图 4b)。另外,当处于位相 3 时(图 略),强对流中心在(19°N, 120°E)附近海域,伴随 强对流存在着气旋式环流分布,此气旋环流的经向 跨度从 105°E~135°E,环流中心处于西北太平洋的



图 3 对应于准双周振荡各位相 1979~2006 年 7~9 月 10°N~ 25°N 平均的 850 hPa 涡度纬向分布: (a) 滤波风场; (b) 原始风场 Fig. 3 The distributions of (a) filtered and (b) unfiltered 850hPa vorticity averaged over 10°N - 25°N for the four phases of QBWO during Jul - Sep for the years of 1979 - 2006



图 4 振幅 A 大于一个标准差的 850 hPa 滤波风场的合成: (a) 位相 1; (b) 位相 2。台风符号代表在西北太平生成的 TC 位置 Fig. 4 The composites of filtered wind fields at 850 hPa when the amplitudes are greater than one standard deviation: (a) Phase 1; (b) phase 2. The symbols of typhoon show the genesis points of TCs in the western North Pacific

(20°N,118°E)上空,TC集中分布在强对流中心周 围;当处于位相4时(图略),对流中心在(20°N, 109°E)附近地区且强度有很大减弱,此时,伴随强 对流存在着气旋式环流也明显减弱,此气旋环流的 经向跨度从102°E~112°E,环流中心处于西北太平 洋的(20°N,107°E)上空,由于准双周振荡在此位 相的强度明显减弱,使得 TC 分布并不集中。

上述准双周振荡 4 个位相的演变,将直接导致 西北太平洋区域 TC 的分布和季风环流的差异。如 图 5 对 850 hPa 原始风场的合成可以发现,位相 1 期间,在菲律宾以东存在一个明显的季风槽,槽线 呈西北-东南走向,槽底一直延伸到(15°N,150°E) 附近海域,南海和西北太平洋西侧上空盛行气旋式 环流,这样的环境场使得纬向风强辐合区位于 (15°N,150°E) 附近地区。在位相 2 时,槽底一直 延伸到(17°N,145°E) 附近海域,南海和西北太平 洋西侧上空盛行气旋式环流。从图 5 中可看到, TC 集中分布在季风槽底周围。另外,在位相 3、4 期间,季风槽的位置继续向西北移动,从位相 1 到 位相 4,季风槽的位置从西北太平洋东部海域逐渐 向西北太平洋西北部地区移动。根据 Webster et al.(1988)所推导的公式

$$\frac{\mathrm{d}k}{\mathrm{d}t} = -k \, \frac{\mathrm{d}\bar{u}(x)}{\mathrm{d}x},$$

式中, k 为纬向波数。纬向风的强辐合有利于热带 西传波动在西太平洋季风辐合区发生波数增加, 波 长减短的结构改变, 从而触发较长尺度的波动向天 气尺度波动转变, 然后通过季风槽区纬向风辐合与 经向切变作用, 从基本气流处获得动能, 使得天气 尺度的扰动得以发展, 从而有利于高频的波动最终



Fig. 5 Same as Fig. 4, but for unfiltered wind fields

加强成为 TC。这也与黄荣辉等(2007)对混合 Rossby 重力波(MRG)在西北太平洋季风槽辐合 区中的演变研究相吻合。

421

### 5 准双周振荡不同位相对登陆中国大 陆 TC 活动的影响

中国是世界上登陆 TC 最多的国家之一。近几 年登陆我国 TC 的强度不断增大,给沿海地区造成 的损失越来越大。应该指出,在关于准双周振荡对 登陆我国 TC 的生成和移动路径等方面关注较少, 需要做进一步的分析。

# 5.1 准双周振荡不同位相对登陆中国大陆 TC 活 动的调制

根据上述所划分的4个位相及标准化的振幅, 如表1所示:在这三个标准中,当处于位相3时, 登陆我国的 TC 数量最多,达到 33 个,并且 TC 发 生概率最高,在振幅大于1个标准差时达到6.8%; 当处于位相4时,登陆我国的TC数量较少,为25 个,并且 TC 发生概率较低,在振幅大于1个标准 差时为4.7%。在振幅大于1个标准差时可以发 现:在位相1时,西北太平洋的TC生成数量和发 生概率都是最少的,但登陆我国的 TC 生成数量和 发生概率并不是最少的;在位相2时,西北太平洋 的 TC 生成数量最多, 但登陆我国的 TC 数量不是 最多的;在位相3时,西北太平洋的TC生成数量 最多且发生概率最大,并且,登陆我国的 TC 数量 与发生概率也最大;在位相4时,西北太平洋的 TC 发生概率和生成数量都较少, 但登陆我国的 TC 数量是最小的。这表明:登陆我国的 TC, 不论数 量还是发生概率与西北太平洋生成的 TC 在数量和 发生概率在位相3时比较吻合,但在位相1、2、4 时并不是十分吻合,说明还有其他的因素影响了西 北太平洋生成 TC 的移动路径,比如西北太平洋副 热带高压的影响。此外,对不同位相时登陆我国 TC 生成的平均生成位置作了统计, 位相 1~3 的 TC平均位置分别约为: (13.1°N, 142.2°E)、 (14.6°N, 132.7°E)、(15.1°N, 130.1°E)(位相 4 时对流中心已基本消亡在东亚大陆地区,对西北太 平洋 TC 的生成已无显著影响),这说明受准双周 振荡控制,对流中心逐渐向西北移动,西北太平洋 生成 TC 的中心位置也随之向西北移动。

#### 5.2 准双周振荡位相对登陆中国 TC 生成调节作 用的环流分析

图 6 显示了不同位相合成的滤波风场,并将期 间登陆中国的 TC 生成位置标出。从图 6 中可以发 现,位相2、3处于准双周振荡活动的鼎盛时期,图 中明确显示出,登陆我国 TC 集中生成在对流中心附 近,强对流中心与气旋式环流中心基本一致。上述 准双周振荡 4 个位相的转换, 将直接导致西北太平 洋区域登陆我国 TC 的分布和季风环流的差异。如 图 7 所示,对 850 hPa 原始风场的合成可以发现,位 相2、3处于准双周振荡活动的鼎盛时期,图中明确 显示出: 在位相 2~3 期间, 此季风槽逐渐从东南向 西北移动, 槽底从位相1时的(15°N, 150°E) 附近海 域到达 (20°N, 120°E) 附近地区。在位相 1~4 期 间,登陆我国的 TC 的生成地也从 (15°N, 150°E) 附近逐渐转移到(20°N, 120°E)附近地区。

此外, 通过对登陆我国 TC 路径和 500 hPa 原 始风场的合成(图8)可发现,在位相1时,西北太 平洋副热带高压西伸到 110°E 附近地区,此时,中 层大气风场向西北方向引导,引导气流主要集中在 25°N 附近,造成较多 TC 在我国登陆地点向北偏 移,并且登陆后继续向西北移动;在位相2时,西



图 6 振幅 A 大于一个标准差的 850 hPa 滤波风场的合成: (a) 位相 2; (b) 位相 3。台风符号代表登陆我国 TC 的生成地(下 同)

Fig. 6 The composites of filtered wind fields at 850 hPa when the amplitudes are greater than one standard deviation: (a) Phase 2; (b) phase 3. The symbols of typhoon show the genesis points of TCs landing in China



图 7 同图 6, 但为原始风场

Fig. 7 Same as Fig. 6, but for unfiltered wind fields



图 8 振幅 A 大于一个标准差的 500 hPa 原始风场和登陆我国 TC 路径的合成: (a) 位相 1; (b) 位相 2

Fig. 8 The composites of tracks of TCs landing in China and unfiltered wind fields at 500 hPa when the amplitudes are greater than one standard deviation: (a) Phase 1; (b) phase 2. The symbols of typhoon show the genesis points of TCs landing in China

33 卷

北太平洋副热带高压西伸到 130°E 附近地区,此时,引导气流主要集中在 20°N 附近,造成较多 TC 在我国登陆地点向南偏移;在位相 3~4 时,西北太 平洋副热带高压西伸点逐渐从 130°E 西移到 120°E 附近地区,造成较多 TC 在我国登陆地点向南偏 移,并且登陆后主要向西移动。

#### 6 小结

本文主要考察了 10~20 天的准双周振荡对西 北太平洋区域生成 TC 的调制作用。利用对热带 OLR 场 EOF 分解得到的主分量和时间序列,比较 好地定义了准双周振荡的 4 个位相,并结合准双周 振荡西北太平洋传播的 4 个位相合成,发现准双周 振荡有向西偏北传播的特性。研究结果表明:处于 位相 1 时,西北太平洋生成 TC 数量最少,并且, TC 发生概率最低;处于位相 2 时,西北太平洋生 成 TC 数量最多;而处于位相 3 时,西北太平洋的 TC 发生概率则是最高。对于登陆我国 TC 的统计 发现:当处于位相 3 时,登陆我国的 TC 数量最多, 达到 33 个,并且 TC 发生概率最高,在振幅大于 1 个标准差时达到 6.8%。准双周振荡在 2、3 位相时 对西北太平洋的 TC 活动具有很强的调制作用,在 1、4 位相时的调制作用并不显著。

在位相1~4期间,季风槽的位置逐步向西北 移动,从位相1到位相4,季风槽的位置从西北太 平洋东部海域逐渐向西北太平洋西北部地区移动, 伴随季风槽的移动,西北太平洋生成 TC 的平均位 置也随之向西北方向移动。沿热带西传的天气尺度 波动在西北太平洋通过季风槽的辐合作用,易于转 变为波数较大、波长较短的热带低压(TD)型扰 动,这种扰动在季风槽区可以通过动能的转换,从 基本气流获得能量,从而有利于发展成为 TC。

此外,登陆我国的 TC 数量和发生概率与西北 太平洋生成 TC 数量和发生概率并不是十分吻合。 如在位相1时,西北太平洋的 TC 生成数量和发生 概率都是最少的,但登陆我国的 TC 生成数量和发 生概率并不是最少的;在位相2时,西北太平洋的 TC 生成数量最多,但登陆我国的 TC 数量不是最 多的。这说明还有其他的因素影响了西北太平洋生 成 TC 的移动路径,比如西北太平洋副热带高压的 影响。并且,准双周振荡在位相4时对 TC 活动的 调制作用并不显著,而处于此位相的大多数 TC 形 成于偏向赤道的低纬地区,它们可能受到来自赤道 波动的影响。这些还需在今后的工作中进一步探讨。

423

#### 参考文献 (References)

- Chan J C L. 1985. Tropical cyclone activity in the northwest Pacific in relation to the El Niño/southern oscillation phenomenon [J]. Mon. Wea. Rev., 113: 599-606.
- Chan J C L. 2000. Tropical cyclone activity over the western North Pacific associated with El Niño and La Niña events [J]. J. Climate, 13: 2960-2972.
- Chia H-H, Ropelewski C F. 2002. The interannual variability in the genesis location of tropical cyclones in the northwest Pacific [J].J. Climate, 15: 2934-2944.
- Gray W M. 1979. Hurricanes: Their formation, structure and likely role in the tropical circulation [M]// Shaw D B. Meteorology over the Tropical Oceans. Royal Meteorological Society, 155 – 218.
- Hall J D, Matthews A J, Karoly D J. 2001. The modulation of tropical cyclone activity in the Australian region by the Madden-Julian oscillation [J]. Mon. Wea. Rev., 129: 2970-2982.
- Ho C-H, Baik J-J, Kim J-H, et al. 2004. Interdecadal changes in summertime typhoon tracks [J]. J. Climate, 17: 1767–1776.
- 黄荣辉, 陈光华. 2007. 西北太平洋热带气旋移动路径的年际变化 及其机理研究 [J]. 气象学报, 65: 683 – 694. Huang R H, Chen G H. 2007. Research on the interannual variations of moving tracks of tropical cyclones over the northwest Pacific and their physical mechanism [J]. Acta Meteorologica Sinica (in Chinese), 65: 683 – 694.
- Kim Joo-Hong, Ho Chang-Hoi, Kim Hyeong-Seng, et al. 2008. Systematic variation of summertime tropical cyclone activity in the Western North Pacific in relation to the Madden-Julian Oscillation [J]. J. Climate, 21 (6): 1171-1191.
- Liebmann B, Hendon H H. 1990. Synoptic-scale disturbances near the equator [J]. J. Atmos. Sci., 47: 1463-1479.
- 李崇银,周亚萍. 1995. 热带大气中的准双周(10-20天)振荡 [J]. 大气科学,19(4):435-444. Li C Y, Zhou Y P. 1995. On quasi-two-week (10-20 day) oscillation in the tropical atmosphere [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (Scientia Atmospherica Sinica) (in Chinese), 19(4):435-444.
- Maloney E D, Hartmann D L. 2000. Modulation of eastern North Pacific hurricanes by the Madden-Julian Oscillation [J]. J. Climate, 13: 1451-1460.
- Matsuura T, Yumoto M, Iizuka S. 2003. A mechanism of interdecadal variability of tropical cyclone activity over the western North Pacific [J]. Climate Dyn., 21: 105 – 117.
- Matthews A J. 2000. Propagation mechanisms for the Madden-Julian oscillation [J]. Quart. J. Roy. Meteor. Soc., 126: 2637 – 2652.

- 彭茹,武炳义. 1995. 1982/1983 年季风准双周振荡的位相传播及 地理特征. 应用气象学报, 2: 206 - 212. Peng R, Wu B Y. 1995. The phase propagations and geographical features of the 10-20 day oscillation in summer 1982/1983. Quarterly Journal of Applied Meteorlolgy (in Chinese), 2: 206-212.
- Wang B, Chan J C -L. 2002. How strong ENSO events affect tropical storm activity over the western North Pacific [J]. J. Climate, 15: 1643-1658.
- 王会军,范可,孙建奇,等. 2007. 关于西太平洋台风气候变异和预测的若干研究进展 [J]. 大气科学,31 (6):1076-1081. Wang H J, Fan K, Sun J Q, et al. 2007. Some advances in the researches of the western North Pacific typhoon climate variability and prediction [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 31 (6): 1076-1081.
- Webster P J, Chang H R. 1988. Equatorial energy accumulation and emanation regions: Impacts of a aonally varying basic state [J]. J. Atmos. Sci., 45: 803-828.

- Wen M, Zhang R H. 2008. Quasi-biweekly oscillation of the convection around sumatra and low-level tropical circulation in boreal spring [J]. Mon. Wea. Rev., 136 (1): 189 205.
- 姚菊香, 王盘兴, 李丽平. 2005. 季节内振荡研究中两种数字滤波 器的性能对比 [J]. 南京气象学院学报, 28 (2): 248-253. Yao J X, Wang P X, Li L P. 2005. Performance contrast between two filters in Madden-Julian oscillations analysis [J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology (in Chinese), 28 (2): 248-253.
- Yumoto M, Matsuura T. 2001. Interdecadal variability of tropical cyclone activity in the western North Pacific [J]. J. Meteor. Soc. Japan, 79: 23-35.
- 张庆云,彭京备. 2003. 夏季东亚环流年际和年代际变化对登陆中 国台风的影响 [J]. 大气科学, 27: 97-106. Zhang Q Y, Peng J B. 2003. The interannual and interdecadal variations of East Asian summer circulation and its impact on the landing typhoon frequency over China during summer [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 27: 97-106.