

# 西北太平洋区域纬向风垂直切变的气候特征研究<sup>\* 1</sup>

林美静<sup>1,2</sup> 范可<sup>1</sup> 王会军<sup>1</sup>  
LIN Meijing<sup>1,2</sup> FAN Ke<sup>1</sup> WANG Huijun<sup>1</sup>

1. 中国科学院大气物理研究所, 北京, 100029
2. 中国科学院研究生院, 北京, 100039

1. *Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029, China*
2. *Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China*

2008-01-14 收稿, 2008-05-06 改回.

**Lin Meijing, Fan Ke, Wang Huijun. 2010. An investigation into the climatic characteristics of vertical shear of zonal wind in the western North Pacific. *Acta Meteorologica Sinica*, 68(3):309-314**

**Abstract** The change of magnitude of the vertical zonal wind shear (MWS) in the western North Pacific is a very important dynamic condition for the genesis and development of the tropical cyclones with the weak MWS identified with a favourable condition. In this article, MWS in the western North Pacific is defined as the absolute value of the difference between 850 hPa zonal wind and 200 hPa zonal wind. The climatic characteristics of the MWS are analyzed. The results show that there exist two major spatial patterns of MWS in the western North Pacific. The first EOF mode shows an organized longitudinal pattern from the tropical Pacific to the subtropical Pacific. The spatial pattern of the second EOF mode displays opposite variations in the east part of to the west part of 140°E. We also investigate the circulation associated with the two spatial patterns. It is found that the first EOF is not only correlated with the low latitude, but also with the high latitude circulation in both hemispheres. The second EOF is mainly correlated with the local circulation in the western tropical Pacific and North Pacific. In addition, the time series of the first EOF mode is related with the equatorial sea surface temperature in the East Pacific and the tropical cyclone frequency in the western North Pacific and the time series of the second EOF mode is related mainly with the tropical cyclones frequency in the western North Pacific.

**Key words** the Western North Pacific, Magnitude of the vertical zonal wind shear, Climatic characteristics

**摘要** 西北太平洋区域纬向风垂直切变的变化是影响西北太平洋热带气旋生成和发展的一个重要的动力因子, 弱的纬向风切变有利于热带气旋的发生、发展。文中将西北太平洋区域纬向风垂直切变幅度(MWS)定义为 850 与 200 hPa 的纬向风之差的绝对值, 以研究 MWS 的气候特征。结果表明, 西北太平洋区域的 MWS 有两个主要空间模态, 第 1 空间模态表现为在 15°N 以南的热带西太平洋存在 MWS 东西向变化相反的两个区域, 20°N 附近的热带西太平洋 MWS 的变化与其以北海区的 MWS 的变化相反。第 2 空间模态表现为在热带太平洋 140°E 东、西的变化相反。研究了两个模态相关的大气环流特征, 发现去掉强 ENSO 信号后, 第 1 模态不但与低纬度大气环流有关, 而且还与南、北半球中高纬度的大气环流有关, 第 2 模态主要与热带西太平洋和北太平洋局地大气环流有关。另外, 第 1 模态的时间系数与赤道东太平洋海温、西北太平洋台风生成频次有着密切联系; 第 2 模态时间系数与西北太平洋台风活动频次联系密切。

**关键词** 西北太平洋, 纬向风垂直切变幅度, 气候特征

**中图法分类号** P434

\* 资助课题: 国家自然科学基金项目(40775049、40631005、40620130113), 中国科学院知识创新工程领域前沿项目(IAP07117)。  
作者简介: 林美静, 主要从事气候动力学研究。Email: lmj@mail.iap.ac.cn

## 1 引言

很多研究都指出西北太平洋上 200 和 850 hPa 纬向风的垂直切变是影响西北太平洋热带气旋和台风生成和发展的一个重要的动力因子,弱的纬向风切变有利于热带气旋和台风的发生、发展。如 Ramage(1959)指出在北半球夏季的中期,低层的西南风与高层的东风这种垂直切变会阻碍中国南海、孟加拉湾的气旋发展。Gray(1968)发现弱的 200 与 850 hPa 的纬向风垂直切变有利于风暴的发展。陈联寿等(1979)指出纬向风速垂直切变小于 10 m/s 是台风暖心形成的有利环境条件。何敏等(2007)的研究表明热带太平洋地区大尺度的 200 和 850 hPa 的纬向风差异与西北太平洋的热带气旋生成频数有关,因此,研究西太平洋纬向风的垂直切变的气候特征有助于认识台风生成和发展的动力环境。

ENSO 是影响台风活动年际变化的一个重要因子,研究表明赤道东太平洋海温异常通过影响太平洋低纬度地区的纬圈环流、赤道辐合带、季风槽、纬向风垂直切变幅度、海温、对流等而影响台风生成、台风移动路径、强度和位置等(李崇银,1987;何敏等,1999;杨祖芳等,1992;Wang, et al, 2002)。王会军等(2006)研究了西太平洋台风生成频次与南极涛动的关系,并进一步分析了与南极涛动相联系的热带西太平洋大气环流和海温的变化,发现 6—9 月南极涛动正异常时,西北太平洋纬向风的垂直切变幅度加大,对流层低层是异常的反气旋环流,海表温度降低,这些变化不利于台风生成和发展。王会军等(2007)又分析了北太平洋涛动与西北太平洋台风的关系,发现北太平洋涛动处于正异常时,西太平洋纬向风切变幅度减小。范可(2007a)指出冬、春季北太平洋海冰异常通过大气遥相关,影响西太平洋低纬环流及西太平洋纬向风垂直切变幅度,进而影响台风的生成频次。可见西太平洋纬向风垂直切变幅度是影响台风活动的一个直接作用的动力因子。随后,范可(2007b)将近年来提出的影响台风活动的因子,如北太平洋涛动、北太平洋海冰、西太平洋纬向风垂直切变幅度等作为预测因子并结合了前人总结的预测因子,建立了一个具有较高性能的动力统计预测模型。他们的研究一方面表明了动力统计预测方法在台风活动预测中很重要,同时也表明,西太平洋纬向风垂直切变幅度是建立台风动力统计预测

模型一个重要的预测因子。

王会军等(2006)利用气候模式进行台风活动的气候预测试验,他们通过预测台风发生和发展的主要环境条件(如海温、大气对流条件、西太平洋纬向风垂直切变等),预测台风的生成频次,2006 年的预测结果与实况吻合。然而,台风气候预测是一个初步的尝试,影响台风的生成因素复杂。在气候模式中西太平洋的海表温度(SST)技巧评分低于热带东太平洋,通过海温预测台风生成频数还有不确定性。因此,今后需要对有关西太平洋台风生成频次的气候环境条件进行更深入和系统的研究,以便形成台风频次气候预测初步理论框架和预测方法。西太平洋纬向风垂直切变幅度正是影响台风生成和发展的动力环境的一个重要的大尺度因子,如果气候模式对其能有更好的预测技巧,那么结合动力统计预测方法,做出西太平洋纬向风垂直切变幅度的预测,之后再预测台风生成频数,将有可能提高气候模式对台风生成频数的预测能力。基于以上考虑,对西太平洋纬向风的垂直切变幅度进行气候特征研究,是为今后台风的短期气候预测研究提供研究基础和依据。

此外,西太平洋区域是季风活动和影响中国气候的一个非常重要的区域,西太平洋区域热力和动力环境对中国气候、季风活动及台风活动都非常重要。大量的研究揭示了西太平洋海温、西太平洋暖池、ENSO、季风槽对西北太平洋夏季风及西太平洋台风活动、中国夏季降水都有重要的影响(李崇银,1987;何敏等,1999;杨祖芳等,1992;黄荣辉等,1994;陈光华等,2006;王慧等,2006;Wang, et al, 2002)。因此,认识和研究西太平洋区域纬向风垂直切变幅度(MWS)的气候特征及相关的环流,还有助于认识西太平洋区域的动力环境和季风系统之间的关系,有助于认识西太平洋季风活动及对中国气候的影响。

然而,关于西太平洋纬向风垂直切变幅度的年际变化和气候特征如何?目前研究不多。本文将研究西太平洋 200 和 850 hPa 的纬向风垂直切变幅度的气候特征、年际变化及其相关的大尺度环流。

## 2 资料

文中使用了 NCEP/NCAR 的再分析大气资料(分辨率为  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ), Nino34 指数定义为 ( $5^{\circ}\text{N}—5^{\circ}\text{S}, 170^{\circ}—120^{\circ}\text{W}$ ) 区域的海温距平,来自美

国气候预测中心。西北太平洋地区的台风资料来自美国联合台风预警中心。台风活动频次(WNPTF)定义为一年中生成的台风数。所有资料均去掉了线性趋势,资料时段为1976—2005年。

### 3 纬向风垂直切变的时空分布特征

采用850 hPa纬向风与200 hPa纬向风的差值绝对值,表示纬向风的垂直切变幅度(MWS)。图1为1976—2005年6—10月(JJASO)标准化的MWS

经验正交函数分解(EOF)的前两个特征变量的空间分布,区域为(0—30°N,90°E—140°W),前两个主分量解释方差分别为28%和14%。

图1a显示了第1模态的空间分布特征是在15°N以南的热带西太平洋存在MWS东西向变化相反的两个区域,20°N附近的热带西太平洋MWS的变化与其以北海区的MWS的变化相反。图1b显示了第2模态的空间分布特征是在热带太平洋140°E东、西两区域的模态变化相反。

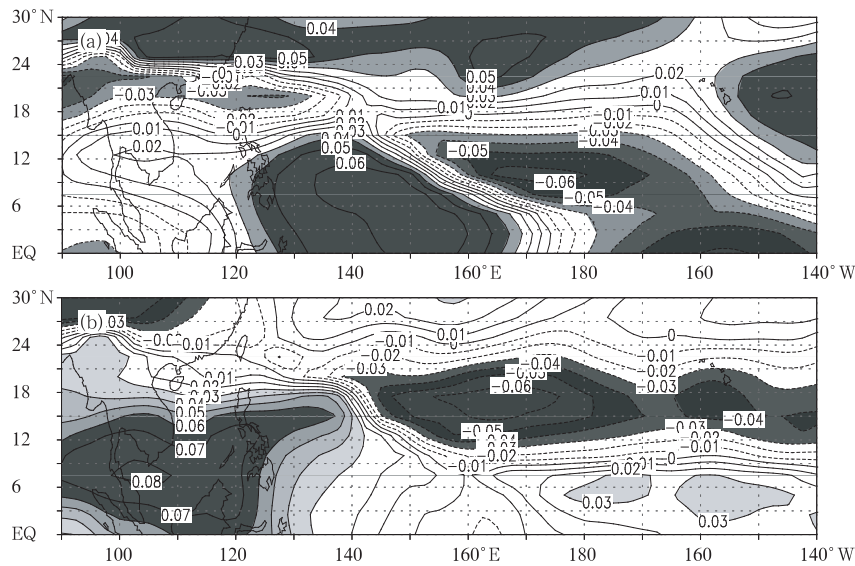


图1 1976—2005年6—10月西北太平洋MWS的EOF分解

(a. 第1特征向量空间分布, b. 第2特征向量空间分布;  
阴影区为绝对值大于等于0.03的区域)

Fig.1 Spatial patterns of the first EOF mode (a) and the second EOF mode (b) of the western North Pacific MWS from June through October during 1976 to 2005 (the areas with the absolute value  $\geq 0.03$  are shaded)

表1的第1、2列给出了6—10月西北太平洋MWS的EOF分解的第1模态和第2模态的时间系数分别与同期Nino34指数、西北太平洋台风发生频次(WNPTF)的相关系数。第1模态时间序列与同期Nino34指数、WNPTF的相关系数分别为0.81、0.54,均超过99%的可信度水平。第2模态时间序列与同期Nino34指数以及WNPTF的相关不显著。

为了把强ENSO事件的可能影响排除,将1975—2005年6—10月平均Nino34指数大于(小于)1个标准差(0.76℃),定义为强El Niño(La Niña)年,然后去掉以下强El Niño(La Niña)年份:1982、1987、1997、2002年(1988、1998、1999年),再

重新计算MWS两个模态的时间系数与Nino34指数以及WNPTF的相关系数(表1的第3、第4列)。从表中可见,第1模态时间序列与Nino34指数、WNPTF的相关系数分别为0.73、0.48,与没有去掉强ENSO年份相比,相关系数下降,但仍然超过95%的可信度水平。第2模态时间序列在去掉强ENSO年后,与Nino34指数的相关不显著,但与WNPTF的相关系数增加到0.41,超过95%的可信度水平。由此判断,MWS的第1模态似乎与ENSO事件和西太平洋台风生成频次关系密切,而第2模态与ENSO事件相关不显著,而与西太平洋台风生成频次有显著的关系。

表1 1976—2005年6—10月EOF分解的第1、第2模态时间序列与Nino34指数、西太平洋台风频次(WNPTF)的相关系数

Table 1 Correlation coefficients between the time coefficients of the first/second EOF mode and the Nino34 indexes in JJASO or WNPTF during 1976 to 2005. The third and fourth columns in Table 1 show the correlation coefficients computed by excluding the strong El Niño and La Niña years

	未排除强 ENSO 年		去掉强 ENSO 年	
	第 1 模态 时间系数	第 2 模态 时间系数	第 1 模态 时间系数	第 2 模态 时间系数
Nino34	<b>0.81</b>	-0.25	<b>0.73</b>	-0.29
WNPTF	<b>0.54</b>	0.23	<b>0.48</b>	<b>0.41</b>

#### 4 纬向风垂直切变与相关的大气环流

为了进一步考察与西北太平洋 MWS 年际变化相关的大气环流,我们在去掉了强的 El Niño 和 La Niña 年以后,选取大于和小于 0.5 个标准差的年份作组合分析(正 MWS 减去负 MWS)。第 1 模态时间序列值大于 0.5 个标准差的有 1976、1977、1986、1991、1992、1994、2004 年共 7 年,为正 MWS 年;小于 0.5 个标准差的有 1981、1983、1984、1989、1995、1996、2000 年共 7 年,为负 MWS 年。第 2 模态时间序列值大于 0.5 个标准差的有 1978、1981、1984、1985、1986、1994 年共 6 年,为正 MWS 年;第 2 模

态时间序列值小于 0.5 个标准差的有 1976、1977、1979、1983、1995、1996、2004、2005 年共 8 年,为负 MWS 年。

#### 4.1 第 1 模态时间序列的相关环流分析

在正 MWS 的海平面气压(SLP)与负 MWS 的 SLP 组合差值场上(图 2a),北太平洋高纬度是负的 SLP 异常,南半球的高纬度是正 SLP 异常,南半球副热带是负 SLP 异常,南半球的中高纬度 SLP 的分布类似于南极涛动的负位相模态。王会军等(2006)研究表明 6—9 月的南极涛动与西太平洋台风生成频次有显著的反相关的关系,他们把 ENSO 年份去掉后,发现当南极涛动处于正位相时,西太平洋纬向风垂直切变幅度加大,对流层低层西太平洋涡度异常为负值,高层涡度异常为正,海表温度降低,这些变化不利于台风的生成和发展。图 2a 表明了南半球高纬度环流异常与西太平洋 MWS 的第 1 空间模态有密切关系。在 200 hPa 位势高度差值场上(图 2b),北半球高纬度环流异常较低层显著,从图中可见,从北太平洋高纬到东亚沿岸有负、正、负位势高度异常的经向波列分布,说明,东亚地区高空的环流,尤其是中国高空的大气环流对西太平洋 MWS 的第 1 空间模态的年际变化有密切的关联。南半球高纬度是显著的位势高度正异常,副热带是位势高度的负异常,与海平面气压差值场分布一致。

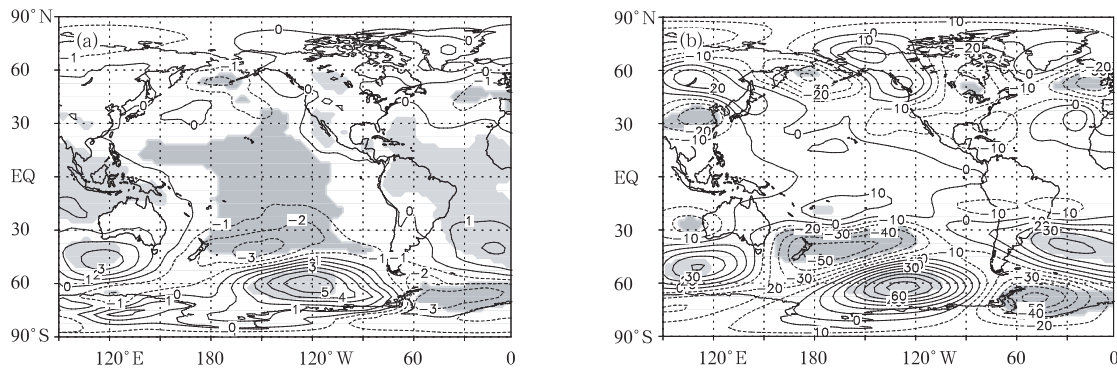


图2 1976—2005年6—10月西北太平洋MWS第1模态时间序列组合差值分布

(a. SLP, 单位:hPa;b. 200 hPa位势高度场,单位:gpm;阴影区为信度超过95%的区域)

Fig. 2 (a) Composite differences of SLP (unit:hPa) and (b) HGT of 200 hPa (unit:gpm) in JJASO during 1976 to 2005 between the positive-MWS and the negative-MWS years for the first EOF mode

(Shaded areas indicate significant changes at 95% level)

在正 MWS 与负 MWS 的 850 hPa 风差值场(图 3a)显示了北太平洋高纬度有气旋性环流异常,热带西太平洋有西风异常,南半球高纬度到赤道出现反气旋、气旋性、反气旋性的经向环流分布。

200 hPa 风的差值场(图 3b),在热带西太平洋地区出现东风异常,从北半球高纬到东亚沿岸是气旋、反气旋和气旋性环流的经向分布,南半球从高纬度到赤道是反气旋性、气旋性和反气旋性环流的经向分

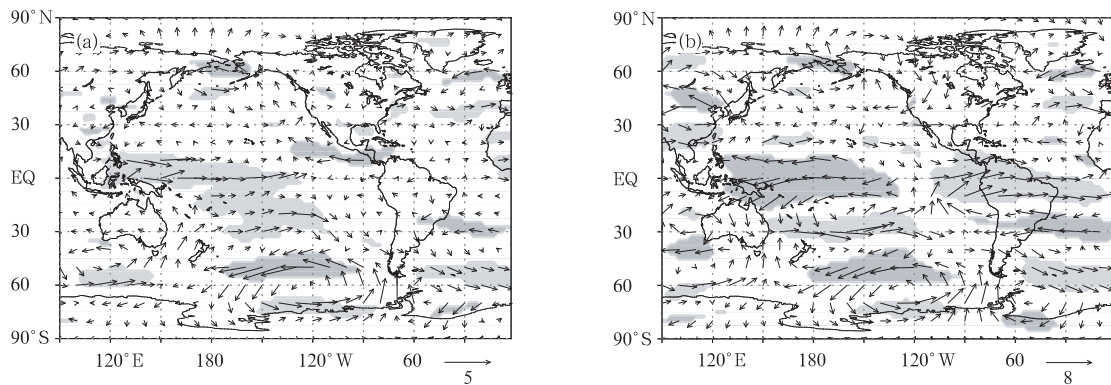


图3 1976—2005年6—10月西北太平洋MWS第1模态时间序列的风场组合差值分布  
(a. 850 hPa, b. 200 hPa, 单位: m/s)

Fig. 3 As in Fig. 2 but for the wind fields at (a) 850 hPa and (b) 200 hPa (unit: m/s)

布,由此也说明西太平洋MWS的第1空间模态的年际变化不但与热带西太平洋低纬度环流有关,还与南、北半球高纬度的大气环流及东亚局地环流,尤其是中国高空的大气环流有密切关系。

热带西太平洋暖池的热力状况对东亚季风、中国气候、台风活动影响都很重要。黄荣辉等(1994)研究表明西太平洋暖池的异常将通过东亚—太平洋遥相关影响西太平洋副热带高压,进而影响中国夏季降水形势。陈光华等(2006)研究表明西太平洋暖池对流活动通过季风槽而影响西太平洋台风的生成位置。我们考察了西北太平洋MWS第1空间模态与热带西太平洋对流的关系。图4显示了正的MWS对应着150°E以西弱异常的对流和150°E以东强异常对流。这些变化表明,西北太平洋暖池的热状况与西太平洋MWS的第1空间模态也有显著的关系。

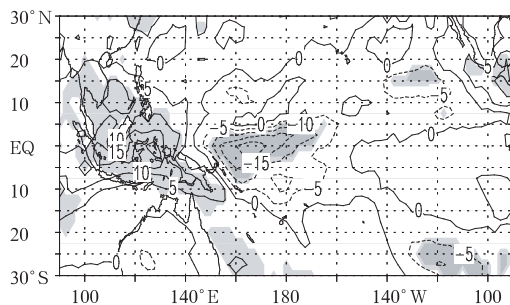


图4 1976—2005年6—10月西北太平洋MWS第1模态时间序列的OLR组合差值分布  
(单位:  $W/m^2$ )

Fig. 4 As in Fig. 2 but for OLR  
(Unit:  $W/m^2$ )

#### 4.2 第2模态时间序列的相关环流分析

我们分析了西太平洋环流MWS的第2模态年

际变化相关的环流。图5给出了正MWS的6—10月海平面气压(SLP)与负MWS的同期SLP组合差值场。图5显示了北太平洋高纬度地区是SLP正异常,中低纬度地区是SLP负异常,类似于正位相的北太平洋涛动模态。王会军等(2007)用两个点(65°N, 170°E和25°N, 165°E)的气压差的标准化值定义北太平洋涛动指数,发现6—9月的北太平洋涛动与西太平洋台风发生频次有显著的正相关关系。去掉ENSO年后,研究结果表明,当北太平洋涛动模态处于正异常时(北太平洋高纬度地区是正的SLP异常,中低纬度地区是负SLP异常),西太平洋纬向风的垂直切变幅度减小,有利于台风发生和发展。王会军等(2007)的研究还表明在150 hPa上,北太平洋涛动的正异常将引起太平洋区的20°—40°N西风急流加强,由于西风急流的加强,其南侧的异常反气旋型环流形成,其北侧的异常气旋型环流形成,结果导致西太平洋地区有东风异常存在,热带太平洋纬向风垂直切变减弱,进而影响台风生成。图5印证了北太平洋涛动的变化与西太平洋纬向风切变幅度确实存在着密切的关系。在正、负MWS的850 hPa位势高度组合差值场(图略),北太平洋高纬度地区是位势高度正异常,低纬度地区西太平洋是位势高度负异常,而在正、负MWS的200 hPa位势高度组合差值场(图略),低纬东太平洋是位势高度负异常。

我们分析了正、负MWS的850、200 hPa的风组合差值场(图略)。在850 hPa风差值场上,北太平洋高纬度地区是显著的气旋性环流异常,北太平洋中低纬度地区是反气旋性环流异常,热带西太平洋上为显著的西风异常;200 hPa风差值场上,热带西太平洋上是显著东风异常。我们还注意到正异常的MWS对

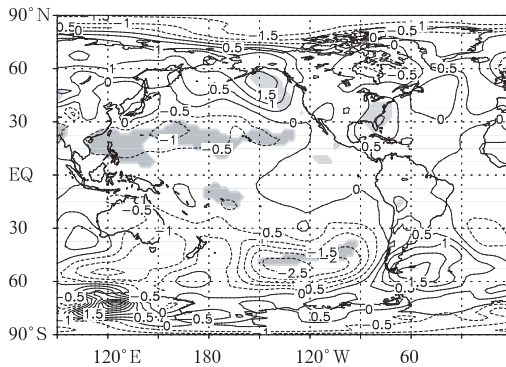


图5 1976—2005年6—10月西北太平洋MWS第2模态时间序列的SLP组合差值分布(单位:hPa)

Fig. 5 As in Fig. 2a but for the second mode (unit: hPa)

应着热带中、西太平洋区域对流加强(图略)。

以上分析表明,西北太平洋6—10月MWS的第2模态主要与热带西太平洋的局地大气环流和对流、北太平洋环流关系密切。

## 5 结论和讨论

通过以上对西北太平洋6—10月平均的纬向风垂直切变的气候特征分析,可以得到以下初步结论。

(1) 由EOF分析,西北太平洋区域的MWS有两个主要空间模态,第1空间模态表现为在15°N以南的热带西太平洋存在MWS东西向变化相反的两个区域,20°N附近的热带西太平洋MWS的变化与其以北海区的MWS的变化相反;第2空间模态表现为在热带西太平洋140°E东、西的变化相反。

(2) 第1模态的时间系数与赤道东太平洋海温、西北太平洋台风生成频次有着密切联系;第2模态时间系数与西北太平洋台风活动频次联系密切。

(3) 去掉了强El Niño和La Niña年以后做合成分析,结果表明,MWS第1模态分布特征的年际变化不但与低纬度地区大气环流有关,还跟南、北半球中高纬度地区的大气环流有关,尤其与东亚经向波列和中国高空大气环流有关。MWS第2模态的年际变化主要与热带西太平洋的局地大气环流和北太平洋环流有关。

西太平洋区纬向风垂直切变值的变化非常重要,不论是对气旋和台风生成及发展,还是对热带西太平洋季风活动。本文的研究中,我们发现MWS的年际变化不但与ENSO有关,而且能反映局地大气环流变化基本特征,它还与东亚的经向环流型有

关,因此,未来有必要研究东亚遥相关型(EAP)或称太平洋—日本波列(PJ)和MWS的联系。实际上,王会军等(2007)的工作也揭示了北太平洋涛动及东亚经向环流和西太平洋台风活动的关系。深入的分析 and 机制研究是非常必要的。

另外,MWS的年际变化与南半球中高纬度地区大气环流关系密切,这方面涉及了大量的近期有关南半球环流的研究。由于南半球观测资料量有限,信度尚待证实,因此,深入的研究十分重要,尤其是基于耦合气候系统模式的研究将为揭示西北太平洋MWS与南半球中高纬大气环流的关系提供重要佐证和物理过程的深度剖析,这些都将是研究工作的重点。

## 参考文献

- 陈光华,黄荣辉. 2006. 西北太平洋暖池热状态对热带气旋活动的影响. 热带气象学报, 22(6):527-532
- 陈联寿,丁一汇. 1979. 西太平洋台风概论. 北京:科学出版社, 491pp
- 范可. 2007a. 北太平洋海冰:一个西北太平洋台风生成频次的预测因子? 中国科学D辑:地球科学, 37(6):851-856
- 范可. 2007b. 西太平洋台风生成频次的新预测因子和新预测模型. 中国科学D辑:地球科学, 37(9):1260-1266
- 何敏,龚振淞,徐明等. 2007. 高低层纬向风异常与西北太平洋热带气旋生成年频数关系的研究. 热带气象学报, 23(3):277-283
- 何敏,宋文玲,陈兴芳. 1999. 厄尔尼诺和反厄尔尼诺事件与西北太平洋台风活动. 热带气象学报, 15(1):17-25
- 黄荣辉,孙凤英. 1994. 热带西太平洋暖池上空对流活动对东亚夏季季风季节内变化的影响. 大气科学, 18(4):456-465
- 李崇银. 1987. 厄·尼诺影响西太平洋台风活动的研究. 气象学报, 45(2):229-236
- 王会军,范可. 2006. 西北太平洋台风生成频次与南极涛动的关系. 科学通报, 51(24):2910-2914
- 王会军,郎咸梅,范可等. 2006. 关于2006年西北太平洋台风活动频次的气候预测试验. 气候与环境研究, 11(2):133-137
- 王会军,孙建奇,范可. 2007. 北太平洋涛动与台风和飓风频次的关系研究. 中国科学D辑:地球科学, 37(7):966-973
- 王慧,丁一汇,何金海. 2006. 西北太平洋夏季风的变化对台风生成的影响. 气象学报, 64(3):345-356
- 杨祖芳,董守玉,王文东等. 1992. 埃尔-尼诺现象与西北太平洋上强热带气旋发生频数及热带大气环流的某些特征. 海洋预报, 9(1):12-20
- Gray W M. 1968. Global view of the origin of tropical disturbances and storms. Mon Wea Rev, 96(10):669-700
- Ramage C S. 1959. Hurricane development. J Meteorology, 16:227-237
- Wang B, Johnny C L C. 2002. How strong ENSO affect tropical storm activity over the Western North Pacific. J Climate, 15(13):1643-1658