

鲍名. 2009. 从中期天气过程看近几年长江中下游梅雨偏少的原因 [J]. 大气科学, 33 (4): 708 - 718. Bao Ming. 2009. Causes of deficit Meiyu over the middle and lower reaches of the Yangtze River in the last several years viewed from medium range weather process [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 33 (4): 708 - 718.

从中期天气过程看近几年长江中下游梅雨偏少的原因

鲍名

中国科学院大气物理研究所季风系统研究中心, 北京 100190
南京大学大气科学学院, 南京 210093

摘 要 长江中下游地区自 2000 年到 2007 年连续八年梅雨期降水偏少。本文从中期天气过程的角度分析了这八年不利于长江中下游梅雨的主要因子, 有东亚高空急流中准定常波动、西太平洋暖池强对流活动和西北太平洋热带气旋活动。西太平洋副热带高压受这些因子的直接影响, 在中期时间尺度上副高环流形势发生变异, 从而造成长江中下游梅雨期的降水异常减少。在这八年的梅雨期中, 这些因子的特别异常, 更主要的由于它们的组合作用是导致近年来长江中下游梅雨偏少的直接原因。并且, 同样是长江中下游梅雨偏少, 不同因子的组合方式也影响着长江中下游梅雨偏少的降水异常分布背景。本文还初浅地讨论了在季节内预测长江中下游梅雨时对中期天气过程的参考。

关键词 长江中下游 梅雨 中期天气过程

文章编号 1006 - 9895 (2009) 04 - 0708 - 11

中图分类号 P426

文献标识码 A

Causes of Deficit Meiyu over the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River in the Last Several Years Viewed from Medium Range Weather Process

BAO Ming

Center for Monsoon System Research, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190
School of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093

Abstract Deficit Meiyu occurred over the middle and lower reaches of the Yangtze River during 2000 - 2007. In this study, the causes of deficit Meiyu are analyzed from view of the medium range weather process, which includes the propagation of stationary Rossby waves along the Asian jet, convective activities in the tropical western Pacific warm pool and tropical cyclones (TC) activities over the western North Pacific. The western Pacific subtropical high was affected directly by these medium range factors, and induced the anomalous Meiyu over the middle and lower reaches of the Yangtze River. The unusual anomalies of the medium range factors, especially their combinations were the immediate causes of deficit Meiyu during the eight years. Different combinations of these factors afforded the different distribution of precipitation anomalies, although deficit Meiyu occurred in each year during 2000 - 2007. A discussion on how to refer the medium range factors in predicting the Meiyu in the middle and lower reaches of the Yangtze River is also been held.

Key words middle and lower reaches of the Yangtze River, Meiyu, medium range weather process

收稿日期 2007 - 12 - 28, 2008 - 04 - 29 收修定稿

资助项目 国家重点基础研究发展规划项目 2004CB418303, 国家自然科学基金资助项目 40705022, 中国科学院知识创新工程领域前沿项目 IAP07217

作者简介 鲍名, 男, 1977 年出生, 博士, 讲师, 主要从事季风动力学研究。E-mail: baom@nju.edu.cn

1 引言

长江中下游地区是我国夏季降水年际变率最大的地区, 持续的降水尤其集中在6月中旬到7月上中旬, 这就是气候上的梅雨季节(徐群, 1965; 陈艺敏等, 2004; 魏凤英等, 2004)。有些年份梅雨充沛, 降水过多容易导致长江中下游洪涝灾害的发生; 而有的年份梅雨不典型, 表现出短梅甚至空梅, 导致长江中下游地区发生干旱, 造成农业减产等国民经济损失。因此, 关于长江中下游夏季降水异常或梅雨年际异常的研究一直是东亚季风变异和我国气候灾害研究的重要内容。

陶诗言等(1958)最早系统地研究了梅雨与亚洲上空大尺度环流在气候上的关联, 指出亚洲高空西风急流的季节变化与梅雨期的开始和结束有密切关系。李崇银等(2004)指出, 东亚高空急流在6月的北跳是江淮梅雨起始的前期征兆。在年际变化上, 前期预测因子和同期大尺度环流异常是长江中下游梅雨研究关注的重点。研究表明, 赤道东太平洋、印度洋和南海、热带西太平洋海表面温度以及ENSO循环对长江中下游梅雨异常有预测意义(陈烈庭, 1977; 罗绍华等, 1985; 陶诗言等, 1988; Huang et al., 1989; Chang et al., 2000; 张琼等, 2003); 青藏高原冬春积雪对长江流域夏季降水有气候影响(陈烈庭等, 1979; Wu et al., 2003; Zhao et al., 2007)。近年来, 有研究指出北半球春季的北极涛动和南极涛动等行星尺度大气信号也与长江中下游梅雨有相关关系(龚道溢等, 2002; 高辉等, 2003; Xue et al., 2004; 南素兰等, 2005; 范可, 2006; 吴志伟等, 2006)。夏季同期的亚洲中高纬度阻塞形势特别是初夏鄂克次克海阻塞高压对梅雨异常显著有比较大的影响(Wang, 1992; 张庆云等, 1998), 而更直接引起长江中下游梅雨变异的环流异常便是西太平洋副热带高压异常。理论和诊断分析(Nitta, 1987; 黄荣辉等, 1988; Bao, 2008)表明, 热带西太平洋暖池的对流活动通过热力强迫影响着西太平洋副热带高压, 对流活跃的位置与我国夏季雨带位置有明显关系。丁一汇等(2003)分析了20世纪90年代我国夏季南方洪涝发生的大尺度环流条件, 其中阻高与副高是两个主要大尺度环流因子。

20世纪90年代, 夏季长江流域频繁发生洪涝灾害, 长江中下游梅雨异常偏多。就在人们关注长

江中下游频发雨涝的时候, 然而, 自2000年以来, 长江中下游却从多雨转到少雨阶段, 长江中下游已连续八年梅雨期降水偏少。目前, 还没有研究表明是由于气候系统年代际变化或者全球变暖背景引起了这种转变。最近, Webster等(2004)提出了一个预测15~30天时间尺度上印度夏季风降水异常的物理统计模型。这说明印度夏季异常降水15~30天延伸期的预测也是很重要的。本文将考虑对西太平洋副热带高压具有中期天气过程(指时间尺度在3~15天的过程)直接影响的因子, 分析其造成近八年长江中下游梅雨偏少的原因。此外, 我们还希望通过个例的诊断分析, 一是为前期预测因子如何影响长江中下游梅雨异常的机理研究提供解释途径; 二是为将来建立一个预报我国汛期15~30天降水异常的物理统计模型提供参考。

本文所用的资料有NCEP/NCAR再分析逐日资料、NOAA向外长波辐射资料(OLR)和中国大陆160站月降水资料。西北太平洋热带气旋资料来自于日本气象厅(<http://www.jma.go.jp/en/typh>)。

2 近几年长江中下游梅雨的异常

本文专注气候意义上每年6月中旬至7月上中旬的长江中下游梅雨, 不包括5月份的早梅雨。图1是2000至2007年每年夏季6~7月平均的降水距平百分率的分布, 从图上可见, 长江中下游地区连续八年降水都偏少两成以上(2003和2007年是部分偏少部分偏多)。根据国家气候中心的梅雨统计, 2000年和2002年为空梅, 2001年梅雨期为9天(6月17~25日), 2004年12天(6月14~25日), 2005年10天(7月5~14日), 2006年7天(7月5~11日)。而2003年和2007年的梅雨比较特殊, 如果按照长江中下游五站的梅雨量看是属于偏多的年份, 但2003和2007年的梅雨雨带长时期位于淮河流域, 梅雨期长江中下游的整个江南地区降水异常偏少。考虑到长江中下游区域还包括广大的江南地区, 我们把这两年也归到长江中下游梅雨偏少的年份。从图1的近八年情况看, 虽然长江中下游地区连续八年梅雨偏少, 但降水异常分布背景不尽相同: 可以看到2000年、2003年、2005年和2007年淮河流域偏涝, 长江中下游偏旱或部分偏旱; 2002年和2004年的特点是中国东部沿海和东南沿海降水偏少, 长江中下游降水偏少; 2001年不

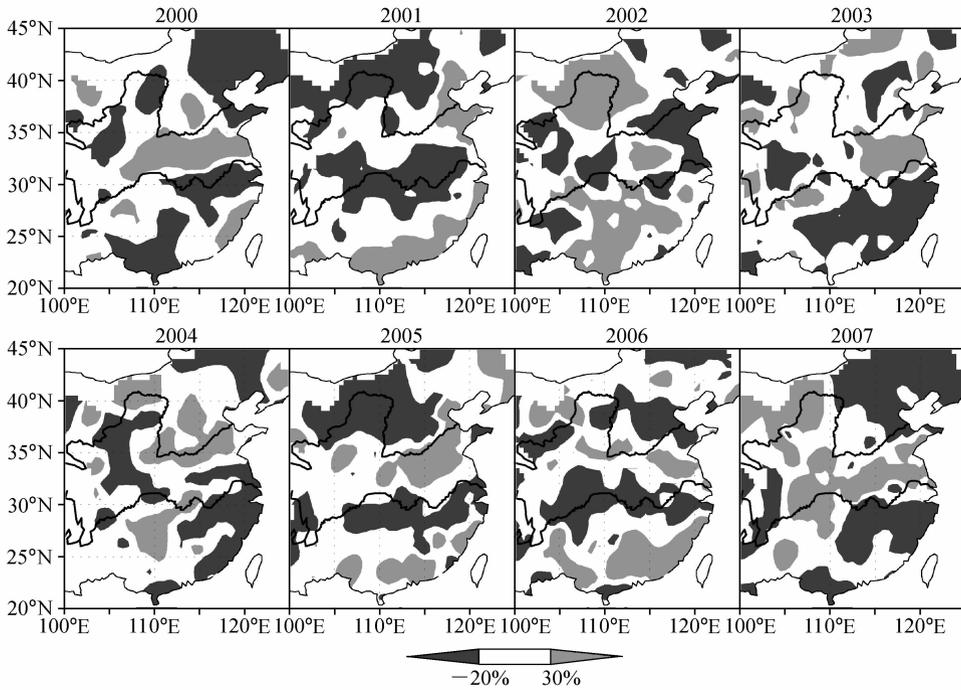


图1 2000~2007年各年6~7月平均降水距平百分率的分布(相对于1971~2000年的气候平均)

Fig. 1 Distribution of the precipitation anomaly percentage averaged over Jun - Jul during 2000 - 2007 (with respect to 1971 - 2000 mean)

仅长江中下游干旱,而且淮河流域也干旱;2002年长江中下游降水偏少,江南中部降水偏多,并且在 $110^{\circ}\text{E}\sim 115^{\circ}\text{E}$ 还有经向雨带的特征;2006年长江流域偏旱。

3 影响长江中下游梅雨的中期因子

3.1 东亚高空急流中准定常波动的影响

陶诗言等(2006)讨论了中纬度亚洲上空的静止 Rossby 波列对西太平洋副热带高压西伸北跳的作用。当沿着高空急流的准定常 Rossby 波向东传播到我国沿海海岸时,会激发出一个长波脊或槽,对西太平洋副热带高压的变动产生影响。杨莲梅等(2007)研究了 Rossby 波扰动异常与中国降水在年际气候上的关系。本节我们以 2001 年、2002 年和 2007 年为例,分析在气候上的梅雨季节时,东亚高空急流中准定常 Rossby 波传播到 $115^{\circ}\text{E}\sim 130^{\circ}\text{E}$ 时,西太平洋副高受此作用从而影响到长江中下游的梅雨。

图 2a 是 2001 年夏季 $115^{\circ}\text{E}\sim 125^{\circ}\text{E}$ 平均的 500 hPa 位势高度随时间演变,可以看到从 6 月末到 7 月上旬副高表现为中期天气过程的北跳。图 3a 是 2001 年 6 月 11 日~7 月 21 日逐日 $35^{\circ}\text{N}\sim$

45°N 平均的 350 K 等熵位涡距平的经度-时间剖面图[单位: PVU ($1\text{ PVU} = 10^{-6}\text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{K} \cdot \text{kg}^{-1}$)], 正距平对应于定常波槽,负距平对应于定常波脊。从图 3a 上可见,在东亚上空(黑线框内表示 $115^{\circ}\text{E}\sim 130^{\circ}\text{E}$ 的位置,下同)在 6 月 28 日至 7 月 10 日之间维持着定常波脊,副高西伸北跳,江淮流域干旱少雨。陶诗言等(2006)指出,在 7 月 20 日到 8 月 10 日副高的第二阶段北跳也是东亚上空维持着静止脊,造成了 2001 年淮河流域出现了严重的干旱。如果细致地看副高的变化(图 2a),还可以把第一阶段的副高北跳分为两次,前一次是 6 月 28 日北跳,后一次是 7 月 6 日北跳,这也与东亚上空静止脊的时段对应。

2007 年也是一个典型的例子。6 月 19 日长江中下游入梅,由于准定常 Rossby 在亚洲急流中的传播,6 月 17~23 日在东亚上空维持着一个高压脊(图 3b),虽然此时副高主体没有北跳,但副高的 5840 线明显北跳(图 2e),使得水汽被输送到我国北方地区,造成了一次北方自西向东的降水过程,而长江中下游梅雨不典型。6 月 27~30 日,另一个准定常脊传播到东亚 $120^{\circ}\text{E}\sim 130^{\circ}\text{E}$ 的上空,副高受其影响第二次北跳,这次北跳给华北东部、山东

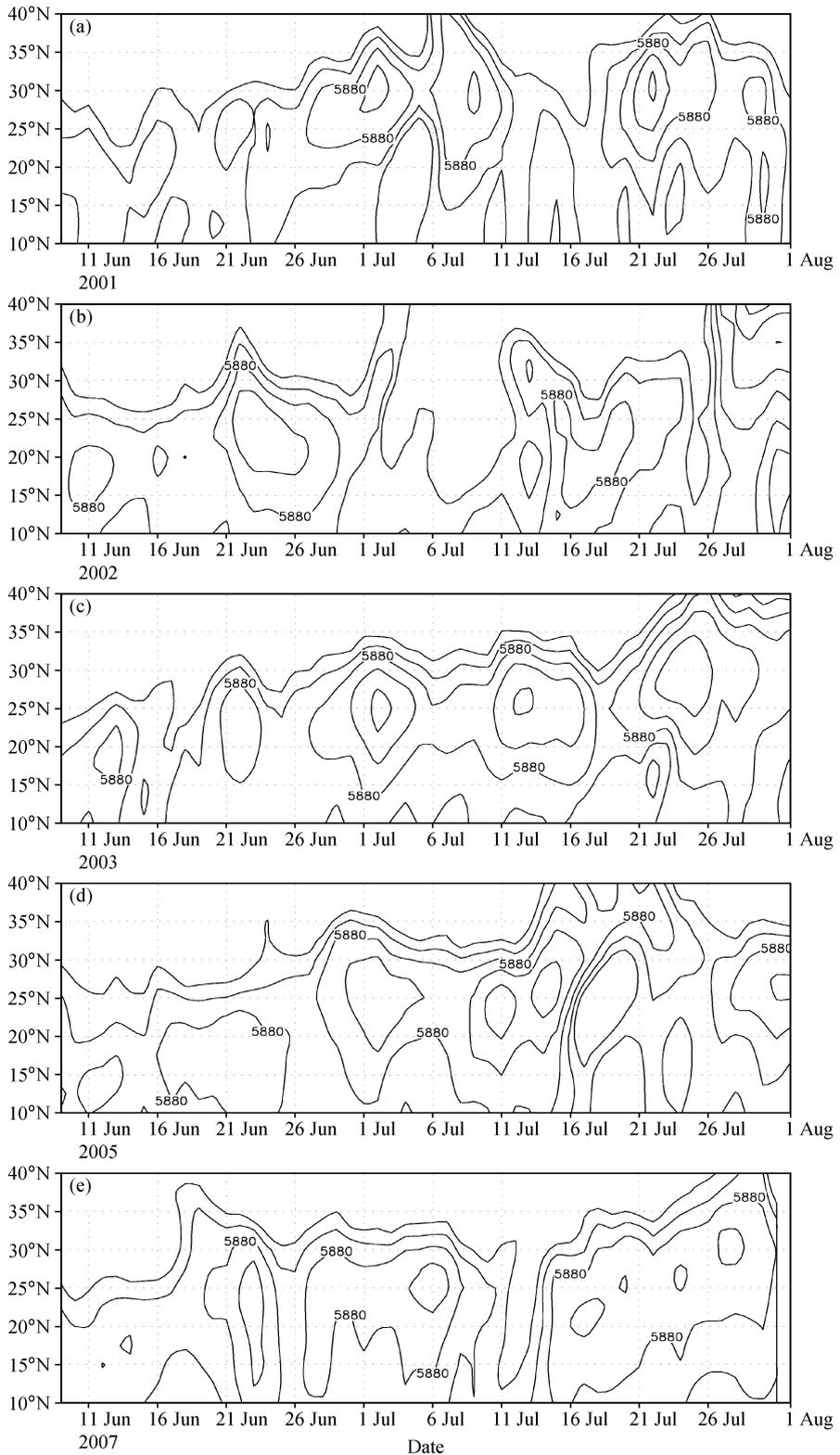


图2 6月9日~8月1日 115°E~125°E 平均的 500 hPa 位势高度经向-时间剖面: (a) 2001 年; (b) 2002 年; (c) 2003 年; (d) 2005 年; (e) 2007 年。等值线间隔 20 gpm

Fig. 2 Time-latitude cross sections of 500-hPa geopotential height averaged between 115°E-125°E: (a) 2001; (b) 2002; (c) 2003; (d) 2005; (e) 2007. Contour interval is 20 gpm

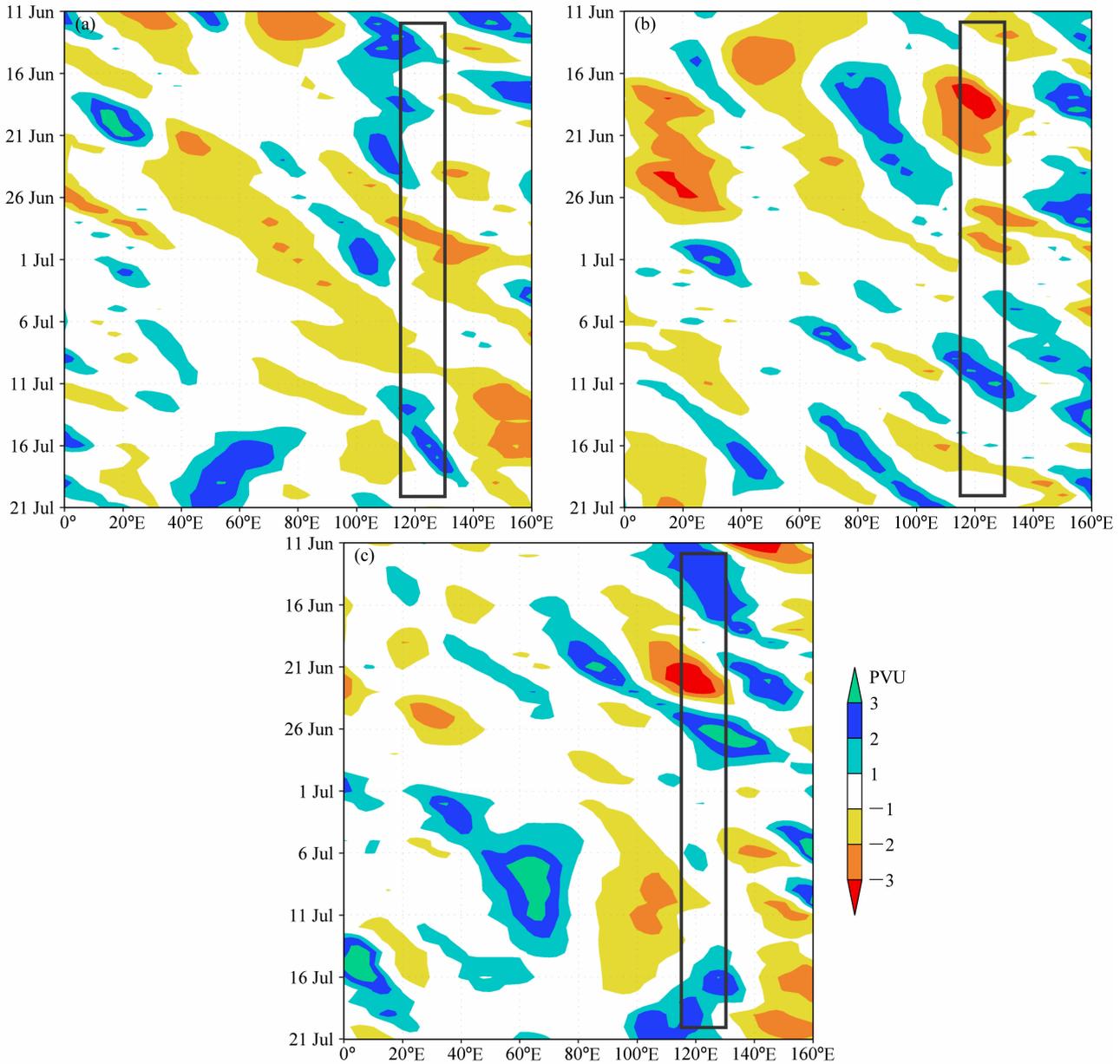


图3 6月11日~7月21日 $35^{\circ}\text{N}\sim 45^{\circ}\text{N}$ 平均的350 K等熵面上等熵位涡(IPV)距平的纬向-时间剖面(相对于1971~2000年的逐日气候平均): (a) 2001年; (b) 2007年; (c) 2002年

Fig. 3 Time-longitude cross sections of isentropic potential vorticity (IPV) anomalies on the 350 K isentropic surface averaged between $35^{\circ}\text{N}\sim 45^{\circ}\text{N}$ (with respect to 1971-2000 daily mean): (a) 2001; (b) 2007; (c) 2002

半岛和辽宁带来一次持续降水过程。

我们再来看准定常槽的影响,以2002年为例。从图3c上看,2002年6月上中旬东亚上空处于两段静止槽和一段静止脊维持的期间,这次静止脊导致了副高在6月21日的第一次北跳(图2b),而北跳前后副高的位置偏南,这是受静止槽的影响。并且,在6月11日到7月21日的时段内,中纬度东亚上空只出现了一次静止脊,而出现静止槽的时间

比较长,这可能使副高的位置比常年偏南,江南中部出现降水正距平。

3.2 西太平洋暖池对流活动的影响

自从Nitta (1987)发现热带西太平洋暖池的云量与东亚夏季大气环流的关系以来,西太平洋暖池的热源异常对东亚夏季气候影响已有相当多的研究。暖池对流强(弱)的时候,西太平洋副热带高压位置偏北(南)偏东(西),江淮流域夏季降水偏

少(多), 易发生旱(涝)灾。例如, 2001年6~7月, 西太平洋暖池对流活动偏强, 是导致梅雨时期江淮流域干旱少雨的一个重要因子。然而, 2000年、2003年、2005年和2007年长江中下游梅雨季节时, 持续性雨带位于淮河流域, 长江中下游位于梅雨主雨带的边缘。与经典的梅雨指每年初夏6、7月份在长江中下游地区出现的持续性降水天气类似, 这种持续性降水也被认为是淮河流域的梅雨(徐群等, 2007)。本节我们以2003、2005和2007年为例, 分析梅雨雨带位于淮河流域与暖池对流活动的关系。

2003年、2005年和2007年夏季淮河流域持续降水分别发生在2003年6月30日~7月10日、2005年7月5~10日、2007年6月29日~7月8

日。从图2c~e可以看到, 120°E附近西太平洋副高的5840线和5860线持续位于32°N~33°N(淮河流域所在的纬度), 是淮河流域持续梅雨雨带的环流条件。副高的这种形势是与暖池对流活动状态有关的。对应地从图4a~c看, 在副高前缘持续位于淮河流域的时段, 暖池的南部(5°N~15°N之间)有比较强的对流活动, 并且强对流活跃在暖池南部的日期要早于副高前缘开始持续位于淮河流域的日期。2000年6月24~29日淮河流域持续暴雨, 副高以及暖池对流的状态同样具有这样的特征(Bao, 2008)。这种关系表明在中期天气过程时间尺度上, 暖池强对流活跃的位置是影响长江中下游梅雨和淮河流域梅雨的一个重要因子。

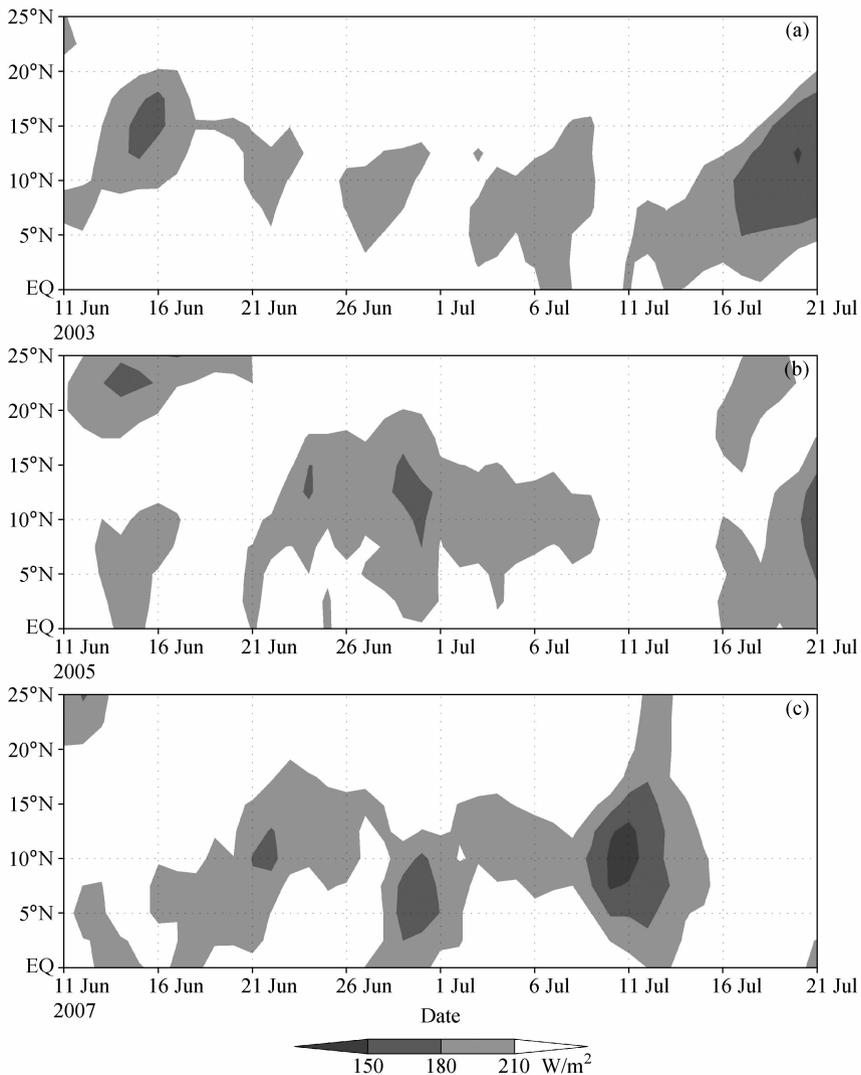


图4 6月11日~7月21日间105°E~135°E平均的OLR经向-时间剖面: (a) 2003年; (b) 2005年; (c) 2007年
 Fig. 4 Time-latitude cross sections of outgoing longwave radiation (OLR) averaged between 105°E-135°E: (a) 2003; (b) 2005; (c) 2007

3.3 西北太平洋热带气旋活动的影响

我国学者很早就认识到热带气旋对西南季风向江淮梅雨锋水汽输送的切断作用(陈联寿等, 1979)。并且, 北上的热带气旋对副高也有影响, 使副高断裂为东、西两块, 中断梅雨形势(雷小途等, 2001)。有研究指出在 140°E 以西的热带西太平洋上无热带气旋活动有利于梅雨持久稳定(陈永林等, 2006)。本节我们将以 2000 年、2002 年和 2004 年为例, 分析多个热带气旋从 $120^{\circ}\text{E}\sim 140^{\circ}\text{E}$ 之间北上在中期时间尺度上对梅雨的影响。

2002 年 6 月末到 7 月中旬, 西太平洋副高持续东撤与四次热带气旋的活动有关。图 5 是根据日本气象厅的西北太平洋热带气旋数据绘制的 2002 年第 5、6、7、8 号热带气旋的路径图。6 月 28 日生成在菲律宾以东洋面上的 2002 年第 5 号热带气旋 Rammasun, 生成后向西北方向移动, 7 月 3 号以后沿着东海上。第 6 号热带气旋 Chataan 和第 7 号热带气旋 Halong 相继从热带西太平洋生成后向西北方向移动, 然后转向北上。7 月 8 日生成在南海北部洋面上的第 8 号热带气旋 Nakri, 生成后向东北移动。从图 2b 和图 6 可见, 自 6 月 30 日起, 西太平洋副热带高压连续受这四个台风北上的影响, 副高持续东撤达到半个月的时间。

同样, 2000 年 7 月 2~7 日第 3 号热带气旋 Kirogi 从菲律宾以东洋面北上到日本和 7 月 3~9 日第 4 号热带气旋 Kai-tak 从菲律宾西经中国东部沿海北上(图略), 西太平洋副高在 7 月上旬持续偏东(图略), 使得梅雨形势中断。2004 年, 受第 6 号热带气旋 Dianmu 北上的影响(图略), 副热带高压在 6 月 15~21 日持续减弱东撤(图略); 受第 7 号热带气旋 Mindulle 和第 8 号热带气旋 Tingting 同时北上的影响(图略), 副热带高压在 6 月 28 日~7 月 3 日持续偏东(图略)。因此, 在 2004 年的气候梅雨期间, 受热带气旋北上影响, 副热带高压偏东持续的时间近两周之久, 这就使得梅雨的水汽输送得不到供应, 中国东部、东南沿海干旱少雨。

从这三年的分析来看, 在正常梅雨季节里当有两个以上的西北太平洋热带气旋在 $120^{\circ}\text{E}\sim 140^{\circ}\text{E}$ 之间北上, 很可能使副高东撤的时间较长, 这就会明显影响到水汽输送, 造成梅雨期短、雨量少。这与陈永林等(2006)分析指出的在 140°E 以西若无热带气旋活动有利于梅雨持久是一致的。

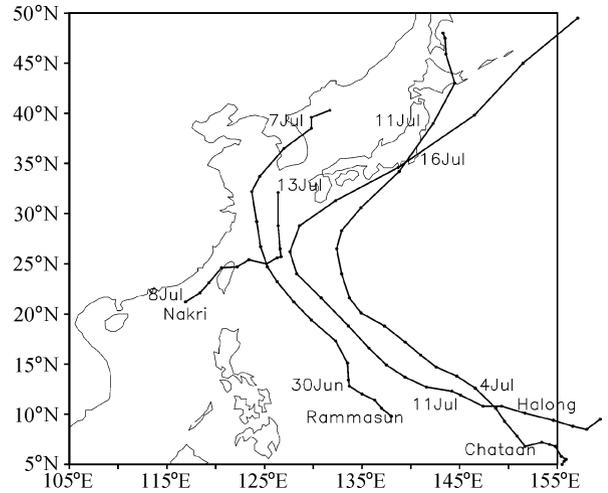


图 5 2002 年西北太平洋 0205、0206、0207、0208 号热带气旋路径图

Fig. 5 Tracks of tropical cyclones 0205, 0206, 0207, 0208 in the western North Pacific in 2002

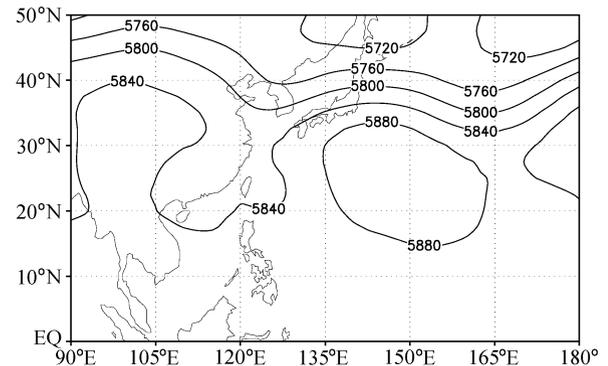


图 6 2002 年 6 月 30 日~7 月 15 日平均的 500 hPa 位势高度的分布(单位: gpm)

Fig. 6 Distribution of 500-hPa geopotential height (gpm) averaged from 30 Jun to 15 Jul in 2002

3.4 多个因子组合的影响

从前面三个中期因子的个例分析看, 有的年份并不仅有单一因子影响长江中下游梅雨偏少。本节我们将统计这八年的梅雨季节里, 多个中期因子是如何通过它们的组合来起作用的。

表 1 是三个中期因子在各年 6 月中旬至 7 月中旬的(异常)表现。东亚高空急流中准定常波动关注的是传播到东亚沿海空空的准定常脊或槽; 西太平洋暖池强对流活动关注的是 $105^{\circ}\text{E}\sim 135^{\circ}\text{E}$ 区域平均的强对流活跃的位置; 西北太平洋热带气旋活动则关注从 $120^{\circ}\text{E}\sim 140^{\circ}\text{E}$ 之间北上的热带气旋。

表 1 2000~2007 年梅雨季节中三类中期因子的活动

Table 1 Medium range weather processes at the Meiyu stage during 2000 - 2007

年份	东亚高空急流中准定常波动	西太平洋暖池强对流活动	西北太平洋热带气旋活动
2000		6月下旬, 暖池南部偏强对流维持	7月上旬, 两个热带气旋北上
2001	6月下旬到7月上旬, 准定常脊时间长	暖池整体偏强对流维持	
2002	6月中下旬和7月中旬, 准定常槽时间长		7月上半月, 四个热带气旋北上
2003		6月下旬到7月上旬, 暖池南部偏强对流维持	6月中旬, 一个热带气旋北上
2004			6月中旬和6月末到7月初, 三个热带气旋北上
2005		6月下旬到7月上旬, 暖池南部偏强对流维持	
2006	6月18~22日, 一次准定常脊	6月末到7月初, 暖池南部偏强对流维持	7月上旬, 一个热带气旋北上
2007	6月后半月, 两次准定常脊	6月下旬到7月上旬, 暖池南部偏强对流维持	7月10~15日, 一个热带气旋北上

从表 1 可见, 影响近八年长江中下游梅雨偏少通常是这三类中期因子的组合作用。例如, 2000 年暖池对流活动和热带气旋北上活动异常显著, 6 月下旬梅雨位置偏北, 7 月上旬则梅雨在中期时间尺度上中断; 2002 年高空准定常槽和 7 月热带气旋活动异常显著, 6 月中下旬雨带多位于江南中部, 7 月上半月则副高东撤; 2007 年高空准定常脊和暖池对流活动异常显著, 6 月下旬北方两次降水过程, 7 月上旬则发生淮河流域梅雨。而在 2006 年, 虽然三个因子都不是特别异常, 但 2006 年 6 月 18~22 日副高的第一次北跳和中纬度 Rossby 波传播到东亚上空形成静止脊有关; 6 月 28 日~7 月 4 日的梅雨雨带持续在淮河流域和西太平洋暖池南部对流活跃有关; 7 月 4~10 日副高受 2006 年第 3 号热带气旋 Ewiniar 北上的影响而东撤。这三种中期天气过程组合影响副高的时间近 20 天, 因此 2006 年长江中下游梅雨异常少。从上面的分析还可以看出, 同样是长江中下游梅雨偏少, 不同因子的组合方式也影响着长江中下游梅雨偏少的降水异常分布背景。

4 讨论

一个自然的问题是, 在预测长江中下游梅雨时如何参考中期天气过程? 由于这三种中期因子是同期因子, 因此预测中期因子的异常活动也就对长江

中下游梅雨预测有参考意义。而预测中期因子同样是个困难的问题, 特别是在季节内的时间尺度上。虽然这个问题已经超出了本文的研究内容, 本文仍试图初浅地讨论在季节内预测长江中下游梅雨时对中期天气过程参考的思路, 以期待将来进一步的预测研究。

首先, 不管是西太平洋暖池的整体强对流活跃, 还是暖池南部的强对流活跃, 都不利于长江中下游梅雨维持。过去的研究强调了春季热带西太平洋热状况异常的预测意义 (黄荣辉等, 1988; 陶诗言等, 1988), 春季西太平洋异常偏暖有利于夏季整个暖池对流偏强, 而热带西太平洋热状况异常又可能受 ENSO 循环背景的制约 (Huang et al., 1989)。最近, Bao and Han (2009) 认为强对流活跃维持在暖池南部也可能受中太平洋 El Niño 演变的背景制约。因此, 暖池对流活动异常可能具有更长时间尺度的可预测性。

其次, 对西北太平洋热带气旋北上影响的参考可以分为两个部分: 一是预测在梅雨季节里热带气旋生成频数是否偏多, 二是预测热带气旋的活动路径是否从 120°E~140°E 之间北上。热带气旋的生成和路径不仅与海洋热力状况有关, 还与动力环境场有一定关联, 在季节内预测热带气旋活动的这两方面均有难度。最近, 陈光华 (2007) 对西北太平洋热带气旋的年际变率进行了研究, 分析了热带西

太平洋热力状况以及热带高频波动和 MJO 低频波动对热带气旋活动路径的影响和机理。他们的研究有助于台风气候异常的预测,也有助于预测长江中下游梅雨的变异。

第三,东亚沿海的高空准定常槽脊是沿亚洲急流自西向东传播的定常 Rossby 波,它基本属于大气内部动力过程。目前,还没有研究表明这种大气准定常波动异常与外强迫信号具有物理作用上的关联,并且,定常 Rossby 波经里海传播到东亚上空的时间只需要两天(陶诗言等,2006),这也增加了梅雨异常的不可预测性。当梅雨季节时,需要密切注意上游波动的异常和传播,以判断对西太平洋副热带高压中期活动的可能影响。

5 小结

本文以近八年长江中下游连续梅雨偏少现象作为研究对象,从中期天气过程这一角度,分析了东亚高空急流中准定常波动、西太平洋暖池强对流活动和西北太平洋热带气旋活动对长江中下游梅雨的影响。通过典型过程的分析,得到以下几点结论:

(1) 长江中下游梅雨的异常和西太平洋副热带高压的异常活动关系密切,在若干中期天气的时间尺度上副高异常变化会引起梅雨的年际异常。

(2) 气候上,梅雨季节里,当东亚上空静止脊和静止槽维持比较长的时间,会使得副高主体或前缘北跳或南撤;西太平洋暖池的对流活动强不利于长江中下游梅雨,当暖池的南部强对流活动维持时,副高的位置有利于梅雨雨带持续出现在淮河流域,当暖池北部持续出现强对流活动,副高偏北江淮流域少雨;西北太平洋热带气旋从 $120^{\circ}\text{E}\sim 140^{\circ}\text{E}$ 之间北上通过影响副高东撤而中断梅雨,通常北上的过程为一周左右。

(3) 对 2000~2007 年各年的统计分析表明,三类中期天气过程往往是通过它们的组合作用使得长江中下游梅雨偏少,不同因子的组合方式也影响着长江中下游梅雨偏少的降水异常分布背景。

虽然本文只是对近八年长江中下游连续梅雨偏少现象作了分析,但我们认为东亚高空急流中准定常波动、西太平洋暖池强对流活动和西北太平洋热带气旋活动在中期天气过程上对长江中下游梅雨的影响具有一定的普遍性。

致谢 本文的研究得到陶诗言先生的指导,两位匿名审稿人也对

本文提出了很好的修改意见,在此一并感谢!

参考文献 (References)

- Bao Ming. 2008. Relationship between persistent heavy rain events in the Huaihe River valley and the distribution pattern of convective activities in the tropical western Pacific warm pool [J]. *Adv. Atmos. Sci.*, 25: 329–338.
- Bao Ming, Han Rongqing. 2009. Delayed impacts of the El Niño episodes in the central Pacific on the summertime climate anomalies of eastern China in 2003 and 2007 [J]. *Adv. Atmos. Sci.*, 26: 553–563.
- Chang C P, Zhang Y, Li T. 2000. Interannual and interdecadal variations of the East Asian summer monsoon and tropical Pacific SSTs. Part I: Roles of the subtropical ridge [J]. *J. Climate*, 13: 4310–4325.
- 陈光华. 2007. 西北太平洋热带气旋年际变化及其机理研究 [D]. 中国科学院大气物理研究所博士学位论文, 142pp. Chen Guanghua. 2007. Interannual variation and mechanism of the tropical cyclones in the western North Pacific [D]. Ph. D. dissertation (in Chinese), Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, 142pp.
- 陈联寿, 丁一汇. 1979. 西太平洋台风概论 [M]. 北京: 气象出版社. Chen Lianshou, Ding Yihui. 1979. An Introduction to the Western Pacific Typhoon (in Chinese) [M]. Beijing: Science Press.
- 陈烈庭. 1977. 东太平洋赤道地区海水温度异常对热带大气环流及我国汛期降水的影响 [J]. *大气科学*, 1: 1–12. Chen Lieting. 1977. The effects of the anomalous sea-surface temperature of the equatorial eastern Pacific Ocean on the tropical circulation and rainfall during the rainy period in China [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (Scientia Atmospherica Sinica)* (in Chinese), 1: 1–12.
- 陈烈庭, 阎志新. 1979. 青藏高原冬春积雪对大气环流和我国南方汛期降水的影响 [C]//长江流域规划办公室编. 中长期水文气象预报文集 (1). 北京: 水利电力出版社, 185–194. Chen Lieting, Yan Zhixin. 1979. The influence of snow cover over the Qinghai-Xizang Plateau in winter and spring on atmospheric circulation and South China flood season precipitation [C]//Proceedings of Medium and Long-Term Hydrology and Weather Forecast Forum I (in Chinese). Beijing: China Water Power Press, 185–194.
- 陈艺敏, 钱永甫. 2004. 116a 长江中下游梅雨的气候特征 [J]. *南京气象学院学报*, 27: 65–72. Chen Yimin, Qian Yongfu. 2004. Climatic characteristics of 116-year Mei-yu rainfall in the mid-lower reaches of the Changjiang River [J]. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology* (in Chinese), 27: 65–72.
- 陈永林, 曹晓岗. 2006. 热带气旋及相关天气系统对上海强梅雨的影响分析 [J]. *热带气象学报*, 22: 326–330. Chen Yonglin, Cao Xiaogang. 2006. Analysis of influence to strong Meiyu in

- Shanghai of tropical cyclone and relevant synoptic systems [J]. *Journal of Tropical Meteorology* (in Chinese), 22: 326–330.
- 丁一汇, 孙颖, 李跃凤, 等. 2003. 20 世纪 90 年代东亚严重旱涝事件的大尺度条件分析 [C]// 黄荣辉, 李崇银, 王绍武, 等. 我国旱涝重大气候灾害及其形成机理研究. 北京: 气象出版社, 260–275. Ding Yihui, Sun Ying, Li Yuefeng, et al. 2003. Analysis of the large scale circulation for severe flood and drought events in East Asia in 1990s [C]// Huang Ronghui, Li Chongyin, Wang Shaowu, et al. Severe Drought and Flooding Disasters Occurred in China and Their Formation Mechanism (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 260–275.
- 范可. 2006. 南半球环流异常与长江中下游夏季旱涝的关系 [J]. *地球物理学报*, 49: 672–679. Fan Ke. 2006. Atmospheric circulation anomalies in the Southern Hemisphere and summer rainfall over Yangtze River valley [J]. *Chinese J. Geophys.* (in Chinese), 49: 672–679.
- 高辉, 薛峰, 王会军. 2003. 南极涛动年际变化对江淮梅雨的影响及预报意义 [J]. *科学通报*, 48 (S2): 87–92. Gao Hui, Xue Feng, Wang Huijun. 2003. Influence of interannual variability of Antarctic Oscillation on Meiyu along the Yangtze and Huaihe River valley and its importance to prediction [J]. *Chinese Science Bulletin*, 48 (Suppl.): 61–67.
- 龚道溢, 朱锦红, 王绍武. 2002. 长江流域夏季降水与前期北极涛动的显著相关 [J]. *科学通报*, 47: 546–549. Gong Daoyi, Zhu Jinhong, Wang Shaowu. 2002. Significant relationship between spring AO and the summer rainfall along the Yangtze River [J]. *Chinese Sci. Bull.*, 2002, 47: 948–951.
- 黄荣辉, 李维京. 1988. 夏季热带西太平洋上空的热源异常对东亚上空副热带高压的影响及其物理机制 [J]. *大气科学 (特刊)*: 107–116. Huang Ronghui, Li Weijing. 1988. Influence of the heat source anomaly over the tropical western Pacific on the subtropical high over East Asia and its physical mechanism [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (Scientia Atmospherica Sinica) (Special Issue)* (in Chinese): 107–116.
- Huang Ronghui, Wu Yifang. 1989. The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanism [J]. *Adv. Atmos. Sci.*, 6: 21–32.
- 雷小途, 陈联寿. 2001. 热带气旋与中纬度环流系统相互作用的研究进展 [J]. *热带气象学报*, 17: 452–461. Lei Xiaotu, Chen Lianshou. 2001. An overview on the interaction between tropical cyclone and mid-latitude weather systems [J]. *Journal of Tropical Meteorology* (in Chinese), 17: 452–461.
- 李崇银, 王作台, 林士哲, 等. 2004. 东亚夏季风活动与东亚高空西风急流位置北跳关系的研究 [J]. *大气科学*, 28: 641–658. Li Chongyin, Wang Jough-Tai, Lin Shi-Zhei, et al. 2004. The relationship between East Asian summer monsoon activity and northward jump of the upper westerly jet location [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (in Chinese), 28: 641–658.
- 罗绍华, 金祖辉, 陈烈庭. 1985. 印度洋和南海海温与长江中下游夏季降水的相关分析 [J]. *大气科学*, 9: 314–320. Luo Shaohua, Jin Zuhui, Chen Lieting. 1985. The correlation analysis of Indian Ocean and sea surface temperature in South China Sea with summer precipitation over the Yangtze River [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (Scientia Atmospherica Sinica)* (in Chinese), 9: 314–320.
- 南素兰, 李建平. 2005. 春季南半球环状模与长江流域夏季降水的关系: II 印度洋和南海海温的“海洋桥”作用 [J]. *气象学报*, 63: 847–856. Nan Sulan, Li Jianping. 2005. The relationship between the summer precipitation in the Yangtze River valley and the boreal spring Southern Hemisphere annular mode: Part II The role of the Indian Ocean and South China Sea as an “Oceanic Bridge” [J]. *Acta Meteor. Sinica* (in Chinese), 63: 847–856.
- Nitta T. 1987. Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the Northern Hemisphere summer circulation [J]. *J. Meteor. Soc. Japan*, 64: 373–390.
- 陶诗言, 卫捷. 2006. 再论夏季西太平洋副热带高压的西伸北跳 [J]. *应用气象学报*, 17: 513–525. Tao Shiyuan, Wei Jie. 2006. The westward, northward advance of the subtropical high over the West Pacific in summer [J]. *Journal of Applied Meteorological Science* (in Chinese), 17: 513–525.
- 陶诗言, 赵煜佳, 陈晓敏. 1958. 东亚的梅雨期与亚洲上空大气环流季节变化的关系 [J]. *气象学报*, 29: 119–134. Tao Shiyuan, Zhao Yujia, Chen Xiaomin. 1958. The relationship between Meiyu in Far East and the behavior of circulation over Asia [J]. *Acta Meteorologica Sinica* (in Chinese), 29: 119–134.
- 陶诗言, 朱文妹, 赵卫. 1988. 论梅雨的年际变化 [J]. *大气科学 (特刊)*: 13–21. Tao Shiyuan, Zhu Wenmei, Zhao Wei. 1988. On the interannual variation of Meiyu [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (Scientia Atmospherica Sinica) (Special Issue)* (in Chinese): 13–21.
- Wang Y. 1992. Effects of blocking anticyclone in Eurasia in the rainy season (Meiyu/Baiu season) [J]. *J. Meteor. Soc. Japan*, 70: 929–951
- Webster P J, Hoyos C. 2004. Prediction of monsoon rainfall and river discharge on 15–30-day time scales [J]. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 83: 1745–1765.
- 魏凤英, 张京江. 2004. 1885~2000 年长江中下游梅雨特征量的统计分析 [J]. *应用气象学报*, 15: 313–321. Wei Fengying, Zhang Jingjiang. 2004. Climatic variation of Meiyu in the middle-lower reaches of Changjiang River during 1885–2000 [J]. *Journal of Applied Meteorological Science* (in Chinese), 15: 313–321.
- 吴志伟, 何金海, 韩桂荣, 等. 2006. 长江中下游梅雨与春季南半球年际模态 (SAM) 的关系分析 [J]. *热带气象学报*, 22: 79–85. Wu Zhiwei, He Jinhai, Han Guirong, et al. 2006. The relationship between Meiyu in the mid- and lower reaches of the Yangtze River valley and the boreal spring Southern Hemisphere annular mode [J]. *Journal of Tropical Meteorology* (in Chinese), 22: 79–85.
- Wu T W, Qian Z A. 2003. The relation between the Tibetan winter snow and the Asian summer monsoon and rainfall: An observa-

- tional investigation [J]. *J. Climate*, 16: 2038–2051.
- 徐群. 1965. 近八十年长江中、下游的梅雨 [J]. *气象学报*, 35: 507–518. Hsu Chun, 1965. An analysis of Mei-yu in the middle and lower Yangtze valley of recent eighty years [J]. *Acta Meteor. Sinica (in Chinese)*, 35: 507–518.
- 徐群, 张艳霞. 2007. 近 52 年淮河流域的梅雨 [J]. *应用气象学报*, 18: 147–157. Xu Qun, Zhang Yanxia. 2007. Meiyu of the Huaihe basin in recent 52 years [J]. *Journal of Applied Meteorological Science (in Chinese)*, 18: 147–157.
- Xue Feng, Wang Huijun, He Jinhai. 2004. Interannual variability of mascarene high and Australian high and their influences on East Asian summer monsoon [J]. *J. Meteor. Soc. Japan*, 82: 1173–1186.
- 杨莲梅, 张庆云. 2007. 夏季东亚西风急流 Rossby 波扰动异常与中国降水 [J]. *大气科学*, 31: 586–595. Yang Lianmei, Zhang Qingyun. 2007. Anomalous perturbation kinetic energy of Rossby wave along East Asian westerly jet and its association with summer rainfall in China [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese)*, 31: 586–595.
- 张庆云, 陶诗言. 1998. 亚洲中高纬度环流对东亚夏季降水的影响 [J]. *气象学报*, 56: 199–211. Zhang Qingyun, Tao Shiyan. 1998. Influence of Asian mid-high latitude circulation on East Asian summer rainfall [J]. *Acta Meteorologica Sinica (in Chinese)*, 56: 199–211.
- 张琼, 刘平, 吴国雄. 2003. 印度洋和南海海温与长江中下游旱涝 [J]. *大气科学*, 27: 992–1006. Zhang Qiong, Liu Ping, Wu Guoxiong. 2003. The relationship between the flood and drought over the lower reach of the Yangtze River valley and the SST over the Indian Ocean and the South China Sea [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese)*, 27: 992–1006.
- Zhao P, Zhou Z, Liu J. 2007. Variability of Tibetan spring snow and its associations with the hemispheric extratropical circulation and East Asian summer monsoon rainfall: An observational investigation [J]. *J. Climate*, 20: 3942–3955.