

春夏季赤道中东太平洋海温异常变化与东亚夏季风关系的研究*

李秀萍¹⁾²⁾ 罗勇²⁾ 郭品文¹⁾ 王绍武³⁾ 谢志辉⁴⁾

¹⁾(南京信息工程大学,南京 210044) ²⁾(国家气候中心 中国气象局气候研究开放实验室,北京 100081)

³⁾(北京大学物理学院,北京 100871) ⁴⁾(北京应用气象研究所,北京 100029)

摘要

利用 1951—2003 年的 Niño1+2, 3, 4 和 3.4 区的海温异常指数,分析了各个海区 3—8 月海温异常随时间的变化与我国夏季降水的关系。研究发现 4 个海区海温异常变化与我国长江流域、江南地区、华北地区以及西北东部地区的夏季降水都有较高的相关性。合成分析表明:在海温异常随时间变化为正的年份,上述地区的夏季降水偏少;在海温异常随时间变化为负的年份,情况正好相反。在此基础上,分析了 Niño3.4 区的海温异常变化和高低空纬向风垂直切变之间的关系,发现海温异常变化与东亚夏季风的环流场之间也有很好的关系。由合成分析结果发现,在海温异常变化分别为正和负的年份,500 hPa 高度距平场、850 hPa 纬向风距平场、850 hPa 流场距平场、200 hPa 纬向风距平场及高低空纬向风距平切变均具有显著的差异,尤其是在长江流域以南、南海及我国的东北地区都呈相反的分形势。因此, Niño3.4 区的海温异常随时间的变化可以为东亚夏季风和我国夏季降水的预报提供一定的依据。

关键词: Niño3.4; 海温异常; 时间变化; 东亚夏季风

引言

众所周知,东亚夏季风存在着明显的年际变率,而外源强迫是东亚夏季风产生年际差异的一个重要原因,其中以热带海温的影响最为显著。虽然海温不是决定我国夏季天气气候异常的唯一因素,但热带海温异常是制作我国汛期旱涝预测首先必须考虑的因子之一。利用海气耦合模式进行季节预测,特别是采用“两步法”,其理论依据就是海温的异常变化对大气的持续强迫^[1]。关于东亚夏季风和热带海温之间的关系,很多学者都做过大量研究工作。陈月娟等^[2]研究了 Niño1+2 海区冷、暖水期西太平洋副热带高压的特征及其对东亚季风的影响。赵振国^[3]讨论了赤道东太平洋 Niño3 区海温异常对副热带高压南北位置和长江中下游入梅时间的影响。黄荣辉等^[4]对西太平洋暖池处于暖水阶段和冷水阶段的不同情况下菲律宾上空的对流活动、西太平洋副热

带高压及我国降水之间的关系进行了研究。黄荣辉等^[5]、Zhang 等^[6]的工作都表明 ENSO 的不同阶段对东亚季风、大气环流和降水的影响不同。Chen 等^[7]的研究也指出东亚夏季风与热带太平洋海温异常密切相关。海温的异常能够影响南方涛动和 Walker 环流的变化,从而影响到东亚夏季风环流的变化。张光智等^[8]关于太平洋不同关键区海温异常对东亚环流的敏感性试验结果表明 El Niño 实际海温时空异常会引起东亚季风环流的异常变化,对预报有一定的指示意义。魏凤英^[9]、励申申等^[10]、林建等^[11]的研究工作也表明太平洋海温对我国夏季降水起一定的作用,对江淮流域、长江流域夏季降水以及梅雨有影响。但是不同海域海温变化对东亚季风的影响不同,而且同一海域海温异常变化的不同阶段其影响又不一样。

前人的研究工作只是考虑了冷、暖事件不同位相时海温异常对东亚夏季风的影响,本文将从时间变化的角度提出一种新的观点,认为赤道中东太平洋海温异常随时间的正、负变化对我国夏季降水以

* 国家自然科学基金重点项目(40331010)资助。

2005-05-11 收到,2006-01-16 收到再改稿。

及东亚夏季风具有一定的影响。这样,可以不区分冷位相的衰减(发展)阶段,还是暖位相的发展(衰减)阶段,而统一由赤道中东太平洋海温异常的正负变化来表征。这里,春夏季“海温异常变化”指的是3—8月海表面温度异常(SSTA)随时间的变化趋势。为了确定哪一个海域海温异常变化的影响最强,本文设计了一系列的诊断分析来进行验证。

1 资料及预处理

本文选用的资料包括:①中国气象局国家气候中心整理的1951—2003年我国160个站月平均降水资料;②美国气候预测中心提供的1951—2003年Niño1+2,3,4和3.4区月平均海表面温度异常指数;③NCEP/NCAR的1948—2004年全球月平均850 hPa,200 hPa风场和500 hPa高度场再分析资料,分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。

首先用一元线性回归的方法计算了1951—2003年Niño1+2,3,4和3.4区3—8月的SSTA随时间变化的直线拟合方程,即计算出截距和斜率,以下将斜率称为“海温异常变化”。发现:各个海区逐年3—8月的海温异常随时间的正负变化有很大的

不一致性,尤其是发生ENSO事件的年份,海温异常随时间变化的幅度更大。

其次,选1971—2000年30年平均作为气候平均的参考时段,计算了850 hPa,200 hPa风场和500 hPa高度场的夏季(6—8月)距平场。

2 资料分析结果

2.1 不同海区的海温异常变化与我国夏季降水的相关分析

根据统计经验,在厄尔尼诺年次年或厄尔尼诺事件衰减阶段的夏季,我国东部常出现南涝北旱的降水型分布,尤其是长江流域及其以南地区易发生特大暴雨^[3,12]。为了进一步研究各个海区海温异常的变化与我国夏季降水之间的关系,计算了Niño1+2,3,4和3.4区3—8月海温异常的变化与我国160站夏季降水的相关系数,研究了4个区域的海温异常变化与我国夏季降水的相关性。从图1可以看到,4个海区海温异常的变化与我国长江流域及江南地区、华北地区及西北东部地区的夏季降水都有较高的相关性,但是Niño3.4区海温异常的变化与我国夏季(6—8月)降水的相关性最高,相关系数

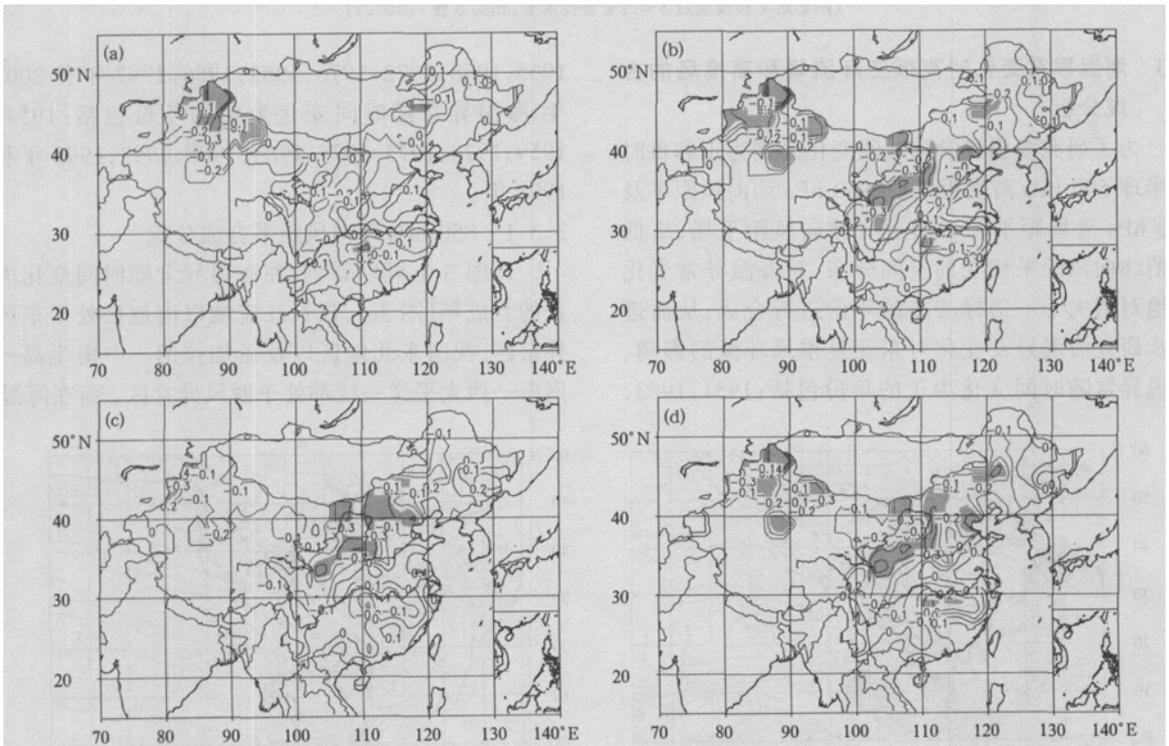


图1 Niño1+2(a),3(b),4(c),3.4(d)区海温异常变化与我国夏季降水的相关系数图
(阴影区 t 检验通过5%的显著性水平,相关系数 $r < -0.27$)

$r \leq -0.27$, 通过了 t 检验 5% 的显著性水平。因此取 Niño3.4 区海温异常的变化作为外强迫信号, 来进一步研究其与东亚夏季风之间的关系。

2.2 Niño3.4 区的海温异常变化和高、低空纬向风垂直切变之间的关系

很多学者均利用高低空纬向风的垂直切变来定义和研究东亚夏季风^[13]。计算了 Niño3.4 区的海

温异常变化与高(200 hPa)、低(850 hPa)空纬向风平均距平差之间的相关系数,如图 2 所示。

从图 2 上可以看到, Niño3.4 区的海温异常变化与孟加拉湾、南海,特别是西太平洋地区的纬向风垂直切变之间有明显的正相关关系。因此,用 Niño3.4 区的海温异常变化来研究东亚夏季风是一个较好的外强迫信号。

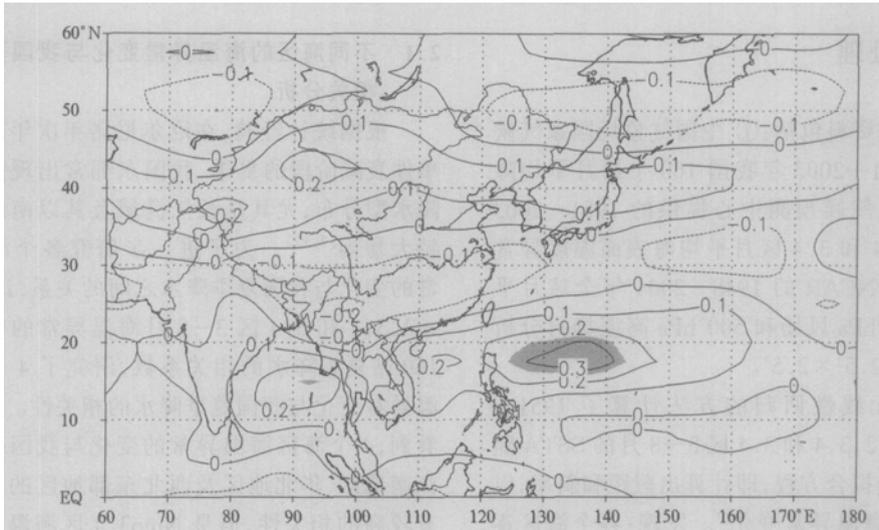


图 2 3—8 月 Niño3.4 区海温异常变化和夏季高低空纬向风切变相关分布 (阴影区 t 检验通过 5% 的显著性水平,相关系数 $r \geq 0.27$)

2.3 海温异常变化时高低空环流场和高度场的合成分析

为了研究海温异常随时间变化分别为正和负时北半球 500 hPa 高度距平场、850 hPa 纬向风距平及 850 hPa 流场距平场、200 hPa 纬向风距平场、高低空的纬向风距平切变的分布,对海温异常变化的绝对值大于一倍标准差的年份进行合成,从而进一步研究海温异常变化对东亚夏季风环流的影响。海温异常随时间变化为正的年份包括:1951,1963,

1965,1968,1972,1976,1982,1986,1997 年和 2002 年;海温异常随时间变化为负的年份包括:1954,1959,1970,1973,1975,1983,1988,1992,1995 年和 1998 年。

2.3.1 850 hPa 纬向风距平合成分析

从图 3 上可以看到,在海温异常随时间变化为正的合成年(图 3a),仅长江流域以南地区处于东风异常区,我国东北地区以及孟加拉湾—中南半岛—南海—西太平洋一线都处于西风异常区,而在海温

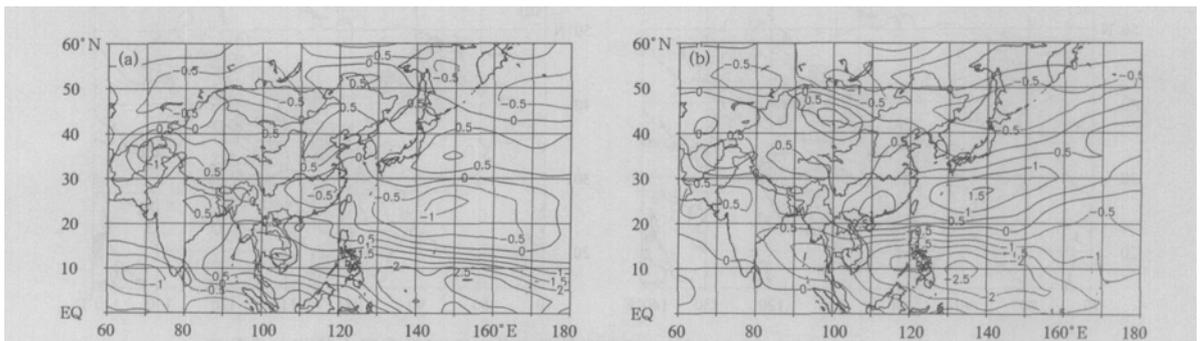


图 3 海温异常随时间变化为正(a)、负(b)时夏季 850 hPa 纬向风距平合成(单位: $m \cdot s^{-1}$)

异常随时间变化为负的合成年(图 3b),我国的大部分地区处于西风异常区,我国东北地区以及孟加拉湾—中南半岛—南海—西太平洋一线处于东风异常区;与海温异常随时间变化为正的合成年呈相反的分形势。这说明 3—8 月海温异常正负变化不同的年份,东亚的低层纬向风有很大的不同,尤其是在东北地区、长江流域以南及其孟加拉湾—南海—西太平洋地区。

2.3.2 850 hPa 流场距平合成分析

El Niño 位相的衰减阶段亚洲夏季风一般偏弱,

而增强阶段亚洲夏季风一般偏强。从图 4 上可以清楚地看到,在海温异常随时间变化为正时(图 4a),孟加拉湾—南海—西太平洋一线为强大的西风异常区,反气旋性的环流移到日本以东,而我国的西南季风较弱;而在海温异常随时间变化为负时(图 4b),印度半岛—孟加拉湾—南海—西太平洋一线为强大的东风异常区,反气旋性环流的位置偏南,此外,长江流域以南地区和东北地区的偏南风异常强盛,可为这些地区输送更多的水汽,有利于这些地区的降水。比较而言,海温异常随时间变化为负时,低层风

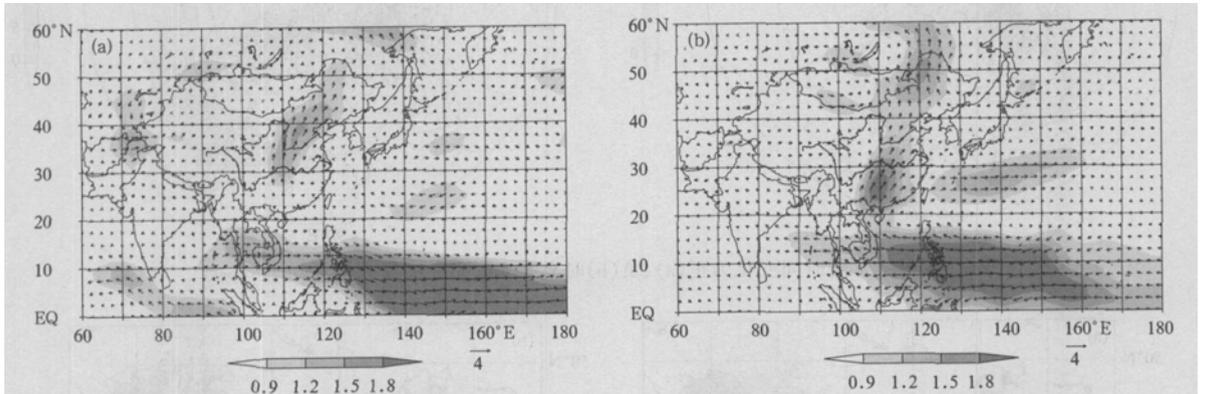


图 4 海温异常随时间变化为正(a)、负(b)时夏季 850 hPa 流场距平合成(单位: $m \cdot s^{-1}$)

场异常要强于海温异常随时间变化为正的年份。

2.3.3 200 hPa 纬向风距平合成分析

200 hPa 纬向风场是表征东亚夏季风的一个重要变量。从图 5 可以看到,在海温异常随时间变化为正时(图 5a),印度半岛—孟加拉湾—我国长江流域以南地区直至西太平洋一线处于西风异常区,我

国长江流域以北的大部分地区则处于东风异常区;而在海温异常随时间变化为负时(图 5b),西风异常区的位置南移,范围缩小,印度半岛中部以及长江流域到东北地区都处于东风异常区。比较可以得出,南海的北部以及印度半岛中部和长江流域都呈相反的分形势。

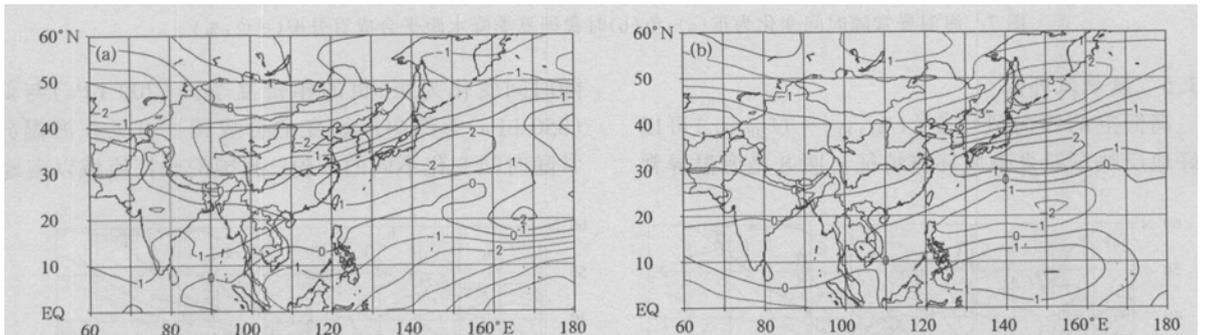


图 5 海温异常随时间变化为正(a)、负(b)时夏季 200 hPa 纬向风距平合成(单位: $m \cdot s^{-1}$)

2.3.4 500 hPa 高度距平合成分析

林学椿等^[14]研究发现:鄂霍次克海阻塞高压的建立和南海高压的强弱与我国夏季降水分布有密切的关系:鄂霍次克海阻塞高压的建立是长江流域多

雨的重要条件,南海高压的强弱在全国降水分布型中起着重要的作用。如果南海高压和鄂霍次克海阻塞高压都较强,则长江流域大水、全国多雨。从图 6 可以看到,在海温异常随时间变化为正时(图 6a),

我国的南海地区和鄂霍次克海—东西伯利亚为负高度距平场;而在海温异常随时间变化为负时(图 6b),南海地区和鄂霍次克海—东西伯利亚为正高度

距平场,正好呈现相反的分布形势。通过图 6 和图 7 的比较也可以发现,鄂霍次克海阻塞高压强时,则长江流域大水,全国多雨。

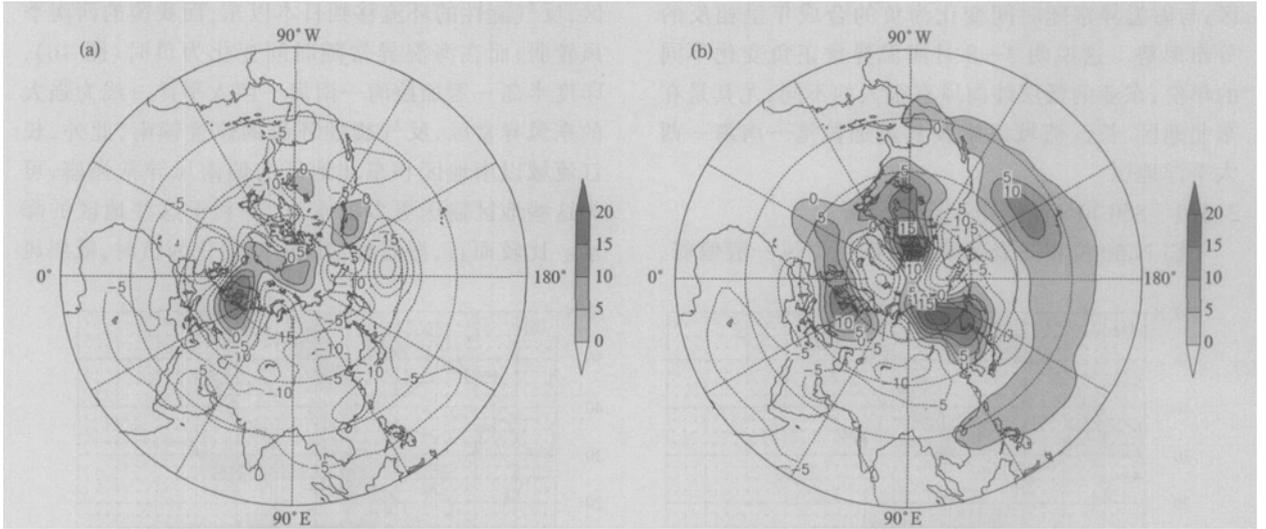


图 6 海温异常随时间变化为正(a)、负(b)时夏季 500 hPa 高度距平场(单位: gpm)

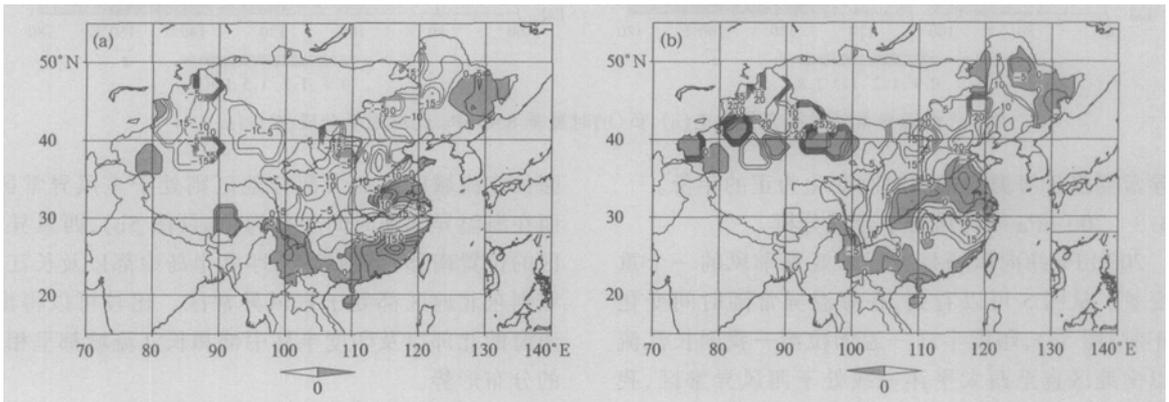


图 7 海温异常随时间变化为正(a)、负(b)时我国夏季降水距平合成百分率(单位: %)

2.3.5 夏季风环流

高低空的纬向风切变 ($U_{850 \text{ hPa}} - U_{200 \text{ hPa}}$) 可以较好地反映东亚夏季风环流特征。图 8 是海温异常

随时间变化为正、负的年份夏季高(200 hPa)与低(850 hPa)空纬向风切变的合成图。可见在海温异常随时间变化不同的年份,我国的长江流域以南地

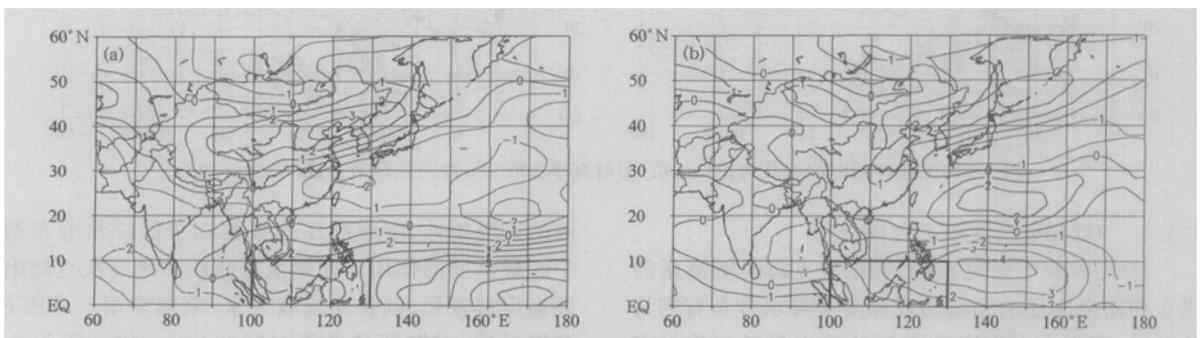


图 8 海温异常随时间变化为正(a)、负(b)时夏季高低空纬向风切变距平合成(单位: $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)

区—西太平洋、南海地区都呈相反分布形势,海温异常变化对东亚夏季风环流具有显著的影响。

3 小 结

在厄尔尼诺年的次年或厄尔尼诺事件衰减阶段的夏季,我国东部常出现南涝北旱的降水型分布,尤其是长江流域及其以南地区易发生特大暴雨。而且 ENSO 事件的不同阶段,降水型的分布也有很大的不同。本文从时间变化的角度提出一种新的观点,即认为赤道中东太平洋海温异常随时间的正负变化对我国夏季降水以及东亚夏季风有一定的影响,试图以赤道中东太平洋海温异常随时间的正负变化来统一冷、暖位相不同阶段的复杂关系。通过计算 Niño1+2、3、4 和 3.4 区 3—8 月海温异常变化与我国 160 站夏季降水的相关系数,研究了 4 个区域的海温异常变化与我国夏季降水的关系,初步得出海温异常变化与长江流域及江南地区、华北地区及西北东部地区的夏季降水有负相关关系,尤其是以 Niño3.4 区的海温异常变化相关性最高;同时计算了 Niño3.4 区海温异常变化与东亚夏季高低空纬向风垂直切变之间的关系,研究发现二者在南海、孟加拉湾,特别是西太平洋地区有显著的正相关关系。因此将 Niño3.4 区的海温异常作为外强迫信号,进一步研究了与东亚夏季风及我国降水之间的关系。

研究结果发现,在 850 hPa 纬向风距平场及流场距平场、200 hPa 纬向风距平场、500 hPa 高度距平场及高低空纬向距平风切变的合成图上,长江流域以南、南海及我国的东北地区都有显著的差异。进一步证实了海温异常的变化对东亚夏季风以及我国的夏季降水有一定的影响。

本文只是对海温异常的变化与东亚夏季风和我国的夏季降水之间的关系作了一个初步的诊断分

析,还有待于利用模拟试验和敏感性试验对海温异常变化与我国夏季降水和东亚夏季风之间的关系进行进一步的验证。

参 考 文 献

- [1] 王绍武. 现代气候学研究进展. 北京: 气象出版社, 2001: 278-303.
- [2] 陈月娟, 周任君, 武海峰. Niño1+2 海区冷、暖水期西太平洋副高的特征及其对东亚季风的影响. 大气科学, 2002, 26(3): 373-386.
- [3] 赵振国. 厄尔尼诺现象对北半球大气环流和中国降水的影响. 大气科学, 1996, 20(4): 422-428.
- [4] 黄荣辉, 孙凤英. 热带西太平洋暖池的热状况及其上空的对流活动对东亚夏季气候异常的影响. 大气科学, 1994, 18(2): 141-151.
- [5] 黄荣辉, 黄刚, 任保华. 东亚季风的研究进展及其需进一步研究的问题. 大气科学, 1999, 23(2): 129-141.
- [6] Zhang Renhe, Sumi A, Kimoto M. Impact of El Niño on the East monsoon: A diagnostic study of the 86/87 and 91/92 event. *J Meteor Soc*, 1996, 74: 49-62.
- [7] Chen Wen, Hans F Graf, Huang Ronghui. The interannual variability of East Asian winter monsoon and its relation to the summer monsoon. *Adv Atmos Sci*, 2000, 17(1): 48-60.
- [8] 张光智, 徐祥瑞, 苗秋菊. 影响东亚季风环流异常因子的敏感性试验. 应用气象学报, 1996, 7(3): 323-329.
- [9] 魏凤英. 全球海表温度变化与中国夏季降水异常分布. 应用气象学报, 1998, 9(增刊): 100-108.
- [10] 励申申, 寿绍文. 赤道东太平洋海温与我国江淮流域夏季旱涝的成因分析. 应用气象学报, 2000, 11(3): 331-338.
- [11] 林建, 何金海. 海温分布型对长江中下游旱涝的影响. 应用气象学报, 2000, 11(3): 339-347.
- [12] 黄荣辉. 引起我国夏季旱涝的东亚大气环流异常遥相关及其物理机制的研究 // 叶笃正, 黄荣辉. 旱涝气候研究进展. 北京: 气象出版社, 1990: 37-50.
- [13] 何敏. 热带环流强度变化与我国夏季降水异常的关系. 应用气象学报, 1999, 10(2): 171-180.
- [14] 林学椿, 张素琴. 1998 年中国特大洪涝时期的环流特征. 地球物理学报, 2000, 43(5): 607-615.

Relationship of the SSTA Temporal Variation in the Middle and East Equatorial Pacific in Spring and Summer to East Asia Summer Monsoon

Li Xiuping¹⁾²⁾ Luo Yong²⁾ Guo Pinwen¹⁾ Wang Shaowu³⁾ Xie Zhihui⁴⁾

¹⁾ (*Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044*)

²⁾ (*Laboratory for Climate Studies, National Climate Center, CMA, Beijing 100081*)

³⁾ (*School of Physics, Peking University, Beijing 100871*)

⁴⁾ (*Beijing Institute of Applied Meteorology, Beijing 100029*)

Abstract

East Asia summer monsoon has a distinct interannual variability, and the external forcing is one of main causes resulting in the interannual difference of East Asia summer monsoon, but the effect of the tropical sea surface temperature is the most prominent. Though SST is not the only factor that affects the weather and climate anomaly in China summer season, the tropical SSTA must be considered. Some previous researches only consider the influence of SSTA on East Asia summer monsoon in the different phases of warm and cold episodes. From the point of temporal variation, the study suggests a new point of view that the temporal variation of SSTA in the Middle and East Equatorial Pacific in spring-summer season has an effect on summer rainfall of China and East Asia summer monsoon. By using SSTA index of Niño1+2, 3, 4, 3.4 from 1951 to 2003, the analysis on the relationship between each of four regions temporal variation of SSTA from March to August and China summer precipitation is carried out. In the years of positive temporal variation of SSTA, there is less summer precipitation to the south of the Yangtze, North China and east part of Northwest China. The opposite situation occurred in the years with the negative temporal variation. Particularly the correlation coefficient is the highest between the temporal variation of SSTA of Niño3.4 region and summer precipitation. Thus, some further researches have been conducted regarding the temporal variation of SSTA of Niño3.4 region as a prediction signal. By means of calculating the correlation between the temporal variation of SSTA in Niño3.4 region and the vertical shear of zonal wind in East Asia, it is found that there is a significant relationship between the temporal variation of SSTA of Niño3.4 region and circulation pattern of East Asia summer monsoon. Furthermore, the composite analysis is done for the years of positive and negative temporal variation of SSTA respectively. The result shows that there are obvious differences in the 500 hPa height anomaly, 850 hPa zonal wind anomaly, 200 hPa zonal wind anomaly etc, especially to the south of the Yangtze River, South China Sea and Northeast China. The temporal variation of SSTA of Niño3.4 region in spring and summer can provide a prediction clue to the prediction of East Asia summer monsoon and the summer precipitation in China.

Key words: Niño3.4 region; SSTA; temporal variation; East Asia summer monsoon