

张志华,黄刚. 不同类型 El Nino 事件及其与我国夏季气候异常的关系[J]. 南京气象学院学报,2008,31(6):782-789.

不同类型 El Nino 事件及其与我国夏季气候异常的关系

张志华^{1,2},黄刚¹

(1. 中国科学院 大气物理研究所 季风系统研究中心,北京 100090;2. 中国科学院 研究生院,北京 100049)

摘要:详细讨论了不同类型 El Nino 事件与东亚夏季风(EAST ASIAN SUMMER MONSOON, EASM)和夏季降水的关系。结果表明,在西部型和驻波型 El Nino 事件的发展年,EASM 都是偏弱的,而东部型的 EASM 偏强;在西部型和驻波型 El Nino 事件的衰减年,EASM 偏强,而东部型的 EASM 正常。对于我国夏季降水,在西部型的发展年,华北、黄河中上游、洞庭湖与鄱阳湖流域以及华南部分地区降水偏少,而江淮流域降水偏多;在衰减年则相反。在驻波型的发展年,长江流域和华北北部降水显著偏少,华南、华北中部等地区降水偏多;在衰减年,四川盆地、华南等地区降水偏少,而长江流域、华北中部等地区降水偏多。在东部型的发展年,我国以少雨为主要特征,多雨区主要集中在四川盆地、黄淮流域;在衰减年,我国降水仍以干旱少雨为主要特征,多雨区主要位于华南、华北部分地区。

关键词:El Nino 事件;东亚夏季风;夏季降水

中图分类号:P461.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-2022(2008)06-0782-08

Different Types of El Nino Events and Their Relationships with China Summer Climate Anomaly

ZHANG Zhi-hua^{1,2}, HUANG Gang¹

(1. Center for Monsoon System Research, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100090, China;

2. Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The relationships between different types of El Nino events and East Asian summer monsoon (EASM) as well as summer precipitation in China are discussed in detail. In the developing years of western and standing-wave/eastern patterns El Nino events, EASM is weaker/stronger than the normal. In the decaying years of western and standing-wave/eastern patterns, EASM is rather stronger/normal. Moreover, in the developing years of western pattern El Nino events, the summer precipitation is less than the normal in North China, the upper and middle reaches of Yellow River, Dongting Lake and Poyang Lake valleys, and parts of South China, but it is relatively more in the Yangtze-Huaihe River Valley, and it is the reverse in the decaying years. In the developing years of standing-wave pattern, there are less rainfall in the Yangtze River Valley and the northern part of North China, and more one in South China and the middle part of North China. Rainfall in Sichuan basin and South China is less than the normal in the decaying years, meanwhile it is more in the Yangtze River Valley and the middle part of North China. Despite in the developing or decaying years of eastern pattern, the rainfall is less than the normal in most of China except for in Sichuan basin and Huanghe-Huaihe Valley in the developing year, and in parts of South China and North China in the decaying years.

Key words: El Nino event; East Asian summer monsoon; summer precipitation

收稿日期:2008-10-22;改回日期:2008-10-29

基金项目:国家海洋专项(908-02-01-02);“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAC03B03);国家重点基础研究发展计划项目(2004CB418300);国家重点基础研究发展计划项目(2006CB400500);科学院三期创新方向项目(KZCX2-YW-220);国家自然科学基金资助项目(40775051);国家自然科学基金资助项目(U0733002)

作者简介:张志华(1976—),男,河南新乡人,博士,研究方向为海气相互作用,zzh2126@163.com.

0 引言

ENSO(El Nino 与南方涛动)对全球范围许多地区的降水、气温等气候要素有重要影响,但对不同地区,其影响方式、强度和稳定性不同,表现出显著的区域性特征^[1]。

亚洲冬、夏季风环流系统是全球大气环流系统的重要组成部分,它们都具有显著的年际变化^[2]。特别是东亚季风的年际变化与我国的重大气候灾害有直接联系,季风的异常往往造成严重旱涝灾害,给国民经济造成很大的损失。ENSO 循环与东亚季风之间的相互关系,已经有学者进行了相关的研究^[3-5]。陈文^[3]指出 El Nino 爆发前的冬季在东亚地区往往有异常强的北风;El Nino 发展期的夏季,西太平洋副热带高压偏弱,同时影响我国的西南气流偏弱;El Nino 盛期的冬季,东亚地区则出现异常的南风;El Nino 衰亡期的夏季,西太平洋副热带高压偏强,同时影响我国的西南气流偏强。对于东亚夏季降水而言,符淙斌等^[6]、Huang 等^[7]以及 Zhang 等^[8]指出,东亚夏季风降水可能与 ENSO 循环的阶段性的有关。Huang 等^[7]认为在 El Nino 发展阶段,我国江淮流域常常出现洪涝灾害,而华北地区容易出现干旱;相反地,在 El Nino 事件的衰减阶段,我国江淮流域易出现干旱而我国华北地区的降水可能正常或偏多,江南的洞庭湖与鄱阳湖流域降水偏多,往往发生洪涝。

近来的观测研究表明,El Nino 事件中的赤道太平洋海温异常除了具有自西向东和自东向西两种典型传播类型以外,还有一种 El Nino 事件在开始时海温正异常从赤道西太平洋向东传播,然而正的 SSTA(sea surface temperature anomaly)在赤道中太平洋不再向东边界传播,赤道海温的分布特征表现为赤道中太平洋正异常,而赤道东西太平洋两边为负异常,如 1994/1995 年和 2002/2003 年 El Nino 事件,这种不典型的 El Nino 事件国外学者将其称为 ENSO “Modoki”^[9],在我国汛期预报会商中被称作“假 ENSO”。由于对这一类型的 El Nino 事件还缺乏清楚的认识,严重影响了我国汛期气候预报的准确性。本文将就这些不同类型的 El Nino 事件对东亚夏季风和我国夏季气候的影响进行研究。

1 资料及研究方法

本文使用的资料包括:HadISST 再分析月平均 SST 资料,水平分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$,时间为 1870 年 1

月—2005 年 12 月;NCEP/NCAR 再分析月平均风场资料,时间为 1948 年 1 月—2004 年 12 月,网格点为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$,高度为 850 hPa;中国 160 站的降水和气温资料,时间为 1951 年 1 月—2003 年 12 月。

本文的研究方法主要是合成分析。具体方法是:首先确定 El Nino 事件期间赤道中东太平洋关键区,对于西部型和东部型来说,正的 SSTA 中心一般出现在大洋东边界附近,以 Nino3 区 ($150 \sim 90^\circ\text{W}, 5^\circ\text{S} \sim 5^\circ\text{N}$) 为关键区;对于驻波型来说,由于 SST 正距平中心一般出现在赤道中太平洋,所以关键区定为 Nino3.4 区 ($170 \sim 120^\circ\text{W}, 5^\circ\text{S} \sim 5^\circ\text{N}$);然后,从选定的关键区 SSTA 指数的 3 个月滑动平均中找出最大值出现月份,以此月为零点,取其前后各 12 个月,再分类进行合成。

2 El Nino 事件的分类

本文根据 Nino3 指数判定 El Nino 事件是否发生。当 Nino3 指数达到或超过 0.5°C ,并持续 6 个月以上就认为 El Nino 事件发生了。以此为标准,计算 HadISST 资料的 Nino3 指数的 3 个月滑动平均值,如图 1 所示。从图可以发现,1870—2005 年间共发生 25 次 El Nino 事件,分别是:1877/1878, 1888/1889, 1896/1897, 1899/1900, 1902/1903, 1904/1905, 1911/1912, 1914/1915, 1918/1919, 1925/1926, 1930/1931, 1940/1941, 1951/1952, 1957/1958, 1963/1964, 1965/1966, 1968/1970, 1972/1973, 1976/1977, 1982/1983, 1986/1988, 1991/1992, 1994/1995, 1997/1998 和 2002/2003 年。作为 Nino3 指数的参照,图 1 同时给出的还有南方涛动指数(SOI)。由图 1 可以看出,Nino3 指数与 SOI 指数之间存在很好的反相关关系。

之前的研究大多根据周期、振幅、爆发时间或正 SSTA 首先出现的区域来对 El Nino 事件进行分类。Quinn^[10]和 Wang^[11]将 El Nino 事件按强弱分成若干等级。Tomita 等^[12]按照持续时间将 El Nino 事件分成持续 2 a 以上和持续 2 a 以下两种类型。臧恒范等^[13]、Xu 等^[14]及 Horii 等^[15]把 El Nino 事件以发生的季节进行分类,并探讨了不同季节发生 ENSO 事件的可能原因。林学椿等^[16]、赵永平等^[17]和李晓燕等^[18]按正 SSTA 首先出现的区域将 El Nino 事件分成中部型和东部型。Fu 等^[19]则是按照 El Nino 事件过程中海温主要增暖区范围进行分类。上述这些研究都没有对 El Nino 事件发展过程中正 SSTA 的传播特征进行分析。SSTA 的传播是

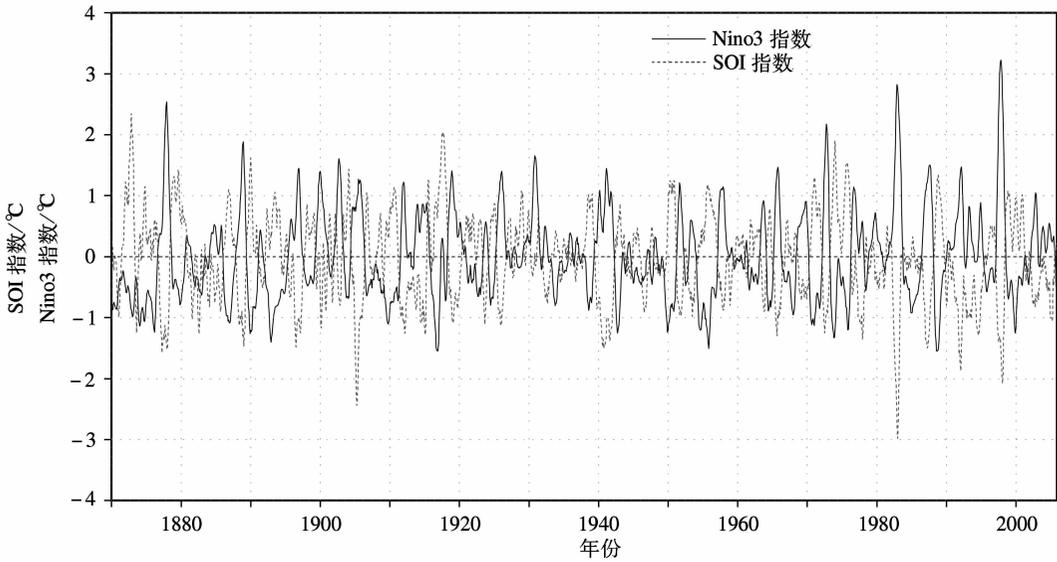


图 1 1870—2005 年的 Nino3 指数和 SOI 指数时间序列

Fig. 1 Time series of Nino3 index (solid line) and SOI index (dashed line) from 1870 to 2005

El Niño事件的主要特征之一^[20-21],因此本文在对 ENSO 事件进行分类时,以正 SSTA 首先出现的区域及其传播特征作为分类的依据。据此,可以将 El Niño事件分成 3 种类型:第 1 种类型,正 SSTA 最先出现在赤道中西太平洋,然后向东发展一直到东边界,称为西部型;第 2 类,正的 SSTA 最先出现在赤道中西太平洋而后再逐渐向东扩展,但是在中东太平洋呈驻波振荡特征,不再向东边界发展,称为驻波型;第 3 类,SSTA 最先从赤道东太平洋开始变成正距平,然后海温正距平逐渐向西部扩展,称为东部型。据此,1870—2005 年间 25 次 El Niño 事件的分类结果见表 1。

表 1 1870—2005 年间 El Niño 事件的分类

Table 1 Classification of El Niño events from 1870 to 2005

序号	东部型	西部型	驻波型
1	1877/1878	1902/1903	1896/1897
2	1888/1889	1904/1905	1899/1900
3	1911/1912	1914/1915	1940/1941
4	1918/1919	1930/1931	1963/1964
5	1925/1926	1957/1958	1968/1970
6	1951/1952	1972/1973	1991/1992
7	1965/1966	1982/1983	1994/1995
8	1976/1977	1986/1988	2002/2003
9		1997/1998	

从表 1 的分类并结合图 1 的 Nino3 指数观察发现,大多数西部型 El Niño 事件中的 Nino3 指数最

大值超过 $2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$,属于强的暖事件;而东部型和驻波型 El Niño 事件一般较弱。

虽然 HadISST 海温资料长度有 136 a,但是其他如降水和大气风场等资料大都从 1950 年以后开始,因此,本文仅对 1950 年以后的 13 次 El Niño 事件进行分类合成分析。对于西部型 El Niño 事件(图 2a),正的海表温度异常最早出现在赤道西太平洋,然后正的 SSTA 向东发展,越过日界线以后,迅速在东太平洋加强,最终形成强的 El Niño 事件。图 2b 为驻波型 El Niño 事件。如图 2b 所示,虽然正的 SSTA 也是最先出现在赤道西太平洋而后逐渐向东扩展,但是在越过日界线以后,最大正 SSTA 中心只是维持在中太平洋,而不再向东边界发展,表现出明显的驻波振荡特征,这与西部型 El Niño 事件形成鲜明对比。图 2c 为合成的东部型 El Niño 事件赤道太平洋 SSTA 随时间演变。由图 2c 可以看到,正 SSTA 距平首先出现在赤道东太平洋的东边界附近,然后逐渐增强并且范围从南美沿岸向西扩展,在赤道中东太平洋发展到成熟阶段,在这期间内,日界线以西的赤道西太平洋 SSTA 都维持着负距平。

3 不同类型 El Niño 事件与东亚夏季风异常的关系

为了考察东亚夏季风对不同类型 El Niño 事件的响应,本文分析了 850 hPa 风场在不同类型 El Niño 事件的异常分布。图 3 ~ 5 分别是合成的西部型、东部型和驻波型 El Niño 事件发展年及衰减年夏季(6—8 月平均)850 hPa 风场异常。由图 3a 可

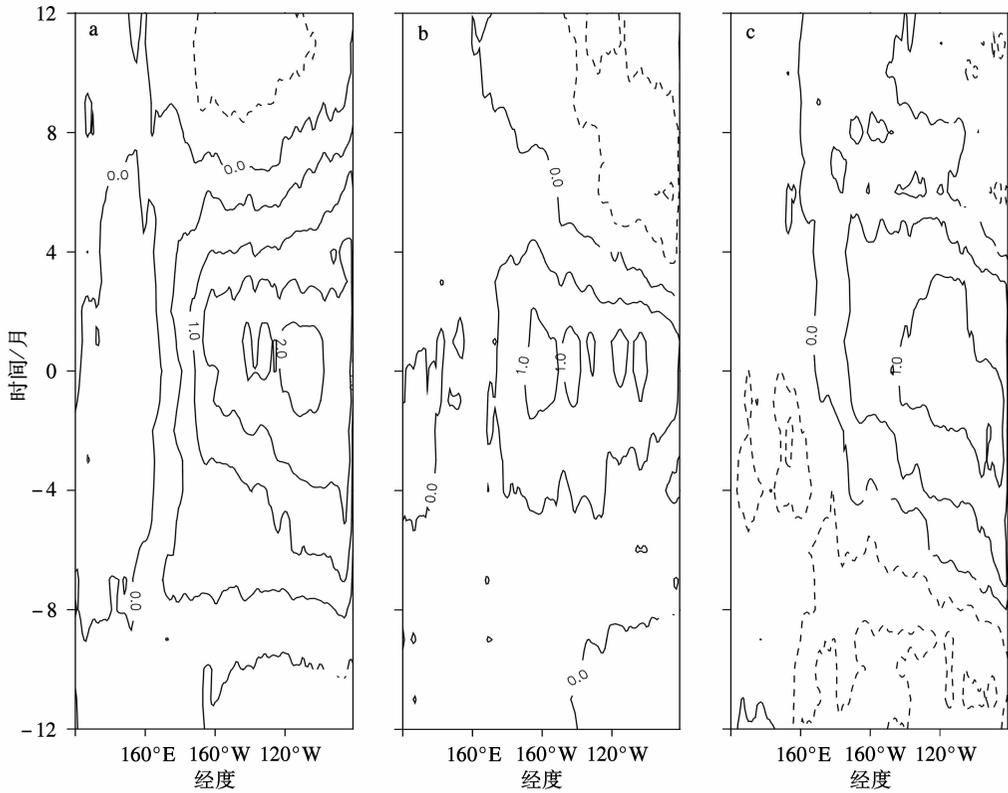


图 2 观测的(HadISST)赤道太平洋(5°S~5°N 平均) SSTA(°C)随时间演变(等值线间隔 0.5 °C)

a. 西部型;b. 驻波型;c. 东部型

Fig. 2 Longitude-time cross-sections of the averaged observational (HadISST) SSTA(°C) along 5°S—5°N in equatorial Pacific Ocean(Contour interval is 0.5 °C)

a. western pattern;b. standing-wave pattern;c. eastern pattern

以发现,在西部型 El Nino 事件的发展年,热带西太平洋有异常的气旋性风场,表明西太平洋副热带高压偏弱,从我国东北地区贯穿到华南沿海的偏北风异常说明影响西南暖湿气流较弱,因而东亚夏季风偏弱。衰减年的夏季(图 3b),西太平洋为异常的反气旋性环流,说明副热带高压较正常偏强;另外从云南、广西吹来的一股异常西南风,可以影响到长江流域,因而东亚夏季风较强。

东部型 El Nino 事件的发展年(图 4a),从我国南海、东海直到日本海等海域均为明显的西南风异常,我国东部大陆也有较强的南风异常,说明东亚夏季风偏强;而东部型的衰减年(图 4b),则只有南海出现西南风异常,我国大陆没有明显的南风或北风异常,说明是正常的东亚夏季风。

对于驻波型 El Nino 事件(图 5),发展年(图 5a)我国长江以南多为东北风异常,说明东亚夏季风偏弱;衰减年(图 5b)则相反,我国南方地区西南风异常很强,东亚夏季风偏强。

综合上面的分析可以发现,在西部型和驻波型 El Nino 事件的发展年东亚夏季风都是偏弱的,而东

部型则相反,夏季风偏强;衰减年的西部型和驻波型 El Nino 事件,夏季风是偏强的,而东部型是正常的夏季风。

4 不同类型 El Nino 事件与我国夏季降水异常的关系

图 6~8 为 3 种类型 El Nino 事件分别合成的我国夏季(6—8 月)降水距平百分比。由西部型 El Nino 事件发展年和衰减年夏季降水(图 6)可以发现,在发展年(图 6a),我国华北和黄河中上游流域存在降水显著偏少的现象,另外西北地区的新疆东部也是少雨区,洞庭湖、鄱阳湖流域及华南部分地区降水略为偏少;江淮流域多雨,松花江流域降水也略有偏多,这些地区历史上都经常发生洪涝灾害,因此需要格外关注。此外甘肃西部和新疆塔里木盆地存在降水异常大值区,但是因为这些地方本来就干旱少雨,因而发生洪涝灾害的可能不大。在衰减年(图 6b),我国很多区域降水异常和发展年呈反位相分布,如华北大部和黄河中上游流域及洞庭湖、鄱阳湖流域降水异常偏多,江淮流域反而异常偏少。另

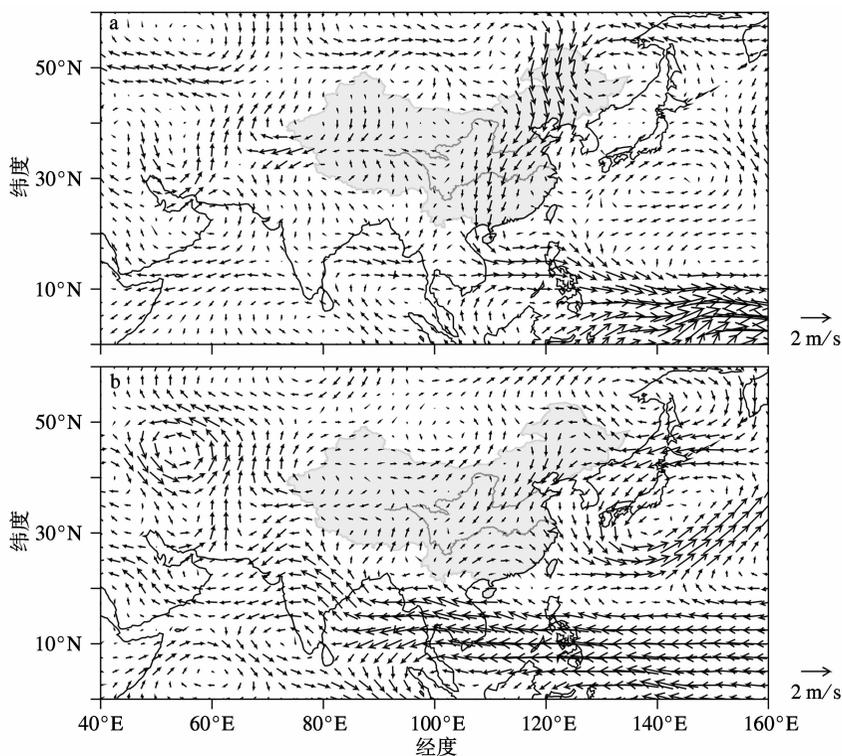


图3 西部型 El Niño 事件发展年(a)和衰减年(b)夏季 850 hPa 风场异常(单位:m/s)
 Fig. 3 850 hPa wind anomaly(m/s) in summer during western pattern El Niño events
 in (a) the developing and (b) decaying years

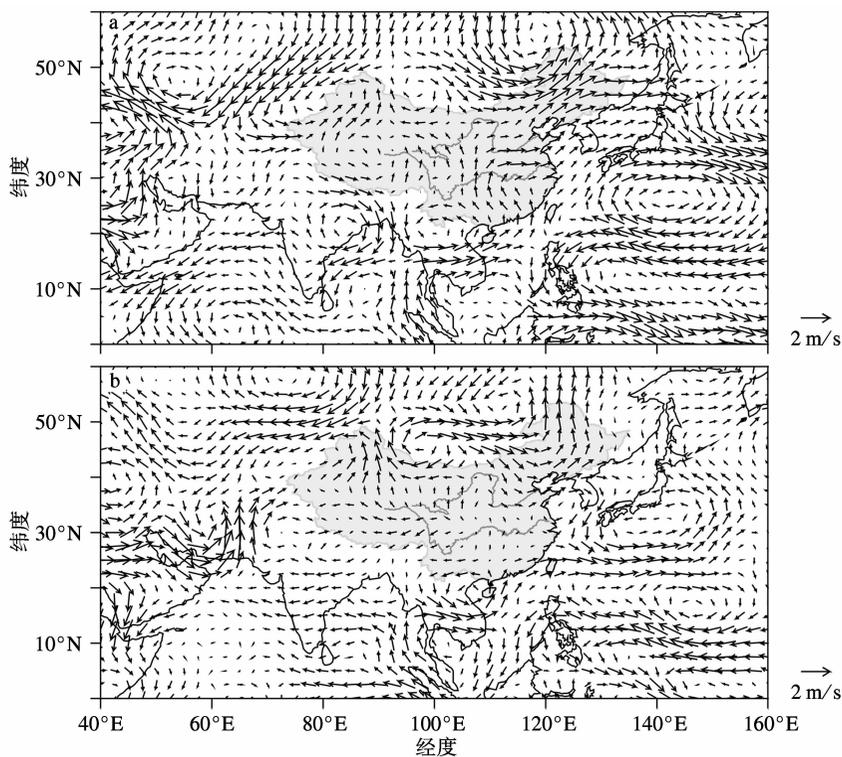


图4 东部型 El Niño 事件发展年(a)和衰减年(b)夏季 850 hPa 风场异常(单位:m/s)
 Fig. 4 850 hPa wind anomaly(m/s) in summer during eastern pattern El Niño events
 in (a) the developing and (b) decaying years

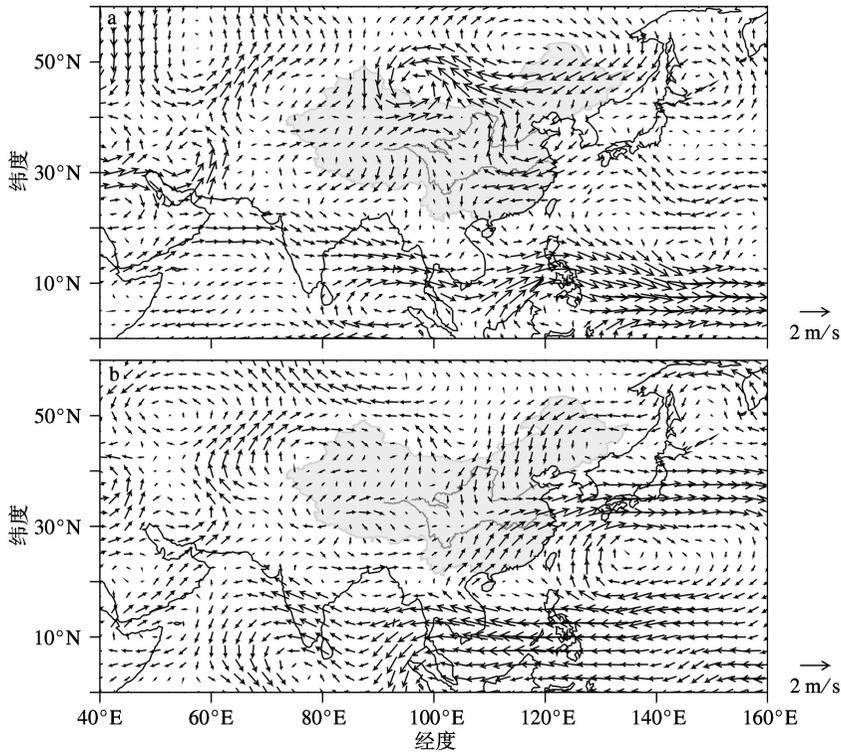


图 5 驻波型 El Nino 事件发展年(a)和衰减年(b)夏季 850 hPa 风场异常(单位:m/s)
 Fig. 5 850 hPa wind anomaly(m/s) in summer during standing-wave pattern El Nino events
 in (a) the developing and (b) decaying years

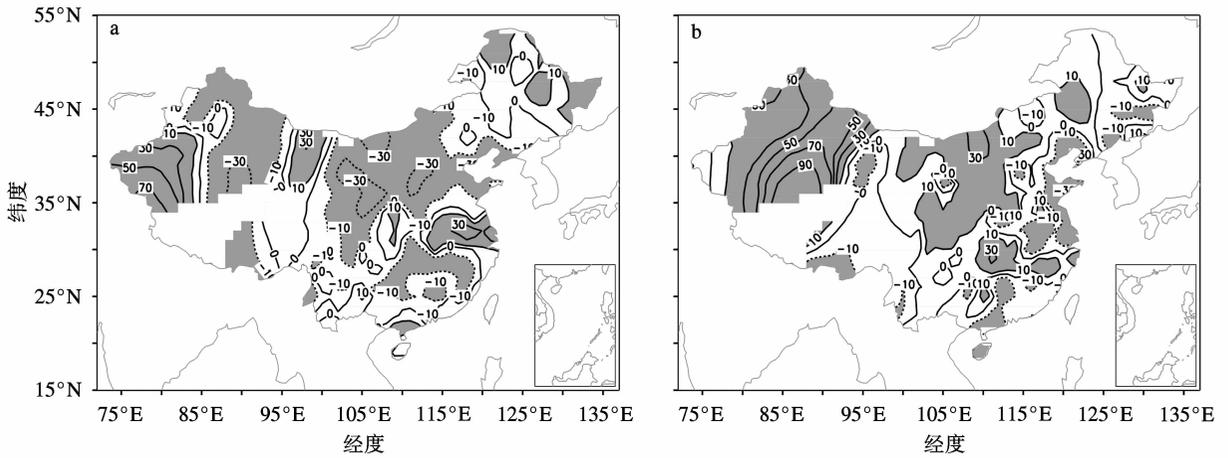


图 6 西部型 El Nino 期间我国夏季降水距平百分比(单位:%;阴影区表示距平百分比绝对值大于 10%)
 a. 发展年;b. 衰减年
 Fig. 6 Summer precipitation anomaly percentage in China during western pattern El Nino events
 (units:%;the absolute values of anomaly percentage greater than 10% are shaded)
 a. in the developing years;b. in the decaying years

外在新疆大部,降水异常偏多。

对于东部型 El Nino 事件发展年和衰减年的夏季降水异常(图 7),则没有明显的反位相关系。发展年(图 7a)全国主要以少雨为特征,少雨区有华北、长江中游流域、黄河河套地区及新疆等;而多雨区分布面积小而且比较零散,降水异常大值区主要

是四川盆地、黄淮流域。在衰减年(图 7b),仍然是以干旱少雨为主要特征,如长江黄河之间的广大地区,内蒙东部,新疆、青海的大部分地区降水都明显偏少;异常多雨区主要在华南、华北及河西走廊。

对于驻波型(图 8),也能看到类似西部型的发展年和衰减年降水异常分布大致反位相的情况。发

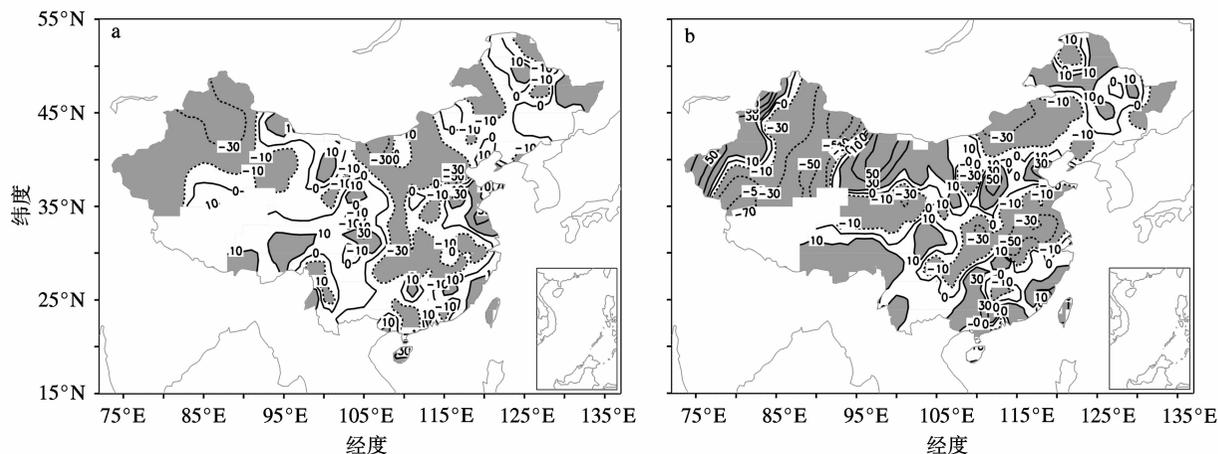


图 7 东部型 El Niño 期间我国夏季降水距平百分比(单位:%;阴影区表示距平百分比绝对值大于 10%)
a. 发展年;b. 衰减年

Fig. 7 Summer precipitation anomaly percentage in China during eastern pattern El Niño events
(units:%;the absolute values of anomaly percentage greater than 10% are shaded)
a. in the developing years;b. in the decaying years

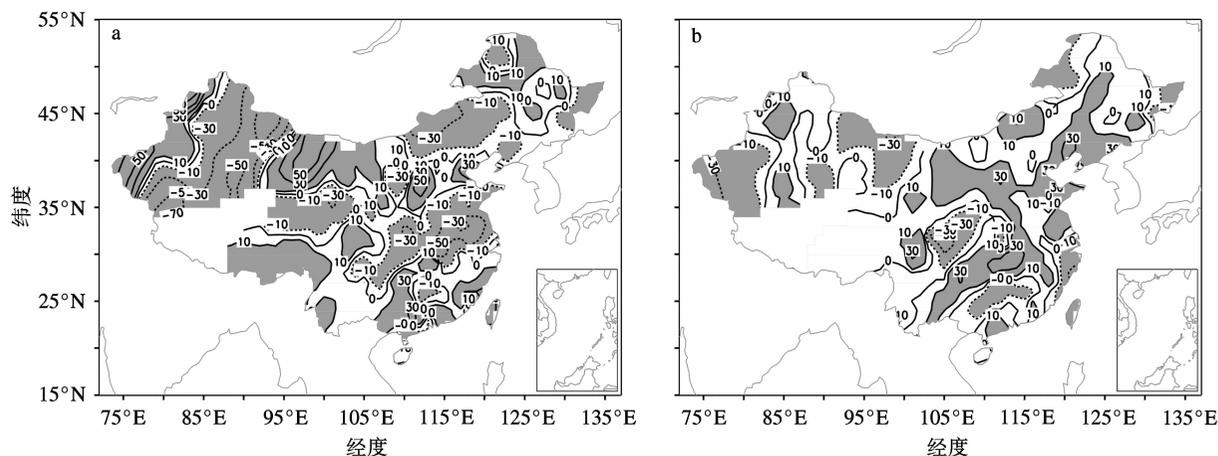


图 8 驻波型 El Niño 期间我国夏季降水距平百分比(单位:%;阴影区表示距平百分比绝对值大于 10%)
a. 发展年;b. 衰减年

Fig. 8 Summer precipitation anomaly percentage in China during standing-wave pattern El Niño events
(units:%;the absolute values of anomaly percentage greater than 10% are shaded)
a. in the developing years;b. in the decaying years

展年(图 8a)的长江流域和华北北部降水明显偏少,华南、华北中部以及河西走廊、四川盆地降水异常偏多。而衰减年(图 8b),降水偏少的地区有四川盆地、河西走廊,华南降水偏少或接近正常;降水偏多的地区有长江流域、华北中部、辽东半岛等地。

由上述分析可得,不仅不同类型的 El Niño 事件之间降水异常分布差异很大,即使在同一类型的 El Niño 事件的发展年和衰减年的降水分布也存在很大差异。降水异常分布与夏季风异常之间的联系相当紧密。

5 小结

(1) 不同类型 El Niño 事件对东亚夏季风以及我国夏季降水的影响存在很大差异。对于东亚夏季风而言,在西部型和驻波型 El Niño 事件的发展年东亚夏季风都是偏弱的,而东部型则相反,夏季风偏强;衰减年的西部型和驻波型 El Niño 事件的夏季风是偏强的,而东部型是正常的夏季风。

(2) 西部型和驻波型 El Niño 事件的发展年和衰减年的降水异常分布大致呈反位相分布。在西部型的发展年,华北、黄河中上游流域、洞庭湖与鄱阳

湖流域和华南部分地区降水偏少,而江淮流域多雨。在衰减年则相反,华北大部、黄河中上游流域、洞庭湖与鄱阳湖流域降水异常偏多,江淮流域少雨。驻波型的发展年,长江流域和华北北部降水明显偏少,华南、华北中部等地降水异常偏多;在衰减年,四川盆地、华南等地降水偏少,长江流域、华北中部等地降水偏多。对于东部型 El Nino 事件发展年和衰减年的夏季降水异常,则没有明显的反位关系,发展年我国主要以少雨为特征,而多雨区主要集中在四川盆地、黄淮流域;在衰减年,仍然是以干旱少雨为我国降水主要特征,多雨区主要是华南、华北等。

不同类型的 El Nino 事件对我国夏季异常有不同影响,对其他季节的气候异常又有什么影响呢?乃至对全球气候异常有什么影响,产生这些影响的物理机制是什么? 这些问题将在以后的工作中作进一步研究。

参考文献:

- [1] Ropelewski C F, Halpert M S. Global and regional scale temperature patterns associated with the El Nino/Southern Oscillation [J]. *Mon Wea Rev*, 1987, 115(8): 1606-1626.
- [2] 陈隆勋,朱乾根,罗会邦. 东亚季风[M]. 北京:气象出版社, 1991:362.
- [3] 陈文. El Nino 和 La Nina 事件对东亚冬、夏季风循环的影响 [J]. *大气科学*, 2002, 26(5): 595-610.
- [4] 冯晓伟,孙照渤. ENSO 对东亚夏季风强度的影响 [J]. *南京气象学院学报*, 1998, 21(2): 196-200.
- [5] 倪东鸿,孙照渤,赵玉春. ENSO 循环在夏季的不同位相对东亚夏季风的影响 [J]. *南京气象学院学报*, 2000, 23(1): 48-54.
- [6] 符淙斌,滕星林. 我国夏季的气候异常与埃尔尼诺/南方涛动现象的关系 [J]. *大气科学*, 1988, 12(特刊): 133-141.
- [7] Huang Ronghui, Wu Yifang. The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanism [J]. *Adv Atmos Sci*, 1989, 6(1): 21-32.
- [8] Zhang R, Sumi A, Kimoto M. Impact of El Nino on the East Asian monsoon: A diagnostic study of the 86/87 and 91/92 events [J]. *J Meteor Soc Japan*, 1996, 74(1): 49-62.
- [9] Weng H. Impacts of recent El Nino Modoki on dry/wet conditions in the Pacific during boreal summer [J]. *Climate Dyn*, 2007, 29(2): 113-129.
- [10] Quinn W H. El Nino occurrences over the past four and a half centuries [J]. *J Geophys Res*, 1987, 92(C13): 14449-14461.
- [11] Wang Shaowu. Reconstruction of El Nino event chronology for the last 600 year period [J]. *Acta Meteor Sinica*, 1992, 6(1): 47-57.
- [12] Tomita T, Yasunari T. On the two types of ENSO [J]. *J Meteor Soc Japan*, 1993, 71(2): 273-284.
- [13] 臧恒范,王绍武. 1854—1987 年期间的埃尔尼诺与反埃尔尼诺事件 [J]. *海洋学报*, 1991, 13(1): 26-34.
- [14] Xu J, Chan J C L. The role of the Asian-Australian monsoon system in the onset time of El Nino events [J]. *J Climate*, 2001, 14(3): 418-433.
- [15] Horii T, Hanawa K. A relationship between timing of El Nino onset and subsequent evolution [J]. *Geophys Res Lett*, 2004, 31, L06304, doi:10. 1029/2003GL019239.
- [16] 林学椿,于淑秋. 厄尔尼诺与我国汛期降水 [J]. *气象学报*, 1993, 51(4): 434-441.
- [17] 赵永平,陈永利. 一百多年来 ENSO 事件分类和 ENSO 循环研究 [J]. *海洋湖沼学报*, 1998, 8(3): 7-12.
- [18] 李晓燕,翟盘茂. ENSO 事件指数与指标研究 [J]. *气象学报*, 2000, 58(1): 102-109.
- [19] Fu C, Diaz H F, Fletcher J O. Characteristics of the response of sea surface temperature in the central Pacific associated with warm episodes of the Southern Oscillation [J]. *Mon Wea Rev*, 1986, 114(9): 1716-1738.
- [20] 张人禾,黄荣辉. El Nino 事件发生和消亡中热带太平洋纬向风应力的动力作用: I. 资料诊断和理论 [J]. *大气科学*, 1998, 22(4): 587-599.
- [21] 黄荣辉,张人禾,严邦良. 热带西太平洋纬向风异常对 ENSO 循环的动力作用 [J]. *中国科学: D 辑*, 2001, 31(8): 697-704.