

陶威, 陈权亮. 2018. 两类 El Niño 事件对我国西南地区冬季降水的影响 [J]. 气候与环境研究, 23 (6): 749–757. Tao Wei, Chen Quanliang. 2018. Impacts of two types of El Niño events on winter precipitation in Southwest China [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 23 (6): 749–757, doi:10.3878/j.issn.1006-9585.2018.17165.

## 两类 El Niño 事件对我国西南地区冬季降水的影响

陶威 陈权亮

成都信息工程大学大气科学学院, 高原大气与环境四川省重点实验室, 成都 610225

**摘要** 采用 1960~2014 年西南地区 93 个站的逐月降水资料以及 NCEP/NCAR 再分析月平均资料, 分析了东部型 El Niño (EP El Niño) 和中部型 El Niño (CP El Niño) 对我国西南地区冬季降水的不同影响。结果表明, EP El Niño 年冬季和 CP El Niño 事件中 1994/1995 年、2002/2003 年冬季, 我国西南地区受异常偏东风影响, 获得来自孟加拉湾和南海的水汽供应。同时, 西南地区存在明显的辐合上升运动, 上升运动异常增强, 对流加强, 导致西南地区冬季降水偏多; 而 CP El Niño 事件中 1968/1969 年、1977/1978 年, 2004/2005 年、2009/2010 年冬季, 我国西南地区受异常西北风影响, 来自孟加拉湾和南海的水汽减少。同时, 西南地区存在明显的辐散下沉运动, 上升运动异常减弱, 对流减弱, 导致西南地区冬季降水偏少。

**关键词** 东部型 El Niño 中部型 El Niño 降水

文章编号 1006-9585 (2018) 06-0749-09

中图分类号 P434

文献标识码 A

doi:10.3878/j.issn.1006-9585.2018.17165

## Impacts of Two Types of El Niño Events on Winter Precipitation in Southwest China

TAO Wei and CHEN Quanliang

*Department of Atmospheric Sciences, Chengdu University of Information Science and Technology, Plateau Atmosphere and Environment Key Laboratory of Sichuan Province, Chengdu 610225*

**Abstract** The present study analyzes different effects of EP El Niño and CP El Niño on winter precipitation in Southwest China using monthly precipitation data collected at 93 stations in southwestern region of China and the NCEP/NCAR monthly reanalysis data. The results show that in the winters of EP El Niño years and the two winters (i.e., 1994/1995 and 2002/2003) of CP El Niño years, the southwestern region of China was affected by abnormal easterly winds with water vapor supply coming from the Bay of Bengal and the South China Sea. At the same time, obvious convergence and ascending motion occurred in Southwest China and the updraft was abnormally strong, leading to severe convection and higher than normal winter precipitation in Southwest China. However, in the winters of CP El Niño years (i.e., 1968/1969, 1977/1978, 2004/2005, and 2009/2010), Southwest China was affected by abnormal northwesterly winds, and the water vapor supply from the Bay of Bengal and the South China Sea decreased. Meanwhile, significant divergence and descending motion developed in Southwest China, which suppressed the rising of air mass and weakened convection, leading to the decrease in precipitation in the winter in Southwest China.

收稿日期 2017-11-27; 网络预出版日期 2018-07-15

作者简介 陶威, 男, 1991 年出生, 硕士研究生, 主要从事气候变化方面研究。E-mail: 335196703@qq.com

通讯作者 陈权亮, E-mail: chenql@cuit.edu.cn

资助项目 国家自然科学基金资助项目 41475037, 公益性行业 (气象) 科研专项资助项目 GYHY201506013

**Funded by** National Natural Science Foundation of China (Grant 41475037), Special Fund for Meteorological Scientific Research in the Public Interest (Grant GYHY201506013)

**Keywords** EP El Niño, CP El Niño, Precipitation

## 1 引言

研究表明 ENSO 的发生、发展会导致全球大气环流异常, 并且通过大气环流异常对我国降水造成影响。因为 ENSO 对我国降水的巨大影响, 所以国内许多学者关于 ENSO 对我国降水的影响已作了很详细的研究, 并且得出了许多成果。李存强(1991)、金祖辉和陶诗言(1999)的研究结果指出, 当 ENSO 事件处于发展年的夏季时, 我国少雨区远大于多雨区, 其中多雨区位于我国长江和黄河流域之间; 而当 El Niño 次年的夏季时, 我国长江中下游地区为多雨区, 而黄河、华南、华北和西南地区为少雨区。Huang and Wu (1989)、黄荣辉 (2004)、陈文 (2002) 和朱益民等 (2007) 的研究得出, 当 El Niño 事件处于发展阶段时, 我国南部沿海地区夏季降水偏多, 而华北地区夏季降水偏少; 当 El Niño 事件处于衰亡阶段时, 我国东南沿海地区夏季降水偏少, 而我国北方地区夏季降水偏多。邹力和倪允琪 (1997) 研究得出, ENSO 严重影响了我国东部夏季降水, 当 El Niño 次年时, 我国东南沿海地区降水偏多, 而我国华南地区降水偏少。龚道溢和王绍武 (1998, 1999) 的研究结果得出, 当 El Niño 年时, 我国江南地区降水偏多, 而我国华北和东北地区降水偏少, La Niña 年降水趋势与 El Niño 年相反。

自 20 世纪 90 年代以来赤道太平洋出现的与传统 El Niño 不同的海温异常变化越来越频繁。Ashok et al. (2007) 将这种与传统 El Niño 不同的海温分布定义为“El Niño Modoki”。同时其他学者也对这种不同于传统 El Niño 的海温分布给出了各自的定义, 如 Kao and Yu (2009) 将这种新的 El Niño 定义为“中部型 El Niño (CP El Niño)”, Kug et al (2009) 将这种新的 El Niño 定义为“Warm Pool (WP) El Niño”, Larkin and Harrison (2005) 将这种新的 El Niño 定义为“Dateline El Niño”等。近年来 CP El Niño 发生越来越频繁并对我国大气环流及降水有显著的影响。王苏瑶和李忠贤 (2011) 研究指出, El Niño Modoki 指数有准五年周期特征, 而且当 El Niño Modoki 秋季时, 我国江淮流域冬季降水偏多, 而我国东南地区冬季降水偏少。冯娟和陈文

(2009)、冯娟等 (2010) 研究得出, 当太平洋中部海温产生正的异常时, 我国江淮区域和西南地区降水偏少, 且易产生高温, 而我国华南、西南地区的南部易发生低温多雨的天气气候。Feng et al. (2010, 2011) 研究得出当 El Niño 事件处于衰亡阶段的夏季时, 我国长江到黄河流域降水偏多; 而当 El Niño Modoki 事件处于衰亡阶段的夏季时, 我国华南地区降水偏少。Zhang et al. (2011, 2013, 2014) 研究了两类 El Niño 与中国南方秋季气候异常的关系, 并且讨论了 CP El Niño 对中国西南 2009 年秋季旱的可能影响。现在两类 El Niño 对我国西南地区秋季降水的影响有了清楚的认识, 但是对于冬季降水的影响仍不清楚, 需要进一步研究。同时 Wang et al. (2015) 研究得出, 过去 50 年, 西南干旱事件发生的频率增加、强度也增强, 而且干旱风险在 21 世纪很可能将继续增加。因而, 研究东部型 El Niño (EP El Niño) 与 CP El Niño 对我国西南地区冬季降水的影响和造成冬季降水异常的物理机制非常重要, 可进一步降低西南地区降水异常的影响。因此, 本文将对我国西南地区冬季降水进行研究, 探讨 EP El Niño 与 CP El Niño 对我国西南地区冬季降水的不同影响, 并给出两类 ENSO 造成西南地区冬季降水异常的物理解释。

## 2 资料和方法

资料为: 1) 中国气象局国家气象中心提供的 756 站观测资料, 选取 1960~2014 年共 55 a 西南地区 93 个站的逐月降水资料; 2) Met Office Hadley Center 提供的 1960~2014 年逐月海表温度资料; 3) NCEP/NCAR 提供的 1960~2014 年再分析月平均资料, 要素包括风速、垂直速度、位势高度、向外长波辐射 (outgoing longwave radiation, OLR) 等, 水平分辨率为  $2.5^\circ$  (纬度)  $\times 2.5^\circ$  (经度)。

根据 Ren and Jin (2011) 定义的中华人民共和国国家标准 El Niño 事件判别方法。本文分别选取  $I_{EP}$  和  $I_{CP}$  指数来表征 EP El Niño 与 CP El Niño 事件。下面分别给出这两个指数的表达式, 即

$$I_{EP} = I_{Ni\tilde{N}O3} - \alpha \times I_{Ni\tilde{N}O4}, \quad (1)$$

$$I_{CP} = I_{Ni\tilde{N}O4} - \alpha \times I_{Ni\tilde{N}O3}, \quad (2)$$

其中,  $I_{EP}$  为东部型 El Niño 指数 (单位:  $^{\circ}\text{C}$ );  $I_{CP}$  为中部型 El Niño 指数 (单位:  $^{\circ}\text{C}$ );  $I_{Ni\text{N}03}$  为 Niño3 指数 (单位:  $^{\circ}\text{C}$ );  $I_{Ni\text{N}04}$  为 Niño4 指数 (单位:  $^{\circ}\text{C}$ );  $\alpha$  为参数, 当  $I_{Ni\text{N}03} \times I_{Ni\text{N}04} > 0$  时,  $\alpha=0.4$ ; 当  $I_{Ni\text{N}03} \times I_{Ni\text{N}04} \leq 0$  时,  $\alpha=0$ 。

由于极端降水特别是干旱灾害对人口稠密、经济发达的地区造成的影响更大, 因此仅将四川、重庆、云南、贵州 4 省所在的西南地区作为研究区域, 范围为 ( $20^{\circ}\text{N} \sim 35^{\circ}\text{N}$ ,  $95^{\circ}\text{E} \sim 111^{\circ}\text{E}$ )。一般 El Niño 在冬季发展到成熟, 同时西南地区的干季在 11 月至次年 4 月, 且降水量只占全年降水量的  $10\% \sim 20\%$ 。因此研究时段为西南地区 1960~2014 年冬季降水 (12 月至次年 2 月)。本文主要采用合成分析的方法研究了 EP El Niño 和 CP El Niño 事件与我国西南地区冬季降水的关系和影响降水的物理机制, 信度检验方法为  $t$  检验。

SSTA) 合成。根据中华人民共和国国家标准 El Niño 事件判别方法, EP El Niño 为  $I_{EP}$  的绝对值达到或超过  $0.5^{\circ}\text{C}$  并至少持续 3 个月且冬季最大 SSTA 在  $150^{\circ}\text{W}$  以东; CP El Niño 为  $I_{CP}$  的绝对值达到或超过  $0.5^{\circ}\text{C}$  并至少持续 3 个月且冬季最大 SSTA 在  $150^{\circ}\text{W}$  以西, 其中 EP El Niño 确定的年份为 1965/1966 年、1972/1973 年、1976/1977 年、1982/1983 年、1991/1992 年、1997/1998 年; CP El Niño 确定的年份为 1968/1969 年、1977/1978 年、1994/1995 年、2002/2003 年、2004/2005 年、2009/2010 年。由图 1 可以看出, EP El Niño 事件, SSTA 正值主要在日界线以东, 大值中心在  $120^{\circ}\text{W}$  附近, 日界线以西区域 SSTA 主要为负值, 空间分布呈东西“偶极型”。而 CP El Niño 事件, 正的 SSTA 主要在  $160^{\circ}\text{W}$  附近, SSTA 大值区域向中太平洋移动, 表现出与 EP El Niño 不同的空间分布。

### 3 两类 ENSO 的空间分布特征

图 1 给出了 EP El Niño 年和 CP El Niño 年冬季海表温度异常 (sea surface temperature anomaly,

### 4 EP El Niño 和 CP El Niño 与我国西南地区冬季降水的关系

图 2a 是取西南地区冬季平均降水分别与 2 个指

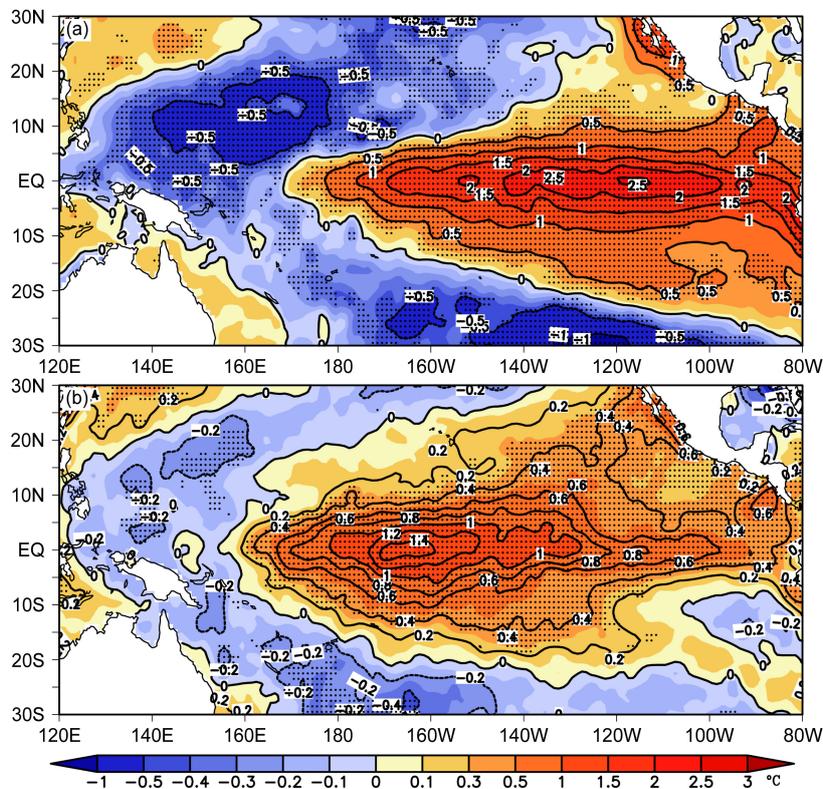


图 1 (a) EP El Niño 年、(b) CP El Niño 年冬季 SSTA 的合成分布 (打点区域为通过 95% 信度检验)

Fig. 1 Composite distributions of sea surface temperature anomaly (SSTA) in (a) EP El Niño years and (b) CP El Niño years (dotted areas indicate the 95% confidence level)

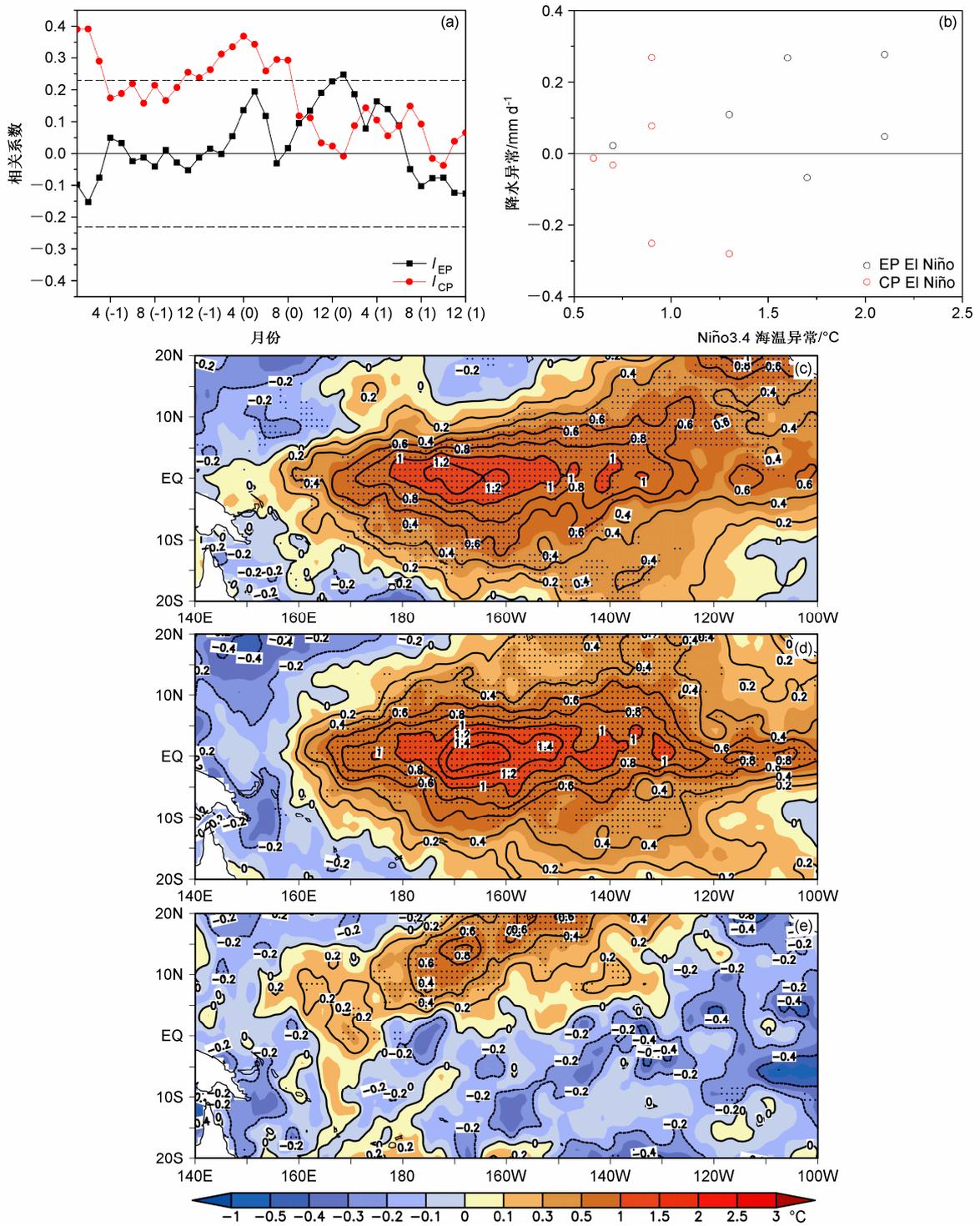


图2 (a) 西南地区冬季降水与前一年(-1)至第二年(1)  $I_{EP}$ 、 $I_{CP}$  指数超前-滞后偏相关; (b) 我国西南地区冬季降水异常与 Niño3.4 区海温异常散点图; CP El Niño 事件中 (c) 降水偏多年、(d) 降水偏少年冬季 SSTA 的合成分布; (e) CP El Niño 事件中降水偏少年和偏多年冬季 SSTA 差值分布。(c) - (e) 打点区域为通过 95% 信度检验

Fig. 2 (a) Lead-lag partial correlations of winter precipitation in Southwest China with  $I_{EP}$  and  $I_{CP}$  indexes from the previous year (-1) to the next year (1); (b) scatterplot of winter precipitation anomaly over Southwest China versus Niño3.4 SSTA for the EP El Niño and CP El Niño; composite distribution of SSTA in the winter (c) in wet CP El Niño years and (d) in dry CP El Niño years; (e) composite SSTA difference in the winter between less and more precipitation CP El Niño years. (c) - (e) dotted areas indicate the 95% confidence level

数求偏相关，由图 2a 可以看出，仅仅只有  $I_{CP}$  指数有几个月超过了 0.1 的信度检验且不连续， $I_{EP}$  和  $I_{CP}$  指数与西南地区冬季降水都没有显著的线性相关。为了探究  $I_{EP}$  和  $I_{CP}$  指数与西南地区冬季降水的非线性关系，由图 2b 的西南地区冬季降水散点图中可以看出，EP El Niño 发生时普遍导致西南地区降雨偏多；而 CP El Niño 年冬季我国西南地区既有降水偏多的情况同时也有降水偏少的情况。CP El Niño 事件中 1994/1995 年、2002/2003 年冬季西南地区降水偏多；而 1968/1969 年、1977/1978 年、2004/2005 年、2009/2010 年冬季西南地区降水偏少。图 2c、2d 给出了 CP El Niño 事件中 1994/1995 年、2002/2003 年和 CP El Niño 事件中 1968/1969 年、1977/1978 年、2004/2005 年、2009/2010 年冬季 SSTA 合成。同时，图 2e 给出了 CP El Niño 中降水偏少年与降水偏多年差值的 SSTA 合成。降水偏多的 CP El Niño 的 SSTA 在  $180^{\circ}\sim 150^{\circ}W$  区域内偏低（见图 2c）；降水偏少的 CP El Niño 的 SSTA 在  $180^{\circ}\sim 150^{\circ}W$  区域内偏高（见图 2d）。由图 2e 可以看出，降水偏少的 CP El Niño 和降水偏多的 CP El Niño 的 SSTA 合成差值图，正的海温异常中心向北移到热带地区。

## 5 降水异常的空间概率分布与影响机制

### 5.1 降水异常的空间概率分布

在 EP El Niño（如图 3a 所示）年时，西南地

区冬季降水正距平频次分布图中可看出，西南地区冬季降水增多趋势主要表现在西南地区中部和南部，中部和南部降水偏多的概率都在 50% 以上；西南地区冬季降水正距平频次分布（图 3b）可看出 CP El Niño 事件中 1994/1995 年、2002/2003 年也导致西南地区冬季降水普遍增多，这种降水偏多概率主要表明在西南地区南部和东部；而西南地区冬季降水正距平频次分布（图 3c）可看出 CP El Niño 事件中 1968/1969 年、1977/1978 年、2004/2005 年、2009/2010 年导致西南地区冬季降水普遍减少，这种降水偏少概率主要表现在西南地区中部。

### 5.2 降水的影响机制

#### 5.2.1 Walker 环流

图 4 给出了 EP El Niño 年冬季、CP El Niño 事件中 1968/1969 年、1977/1978 年、2004/2005 年、2009/2010 年冬季、CP El Niño 事件中 1994/1995 年、2002/2003 年冬季时 Walker 环流异常的空间分布。EP El Niño 年冬季时（图 4a），在赤道太平洋东部和中部有异常上升气流，而在赤道太平洋西部有异常下沉气流（阴影为垂直速度乘以 -50），Walker 减弱东移，上升支流移动到日界线附近，上升运动范围在  $175^{\circ}E\sim 90^{\circ}W$ 。CP El Niño 事件中 1994/1995 年、2002/2003 年冬季时（图 4b），在赤道太平洋东部和中部的上升支流向西移动，Walker 环流减弱，上升支流移动到  $160^{\circ}E$  附近，上升运动范围在  $160^{\circ}E\sim 140^{\circ}W$ 。CP El Niño 事件中 1968/1969 年、1977/1978

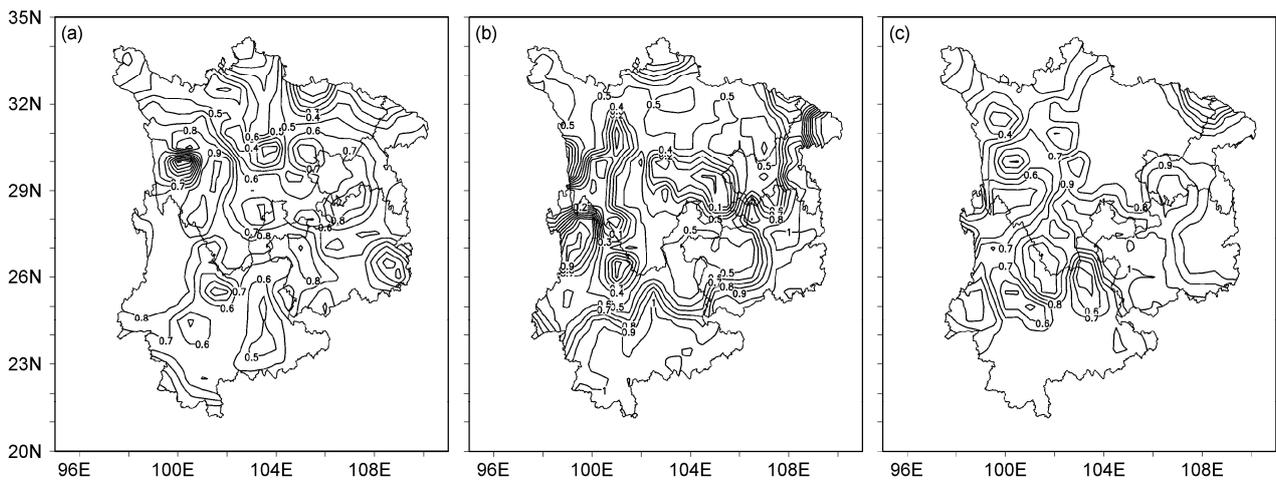


图 3 西南地区冬季降水异常概率分布：(a) EP El Niño 年；(b) CP El Niño 事件中 1994/1995 年、2002/2003 年；(c) CP El Niño 事件中 1968/1969 年、1977/1978 年、2004/2005 年、2009/2010 年

Fig. 3 Probability distributions of winter precipitation anomalies in Southwest China: (a) EP El Niño years; (b) CP El Niño years of 1994/1995 and 2002/2003; (c) CP El Niño years of 1968/1969, 1977/1978, 2004/2005, and 2009/2010

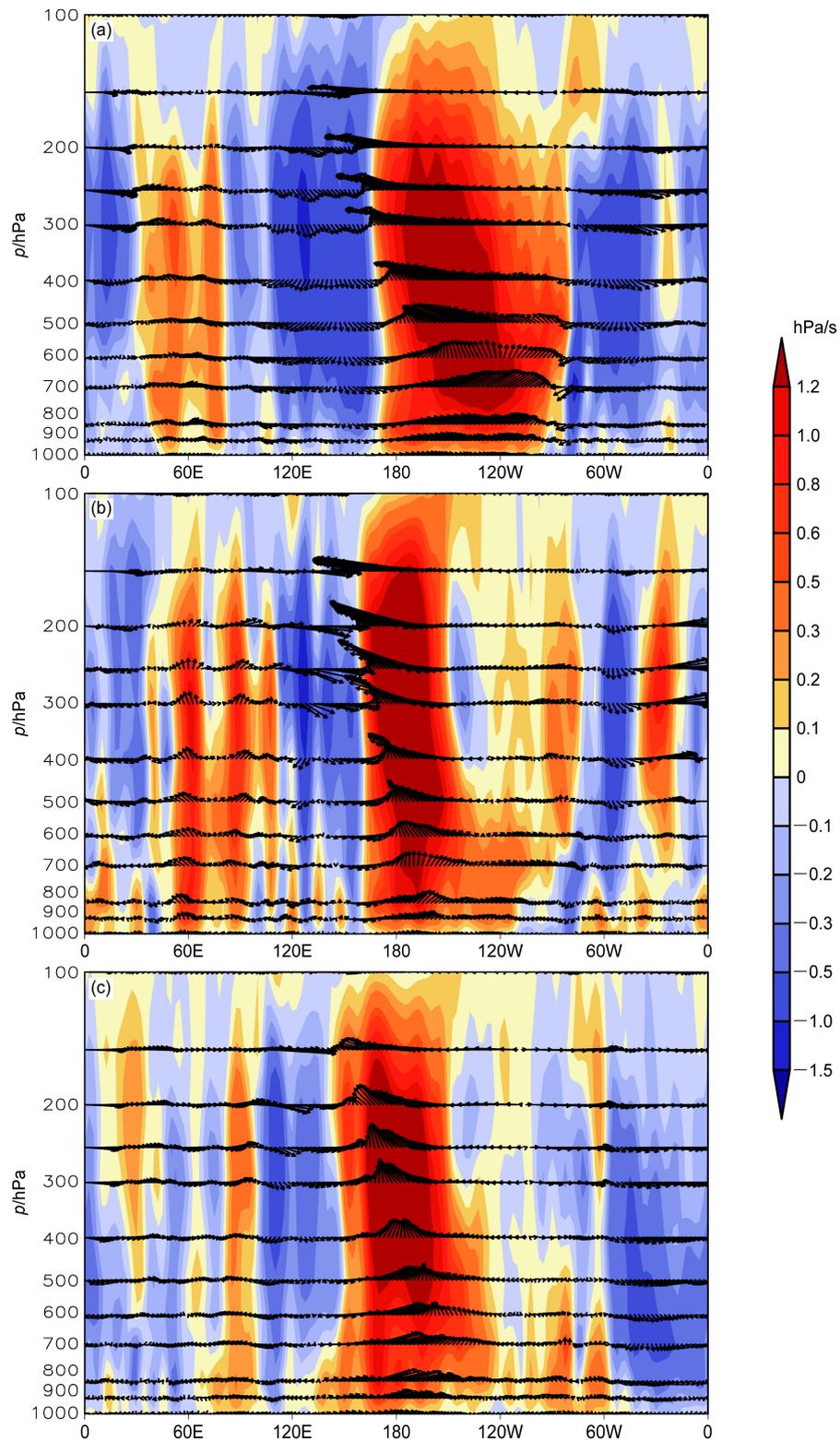


图4 Walker环流异常的合成分布(单位: hPa/s): (a) EP El Niño年冬季; (b) CP El Niño事件中1994/1995年、2002/2003年冬季; (c) CP El Niño事件中1968/1969年、1977/1978年、2004/2005年、2009/2010年冬季(填色为垂直速度, 箭头为 $u$ )

Fig. 4 Composite distribution of Walker circulation anomalies (hPa/s) (a) in the winters of the EP El Niño years, (b) in the winters of 1994/1995 and 2002/2003 corresponding to the CP El Niño years, and (c) in the winters of 1968/1969, 1977/1978, 2004/2005, and 2009/2010 for the CP El Niño years (shadings denote vertical speed and vectors denote  $u$ )

年、2004/2005 年、2009/2010 年冬季时 (图 4c), 原本在赤道太平洋东部和中部的上升支流西移到 140°E 附近, 上升运动范围在 140°E~140°W。

### 5.2.2 环流场分析

图 5 给出了 EP El Niño 年冬季、CP El Niño 事件中 1994/1995 年、2002/2003 年冬季、CP El Niño 事件中 1968/1969 年、1977/1978 年、2004/2005 年、2009/2010 年冬季时环流距平场的空间分布。EP El Niño 年冬季时 (图 5a), 500 hPa 高度场距平图上东亚地区从低纬至高纬依次为“+ - +”分布。西太副高偏强, 在 30°N 附近有一负距平区, 表明在 30°N 附近槽增强, 这种环流场增强了中国南方地区冬季降水。700 hPa 风场距平图上, 低纬度地区纬向风偏强, 我国南方地区出现较强的偏南风。在南

海南部以及西北太平洋上空均存在异常的反气旋式环流, 反气旋引导水汽绕过西南地区, 输送到我国东南沿海、东海和日本地区, 同时在我国东部存在异常的气旋, 将输送到我国东南沿海、东海和日本地区的暖湿气流向西南地区输送。与此同时, 我国北方的偏北风推动北方干冷空气向我国南方移动, 此时西南地区成为冷暖气流的汇合区域, 这为西南地区冬季产生降水提供了有利的条件。中国西南地区上空 500 hPa 垂直速度 (图 5d) 的异常上升运动增强了西南地区冬季降水。OLR 正距平区 (图 5h) 偏强, 这表明副热带高压偏强。我国西南地区为负距平, 表明该地区对流加强, 上升运动加强, 容易造成降水。由此可见, 在 EP El Niño 年冬季时, 我国西南地区冬季降水普遍偏多。Zhang et al. (1996)

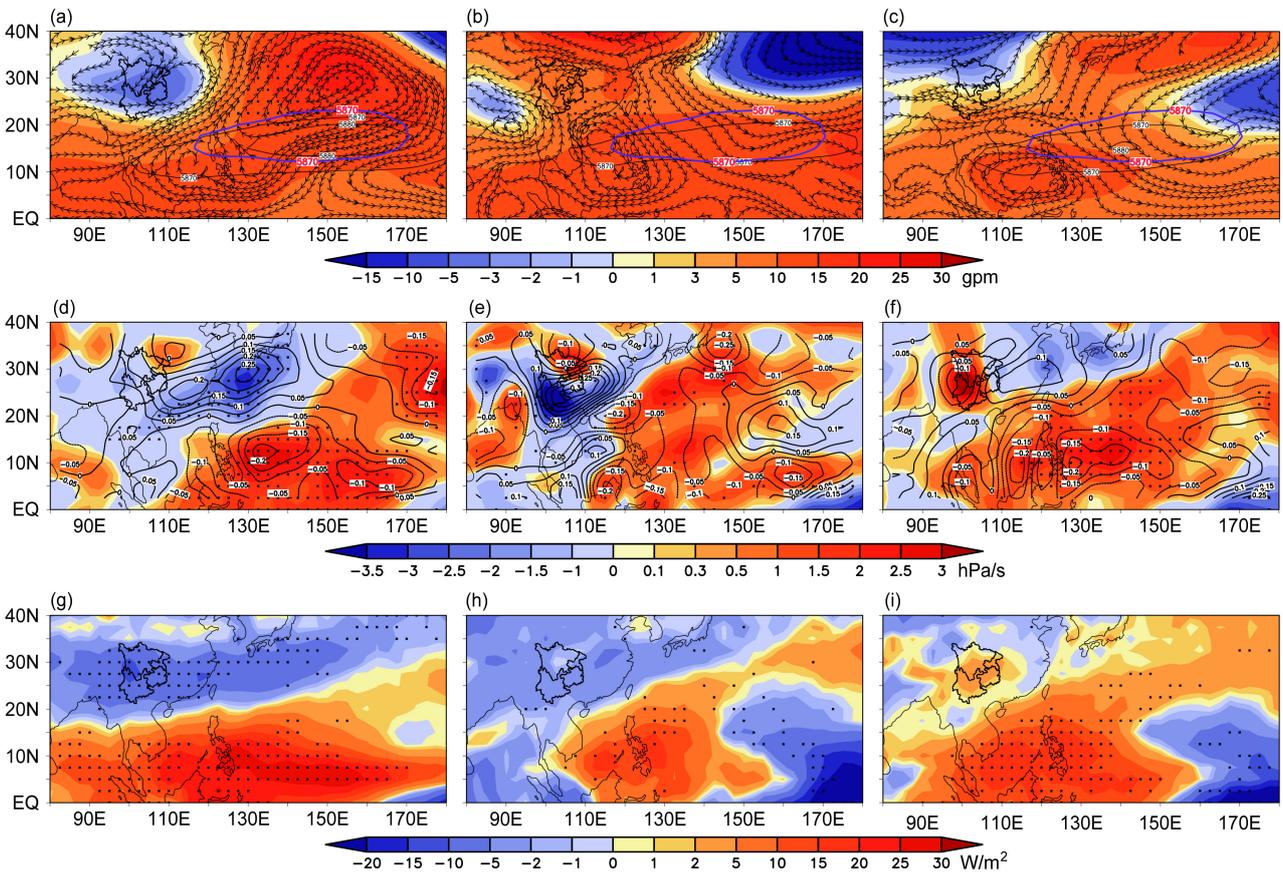


图 5 (a、b、c) 700 hPa 风距平场 (箭头, 单位: m/s)、500 hPa 位势高度距平场 (填色) (红线: 气候态的 5880 gpm 和 5870 gpm 线, 黑线: 各类 El Niño 事件的 5880 gpm 和 5870 gpm 线)、(d、e、f) 500 hPa 垂直速度距平场 (填色)、200 hPa 散度距平场 (等值线, 单位:  $s^{-1}$ ) 以及 (g、h、i) OLR 距平场 (填色) (打点区域为通过 95% 信度检验)。左列为 EP El Niño 年冬季、中列为 CP El Niño 事件中 1994/1995 年、2002/2003 年冬季和右列为 CP El Niño 事件中 1968/1969 年、1977/1978 年、2004/2005 年、2009/2010 年冬季

Fig. 5 (a, b, c) 700-hPa wind field anomaly (vectors, units: m/s) and 500-hPa geopotential height anomaly (shadings) (red lines: the 5880-gpm and 5870-gpm contours of climatological states; black lines: the 5880-gpm and 5870-gpm contours of various El Niño events), (d, e, f) 500-hPa vertical velocity anomaly (shadings) and 200-hPa divergence anomaly (contours, units:  $s^{-1}$ ), and (g, h, i) OLR anomaly (shadings) (dotted areas indicate the 95% confidence level). Winters of the EP El Niño years (left panel), winters of 1994/1995 and 2002/2003 for the CP El Niño years (middle panel) and winters of 1968/1969, 1977/1978, 2004/2005, 2009/2010 for the CP El Niño years (right panel)

指出, El Niño 在发展季节, 西北太平洋将会与东亚产生一种遥相关, El Niño 通过热带西北太平洋上产生的异常反气旋环流影响东亚上空的环流。由图 4a 和图 5a、5d、5h 可以看出 EP El Niño 事件影响我国西南地区冬季降水的机理: 在 EP El Niño 年冬季时, 由图 1a 可以看出赤道东太平洋 SSTA 偏高, 而赤道东太平洋 SSTA 偏高则造成 Walker 环流偏弱和在西北太平洋上产生异常反气旋环流以及在我国东部地区形成异常的气旋环流, Walker 环流的偏弱又造成西南地区的辐合上升运动增强, 西北太平洋上的异常反气旋环流以及我国东部地区异常的气旋环流则使南海和孟加拉湾地区形成异常的偏南风, 将海洋上的暖湿空气向内陆地区输送, 同时我国西南地区对流增强, 从而造成西南地区冬季降水偏多。

CP El Niño 事件中 1994/1995 年、2002/2003 年冬季时, 从图 5b、5e、5i 中可以看出, 该事件中的西太副高较近 30 年的西太副高位置变化不明显, 强度偏强, 西太副高的 5870 gpm 线普遍在 10°N 以上。我国北方地区存在一反气旋, 其东南侧的东北风将冷空气向西南地区输送, 同时在孟加拉湾地区存在异常的气旋, 其东侧的偏南风将孟加拉湾的暖湿气流向西南地区输送, 同时西南地区辐合上升运动增强, 对流增强, 导致西南地区冬季降水增多。

而 CP El Niño 事件中 1968/1969 年、1977/1978 年、2004/2005 年、2009/2010 年冬季时 (图 5c), 500 hPa 高度场距平图上东亚地区从低纬至高纬依次为“+”分布。该事件中的西太副高较近 30 年的西太副高位置向西南移动, 强度偏强, 西太副高的 5870 gpm 线向南移动到 10°N 附近。我国南方是纬向伸展的正距平区, 受高压影响, 这种环流配置不利于中国南方地区的降水。700 hPa 风场距平图上南海南部有一反气旋, 其北侧的西北风阻塞了孟加拉湾和南海的暖湿气流向西南内陆地区输送, 同时我国北方普遍为偏南风, 阻塞了北方的干冷空气向西南内陆地区输送, 这使我国西南地区缺乏干冷气流和暖湿气流的交汇。在 500 hPa 垂直速度场中可看出, 我国西南地区为有一正距平中心, 受下沉运动控制, 不利于对流发展。另外在 OLR 距平场上 (图 5j) 我国西南地区为正距平, 表明该地区对流减弱, 下沉运动加强, 不利于降水的产生。由此可见, CP El Niño 事件中 1968/1969 年、1977/1978 年、2004/2005 年、2009/2010 年冬季时, 我国西南地区冬季降水普遍偏少。由图 4c 和图 5c、5f、5j 可以

看出 CP El Niño 事件影响我国西南地区冬季降水的机理: 在 CP El Niño 事件时, 由图 1b 可以看出赤道日界线附近 SSTA 偏高, 而赤道日界线附近 SSTA 偏高则造成 Walker 环流持续减弱和西北太平洋上的异常反气旋环流向东北方向移动, Walker 环流的持续减弱则造成西南地区的辐合上升运动减弱, 反气旋的北移则使南海和孟加拉湾地区的偏南风减弱, 从而使向内陆地区输送的暖湿空气减弱, 同时反气旋的北移也使我国西南地区对流减弱, 从而造成西南地区冬季降水偏少。

## 6 结论与讨论

本文分析了在 ENSO 影响下西南地区冬季降水的分布状况、降水异常的环流形式, 得出以下几点结论:

(1) EP El Niño 年冬季, 我国北方地区异常的偏北风和我国东部地区气旋式环流北侧的异常偏东风分别将北方地区冷空气和海洋上的暖湿气流向西南地区输送, 使西南地区获得较多的水汽, 同时我国西南地区上升运动增强, 对流加强, 西南地区冬季降水偏多, 且主要表现在西南地区中部和南部。

(2) CP El Niño 事件中 1994/1995 年、2002/2003 年冬季, 我国北方反气旋式环流东南侧的异常东北风和孟加拉湾地区气旋式环流东侧的异常偏南风分别将北方地区冷空气和孟加拉湾地区的暖湿气流向西南地区输送, 使西南地区获得较多的水汽, 同时西南地区南部辐合上升运动增强, 对流增强, 导致西南地区冬季降水增多, 且主要表现在西南地区南部和东部。

(3) CP El Niño 事件中 1968/1969 年、1977/1978 年、2004/2005 年、2009/2010 年冬季, 我国西南地区受其南侧西北风影响, 阻碍了来自孟加拉湾和南海的暖湿空气, 水汽辐合减弱, 水汽供应较少, 同时我国西南地区下沉运动增强, 对流减弱, 西南地区冬季降水偏少, 且主要表现在西南地区中部和东部。

研究表明, EP El Niño 与 CP El Niño 对我国西南地区冬季降水有不同影响, 同时 CP El Niño 对我国西南地区冬季降水又有不同影响, 这表明 ENSO 与西南地区冬季降水的关系很复杂, 不同 El Niño 事件和不同年份对西南地区冬季降水都有不同的影响。所以要研究 ENSO 对我国西南地区冬季降水的影响, 不仅要考虑 EP El Niño 与 CP El Niño 对我国西南地区冬季降水的影响, 也应该考虑 El Niño 事件中不同年份对西南地区冬季降水的影响,

同时也应该考虑不同 El Niño 事件对西南地区季节内降水的影响, 才能有更为具体的结论, 这些需要进一步的研究。同时, 因为 CP El Niño 对应降水偏少的样本只有两个, 缺乏统计显著性, 所以这些需要在今后利用数值模式试验加以验证。

### 参考文献 (References)

- Ashok K, Behera W K, Rao S A, et al. 2007. El Niño Modoki and its possible teleconnection [J]. *J. Geophys. Res.*, 112 (C11): C11007, doi:10.1029/2006JC003798.
- 陈文. 2002. El Niño 和 La Niña 事件对东亚冬、夏季风循环的影响 [J]. *大气科学*, 26 (5): 595–610. Chen Wen. 2002. Impacts of El Niño and La Niña on the cycle of the east Asian winter and summer monsoon [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese)*, 26 (5): 595–610, doi:10.3878/j.issn.1006-9895.2002.05.02.
- 冯娟, 陈文. 2009. El Niño 和 El Niño Modoki 对中国夏季降水的滞后影响 [C]//第 26 届中国气象学会年会季风动力学论坛分会场论文集. 杭州: 中国气象学会动力气象学委员会, 中国科学院大气物理研究所, 1pp. Feng Juan, Chen Wen. 2009. Impact of El Niño and El Niño Modoki [C]// The 26th Annual Meeting of the Chinese Meteorological Society—Monsoonal Dynamics BBS (in Chinese). Hangzhou: China Meteorological Society Power Meteorology Committee, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academic of Sciences, 1pp.
- 冯娟, 管兆勇, 王黎娟, 等. 2010. 夏季热带中太平洋 SST 异常型与中国东部夏季气候异常的关系 [J]. *大气科学学报*, 33 (5): 547–554. Feng Juan, Guan Zhaoyong, Wang Lijuan, et al. 2010. Impact of central equatorial Pacific SSTA pattern on precipitation and temperature in east China in summer [J]. *Transactions of Atmospheric Sciences (in Chinese)*, 33 (5): 547–554, doi:10.3969/j.issn.1674-7097.2010.05.005.
- Feng J, Wang L, Chen W, et al. 2010. Different impacts of two types of Pacific Ocean Warming on Southeast Asian rainfall during boreal winter [J]. *J. Geophys. Res.*, 115 (D24): D24I22, doi:10.1029/2010JD014761.
- Feng J, Chen W, Tam C Y, et al. 2011. Different impacts of El Niño and El Niño Modoki on China rainfall in the decaying phases [J]. *International Journal of Climatology*, 31 (14): 2091–2101, doi:10.1002/joc.2217.
- 龚道溢, 王绍武. 1998. ENSO 对中国四季降水的影响 [J]. *自然灾害学报*, 7 (4): 44–52. Gong Daoyi, Wang Shaowu. 1998. Impact of ENSO on the seasonal rainfall in China [J]. *Journal of Natural Disasters (in Chinese)*, 7 (4): 44–52, doi:10.13577/j.jnd.1998.0407.
- 龚道溢, 王绍武. 1999. 近百年 ENSO 对全球陆地及中国降水的影响 [J]. *科学通报*, 44 (3): 315–320. Gong Daoyi, Wang Shaowu. 1999. Impacts of ENSO on rainfall of global land and Chinese [J]. *Chinese Science Bulletin*, 44 (9): 852–857, doi:10.3321/j.issn.0023-074X.1999.03.020.
- 黄荣辉. 2004. 我国重大气候灾害的形成机理和预测理论研究综述 [J]. *中国基础科学*, 6 (4): 6–16. Huang Ronghui. 2004. Advances of the project of the formation mechanism and prediction theory of severe climatic disasters in China [J]. *China Basic Science (in Chinese)*, 6 (4): 6–16, doi:10.3969/j.issn.1009-2412.2004.04.002.
- Huang R H, Wu Y F. 1989. The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanism [J]. *Advances in Atmospheric Sciences*, 6(1): 21–32, doi:10.1007/BF02656915.
- 金祖辉, 陶诗言. 1999. ENSO 循环与中国东部地区夏季和冬季降水关系的研究 [J]. *大气科学*, 23 (6): 663–672. Jin Zuhui, Tao Shiyuan. 1999. A study on the relationships between ENSO cycle and rainfalls during summer and winter in eastern China [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese)*, 23 (6): 663–672, doi:10.3878/j.issn.1006-9895.1999.06.03.
- Kao H Y, Yu J Y. 2009. Contrasting eastern-Pacific and central-Pacific types of ENSO [J]. *J. Climate*, 22(3): 615–632, doi:10.1175/2008JCLI2309.1.
- Kug J S, Jin F F, An S I. 2009. Two types of El Niño events: Cold tongue El Niño and warm pool El Niño [J]. *J. Climate*, 22(6): 1499–1515, doi:10.1175/2008JCLI2624.1.
- Larkin N K, Harrison D E. 2005. Global seasonal temperature and precipitation anomalies during El Niño autumn and winter [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 32 (16): L16705, doi:10.1029/2005GL022860.
- 李存强. 1991. ENSO 事件爆发的当年及次年中国降水特征的初步分析 [J]. *高原气象*, 10 (1): 78–82. Li Cunqiang. 1991. A preliminary analysis of precipitation characteristics of China in the years of ENSO Phenomena and their following years [J]. *Plateau Meteorology (in Chinese)*, 10 (1): 78–82.
- Ren H L, Jin F F. 2011. Niño indices for two types of ENSO [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 38 (4): L04704, doi:10.1029/2010GL046031.
- Wang L, Chen W, Zhou W, et al. 2015. Drought in Southwest China: A review [J]. *Atmospheric and Oceanic Science Letter*, 8 (6): 339–344.
- 王苏瑶, 李忠贤. 2011. 秋季 ENSO Modoki 与冬季中国降水、气温的关系 [C]//第 28 届中国气象学会年会—S5 气候预测新方法和新技术. 厦门: 中国气象学会, 12pp. Wang Suyao, Li Zhongxian. 2011. Autumn ENSO Modoki is associated with precipitation and temperature in winter in China [C]//The 28th Meeting of the China Meteorological Society—the S5 Climate Prediction Method and New Technology (in Chinese). Xiamen: Chinese Meteorological Society, 12pp.
- Zhang R H, Sumi A, Kimoto M. 1996. Impact of El Niño on the East Asian monsoon: A diagnostic study of the '86/87 and '91/92 events [J]. *J. Meteor. Soc. Japan*, 74 (1): 49–62.
- Zhang W J, Jin F F, Li J P, et al. 2011. Contrasting impacts of two-type El Niño over the western North Pacific during boreal autumn [J]. *J. Meteor. Soc. Japan*, 89 (5): 563–569.
- Zhang W J, Jin F F, Zhao J X, et al. 2013. The possible influence of a nonconventional El Niño on the severe autumn drought of 2009 in Southwest China [J]. *J. Climate*, 26 (21): 8392–8405, doi:10.1175/JCLI-D-12-00851.1.
- Zhang W J, Jin F F, Turner A. 2014. Increasing autumn drought over southern China associated with ENSO regime shift [J]. *Geophys. Res. Lett.*, 41 (11): 4020–4026, doi:10.1002/2014GL060130.
- 朱益民, 杨修群, 陈晓颖, 等. 2007. ENSO 与中国夏季年际气候异常关系的年代际变化 [J]. *热带气象学报*, 23 (2): 105–116. Zhu Yimin, Yang Xiuqun, Chen Xiaoying, et al. Interdecadal variation of the relationship between ENSO and summer interannual climate variability in China [J]. *Journal of Tropical Meteorology (in Chinese)*, 23 (2): 105–116, doi:10.3969/j.issn.1004-4965.2007.02.001.
- 邹力, 倪允琪. 1997. ENSO 对亚洲夏季风异常和我国夏季降水的影响 [J]. *热带气象学报*, 13 (4): 306–314. Zou Li, Ni Yunqi. 1997. Impact of ENSO on the Variability of the summer monsoon over Asia and the summer rainfall in China [J]. *Journal of Tropical Meteorology (in Chinese)*, 13 (4): 306–314, doi:10.16032/j.issn.1004-4965.1997.04.003.