

DOI: 10.13476/j.cnki.nsbdtqk.2018.0100

罗剑锋, 陈敏, 李煜, 等. 两类 ENSO 事件对长江中下游地区季节降水的影响. [J]. 南水北调与水利科技, 2018, 16(4): 82-89.
LUO J F, CHEN M, LI Y, et al. Influence of the two types of ENSO events on seasonal precipitation over middle and lower reaches of the Yangtze River[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2018, 16(4): 82-89. (in Chinese)

两类 ENSO 事件对长江中下游地区季节降水的影响

罗剑锋, 陈敏, 李煜, 彭涛, 许浩霆

(三峡大学 水利与环境学院, 湖北 宜昌 443002)

摘要: 使用 1966–2015 年长江中下游地区 91 个气象站月降水资料, 采用线性倾向估计、Mann Kendall 检验、距平分析等方法分析了长江中下游地区近 50 年降水变化特征及其对两类 ENSO 事件的响应。结果表明, 近 50 年来长江中下游地区夏季降水量以 2.04 mm/a 的倾向率呈显著增加趋势, 年降水量在区域内呈东增西减的分布特征。厄尔尼诺事件易造成长江中下游冬、春季降水异常偏多, 而拉尼娜事件发生时夏季降水大幅偏多。东部型厄尔尼诺发生当年长江沿岸一带附近夏季降雨偏少, 中部型事件当年呈现南多北少的响应特征, 次年则转变为相反的空间分布。中、东部型拉尼娜事件发生当年, 秋季降水分别显著偏多和偏少。东部型拉尼娜次年夏季降水普遍偏多, 以长江中下游东部最为显著, 而中部型事件次年夏季降水则呈现东南多西北少的分布格局。

关键词: ENSO 事件; 东部型和中部型; 季节降水; 长江中下游地区

中图分类号: P468 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-1683(2018)04-0082-08

Influence of the two types of ENSO events on seasonal precipitation over middle and lower reaches of the Yangtze River

LUO Jianfeng, CHEN Min, LI Yu, PENG Tao, XU Haoting

(College of Hydraulic and Environmental Engineering, China Three Gorges University, Yichang 443002, China)

Abstract: The monthly precipitation data from 91 meteorological stations in the middle and lower reaches of the Yangtze River from 1966 to 2015 were used to analyze the precipitation variation in the region over the past 50 years and its response to the two types of ENSO events. We used linear propensity estimation, Mann Kendall test, and anomaly analysis. The results showed that the summer precipitation in the region tended to increase at a rate of 2.04 mm/a in the past 50 years. The annual precipitation showed an increasing tendency in the east and a decreasing tendency in the west. El Niño events were prone to cause an abnormally large amount of precipitation in spring and winter, whereas La Niña events caused much more precipitation in summer. In the year of the Eastern Pacific (EP) El Niño, summer precipitation along the Yangtze River was less than usual. In the year of the Central Pacific (CP) El Niño, summer precipitation would increase in the north and decrease in the south, whereas the decaying year would see an opposite spatial pattern. In the year of CP La Niña, there was a significantly larger amount of precipitation in autumn, whereas in the year of EP La Niña, the amount was significantly smaller. In the decaying year of EP La Niña, summer precipitation was generally more than usual, especially in the east of the region; but in the decaying year of CP La Niña, summer precipitation was more than usual in the southeast and less in the northwest.

Key words: ENSO events; Eastern Pacific (EP) and Central Pacific (CP) type; seasonal precipitation; the middle and lower reaches of the Yangtze River

收稿日期: 2018-03-21 修回日期: 2018-05-14 网络出版时间: 2018-05-28

网络出版地址: <http://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1334.TV.20180525.1648.006.html>

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFC0405603);“水电工程水文气象重大关键技术应用研究”重大专项(DJ-ZDZX-2016-09);三峡大学自然科学基金资助项目(KJ2013B076)

Funds: National Key Research and Development Program of China (2017YFC0405603); Major Program of "Application Research of Hydro-meteorological Major Key Technology" (DJ-ZDZX-2016-09); Science Foundation of China Three Gorges University (KJ2013B076)

作者简介: 罗剑锋(1996), 男, 湖南株洲人, 主要从事水文与水资源方面的研究。E-mail: 605911251@qq.com

通讯作者: 陈敏(1985), 女, 湖北宜昌人, 讲师, 博士, 主要从事生态水文方面的研究。E-mail: minchen@ctgu.edu.cn

ENSO (El Niño - Southern Oscillation) 是厄尔尼诺和南方涛动的合称, 是一种年际尺度上热带太平洋地区大尺度海-气相互作用的现象, 其暖位相和冷位相分别表现为厄尔尼诺 (El Niño) 和拉尼娜 (La Niña) 事件^[1-3]。传统观点认为 ENSO 事件源于太平洋东部赤道附近的海温异常, 然而近十年来, ENSO 事件的不同类型引起了学者们的普遍关注。除了典型厄尔尼诺, 还存在升温发生在赤道中部太平洋的“中部型厄尔尼诺”, 因此典型厄尔尼诺事件被称为“东部型厄尔尼诺”, 拉尼娜亦是如此^[4-5]。已有研究表明, 不同类型 ENSO 事件对我国气候变化皆存在影响且差异显著。吴萍等^[6]的研究发现, 东部型和中部型厄尔尼诺对我国夏季水汽输送和降水存在不同影响, 东部型厄尔尼诺事件当年夏季的水汽输送条件不利于中国大范围降水发生, 而中部型事件有利于华南地区降水的异常增多。袁媛等^[7]进一步将厄尔尼诺分为东部型、中部型和混合型三类, 且分析得出这三种类型可能导致我国夏季降水分别呈现南方型、中间型和北方型的分布特点。袁良等^[8]的研究发现, 东部型厄尔尼诺年我国华南地区冬季降水偏多, 而中部型厄尔尼诺年则降水偏少。秦甲等^[9]的研究表明, 我国河西走廊地区在东部型厄尔尼诺年降水偏多而中部型厄尔尼诺年降水偏少。

长江中下游地区是我国经济最发达的地区之一, 也是我国降水异常、旱涝频发的区域, 旱涝灾害常在夏秋两季交替发生^[10], 且长江中下游地区的旱涝急转事件与拉尼娜现象存在显著相关性^[11]。赵亮等^[12]和金祖辉等^[13]的研究表明, 厄尔尼诺事件次年夏季长江流域和江南北部地区降水偏多, 而江淮流域降水偏少, 拉尼娜事件次年夏季降水则恰好相反。但目前针对长江中下游地区的气候影响研究主要关注夏季情况, 探讨 ENSO 事件对该区域不同季节降水影响的研究并不多见。长江中下游地区的降水异常受东亚季风异常的直接影 响, 而 ENSO 正是通过大气环流以遥相关形式影响着季风, 因此有必要从季节尺度上探寻降水与 ENSO 的相关关系^[14]。此外, 目前的研究成果中对 ENSO 事件的判定标准并不统一, 主要表现为海温监测关键区的确定和事件判定的计算方法不同, 导致 ENSO 的判定结果存在出入, 缺乏一定的可比性。2017 年中国气象局发布了厄尔尼诺/拉尼娜事件判定的行业标准^[15], 不再以 NINO 综合区 (即 NINO1+2+3+4 区) 的海表温距平 (SSTA) 作为判定依据^[1], 而采用了国际通用的 NINO 3.4 区来判定 ENSO 事件, 并引入东、中部型指数对事件类型进行划分。新方法能够

全面检测每一次厄尔尼诺和拉尼娜事件, 而不发生弱事件的遗漏, 同时东、中部型指数有利于诊断、归因和预测两类 ENSO 事件, 准确分析其对我国气候异常的影响^[4]。本文依据最新标准, 分析近 50 年长江中下游地区的降水变化特征及其对不同类型 ENSO 事件的响应, 旨在为区域中长期降水预报和旱涝灾害预测与防控提供科学依据。

1 数据资料与研究方法

1.1 数据资料

气象数据来源于国家气象科学数据共享服务平台, 包括长江中下游地区 (湖北、湖南、江西、安徽、江苏、浙江和上海) 91 个气象站 (图 1) 1966-2015 年的月降水量数据。ENSO 事件的划分采用中国气象局新标准的判定结果^[15] (表 1)。将 NINO 3.4 区 (170°W-120°W, 5°S-5°N) 指数 (SSTA 的平均值) $I_{NINO3.4}$ 个月滑动平均绝对值大于或等于 0.5 °C 且持续至少 5 个月判定为一次厄尔尼诺/拉尼娜事件。另引入东部型指数 I_{EP} 和中部型指数 I_{CP} 来划分东部型和中部型事件^[15]:

$$\begin{cases} I_{EP} = I_{NINO3} - \alpha I_{NINO4} \\ I_{CP} = I_{NINO4} - \alpha I_{NINO3} \end{cases} \quad (1)$$

式中: I_{NINO3} 和 I_{NINO4} 分别为 NINO3 区 (150°W-90°W, 5°S-5°N) 和 NINO4 区 (160°E-150°W, 5°S-5°N) SSTA 的平均值。当 $I_{NINO3} \times I_{NINO4} > 0$, $\alpha = 0.4$, 否则, $\alpha = 0$ 。事件过程中, I_{EP} 或 I_{CP} 达到或超过 0.5 °C 且持续至少 3 个月, 判定为一次东部型或中部型事件。

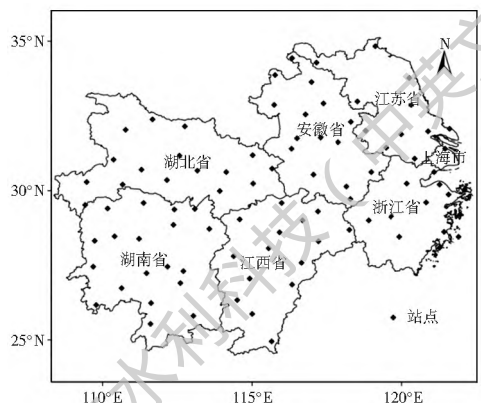


图 1 长江中下游地区气象站点分布

Fig. 1. Location of meteorological stations in middle and lower reaches of the Yangtze River

1.2 研究方法

本文采用线性倾向估计和 Mann-Kendall (MK) 非参数检验法来分析降水的变化趋势和突变情况。MK 突变检验中, 在 UF 曲线超过临界值信度的前

表 1 1966–2015 年厄尔尼诺/拉尼娜事件

Tab. 1 El Niño and La Niña events from 1966 to 2015

厄尔尼诺事件				拉尼娜事件			
序号	起止时间/年.月	峰值时间/年.月	事件类型	序号	起止时间/年.月	峰值时间/年.月	事件类型
1	1968.10–1970.02	1969.02	中部型	1	1970.07–1972.01	1971.01	东部型
2	1972.05–1973.03	1972.11	东部型	2	1973.06–1974.06	1973.12	中部型
3	1976.09–1977.02	1976.10	东部型	3	1975.04–1976.04	1975.12	中部型
4	1977.09–1978.02	1978.01	中部型	4	1984.10–1985.06	1985.01	东部型
5	1979.09–1980.01	1980.01	东部型	5	1988.05–1989.05	1988.12	东部型
6	1982.04–1983.06	1983.01	东部型	6	1995.09–1996.03	1995.11	东部型
7	1986.08–1988.02	1987.08	东部型	7	1998.07–2000.06	2000.01	东部型
8	1991.05–1992.06	1992.01	东部型	8	2000.10–2001.02	2000.12	中部型
9	1994.09–1995.03	1994.12	中部型	9	2007.08–2008.05	2008.01	东部型
10	1997.04–1998.04	1997.11	东部型	10	2010.06–2011.05	2010.12	东部型
11	2002.05–2003.03	2002.11	中部型	11	2011.08–2012.03	2011.12	中部型
12	2004.07–2005.01	2004.09	中部型				
13	2006.08–2007.01	2006.11	东部型				
14	2009.06–2010.04	2009.12	中部型				
15	2014.10–2016.04	2015.12	东部型				

提下,若 UF 与 UB 曲线仅有一个交叉点,且位于信度线之间,则表明该交叉点为突变点且统计上显著;若交叉点位于信度线之外,或是存在多个交叉点,则不能确定是否为突变点,因此本文利用滑动 t 检验法并对比降水时间序列对突变点进行验证^[16]。在分析不同季节降水对 ENSO 事件的响应上,采用距平分析法计算不同类型 ENSO 事件发生年(当年)和次年各站点不同季节的降水距平百分率,季节时间划分为:春季(3月–5月)、夏季(6月–8月)、秋季(9月–11月)、冬季(12月–次年2月)。在 Arc Gis 环境下通过 Kriging 插值法绘制空间分布图,以分析降水变化空间分布特征及对 ENSO 事件响应的空间差异性。

2 降水的时空变化特征

2.1 降水的时间变化特征

1966–2015 年间,长江中下游地区降水量的年际变化大,多年平均降水量为 1 326.7 mm,年降水量最大出现在 2015 年(1 597.2 mm),最小为 1978 年(971.3 mm)。从表 2 可以看出,区域平均年降水量总体呈增加趋势,就季节而言,春季降水呈现减少的趋势,冬季降水呈上升趋势,秋季降水变化趋势不明显,但以上趋势均未通过 0.05 显著性检验。而近 50 年长江中下游地区的夏季降水呈现出显著的递增趋势,平均增幅为 2.04 mm/a。一年中降水主要集中在春、夏两季,分别占全年降水量的 31% 和

39%。

表 2 1966–2015 年长江中下游地区平均降水量及其变化趋势

Tab. 2 Average precipitation and its variation tendency in middle and lower reaches of Yangtze River from 1966 to 2015

时段	平均降水量 /mm	倾向率 / $(\text{mm} \cdot \text{a}^{-1})$	R^2	是否显著
全年	1 326.7	1.59	0.0237	不显著
春季	411.9	-0.94	0.0352	不显著
夏季	523.5	2.04	0.1152	显著
秋季	230.8	-0.05	0.0002	不显著
冬季	160.5	0.50	0.0274	不显著

长江中下游地区降水的 MK 检验结果(图 2)显示,该区域全年降水序列的 UF 与 UB 曲线有 4 个交点,且均落在临界线之间,但经过滑动 t 检验(滑动年数为 5 a)并对比原降水时间序列证实仅 2005 年出现的降水增加突变是可信的;夏季降水从 1968 年开始呈现上升趋势,1995 年之后夏季降水增加愈加显著,虽然春、夏季均呈现多个可能突变点,但均未通过滑动 t 检验;秋季降水的 UF 和 UB 曲线有 5 个有效的交点,经验证后只有 1980 年的突变是可信的,为降水量逐渐减少的开始;在冬季降水的数个可能突变点中,1975 年、1988 年和 2006 年的突变是可信的,分别是降水增加、减少和增加的开始。总体而言,夏季降水量整体呈现显著上升趋势,过程中并不存在突变;而全年降水及秋、冬季降水量虽表现出一定的年代际变化特征,但总体趋势并不显著。

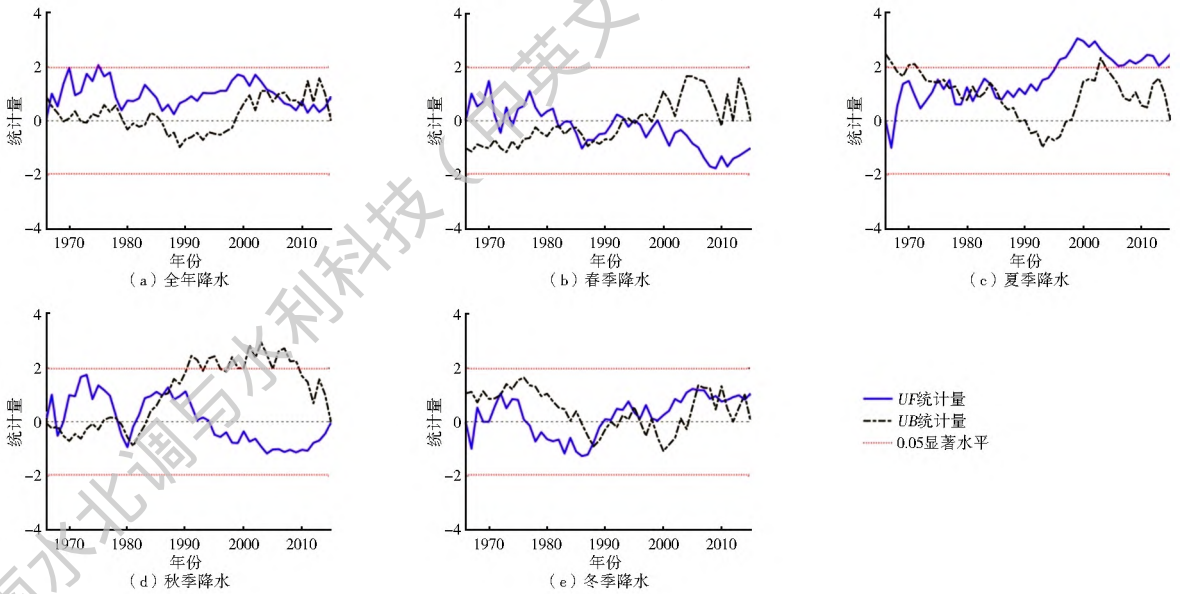


图2 1966–2015年长江中下游地区降水MK检验

Fig. 2 The Mann-Kendall test of precipitation in the middle and lower reaches of the Yangtze River from 1966 to 2015

2.2 降水变化的空间分布特征

从1966–2015年长江中下游地区降水变化的空间分布来看,长江中下游地区年降水量变化呈现东增西减的趋势分布,其中湖南和湖北整体呈减少趋势,特别是湖南湖北西部地区降水减少幅度达3.41 mm/a,安徽东部和北部、浙江东北部、江苏东南部及上海一带降水增加幅度较大,最高可达7.98 mm/a(图3(a))。长江中下游地区降水在春季呈减少趋势,自北向南减少幅度逐渐增大,特别是江西北北部、安徽南部和浙江西部,降低幅度达2.01 mm/a(图3(b))。长江中下游地区除湖南西南部、北部少数地区和湖北西南部

夏季降水有小幅减少趋势外,其他地区降水均呈现上升趋势,且由西往东增加幅度逐渐加大,上海及江苏东南部的增幅可达5.88 mm/a(图3(c))。秋季降水整体变幅较小,呈现南增北减的微弱变化趋势(图3(d))。冬季降水除长江中下游北部和西部个别地区出现小于0.33 mm/a的减少趋势,其余地区均呈现上升趋势,且自西向东增幅逐渐增大,特别是浙江东北部地区,冬季降水增加幅度达1.55 mm/a(图3(e))。综上所述,近50年长江中下游地区四季降水变化趋势呈现出较为明显的空间分布特征,且各季节长江中下游东部的降水变化最为显著,增减幅度最大。

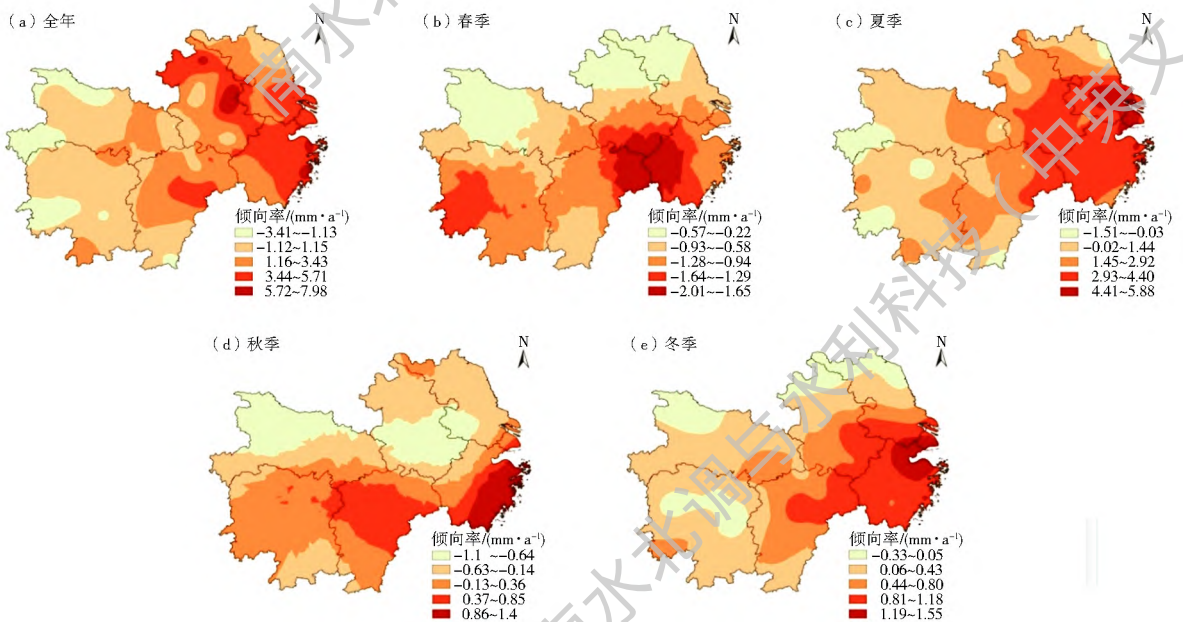


图3 1966–2015年长江中下游地区降水变化的空间分布

Fig. 3 Spatial distribution of precipitation in the middle and lower reaches of the Yangtze River from 1966 to 2015

3 两类 ENSO 事件对季节降水的影响

3.1 近 50 年 ENSO 事件的特征

分析 1966–2015 年 ENSO 事件判定结果(表 1)可知, 15 次厄尔尼诺事件均发生在 4 月–10 月, 结束于春、冬季, 在秋、冬季达到顶峰, 与袁媛等^[7]总结出的厄尔尼诺事件发生特征基本一致。11 次拉尼娜事件大多开始于夏、秋季, 结束于春、夏季, 在冬季达到峰值, 其中所发生的 4 次中部型拉尼娜都在 12 月达到最盛。Huang 等^[17]在早期的研究中将 ENSO 事件分为发展期和衰退期两个阶段来分析其对气候变化影响的时滞性, 由于绝大多数 ENSO 事件在 12 月至次年 2 月达到峰值, 因此本文对事件发生当年和次年的季节降水的响应进行分析。

3.2 两类厄尔尼诺事件对季节降水的影响

图 4 为两类 ENSO 事件发生当年及次年季节降水距平百分率的对比情况。从图 4(a) 可以看出, 当东部型厄尔尼诺事件发生时, 当年春季和冬季的

降水对该事件的响应与次年同期差异较大。事件当年春季降水小幅减少且长江中下游地区表现较为一致, 而次年春季降水异常偏多, 平均距平百分率达到近 20%。冬季降水则表现为地区整体当年偏多而次年偏少, 但幅度均不大。而夏、秋季降水对东部型厄尔尼诺事件的响应区域表现不一(图 5)。同年夏季湖南南部、江西南部、江苏和安徽大部分地区降雨偏多, 而其余区域的降水减少, 呈现东南–西北走向的带状分布格局(图 5(a)), 而次年夏季该带状区域的降雨均表现出大幅度的异常偏多(图 5(b)), 这与江淮梅雨的变化情况密切相关, 钱维宏等^[18]研究发现赤道东太平洋的增暖效应对应着次年江南梅雨量偏多, 而淮河流域梅雨量偏少。从图 5(c) 中不难发现, 当年秋季降水从西南向东北方向由偏多向偏少转变, 其中湖南西南部降雨量可超过多年平均的 30%, 安徽中部及西北部 and 江苏西南部降雨明显偏少, 次年秋季降水呈现出西干东湿的分布格局, 而安徽西北部和中部仍表现明显的降水偏少(图 5(d))。

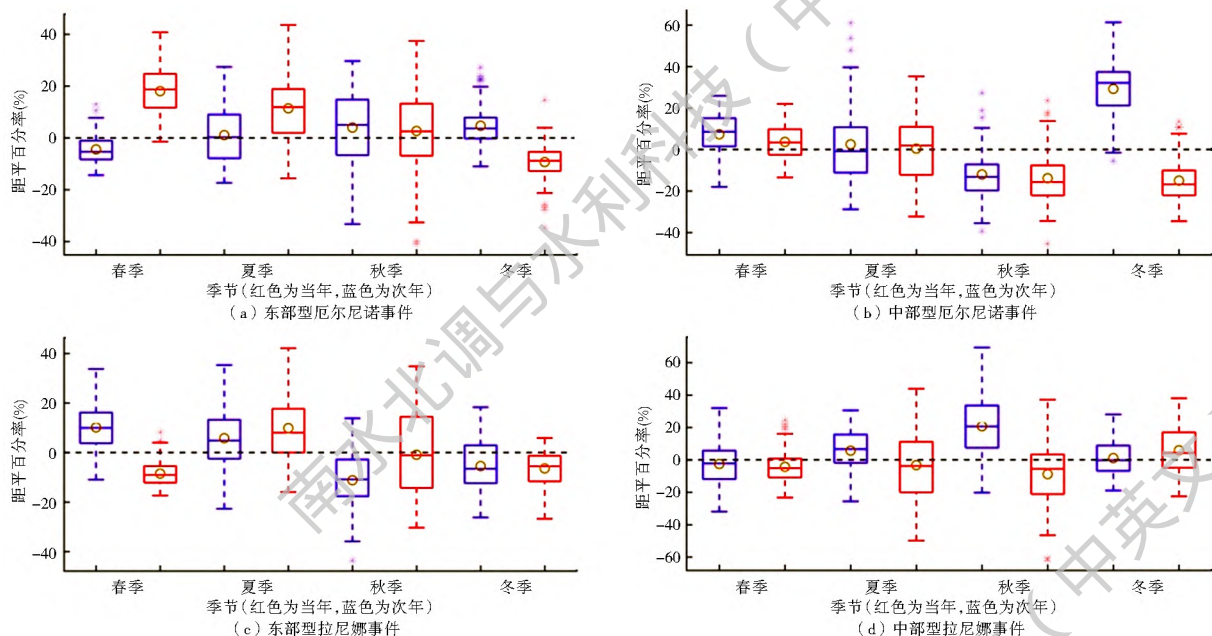


图 4 两类 ENSO 事件发生当年和次年季节降水距平百分率箱线图

Fig. 4 Box plot of precipitation anomaly percentage in developing and decaying years of the two types of ENSO events

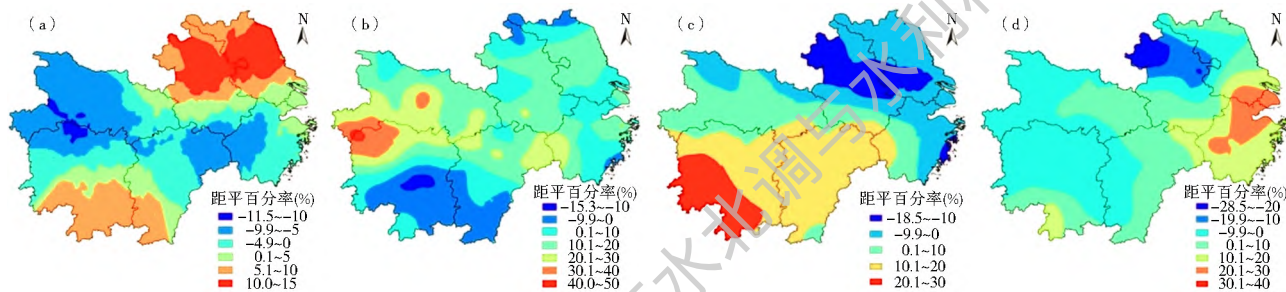


图 5 东部型厄尔尼诺事件发生(a) 当年夏季、(b) 次年夏季、(c) 当年秋季和(d) 次年秋季的降水距平百分率空间分布

Fig. 5 Spatial distribution of precipitation anomaly percentage in EP El Niño developing and decaying summer (a, b) and developing and decaying autumn (c, d)

从图 4(b) 可以看出, 中部型厄尔尼诺事件发生当年和次年, 长江中下游地区的冬季降水呈现明显差异, 大部分地区当年冬季降水均表现明显偏多, 平均距平百分率达 30%, 次年冬季降水则呈现整体较大幅度偏少的现象; 而春季和秋季降水对中部型厄尔尼诺事件的响应在当年和次年较为一致, 其表现为春季降水普遍小幅偏多, 秋季降水整体偏少, 平均偏少幅度均超过 10%。当年和次年的夏季降水则表现出了明显的空间分布差异(图 6)。当年夏季湖南南部和江西南部降水偏多, 大部分地区降水偏少, 呈现典型南多北少的空间分布格局, 这与吴萍等^[6]总结出的中部型厄尔尼诺事件当年夏季华南地区降水显著偏多、长江流域降水均偏少的规律基本一致, 这主要由于中部型厄尔尼诺发生当年, 热带暖湿气流向江淮流域输送较晚, 表现出入梅晚、梅期短和梅量小的特征^[19]。而次年夏季降水转变为北多南少的分布格局(图 6(b)), 这与袁媛等^[7]的研究结论一致, 他们发现中部型厄尔尼诺次年长江与黄河之间降水偏多的可能性较大, 长江以南大部分地区降水偏多的可能性较小。

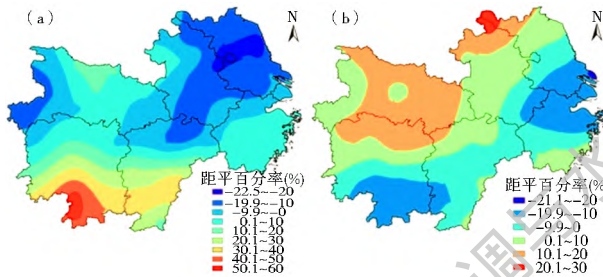


图 6 中部型厄尔尼诺事件(a) 当年及 (b) 次年夏季降水距平百分率分布

Fig. 6 Spatial distribution of precipitation anomaly percentage in CP El Niño developing (a) and decaying (b) summer

综上可见, 两类厄尔尼诺事件对长江中下游地区季节降水的影响存在明显差异, 次年春季降水对东部型厄尔尼诺事件十分敏感, 而当年冬季降水对中部型厄尔尼诺事件响应强烈, 表明中部型厄尔尼

诺导致的集中降雨时间早于东部型厄尔尼诺。此外, 中部型事件发生时长江中下游秋季普遍少雨, 而东部型事件发生当年秋季长江以南地区降水大幅偏多。但二者相同的是, 两类厄尔尼诺事件发生次年夏季均与当年夏季降水的空间分布相反, 这与赵亮等^[12]关于 ENSO 发展(衰减)期夏季淮河流域易多(少)雨、长江中下游地区易少(多)雨的结论基本吻合。两类事件发生当年冬季降水均偏多, 袁媛等^[20]也发现厄尔尼诺是导致中国南方冬季降水偏多的重要外强迫因子。

3.3 两类拉尼娜事件对季节降水的影响

由图 4(c) 可见, 东部型拉尼娜事件发生时, 长江中下游地区春季降水整体呈现当年偏多、次年偏少的现象, 这与东部型厄尔尼诺事件对春季降水的影响恰好相反; 秋季降水则在当年平均偏少约 15%, 次年区域表现的一致性较差; 当年和次年冬季降水普遍减少, 但并不显著。夏季降水虽在当年和次年均偏多且呈现一条东西走向的雨带, 但当年降水量明显偏大的长江中下游西部地区会在次年转移至东部, 而次年秋季降水则呈现明显的北多南少的空间分布型式(图 7)。

当中部型拉尼娜发生时, 秋季降水的响应在当年和次年截然不同, 绝大多数地区当年降水异常偏多, 次年偏少; 当年和次年冬季以及次年春季降水变化的空间一致性较好, 且平均距平百分率接近于 0, 表明中部型拉尼娜事件对冬季和次年春季降水影响并不显著(图 4(d))。如图 8 所示, 中部型拉尼娜发生当年, 春季降水南多北少, 夏季降水东多西少, 而次年夏季又呈现出东南多西北少的空间分布。

由上述分析可知, 不同类型拉尼娜事件对当年秋季降水的影响相反, 即东部型事件当年秋季降水偏少, 而中部型事件降水明显偏多。拉尼娜事件发生当年, 夏季降水均普遍偏多, 常表现为丰梅年^[21], 而次年夏季降水对拉尼娜的响应具有明显的区域性

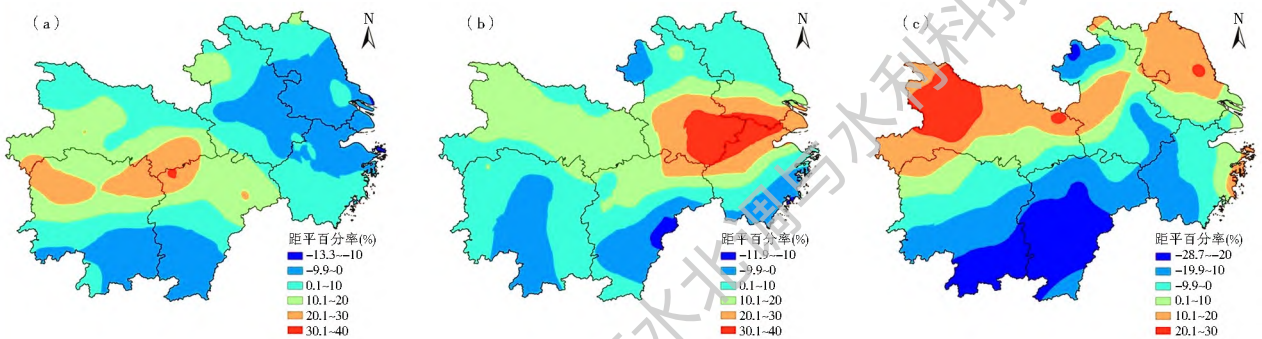


图 7 东部型拉尼娜事件(a) 当年及(b) 次年夏季和(c) 次年秋季降水距平百分率分布

Fig. 7 Spatial distribution of precipitation anomaly percentage in EP La Niña developing and decaying summer (a, b) and decaying autumn(c)

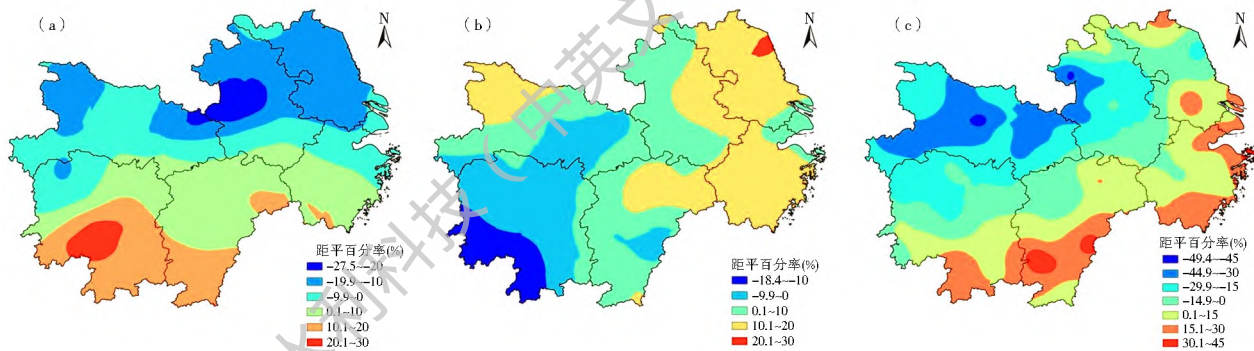


图 8 中部型拉尼娜事件(a)当年春季、(b)当年夏季和(c)次年夏季降水距平百分率分布

Fig. 8 Spatial distribution of precipitation anomaly percentage in CP La Niña a developing spring(a) and developing and decaying summer(b, c)

特点,尤其是中部型事件次年长江中下游东南部降水大幅偏多、西北部大幅偏少(均高达40%),这与陈旭等^[22]有关江淮梅雨的研究结论一致,即大多数拉尼娜事件当年为全区丰梅型、次年为南丰北枯型。两类拉尼娜事件对冬季降水的影响均不显著,袁媛等^[20]的研究发现拉尼娜对中国南方冬季降水的影响表现出明显的年代际变化特征,即1980年之前拉尼娜年冬季降水偏少,而之后降水偏多,所以整体上并无明显规律。

4 结论

(1) 长江中下游地区降水集中在春、夏两季;近50年夏季降水呈显著上升趋势,增幅达2.04 mm/a,其余季节和年降水变化趋势均不显著。在空间上,年降水量呈现东增西减的趋势分布,春季降水表现出整体减少的趋势且自北向南减幅增大,夏、冬季降水变化与年降水趋势分布情况基本一致。

(2) 1966–2015年,厄尔尼诺事件发生了15次(东部型9次,中部型6次),拉尼娜事件发生了11次(东部型7次,中部型4次)。长江中下游地区降水对ENSO事件的响应明显:厄尔尼诺事件易造成冬季降水异常偏多,而拉尼娜事件发生时夏季降水普遍偏多,即厄尔尼诺和拉尼娜分别对长江中下游季节降水起到一定的“反常”和“加剧”作用。

(3) 两类厄尔尼诺事件对长江中下游地区各季降水的影响存在明显差异。事件发生当年与次年夏季降水均呈现相反的空间分布特征:东部型事件发生当年长江沿岸一带附近降雨偏少,而次年该区域降水异常偏多;中部型事件当年夏季降水呈现南多北少的特征,次年则转变为相反的空间分布。长江中下游冬季和次年春季降水分别对中部型和东部型事件的响应强烈,表明中部型厄尔尼诺事件导致的降水集中时间早于东部型事件。

(4) 各季节降水对两类拉尼娜事件的响应也存在一定不同。东部型事件发生当年秋季降水偏少,而中部型事件降水明显偏多。次年夏季降水对拉尼娜响应的区域性特征明显,东部型事件次年夏季降水普遍偏多,以长江中下游东部最为显著,而中部型事件次年夏季降水则呈现东南部大幅偏多、西北部异常偏少的分布格局。

参考文献(References):

- [1] 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. (LI X Y, ZHAI P M. On indices and indicators of ENSO episodes[J]. Acta Meteorologica Sinica, 2000, 58(1): 102-109. (in Chinese)) DOI: 10.11676/qxxb2000.010.
- [2] BJERKNES J. Atmospheric teleconnections from equatorial pacific[J]. Monthly Weather Review, 1969, 97(3).
- [3] WANG C, DESER C, YU J Y, et al. El Niño and Southern Oscillation(ENSO): A Review[M]. Springer Netherlands, 2017.
- [4] 秦坚肇,王亚非. 构建描述两种ENSO类型的新指数[J]. 气象学报, 2014, 72(3): 526-541. (QIN J Z, WANG Y F. Constructing of new indices for the two types ENSO events[J]. Acta Meteorologica Sinica, 2014, 72(3): 526-541. (in Chinese)) DOI: 10.11676/qxxb2014.023.
- [5] KAO H Y, YU J Y. Contrasting eastern pacific and central pacific types of ENSO[J]. Journal of Climate, 2009, 22(3): 615-632. DOI: 10.1175/2008jcli2309.1.
- [6] 吴萍,丁一汇,柳艳菊. 厄尔尼诺事件对中国夏季水汽输送和降水分布影响的新研究[J]. 气象学报, 2017, 75(3): 371-383. (WU P, DING Y H, LIU Y J. A new study of El Niño impacts on summertime water vapor transport and rainfall in China[J]. Acta Meteorologica Sinica, 2017, 75(3): 371-383. (in Chinese)) DOI: 10.11676/qxxb2017.033.
- [7] 袁媛,杨辉,李崇银. 不同分型厄尔尼诺事件及对中国次年夏季降水的可能影响[J]. 气象学报, 2012, 70(3): 467-478. (YUAN Y, YANG H, LI C Y. Study of El Niño events of different types and their potential impact on the following summer precipitation in China[J]. Acta Meteorologica Sinica,

- 2012, 70(3): 467-478. (in Chinese) DOI: 10.11676/qxxb2012.039.
- [8] 袁良, 何金海. 两类 ENSO 对我国华南地区冬季降水的不同影响[J]. 干旱气象, 2013, 31(1): 24-31. (YUAN L, HE J H. Different impacts of two types of ENSO on winter rainfall over south China[J]. Journal of Arid Meteorology, 2013, 31(1): 24-31. (in Chinese) DOI: 10.11755/j.issn.1006-7639(2013)-01-0024.
- [9] 秦甲, 丁永建, 叶柏生, 等. 两类 El Niño 事件对我国河西走廊地区水文气象要素的影响[J]. 高原气象, 2011, 30(5): 1279-1285. (QIN J, DING Y J, YE B S, et al. Influence of two patterns of El Niño on the hydrological and meteorological in Hexi Corridor Region of China[J]. Plateau Meteorology, 2011, 30(5): 1279-1285. (in Chinese))
- [10] 郭群善. 近 50 年长江中下游地区旱涝时空分布[J]. 南水北调与水利科技, 2016, 14(4): 72-76. (GUO Q S. Drought flood temporal and spatial distribution in middle and downstream area of the Yangtze River over past 50 years[J]. South to North Water Transfers and Water Science & Technology, 2016, 14(4): 72-76. (in Chinese) DOI: 10.13476/j.cnki.nslr-dqk.2016.04.012.
- [11] 闪丽洁, 张利平, 张艳军, et al. 长江中下游流域旱涝急转事件特征分析及其与 ENSO 的关系[J]. 地理学报, 2018, (1): 25-40. (SHAN L J, ZHANG L P, ZHANG Y J, et al. Characteristics of dry wet abrupt alternation events in the middle and lower reaches of the Yangtze River Basin and their relationship with ENSO[J]. Acta Geographica Sinica, 2018, (1): 25-40. (in Chinese) DOI: 10.11821/dlxb201801003.
- [12] 赵亮, 邹力, 王成林, 等. ENSO 年东亚夏季风异常对中国江淮流域夏季降水的影响[J]. 热带气象学报, 2006, 22(4): 360-366. (ZHAO L, ZOU L, WANG C L, et al. Impacts of the east Asian summer monsoon anomaly during the ENSO event period on the summer precipitation in the Lower Middle Reaches of the Yangtze River and Huaihe River Valley[J]. Journal of Tropical Meteorology, 2006, 22(4): 360-366. (in Chinese) DOI: 10.3969/j.issn.1004-4965.2006.04.007.
- [13] 金祖辉, 陶诗言. 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, 1999, 23(6): 663-672. (JIN Z H, TAO S Y. A study on the relationship between ENSO cycle and rainfalls during summer and winter in eastern China[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 1999, 23(6): 663-672. (in Chinese) DOI: 10.3878/j.issn.1006-9895.1999.06.03.
- [14] 宗海锋. 两个典型 ENSO 季节演变模态及其与我国东部降水的联系[J]. 大气科学, 2017, 41(6): 1264-1283. (ZONG H F. Two typical ENSO seasonal evolution modes and their relations with rainfall over eastern China[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2017, 41(6): 1264-1283. (in Chinese) DOI: 10.3878/j.issn.1006-9895.1704.16279.
- [15] QX/T 370-2017, 厄尔尼诺/拉尼娜事件判别方法[S]. (QX/T 370-2017, El Niño / La Niña event discrimination method[S]. (in Chinese))
- [16] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术(第二版)[M]. 气象出版社, 2007. (WEI F Y. Modern climate statistic diagnosis and prediction technology (second edition) [M]. Meteorological Publishing House, 2007. (in Chinese))
- [17] Huang R, Wu Y. The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanism[J]. Advances in Atmospheric Sciences, 1989, 6(1): 21-32. DOI: 10.1007/bf02656915.
- [18] 钱维宏, 朱江, 王永光, 等. 江淮梅雨和赤道太平洋区域海温变化的关系[J]. 科学通报, 2009, 54(1): 79-84. (QIAN W H, ZHU J, WANG Y G, et al. Regional relationship between the Jiang Huai Meiyu and the equatorial surface subsurface temperature anomalies. [J]. Chinese Science Bulletin, 2009, 54(1): 79-84. (in Chinese) DOI: 10.1007/s11434-008-0410-6.
- [19] 汪靖, 何金海, 刘宣飞, 等. 江淮梅雨建立的年际变化及其前期强影响信号分析[J]. 科学通报, 2009, 54(1): 85-92. (WANG J, HE J H, LIU X F, et al. Interannual variability of the Meiyu onset over Yangtze-Huaihe River Valley and analyses of its previous strong influence signal. Chinese Science Bulletin, 2009, 54(1): 85-92. (in Chinese) DOI: 10.1007/s11434-008-0534-8.
- [20] 袁媛, 李崇银, 杨崧. 与厄尔尼诺和拉尼娜相联系的中国南方冬季降水的年代际异常特征[J]. 气象学报, 2014, (2): 237-255. (YUAN Y, LI C Y, YANG S. Decadal anomalies of winter precipitation over southern China in association with El Niño and La Niña[J]. Acta Meteorologica Sinica, 2014, (2): 237-255. (in Chinese) DOI: 10.11676/qxxb2014.014.
- [21] 骆高远. 我国对厄尔尼诺-拉尼娜研究综述[J]. 地理科学, 2000, 20(3): 264-269. (LUO G Y. A general survey of the studies on El Niño and La Niña in China[J]. Scientia Geographica Sinica, 2000, 20(3): 264-269. (in Chinese) DOI: 10.3969/j.issn.1000-0690.2000.03.012.
- [22] 陈旭, 李栋梁. 新标准下江淮梅雨特征的分析[J]. 气象科学, 2016, 36(2): 165-175. (CHEN X, LI D L. The features of Meiyu under the new standard. [J]. Journal of the Meteorological Sciences, 2016, 36(2): 165-175. (in Chinese) DOI: 10.3969/2015jms.0001.