

热带大西洋暖海温促使拉尼娜事件发生的可能性研究

严欣¹ 任菊章² 琚建华³

(1 云南大学资源环境与地球科学学院, 昆明 650031; 2 云南省气象科学研究所, 昆明 650034;

3 云南省气象局, 昆明 650034)

摘要: 首先, 通过对多年冬、春季节热带大西洋海温、夏季大气季节内振荡 (MJO) 异常活动特征和冬季太平洋 ENSO 之间的分析研究, 发现三者之间存在显著的相关关系。其次, 1951 年以来最强的两次厄尔尼诺年 (1982 和 1997 年) 后都跟随着拉尼娜年。因此对 1983、1998 和 2016 年大西洋春季海温及 MJO 信号进行的分析和比较表明, 2016 年初大西洋关键区海温异常偏暖, 与 1998 年情况较为类似。2016 年夏季, MJO 可能出现在印度洋异常活跃的情况, 并可能导致热带太平洋秋、冬季节出现中等强度的拉尼娜事件。

关键词: 大西洋海温, MJO 持续异常, 拉尼娜事件, ENSO

DOI: 10.3969/j.issn.2095-1973.2016.05.007

A Possibility of the Warm Sea Surface Temperature in Tropical Atlantic to Promote La Niña Events

Yan Xin¹, Ren Juzhang², Ju Jianhua³

(1 College of Resources Environment and Geosciences, Yunnan University, Kunming 650031 2 Yunnan Research Institute of Meteorology, Kunming 650034 3 Yunnan Provincial Meteorological Bureau, Kunming 650034)

Abstract: First of all, we did find that there are obvious correlations among the Atlantic SST in spring, the MJO anomalies in summer and the Pacific ENSO in winter. Secondly, two La Niña events respectively followed the top 2 powerful El Niño events in 1982 and 1997 after 1951. Thirdly a super strong El Niño event appeared in 2015. In this paper, the characteristics of the spring Atlantic SST and the summer MJO signals in 1983, 1998 and 2016 are compared. Then the changes of SST in autumn and winter 2016 are forecasted. The results show that the SST in defined key area of Atlantic occurred an abnormal warmer status in spring 2016, and was similar to that in 1998; the MJO may likely be abnormally active in Indian Ocean in summer 2016, in a much greater extent. These mean that a moderate La Niña event in tropical Pacific will probably occur in the autumn and winter 2016.

Keywords: Atlantic SST, persistent anomaly of the Madden Julian Oscillation (MJO), La Niña event, El Niño-Southern Oscillation (ENSO)

0 引言

厄尔尼诺 (El Niño) 是热带太平洋中东部海温出现异常偏暖的一种气候现象, 对全球的天气与气候会造成较大的影响。一般说来, 强 El Niño 后都跟随着拉尼娜 (La Niña), 即热带太平洋中东部海温的异常偏冷。人们将 El Niño 和 La Niña 这两者一起并称为 ENSO 事件。Ham 等^[1]认为, 春季热带大西洋的海表面温度 (SST) 可能是 ENSO 事件的触发器。他们的研究表

明, 热带大西洋北部海温的春季升温可能会诱发秋、冬季节太平洋的 La Niña 事件。反之, 热带大西洋春季的偏冷, 则可能使得的秋、冬季节形成 El Niño 事件。之后虽然关于春季热带大西洋海温和冬季 ENSO 关系的研究不断出现^[2-5], 但其发生机制仍不够明确。特别是在从春季到冬季的时间跨度中, 海洋信号的具体传播过程仍不清楚。这是目前研究的热点问题。而本文作者在前期的研究中, 发现了春季热带大西洋海温异常偏暖会影响夏季热带印度洋季节内振荡 (MJO) 的持续异常^[6], 进而激发和促进冬季 La Niña 事件的形成^[7], 三者之间具有非常显著的相关关系。

自 1951 年以来, 一共出现了三次超强 El Niño 事件: 1982, 1997 和 2015 年, 具体情况如表 1 所示。

收稿日期: 2016 年 7 月 25 日; 修回日期: 2016 年 9 月 2 日

通信作者: 琚建华 (1956—), Email: jujh@cma.gov.cn

资助信息: 国家自然科学基金项目 (41375059); 公益性行业 (气象) 科研专项 (GYHY201306022)

表1 1982—1983年、1997—1998年、2015—2016年ONI指数 (单位: °C)
Table 1 The Oceanic Niño Index (ONI) in 1982–1983, 1997–1998 and 2015–2016 (unit: °C)

年	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1982	-0.1	0	0.1	0.3	0.5	0.7	0.7	1	1.5	1.9	2.1	2.2
1983	2.2	1.9	1.5	1.2	0.9	0.6	0.2	-0.2	-0.5	-0.8	-0.9	-0.8
1997	-0.5	-0.4	-0.1	0.2	0.7	1.2	1.5	1.8	2.1	2.3	2.4	2.3
1998	2.2	1.8	1.4	0.9	0.4	-0.2	-0.7	-1	-1.2	-1.3	-1.4	-1.5
2015	0.5	0.4	0.5	0.7	0.9	1	1.2	1.5	1.8	2.1	2.2	2.3
2016	2.3	2.0	1.6	1.0	0.5							

注: 红字代表El Niño事件发生, 蓝字代表La Niña事件发生。

ONI (Oceanic Niño Index) 是国际上通行的ENSO指数, 使用3个月滑动平均的Niño 3.4区 (5°N—5°S, 120°—170°W) SST来表示ENSO事件强弱。1982, 1997和2015年El Niño事件强度都超过了2.0°C。1982和1997年这两次强El Niño事件的后一年, 太平洋都出现了La Niña事件, 但Niño 3.4区SST偏冷的强度有差异。1983年La Niña事件较弱, 冬季ONI均未超过1°C。而1998年La Niña事件极强, NDJ (11月—次年1月) 滑动平均ONI已达-1.5°C, 这两次La Niña事件对全球气候都造成了较大影响。2016年同样作为2015年强El Niño事件的后一年, 是否还会形成较强的La Niña事件呢? 下面分析比较1982—2016年不同季节和不同大洋海洋温度变化与夏季MJO活动之间的相互关系, 并特别对1983, 1998和2016年情况进行对比分析, 由此判断2016年ENSO发生发展的趋势。

1 重要机理概述

统计了1982—2015年冬、春季节热带大西洋海温和MJO指数之间的相关关系, 发现冬、春季节 (FMAM) 热带大西洋海温异常、夏季 (JJA) MJO持续异常、冬季 (DJF) ENSO三者之间有着非常好的相关关系 (图1a)。MJO是一种存在于赤道附近的向东传播的大气季节内振荡。前期的研究^[6]发现, 在夏季MJO会出现不传播而停滞在热带印度洋或太平洋的持续异常情况, 并定义了描述夏季MJO持续异常的指数 I_{ip} 。图1b为夏季 (JJA) MJO的持续异常指数 I_{ip} 和前期冬、春季节 (FMAM) 热带大西洋海温的相关图。冬、春季节热带大西洋海温的异常偏暖 (偏冷) 首先增强 (减弱) 了沃克环流 (赤道太平洋纬向环流圈) 的次生环流, 之后使得赤道地区出现沃克环流加强 (减弱), 进而导致了夏季MJO在印度洋 (太平洋) 持续异常。通过统计发现, 冬、春季节热带大西洋海温异常指数A1 (图1b中矩形区域平均海温) 与 I_{ip} 之间的相关为-0.67。前期的研究^[7]还发现, 夏季MJO的持续异常能激发并促进ENSO事件的发生发展, 夏季MJO的持续异常与冬季

ONI指数的相关高达0.89。因此, 以MJO这个热带大气中强有力的系统作为冬春季节热带大西洋海温异常与秋、冬季节太平洋ENSO的中间桥梁, 很好地解释了春季大西洋海洋信号传递到夏季大气中, 进而再传递到冬季太平洋海洋的过程 (如图1a所示, 春季热带大西洋海温异常指数A1和冬季ENSO指数之间的相关系数为-0.53)。

2 预测依据——指标和信号

由图1c可见, 春季热带大西洋最强的高海温年份与冬季La Niña事件年份对应都是较好的 (如1988, 1998, 2008和2010年)。在了解了春季热带大西洋海温偏暖与夏季MJO在印度洋持续异常、秋冬La Niña事件之间较显著的关系之后, 选择强El Niño年份的后一年 (1983, 1998和2016年) 进行对比。众所周知, 强El Niño事件之后, 常常跟随着La Niña事件的发生。1983, 1998和2016年热带大西洋海温关键区指数A1已标明为红色 (图1c), 可见1983年春季热带大西洋海温增温并不显著, 所以该年夏季MJO持续异常和冬季La Niña事件亦不是特别显著。1998年春季热带大西洋海温偏高, 夏季MJO持续异常显著, 冬季为典型La Niña事件。而2016年2—3月SST都偏高。由此可以推测2016年夏季MJO在印度洋持续活跃的可能性较大, 冬季La Niña事件生成可能性较大。

将所对比的1983, 1998和2016年2—5月 (FMAM) 大西洋关键区SST与图1b的SST关键区定义相比: 1983年 (图2a) 热带大西洋SST信号并不显著, 而1998年 (图2b) 则表现出了热带大西洋SST偏暖的特征。2016年平均的情况 (图2c) 与1998年平均较接近。与图1相比, 进一步证明了2016年前期热带大西洋SST的异常偏暖, 可能导致2016年夏季MJO在热带印度洋持续活跃。

同时, 分析对比夏季MJO及秋冬ENSO的情况。使用美国气候预测中心定义的MJO指数, 经15d滑动平均, 计算出了其前一年6月—次年12月的演变图 (图3a—3c)。指数的负值 (蓝色) 代表MJO活

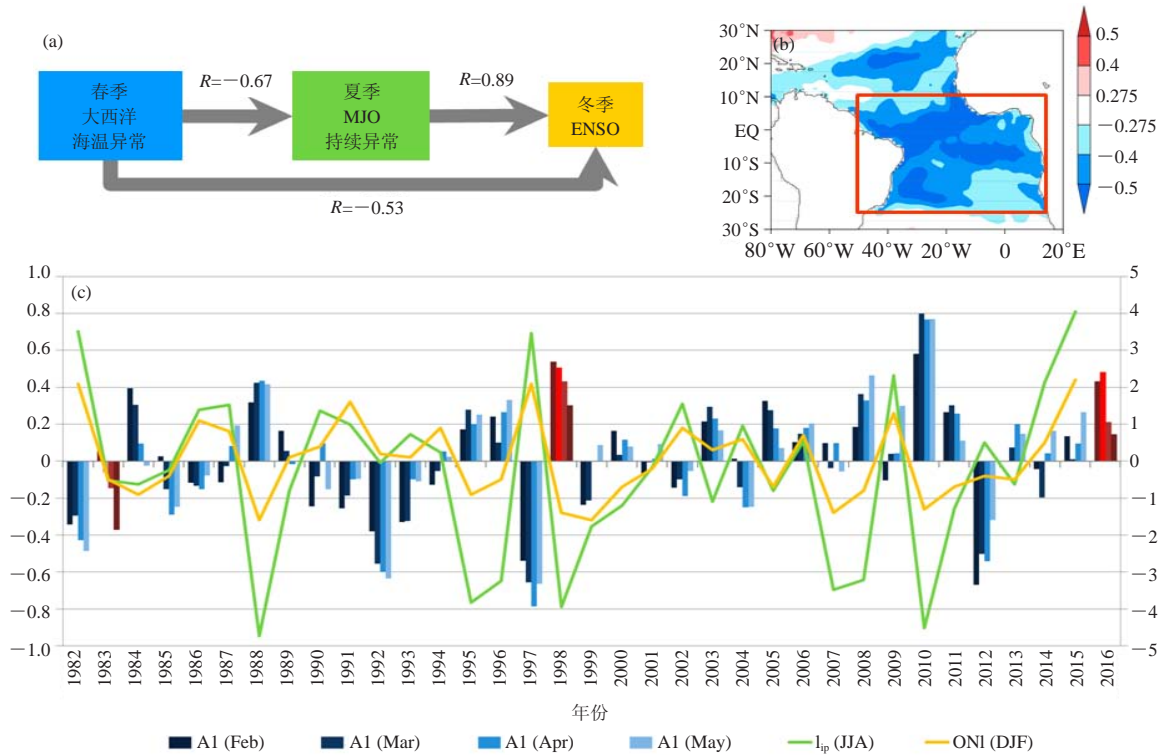


图1 (a) 冬、春季节 (FMAM) 热带大西洋海温异常、夏季 (JJA) MJO持续异常、冬季 (DJF) ENSO相关示意图 (相关系数 R 均超过了99.9%信度检验); (b) 冬春季节 (FMAM) 热带大西洋海温与夏季MJO持续异常指数 I_p 的相关, (填充色区域均通过了90%显著性检验); (c) FMAM逐月热带大西洋海温关键区异常指数A1 (蓝色柱状图) (本文讨论的1983, 1998和2016年降水以红色特别标明)、夏季 (JJA) MJO持续异常指数 I_p (绿色折线) 与冬季 (DJF) ENSO指数 ONI (黄色折线) 逐年序列

Fig. 1 (a) Diagram of correlation among the tropical Atlantic SSTA in winter– spring (FMAM), the persistent anomaly of MJO in Summer (JJA) and the ENSO in Winter. The correlation coefficients are all over 0.01 significance; (b) Distribution diagram of correlation coefficients between the tropical Atlantic SST in winter and the persistent anomaly of MJO index I_p . The shadowed areas passed at 0.1 significance; (c) Time series of monthly Index (FMAM): the Tropical Atlantic key region SSTA in blue histogram, of which, the 1983, 1998, 2016 we discussed are particularly marked in red; the persistent anomaly of summer MJO index I_p in green line; and the winter (DJF) Oceanic Niño Index (ONI) in yellow line

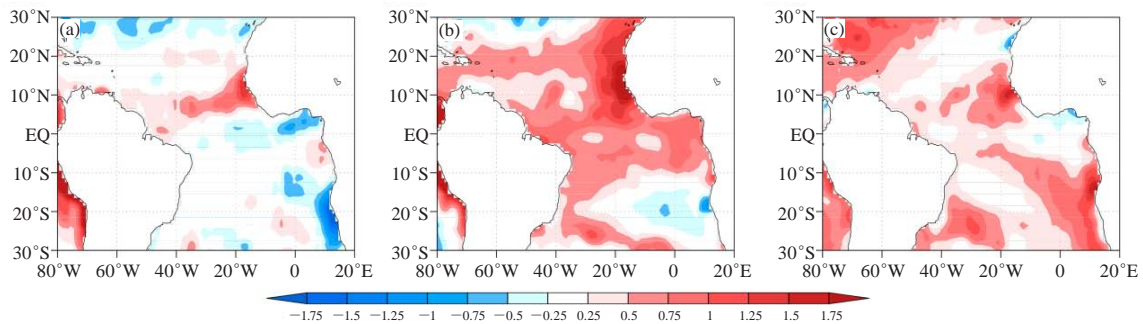


图2 热带大西洋海温距平2—5月 (FMAM) 平均: (a) 1983年, (b) 1998年, (c) 2016年
Fig. 2 The tropical Atlantic SSTA in FMAM: (a) 1983, (b) 1998 and (c) 2016

跃, 正值 (红色) 代表MJO受到抑制。1982年 (图3a)、1997年 (图3b)、2015年 (图3c) 夏季MJO都出现了在太平洋持续异常活跃的相似特征 (如红框所示), 并且在当年秋冬 (图3d—3f) 赤道太平洋次表

层 (5~303m) 均有暖海水向东传递, 因此激发和促进了El Niño事件在冬季的发生。与前面讨论的次年冬春季节热带大西洋海温异常相对应, 次年赤道太平洋次表层海温的发展趋势则有较大的差异: 1983年夏季

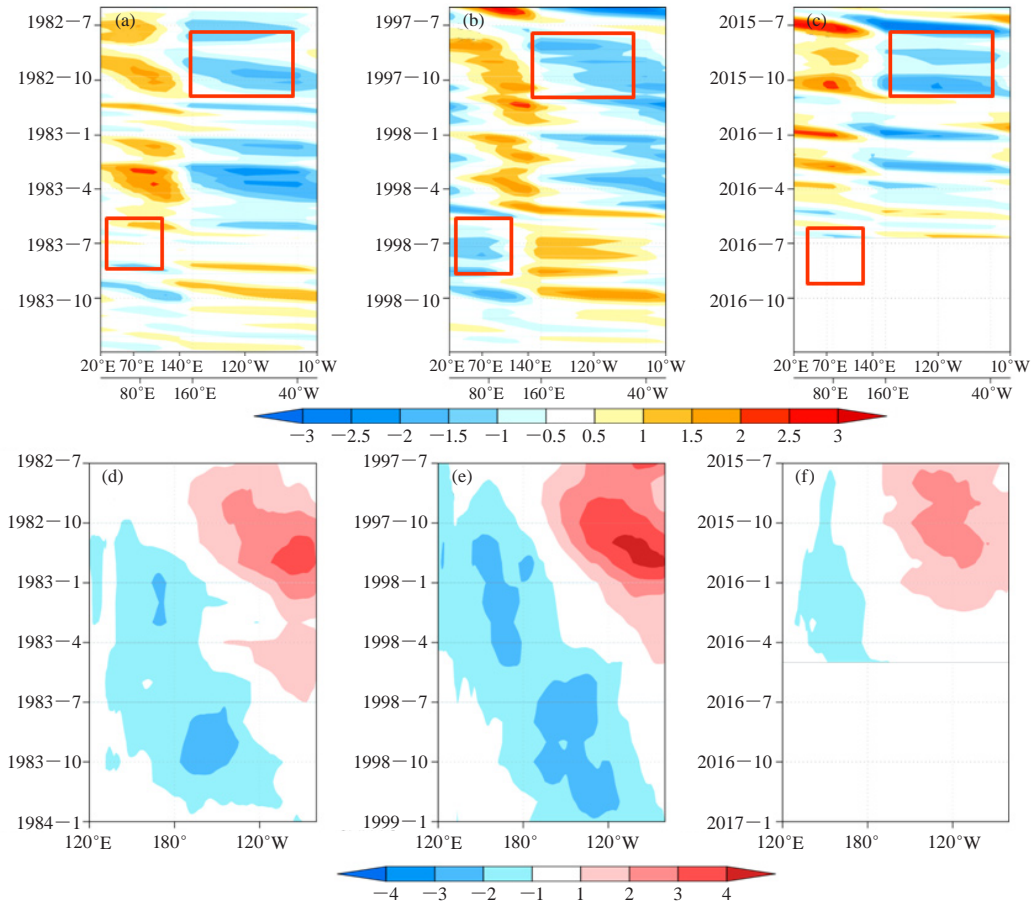


图3 前一年六月—次年十二月的MJO演变情况：(a) 1982年六月—1983年十二月，(b) 1997年六月—1998年十二月，(c) 2015年六月—2016年十二月；及前一年八月—第三年二月赤道太平洋5~303m平均次表层海温的演变情况：(d) 1982年八月—1984年二月，(e) 1997年八月—1999年二月，(f) 2015年八月—2016年五月

Fig. 3 The MJO indices for June 1982 to December 1983 (a), for June 1997 to December 1998 (b), for June 2015 to December 2016 (c); the equatorial Pacific subsurface ocean (5–303m) temperature anomaly (SOTA) for August 1982 to February 1984 (d), for August 1997 to February 1999 (e), for August 2015 to May 2016 (f)

MJO在印度洋持续异常，但异常特征较弱（图3a）；而冬季太平洋东部次表层冷海水衰退快， -1°C 并未传递到 120°W ，因此当年La Niña事件强度较弱（图3d）；1998年夏季MJO在印度洋持续异常特征则较为显著（图3b），之后冬季太平洋东部次表层冷海水东传更强，最终发生了较强的La Niña事件。

3 结论

通过研究结果和前面的比较发现，2016年的海气热力状况与1998年更为接近。由于2016年前期冬、春季热带大西洋海温偏暖，较可能使得夏季MJO在印度洋持续异常活跃。因此，太平洋次表层冷海水向东部的传递会增强，可能导致2016年秋冬季节发生中等强度的La Niña事件。

参考文献

- [1] Ham Y, Kug J, Park J, et al. Sea surface temperature in the north tropical Atlantic as a trigger for El Niño/Southern Oscillation events. *Nature Geoscience*, 2013, 6(2): 112-116.
- [2] Polo I, Martín-Rey M, Rodríguez-Fonseca B, et al. Processes in the Pacific La Niña onset triggered by the Atlantic Niño. *Climate Dynamics*, 2015, 44(1-2): 115-131.
- [3] Martín-Rey M, Rodríguez-Fonseca B, Polo I, et al. On the Atlantic-Pacific Niños connection: A multidecadal modulated mode. *Climate Dynamics*, 2014, 43(11): 3163-3178.
- [4] Ham Y G, Kug J S, Park J Y. Two distinct roles of Atlantic SSTs in ENSO variability: North tropical Atlantic SST and Atlantic Niño. *Geophysical Research Letters*, 2013, 40(15): 4012-4017.
- [5] Sasaki W, Doi T, Richards K J, et al. Impact of the equatorial Atlantic sea surface temperature on the tropical Pacific in a CGCM. *Climate Dynamics*, 2014, 43(9-10): 2539-2552.
- [6] 严欣, 琚建华. 夏季MJO持续异常的主要特征分析. *大气科学*, 2016, doi: 10.3878/j.issn.1006-9895.1601.15248, 待发表.
- [7] Yan X, Ju J, Gan W. The influence of persistent anomaly of MJO on ENSO. *Journal of Tropical Meteorology*, 2016, DOI:10.16555/j.1006-8775.