

伍红雨, 潘蔚娟, 王婷. 2014. 华南冬季气温异常与 ENSO 的关系. 气象, 40(10):1230-1239.

华南冬季气温异常与 ENSO 的关系^{* 1}

伍红雨^{1,2} 潘蔚娟¹ 王 婷¹

1 广东省气候中心, 广州 510080

2 中国气象局广东省区域数值天气预报重点实验室, 广州 510080

提 要: 利用 1951—2012 年华南 192 个测站逐月气温资料、NCEP/NCAR 再分析月资料、NCC 的 ENSO 监测资料, 采用相关分析和合成分析等方法分析了华南冬季气温异常与 ENSO 的关系。结果表明: 华南冬季气温对 La Niña 事件的响应比对 El Niño 事件显著, La Niña 事件当年华南冬季气温以偏低为主, 极强 La Niña 事件对应的华南冬季气温显著偏低, 而中部型 La Niña 事件出现过华南冬季气温显著偏高的情况。当 La Niña(El Niño)事件为东部型、Nino 区海温异常的峰值月份出现在秋冬季, 当年华南冬季气温易偏低(高)。从年际尺度上, 当 La Niña 发生时, 在对流层低层激发西太平洋异常气旋环流和北风异常, 对应对流层中层北太平洋高压、乌拉尔山高压脊和东亚大槽南段均加强, 西太平洋副热带高压减弱, 东亚中高纬经向环流明显, 冬季风偏强, 导致我国大部分地区包括华南冬季气温偏冷, 反之亦然。El Niño 事件对华南冬季气温的影响具有年际差异。对应华南冬季气温年代际变化的海温变化明显的区域位于北太平洋, 而与 ENSO 关系不明显。

关键词: 冬季气温, 厄尔尼诺, 拉尼娜, 海温距平, 华南

中图分类号: P461

文献标志码: A

doi: 10. 7519/j. issn. 1000-0526. 2014. 10. 007

Winter Temperature Anomalies in South China and Its Relation to ENSO

WU Hongyu^{1,2} PAN Weijuan¹ WANG Ting¹

1 Climate Centre of Guangdong, Guangzhou 510080

2 Guangdong Provincial Key Laboratory of Regional Numerical Weather Prediction, CMA, Guangzhou 510080

Abstract: Based on the monthly temperature data of 192 observational stations in South China, NCEP/NCAR reanalysis monthly temperature data and ENSO monitoring data by NCC, the relationship between winter temperature in South China and ENSO is studied by using the methods of correlation analysis, composition analysis and so on. The results show that the response of the winter temperature in South China to La Niña event is more obvious than to El Niño event. In La Niña year, the winter temperature in South China is lower than in normal years. The significantly low temperature appears in extremely strong La Niña years, but the temperature is high obviously in central pattern La Niña events. The winter temperature in South China is mainly lower (higher) than that in normal years when La Niña (El Niño) event is in east pattern, and the peak months of Nino SSTA are in autumn and winter. In La Niña years, there is an abnormal cyclone circulation in the Pacific subtropical high and abnormal north wind in the low troposphere. North Pacific high, Ural Mountains high ridge and the south of East Asia trough also become strong, the West Pacific subtropical high becomes weak in the middle troposphere. The meridional circulation in middle high latitude in East Asia is evident. East-Asian winter monsoon is strong in case of La Niña events, the winter temperature in most regions of China including South China is lower than that in normal years, and vice versa. There are significant interdecadal differences of the effect of El Niño event on the

* 中国气象局华南区域气象中心科技攻关项目 (GRMC2014M01)、广东省科技计划项目 (2012A061400012)、广东气象局科技项目 (2013B11) 和广东省气候中心项目 (QH201406) 共同资助

2013 年 11 月 29 日收稿; 2014 年 5 月 8 日收修定稿

第一作者: 伍红雨, 目前主要从事短期气候预测、气候研究. Email: wuhy@grmc.gov.cn

winter temperature in South China. SST variation obviously corresponding to interdecadal variation of the winter temperature in South China is found in North Pacific, and the relationship between the variation and ENSO is not obvious.

Key words: winter temperature, El Niño, La Niña, SSTA, South China

引 言

发生在热带太平洋地区的 ENSO (El Niño southern oscillation) 现象是热带海洋和大气中的异常现象,是迄今人类所观测到的全球大气和海洋相互耦合的最强信号之一(朱益民等,2007;翟盘茂等,2003),也是年际气候变化中的最强信号,它以 2—7 年的周期不断循环,并在暖位相和冷位相分别表现为 El Niño 和 La Niña 事件。El Niño 和 La Niña 事件的出现不仅直接造成热带太平洋地区的天气气候出现异常,还会以遥相关的方式间接地影响热带太平洋以外地区乃至全球的天气气候(任福民等,2012)。

许多学者对 ENSO 事件以及 ENSO 对中国气温的影响已进行了较多研究,并得出了许多有意义的结论。王绍武(1985);王绍武等(1999)研究了 1867—1998 年发生的 ENSO 事件和强度,指出虽然 1982/1983 年暖事件的峰值最高,但从整个事件的平均强度来看,1997/1998 年的暖事件则是 130 多年来最强的一次,近 20 年暖事件多发。Huang 等(1989)分析了 ENSO 对中国夏季气候的影响机制。陶诗言等(1998)指出在冬季的 El Niño 年亚洲上空的环流型不利于寒潮向南爆发,导致亚洲冬季风偏弱,而发生 La Niña 年则有相反的影响。赵振国(1989)分析 El Niño 和 La Niña 与中国温度的关系后指出,El Niño 当年的秋冬季至次年春季我国温度变暖的可能性大,而 La Niña 年当年秋冬季至次年春季容易偏冷。龚道溢等(1998)指出 ENSO 对不同地区,其影响的方式、强度及稳定性是不同的,表现出显著的区域性特征。陆端军等(1995)指出我国温度对 ENSO 的响应比降水更明显。赵振国等(2000)的研究表明,在 El Niño 年,中国容易出现暖冬凉夏;在 La Niña 年,中国通常出现冷冬热夏。刘永强等(1995)研究指出,ENSO 当年中国以少雨、低温为主,次年则相反。朱乾根等(1998)研究指出:气温受 El Niño 影响最敏感的地区是东北和华南地区,但影响是相反的,在 El Niño 发生后,东北地区

为冷冬和冷夏,而华南却为暖冬和暖夏。何溪澄等(2008)等分析东亚冬季风对 ENSO 事件的响应特征后指出,亚洲强暖冬和强冷冬的发生与 ENSO 事件的联系不紧密。李晓燕等(2000;2005)对 ENSO 事件划分标准、指标等进行了研究。吴尚森等(1990)分析了 ENSO 与华南气温的关系指出,El Niño 年前一年冬季、当年春季华南气温以偏冷为主;El Niño 年当年冬季、次年春季华南气温以偏暖为主,La Niña 年冬、春季华南气温变化与 El Niño 年相反。杨万春(2004)分析了 El Niño 和 La Niña 事件与曲江冬季冷暖的关系。21 世纪以来,发生在 2008 年南方雨雪冰冻灾害(王遵娅等,2008;林良勋等,2009;吴乃庚等,2008)、2012 年春节期间广东罕见低温阴雨天气(吴乃庚等,2012)均与 La Niña 事件的发生密切相关,2009—2012 年 El Niño 和 La Niño 事件的发生,特别是 La Niño 事件的频繁发生可能是这几年我国气候明显异常的重要原因之一(艾婉秀等,2010;贾小龙等,2011;王遵娅等,2012;王晓敏等,2012;孙丞虎等,2012;王艳姣等,2013)。

从以上分析可见,由于 ENSO 事件划分标准的不一致,研究区域和时间长度的不一致,导致研究的结果也存在差异,并且这些研究着重于分析 El Niño 和 La Niña 事件的出现对气温的影响,而进一步考虑 ENSO 本身的不同类型、持续时间、SSTA 峰值月份、海温强度等对气温影响的研究很少见。而 ENSO 暖、冷事件差异导致它对大气环流的影响以及相应的遥相关过程可能也不同,研究表明(Rasmusson et al,1982),ENSO 通过经向 Hadley 环流影响中高纬度大气环流。在 El Niño 年,赤道东太平洋地区 Walker 环流减弱,Walker 环流上升支东移,对流活动旺盛,使得 Hadley 环流的上升支得到加强,中纬度地区的西风加强,容易在大气中激发 PNA 型遥响应(Horel et al,1981)。那么 ENSO 是如何影响华南冬季气温以及影响的机理是什么? 均有待进一步研究。因此本文利用 1951—2012 年华南 192 个测站逐月气温资料和 NCEP/NCAR 再分析资料、NCC 和 CPC 的 ENSO 监测资料,分析华南冬季气温异常与 NCC 按新 30 年标准划分的 ENSO

不同类型、海温异常出现的不同峰值月份、不同海温强度等的关系,然后探讨 ENSO 暖、冷事件影响华南冬季气温的机理,研究结果为华南冬季气温预测提供参考。

1 资料和方法

资料采用 1951—2012 年华南 192 个测站逐月气温资料、NCEP/NCAR 再分析的气温资料、NCC 和 Climate Prediction Center/NCEP 的 ENSO 监测资料,采用 NCC 按新 30 年标准划分的 ENSO 冷暖事件。ENSO 事件发生年对应的华南冬季指当年 12 月至次年 2 月,如 1960 年冬季为 1960 年 12 月至 1961 年 2 月。采用相关分析、合成分析等统计方法。气候标准值为 1981—2010 年。

2 ENSO 事件与华南冬季气温的关系

2.1 ENSO 事件的划分

El Niño 和 La Niña 事件是指赤道中、东太平洋海表面大范围持续异常偏暖(冷)的现象,其评判标准在国际上还有一定差别(任福民等,2012)。表征 ENSO 事件的特征值主要有赤道中、东太平洋海域的海表温度指数(Sea Surface Temperature Indices, SSTa)、南方涛动指数(Southern Oscillation Index, SOI)、向外长波辐射指数(OLR)和赤道西太平洋($5^{\circ}\sim 5^{\circ}\text{N}$ 、 $135^{\circ}\sim 180^{\circ}\text{E}$)850 hPa 信风指数等。在监测、预报 El Niño 和 La Niña 时,主要是根据热带太平洋海表温度距平(Sea Surface Temperature Anomaly, SSTa)资料,取某一海域海表温度距平 SSTa 的平均值为指数,当该海域平均海表温度距平超过某一规定的阈值(临界值)时,就定义为一次 ENSO 事件(李晓燕等,2000;2005)。通常赤道中、东太平洋被划分为 4 个 ENSO 监测区:Nino1 区($5^{\circ}\sim 10^{\circ}\text{S}$ 、 $90^{\circ}\sim 80^{\circ}\text{W}$)、Nino2 区($0^{\circ}\sim 5^{\circ}\text{S}$ 、 $0^{\circ}\sim 80^{\circ}\text{W}$)、Nino3 区($5^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{N}$ 、 $150^{\circ}\sim 90^{\circ}\text{W}$)和 Nino4 区($5^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{N}$ 、 $160^{\circ}\text{E}\sim 150^{\circ}\text{W}$)。Nino3、4 区指 $5^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{N}$ 、 $170^{\circ}\text{E}\sim 120^{\circ}\text{W}$ 。目前美国以 Nino3、4 区海表温度距平的 3 个月滑动平均值连续 5 次 $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$ (或者 $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$)定义为一次 El Niño(La Niña)事件。

目前国家气候中心在业务上主要以 NinoZ 区

(亦称 Nino 综合区,即 Nino 1+2+3+4 区)的海温距平指数作为判定 El Niño(La Niña)事件的依据。当 Nino 综合区海温距平指数 $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$ (或者 $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$),并预计这种状况能持续 3 个月及以上时,即认为进入 El Niño(La Niña)状态。当 Nino 综合区海温距平指数 $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$ (或者 $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$)至少持续 6 个月(过程中间可有一个月未达标准)则定义为一次 El Niño 和 La Niña 事件;如若该区指数 $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$ (或者 $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$)持续 5 个月,且 5 个月的指数之和 $\geq 4.0^{\circ}\text{C}$ (或者 $\leq -4.0^{\circ}\text{C}$)时,也定义为一次 El Niño 和 La Niña 事件。

2.2 ENSO 事件与华南冬季气温的统计

根据国家气候中心 ENSO 监测小组对 El Niño(La Niña)事件的定义标准,在 1951—2012 年的 62 年中,发生 El Niño 和 La Niña 事件分别有 13 次,具体发生时间、强度和类型,国家气候中心 ENSO 监测小组统计如表 1,将 NinoZ 区海温强度划分为极强、强、中等、弱和极弱 5 个等级,按照海温距平首先稳定进入 0.5°C (或 -0.4°C)的海区把 ENSO 事件分为东部型(E 型)和中部型(C 型),以 Nino1+2 区或 Nino3 区开始的事件为东部型,以 Nino4 区开始的事件为中部型,具体定义、标准详见参考文献(李晓燕等,2000;2005),统计 ENSO 暖(冷)事件特征量与对应的华南冬季气温异常情况(表 1 和表 2)。

对 1951—2012 年来华南冬季气温距平进行 EOF 分解得到第一特征向量(图略)的方差贡献率高达 89.9%,说明华南冬季气温一致冷暖是其最重要的特征,所以用华南冬季平均气温就可以很好代表华南区域的气温变化及其异常,因此以下分析均是把华南作为一个整体来研究。

由表 1 和表 2 可见,El Niño 和 La Niña 事件基本上在春夏季开始发展,冬季发展成熟,强度最强,此后逐渐衰减,持续时间一般约 1 年,有些 La Niña 事件长达 2~3 年。由表 1 可以看出,1951—2012 年的 62 年中,有 14 年发生 El Niño 事件。统计发生 El Niño 事件的当年华南冬季气温的情况,正距平有 8 年,负距平有 6 年,其中 20 世纪 50 年代到 60 年代初、80 年代初到 90 年代中期(除 1986 年气温偏高外),发生 El Niño 事件的当年,华南冬季气温均偏低;而在 60 年代中期到 70 年代前期,1997 年以来,发生 El Niño 事件的当年,华南冬季气温偏高,特别是 2002 以来的 El Niño 发生年冬季气温出

现 0.8~1.0℃ 的显著正距平,说明 2002 年以来发生 El Niño 事件的当年冬季华南气温偏高明显,可

见 El Niño 事件对华南冬季气温的影响具有年代际差异。

表 1 NCC 的 1951—2012 年 ENSO 暖事件特征量与华南冬季气温距平*

Table 1 Characteristic quantity (new index) of ENSO warm events by NCC (1951—2012) and winter temperature anomalies in South China

序号	起止年月	长度/月	SSTA 峰值/℃	峰值月份/年.月	∑ SSTA /℃	海温强度	类型	ENSO 发生年	冬季气温距平/℃	去趋势后冬季气温距平/℃	
暖事件	1	57.4—58.3	1.1	1	9.1	中等	E+C	1957	-0.6	0.5	
	2	63.7—63.12	0.6	8	2.9	极弱	E	1963	-1.3	-0.6	
	3	65.6—66.2	9	1.1	12	7.5	中等	E	1965	0.9	1.6
	4	68.12—69.6	7	0.9	5	4.5	弱	C	1968	0.3	0.9
	5	72.4—73.2	11	1.6	12	12.1	中等	E	1972	0.7	1.2
	6	82.5—83.8	16	2.2	12—1	20.4	极强	C	1982	-1.9	-1.7
	7	86.10—88.1	16	1.3	87.9	15.4	强	C	1986	1.8	1.9
									1987	-0.6	-0.5
	8	91.5—92.5	13	1.2	4	11.0	中等	C	1991	-0.5	-0.5
	9	94.10—95.2	5	1.0	12	4.1	弱	C	1994	-0.1	-0.2
	10	97.2—98.5	14	2.5	12	23.5	极强	E+C	1997	0.4	0.2
	11	02.6—03.2	9	1.3	11	6.7	弱	C	2002	1.0	0.7
	12	06.8—07.1	6	1.1	12	5.2	弱	E+C	2006	1.2	0.7
13	09.6—10.4	11	1.3	12	9.2	中等	E	2009	1.2	0.7	

* 气候标准值为 1981—2010 年

表 2 NCC 的 1951—2012 年 ENSO 冷事件特征量与华南冬季气温距平*

Table 2 Characteristic quantity (new index) of ENSO cold events by NCC (1951—2012) and winter temperature anomalies in South China

序号	起止年月/年.月	长度/月	SSTA 峰值/℃	峰值月份/年.月	∑ SSTA /℃	海温强度	类型	ENSO 发生年	冬季气温距平/℃	去趋势后冬季气温距平/℃	
冷事件	1	54.4—57.1	34	-2.0	55.11	-33.7	极强	E	1954	-1.4	-0.2
									1955	-1.1	0.0
									1956	-1.6	-0.4
	2	61.7—62.6	12	-0.9	9	-7.3	弱	E	1961	-0.3	0.5
	3	62.9—63.2	6	-0.9	12	-4.0	极弱	E+C	1962	-1.4	-0.6
	4	64.3—65.1	11	-1.3	12	-10.8	弱	E	1964	0.5	1.2
	5	67.8—68.5	10	-0.9	9	-7.4	弱	E	1967	-2.7	-2.1
	6	70.6—72.1	20	-1.6	70.12	-20.4	中等	E	1970	-0.6	-0.1
									1971	-0.9	-0.4
	7	73.5—76.4	36	-1.8	75.12	-36.1	极强	E	1973	-1.7	-1.2
									1974	0.3	0.8
									1975	-1.0	-0.6
	8	83.10—86.1	28	-1.2	84.12	-19.0	中等	C	1983	-2.6	-2.6
								1984	-1.1	-0.9	
								1985	-0.9	-0.8	
9	88.4—89.8	17	-1.9	11—12	-19.2	中等	E	1988	-0.5	-0.5	
10	95.8—96.6	11	-0.8	11	-6.8	弱	E	1995	-1.1	-1.2	
11	98.8—01.2	31	-1.5	00.1	-26.7	强	C	1998	1.7	1.5	
								1999	-0.5	-0.8	
								2000	1.1	0.8	
12	07.5—08.4	12	-1.6	11	-11.7	中等	E	2007	-1.2	-1.7	
13	10.6—11.3	10	-1.7	10	-11.8	中等	E	2010	-1.1	-1.7	

* 气候标准值为 1981—2010 年

下面统计发生 El Niño 事件的强度与当年华南冬季气温的关系。1951—2012 年间发生极强 El Niño 事件有 2 次,这两次是王绍武(1985)和王绍武等(1999)指出的 1982/1983 年、1997/1998 年的暖事件,对应 El Niño 事件的当年华南冬季气温有两年:1982 年显著偏低 1.9°C ,1997 年偏高 0.4°C 。发生强 El Niño 事件有 1 次,出现在 1986 年 10 月到 1988 年 1 月,对应的当年华南冬季气温:1986 年显著偏高 1.8°C ,1987 年偏低 0.6°C 。发生中等 El Niño 事件有 5 次,对应当年华南冬季气温的 8 年中有 3 年偏高,2 年偏低。发生弱到极弱 El Niño 事件有 5 次,对应当年华南冬季气温的 5 年中有 3 年偏高,2 年偏低。可见 El Niño 事件的强度与当年华南冬季气温无明显的对应关系。

El Niño 事件的类型有三种:东部型(E 型)、中部型(C 型)、东部与中部型(E+C 型),统计发生 El Niño 事件的类型与当年华南冬季气温的关系。发生中部型 El Niño 事件有 6 次,对应当年华南冬季气温的 6 年中有 3 年偏低,3 年偏高,其中 20 世纪 80 年代到 21 世纪 10 年代初,暖事件多为中部型,1991—1995 年初赤道中、东太平洋持续偏暖,对应华南冬季气温以偏低为主;发生东部型 El Niño 事件有 4 次,对应当年华南冬季气温的 4 年中有除 1963 年偏低 1.3°C 外,其余 3 年偏高;发生东部与中部型 El Niño 事件有 3 次,对应当年华南冬季气温的 3 年中除 1957 年冬季气温偏低 0.6°C ,1997 和 2006 年气温偏高。可见 El Niño 事件的类型与当年华南冬季气温关系除东部型对应华南冬季气温偏高外,其余对应不明显。

El Niño 事件发生的 Nino 区海温异常的峰值月份出现在秋冬季的年份有 11 年,对应的当年华南冬季气温有 8 年偏高,3 年偏低。可见 El Niño 事件发生的 Nino 区海温异常的峰值月份出现在秋冬季时华南冬季气温易偏高。

由表 2 可以看出;这 62 年中,有 22 年发生 La Niña 事件,对应当年华南冬季气温负距平有 18 年,正距平有 4 年,负距平占 81.8%,说明发生 La Niña 事件的当年冬季华南气温以偏低为主。

统计发生 La Niña 事件的强度与当年华南冬季气温的关系,发生极强 La Niña 事件有 2 次,对应当年华南冬季气温的 6 年中除 1974 年略高 0.3°C 外,其余 5 年均显著偏低 $1.0\sim 1.6^{\circ}\text{C}$;发生强 La Niña 事件有 1 次,对应当年华南冬季气温的 3 年中 1998

年、2000 年分别偏高 1.7 和 1.1°C ,而 1999 年偏低 0.5°C ;发生中等 La Niña 事件有 5 次,对应当年华南冬季气温的 8 年均偏低 $0.5\sim 2.6^{\circ}\text{C}$ 。发生弱到极弱 La Niña 事件有 5 次,对应华南冬季气温的 5 年中除 1964 年略高 0.5°C 外,其余 4 年均偏低。可见发生 La Niña 事件的当年华南冬季气温除 1998 和 2000 年偏高明显外,极强、中等、弱、极弱强度的 La Niña 事件当年都是以偏低为主,特别是极强 La Niña 事件当年华南冬季气温偏低明显。

La Niña 事件的类型有东部型(E 型)、中部型(C 型)、东部与中部型(E+C 型)三种,统计发生东部型 La Niña 事件有 10 次,对应当年华南冬季气温的 15 年中除 1964、1974 年这两年略偏高外,其余 13 年均偏低。发生中部型 La Niña 事件有 2 次,对应的当年华南冬季气温的 6 年中有 4 年偏低,2 年偏高,特别是 1998 发生的典型的中部型强冷事件(李晓燕,2001)导致 1998 和 2000 年的华南冬季气温分别显著偏高 1.7 和 1.1°C ,与通常偏低相反(赵振国等,2000)。发生东部与中部型 La Niña 事件仅有 1 次,对应 1962 年冬季气温显著偏低 1.4°C 。可见 La Niña 事件为东部型、东部与中部型对应华南冬季气温以偏低为主,但中部型出现过华南冬季气温异常偏高的异常情况。

La Niña 事件发生的 Nino 区海温异常的峰值月份除 1998 年 8 月至 2001 年 2 月这次事件出现在 2000 年 1 月外,其对应华南冬季气温的 3 年中有 2 年偏高,1 年偏低,其余 12 个 La Niña 事件的 SSTA 峰值月份均出现在 9—12 月,对应的华南冬季气温 19 年中有 17 年偏低,两年略高(1964 和 1974 年)。可见 La Niña 事件发生的 Nino 区海温异常的峰值月份出现在 9—12 月,华南冬季气温以偏低为主。

对华南冬季气温去除趋势变化,(表 1 和表 2),可见 El Niño 事件或 La Niña 事件对应的冬季温度距平变化和去除趋势变化总的结论是一致的,说明气候变暖趋势与 La Niña(或 El Niño)事件对华南冬季气温的影响关系不显著。

2.3 两次中部型 La Niña 事件的海气特征对比分析

上面分析得出,1951—2012 年,发生东部型 La Niña 事件 10 次,对应华南冬季气温以偏低为主,发生中部型 La Niña 事件有 2 次,一次发生在 1983 年 10 月至 1986 年 1 月(简称事件 1),对应 1983—

1985 年冬季华南气温显著偏低,另一次发生在 1998 年 8 月至 2001 年 2 月(简称事件 2),对应 1998 和 2000 年的华南冬季气温显著偏高,与发生 La Niña 事件年的冬季华南气温通常偏低相反。下面对这两个中部型 La Niña 事件对应的冬季环流和前秋 9—11 月海温进行差值合成分析,探讨其影响华南冬季气温异常的成因。

图 1a 为中部型 La Niña 事件 2 与事件 1 的前秋 9—11 月 SST 差值合成,可见 1998 年发生的 La Niña 事件比 1983 年发生的 La Niña 事件在赤道西太平洋、我国近海包括南海、东海、黄渤海以及日本海、北太平洋中纬度($25^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ 、 $120^{\circ}\sim 180^{\circ}\text{E}$)的 SST 存在明显差异,海温偏高 $0.5\sim 3.0^{\circ}\text{C}$,大值中心在西北太平洋,而赤道中、东太平洋海温是相似,可见这两个中部型 La Niña 事件的 SST 差异最大的区域位于北太平洋中纬度地区,特别是西北太平洋。对应两事件的冬季 500 hPa 高度场的差值合成(图 1b)可见,在 50°N 以南的亚洲中低纬广大地区均为明显正高度异常,亚洲大陆东岸和中纬度太平洋存在正异常中心,而乌拉尔山和白令海峡附近存在负异常中心,说明在对流层中层高度场上,中部型 La Niña 事件 2 相对事件 1 而言,东亚大槽明显减弱,乌拉尔山高压脊也减弱,西太平洋副热带高压加强,东亚中高纬纬向环流明显。对应的对流层低层冬季 850 hPa 风场的差值合成(图 1c)可见,在我国东部和北太平洋存在一异常气旋环流,来自南海的异常偏南气流从东回流影响长江以南地区,我国北方为偏南异常气流影响,说明冬季风在事件 2 比事件 1 明显减弱。以上分析可以得出,虽然 1998 年发生的 La Niña 事件和 1983 年发生的 La Niña 事件都是中部型 La Niña 事件,赤道中、东太平洋海温情况近似,但在我国近海、西太平洋和中纬度太平洋海温前者比后者明显升高,大气对这种海温的响应是通过在对流层低层激发西太平洋异常气旋环流,对应着对流层中层西北太平洋副热带高压明显加强,乌拉尔山高压脊和东亚大槽均减弱,来自南海的异常偏南气流从东回流影响长江以南地区,东亚中高纬纬向环流明显,冬季风偏弱,导致 1998 年发生的 La Niña 事件比 1983 年发生的 La Niña 事件华南冬季气温存在显著差异,前者气温显著偏高,后者气温显著偏低,也说明中纬度的北太平洋海温对华南冬季气温也有显著影响,那么这种影响是否与华南冬季气温的年代际变化相联系? 以下进一步分析说明

ENSO 对华南冬季气温的影响具有明显的年际和年代际变化。

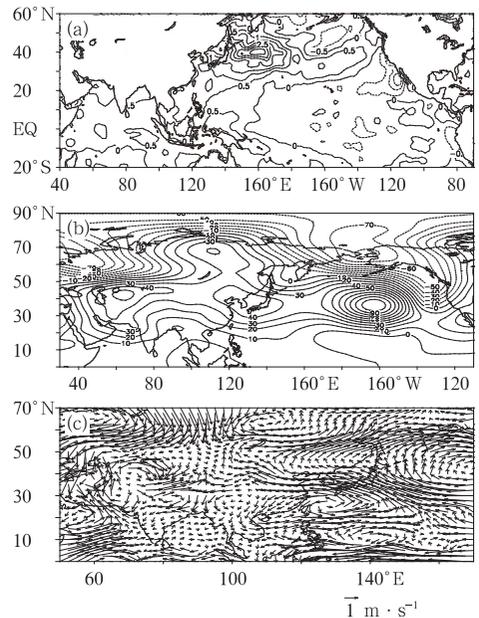


图 1 两个中部型 La Niña 事件对应的差值合成

(a) 9—11 月 SST(单位: $^{\circ}\text{C}$), (b) 冬季 500 hPa 高度(单位: gpm), (c) 冬季 850 hPa 风场

Fig. 1 Difference synthesis between two central pattern La Niña events

(a) SST from September to November (unit: $^{\circ}\text{C}$),

(b) geopotential height at 500 hPa in winter (unit: gpm),

(c) wind at 850 hPa in winter

3 ENSO 影响华南冬季气温年际变化

下面进一步分析华南冬季气温与海温的关系。从 1951—2012 年华南冬季气温与前期 9—11 月海温的相关系数(图 2)可见,华南冬季气温与赤道中、东太平洋($10^{\circ}\text{S}\sim 10^{\circ}\text{N}$ 、 $160^{\circ}\text{E}\sim 80^{\circ}\text{W}$),赤道印度洋及其北部($5^{\circ}\text{S}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 、 $60^{\circ}\sim 100^{\circ}\text{E}$)、我国近海、西北太平洋($30^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ 、 $140^{\circ}\text{E}\sim 180^{\circ}\text{E}$)以及东北太平洋($30^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ 、 $130^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{W}$)相关系数通过 0.05 的显著性水平检验,也说明 ENSO 与华南冬季气温是密切相关的,但太平洋东北部海温也与华南区域显著相关,通过 0.001 的显著性水平检验。

以上分析表明华南冬季气温异常与 ENSO 是密切相关的,下面分析 ENSO 异常年对应的环流特征,探讨 ENSO 影响华南气温的机制。为了考虑

1980年以来 ENSO 对华南冬季气温的影响,文章中选取 1980 年以后,中等及以上强度的 La Niña 年或 El Niño 年来进行环流合成分析,剔除 1998 年 8 月至 2001 年 2 月这次异常的 La Niña 事件,得到 5 个 La Niña 年(1984、1985、1988、2007 和 2010 年)和 5 个 El Niño 年(1982、1986/1987、1991、1997 和 2009 年),对其冬季 500 hPa 高度场、850 hPa 风场以及 200 hPa 风场差值进行合成,分析 ENSO 冷暖事件的冬季环流和前期 9—11 月海温特征与华南冬季气温的关系。

那么 La Niña 和 El Niño 年在对流层的中层高

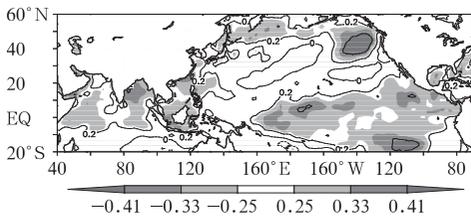
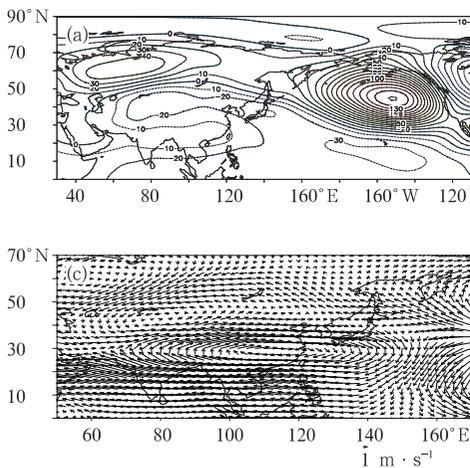


图 2 1951—2012 年华南区域冬季平均气温与 9—11 月海温相关(阴影区为通过 0.05 的显著性水平检验)

Fig. 2 Correlation between the winter mean temperature in South China and SST from September to November during 1951—2012 (Shaded areas have passed 0.05 significance level test)



度场上有何反映? 图 3a 给出了 5 个 La Niña 年与 5 个 El Niño 年冬季 500 hPa 高度场的差值合成,可见,高度正异常出现在 $50^{\circ}\sim 80^{\circ}\text{N}$ 、 $40^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$ 的东亚中高纬地区以及 30°N 以北的太平洋上,有两个正异常中心,分别位于乌拉尔山以东到贝加尔湖,正异常达 $30\sim 40$ gpm,另一个位于北太平洋,正异常中心高达 150 gpm。而在 $0^{\circ}\sim 50^{\circ}\text{N}$ 、 $50^{\circ}\text{E}\sim 120^{\circ}\text{W}$ 的东亚广大中低纬地区为负异常,中心位于赤道中、东太平洋,说明在对流层中层高度场上,La Niña 年较 El Niño 年冬季乌拉尔山高压脊明显偏强,东亚大槽北段(50°N 以北)加强,南段(50°N)减弱,北太平洋高压明显加强,而西太平洋副热带高压减弱,东亚高度场北高南低差异更加明显,有利于东亚中高经向环流加强。在对流层低层流场上,图 3b 是两者冬季 850 hPa 风场的差值合成,可见在西伯利亚存在异常反气旋环流,这与冬季气候平均的西伯利亚高压相同,我国从东北到华南均为异常偏北气流控制,大值在华南和南海,而在 $0^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 、 $100^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$ 的西太平洋上存在异常气旋性风场,说明 La Niña 年较 El Niño 年的冬季风偏强。在对流层高层,图 3c 是两者冬季 200 hPa 风场的差值合成,可见,在东亚中低纬高层存在一反气旋异常环流,在 $0^{\circ}\sim 28^{\circ}\text{N}$ 、 $50^{\circ}\text{E}\sim 140^{\circ}$ 的东亚低纬为异常偏东气流,而 $30^{\circ}\sim 45^{\circ}\text{N}$ 、 $60^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ 为异常偏西气流影响。

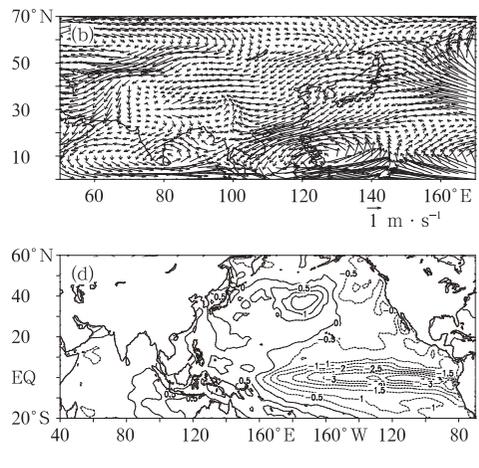


图 3 5 个 La Niña 年与 5 个 El Niño 年冬季差值合成
(a)500 hPa 高度(单位:gpm), (b)850 hPa 风场,
(c)200 hPa 风场, (d)9—11 月 SST(单位: $^{\circ}\text{C}$)

Fig. 3 Difference synthesis between 5 La Niña and 5 El Niño in winter
(a) geopotential height at 500 hPa (unit: gpm), (b) wind at 850 hPa,
(c) wind at 200 hPa, (d) SST from September to November (unit: $^{\circ}\text{C}$)

说明 La Niña 年较 El Niño 年在对流层高层流场上,东亚中低纬度出现东风异常急流,对应对流层中层高度场上,冬季乌拉尔山高压脊明显偏强,东亚大槽北段加强,南段减弱,东亚高度场北高南低差异更加明显,有利于东亚中高经向环流加强,对应对流层低层冬季风偏强,冷空气活动偏强和南下影响我国大部分地区,造成冬季我国大部气温偏低。图 3d 是两者 9—11 月 SST 差值的合成,可见,在赤道中、东太平洋 SST 出现 $-3.5 \sim -0.5^{\circ}\text{C}$ 的负异常中心,而在 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$ 、 $170^{\circ}\text{E}\sim 160^{\circ}\text{W}$ 的中纬度太平洋为 $0.5\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ 的正异常中心,在赤道西太平洋的大部分海温也是正距平,说明 La Niña 年较 El Niño 年前期 9—11 月赤道中、东太平洋海温偏冷、而中太平洋海温偏暖的对应关系。

以上分析可以得出 ENSO 冷、暖事件影响华南冬季气温的可能机理是,当冷事件发生时,赤道中、东太平洋海温异常偏低,而赤道西太平洋海温异常偏高,在中纬度的北太平洋海温异常偏高,大气对这种海温的响应是通过在对流层低层激发西太平洋异常气旋环流和北风异常 (Zhang et al, 1996; Wang et al, 2000) 来实现,对应着对流层中层北太平洋高压明显加强,乌拉尔山高压脊明显偏强,东亚大槽南段加强,西太平洋副热带高压减弱,对流层高层中低纬存在东风急流,东亚中高纬经向环流明显,冬季风偏强,我国大部分地区包括华南冬季气温偏冷,反之,华南冬季气温偏暖。说明从年际尺度上,前秋的赤道中、东太平洋海温对华南冬季气温有预测指示意义,发生 El Niño (La Niña) 现象有利于华南冬季气温升高 (降低),这也表明 ENSO 是太平洋海气系统最强的年际信号。

4 华南冬季气温的年代际成因探讨

对 1951—2012 年华南冬季平均气温进行突变分析 (图略) 表明其在 20 世纪 90 年代初发生升温的突变,9 年滑动平均 (图略) 也表明华南冬季气温在 1951—1989 年以偏低为主,在 1990—2012 年以偏高为主,具有显著的年代际变化,那么对应的前期 9—11 月 SST 以及冬季环流上有何变化。图 4a 为 1990—2012 年与 1951—1989 年的 9—11 月 SST 差值,可见在赤道西太平洋、我国近海包括南海、东海、黄渤海以及日本海、北太平洋中纬度 ($25^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$ 、 $110^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$) 的 SST 在 1990 年后海温偏高 $0.5^{\circ}\sim$

1.2°C , 大值在我国近海和中、高纬度的太平洋,而赤道中、东太平洋海温变化不明显,可见对应华南冬季气温年代际变化明显的 SST 区域位于北太平洋中纬度地区,而与 ENSO 关系不明显。研究表明 (康丽华等, 2009), 在年代际尺度上, ENSO 对东亚冬季风的影响受到太平洋年代际振荡 (PDO) 的调制。由于 20 世纪 70 年代以来 PDO 基本处于年代际暖位相,因此近几十年来 ENSO 和东亚冬季风的关系经历了显著的年代际减弱,相应对华南冬季气温的影响也在减弱。下面分析华南冬季气温年代际差异对应的对流层中高层环流场变化。图 4b 为 1990—2012 年与 1951—1989 年冬季 500 hPa 高度场的差值合成,可见,赤道太平洋到 50°N 以南的亚洲中低纬广大地区均为正异常,在我国北方,特别是华北、东北存在正异常中心,亚洲大陆东岸均为正异常,而乌拉尔山和白令海峡附近存在负异常中心,说明在对流层中层高度场上,1990 年以来,冬季东亚大槽减弱,乌拉尔山高压脊偏弱,西太平洋副热带高压加强,东亚中高纬纬向环流明显,得到和 ENSO 影响华南冬季气温年际变化相一致的结果,但两者存在差别,500 hPa 高度场正、负异常大小和范围年际变化、年代际明显增大,且南北的反位相变化的差异更加地明显,这与华南冬季气温的年际变化较年代际变化更加显著密切相关。图 4c 是两者冬季 850 hPa 风场的差值合成,可见,在东海、南海和我国 35°N 以南为一异常气旋环流,来自南海的异常偏南气流从东回流影响长江以南地区,贝加尔湖以东存在异常的气旋环流,从西西伯利亚到亚洲大陆东岸的中高纬地区主要是偏南异常气流影响,而鄂霍次克海以东的西北太平洋上存在一异常反气旋环流,说明在对流层低层流场上,冬季风在 1990—2012 年期间是比 1961—1989 年期间减弱了。图 4d 为 1990—2012 年与 1951—1989 年冬季 200 hPa 风场的差值合成,可见,在 90°N 的东亚为异常偏西气流影响。以上分析可以得出北太平洋海温影响华南冬季气温的可能原因,在 1990—2012 年相对 1951—2012 年,我国近海和中纬度北太平洋海温明显升高,而赤道中、东太平洋海温变化不明显,大气对这种海温的响应是通过在对流层低层激发西太平洋异常气旋环流和北风异常来实现,对应着对流层中层西北太平洋副热带高压明显加强,乌拉尔山高压脊和东亚大槽均减弱,相应对流层高层我国存在异常西风气流,东亚中高纬纬向环流明显,冬季风偏弱,导致我国大部

分地区包括华南冬季气温偏暖。说明从年代际尺度上,前秋我国近海和中纬度的北太平洋海温对华南冬季气温有影响,导致我国包括华南的冬季气温在

1990—2012年期间比1961—1989年期间升高,存在明显的年代际变化。

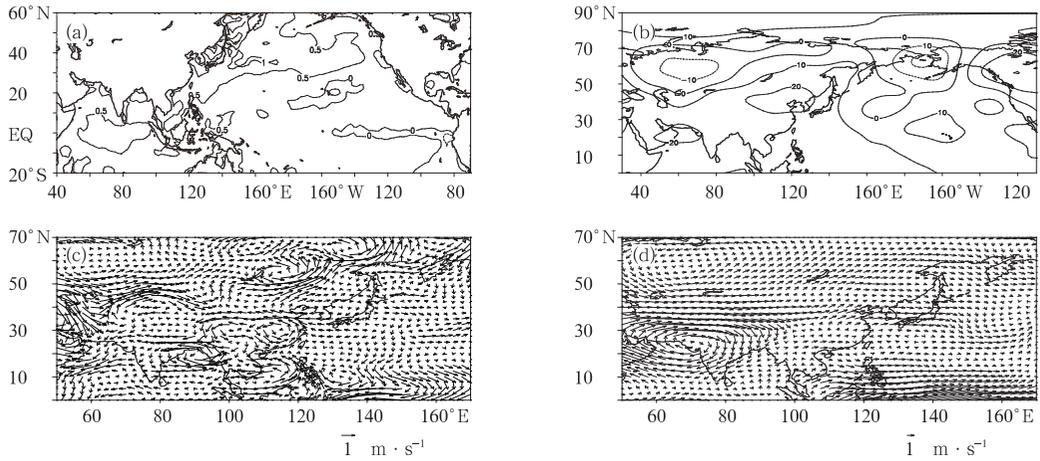


图4 1990—2012与1951—1989年的冬季差值合成

(a)9—11月海温(单位:°C), (b)500 hPa高度(单位:gpm), (c)850 hPa风场,
(d)200 hPa风场

Fig. 4 Difference between the 1990—2012 and 1951—1989 winters
(a) geopotential height at 500 hPa (unit: gpm), (b) wind at 850 hPa,
(c) wind at 200 hPa, (d) SST from September to November (unit: °C)

5 结论

利用1951—2012年华南192个测站逐月气温资料、NCEP/NCAR再分析月资料、NCC的ENSO监测资料,分析了华南冬季气温异常与ENSO的关系,探讨ENSO影响华南冬季气温的可能机制,结论如下:

(1) 这62年中,发生La Niña事件的当年冬季华南气温以偏低为主。发生东部型La Niña事件、Nino区海温异常的峰值月份出现在9—11月,对应华南冬季气温偏低明显为主,而中部型出现过华南冬季气温显著偏高的情况,极强La Niña事件的华南冬季气温显著偏低,中等、弱、极弱强度的La Niña事件当年华南冬季气温都是以偏低为主。

(2) El Niño事件对华南气温的影响具有年代际差异,在20世纪50年代和60年代初、80年代初到90年代中期(除1986年气温偏高外),发生El Niño事件的当年,华南冬季气温易偏低;而在60年代中期和70年代前期,1997年以来,发生El Niño事件的当年,华南冬季气温易偏高,特别是2002年以来偏高明显。发生东部型El Niño事件以及Nino

区海温异常的峰值月份出现在秋冬季,对应华南冬季气温易偏高。

(3) ENSO影响华南冬季气温年际变化的可能机理是,当La Niña事件发生时,在对流层低层激发西太平洋异常气旋环流和北风异常,对应对流层中层北太平洋高压明显加强,乌拉尔山高压脊明显偏强,东亚大槽南段加强,西太平洋副热带高压减弱,对流层高层中低纬存在东风异常急流,东亚中高纬经向环流明显,冬季风偏强,我国大部分地区包括华南冬季气温偏冷,反之,华南冬季气温易偏暖。

(4) 华南冬季平均气温在20世纪90年代初发生升温的突变,对应华南冬季气温年代际变化的前秋海温变化明显的区域位于北太平洋和我国近海,而与ENSO关系不明显。大气对这种海温的响应是通过在对流层低层激发西太平洋异常气旋环流和北风异常来实现,冬季风偏弱。对应着对流层中层西北太平洋副热带高压明显加强,乌拉尔山高压脊和东亚大槽均减弱,相应对流层高层我国存在异常西风气流,东亚中高纬纬向环流明显,这种配置导致我国大部分地区包括华南冬季气温偏暖,华南气温在90年代初发生升温的突变。

华南冬季气温异常是许多因子共同作用的结

果, ENSO 对华南冬季气温影响是十分复杂的, 有待于今后更进一步研究。

参考文献

- 艾婉秀, 孙林海, 宋文玲. 2010. 2009 年海洋和大气环流异常及对对中国气候的影响. 气象, 36(4):101-105.
- 龚道溢, 王绍武. 1998. ENSO 对中国四季降水的影响. 自然灾害学报, 7(4):44-52.
- 何溪澄, 丁一汇, 何金海. 2008. 东亚冬季风对 ENSO 事件的响应特征. 大气科学, 32(2):335-344.
- 贾小龙, 陈丽娟, 龚振淞, 等. 2011. 2010 年海洋和大气环流异常及对对中国气候的影响. 气象, 37(4):446-453.
- 康丽华, 陈文, 王林, 等. 2009. 我国冬季气温的年际变化及其与大气环流和海温异常的关系. 气候与环境研究, 14(1):45-53.
- 李晓燕. 2001. 1998/2000 年 ENSO 冷事件过程诊断. 热带气象学报, 17(1):90-96.
- 李晓燕, 翟盘茂. 2000. ENSO 事件指数与指标研究. 气象学报, 58(1):102-109.
- 李晓燕, 翟盘茂, 任福民. 2005. 气候标准值改变对 ENSO 事件划分的影响. 热带气象学报, 21(1):72-78.
- 林良勋, 吴乃庚, 蔡安安, 等. 2009. 广东 2008 年低温雨雪冰冻灾害及气象应急响应. 气象, 35(5):26-34.
- 刘永强, 丁一汇. 1995. ENSO 事件对我国季节降水和温度的影响. 大气科学, 19(2):200-208.
- 陆端军, 张先恭. 1995. 中国降水和温度对 ENSO 响应的特征. 应用气象学报, 6(1):118-123.
- 任福民, 袁媛, 孙丞虎, 等. 2012. 近 30 年 ENSO 研究进展回顾. 气象科技进展, 2(3):17-24.
- 孙丞虎, 任福民, 周兵, 等. 2012. 2011/2012 年冬季我国异常低温特征及可能成因分析. 气象, 38(7):884-889.
- 陶诗言, 张庆云. 1998. 亚洲冬夏季风对 ENSO 事件的响应. 大气科学, 22(4):399-407.
- 王绍武. 1985. 1860—1979 年期间的厄尼诺年. 科学通报, 1:51-56.
- 王绍武, 龚道溢. 1999. 近百年来 ENSO 事件及其强度. 气象, 25(1):9-14.
- 王遵娅, 任福民, 孙冷, 等. 2012. 2011 年夏季气候异常及主要异常事件成因分析. 气象, 38(4):448-455.
- 王遵娅, 任福民, 王东阡, 等. 2013. 2012 年海洋和大气环流异常及其对中国气候的影响. 气象, 39(4):508-515.
- 王遵娅, 张强, 陈峪, 等. 2008. 2008 年我初我国低温雨雪冰冻灾害的气候特征. 气候变化研究进展, 4(2):63-67.
- 王晓敏, 周顺武, 周兵. 2012. 2009/2010 年西南地区秋冬春持续干旱的成因分析. 气象, 38(11):1399-1407.
- 王艳姣, 周兵, 司东, 等. 2013. 2012 年夏季我国降水异常及成因分析. 气象, 39(1):118-122.
- 吴乃庚, 邓文剑, 林良勋, 等. 2012. 2012 年春节期间广东罕见低温阴雨天气特点及成因. 广东气象, 34(1):4-9.
- 吴乃庚, 林良勋, 李天然, 等. 2008. 2008 年初广东罕见低温雨雪冰冻天气的成因初探. 广东气象, 30(1):4-7.
- 吴尚森, 黄成昌, 薛惠娴. 1990. 华南气温变化与 ENSO 的关系. 热带气象, 6(1):57-64.
- 杨万春. 2004. 厄尔尼诺和拉尼娜事件与曲江汛期旱涝和冬季冷暖的统计关系分析. 广东气象, (4):10-11, 21.
- 翟盘茂, 李晓燕, 任福民. 2003. 厄尔尼诺. 北京: 气象出版社, 123-124.
- 赵振国. 1989. 厄尔尼诺现象与我国温度. 气象, 15(7):26-30.
- 赵振国, 蒋伯仁, 陈国珍, 等. 2000. ENSO 事件对中国气候的可能影响. 山东气象, 20(1):4-12.
- 朱乾根, 徐建军. 1998. ENSO 及其年代际异常对中国东部气候异常影响的观测分析. 南京气象学院学报, 21(4):615-623.
- 朱益民, 杨修群. 2003. 太平洋年代际振荡与中国气候变率的联系. 气象学报, 61(6):641-654.
- 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. 热带气象学报, 23(2):105-116.
- Horel J D, Wallace J M. 1981. Planetary-scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation. Mon Wea Rev, 109(4):813-829.
- Huang Ronghui, Wu Yifang. 1989. The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanism. Adv Atmos Sci, 6(1):21-32.
- Rasmusson E M, and Carpenter T H. 1982. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/El Nino. Mon Wea Rev, 110, 354-384.
- Wang B, Wu R, Fu X. 2000. Pacific East Asian teleconnection: How does ENSO affect East Asian climate. J Climate, 13(9):1517-1536.
- Zhang R, Sumi A, Kimoto M. 1996. Impact of El Nino on the East Asian monsoon: A diagnostic study of the 86/87 and 91/92 events. Meteor Soc Japan, 74 (1):49-62.