

# ENSO 事件对印度夏季风及西藏高原 夏季降水的影响

周顺武 假拉 杜军

(西藏自治区气象台)

**摘要:**通过合成分析方法分析了在 ENSO 的暖期(EI Niño)和 ENSO 的冷期(La Niña)西藏高原夏季(6~8 月)降水、印度洋风场以及海温场分布特征的差异。发现在 ENSO 的暖(冷)位相期间,印度洋低层出现东(西)风距平,高层出现西(东)风距平,西印度洋海温场为负(正)距平,对应着印度夏季风偏弱(强),EI Niño(La Niña)期间高原中西部等大部分地区夏季降水普遍偏少(多)。

**关键词** 高原夏季降水 印度夏季风 ENSO 事件

## 1 引言

80 年代以来,由于 ENSO 事件的频繁发生,对全球气候变化产生了重大影响。海——气相互作用近年来在大气科学研究领域受到广泛关注。大量研究表明<sup>[1-2]</sup>, ENSO 事件与全球大气环流以及大范围的气候异常有着密切联系。例如印度季风强弱、西太平洋副热带高压强度、台风活动以及长江流域的旱涝等都与 ENSO 事件存在着明显的统计关系。

亚洲季风是全球最典型最强的季风系统,夏季降水是夏季风活动导致的直接结果。亚洲夏季风的异常与我国夏季旱涝有着十分密切的联系,受印度夏季风的影响,西藏高原(以下简称高原)夏季降水年际变化大。印度季风与 ENSO 之间有十分密切的关系<sup>[3-4]</sup>。本文旨在探讨印度夏季风与 ENSO 的联系以及由此对高原夏季降水造成的影响区域和程度。

本文利用英国气象局整理全球海表温度距平(SSTA)月平均资料,全球风场的月平均格点资料(美国 NCEP/NCAR 40 年再分析资料),以及高原 35 个测站 6~8 月降水月平均资料。分析了 EI Niño 与 La Niña 年期间印度洋地区海温场和高、低层合成风场的差异,以及赤道太平洋海温异常对高原夏季降水的影响。

## 2 ENSO 事件期间高原夏季降水差异的事实

根据我国 ENSO 监测小组对 EI Niño (La Niña)事件的定义<sup>[5]</sup>:赤道东太平洋 NINO3 区(0~10°S, 180~90°W)海域月平均海温正距平 $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$ (负距平 $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$ ),持续时间 $\geq 6$ 个月,中断时间不超过 1 个月。ENSO 事件强度指数(F)是由事件的持续时间,最大海温正距平以及海温距平 $>1.0$ 的月数三项指标综合得出,由下式表示:

$$F = \frac{L - \bar{L}}{\sigma_L} + \frac{|\Delta T_{\max}| - |\Delta \bar{T}_{\max}|}{\sigma_T} + \frac{m - \bar{m}}{\sigma_m}。$$

表 1、表 2 分别给出的 1951 年以来的历次 EI Niño 和 La Niña 事件的起始时间及等级划分。

表 1 1951~1998 年历次厄尔尼诺(EI Niño)事件

序 号	起始时间	持续时间(月)	出现最大正 距平时间	等 级
1	1951 年 08 月~1952 年 04 月	9	1952 年 04 月	弱
2	1953 年 04 月~1953 年 10 月	7	1953 年 04 月	较弱
3	1957 年 04 月~1958 年 08 月	17	1957 年 12 月	强
4	1963 年 07 月~1964 年 01 月	7	1963 年 11 月	较弱
5	1965 年 05 月~1966 年 03 月	11	1965 年 12 月	中等
6	1968 年 10 月~1970 年 01 月	16	1969 年 12 月	中等
7	1972 年 06 月~1973 年 03 月	10	1972 年 11 月	强
8	1976 年 06 月~1977 年 03 月	10	1976 年 10 月	弱
9	1982 年 09 月~1983 年 09 月	13	1983 年 02 月	最强
10	1986 年 10 月~1988 年 03 月	18	1987 年 10 月	强
11	1991 年 05 月~1992 年 09 月	17	1991 年 11 月	强
12	1993 年 04 月~1993 年 11 月	8	1993 年 05 月	弱
13	1994 年 05 月~1995 年 02 月	10	1994 年 12 月	中等
14	1997 年 04 月~1998 年 06 月	15	1997 年 12 月	最强

表 2 1951~1998 年历次拉尼娜(La Lña)事件(截止到 1999 年 8 月)

序 号	起始时间	持续时间(月)	出现最大负 距平时间	等 级
1	1954 年 06 月~1956 年 07 月	26	1955 年 10 月	最强
2	1964 年 04 月~1964 年 12 月	9	1964 年 04 月	最弱
3	1967 年 07 月~1968 年 06 月	12	1967 年 11 月	中等
4	1970 年 08 月~1971 年 12 月	17	1970 年 12 月	中等
5	1973 年 09 月~1975 年 01 月	17	1974 年 01 月	强
6	1975 年 06 月~1976 年 03 月	10	1975 年 12 月	中等
7	1984 年 10 月~1985 年 07 月	10	1985 年 01 月	最弱
8	1988 年 06 月~1989 年 06 月	13	1988 年 11 月	强
9	1998 年 06 月~	/	1988 年 12 月	强

依据表 1,2,对高原 23 个具有 30 年以上资料的夏季降水在 E1 Nino 年与 La Nina 年进行合成分析,计算合成差值,并进行统计  $t$  检验,以确定差异是否有意义。图 1 给出西藏高原 23 个测站夏季降水在 E1 Nino 年与 La Nina 年合成差值的  $t$  检验分布图。

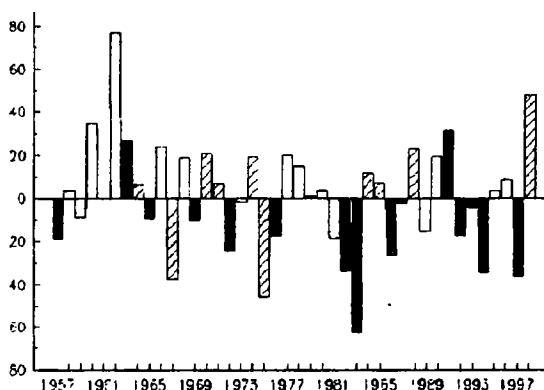
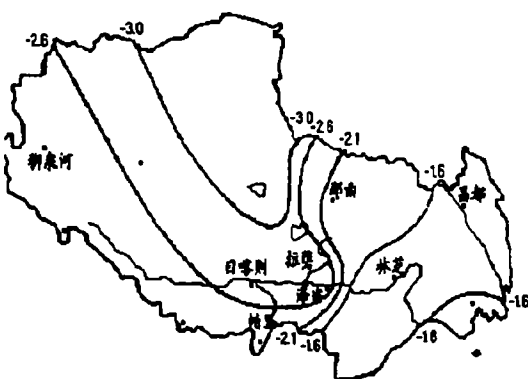


图 1 高原夏季降水合成分析图  
(E1 Nino 年减 La Nina 年)的  $t$  检验

图 2 1957~1998 年沿江夏季降水距平百分率年际变化

图 1 中  $t$  值为一致的负值,表明高原夏季降水在 E1 Nino 年普遍偏少,而在 La Nina 年降水倾向于偏多。其中  $t$  小于  $-2.1$  (信度达到 0.05 水平的区域)为从南部边缘地区的帕里站向西北呈喇叭口型扩展,包括有雅鲁藏布江中西段(以下简称沿江)、那曲中西部以及高原的西北部(由于高原西北部测站很少,仅从分布趋势看,估计其信度可能超过 0.01)。大致说来,ENSO 事件影响显著的区域为高原中西部;而西藏东部地区夏季降水在 E1 Nino 年与 La Nina 年的差异不太明显。

由图 1,沿江  $t$  检验信度达到 0.05,以拉萨、日喀则、泽当、江孜 4 个站代表沿江,图 2 是 1957~1998 年沿江夏季降水距平百分率历年演变图,图中黑色直方图代表 E1 Nino 年,斜线直方图代表 La Nina 年。可见,1957 年以来出现 E1 Nino 事件的 15 年中,沿江除 1963, 1991 年外,其余各年夏季降水为负距平,概率为 86.7%;10 个 La Nina 年中除 1967,1975 年外,有 8 年沿江夏季降水为正距平,概率为 80.0%。由此可知,ENSO 对沿江降水异常的影响是十分显著的。

为进一步说明 ENSO 事件与高原夏季降水的关系,我们计算了 NINO-3 指数与高原各站夏季降水距平的相关系数。发现春、夏季 NINO-3 指数与中西部地区(特别是图 1 中信度达到 0.05 区域)夏季降水有一定的负相关性,但简单计算各测站夏季降水与春季(3~5 月)和夏季的 NINO-3 指数的相关系数,发现除少数站在个别月份的相关信度接近或达到 90%外,更多时候相关性并不明显。

由于高原面积大,测站少(尤其是西北部区域,站点资料十分稀少),而且高原地形复杂,降水的局地性明显,加上影响我区夏季降水的因子很多,简单统计赤道东太平洋海温变化与高原夏季降水异常之间的相关一般并不好,但是这并不意味着高原夏季降水与 ENSO 没有联系。由于 ENSO 现象不仅表现为一事件,更体现为一种周而复始的循环<sup>[6]</sup>,其主要年际变化时间尺度为 2—4 年,春、夏季 NINO-3 指数序列的功率谱分析均呈现为明显的单峰

型,峰值周期为 3.67 年(图略)。

另一方面,我们对高原夏季降水时间序列进行了功率谱分析,发现大部测站也具有 2—4 年的短周期,图 3 为沿江夏季降水序列的功率谱分析,由图可见,沿江夏季降水存在 10.5 ( $k=4$ )和 8.4 年( $k=5$ )以及 3.5 年( $k=12$ )和 2.8 年( $k=15$ )的短周期振动,并且 3.5 年周期通过了  $\alpha=0.05$  的显著性水平。

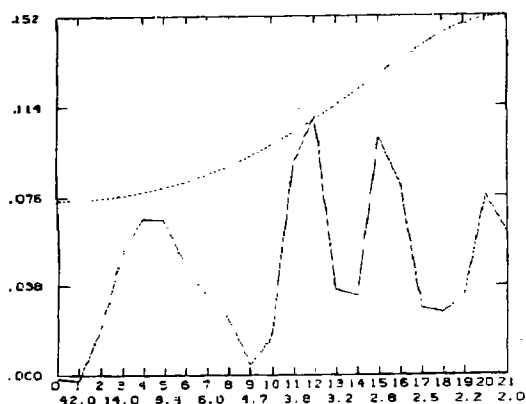


图 3 沿江夏季降水序列的功率谱分析

图中虚线表示通过 95% 信度检验曲线

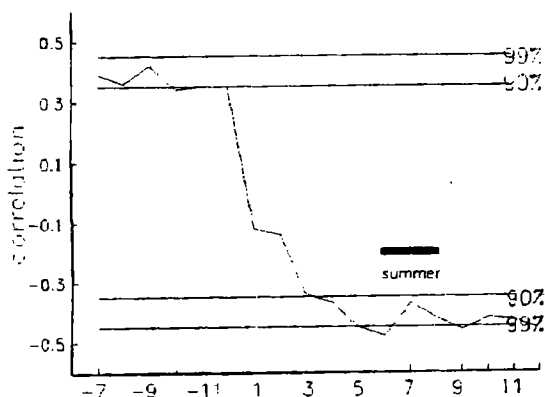


图 4 沿江夏季降水 2—4 年尺度滤波结果

与前一年 7 月至当年 12 月的 NINO-3 指数相关系数时间分布

由此,我们采用带通滤波方法分别对 NINO-3 指数序列和夏季降水序列进行 2—4 年时间尺度的滤波,并计算滤波之后两序列之间的相关系数。图 4 是沿江站夏季降水 2—4 年尺度滤波结果与前一年 7 月至当年 12 月的 Nino3 指数相关系数时间变化图,图中,前一年夏到秋季的 NINO-3 指数与沿江当年夏季降水有较好的正相关( $R \geq 0.35$ ),随后相关系数迅速降低,其中 1~2 月相关性较差(已变为负值),到 3 月份相关系数骤然降至  $-0.35$ (信度达到 0.05 水平),随后几个月相关系数基本在  $-0.35 \sim -0.48$  之间,保持着一种稳定的负相关关系,即表明当年春、夏季的 NINO-3 指数为正(负)时,沿江夏季降水出现负(正)距平。通过类似的方法计算,发现高原大部分各测站(主要集中在高原中西部)夏季降水在 2—4 年时间尺度上与前期、同期 NINO-3 指数有较好的负相关。

综上所述,当赤道东太平洋海温偏高时(E1 Niño 期间),高原大部分地区夏季降水以负距平为主;当海温偏低时(La Niña 期间),高原大部分地区夏季降水以正距平为主。尤其高原夏季降水在 2—4 年时间尺度上对 ENSO 有显著的响应。

### 3 ENSO 事件对印度夏季风的影响

近年来,人们对 ENSO 事件与亚洲夏季风的关系作了大量研究,发现在 E1 Niño 年印度夏季干旱,而 La Niña 年测多雨<sup>[7]</sup>。以下通过对 5 个 E1 Niño 年(1972, 1976, 1983, 1987, 1994)和 5 个的 La Niña 年(1964, 1971, 1974, 1985, 1988)印度洋高、低风场以及海温场进行了合成,以比较在 ENSO 不同位相期间它们的差异。

#### 3.1 印度洋风场对 ENSO 的响应

大气环流在 6 月份发生突变,高原大多数地区也在此时进入雨季,图 5 给出 5 个 E1

Niño 年和 5 个 La Niña 年印度洋地区 6 月低层 850hpa 矢量风距平合成图,由图可见,E1 Niño 年(La Niña 年)印度洋出现反气旋(气旋)距平环流,10°N 以北的印度半岛维持东(西)风距平,表明印度夏季风偏弱(强)。图 6 为印度洋地区 6 月高层 200hpa 矢量风距平合成图,在 E1 Niño 年(La Niña 年),印度半岛维持西(东)风距平,南亚高压偏弱(强)。张庆云<sup>[8]</sup>在研究夏季东亚季风与印度季风的关系时,指出当春、夏季 200hpa 高层亚洲中纬度地区出现西(东)风距平时,预示着印度夏季风偏弱(强)。

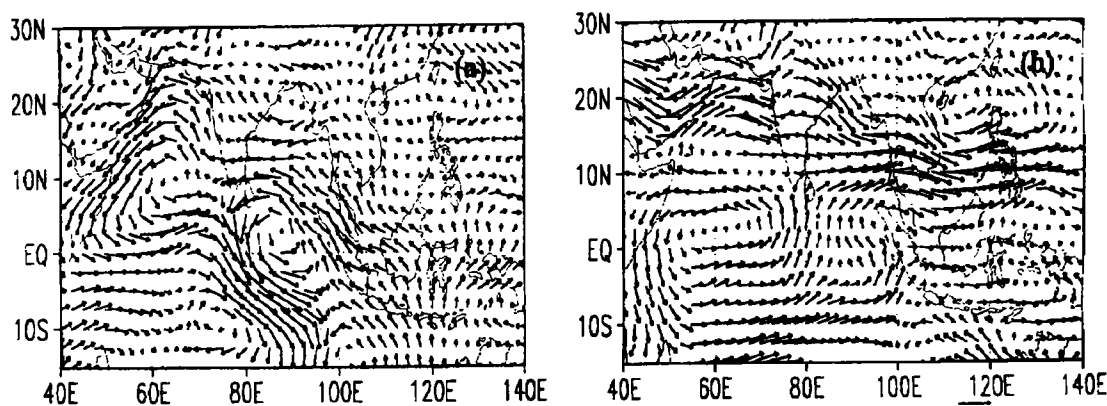


图 5 5 个 E1 Niño 年(a)和 5 个 La Niña 年(b)6 月 850hpa 风场距平合成图。

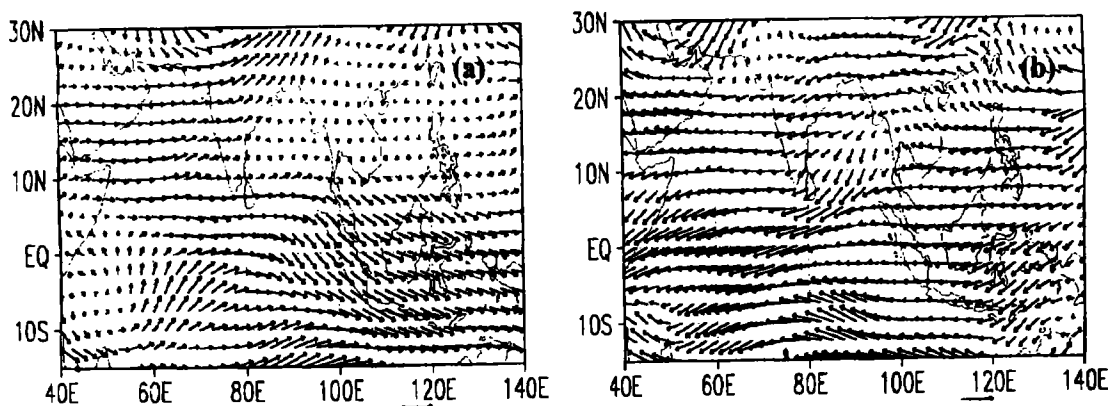


图 6 5 个 E1 Niño 年(a)和 5 个 La Niña 年(b)6 月 200hpa 风场距平合成图。

### 3.2 热带印度洋海温场对 ENSO 的响应

图 7 给出 5 个 E1 Niño 年和 5 个 La Niña 年 6 月海温场距平合成图,可见,E1 Niño 年印度洋海温场为正距平,其中最大正距平出现在印度洋西部非洲沿岸;La Niña 年印度洋海温场分布特征为西负东正,最大负距平位于在印度洋西部赤道海区。E1 Niño 年、La Niña 年海温场最明显的差异在印度洋西部。

E1 Niño(La Niña)年西印度洋海温为正(负)距平,海温正(负)距平区有(不)利于上升运动,海温场异常分布型对大气加热作用不同,从而导致印度季风减弱(活跃)。我们分析了多雨年和少雨年海温场分布型,分别对应于 La Niña 年和 E1 Niño 年的西印度洋海温场出

现负(正)距平(图略)。El Niño 年和 La Niña 年西印度洋这种 SSTa 异常分布从 4 月份开始形成,一致持续到整个夏季。只是 6 月份海温异常最明显。

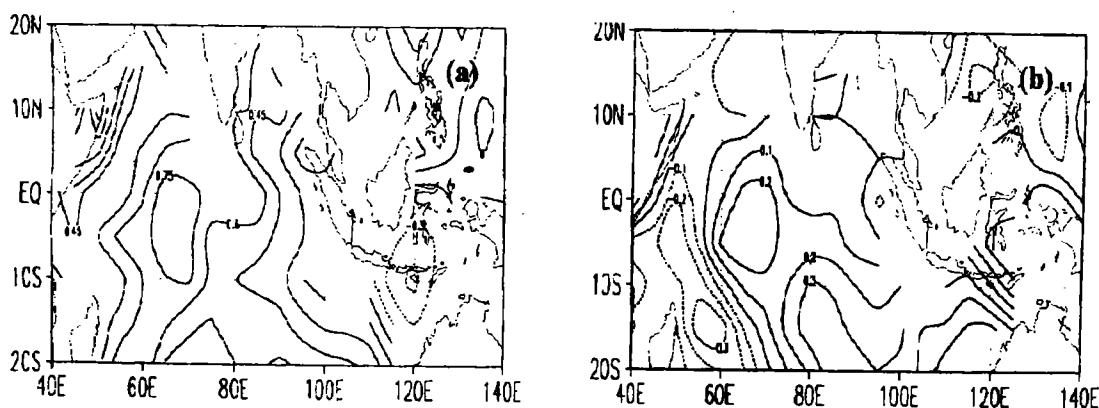


图 7 5 个 El Niño 年(a)和 5 个 La Niña 年(b)6 月海温场距平合成图。

陈列庭<sup>[9]</sup>指出印度洋至太平洋赤道地区海温距平的纬向分布基本上可分为两种主要类型:一类为西印度洋和东太平洋海温偏高,而东印度洋和西太平洋海温偏低型;另一类为相反分布型。前者常出现 El Niño 年,后者多出现 La Niña 年。计算 1962~1994 年 NINO-3 区和西印度洋(10~15°N, 50~70°E)海温距平相关系数(图略),西印度洋赤道地区海温与东太平洋海温存在很高的相关( $R=0.71$ ),达到 0.001 信度。

#### 4 小结

分析 ENSO 的不同位相期间印度洋风场、海温场存在显著的差异,表明赤道东太平洋海温异常变化对印度夏季风强弱有十分密切的联系。印度洋是高原夏季降水的水汽和各种能量的重要源地,印度夏季风活动的异常将导致高原夏季降水异常。

综合以上分析,得到以下几点结论:

4.1 高原中西部等大部分地区夏季降水序列与春、夏季 NINO-3 指数序列保持着稳定的负相关,既春、夏季 NINO-3 指数为正(负)时,高原上述地区当年夏季降水出现负(正)距平。高原夏季降水具有 2—4 年振荡周期,在这个时间尺度上对 ENSO 有明显的响应。

4.2 高原西部及沿江夏季降水在 ENSO 的不同位相期间有显著的差异,在 ENSO 的暖(冷)期,沿江和高原西北部等大部分地区夏季降水普遍偏少(多)。

4.3 合成分析表明,El Niño 和 La Niña 年印度洋高、低空气场及海温场均存在明显差异,El Niño(La Niña)年在 850pa 风场上印度洋出现气旋(反气旋)距平环流,印度半岛维持西(东)风距平,200hpa 风场上印度半岛维持东(西)风距平,南亚高压偏强(弱),海温场表明为西冷(暖)东暖(冷)的分布特征,对应着印度夏季风偏强(弱)。

参考文献(略)

责任编辑 达娃