

文章编号：1004-4965 (2003) 01-0036-07

# 西太平洋副高与 ENSO 的关系及其对 福建雨季降水分布的影响

蔡学湛， 温珍治， 吴 滨

(福建省气象台，福建 福州 350001)

**摘 要：**利用 1951~2000 年北太平洋海温和副高特征量资料，探讨夏半年副高与前期海温的关系，发现影响副高活动的海温关键区赤道东太平洋前期信息最明显，从前期秋季持续至春季都保持与夏半年各月副高强度、西伸脊点位置的高相关；ENSO 事件的形成超前于副高强度的转折约半年时间；El Nino 年副高持续偏强偏西，La Nina 年则相反，脊线位置也有所反映，但不如强度与西伸显著。在此基础上进一步分析表明，福建雨季降水、副高强度与 Nino 3 区海温存在着大约相一致的年代际振荡与突变时间；雨季降水分布的异常直接受到副高活动的影响，而副高活动又明显受 ENSO 循环的制约，因而关注赤道东太平洋海温异常及 ENSO 信息对福建雨季降水分布趋势的预测具有重要意义。

**关 键 词：**ENSO； 西太平洋副高； 雨季； 降水分布

中图分类号：P434.4

文献标识码：A

## 1 引 言

文献 [1] 在总结影响中国汛期降水的气候因子时指出，赤道东太平洋海温，青藏高原热状况，亚洲季风及中纬度阻塞高压、西太平洋副热带高压从东西南北中五个方面影响汛期降水的异常。西太平洋副高（以下简称副高）一方面受西太平洋海洋热状况的直接影响，另一方面又受其它四个方面的大气环流与下垫面的影响，形成复杂的相互作用的关系。早在 1950 年代人们就研究副高与中国旱涝关系，到 1980 年代开始注意到副高与赤道东太平洋海温的关系<sup>[1-3]</sup>，但至今对副高的变化，包括季节性进退及持续性异常的变化规律及成因还未有足够的认识。汛期降水预测的成败往往与估计当年副高的活动正确与否有关，因而副高的预测仍然是夏季降水趋势预测的中心课题。本文的目的一方面对副高的强度、南北位置、西伸程度与赤道东太平洋海温及 ENSO 事件关系作进一步

收稿日期：2002-03-25；修订日期：2002-07-08

基金项目：福建省自然科学基金项目“福建省汛期降水量场短期气候预测模式的研究”（D9810010）资助

作者简介：蔡学湛（1946 - ），男，福建福州人，高级工程师，主要从事短期气候预测的研究。

的探讨,另一方面对副高与福建雨季降水分布的关系作进一步诊断,相信将有助于改进副高的预报,而加强汛期降水(旱涝)趋势预测的能力。本文采用国家气候中心提供的美国 NCEP 1951~2000 年  $2^{\circ} \times 2^{\circ}$  网格海表温度资料,按文献[4]给出的海气综合指数为标准而划分 ENSO 冷暖事件。

## 2 北太平洋海温的遥相关结构与影响副高的关键区

若以赤道冷水区  $0^{\circ}$ ,  $120^{\circ}\text{W}$  为基点的长年海温序列与北太平洋各网格点上海温序列求相关分布(图略),可以看到,除赤道东太平洋(Nino 3 及 Nino 1、2 区)存在一个高信度的正相关区以外,在西太平洋的黑潮区附近存在另一个正的高相关区,在其北侧有一个高信度的负相关区,即西风飘流区及附近海域。北太平洋海温南北方向存在这种反相关类似跷跷板的振荡结构,是北太平洋海温 ENSO 循环的基本特征。

为了分析影响副高变化的海温场关键区,我们选取(下文第 3 部分将分析阐明)夏半年副高特征量与前期海温相关最为显著的冬季(1~2 月)北太平洋海温,来统计与夏季(6~8 月)副高强度指数的相关分布(图 1)。图上显见与上述北太平洋遥相关结构相当吻合,正的最高相关区出现在赤道东太平洋, Nino 3 及 Nino 1、2 区都达到 0.001 显著水平,另一个出现在黑潮区和暖池附近,显著性低于赤道东太平洋。负的高相关区位于西风飘流区,其中心部位也达到 0.001 显著水平,显然这种结构为典型的厄尔尼诺海温分布型。文献[5]曾着重统计了赤道冷水区(Nino 3 区:  $5^{\circ}\text{S} \sim 5^{\circ}\text{N}$ ,  $150^{\circ} \sim 90^{\circ}\text{W}$ )、西风飘流区( $35^{\circ} \sim 45^{\circ}\text{N}$ ,  $160^{\circ}\text{E} \sim 160^{\circ}\text{W}$ )和黑潮区( $35^{\circ}\text{N}$ ,  $140^{\circ} \sim 150^{\circ}\text{E}$ ;  $25^{\circ} \sim 30^{\circ}\text{N}$ ,  $125^{\circ} \sim 150^{\circ}\text{E}$ )三大强洋流区的各月方差变化,表明 Nino 3 区的海温方差明显大于西风飘流区和黑潮区,全年各月均达 0.5 以上,11、12 月为全年最大,达 1.0。这表明赤道冷水区是北太平洋海温变化离散度最大,同时又是影响夏季副高活动信号最强的关键区。

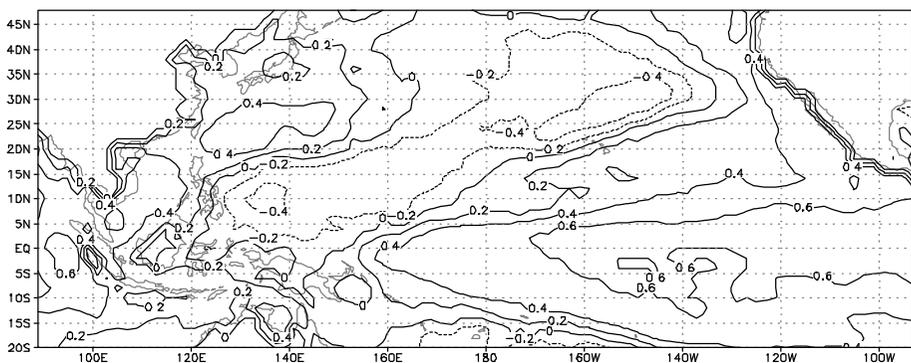


图 1 1951~2000 年夏季副高强度与前期冬季北太平洋 SST 相关分布

### 3 副高与赤道东太平洋海温的关系

鉴于上述原因,我们着重分析反映副高强度、南北和东西位置相对独立的三个特征量,即副高面积指数、西伸脊点位置、脊线位置与Nino 3区海温的逐月相关(表1)。总体来说,副高面积指数与海温相关最为显著,各月面积指数与上一年9月持续到同期海温的正相关有77%达到0.001显著水平,高相关值集中在前期秋冬季12~3月,整个冬季都达0.001的显著水平。西伸脊点与海温均为负相关,各月西伸脊点与上一年9月持续至同期海温有57%达到0.01显著水平,负的最高相关集中在前期2~3月。脊线位置与海温的关系远不如面积和西伸脊点,只有6、7月的脊线位置可保持从前期9月一直到同期海温的负相关达0.05的显著水平,与海温的高相关仍然集中在前期冬季最为显著。8月的脊线与海温关系最差,基本无关。但9月的脊线位置与前期春季之后的海温的负相关又可达0.05的显著水平。上述分析表明,发生在赤道东太平洋热状况变化对夏半年副高的影响,特别是强度和西伸,其时效可超前至前期秋季,冬春季特别显著。由此可以得出这样的基本模式:当秋冬季赤道东太平洋出现暖水时,翌年夏半年副高偏强、偏西,脊线位置初夏偏南;当秋冬季出现冷水时则与之相反。

表1 1951~2000年3~9月副高特征量与前期Nino 3区海温相关系数

月份	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8		
面积指数	3	0.64	0.66	0.67	0.69	0.68	0.68	0.67						
	4	0.60	0.64	0.68	0.70	0.71	0.71	0.71	0.68					
	5	0.41	0.45	0.49	0.51	0.53	0.55	0.55	0.52	0.45				
	6	0.42	0.50	0.57	0.59	0.60	0.61	0.59	0.52	0.44	0.32			
	7	0.35	0.42	0.48	0.51	0.53	0.52	0.50	0.48	0.45	0.38	0.28		
	8	0.48	0.51	0.54	0.56	0.57	0.58	0.59	0.55	0.48	0.37	0.25	0.15	
	9	0.37	0.44	0.50	0.52	0.51	0.50	0.47	0.40	0.32	0.23	0.18	0.14	
	西伸脊点	3	-0.52	-0.54	-0.56	-0.58	-0.59	-0.60	-0.57					
		4	-0.47	-0.48	-0.49	-0.51	-0.53	-0.56	-0.58	-0.57				
5		-0.41	-0.44	-0.47	-0.49	-0.51	-0.54	-0.52	-0.44	-0.29				
6		-0.33	-0.39	-0.44	-0.47	-0.49	-0.53	-0.51	-0.43	-0.28	-0.16			
7		-0.19	-0.24	-0.27	-0.28	-0.31	-0.33	-0.35	-0.34	-0.29	-0.22	-0.15		
8		-0.37	-0.37	-0.38	-0.37	-0.38	-0.39	-0.40	-0.35	-0.27	-0.20	-0.17	-0.15	
9		-0.24	-0.29	-0.33	-0.33	-0.34	-0.33	-0.33	-0.28	-0.21	-0.13	-0.10	-0.08	
脊线位置		3	0.20	0.19	0.19	0.22	0.21	0.22	0.18					
		4	0.21	0.19	0.19	0.22	0.21	0.23	0.20	0.14				
	5	0.00	-0.01	-0.03	-0.02	-0.01	0.01	-0.03	-0.13	-0.23				
	6	-0.39	-0.41	-0.45	-0.50	-0.52	-0.52	-0.49	-0.41	-0.33	-0.26			
	7	-0.28	-0.28	-0.29	-0.29	-0.30	-0.31	-0.33	-0.34	-0.34	-0.27	-0.21		
	8	0.08	0.04	0.01	0.02	0.01	-0.02	-0.04	-0.07	-0.10	-0.16	-0.21	-0.21	
	9	-0.14	-0.18	-0.21	-0.22	-0.21	-0.21	-0.25	-0.26	-0.30	-0.33	-0.39	-0.39	

我们已知道,西太平洋副高的强弱和位置的变化具有明显的持续性和转折性。为进一步讨论这种持续性和转折性与海温的关系,我们取副高面积指数统计其转折过程,即转折期前半年至少有4个月与转折后半年也至少有4个月的距平成反号,1951~2000年有9次由弱转强的过程,转折期分别为1953年7月、1957年11月、1965年11月、

1969 年 3 月、1972 年 10 月、1976 年 10 月、1982 年 5 月、1986 年 10 月、1997 年 7 月；有 6 次由强转弱的过程，转折期分别为 1966 年 11 月、1970 年 10 月、1973 年 10 月、1984 年 6 月、1988 年 11 月、1999 年 1 月。实质上它们分别属于 ENSO 暖事件与冷事件的开始年或发展阶段<sup>[4]</sup>。副高由弱转强的 9 次过程中 Nino 3 区海温距平由负转正超前 4~9 个月不等，平均 6.7 个月；6 次副高由强转弱的过程，Nino 3 区海温距平由正转负超前 5~8 个月，平均

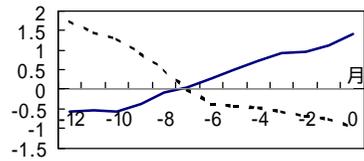


图 2 副高由弱转强（实线）、由强转弱（虚线）期前 12 个月 Nino 3 区海温距平合成曲线

6.5 个月。图 2 分别将 9 次弱转强与 6 次强转弱过程副高转折期前 12 个月 Nino 3 区海温距平的合成加以比较，图上二条曲线零距平所对应的月份也反映了海温转折超前时间，与上述平均超前月基本吻合，说明了 ENSO 事件对副高强度的影响时效约为半年。

#### 4 El Nino 与 La Nina 年的副高特征

表 1 的分析已得出赤道东太平洋前期暖水与冷水影响夏半年副高的基本模式，为讨论 ENSO 事件典型年份副高的活动特征，结合国家气候中心 ENSO 监测室所制定的划分标准<sup>[6]</sup>，挑取典型 El Nino 年 1951、1953、1957~1958、1963、1965、1969、1972、1976、1983、1987、1991~1992、1993、1994、1997~1998 共 17 年；典型 La Nina 年 1954~1955、1964、1967、1970~1971、1974、1975、1985、1988、1999~2000 共 12 年，由图 3 给出典型 El Nino 年 3 个副高特征量各自平均与典型 La Nina 年的比较。显然 El Nino 年与 La Nina 年副高活动的趋势特别是面积与西伸脊点位置完全相反，脊线位置在夏半年也有所反映，但不如面积和西伸显著。这与上述分析结果一致，不过更体现了典型年份的异常。

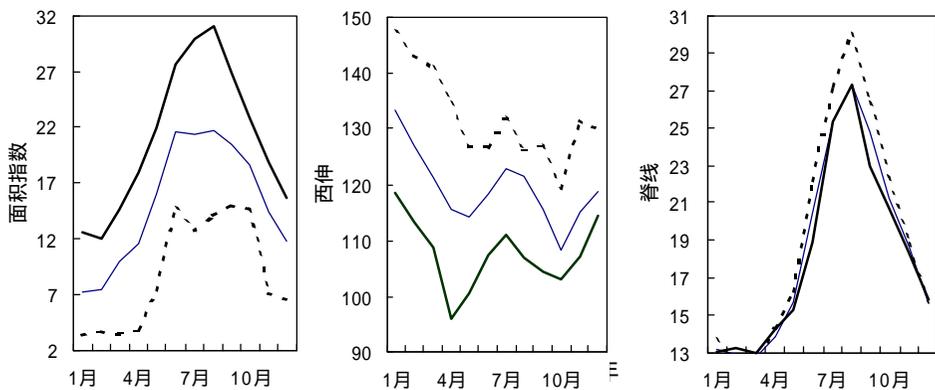


图 3 El Nino 年（粗线）、La Nina 年（虚线）、与常年（细线）副高特征量平均曲线

## 5 副高、海温及福建雨季降水年代际振荡与突变时间

图4是全年副高面积指数距平、全年Nino 3区海温距平和福建雨季(5~6月)降水标准变量的逐年累积变化。不难看出,副高强度与Nino 3区海温变化趋势基本一致,福建雨季降水的变化趋势与之相对称。1951年以来这三者在1975~1978年即1970年代中后期经历了一次气候突变,即1970年代中后期以前,Nino 3区海温是以偏低为主的阶段,对应副高强度偏弱和福建雨季降水偏多为主的阶段,1970年代中后期之后转为Nino 3区海温偏高,副高强度偏强和福建雨季降水偏少为主的阶段。这种年代际振荡说明1951年以来这三者都大致经历了一次大周期的振荡。

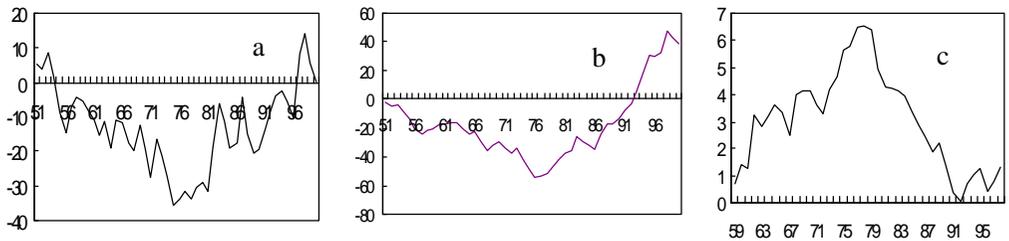


图4 Nino 3区海温(a)、副高面积指数(b)和福建雨季降水标准变量(c)距平累积曲线

## 6 副高异常对福建雨季降水分布的影响

副高是影响我国汛期雨带位置最直接的大气环流。为了分析副高对福建雨季(5~6月)降水分布的影响,仍取面积指数、西伸脊点与脊线位置这三个相对独立的因子与前汛期降水 EOF 前三个特征向量(方差贡献分别为 0.48、0.17、0.06)的时间系数统计同期相关(表 2)。统计结果 EOF<sub>1</sub>、EOF<sub>3</sub>与副高的变化关系不大,而 EOF<sub>2</sub>与副高特征量的相关系数较大,它与面积的负相关和与西伸脊点正相关都达到 0.01 显著水平。EOF 前三个特征向量的空间分布(图略), EOF<sub>1</sub>为全福建省正向量即全省同向, EOF<sub>2</sub>北负南正即南北反向, EOF<sub>3</sub>东正西负即沿海与内陆反向。可见副高的变化主要影响省内降水南北向分布,即着重影响雨带的位置。取 EOF<sub>2</sub>时间系数序列中的异常年份,即其值最大的 5 年(1960、1965、1972、1986、1997 年)与其值最小的 5 年(1969、1970、1982、1988、1995 年)降水标准变量的合成(图 5)。图上显示等值线多呈 WSW-ENE 走向,零值线在中间部位,显然 EOF<sub>2</sub>异常年份降水变化趋势截然不同,即大值年南部增多北部减少,小值年南部减少北部增多。可查出 EOF<sub>2</sub>大值年都对应同期副高活动偏弱偏东且多偏北,相反小值年均对应副高偏强偏西且多偏南。这意味着副高偏北偏东,有助于夏季风发展和北上,季风雨带可迅速北移至江南北部,而且西太平洋 ITCZ 活跃,有利于福建南部多雨;副高偏南偏西则相反,夏季风不易发展,不利于雨带北上,停滞于江南南部,导致福建北部多雨。

再深入分析可发现 EOF<sub>2</sub> 系数异常大的 5 年与异常小的 5 年中，有 4 年与 5 年处于副高持续偏弱期与持续偏强期，即对应 ENSO 冷与暖事件的发展期。我们知道，副高活动异常是受多方面因素影响，而这里 ENSO 事件则作为显著因素影响副高，进而导致雨季降水分布的异常。由此表明，关注前期赤道东太平洋海温异常及其 ENSO 信息，对夏半年副高活动特别是强度、西伸脊点的预报，同时对福建雨季降水分布趋势预测具有重要意义。

表 2 福建雨季降水 EOF 与同期副高特征量相关系数

	EOF <sub>1</sub>	EOF <sub>2</sub>	EOF <sub>3</sub>
面积	-0.16	-0.35	0.03
西伸	-0.07	0.39	0.11
脊线	-0.12	0.23	-0.11

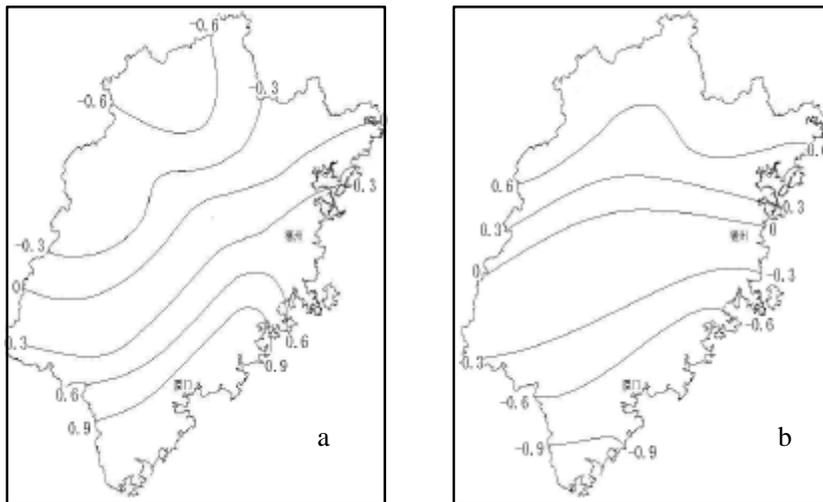


图 5 EOF<sub>2</sub> 时间系数大值年(a)与小值年(b)雨季降水标准变量的合成

## 7 结 论

(1) 赤道东太平洋、西风漂流区和黑潮区三大洋流区的海温异常是影响副高活动异常的关键区，其中赤道东太平洋海温的前期信息最明显。赤道东太平洋海温对夏半年副高的影响，特别是对强度与西伸的影响，一般可超前至前期秋季，冬春季尤为显著。

(2) ENSO 事件的发生对副高活动的转折性影响时效大约为半年；El Nino 与 La Nina 年副高特征量距平反位相特征相当典型，特别是强度（面积）和西伸脊点，而脊线位置也有所反映。

(3) 1951 年以来副高与赤道东太平洋的海温及福建雨季降水变化都经历了大约半个世纪的大周期振荡，其年代际振荡和历史突变期基本一致，突变期发生在 1975~1978 年即二十世纪七十年代中后期。

(4) 福建雨季降水南北反向变化的异常,是直接受到副高活动的影响,而副高活动的异常,又明显受到 ENSO 的影响。

### 参 考 文 献:

- [1] 李克让,陈永申.北太平洋海温距平经向差对副高影响的若干事实[J].大气科学,1979,3:150-157.
- [2] 陈烈庭.北太平洋副热带高压与赤道东部海温的相互作用[J].大气科学,1982,6:150-157.
- [3] 臧垣范,王绍武.赤道东太平洋海温对低纬大气环流的影响[J].海洋学报,1984,6:16-24.
- [4] 李晓燕,翟盘茂. ENSO 事件指数与指标研究及最近 50 年 ENSO 事件分类[A]. 翟盘茂,江吉喜,张人禾. ENSO 监测和预测研究[M]. 北京:气象出版社,2000. 37-46.
- [5] 赵振国. 中国夏季旱涝及环境场[M]. 北京:气象出版社,1999. 102.
- [6] ENSO 监测小组. 厄尔尼诺事件的划分标准和指数[J]. 气象,1989,15:37-38.

## RELATIONSHIP BETWEEN WEST PACIFIC SUBTROPICAL HIGH AND ENSO AND ITS INFLUENCE ON RAINFALL DISTRIBUTION OF RAINY SEASON IN FUJIAN

CAI Xue-zhan, WEN Zhen-zhi, WU Bin

(Meteorological Observatory of Fujian Province, Fuzhou 350001, China)

**Abstract:** Relationship between the variations of West Pacific subtropical high indices in the summer half of the year and SST in North Pacific during previous stage was examined based on a data set of 1951 ~ 2000. The correlation between the subtropical high indices and preceding SST in the equatorial East Pacific was the strongest among the others, and has great persistency from last autumn to spring. It is indicated that ENSO events appeared about a half year earlier than the change of the subtropical high activities, and the subtropical high intensities enhanced(weakened) and western ridge point was westward (eastward) in the year of El Nino (La Nina) events. It was also observed that there were similar interdecadal oscillation and abrupt variations of Nino 3 SST、subtropical high intensities and rainfall of rainy season in Fujian therefore, experiments were made on rainfall distribution of rainy season in Fujian. The results showed that the distribution was directly affected by the subtropical high activities, pronouncedly caused by ENSO effect.

**Key words:** ENSO; West Pacific subtropical high; rainy season; rainfall distribution