

我国西南地区夏季降水异常 与太平洋海温季节演变的关系*

唐佑民 翟武全

(成都气象学院气象系, 成都 610041) (安徽省气象科学研究所, 合肥 230061)

许金洪

(福建省莆田市气象局, 莆田 351100)

提要 根据太平洋(10°S—50°N, 120°E—80°W)286个网格点1951—1986年逐月平均海温资料 and 同期西南地区34个站月平均降水资料¹⁾, 利用交叉相关场 EOF 分解考察我国西南地区夏季降水与太平洋海温遥相关的结构; 然后通过聚类对西南地区夏季降水分成两种基本型, 分别对两种降水型对应的各季海温进行距平和复自然正交(CEOF)的合成分析。结果表明: 太平洋中高纬地区和赤道东太平洋海温与我国西南四川、贵州等地存在明显的季节变化遥相关; 两种降水型对应的海温异常分布, 无论是距平结构还是振荡传播, 均有明显的两类相反特征。

关键词 遥相关 夏季降水 太平洋海温 统计诊断

有关太平洋海温与我国降水的关系, 从已有的研究来看, 绝大部分是讨论与我国东部的降水关系(陈烈庭, 1977年; 中国科学院大气物理研究所长期组, 1978; 吴仪芳等, 1983)。太平洋海温与我国西南夏季降水, 特别是海温的季节演变和海温振荡、扰动传播异常特征与西南夏季降水的关系等系统深入研究尚不多见。

1 太平洋海温与西南夏季降水遥相关的季节演变

分别对西南夏季降水与前年秋季(9—11月)、冬季(12—2月), 当年春季(3—5月)和夏季(6—8月)的太平洋海温进行相关阵 $R(s, p)$ 计算。将 $R(s, p)$ 作 EOF 分解, $R(s, p) = \sum Q_{is} U_{pi}$, 即相关系数被分解成对空间型 Q_{is} 和 U_{pi} , 相关性大小和符号取决于 U_{pi} 和 Q_{is} 格点值的乘积。由此, 只要进行选择信度确定显著相关临界值, 即可在 Q_{is} 和 U_{pi} 分布图上确定相关关键区。

计算表明: 海温各季与西南夏季降水相关场 EOF 展开, 其第一特征值贡献都超过

* 气象科学基金项目资助, 9306号。唐佑民, 男, 出生于1963年7月, 硕士, 副教授。

1) 资料来源于中央气象台长期科。站名: 思南、贵阳、安顺、关仁、榕江、宜宾、达县、金佛山、重庆、南充、桐梓、武都、成都、雷波、马尔康、康定、西昌、会理、丽江、大理、腾冲、昆明、蒙自、临沧、景洪、甘孜、德钦、昌都、拉萨、林芝、德格、巴塘、合川、内江。

收稿日期: 1994年3月12日, 接受日期: 1996年3月20日。

了80%(头年秋季: 82.5%; 头年冬季: 85.8%; 当年春季: 83.9%; 当年夏季: 89.8%), 因此, 我们只取第一空间型讨论。

图1和图2是取信度 $\alpha=0.05$ 所得遥相关关键区, 从图1、图2看出: 海温对我国西南夏季降水主要影响区域是四川和贵州地区, 从头年秋季到当年夏季, 海温对川西、川东、川中和贵州中部几乎均有明显相关影响, 而对我国贵州西部、东部和南部, 影响主要是当年春、夏季海温。海温关键区为太平洋中高纬地区和赤道东太平洋, 最明显的是中纬太平洋海域, 遥相关持续时间最长, 关键区也最大。

从季节演变来看, 头年秋季, 20°N以北的太平洋海温与四川盆地西北部、贵州中部有一相关关键区; 冬季, 遥相关区增大, 盆地中部、西北部和贵州中部均为降水关键区, 海温遥相关区为整个中纬太平洋、高纬西太平洋和赤道东太平洋东部; 当年春季, 海温关键区有所缩小, 但降水关键区相对扩大, 到了当年夏季, 遥相关程度再增大, 海温和降水关键区达到最大, 这时也是相关最强的季节, 相关系数绝对值几乎都在0.3以上。因此, 从前年秋季到当年夏季, 海温对我国西南夏季降水遥相关有程度逐渐增大的演变特征。

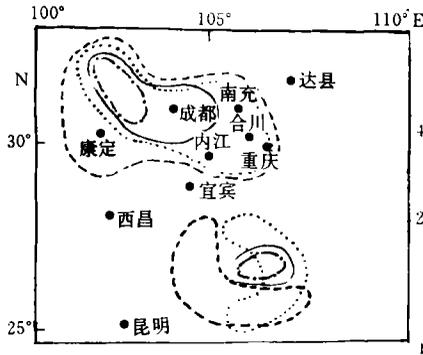


图1 我国西南地区降水与各季海温遥相关区演变

Fig. 1 Variation of the correlation between precipitation and seasonal sea surface temperature (SST) in Southwestern China

— 冬季 SST; 春季 SST; --- 夏季 SST; - · - 秋季 SST。图2同。

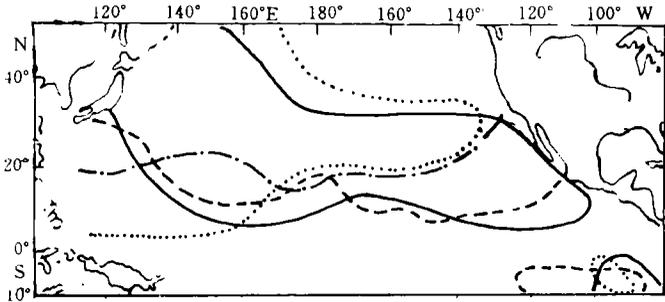


图2 各季海温与我国西南夏季降水遥相关季节演变

Fig.2 Variation of the correlation between seasonal SST and summer precipitation in Southwestern China

在相关特性上, 海温对西南夏季降水影响表现出明显的季节循环振荡, 春季是相关特性的转折季节。由表1看出: 头年秋、冬季海温和当年春、夏季海温与降水场关键区的相关呈反位相特征。

在表1中, 四川西和中、东部表现出与海温反位相遥相关, 这意味着这些地区夏季降水实际变化也应在某种程度上存在反位相关系。计算了1951—1986年这三个关键区夏季降水序列和以重庆站为基点的四川境内21个站的降水相关图(图略)均明显显示出反位相的变化特征。

表 1 海温与降水遥相关区及相关性质的季节演变

Tab.1 Correlation between SST and precipitation, and seasonal variation of the correlation feature

季节	海 域	降 水 区 域						
		川西	川中	川东	黔东	黔西	黔南	黔中
头年秋季	20° N 以北	+	-	×	×	×	×	+
头年冬季	15° N— 35° N	+	-	×	×	×	×	+
	赤道东太平洋	-	+	×	×	×	×	-
当年春季	20° N— 40° N	-	+	+	-	×	-	-
	赤道东太平洋	+	-	×	+	×	+	+
当年夏季	15° N 以北	-	+	+	×	-	-	-
	赤道东太平洋	+	-	×	×	+	+	+

+ 正相关; - 负相关; × 未通过检验。

2 我国西南夏季降水两种基本型

为了研究西南地区夏季降水的主要分布结构, 应用相似系数对 1951— 1986 年 36 个夏季降水进行聚类分型, 相似系数计算公式为:

$$\cos\theta_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^{34} X_{ik} X_{jk}}{\sqrt{\sum_{k=1}^{34} X_{ik}^2 \sum_{k=1}^{34} X_{jk}^2}} \quad (i, j=1, 2 \dots 36)$$

式中, X_{ik} 表示第 i 年第 k 站夏季平均降水。

考虑到分析的方便和普遍代表性, 取临界截断值 0.97, 这样, 西南地区夏季降水可分为两种基本型。

第 I 型: 1951, 1952, 1954, 1956, 1959, 1961, 1963, 1964, 1965, 1968, 1971, 1974, 1976, 1977, 1978, 1979, 1982, 1985。

第 II 型: 1953, 1955, 1957, 1958, 1960, 1962, 1966, 1967, 1969, 1970, 1975, 1980, 1981, 1983, 1984, 1986。

为考察两种基本型所反映的降水特征和差异, 对两类的年份进行降水场的距平合成, 从图 3 看出: 川东、川南, 贵州西部、南部, 云南北部降水偏少, 而四川盆地西部、云南南部降水偏多; 第 II 类降水型与第 I 类基本呈

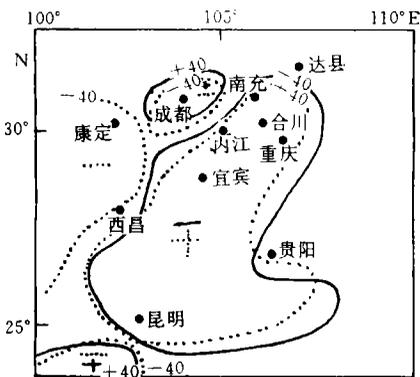


图 3 我国西南地区两类降水型距平分布
Fig.3 Anomalous distribution of two kinds of precipitation patterns in Southwestern China

—— 第 I 型; 第 II 型。

相反的结构特征,即四川东、南部,贵州西部及南部,云南北部降水偏多;而四川西南部和云南南部降水偏少。

3 两类夏季降水对应的太平洋海温异常及季节演变

为阐述西南夏季降水异常对太平洋海温的异常结构,将两类降水型对应的各季海温作距平和CEOF合成分析。距平场表示了物理量场异常演变特征的空间分布,CEOF比一般自然正交展开(EOF)的优越性在于能更清楚地反映物理量场的振荡和传播特征,其方法参见Barnett(1983)。

本文CEOF第一向量场所占方差贡献对各季海温均达45%以上,因此仅取第一向量场讨论,并定义扰动传播方向朝位相增大的方向(Barnett, 1983)。

3.1 第I类型降水的海温异常特征

第I类型的各季海温距平场表明,前年秋季海温在赤道东太平洋为正距平区,而在中高纬西太平洋为负距平区。到了冬季,正距平区有所扩展,黑潮及赤道东太平洋为正距平区,且强度较大,而负距平区相对缩小,中心强度较弱(图4a,第I类)。到了当年春季,正距平区缩小到“西风漂流区”一带,而负距平区则占据赤道东太平洋和黑潮海域,且强度较前年冬季增大。当年夏季,正距平区又相对扩展,黑潮海域,“西风漂流区”及赤道西太平洋均为正距平区,但强度减弱,负距平区已分裂成三个中心:赤道东太平洋东部、黑潮东南部及太平洋高纬地区。

从各季海温CEOF的振幅函数分布来看,对第I类型降水来讲,头年秋季,振幅高振区位于“西风漂流区”、赤道东太平洋东部及赤道中西太平洋。而太平洋高纬地区、中纬东太平洋为振幅低值区。冬季,异常振幅高值区扩展至“西风漂流区”及太平洋高纬地区、赤道东太平洋东部和赤道中西太平洋,而低振幅区则迅速减少,只有黑潮东部和赤道东太平洋西部有两小块低振幅区中心(图4b,第I类)。到了当年春季,振幅高值区又缩小,且强度较弱,“西风漂流区”、赤道东太平洋东部、赤道中西太平洋仍是高值区,而太平洋中纬地区和高纬地区为低振幅区。夏季,异常高值区扩展,振荡加强,除春季的高值区仍维持外,太平洋高纬地区变为高值区,从振幅强度和振荡区域来看,夏季也是各季振幅结构最强的季节。

CEOF位相结构在头年秋季,传播零乱。冬季,中纬太平洋和赤道西太平洋海温扰动向赤道东太平洋西部、黑潮海域和太平洋高纬地区传播(图4c,第I类)。到了当年春季,位相传播又相对零乱;夏季,中纬太平洋和赤道西太平洋又成了扰动传播源,而赤道中太平洋、赤道东太平洋西北部、黑潮以南太平洋地区,以及太平洋高纬地区成为扰动传播汇。

3.2 第II类降水的海温异常特征

第II类的海温异常特征反映在距平场与第I类对比明显。头年秋季,中高纬太平洋沿岸为正距平区,而赤道东太平洋和高纬东太平洋沿岸为负距平区。冬季(15°N — 20°N , 170°E)附近海域和加利福尼亚寒流区西南侧为正距平区,而黑潮、赤道东太平洋以及高纬东太平洋为负距平区(图4a,第II类)。当年春季,中纬西太平洋和赤道东太平洋正距平中心与第I类春季负距平中心基本一致,但出现加利福尼亚寒流正距平区,而负距平区与第I类距平区对应,中心位置基本一致。夏季,正、负距平中心位

置基本与第 I 类正、负距平区对应。

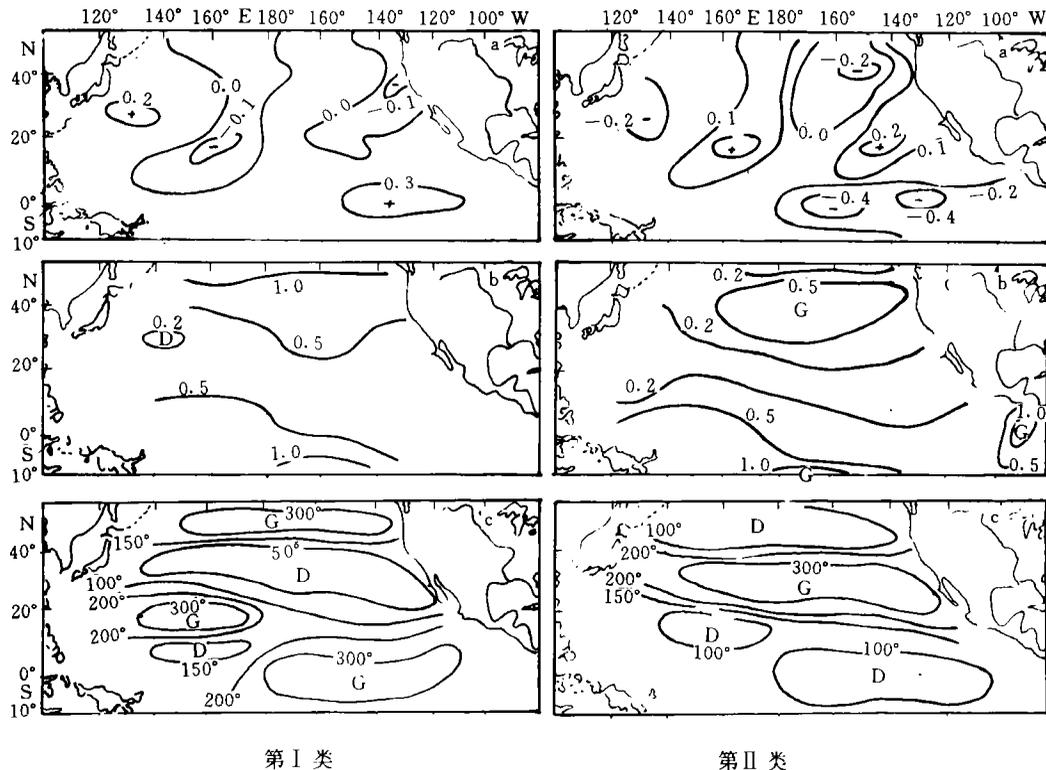


图 4 第 I 类和第 II 类降水冬季海温($^{\circ}\text{C}$)异常特征

Fig.4 Anomalous features of SST in winter in the year of precipitation pattern I and II in Southwestern China

a. 距平分布; b. 振幅分布; c. 位相分布。

第 II 类的振幅分布与第 I 类相比存在一些差异, 高振幅区大致位置少动, 而低振幅中心及范围多变。头年秋季, 异常高振幅中心除赤道东太平洋和中西太平洋与第 I 类基本一致外, 第 I 类的“西风漂流区”扩展到中高纬太平洋地区, 而低振幅区则明显缩小到赤道东太平洋西部小块地区; 冬季, 第 II 类与第 I 类振幅高低中心位置基本对应, 而只有第 II 类高振幅区之一的赤道东太平洋东部振幅减弱(图 4b, 第 II 类); 春季, 第 II 类与第 I 类高低振幅中心也一致, 强度几乎差不多, 也是各季振幅最强的季节。

第 II 类位相函数与第 I 类对比显著, 除当年春季传播零乱外, 头年冬季和当年夏季位相扰动传播基本上与第 I 类成反位相。赤道东、西太平洋海域, 太平洋高纬地区成了海温异常扰动源, 而中纬太平洋地区则成了扰动汇。头年秋季, 海温由赤道东、西太平洋、高纬地区扰动源向中纬扰动汇汇集。图 4c 第 II 类冬季位相扰动传播图与第 I 类冬季结构比较, 有明显反位相传播特征。

从上面讨论看出: 无论是距平空间场, 还是 CEOF 振幅结构和扰动传播, 两类之间都存在一些明显差异。在距平场, 两类距平符号几乎相反, 正、负中心位置几乎对应;

空间振幅上, 两类在赤道东太平洋东部、赤道中、西太平洋以及“西风漂流区”均为高振幅区, 但第 II 类的高纬太平洋振幅高值区为第 I 类的低值区。从振荡强度看, 两类相差不大; 海温扰动传播的差异反映在传播方向和扰动源、汇位置的分布上, 在冬、夏两季, 两类传播基本反位相。

4 El Niño 对西南夏季降水的影响

El Niño 事件是最强的海洋异常信号, 它对我国气候异常有着重大影响。目前一般认为 El Niño 事件可分为两类, 第 I 类是先从赤道中太平洋偏西(日界线附近)增温, 然后东传; 第 II 类为赤道东太平洋增温(藏恒范等, 1991; 战淑芸等, 1989; 李超, 1992)。我们对此也作了分类分析(唐佑民等, 1994), 第 I 类有 1957, 1963, 1965, 1982; 第 II 类有 1951, 1952, 1969, 1972, 1976。两类 El Niño 事件对我国气候异常的影响有明显差异, 下面就两类 El Niño 事件对西南夏季降水的影响作简单讨论。

从表 2 看出: 对第 I 类 El Niño 事件, 次年夏季西南降水多为第 II 型, 即川东、川中降水偏多, 川西和云南南部降水偏少; 而对第 II 类 El Niño 事件, 翌年夏季降水多为第 I 型。需指出的是, 1969, 1972 年两次 El Niño 事件, 虽爆发年次年(1970, 1973)西南降水型非第 I 型, 但这二次事件都持续达二年之久。因此, 这二次事件的翌年夏季我们定义为 1971 和 1974 年。

表 2 两类 El Niño 与西南降水关系

Tab.2 The relation between I, II El Niño events and precipitation in Southwestern China

El Niño 事件	第 I 类				第 II 类				
	1957	1963	1965	1982	1951	1953	1969	1972	1976
翌年西南夏季降水	II	I	II	II	I	I	(I)	(I)	I

括号表示文中所定义的 1971, 1974 为翌年夏季。

从大气环流角度来看, 两类 El Niño 与西南夏季降水的关系以及两类降水型的影响机制可能都是海温差异对副高影响不同来体现的。研究表明: 赤道东太平洋海温与副高滞后 6—9 个月的相关联系(叶笃正等, 1991), 我们曾分析得到(唐佑民等, 1994): 第 I 类 El Niño 事件赤道东太平洋为负距平区, 第 II 类 El Niño 赤道东太平洋为正距平区。本文前面分析也指出: 第 I 类降水型对应的头年冬季赤道东太平洋海温为正距平而第 II 类降水型对应负距平。因此, 第 I 类 El Niño 事件与第 II 降水型的联系及机制表现为副高偏东, 偏弱; 而第 II 类 El Niño 与第 I 降水型关系是通过副高偏西, 偏强联系。为验证这点, 我们计算了两类降水型对应的 500hPa 高度场当年夏季距平合成和 40 年夏季 500hPa 的多年平均高度场。结果表明, 第 I 类对应的副热带西太平为正距平区, 即副高加强, 位置西伸北指; 第 II 类对应的则显示副热带西太平洋为负距平区, 即副高减弱, 位置偏东偏南。

副高是影响西南夏季降水的主要天气系统之一。当副高加强, 西伸北指, 川中、川东常位于副高的控制之中; 而川西则位于副高西部偏南暖湿输送区。同时受夏季青藏高原热低压的影响, 西南季风携带的暖湿空气沿副高西部和青藏热低压之间向北输送。所以

这时有利于川西降水, 而不利川中、川东降水; 而当副高偏东偏弱, 川中、川东及长江口一带处于暖湿气流输送区, 同时处于副热带锋区和西风带中, 则当西风槽有低槽或低涡发生移经锋区上空时, 则产生不稳定扰动, 有利于川中、川东降水; 而川西及青藏高原东部常位于高压控制, 不利于产生降水。

5 小结

5.1 太平洋中高纬地区和赤道东太平洋海温与我国西南四川、贵州等地存在明显的季节变化遥相关, 春季是相关性质的转折季节。

5.2 两种降水型对应的海温异常分布, 无论是距平结构还是振荡传播, 均有明显的相反特征。

5.3 两类 El Niño 事件对次年西南夏季降水有不同影响, 第 I 类 El Niño 对应第 II 类降水, 而第 II 类 El Niño 则对应第 I 型降水。

5.4 两类 El Niño 与西南降水型的关系以及西南降水型的影响机制主要是赤道东太平洋海温异常差异, 通过副高作用表现的。

参 考 文 献

中国科学院大气物理研究所长期组, 1978, 中国科学院大气所集刊, 6: 78—88。

叶笃正等, 1991, 当代气候研究, 气象出版社(北京), 220—225。

吴仪芳、李麦村, 1983, 海洋学报, 5(1): 19—27。

李 超, 1992, 海洋学报, 11(4): 423—430。

陈烈庭, 1977, 大气科学, 1(1): 1—12。

战淑芸、杨淑瑞, 1989, 海洋学报, 11(4): 423—430。

唐佑民、刘书华, 1994, 热带气象学报, 10(2): 130—139。

藏恒范、王绍武, 1991, 海洋学报, 13(1): 26—34。

Barnett, T. P., 1983, *Mon. Wea. Rev.*, 111: 756—773。

THE RELATION BETWEEN THE SUMMER PRECIPITATION ANOMALY IN SOUTHWESTERN CHINA AND THE SEASONAL SST VARIATION IN THE PACIFIC OCEAN

Tang Youmin

(*Chengdu Institute of Meteorology, Chengdu 610041*)

Zhai Wuquan

(*Meteorological Research Institute of Anhui Province, Hefei 230061*)

Xu Jinhong

(*Putian Weather Bureau, Fujian Province, Putian 351100*)

Abstract By applying the data of sea surface temperature (SST) of Pacific Ocean ($10^{\circ}\text{S}—50^{\circ}\text{N}$, $120^{\circ}\text{E}—80^{\circ}\text{W}$), and the data of monthly mean precipitation of 34 weather stations in the Southwestern China from 1951 to 1986, this paper reports use of the empirical function (EOF) to analyze the correlation between the summer precipitation in Southwestern China and the seasonal SST, clustering analysis to obtain two different precipitation patterns, and discusses the seasonal SST variation's response to the two kinds of precipitation patterns. The results indicated that there was an obvious seasonal correlation between the SST at mid-high latitude and the equatorial Eastern Pacific Ocean and some regions of Sichuan and Guizhou, and the spring was one which changed the nature of this correlation. Seasonal SST anomalies in the two kinds of precipitation patterns, which included anomaly and oscillation propagation, were obviously different. El Niño event I, which began with building up of heat west of the equatorial Eastern Pacific Ocean, affected precipitation pattern II, while El Niño event II, which began with building up over the equatorial Eastern Pacific Ocean, affected precipitation pattern I. The relation of the two kinds of El Niño events to the two precipitation patterns were illustrated by the changes of subtropical high pressure which was caused by the differences of SST of the equatorial Eastern Pacific Ocean.

Key words Correlation Summer precipitation SST of Pacific Ocean Statistical diagnosis