

厄尔尼诺对我国汛期降水的影响

李 超

(成都气象学院科研所)

摘 要 本文首先对我国汛期降水进行旋转主分量分析(RPCA),将我国汛期降水分成几种典型结构然后考虑赤道东太平洋海表温度异常与我国黄河流域中部、长江下游及以南地区降水的相关。分析发现:赤道东太平洋海表温度异常与我国黄河流域、长江下游及以南地区的降水有明显正相关关系。厄尔尼诺开始的经度位置对厄尔尼诺年后一年我国黄河流域中部、长江下游及以南地区降水有很重要的关系。

关键词 厄尔尼诺 汛期降水 海表温度 相关关系

前 言

厄尔尼诺现象伴随着全球性的天气气候异常,已引起有关各界的关注。尽管厄尔尼诺的基本特征及其伴随的大范围天气气候异常有很多相同之处,但各年又有其特点。厄尔尼诺是大尺度海-气相互作用最突出的表现,它不仅具有明显的局地效应,而且还同世界许多地区的天气气候异常有关^[1-4]。王绍武指出,厄尔尼诺与我国夏季东北低温有很密切的联系^[5];陈烈庭研究了赤道东太平洋海表温度对我国汛期降水的影响^[5];莫如平分析了我国降水和赤道东太平洋海表温度的年际变化存在3.5年的周期,并指出赤道东太平洋海表温度对我国长江流域、华南西部、西南等地区降水有影响^[6]。

本文首先对我国汛期降水进行旋转主分量分析(RPCA)^[7],将我国汛期降水分成几种典型结构,然后考虑赤道东太平洋海表温度对我国黄河流域中部、长江下游及以南地区汛期降水的影响。

1 资料和计算方案

1.1 资料

本文采用赤道太平洋月平均海表温度资料。赤道太平洋自 $10^{\circ}\text{S}\sim 10^{\circ}\text{N}$ 、 $180^{\circ}\sim 80^{\circ}\text{W}$ 范围内的 $5^{\circ}\times 5^{\circ}$ 网格共98点,时间为1951~1986年。我国汛期降水资料取月平均资料,分布在

全国范围内的160个测站,分布是非均匀的。

1.2 计算方案

取我国汛期降水为4~9月,按通常的方法,对降水采用降水距平百分率,然后求得整个汛期降水距平百分率的平均值,对赤道太平洋海表温度资料,求出各季的距平平均值。

设降水的各个主因子的时间系数为 F_{ij} ($i=1, 2; j=1, 2, \dots, 35$), i 表示降水的第 i 个主因子, j 表示时间序列,取为1952~1986年;海温的季平均距平为 $T_{kj\tau}$ ($k=1, \dots, 98, j=1, \dots, 35; \tau=1, 2, 3, 4$), k 表示赤道太平洋上任一格点, j 表示时间(年),取为1951~1985年, τ 表示各季,即 $\tau=1$ 表示春季(3~5月),余类推。则降水场的主因子与海温场的相关系数定义为:

$$r_{ik\tau} = \frac{\sum_{j=1}^{35} F_{ij} T_{kj\tau}}{\sqrt{\sum_{j=1}^{35} F_{ij}^2 \sum_{j=1}^{35} T_{kj\tau}^2}} \quad (2.1)$$

这种方案实际上就是考虑上一年海表温度异常对当年我国汛期降水的影响。

2 结果分析

2.1 降水场的旋转主分量分析(RPCA)

首先,同文献[7]一样,对汛期降水进行旋转主分量分析(RPCA),得到我国汛期降水的几种典型结构。其中,第一主因子代表我国黄河流域中部的降水分布,第二主因子代表我国长江下游及以南地区的降水(图1)。在图1中,将载荷因子扩大了100倍,且仅分析

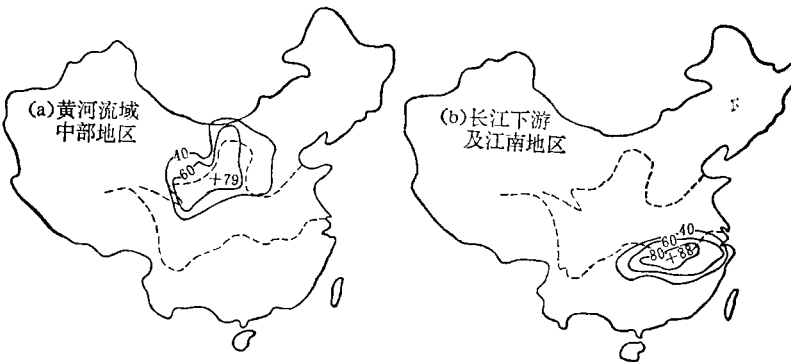


图7 我国汛期(4~9月)降水距平百分率的载荷因子分布^[7]

了载荷因子大于40的等值线,而第一主因子占总方差的14%,第二主因子占总方差的8.5%;图2是相应于图1的时间序列。图2中,实线为各主因子的时间系数,虚线为汛期降水的区域平均。这两个序列都进行了标准化处理。两个主因子的时间系数与其相应的区域平均降水量是非常一致的。

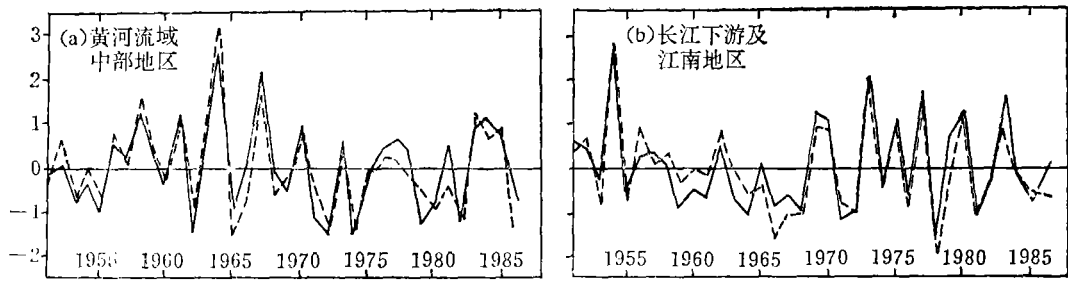


图2 相应于图1中两区域降水的时间序列

2.2 赤道太平洋海表温度异常对我国长江下游及以南汛期降水的影响

在式(2.1)中取 $i=2$; $k=1, \dots, 98$; $\tau=1, 2, 3, 4$. 即考虑我中汛期降水的第二主因子与赤道太平洋各季各点的海温相关, 得到图3(a~d). 图中, 细实线为相关系数等值线, 其值扩大了100倍; 斜线区表示信度超过0.05; 方格区表示信度超过0.01. 若分别以 150°W 、 115°W 为界, 将赤道东太平洋划分为西、中、东三个区域^[8](以下同). 从图中看出春季在赤道东太平洋的最东边有一小的正相关区, 位于 $0^\circ \sim 5^\circ\text{S}$ 、 $85^\circ \sim 90^\circ\text{W}$, 相关中心在 $0^\circ \sim 85^\circ\text{W}$, 即在南美沿岸附近相关是显著的. 到夏季相关区域向西扩展到整个赤道中、东太平洋, 最大相关中心移到 5°N 、 115°W , 强度由43增大到47, 到秋季, 强度达到最强, 达到0.05信度的区域几乎布满整个赤道太平洋, 有很大一部分区域信度超过0.01, 最大相关中心强度达58, 远远超过0.001的信度水平. 秋季相关区域向西扩展达最大范围, 到冬季相关中心强度略有减弱, 相关区域也并不向西继续扩展而是向东回缩, 达到信度的区域在逐渐减少. 因此, 长江下游及以南汛期降水和赤道东太平洋海温的相关, 从春季开始, 相关区域向西传播, 在秋季达到最强的正相关, 尔后就逐渐减弱了.

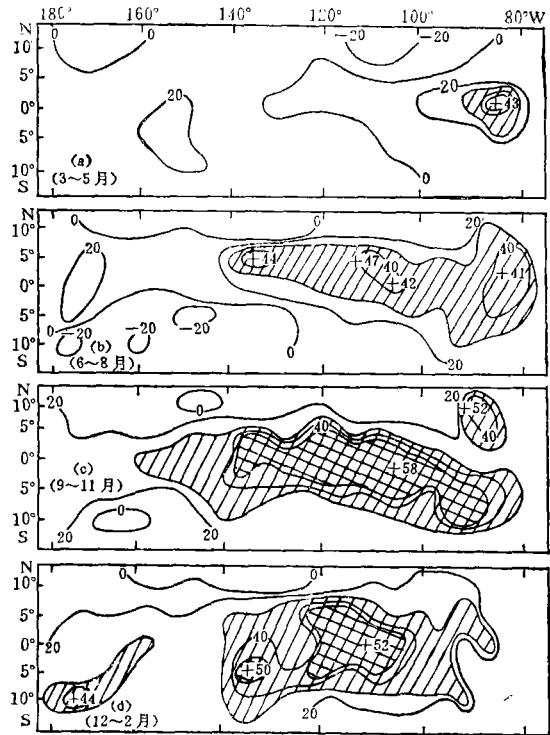


图3 第二主因子与赤道太平洋各季海温异常相关图

图4(a~c)是Rasmusson和Carpenter^[1]根据实测资料合成的一个典型厄尔尼诺发生时不同阶段海表温度距平(SSTA)的分布情况, 此过程有如下明显特点:

(1) 在初始阶段[见图4(a)], 海温正距平大于 1°C 的区域反出现在赤道太平洋的最东边, 即 0° 、 80°W 附近, 也就是南美沿岸附近.

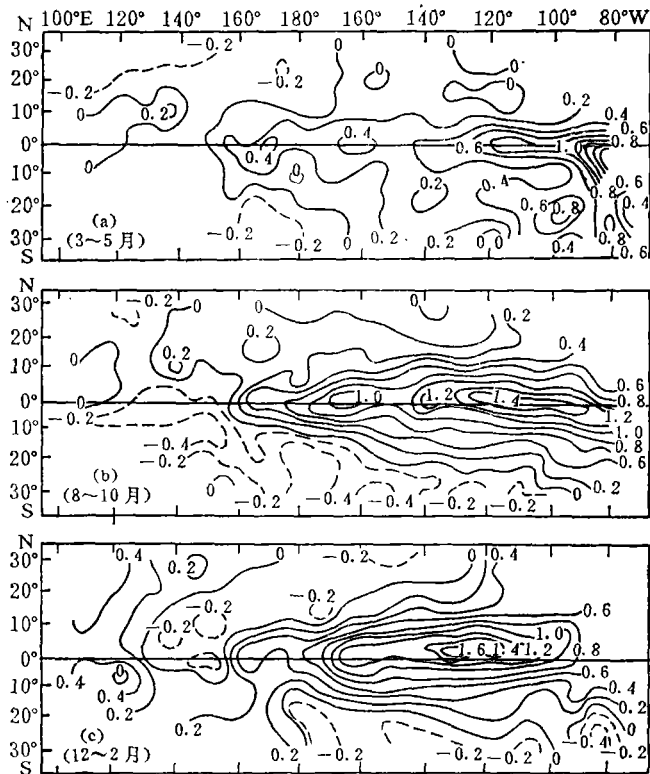


图4 一个典型厄尔尼诺发生时不同阶段海表温度距平 (SSTA) 分布图(引自文献 [1])

(2)在过程的发展及持续时间 [见图4 (b~c)] , 海温正距平大于 1°C 的区域向西扩展, 在秋季 [图4 (b)] 几乎布满整个赤道太平洋, 到冬季 [图4 (c)] 海温正距平大于 1°C 的区域向东回缩, 因此, 厄尔尼诺时期最强的海温正距平在秋季。

将图3与图4比较可看出, 这两套图十分相似。这充分说明了如果上一年是厄尔尼诺年, 当年我国长江下游及以南的汛期降水会受到厄尔尼诺的强烈影响, 其影响形势与典型厄尔尼诺是一致的。也就是说, 当赤道东太平洋海表温度异常升高时, 翌年我国长江下游及以南的汛期降水将异常偏多。因此, 赤道东太平洋秋季海表温度变化对我国长江下游及以南的汛期降水具有指示意义。

2.3 赤道东太平洋海表温度异常对黄河流域汛期降水的影响

在式 (2.1) 中取 $i=1; k=1, \dots, 98; \tau=1, 2, 3, 4$. 即考虑我国汛期降水的第一主因子与赤道太平洋各季各点的海温相关, 得到4张相关图, 如图5 (a~d). 从春季开始, 在赤道中太平洋有一窄小的正相关区 (信度超过0.05), 到了夏季, 这个相关区扩大, 范围扩大到 $5^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{N}, 155^{\circ}\sim 80^{\circ}\text{W}$, 即整个赤道东太平洋的中、东部区域。其中, 有两个相关中心分别位于中、东部太平洋区域, 中部太平洋的中心相关强度强于东太平洋。中部太平洋的强相关中心西移到 $5^{\circ}\text{N}, 125^{\circ}\text{W}$, 强度加强到57, 远远超过0.001的信度水平。达到0.05的信度区几乎布满整个赤道中、东太平洋。到秋季两个相关中心分别向东、西两个方向

移动, 使中太平洋相关中心位于 5°S 、 140°W , 相关中心强度有所减弱. 相关范围主要位于 $5^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{N}$ 、 $175^{\circ}\sim 110^{\circ}\text{W}$. 东太平洋相关由45加强到50, 相关面积在南北方向扩展, 在东西方向收缩, 相关区域主要位于 $5^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{N}$ 、 $100^{\circ}\sim 80^{\circ}\text{W}$. 到冬季, 中太平洋相关中心强度又有所加强, 相关区域在东、西方向上缩短, 在南北方向上扩展使相关区域更加集中在中太平洋, 相关中心位于 5°S 、 145°W , 而东太平洋的相关减弱消失. 即对赤道太平洋中部来说, 先在夏季达到最强的正相关, 到秋季又要减弱, 到冬季第二次达到次最强的正相关; 对东部来说, 从春季开始在秋季达到最强的正相关, 然后减弱.

将图5与图4比较, 可看出这两套图有一个定的差异. 在初始阶段, 相关区域位于赤道东太平洋的中部, 而典型厄尔尼诺海温距平区大于 1°C 的区域在东太平洋的最东边, 这两个区域有一定的差异. 其次, 中太平洋的相关在夏季达到最强, 且中太平洋的中心相关强度远大于东太平洋的中心相关强度. 到秋季, 两者刚好相反, 即东太平洋的中心强度大于中太平洋的中心强度, 这与典型厄尔尼诺在秋季在赤道东太平洋达到最强是有一些差别的. 可见, 厄尔尼诺对我国黄河流域中部仍然具有十分显著的影响. 亦即, 赤道东太平洋中部夏季海表温度变化对我国黄河流域中部的汛期降水具有预报意义.

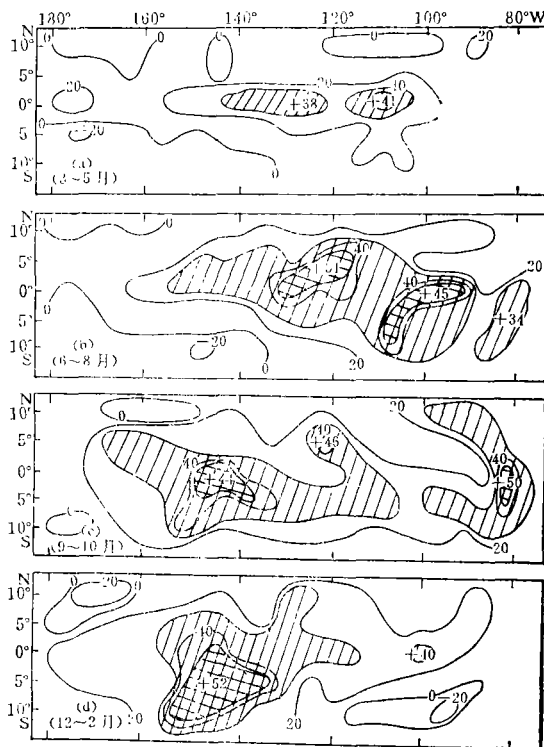


图5 第一主因子与赤道太平洋各季海温异常相关图

2.4 厄尔尼诺的差异对我国汛期降水的影响

平均来说, 厄尔尼诺过程一般从3月前后开始, 11~12月达到最盛, 翌年3月前后减弱、消失^[9]. 但事实上, 各次厄尔尼诺过程在不少方面存在差别. 如开始月份、开始出现海温异常偏高的地理位置, 发展到顶盛的时间、暖区的地理位置、强度范围等. 从1949~1987年的各次厄尔尼诺来看, 完全相似的过程是没有的, 各次过程几乎都有各自的特点. 如在开始的地理位置上, 1957、1963年是最为偏西的, 而1969、1976年是最为偏东的年份.

表 1

厄尔尼诺年	开始的 经度位置 ($^{\circ}\text{W}$)	F_1	F_2	PM1 (%)	PM2 (%)
1951	90	-0.014	0.448	9.78	10.27
1953	100	-0.074	2.880	-1.44	51.51
1957	130	0.971	-0.203	25.34	4.99
1963	125	2.671	-1.111	53.49	-10.80

续表

厄尔尼诺年	开始的 经度位置(°W)	F_1	F_2	PM1(%)	PM2(%)
1965	90	0.102	-0.673	-10.12	-28.82
1969	85	0.756	1.073	13.65	16.4
1972	100	0.345	1.982	7.19	35.66
1976	85	0.290	1.360	-2.80	24.84
1982/1983	115	0.938	1.568	20.55	25.37
1986/1987	120	/	/	/	/

表1中列出了10次厄尔尼诺年我国黄河流域中部、长江下游及以南地区的降水,其中, F_1 、 F_2 表示厄尔尼诺年后一年我国汛期降水的第一、第二主因子的时间系数,PM1、PM2表示厄尔尼诺年后一年我国黄河流域中部、长江下游及以南地区汛期降水的区域平均实况值。前面分析表明,厄尔尼诺对黄河流域中部、长江下游及以南的汛期降水有明显的正相关。但各次厄尔尼诺又有差异,当然对这两个区域的降水也会产生差异。对黄河流域中部来说,只有1957、1963、1982年三次厄尔尼诺下一年降水偏多。而其他几次厄尔尼诺年(1951、1953、1965、1969、1972、1976)下一年降水基本上是正常的。对长江下游及以南地区,1963、1965年降水偏少,1957年属正常略偏多。其他厄尔尼诺年都是偏多的。这进一步说明了厄尔尼诺对我国降水的影响是有差异的,不能一概而论。

前面分别分析了厄尔尼诺对我国黄河流域中部、长江下游及以南地区汛期降水的影响,其影响是不同的。其中,厄尔尼诺对长江下游及以南地区降水与典型厄尔尼诺过程相当一致,但对黄河流域中部降水的影响与典型过程有明显差别。为了研究这种差异,利用赤道太平洋海温距平统计了 180° 以东每隔5个经度上 $5^\circ\text{N}\sim 10^\circ\text{S}$ 4个点中的最大正距平值及正距平点数,作出历年各月海温正距平时间经度剖面图(图略),在该图上正距平连续发展的区域中,开始出现 $\geq 1^\circ\text{C}$,并且相邻点数 ≥ 2 时则定义为厄尔尼诺过程开始,此时的经、纬度定义为厄尔尼诺开始的地理位置^[8]。表1中列出了10次厄尔尼诺开始的经度位置。从表1中看出,厄尔尼诺从东太平洋东部开始的较多。从中部开始的厄尔尼诺年有:1957、1963、1982/1983、1986/1987年,共4次;从东部开始的厄尔尼诺年有:1951、1953、1965、1969、1972、1976、1982/1983年,共7次。 F_1 、 F_2 两者有较大差别(即对同一次厄尔尼诺来说,或两者异号,或两者一大一小),只有1982/1983年这一次,两者相近。对于1957、1963、1982/1983年来说,厄尔尼诺是从中太平洋开始的,相应的 F_1 大于0.9,而其他厄尔尼诺年份的 F_1 均较小或为负值。对1951、1953、1965、1969、1972、1982/1983年,厄尔尼诺是从东太平洋开始的,相应的 F_2 较大,但1965年除外,它的 F_2 为负值。也即有的厄尔尼诺年后一年长江下游及以南地区降水为负距平,而这些年份的厄尔尼诺是从赤道太平洋中部开始的。因此,赤道中太平洋的海表温度异常对我国黄河流域的汛期降水有明显影响;赤道东太平洋海表温度异常对我国长江下游及以南汛期降水有显著影响。如1963年就是从赤道中太平洋(125°W)开始增温的,刚好对应1964年我国黄河流域汛期异常大水。1953年就是从赤道东太平洋(100°W)开始增温的,造成1954年长江流域的特大洪水年,江南地区4~7月总降水量达到1200~1800mm,有些地方超过了2000mm^[10]。当厄尔尼诺从中部开始

时, 相关区域先在赤道东太平洋的中部出现, 然后向东、西两个方向传播, 其相关区域很快布满整个赤道东太平洋, 并存在两个相关中心。中太平洋强相关在夏季达到最强, 到秋季, 中太平洋强相关中心有所减弱, 东太平洋相关达到最强; 到冬季, 中太平洋相关再一次加强, 东太平洋相关减弱、消失。当厄尔尼诺从东部开始时, 相关区域先在赤道东太平洋的最东边出现, 然后向西传播, 这时从赤道太平洋东部传到中部乃至整个赤道东太平洋, 当然需要更多的时间, 因而相关在秋季才达到最强。综上所述, 造成相关区域的这种显著差别可能是厄尔尼诺开始的地理位置(主要是经度位置)起了主要作用。

3 结论

1. 厄尔尼诺对我国黄河流域中部、长江下游及以南汛期降水有着十分重要的影响。
2. 厄尔尼诺对我国长江下游及以南汛期降水的影响与典型厄尔尼诺的发生发展过程是一致的。而厄尔尼诺对我国黄河流域中部汛期降水的影响与典型厄尔尼诺的发生发展有较大差别。
3. 厄尔尼诺对我国汛期降水的影响与厄尔尼诺开始的经度位置有关。当厄尔尼诺从赤道东太平洋中部开始时, 它对我国黄河流域中部汛期降水有显著影响; 当厄尔尼诺从东太平洋东部开始时, 它对我国长江下游及以南地区汛期降水有明显的影响。

参考文献

- 1 Rasmusson E.M. and T.H. Carpenter. Variations in tropical sea surface temperature and surface wind field associated with the Southern Oscillation/El Niño. *Mon. Wea. Rev.*, 1982, 110, 354~384
- 2 Quinn W.H. *et al.* Historical trends and statistics of the Southern Oscillation, El Niño and Indonesian droughts. *Fish Bull.*, 1978, 76, 663~678
- 3 Wang Shao-Wu. El Niño and Summer temperature in northeast China, 1860—1980, *TONA*, 1984, No.25
- 4 Horel J.D. and J.M. Wallace. Planetary-scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation, *Mon. Wea. Rev.*, 1981, 109, 813~829
- 5 陈烈庭. 东太平洋赤道地区海水温度异常对热带大气环流及我国汛期降水的影响. *大气科学*, 1977, 1(1): 1~12
- 6 莫如平. 中国降水、气温的年际振荡及其与El Niño的联系. *海洋学报*, 1980, 11(2): 143~149
- 7 李超. 旋转主分量分析的应用. *成都气象学院学报*
- 8 战淑芸等. 1949—1987年间El Niño现象的分析. *海洋学报*, 1989, 11(4): 423~430
- 9 臧恒范, 王绍武. 赤道东太平洋水温对低纬大气环流的影响. *海洋学报*, 1984, 6(1): 16~23
- 10 冯佩芝等. 中国主要气象灾害分析(1951~1980). 北京: 气象出版社, 1984