第49卷 第3期
1991年2月

气 象 学 报
ACTA METEOROLOGICA SINICA

Vol. 49, No. 1
Feb., 1991

# 热带太平洋海温与中国西北夏季降水的关系*

朱炳瑗　李栋梁

（甘肃省气象局）

**提　　要**

本文将中国西北(陕、甘、宁、青四省区)夏季降水资料用经验正交函数(EOF)方法展开，根据展开后的主要特征向量把西北划分为四个自然降水区，其中降水变率最大的区域是包括青海省东部、甘肃省中东部、宁夏全区和陕西省北部在内的海东—陕北区。西北夏季降水经EOF方法展开后的第一、二时间系数与同期和前期热带太平洋海温有着明显的遥相关。热带东太平洋海温冬、春季的冷暖变化程度，可以预示后期西北夏季降水的趋势变化。另外，在厄尼诺现象发生的当年和次年，西北夏季降水具有明显的相反变化，其中海东—陕北区最敏感。

## 一、引　　言

近年来的一些研究成果表明，热带海温的冷暖变化不仅直接影响低纬度地区的天气、气候变化，而且也影响全球范围的天气气候变化[1,2]。我国不少的学者也注意到了热带太平洋海温异常与我国天气气候的异常变化。李麦村、吴仪芳等指出长江流域旱涝与赤道东太平洋和西北太平洋黑湖区海温关系密切[3]；曾昭美、章名立指出热带东太平洋海温异常变化与我国东北低温遥相呼应[4]；有的学者还探讨了热带太平洋海温异常影响天气气候异常的遥相关机制；这些工作无疑是非常有意义的。由于许多工作都集中在我国东部，我国西北降水与热带太平洋海温之间的关系探讨的不多。本文通过分析西北(陕、甘、宁、青四省区，下同)夏季降水的空间分布特征，划分了自然降水区，并分析了北太平洋海温和赤道太平洋海温与各个自然降水区同期及前期的遥相关关系，结果发现西北夏季降水不但与同期热带太平洋海温有显著的遥相关，而且前期热带东太平洋海温的冷暖变化对西北夏季降水趋势有很好的预示性。

## 二、西北夏季(6—8月)降水分区

西北地域辽阔，地形复杂，各地降水量相差很大，为了便于从空间场上分析降水量的

* 本文于1988年12月5日收到，1989年3月20日收到修改稿。

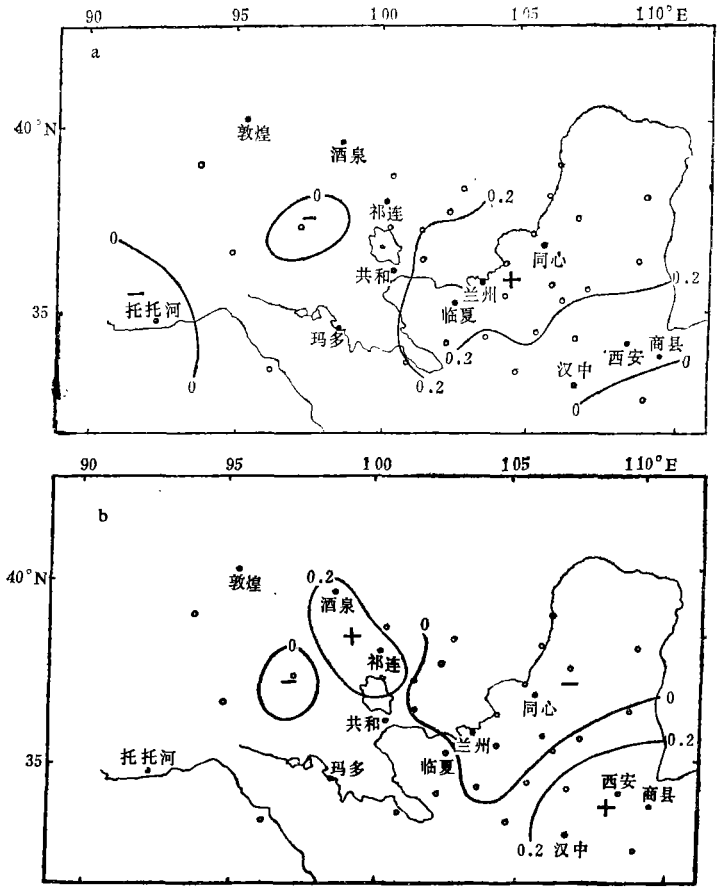


图 1 西北夏季(6—8月)降水EOF的特征向量
(a 第一特征向量，b 第二特征向量)

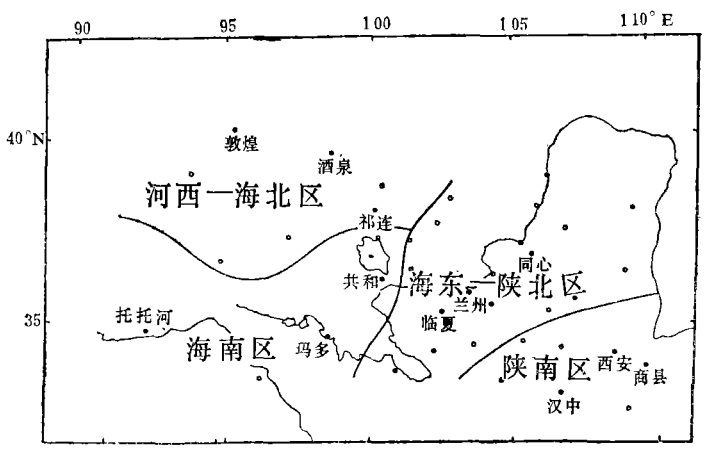


图 2 西北夏季降水自然分区

主要特征，我们把陕西、甘肃、宁夏、青海四省(区)39 个站点、1958—1986 年 29 年夏季降水量资料用经验正交函数(EOF)方法进行展开，用展开后的降水主要特征向量分析西北夏季降水的空间分布特征，并划分自然降水区；用展开后的主要时间系数计算出各站点的载荷量，以此挑选出各自然降水区的代表站点。图 1 是西北夏季降水量经 EOF 展开后的第一特征向量和第二特征向量。第一特征向量在青海省东部、甘肃省中东部、宁夏全区和陕北为正的大值中心区，突出了上述地方是西北夏季降水变率最大的区域，把这个区域称为海东-陕北区。第二特征向量的分布特点是：除海东-陕北区为负值外，其余地方均为正值，在陕南和河西-祁连山区为两个正的大值中心区，说明这些地方夏季降水与海东-陕北区降水具有相反变化的趋势。根据第三和第四特征向量的分布特点及西北夏季降水的聚类分析(图略)可将第二特征向量的正值区划分为三个区域，位于西北部的称河西-海北区，位于西南部的称海南区，位于东南部的称陕南区，再加上海东-陕北区，这样就把陕、甘、宁、青四省(区)夏季降水分成了四个自然区域，分区界限如图 2 。在这四个自然降水区域中，夏季降水对国民经济，特别是对农业生产影响最大的区域是位于青藏高原东北侧的海东-陕北区。

我们还计算了西北夏季降水EOF展开后的主要时间系数与各站点原降水序列的相关系数，称为载荷量。在海东-陕北区，第一时间系数所对应的载荷量数值较高，尤以临夏、兰州、同心三站点为最高，取这三站点为海东-陕北区的代表站。第二时间系数所对应的载荷量其数值最大的站点是河西-海北区的祁连、酒泉、敦煌三站点，陕南区的汉中、西安、商县三站点。海南区的代表站点是托托河、玛多、共和三站点，这三站点是根据第四时间系数所对应的载荷量求得的。上述各自然降水区域代表站点的地理位置列于图 2 中。

## 三、厄尼诺与西北各区域夏季降水的统计关系

厄尼诺年主要取自王绍武利用 7 组资料建立的序列[5]和中央气象台划分的 ENSO 年份[6]。为了和降水资料年代一致，仅取 1958 年到 1986 年的厄尼诺年，即 1963，1965，1969，1972，1976，1982，1983，1986共 8 年。这 8 年西北夏季平均降水距平百分率的分布如图3a，在图上河西-海北区降水偏多，陕南区和海南区大部分地方夏季降水也偏多；而海东-陕北区夏季降水明显偏少，特别是偏少10%的等值线大致和海东-陕北区的界线一致，中心偏少达 25%以上。我们也统计了厄尼诺次年，即 1958，1964，1966，1970，1973，1977，1984共 7 年西北夏季平均降水距平百分率，并列于图3b，在这张图上西北夏季降水距平百分率的分布和厄尼诺年正好相反，河西-海北区、陕南区和海南区降水基本上都是偏少，而海东-陕北区降水明显偏多，中心偏多 25%以上。用图 3a 和 3b 相应站点上的降水资料相减，就得到一张厄尼诺年与厄尼诺次年西北夏季平均降水距平百分率差值图，用 t 检验看看它们之间差异显著程度，显著性水平达 0.95 的地方有两块，主要的一块在海东-陕北区；另一块在河西-海北区的祁连附近(图 3 中用斜线表示的地方)。

列于图 3 的两个统计关系表明：厄尼诺现象与西北夏季降水存在着明显的遥相关，厄尼诺现象发生当年与次年西北夏季降水的分布正好相反，其中最敏感的区域是海东-陕北区，其次是河西-海北区。

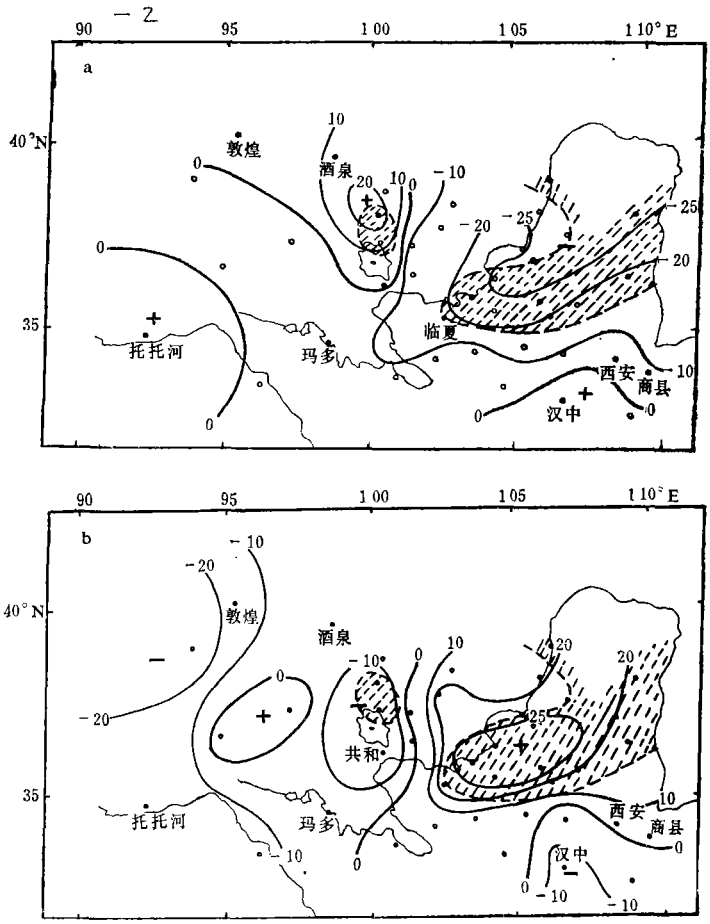


图 3 厄尼诺当年和次年西北夏季平均降水距平百分率图
(a 厄尼诺当年，b 厄尼诺次年)

## 四、热带太平洋海温与西北夏季降水同期的关系

应用中央气象台提供的太平洋逐月平均网格点海面温度资料(10°S—50°N,120°E—80°W),与西北夏季降水进行相关分析。首先用西北夏季降水经EOF 展开后的主要时间系数与同期(6—8月)北太平洋和赤道太平洋海温进行相关分析，看看西北夏季降水与同期海温之间遥相关密切程度。图 4 是西北夏季降水经EOF展开后的第一时间系数与夏季海温相关系数图,有四个相关系数较高的区域:赤道东太平洋负相关区，加利福尼亚海流正相关区,热带西太平洋正相关区和"北方冷水区"正相关区。这四个相关区都达到0.95显著性水平($r_{0.05}=0.37$),其中相关最好的是加利福尼亚海流正相关区(15°—30°N,140°—110°W),中心达 0.99 显著性水平($r_{0.01}=0.47$)。图 5 是西北夏季降水经EOF展开后的第二时间系数与夏季海温相关系数图,图中有两个相关系数较高的区域:一个是赤道东太平洋(0—5°S,115°W—95°W)正相关区,一个是北太平洋中部热带负相关区。两个相关区都

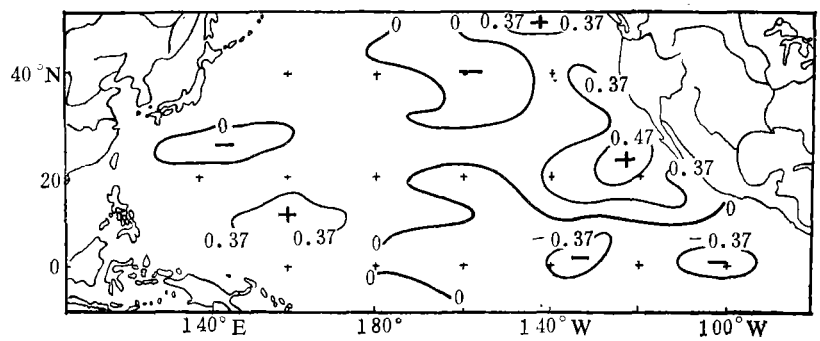


图 4　第一时间系数与 6—8 月海温相关系数图

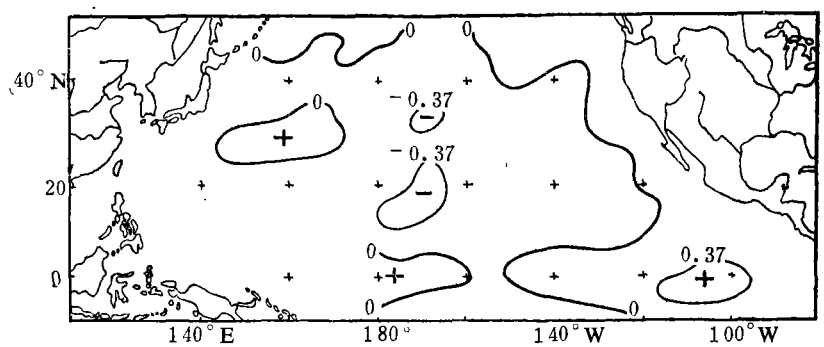


图 5　第二时间系数与 6—8 月海温相关系数图

达到 0.95 的显著性水平。

我们还用西北各自然降水区代表站点夏季降水量资料计算了与同期海温的相关系数。海东-陕北区的代表站临夏、兰州、同心三站点夏季降水总量与同期海温相关系数的分布与图 4 完全相似(图略)，四个高相关系数区域位置不变，相关系数符号相同，大小近似；也是加利福尼亚海流正相关区相关最高。这也证实了第一时间系数主要集中了海东-陕北区降水变化趋势。河西-海北区、陕南区和海南区各代表站点夏季降水总量与同期海温相关系数的分布和图 5 近似，但这三个区与海温相关好坏程度有差异，河西-海北区的代表站点夏季降水总量与同期海温相关系数最好的区域是赤道东太平洋正相关区，相关显著性水平达 0.95 的范围比图 5 大，而且中心达到 0.99 显著性水平；陕南区代表站点夏季降水总量与同期海温相关系数最好的区域是北太平洋中部热带负相关区，中心也达到 0.95 的显著性水平；海南区的代表站点夏季降水总量与同期海温相关系数的分布虽然和图 5 近似，但均不显著。

从上述西北夏季降水EOF展开后主要时间系数及各区域代表站点夏季降水总量与同期海温的相关系数表明，和海温相关最好的区域是海东-陕北区，相关最高的海温区是加利福尼亚海流区和赤道东太平洋；和海温相关次好的区域是河西-海北区，相关最好的海温区是赤道东太平洋；和海温相关好坏程度占第三位的区域是陕南区，相关最好的是北太平洋中部热带负相关区。和西北各区域相关最好的海温区都集中在热带和赤道附近，特

别是加利福尼亚海流区和赤道东太平洋海温区亦是厄尼诺现象的主要发生区域。

## 五、前期热带太平洋海温的冷暖变化对西北夏季降水趋势的预示性

西北夏季降水经EOF展开后的第一时间系数与同期海温有四个高相关区，即加利福尼亚海流、热带西太平洋和"北方冷水区"三个正相关海温区以及赤道东太平洋负相关海温区。用第一时间系数与前期冬、春季各月海温相关，可以看出上述高相关海温区的前期演变情况。图6a是西北夏季降水第一时间系数与前期1月海温相关系数图。很明显第一时间系数与同期海温相关的三个显著的正相关海温区在前期1月就已经存在，而且都分别达到了0.95显著性水平；但1月在赤道东太平洋海温区却是正相关区，这和同期海温相关的符号相反，而且在5°N—10°S，180°E—165°W的范围内存在一个正的高相关区，中心达0.99显著性水平。整个赤道太平洋仅在5°S—10°S，105°W—90°W有一小范围负相关区。从2月到5月除赤道东太平洋相关区外，其余三个正相关海温区具有很好的持续性，特别是加利福尼亚海流区各月相关显著的范围基本不变，相关系数大小变化甚微。而赤道东太平洋相关区随着2—5月时间变化，1月原有的正相关却向相反符号变化，从3月开始原在5°N—10°S，105°W—90°W的负相关区向西不断延伸，并出现显著的负相关中心，到了5月整个赤道东太平洋变成负相关区(见图6b)，然后延续到整个夏季。第一时间系数与前期冬、春季节赤道东太平洋海温相关系数的反符号变化，正是反映了赤道东太

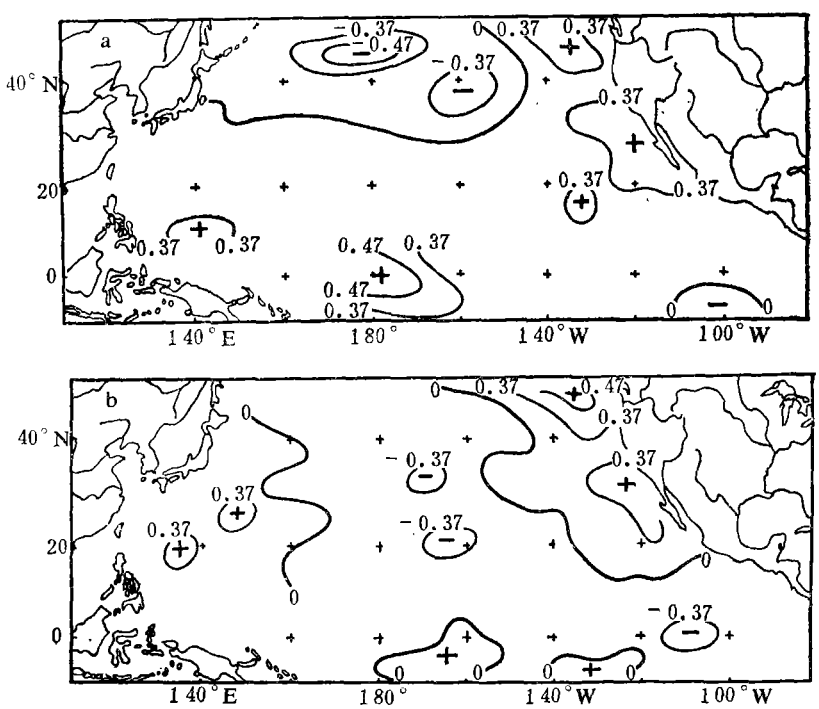


图 6 第一时间系数与前期1月(a)、5月(b)相关系数分布图

平洋海温从冬季到春季的冷暖变化。当着赤道东太平洋海温 1 — 2 月偏暖，而 3 月以后变冷，这样的年份一般来说是厄尼诺现象结束的年份，前期冬、春季赤道东太平洋海温由暖变冷，预示着西北夏季降水第一时间系数为正值，由于第一时间系数主要集中了西北海东-陕北区夏季降水的变化趋势，所以在厄尼诺现象结束的年份西北海东-陕北区夏季降水是偏多趋势。需要指出的是：一般来说厄尼诺现象的次年也是厄尼诺现象结束的年份，但也有一些年份厄尼诺现象持续 2 年，结束于第三年，西北海东-陕北区夏季降水偏多的年份也在第三年。所以以赤道东太平洋海温前期冬、春季演变情况来预报西北海东-陕北区夏季降水偏多的年份比纯统计厄尼诺次年其物理意义、机制要明确得多。

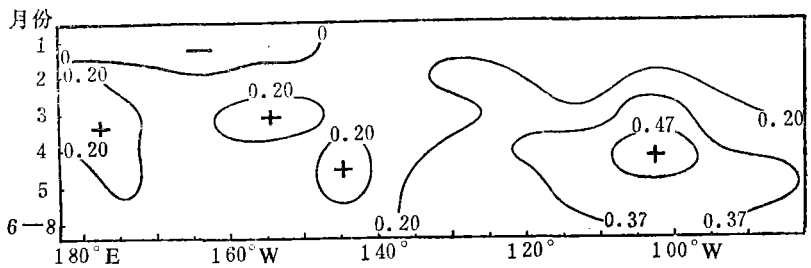


图 7　第二时间系数与赤道(0°C)海温相关系数演变图

图 7 是西北夏季降水第二时间系数与赤道东太平洋海温 1 — 8 月相关系数演变图。第二时间系数与 1 — 8 月赤道海温相关系数均为正值，其中 3 月以后在 105°W—110°W 开始出现显著性水平达 0.95 的高相关区，继而在 3 — 5 月高相关区不断扩大，并一直维持到夏季。由于第二时间系数主要集中了河西-海北区、陕南区和海南区的夏季降水趋势，所以当着赤道东太平洋海温春、夏季偏暖，这三个区域夏季降水偏多。特别是厄尼诺现象发生的年份，赤道东太平洋海温异常增暖，这三个区域夏季降水偏多，而海东-陕北区夏季降水却明显偏少。

## 六、结　　论

〈1〉 西北夏季降水经EOF展开后，在空间分布场上可以划分为四个自然区域，即海东-陕北区，河西-海北区，海南区和陕南区。西北夏季降水经EOF展开后的第一时间系数主要集中了海东-陕北区夏季降水的变化趋势；第二时间系数主要集中其余三个区域夏季降水的趋势变化。

〈2〉 厄尼诺现象与西北夏季降水存在着明显的遥相关。从统计来看，在厄尼诺当年夏季海东-陕北区降水偏少，其余三个区域降水偏多，以河西-海北区偏多最显著；在厄尼诺次年仅海东-陕北区降水明显偏多。

〈3〉 从分析西北夏季降水第一时间系数和第二时间系数与同期、前期热带太平洋海温相关系数表明，热带太平洋海温与西北夏季降水之间存在着遥相关，特别是当赤道东太平洋海温从冬到夏一直偏暖时，则当年夏季西北海东-陕北区降水明显偏少，西北其余三个区域夏季降水偏多，尤以河西-海北区偏多最显著；当赤道东太平洋海温从冬到夏由暖

变冷，特别是 3 月以后明显变冷，则当年夏季西北海东-陕北区降水明显偏多，其余三个区域偏少，尤以河西-海北区偏少最显著。

## 参 考 文 献

[1] Horel, J. D., and J. M. Wallace, Planetary-scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation, *Mon. Wea. Rev.*, **109**, 813—829, 1981.
[2] Rasmusson, E. M., and T. H. Carpenter, Variations in tropical sea surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation/ElNino, *Mon. Wea. Rev.*, **110**, 354—384, 1982.
[3] 李麦村等，中国东部季风降水与赤道东太平洋海温的关系，大气科学，**11**，4，365—371，1987。
[4] 曾昭美等，热带东太平洋关键区海温与中国东北地区气温的关系，大气科学，**11**，4，382—389，1987。
[5] 王绍武，1860—1979年期间的厄尼诺年，科学通报，**30**，1，52—56，1985。
[6] 赵汉光，ENSO 发生的前兆分析，长期天气预报研究通讯，9，11—17，1986。

# RELATIONSHIP BETWEEN SST OF THE TROPICAL PACIFIC AND PRECIPITATION OF NORTHWEST CHINA IN SUMMER

Zhu Bingyuan Li Dongliang

(*Meteorological Service of Gansu*)

Abstract

In this paper, the data of precipitation of Northwest China in summer was expanded by means of EOF. According to major eigenvectors in expansion the area of Northwest China was divided into four natural rainfall region. Among them the region of greatest precipitation variability is East of Qinghal-North Shaanxi region. The region includes East of Qinghai, Central and East of Gansu, Ningxia and North of Shaanxi. There is apparent teleconnection between the first and second time coefficients by means of EOF expansion and the tropical pacific SST in the corresponding period and earlier months. The variation of the east tropical pacific SST in winter and spring is able to predict precipitation trend of North west of China next summer. Moreover, in the El Nino year precipitation trend is opposite to following year, and the region from the East of Qinghai to North of Shaanxi is most sensitive.