

文章编号: 1004-4965 (2009) 05-0561-10

全球海温异常对中国降水异常的影响

赵永晶, 钱永甫

(南京大学大气科学系/南京大学灾害性天气气候研究所, 江苏 南京 210093)

摘 要: 用 EOF 和 SVD 方法分析了 Climatic Research Unit 的 1951—2005 年全球逐月海温距平场的时空变化特征及其与中国 160 个测站的月降水距平的时滞和空间耦合关系, 讨论全球海温距平场的空间分布和时间演变对我国降水异常的影响, 并着重分析了关键区在其特定关键时段内对我国降水异常的影响区域。结果表明, 全球海温距平场有三个影响我国降水的关键区, 即北太平洋、印度洋和我国南海以及赤道中东太平洋。这三个关键区的海温距平场具有明显的年际和年代际变化特征, 突变发生在 1976 年左右, 对我国降水有较为显著的影响, 其中北太平洋关键区前期冬季海温对我国 7 月降水的影响、印度洋及南海前期冬春海温对我国 5 月降水的影响以及赤道中东太平洋前期冬季海温对我国 7 月降水的影响显得尤为重要。讨论了这三个关键区前期的海温距平场对我国不同区域不同时期降水影响的耦合关系, 为我国区域降水异常预测的不确定性提供了依据。

关 键 词: 气候变化; EOF 和 SVD 分解; 降水距平; 全球海温异常

中图分类号: P461.2

文献标识码: A

Doi: 10.3969/j.issn.1004-4965.2009.05.006

1 引 言

海气相互作用研究的奠基人, 英国物理学家 Sabine (1846) 首次注意到大西洋水温与冬季英国天气之间的关系, 但直到 1940 年代以后, 海气相互作用的研究才有较大的进展。在 1960 年代, Bjerkness 就对热带东太平洋海气相互作用问题进行了研究, 发现赤道东太平洋海温 (SST) 异常可以明显地影响中高纬度地区甚至全球的大气环流和天气气候, 使之发生相应的异常变化。很多研究指出海洋热状况的异常变化与我国气候有着密切关系, 而海温异常则是反映海洋热力性质的重要指标之一, 所以, 海温异常对中国气候变化的影响研究, 无论是对于揭示海气相互作用的规律还是试图减少预报的不确定性, 都起着不容忽视的作用。

近 50 年来, 我国大范围的旱涝等气候灾害频繁发生。华北地区从 1977 年以后, 降水连年减少, 1980 年代的年平均降水量约比 1950 年代减少了 1/3, 造成严重干旱^[1]。而 1998 年夏季长江流域和东北嫩江、松花江流域汛期降水量约为常年的 2 倍, 造成特大洪涝,

经济损失超过 2 600 亿元, 死亡人数超过 3 000 人。因此, 研究我国各月降水情况, 寻求与降水异常关系密切的海温关键区具有一定的现实意义。张琼等^[2]指出, 当前春赤道南印度洋海温异常偏暖, 则夏季南海海温异常偏暖, 长江中下游地区易涝, 反之则易旱; 吴志伟等^[3]则分析了近 50 年华南前汛期降水、江淮梅雨与华北雨季的旱涝特征并且指出了其关键影响海区; 孙燕等^[4]分析了华北夏季降雨与全球海温的关系; 徐海明^[5]分析了华南夏季降水与全球海温的关系。另外, 对于热带东太平洋等特定区域海温异常对我国特定区域特定季节降水的影响已有较多的研究, 但对月平均的全球海表面温度距平场对我国降水异常的总体影响以及他们之间的时滞关系尚待进一步的研究。因此, 本文着重研究全球逐月海温距平 (SSTA) 对我国逐月降水的影响, 以揭示海洋热力异常的重要性, 探讨降低我国降水预报不确定性的可能性。

2 资料和方法

本文所使用的资料为国家气候中心整编的 1951

收稿日期: 2008-03-24; 修订日期: 2008-07-22

基金项目: 国家自然科学基金面上项目 (40675042); “国家重点基础研究发展计划”项目 (2004CB418300) 共同资助

通讯作者: 钱永甫, 男, 教授, 博导, 主要从事季风和气候的研究。E-mail: qianzh2@nju.edu.cn

年1月—2000年12月中国160个站逐月降水资料 and Climatic Research Unit的1951—2005年全球逐月海温距平格点资料, 网格距为 $5^{\circ} \times 5^{\circ}$ 。

研究中采用的方法主要有经验正交函数 (Empirical Orthogonal Function, EOF) 分解以及奇异值分解 (Singular Value Decomposition, SVD) 方法。EOF分析又称为主分量分析或主成分分析, 是用来将大量初始信息资料 (矩阵) 加以压缩, 从中求得能最大部分地捕获初始方差的正交线性组合, 即出现频率最高的时空变化型或主导的时空变化型的一种分析方法。SVD方法用于分析两个气象要素场序列之间的相关关系, 可最大限度地从两个要素场分离出多个相互独立的耦合模态, 从而揭示出两要素场所存在的时域相关性的空间联系, 这种耦合的空间分布型能最大限度地解释两场的交叉协方差。由于奇异值分解是以两个场之间的最大协方差为基础的展开, 在研究两个要素场序列之间时空关系时是一个有力的工具。目前, SVD方法已被广泛应用于两个要素场的气候诊断分析中, 并得到一些有益的研究结果。本文也采用SVD方法研究海温距平 (左场) 对我国降水 (右场) 的影响, 可得到左右场的同性及异性相关系数。同性相关系数是指左场距平序列与左场模态时间系数之间的相关性, 即模态时间系数对左场距平序列的代表性。当同性相关系数较大时, 说明模态时间系数对该距平序列代表性好。异性相关系数是指左场 (或右场) 距平序列与右场 (或左场) 模态时间系数之间的相关性, 其值的大小反映了左场 (或右场) 距平序列与右场 (或左场) 模态时间系数的相关程度。由于左右场各模态时间系数的相关往往较高, 因此, 同性相关系数与异性相关系数的空间分布往往也十分相似, 本文的研究结果也证明了这一点。

3 结果与分析

3.1 全球SSTA (海温距平) 的EOF分析

1951—2005年 (660个月) 全球海表面温度距平的 EOF 分析前4个模态的方差贡献分别为7%、5%、3%和2%, 这是因为资料时间较长且为全球范围内的分析, 因此每个模态方差贡献较小。由第1模态空间场 (图1a) 可见, 赤道太平洋、东太平洋、 50°N 以北太平洋、印度洋和大西洋都是正值区, 说明他们的海温异常变化是一致的。其中赤道东太平洋海区的正值区最强, 强正值中心在秘鲁沿岸, 整个正值区形态与发生 El Niño 的形势一致。在北太平洋中心 $150^{\circ}\text{E} \sim$

160°W , $30 \sim 45^{\circ}\text{N}$ 范围内, 存在一明显的负值区。赤道中东太平洋海区的正值区和北太平洋的负值区也构成了太平洋年代际变化 (PDO) 的形态。经 Morlet 小波分析得出, 第1模态的时间系数 (图1b) 显示出4—6a的振荡周期 (图略), 但在1976年 (约第310个月) 发生了突变, 时间系数由负向正转变, 表现出明显的年代际变化。结合空间图 (图1a) 上显示的赤道中东太平洋与北太平洋的反相形势, EOF 第1模态体现了太平洋年际变率和年代际变率的共存。

第2模态 (图1c) 与第1模态相比, 其方差贡献也不小, 因此也是一个重要的模态, 其最突出的特征是东西太平洋的振荡形势。赤道东太平洋、秘鲁沿岸区域是明显的负值区, 整个西太平洋是明显的正值区, 且在南北纬 30° 附近都出现大值中心; 北大西洋中高纬区域也是强的正值区。第2模态的时间系数 (图1d) 显示出3—5a的振荡周期, 且在1990年代后期呈明显的上升趋势。综上所述, 对全球海表面温度的 EOF 分析不仅显示了 ENSO 和 PDO 模态, 而且揭示出太平洋东西方向上存在的反相振荡形势。综合 EOF 分析的空间模态, 并考虑到海温异常的稳定性, 确定了以下3个关键区: 北太平洋 ($160^{\circ}\text{E} \sim 140^{\circ}\text{W}$, $25 \sim 45^{\circ}\text{N}$); 印度洋以及我国南海 ($60 \sim 120^{\circ}\text{E}$, $20^{\circ}\text{S} \sim 30^{\circ}\text{N}$); 赤道中东太平洋 ($170 \sim 80^{\circ}\text{W}$, $20^{\circ}\text{S} \sim 20^{\circ}\text{N}$)。从下文的 SVD 研究结果可以发现, 这些区域基本代表了全球海温距平对我国降水异常的影响关键区。

3.2 全球SSTA (海温距平) 关键区的确定

虽然用 EOF 分析的空间模态可以大致看出 SSTA 关键区的位置, 但这些关键区在对中国降水异常的影响中是否真正起作用还不能肯定。必须通过 SVD 分析来揭示 SSTA 与我国降水异常的耦合模态, 考察 EOF 分析中得到的 SSTA 关键区是否真能影响我国的降水区域。因此, 用1951—2000年全球海表面温度逐月平均距平作为左场, 全国160个站逐月降水距平作为右场 (时间长度为600个月), 分别作海温对于我国降水的同期 SVD 分析, 以及海温异常超前于降水1—12个月的 SVD 分析。发现无论是左场或是右场, 其同性和异性相关系数在空间上的分布特征基本上保持一致, 而其值略有不同; 二者的逐月时间系数也十分类似 (图略)。这说明在 SVD 分析中, 同性和异性相关系数都可以使用。同时发现, SSTA 对于全国降水的影响具有空间稳定性和时间一致性, 即全球海温的关键

区稳定而持续地影响着我国的降水场。图 2 给出的是二者同期 SVD 分析异质关系图。前 2 个模态的协方差贡献分别为 18%和 10%，模态的时间相关系数分别为

0.38 和 0.46，均通过了 99%的显著性检验。从下面的分析中可以看到，在 EOF 分析中得到的 SSTa 关键区也是 SVD 分析中出现的关键区。

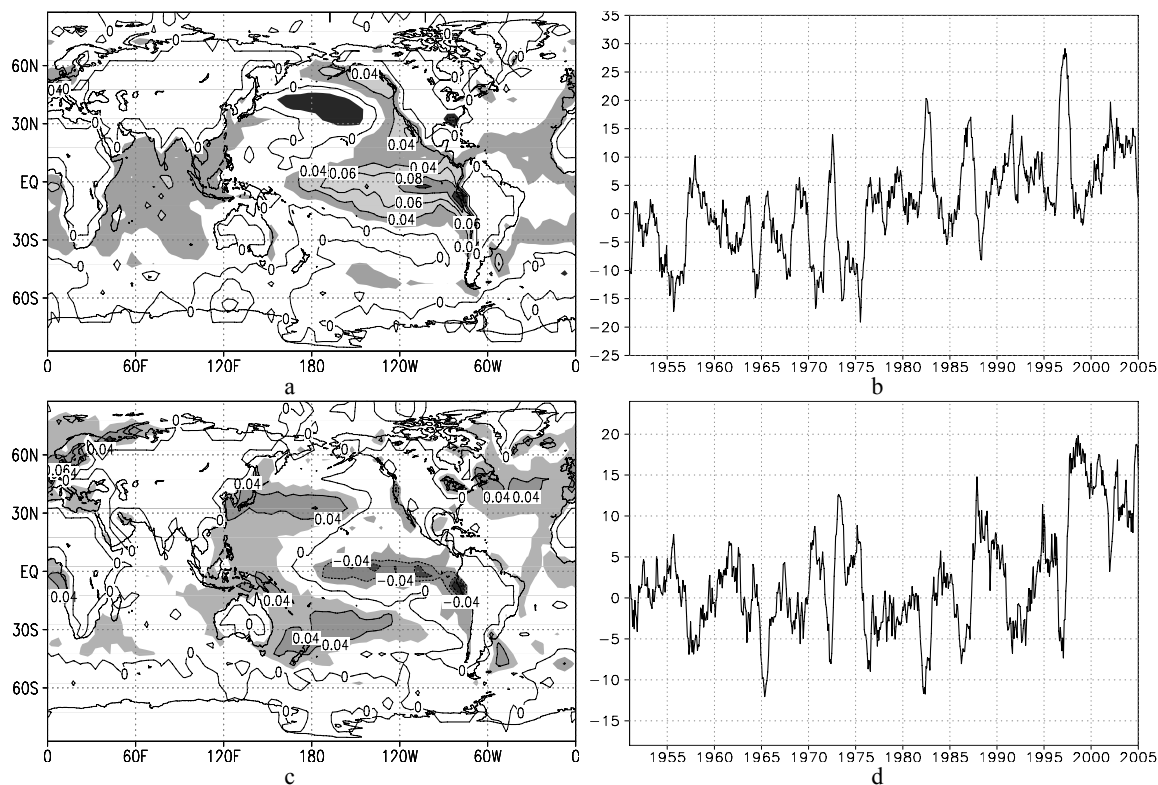


图1 全球海洋表面温度距平第1模态（上）和第2模态（下）EOF分析的空间分布型（a、c）和时间系数（b、d）

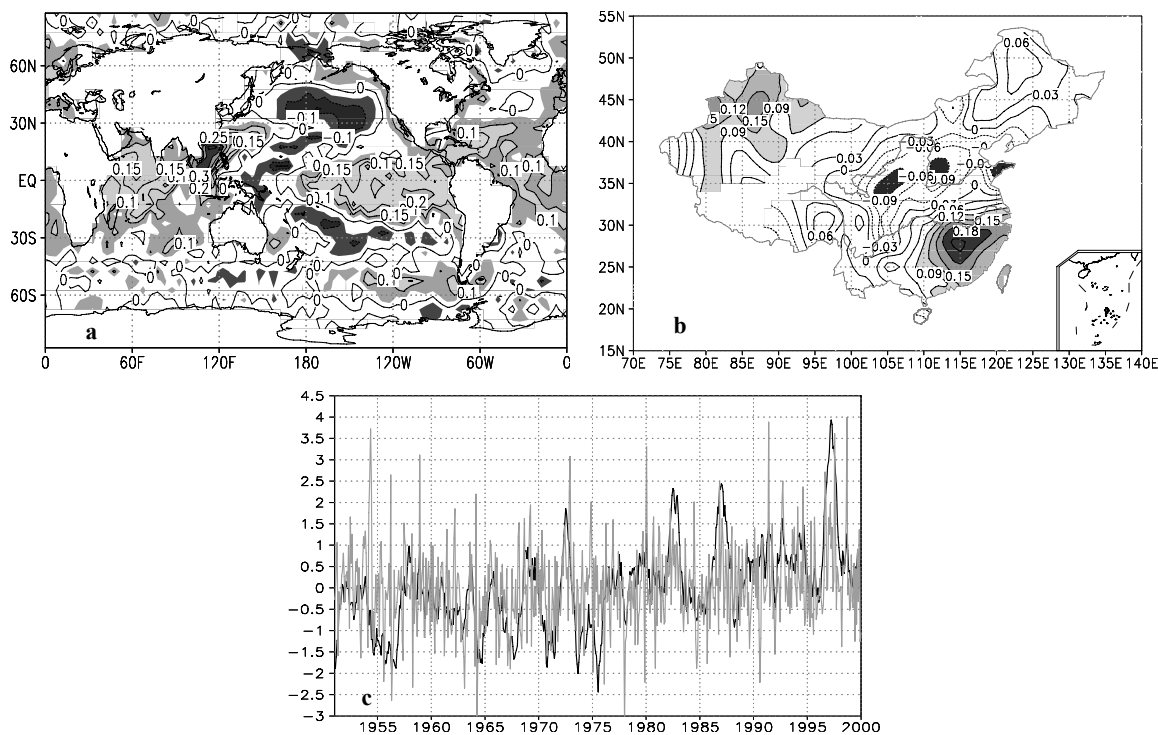


图2 全球海表面温度距平场与我国降水场同期SVD分析异质相关（第1模态）

a. 全球海温距平场；

b. 我国降水距平场；c. 全球海温距平场及我国降水距平场标准化时间系数。深色和浅色实线分别代表海温和降水距平场。

由于篇幅有限,我们主要讨论第1和第2模态全球海温距平和我国降水的相关系数空间分布(图2)。从第1模态左右场相关系数的空间分布(图2a)可以看到,在全球海洋中显著的关键区有3个,分别是北太平洋(160°E~140°W, 25°~45°N)、印度洋及我国南海(60°~120°E, 20°S~30°N)以及赤道中东太平洋(170°~80°W, 20°S~20°N)。由第1模态我国降水距平异质相关分布(图2b)可见,我国新疆地区及东南地区的降水与印度洋和我国南海以及中东太平洋的海温场呈现正相关态势,而中部地区降水则与上述海温距平场负相关。降水距平场与北太平洋海温距平场的关系相反。这说明当印度洋和我国南海以及中东太平洋的海温有上升趋势或北太平洋海温有下降趋势时,我国新疆地区及东南地区降水增多,而中原地区则降水减少。左右场第1模态的时间系数(图2c)显示,全球海温距平场在1976年附近发生突变,整体形势由负型向正型转变,这与EOF分析的结果一致;而降水距平场呈现3—5年的振荡现象,在1990年后呈现上升的趋势,2000年以后又开始下降。

第2模态全球海温距平场的空间相关系数(图3a)与第1模态有明显区别。可以看到,从澳大利亚东部海域到我国东海和南海以及与之毗邻的东印度洋、西太平洋暖池区直至北太平洋中部的黑潮漂流区海域,均呈现负相关系数,而中东太平洋以及热带大西洋部分地区呈现正相关系数。

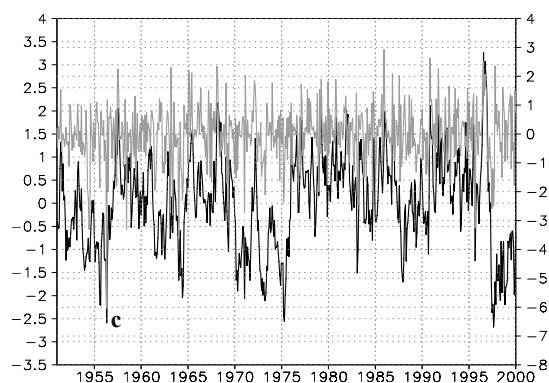
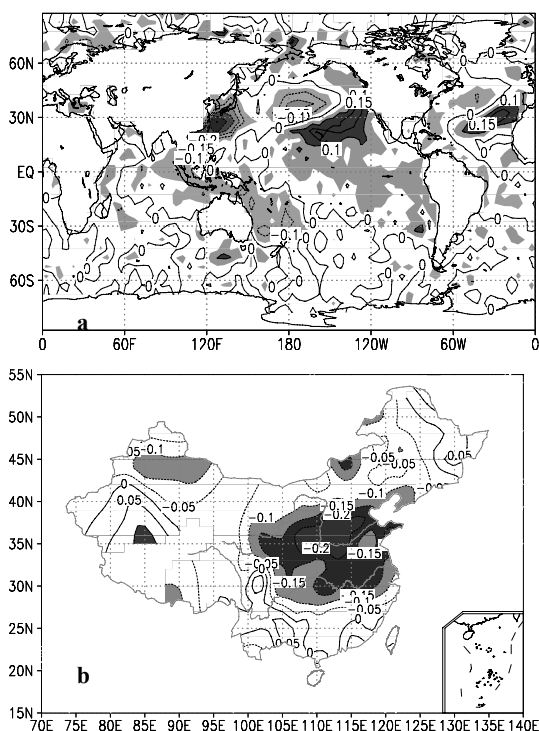


图3 同图2, 但为第2模态 图c中海温距平的值在左方坐标轴上; 水距平场数值在右方坐标轴上。

第2模态的降水距平相关系数分布(图3b)显示,全国范围内降水场以负相关系数为主,相关显著区在长江至黄河之间。说明当中东太平洋以及热带大西洋部分地区的海温升高,或西太平洋大部地区的海温降低时,我国大部地区降水减少,尤其是新疆和长江以北地区。第2模态全球海温距平场的时间系数也在1976年由负向正转变;而我国降水场的时间变化则以年际尺度为主,没有明显的趋势。从第2模态海温场的空间相关系数(图3c)分布可以看出,由第1模态得到的三个海温关键区,在第2模态中也基本存在,但对我国降水的影响区域和性质有所不同。

3.3 海温关键区与我国降水显著相关时段的确 定

在3.2小节中分析了600个月的海温距平和降水距平的同期耦合关系,发现了海温距平关键区及其与我国降水的相关区域和性质。但海温对降水的影响并非一定表现为同期关系。由于海温距平场往往是通过环流场的影响而影响降水场,因此会有时间的滞后。为确定关键区海温距平场对我国降水的关键时段,本小节将海温关键区内的海温距平分别作区域平均,然后将区域平均距平构成超前于降水当年1年(12个月)和同年(12个月)的时间序列,并作为左向量场,即 $X(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_{24}(t))$,其中1~12表示降水前1年的月份,13~24表示与降水同期的月份, $t=49$ 是年份。当年全国平均的逐月降水距平序列为右向量场,即 $Y(t) = (y_1(t), y_2(t), \dots, y_{12}(t))$ 。将 $X(t)$ 和 $Y(t)$ 进行SVD分析即可确定影响各月全国平均降水的海温关键区的关键影响时段。以下讨论3个海温关键区的关键影响时段。由于我们将海温场作为对降水的影响因子,降水场作为响应结果,因此海温

场给出的是同性相关系数,表示不同区域海温场的时间变化与时间系数的相关性大小,对降水场则给出异性相关系数,表示不同月份全国平均降水变化受控于海温场时间系数的程度。需要指出的是,这样确定的显著相关时段(月份)是从各月全国平均降水受到的影响出发的,并不代表某个特定区域降水受到的影响。

3.3.1 北太平洋关键区

图4为北太平洋(160°E~140°W, 25°~45°N)区域平均的月海温距平序列与我国平均的降水距平序列的SVD分析的第1和第2模态,图中海温场用同性相关系数,降水场用异性相关系数,两个模态解释的总协方差分别为42.7%和26.1%,模态的时间相关系数分别为0.51和0.33。从第1模态的图4a可以看出,前1年9月—当年12月的同性相关系数均>0.6;第2模态的图4b显示,前1年的1月—当年4月海温的同性相关系数也>0.6。说明第1模态的时间系数主要代表了前1年9月—当年12月海温的变化,而第2模态的时间系数主要代表前1年1月—当年4月海温的变化。另一方面,从我国降水距平场第1模态异性相关系数(图4a)中可以看出,我国春季3月和夏季7月的月降水距平与前1年9月—当年12月的北太平洋海温距平场有明显的负相关,而6月为正相关;从降水距平场第2模态的异性相关系数(图4b)中可以看出,前1年1月—当年4月的海温只对当年3月以及10月的降水有较明显的影响,前者为负相关,后者为正相关。由于本文主要讨论前期海温距平场对后期我国降水场的影响,同时也为今后探讨影响机理提供方便,这里仅对前1年12月—当年2月的冬季海温对我国7月降水的影响作分析。

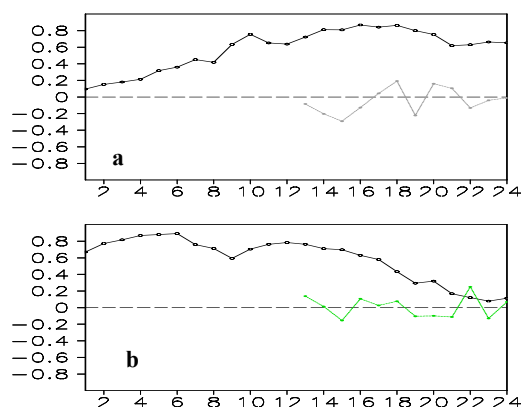


图4 超前1年至当年的北太平洋平均SSTA(粗实线)与我国当年各月降水(虚线)SVD分析的第1(a)和第2(b)模态 海温距平场为同性相关系数,我国降水距平场为异性相关系数。1—12月为超前1年,13—24月为当年。

图5为北太平洋前1年12月—当年2月的海温距平对我国7月降水的SVD分析结果,前两个模态的解释协方差分别为50.0%和20.5%,模态相关系数分别为0.83和0.76,均通过0.001的显著性水平检验。由于第1模态协方差贡献足够大,因此主要讨论第1模态北太平洋海温距平与我国降水的相关系数空间分布。第1对空间分布型(图5a、5b)中,海温距平场的相关系数均为负值,175°E以东呈现明显的负相关系数大值区,大值中心绝对值可达0.9以上。说明取北太平洋区域作为海温影响关键区是正确的。我国降水场的高相关区主要位于东北平原、新疆北部、云南南部以及四川盆地的部分地区。这对空间分布型表明,当北太平洋地区前1年12月—当年2月温度降低,特别是当175°E以东地区温度降低时,我国7月新疆南部、黑龙江及内蒙古北部以及四川盆地部分地区降水将偏多,而黑龙江东部地区降水偏少。时间系数分布(图5c)显示两场有明显的年代际变化。1970年代末以后,北太平洋海温偏低,我国新疆南部、黑龙江及内蒙古北部以及四川盆地部分地区降水增多。朱乾根等^[6]研究表明,前期北太平洋中高纬海温关键区海温影响中国夏季降水的具体途径主要是:前期海温关键区海温异常首先影响同期海温关键区至中国地区的850 hPa u 场斜压波列,该波列再影响后期夏季海温关键区至中国地区的850 hPa u 场斜压波列,最后此波列影响中国夏季降水。7月是我国江淮梅雨以及盛夏华北、东北雨季的主要时节,研究结果对于江淮流域以及华北、东北地区降水的预报有一定的指示意义。

为检验由第1模态得到的结果,将北太平洋区域平均的海温距平序列与我国各台站7月的月降水距平序列作相关分析(图5d)。可以看出,我国7月降水场与北太平洋区域平均海温距平的相关区的形态和数值都和降水场第1模态异性相关系数的空间分布有很好的吻合,说明北太平洋的确是影响我国降水的稳定关键区域。

3.3.2 印度洋及我国南海关键区

图6为印度洋及我国南海(60°~120°E, 20°S~30°N)区域平均的月海温距平序列与我国全国平均的降水距平序列的SVD分析的第1模态,图中海温场用同性相关系数,我国降水场用异性相关系数。其模态解释总协方差为67.1%,模态的时间相关系数为0.57,通过 $\alpha=0.001$ 的显著性水平检验。

从海温场同性相关系数(图6)可以看出,该相关区前1年5月—当年10月的相关系数绝对值均

>0.44, 尤其是前1年10月—当年10月, 相关系数绝对值均>0.7, 均通过0.001的显著性水平检验。从我国降水距平场第1模态异性相关系数(图6)中可以看出, 我国1、3、7月降水距平与前1年12月—当年10月印度洋及我国南海的海温距平场有明显的

正相关, 而11、12月的月降水距平则与海温场呈现明显的负相关。由于上节讨论了7月降水与海温的关系, 本节只讨论当年1—6月的海温场与我国7月降水的耦合关系。

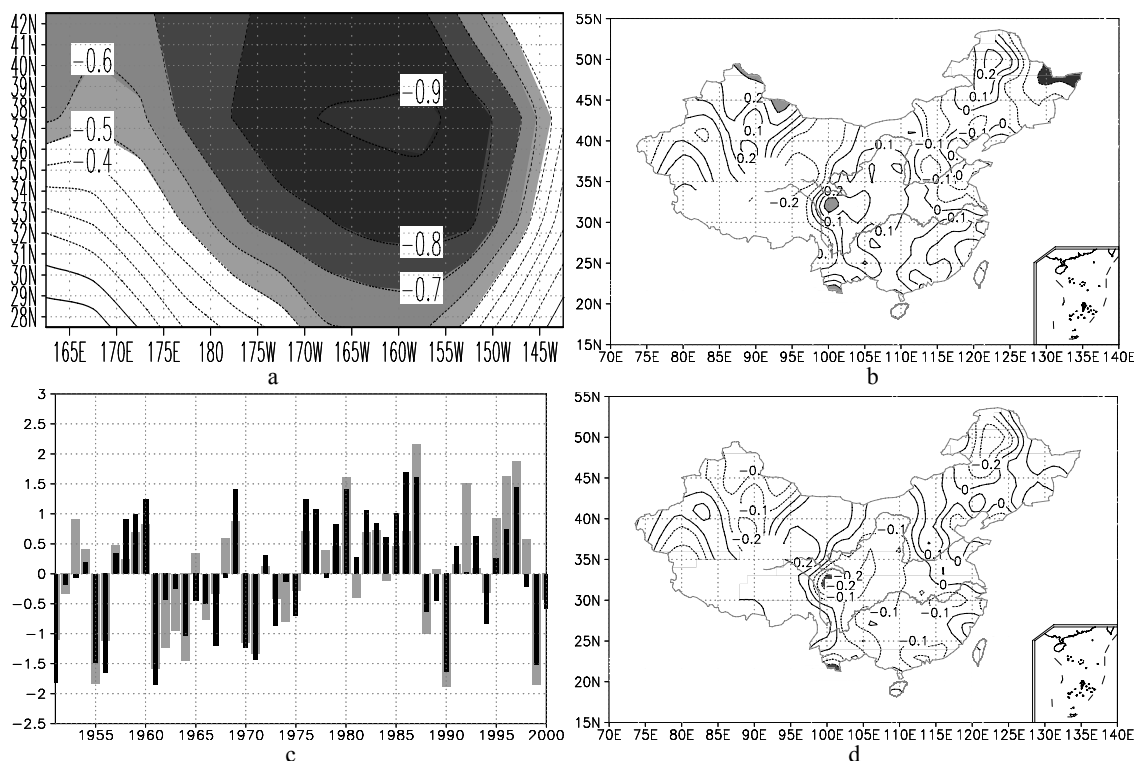


图5 前期12—2月北太平洋海温距平场与后期7月我国降水距平场SVD分析

a~c为第一对空间分布型和标准化时间系数(深色代表海温场), 空间分布型中海温场为同性相关系数, 我国降水场为异性相关系数, 阴影区表示同性相关系数绝对值 0.44, 通过0.001的显著性水平检验; 异性相关系数绝对值 0.27, 通过0.05的显著性水平检验。

d. 我国降水场与北太平洋区域平均海温距平的相关系数。

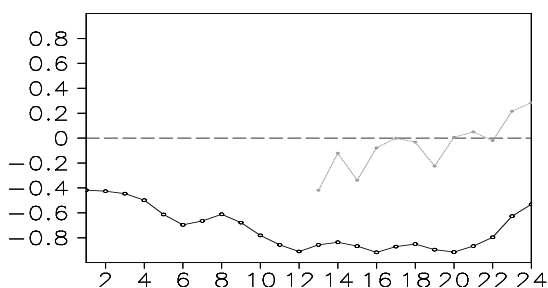


图6 超前1年至当年印度洋及我国南海平均SSTA (黑实线) 与我国当年各月降水 (虚线) SVD 第1模态分析 说明同图4。

图7为印度洋及我国南海地区当年1—6月海温距平与我国7月降水的SVD分析结果。前两个模态的解释协方差分别为43.0%和14.0%, 模态的时间相关系数分别为0.75和0.75, 均通过0.001的显著性水平检验。由于第1模态的协方差贡献足够大, 因此主要

讨论第1模态海温距平和我国降水的相关系数空间分布。第一对空间分布型(图7a, 7b)中, 海温距平场在该区域均出现正相关系数大值区, 说明取印度洋及我国南海区域作为海温影响的关键区是正确的。我国降水场的高相关区主要位于新疆北部、云南南部以及湖北省部分地区。这对空间分布型表明, 当印度洋及我国南海1—6月温度偏高时, 7月我国中部大部分地区降水将偏多, 而东北、西藏、云南以及山东部分地区降水偏少。时间系数分布(图7c)显示两场有明显的年代际变化。1970年代末以后, 印度洋及我国南海海温偏高, 我国新疆北部、云南南部以及湖北省部分地区降水增多。张琼等^[2]揭示了海温异常与环流异常的关系, 指出在副热带中纬地区, 异常反气旋环流大多与正SSTA对应, 而异常气旋环流大多与负SSTA对应; 即: 当前1年春季赤道南印度洋及南海海温异常偏暖, 南海低空出现

异常偏南风, 异常多的水汽向我国南方输送, 则7月我国广大地区易涝; 反之当前春南印度洋及南海海温异常偏冷, 南海低空出现异常偏北风, 向北输送水汽偏少, 则7月我国广大地区易旱。7月不仅是盛夏华北雨季和江淮梅雨的主要时段, 也是我国全国性降水的重要时节, 所以研究前期海温对我国7月降水的影响, 对我国夏季降水预报有重要的意义。

为检验由第1模态得到的结果, 我们将印度洋及我国南海区域平均的海温距平序列与我国各台站7月的月降水距平序列作相关分析(图7d)。可看出我国7

月降水场与印度洋及我国南海区域平均海温距平的相关区的形态和数值都和降水场第1模态异性相关系数的空间分布有很好吻合, 说明印度洋及我国南海区域的确是影响我国降水的稳定关键区域。

3.3.3 赤道中东太平洋关键区

图8为赤道中东太平洋(170~80°W, 20°S~20°N)区域平均的月海温距平序列与我国平均的降水距平序列SVD分析第1模态和第2模态。其模态解释总协方差分别为50.0%、41.7%, 模态相关系数分别为0.59、0.65。

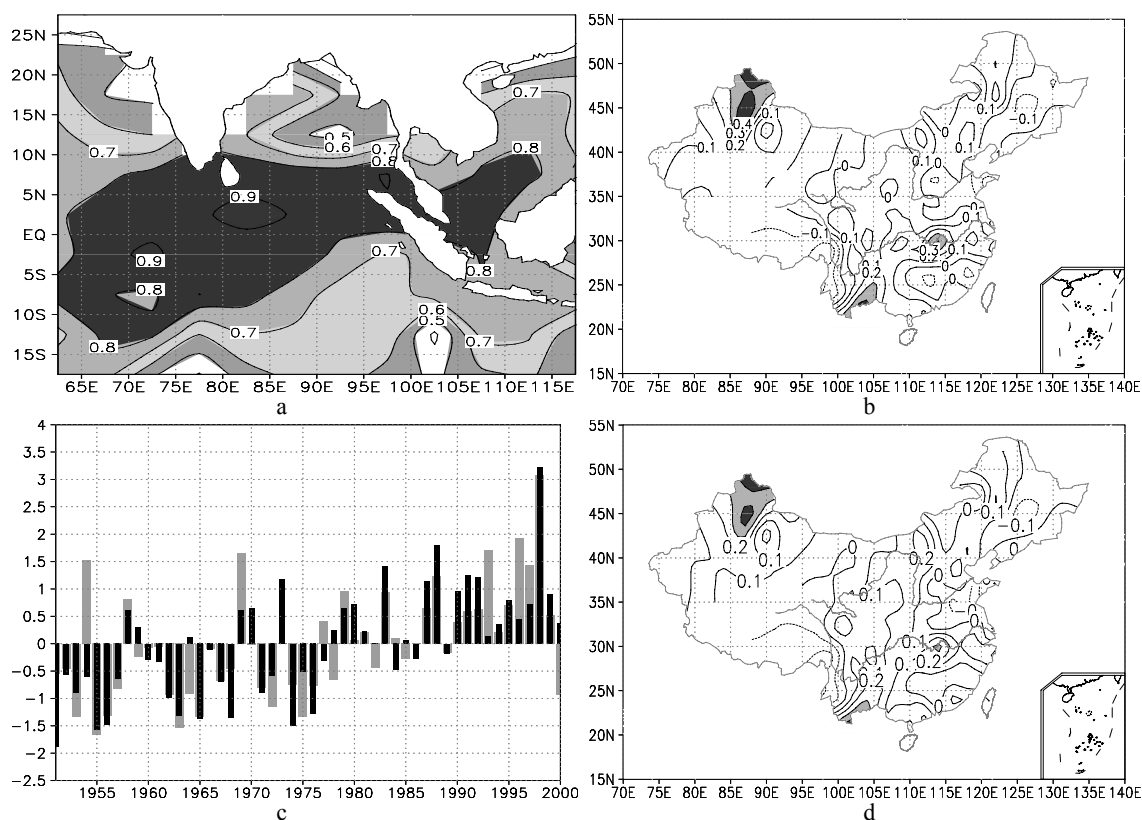


图7 同图5, 但为前期1—6月印度洋及我国南海海温距平场与后期7月我国降水距平场SVD分析

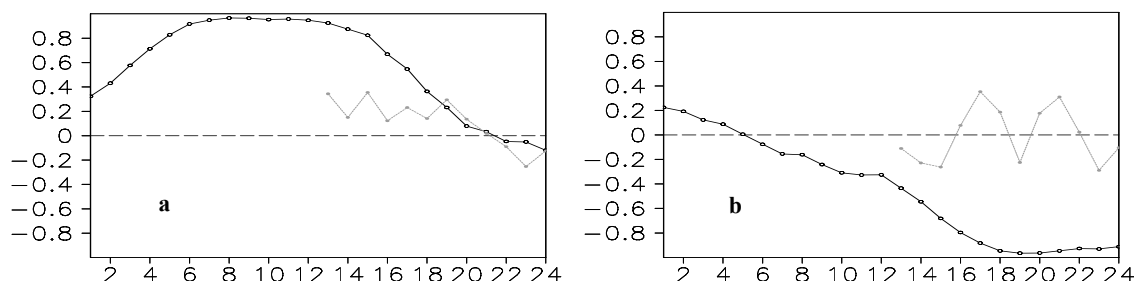


图8 同图4, 但为赤道中东太平洋

从海温场第1模态同性相关系数(图8a)可以看出, 该相关区前1年3月—当年5月都有较大的同性相关系数, 并在前1年6月—当年1月相关系数均平稳地

处于0.9以上; 第2模态(图8b)则显示, 当年3月—12月海温的同性相关系数也 0.6。另一方面, 从图8a中可看出, 我国1、3、5、7月的月降水距平与前1

年6月—当年1月的赤道中东太平洋海温距平场有明显的正相关,而11月为负相关;从图8b中可以看出,前1年3月—当年12月的海温只对当年3、5、7、9、11月的降水有较明显影响,其中3、7、11月为负相关,5、9月为正相关。由于5月也是我国华南前汛期降水的主要时节,为区别于以上两个关键区的分析时段,这里对前1年12月—当年2月的冬季海温对我国5月降水的影响作分析。

图9为赤道中东太平洋地区前1年12月—2月海温距平对我国5月降水的SVD分析结果,前两个模态的解释协方差分别为77.6%和5.2%,模态相关系数分别为0.67和0.70,均通过0.001的显著性水平检验。由于第1模态的协方差贡献足够大,因此主要讨论第1模态赤道中东太平洋海温距平和我国降水的相关系数空间分布。第一对空间分布型(图9a, 9b)中,海温距平场的相关系数均为正值,且大值中心绝对值 0.9。说明取赤道中东太平洋区域作为海温影响的关键区是正确的。我国降水场在新疆北部、内蒙古自治区西部以及陕西省、山西省部分地区呈现较显著的正相关系数,而四川、西藏、云南省部分地区则呈现负的相关系数。这对空间分布型表明,当赤道中东太平洋前1年12月—当年2月的冬季海温偏高时,5月我国新疆北部、内蒙古自治区西部以及陕西、山西省部分地区

降水将偏多,而四川、西藏、云南省部分地区降水偏少。时间系数分布(图9c)显示两场有明显的年代际变化。1970年代末以后,赤道中东太平洋海温偏高,我国新疆北部、内蒙古自治区西部以及中原部分地区降水增多。有研究认为^[7],赤道中东太平洋冬春海温的异常对东亚局地气候的影响一般都有3个月以上的滞后时间,这与本文的研究结论——赤道中东太平洋对我国5月降水有显著影响是一致的。前期冬季厄尔尼诺区海温增暖,可影响东亚夏季风的强弱和爆发时间,进而影响我国夏季降水的多寡。1990年秋冬季开始增暖的厄尔尼诺事件到1991年5月已经发展,通过海气耦合的相互作用, Walker环流的上升支移到中东太平洋,西太平洋为下沉支,菲律宾周围对流活动减弱,西太平洋副热带高压季节内变化小,副高脊线滞留时间较长,使雨带停留时间较长,降水偏多。

为了检验由第1模态得到的结果,我们将赤道中东太平洋区域平均海温距平序列与我国各台站5月月降水距平序列作相关分析(图9d)。可看出我国5月降水场与赤道中东太平洋区域平均海温距平相关区的形态和数值都与降水场第1模态异性相关系数的空间分布吻合很好,说明赤道中东太平洋的确是影响我国降水的稳定关键区域。

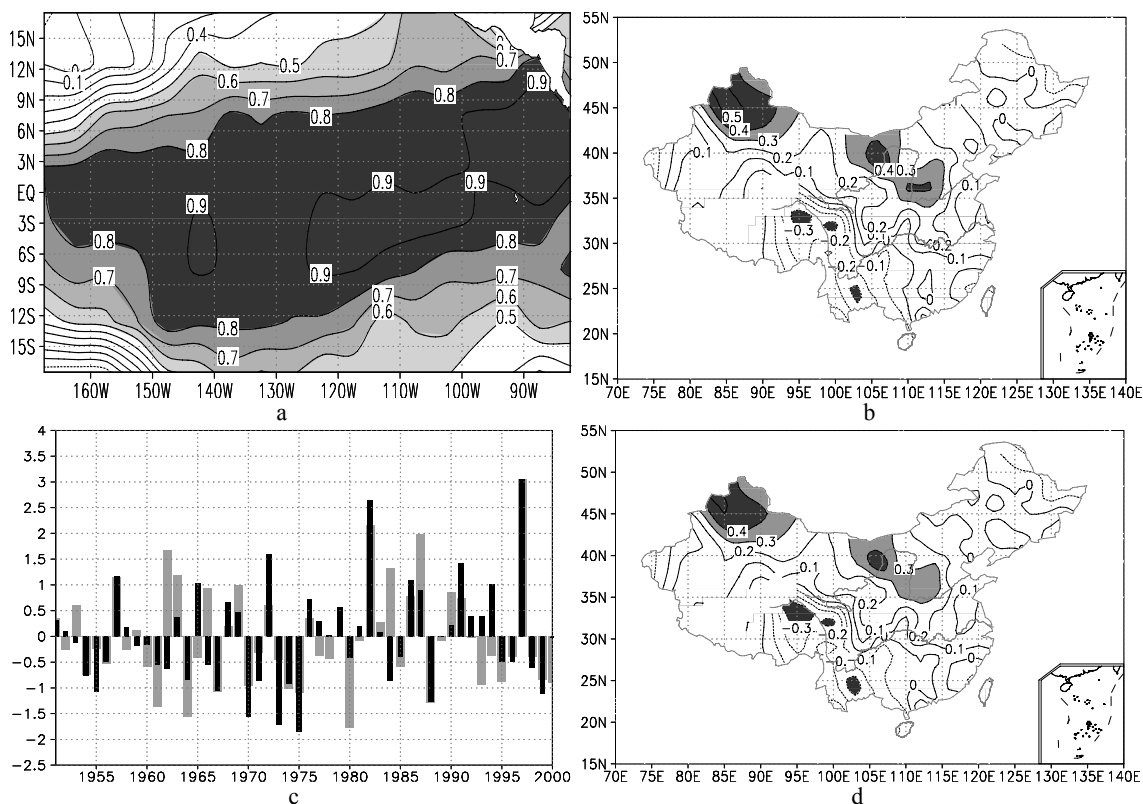


图9 同图5, 但为前期12—2月赤道中东太平洋海温距平场与后期5月我国降水距平场SVD分析结果

4 结 论

(1) 全球海温距平EOF分析第1模态所显示的三个大值区——北太平洋、印度洋以及我国南海、赤道中东太平洋区域均可被SVD分析验证,确定为海温异常影响我国降水的关键区。

(2) 通过对全球海温异常对于我国降水的影响的同期以及超前1个月—1年的SVD分析得出,全球海温的三大关键区对于我国降水的影响具有空间稳定性和时间一致性。而这种稳定性可以成为降低预报不准确性的依据。

(3) 北太平洋关键区影响我国降水的关键时段在前1年9月—当年4月;印度洋南海关键区影响我国降水的显著关键时段在前1年10月—当年10月;赤道中东太平洋关键区影响我国降水的显著时段在前1年6月—当年2月。故三大关键区的前期冬季海温对于降低我国降水预报的不确定性,起着一定的指示作用。

(4) 北太平洋前期冬季海温对我国7月降水的影响区域主要为东北平原、新疆北部、云南南部以及四川盆地的部分地区;印度洋与我国南海1—6月前期海温对我国7月降水的影响区域主要位于新疆北部、云南南部以及湖北部分地区;赤道中东太平洋前期冬

季海温对我国5月降水的影响区域主要位于新疆北部、内蒙古自治区西部、陕西省、山西省部分地区以及四川、西藏、云南省部分地区。海温异常对我国降水的影响主要以年际变化为主,时间系数在1976年前后发生由负转正的明显突变,表明海温的振荡形势发生了相反的变化。

不同于以往对在特定时节、特定海区影响我国特定区域的降水研究,本文以全球海表面温度场及全国降水场为大背景,着重讨论了月平均的全球海表面温度距平场对我国降水异常的总体影响以及它们之间的时滞关系。研究表明,由于在特定显著时段内,三个关键区对我国部分区域的降水均有显著影响,尤其是三个海区的前期冬季海温都对我国部分区域的夏季降水有很好的相关性,所以研究全球海温关键区对我国降水的影响,对于降低我国降水预报的不确定性有着显著的意义。然而本文得出的只是全球各大海温关键区影响我国降水的关键时段以及在部分关键时段内关键区的海温与我国降水之间关系的全局统计结果,至于他们之间的内在动力学机制如何,尚待用数值模拟的方法做进一步的研究。

参 考 文 献：

- [1] 黄荣辉, 徐予红, 周连童. 我国夏季降水的年代际变化及华北干旱化趋势[J]. 高原气象, 1999, 18(4): 465-475.
- [2] 张琼, 刘平, 吴国雄. 印度洋和南海海温与长江中下游旱涝[J]. 大气科学, 2003, 27(6): 992-1 006.
- [3] 吴志伟, 林志红, 何金海. 近 50 年华南前汛期降水、江淮梅雨和华北雨季旱涝特征对比分析[J]. 大气科学, 2006, 30(3): 391-401.
- [4] 孙燕, 王谦谦, 钱永甫, 等. 华北地区夏季降水与全球海温异常的关系[J]. 高原气象, 2006, 25(6): 1 127-1 138.
- [5] 徐海明. 华南夏季降水与全球海温的关系[J]. 南京气象学院学报, 1997, 20(3): 392-399.
- [6] 朱乾根, 滕莺, 徐国强. 北太平洋中纬海温异常对中国东部夏季降水影响的可能途径[J]. 南京气象学院学报, 2003, 23(1): 1-8.
- [7] 励申申, 寿绍文. 赤道东太平洋海温与我国江淮流域夏季旱涝的成因分析[J]. 应用气象学报, 2000, 11(3): 331-338.
- [8] 陈文, 康丽华, 王玓. 我国夏季降水与全球海温的耦合关系分析[J]. 气候与环境研究, 2006, 11(3): 259-269.
- [9] 宗海峰, 张庆云, 彭京备. 长江流域梅雨的多尺度特征及其与全球海温的关系[J]. 气候与环境研究, 2005, 10(1): 102-114.
- [10] 周丽, 魏凤英. 近百年海温异常变化与长江中下游梅雨[J]. 高原气象, 2006, 25(6): 1 111-1 119.
- [11] 陈科艺, 王谦谦, 胡娟, 等. 江南北部梅雨期降水与海温的 SVD 分析[J]. 南京气象学院学报, 2006, 29(2): 258-263.
- [12] 钱永甫, 周宁芳, 毕云. 高层大气温度和高度场异常对我国地面气温和降水的影响[J]. 高原气象, 2004, 23(4): 417-428.

- [13] 陈绍东, 王谦谦, 钱永甫. 江南汛期基本气候特征及其与海温异常关系初探[J]. 热带气象学报, 2003, 19(3): 260-268.
- [14] 陈科艺, 王谦谦, 毛文书, 等. 江淮北区 6~7 月降水异常与北太平洋海温的 SVD 分析[J]. 高原气象, 2006, 25(3): 539-544.
- [15] 覃军, 王盘兴. 中国东部夏季三个雨带降水的年代际变化及其与中高纬环流和海温的关系[J]. 热带气象学报, 2005, 21(1): 63-71.
- [16] 邓立平, 王谦谦. 华南前汛期(4~6 月)降水异常特征及其与我国近海海温的关系[J]. 热带气象学报, 2002, 18(1): 45-55.
- [17] 肖子牛, 晏红明, 李崇银. 印度洋地区异常海温的偶极振荡与中国降水及温度的关系[J]. 热带气象学报, 2002, 18(4): 335-344.
- [18] 严华生, 鲁亚斌, 程建刚, 等. 前期大气环流和海温变化对云南汛期雨量的影响[J]. 热带气象学报, 2005, 21(3): 248-256.

ANALYSES OF THE IMPACTS OF GLOBAL SSTA ON PRECIPITATION ANOMALY IN CHINA

ZHAO Yong-jing, QIAN Yong-fu

(Institute of Severe Weather and Climate, Department of Atmospheric Sciences,
Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: The spatial and temporal coupling relationships between the monthly global SST anomaly field from 1951 to 2005 offered by Climatic Research Unit and the average monthly precipitation anomaly offered by 160 stations in China are analyzed. The spatial and temporal characteristics are analyzed with the EOF and SVD methods. After that, the influences of the spatial distribution and temporal evolution of global SST anomaly field on China's precipitation anomaly are analyzed, with the emphasis on the key areas which influence the precipitation anomaly in China in particular periods of time. The results show that there are three key regions which have important influence on the precipitation of China, namely, North Pacific, Indian Ocean-South China Sea and Middle and East equatorial Pacific. Having both interannual and interdecadal variations, the SST anomaly fields of the three key regions changed suddenly in the late 1970s. There are three key areas in these fields whose preceding wintertime SST has important influences on the precipitation in China: The first key area is over North Pacific, which affects the precipitation of July, the second one is over the Indian Ocean and South China Sea, which affects the precipitation of May, and the third one is over the Middle and East Equatorial Pacific, which affects the precipitation of July. In the last part of our study, the coupling relationships between the previous SST anomaly field of each key region and the precipitation field in different periods and different regions of China are analyzed. It may help reduce the uncertainty in the prediction of the abnormality of regional rainfall in China.

Key words: climate change; EOF and SVD methods; anomaly of precipitation in China;
anomaly of global sea temperature