

ENSO 对亚洲夏季风环流和中国夏季 降水影响的诊断研究

刘 颖 倪允琪

(南京大学大气科学系, 南京, 210093)

摘 要

文中以 SVD 分析技术为基础, 发展了一种用以提取一个矢量场和一个标量场耦合信号的统计诊断方法——联合 SVD 方法(简记为 CSVD), 并运用 CSVD 分析了 ENSO 对亚洲季风环流系统及中国夏季降水的年际变化的影响。结果表明, 在 El Niño 年, 印度夏季风减弱, 东亚夏季风增强; 而在 La Niña 年, 印度夏季风增强, 东亚夏季风减弱。且 ENSO 对亚洲季风环流影响显著的区域主要在长江流域南北气流交汇区和索马里急流区, 而对中国夏季降水影响最显著的区域则在江淮流域。

关键词: 联合 SVD 方法, 统计检验, 亚洲季风环流, 中国夏季降水。

1 引 言

ENSO 是迄今为止所发现的高于气候噪音水平的最强的海洋和大气年际变化的信息。大量研究表明^[1], ENSO 信号不仅存在于全球热带的海面温度、气压、风和云量以及洋流强度等要素场中, 而且在世界许多地区的大气环流和气候的年际变化中都有较清楚的反映。那么, ENSO 与亚洲季风环流和中国夏季降水的年际变化之间是否有某种内在的联系, 其联系的程度又如何呢? 目前对这个问题的诊断研究工作较多^[2~6, 9], 本文则以 SVD 技术为基础, 发展了用以诊断矢量场和标量场相互关系的 CSVD 技术来研究这个问题。

2 统计诊断方法 SVD 和 CSVD

SVD(Singular Value Decomposition) 是研究两个气象要素场之间相互关系的重要方法, 它实际上是 EOF 分解法在非方阵和非对称阵上的延伸^[7, 8, 10]。假设要研究两个气象场 S (称为左场) 和 Z (称为右场) 的相互关系, 其中 S 场有 N_s 个格点, Z 场有 N_z 个格点, 每个格点有 T 次观测值, 则 S, Z 场可记为矩阵

初稿时间: 1997 年 3 月 13 日; 修改稿时间: 1997 年 10 月 26 日。
资助课题: 攀登项目“气候动力学和气候预测理论研究”资助。
现在气象出版社工作。
现在中国气象科学研究院工作。

$$S = (S_1(t), S_2(t), \dots, S_{N_S}(t))^T, \quad Z = (Z_1(t), Z_2(t), \dots, Z_{N_Z}(t))^T \quad (1)$$

规定 $N_S > N_Z$, 且 S, Z 均为中心化场, 则 $C_{SZ} = SZ^T$ 即为 S 和 Z 的 $N_S \times N_Z$ 的交叉协方差阵。将 S 和 Z 场每一格点的时间序列表示为 N 个空间正交矢量的线性组合, 即

$$S(t) = \sum_{k=1}^N a_k(t) p_k, \quad Z(t) = \sum_{k=1}^N b_k(t) q_k \quad (2)$$

其中 $a_k(t)$ ($b_k(t)$) 称为左 (右) 展开式系数, p_k, q_k 称为一对空间型, 且

$$a_k(t) = p_k^T S(t), \quad b_k(t) = q_k^T Z(t) \quad (3)$$

一对空间型 p_k, q_k 及其相应的展开式系数 $a_k(t), b_k(t)$ 定义了一个模态。SVD 分解的目的, 是为了选取 N 对空间型 ($N < T$), 这些型能够尽可能多的解释两个场的交叉协方差, 换句话说, C_{SZ} 的方差大部分集中在选出的这 N 个模态里。第一型 (p_k, q_k) 的选取遵循如下原则: 即使 $a_1(t), b_1(t)$ 有最大协方差, 则

$$a_1(t), b_1(t) = p_1^T S(t) \quad (q_1^T Z(t))^T = p_1^T S(t) Z(t)^T q_1 = p_1^T C_{SZ} q_1 \quad (4)$$

而 C_{SZ} 可唯一分解为

$$C_{SZ} = \sum_{k=1}^R l_k r_k^T \quad R = \min(N_S, N_Z) \quad (5)$$

其中 $l_1, l_2 \dots l_R$ 是 R 个长度为 N_S 的标准正交矢量, 即左奇异矢量, $r_1, r_2 \dots r_R$ 是 R 个长度为 N_Z 的标准正交矢量, 即右奇异矢量, 而非负数 l_k 称为奇异值, 且有 $l_1 \geq l_2 \geq \dots \geq l_R$, R 是矩阵的秩。则将 p_1, q_1 分别在左奇异矢量和右奇异矢量上展开

$$p_1 = \sum_{m=1}^{N_S} l_m l_m^T, \quad q_1 = \sum_{n=1}^{N_Z} r_n r_n^T \quad (6)$$

且注意到 $p_1^T p_1 = 1$, 可推得 $l_1^T l_1 = 1$, 则

$$a_1(t), b_1(t) = \sum_{m=1}^{N_S} \sum_{n=1}^{N_Z} l_m^T l_p r_p^T r_n^T = \sum_{p=1}^R l_p p^T l_p r_p^T r_p = \sum_{p=1}^R l_p r_p^T r_p = l_1 \quad (7)$$

上式仅当 $l_1 = r_1 = 1$ 且其他系数 $l_p, r_p = 0$ 时等式成立, 即当 $p_1 = l_1, q_1 = r_1$ 时等式成立, 因此, a_1, b_1 的最大协方差等于最大奇异值 l_1 。同理, 第二型 第 N 型遵循同样原则, 因此有

$$p_k = l_k, \quad q_k = r_k \quad (8)$$

至此, 已将左场 S 和右场 Z 分别在左奇异矢量和右奇异矢量上展开, 且第一模态 (l_1, r_1) 解释了两场协方差的最大部分 l_1 , 第二模态 (l_2, r_2) 解释了两场协方差的次大部分 l_2 第 k 个模态对协方差的贡献可用百分率 SCF $_k$ 表示为

$$SCF_k = \frac{a_k, b_k^2}{C_{SZ} F^2} = \frac{2}{R \sum_{i=1}^2} \tag{9}$$

此外,定义各模态左右场展开式系数间的时间相关系数为模态相关系数,各模态左(右)场展开式系数与右(左)场序列之间的时间相关系数为异类相关(Heterogeneous correlation),它们分别反映了每一模态左右场的遥相关程度和相互作用的关键区。

本文在 SVD 技术的基础上,发展了一种用以分析一矢量气象场(如风场,包括 u, v 两个分量)和另一标量气象场相互关系的 CSVD 技术。其方法为,将 u 场和 v 场联合起来作为左场,即

$$S(t) = (u_1(t), \dots, u_{N_s}(t), v_1(t), \dots, v_{N_s}(t))^T$$

再与右场作 SVD 分析,得出左异类相关

$$r S(t), b_k(t) = r \left[\begin{pmatrix} u(t) \\ v(t) \end{pmatrix}, b_k(t) \right] = \begin{pmatrix} r u(t), b_k(t) \\ r v(t), b_k(t) \end{pmatrix}$$

将左异类相关场看成是一个具有 $r u(t), b_k(t)$ 与 $r v(t), b_k(t)$ 两个分量的相关矢量场,绘出该模态左异类相关矢量图。这种异类相关矢量图能够表示出第 k 个右场的展开式系数所反映的左矢量场变化的地理分布,而相关矢量的模则反映出该变化程度的大小。

但是,在运用 CSVD 时,左矢量场气象资料一定要经过标准化运算。这是因为,左矢量场的两个分量 u, v 分别与右标量场作交叉协方差,两者的量级不一致,如果 u, v 皆只用中心化资料场,那么 u, v 场与右场的协方差必定有一个较大(假设 u 场与右场的协方差较大),较大的占去了左场与右场总协方差的至少一半以上,则经 SVD 运算而得的前几个模态集中反映的总协方差很可能只是较大的 u 场的信息,而 v 场的信息因其与右场的协方差小而在前几个模态中得不到反映。因此,必须先将 u, v 场标准化,使得 u, v 场的信息在前几个模态中皆能够得到反映。

在运用 SVD 分析时,发现 $a_k(t), b_k(t)$ 之间的模态相关系数随着场的空间自由度的增加而增大,场的空间自由度越高,就越容易构造出在时间上高相关的线性组合。因此,由 SVD 得出的很高的模态相关系数并不能保证统计显著性。目前还没有可供 SVD 使用的正式的显著性检验方法,本文用一种简单的方法来进行 SVD 结果的显著性检验。众所周知,相关系数的显著性检验可用 t 检验。在样本容量固定为 T 的情况下,相关系数遵循自由度为 $T - 2$ 的 t 分布。我们可以事先计算出统一的判别标准(相关系数 r_c ,即临界相关系数),若计算出的相关系数 $r > r_c$,则通过显著性检验。仿此,对于 SVD 结果中的左(右)异类(同类)相关场的每一个相关系数 $r S_i(t), b_k(t)$ ($i = 1, 2 \dots N_s$) 而言,其样本容量为 T 是固定不变的,在指定的显著水平下,我们计算出临界相关系数 r ,若 $r S_i(t), b_k(t) > r$,则认为该点通过显著性检验。这些通过显著性检验的点构成显著相关区,在该显著相关区的空间分布是有统计意义的。对于 CSVD 的结果,由上一节可知其左异类相关场是矢量场,该场每一格点的相关矢量为 $r_i = r u_i(t), b_k(t) \mathbf{i} + r v_i(t), b_k(t) \mathbf{j}$, ($i = 1, 2 \dots N_s$),取相关矢量的模为 $r_i = \sqrt{(r u_i(t), b_k(t))^2 + (r v_i(t), b_k(t))^2}^{1/2}$,若某一格点

上的相关矢量模 $r_i > r$,则认为该相关矢量通过显著性检验,同样可得显著相关区,这些区内的空间分布具有统计显著性。

3 资料

本文所用资料有: (1)ECMWF300 hPa 和 850 hPa 的 u 和 v 的风场格点月平均资料 (1980 年 1 月至 1995 年 5 月); (2) 1962 年 1 月至 1991 年 12 月的海表温度的月距平资料; (3) 1962 年 1 月至 1989 年 12 月中国境内的降水格点月距平资料。

4 ENSO 对亚洲夏季风环流年际变化的影响

我们取热带中东太平洋区域(10 S ~ 10 N, 180 E ~ 90 W) 的海温距平场作为 CSVD 分析的右场, 取扩大的亚洲季风区(30 S ~ 70 N, 30 E ~ 90 W) 的 u, v 风场的标准化距平场作为 CSVD 的左场, 风场的时间序列取 1980 ~ 1991 年每年 7 月份的标准化距平, 海温场的时间序列同样取 1980 ~ 1991 年的每年 7 月份、4 月份、1 月份的标准化距平, 分别与 300 hPa 和 850 hPa 的风场 7 月份标准化距平作 CSVD 分析, 得到两个场同时的 CSVD 分析(图 1)、海温超前风场 3 个月的 CSVD 分析(图 2)以及海温超前风场 6 个月的 CSVD 分析(图 3)。图中阴影区表示达到 95% 信度的显著相关区。

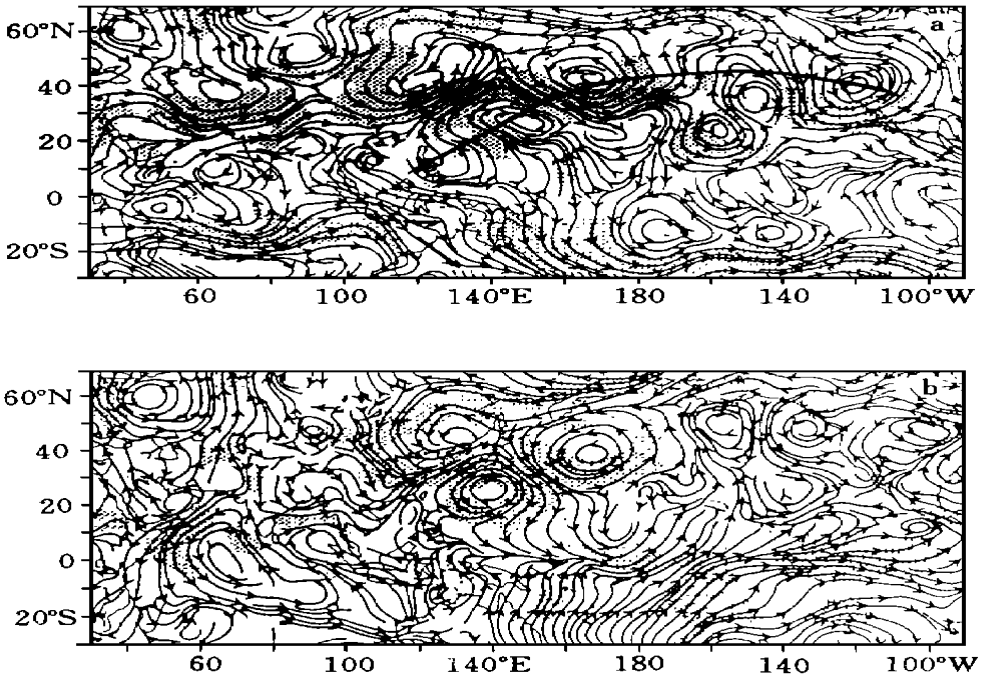


图 1 同时 CSVD 分析的第一模态的左奇异相关
(a. 300 hPa; b. 850 hPa)

此外,我们还作了夏季亚洲季风区(30 S ~ 50 N, 30 E ~ 180 °) 300 hPa 和 850 hPa 风场分别在 El Niño 年和 La Niña 年的标准化距平的平均(图 4), 其中 El Niño 年取 1982,

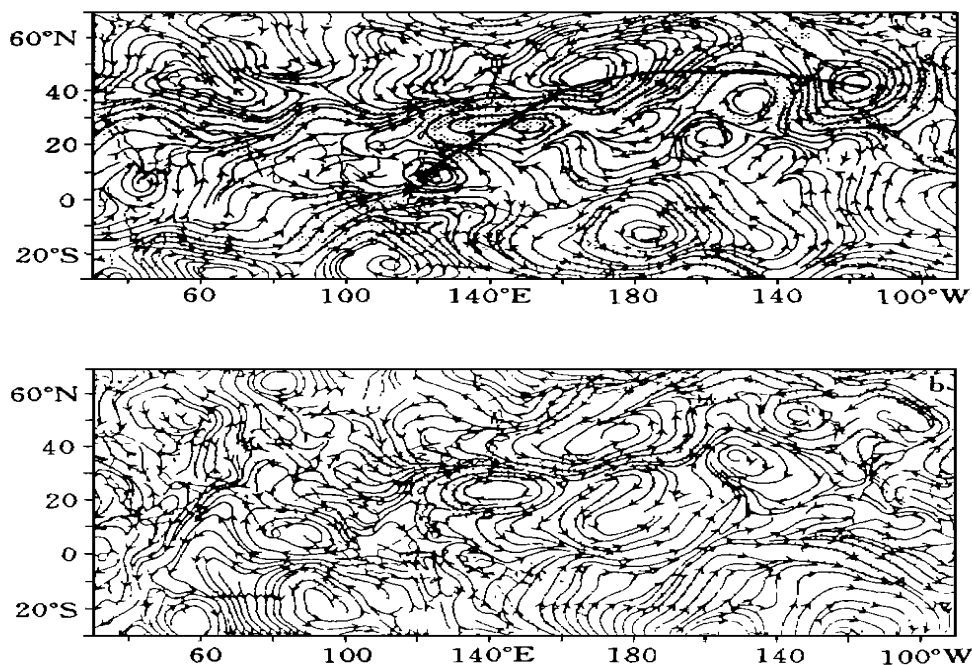


图 2 海温超前风场 3 个月的 CSVD 分析第一模态的左奇异相关
(a. 300 hPa; b. 850 hPa)

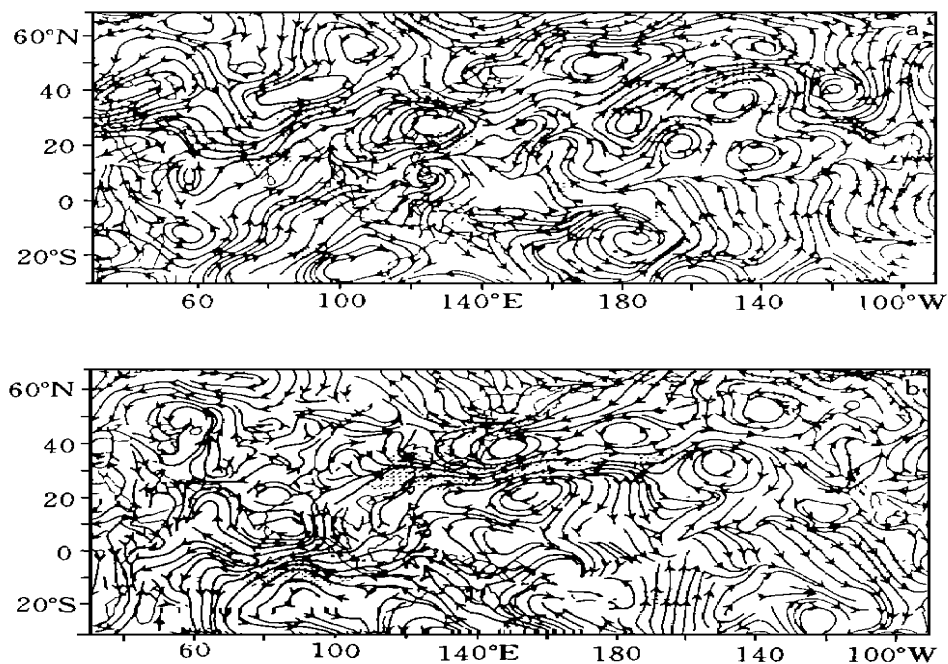


图 3 海温超前风场 6 个月的 CSVD 分析第一模态的左奇异相关
(a. 300 hPa; b. 850 hPa)

1983, 1987, 1991, 1992 年共 5 个样本的平均, La Niña 年取 1985 和 1988 年共 2 个样本的平均, 这种距平平均图能够反映出亚洲夏季风环流在 El Niño 年和 La Niña 年变化的一般特征。我们首先来看 El Niño 年夏季风环流距平平均(图 4a, b): 在低层 850 hPa 上(图 4b), 索马里附近是一反时针距平环流, 其西部的北风距平表明索马里低空越赤道急流在 El Niño 年减弱; 孟加拉湾附近是一反气旋性距平环流, 该环流西侧有一支东南风距平气流流向印度半岛。在 300 hPa 上(图 4a), 印度西北地区上空有一个气旋性距平环流, 使得南亚高压在印度的部分减弱, 从而减弱了印度地区的高层辐散。高低空的这种距平环流配置表明, 在 El Niño 期, 印度夏季风是减弱的。但是对于东亚夏季风而言, 情况则相反: 850 hPa 上(图 4b), 110 E 附近有一南风距平越赤道伸向中国东南沿海, 表明东支越赤道气流在加强; 西太平洋副高也在加强, 表现为图中西太平洋上的反气旋性距平环流, 这一距平环流西部的西南风距平与东亚北部的偏北风距平交汇在江淮流域, 使得该地区成为冷暖空气汇合的地方。在 300 hPa 上(图 4a), 青藏高原以东地区有一反气旋性的距平环流, 从而使得南亚高压在东亚的部分得到加强。这些特征表明在 El Niño 期东亚夏季风增强, 而印度夏季风减弱。

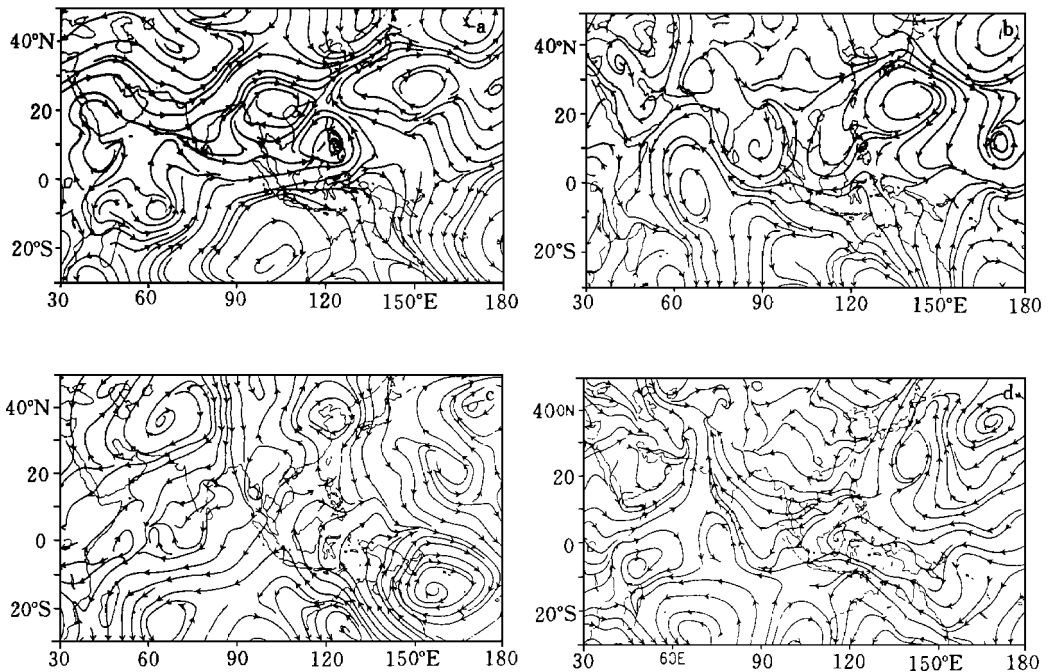


图 4 El Niño 年(a, b)、La Niña 年(c, d)夏季风环流距平平均

(a. 300 hPa; b. 850 hPa; c. 300 hPa; d. 850 hPa)

再来看 La Niña 年的夏季风环流距平平均(图 4c, d)。850 hPa 上(图 4d)江淮流域的距平环流是辐散的, 西太平洋副高减弱, 东亚沿海地区受偏北风距平气流控制, 120 E 附近有越赤道北风距平, 表明东支越赤道距平减弱; 而索马里低空越赤道急流加强, 这些形势与 El Niño 年正好相反。因此, 由以上夏季风的环流距平平均图可知, 在 El Niño 期间,

印度夏季风减弱, 东亚夏季风加强; 而在 La Niña 期间, 印度夏季风增强, 而东亚夏季风减弱。

CSVD 分析的结果如图 1~3 所示: 在 300 hPa 的 CSVD 左异类相关矢量的第一模态图上, 无论是同时 CSVD(图 1a), 还是海温超前 3 个月(图 2a) 或 6 个月的 CSVD(图 3a), 都有一个自西向东的波列存在, 其中尤以海温超前风场 3 个月的 CSVD 图上(图 2a) 最为明显。这支波列从赤道西太平洋附近的菲律宾群岛开始, 向东北方向经副热带西太平洋、北太平洋, 折向东南, 经北美北部外海域, 至北美中部上空, 其上的 4 个环流中心分别位于日本以东、北太平洋、北美北部外海域、北美中部, 其符号分别为正(反气旋距平环流)、负(气旋性距平环流)、正、负。它与 Nitta 波列亦即黄荣辉所得出的夏季北半球大气环流的 JP 型完全一致^[3], 且这支波列是统计显著的。

在 850 hPa 图上, 同时和海温超前风场 3 个月的 CSVD 分析的相关矢量型的分布(图 1b 与图 2b) 与图 4b 相似。结合 850 hPa 上 CSVD 第一模态的时间序列(图 5) 可以看出, 风场的时间序列皆呈现出明显的 ENSO 信号, 即在 El Niño 年(1982, 1983 年以及 1986, 1987 年) 是峰值, 而在 La Niña 年(1984, 1985 年以及 1988, 1989 年) 是谷值, 并且它与海温场第一模态的模式相关系数高达 0.9 以上。300 hPa 上 CSVD 第一模态的时间序列亦是如此(图略)。我们将 850 hPa 上 CSVD 左异类相关的第一模态图(图 2b) 与 850 hPa 上 CSVD 第一模态的时间序列图(图 5) 结合来看, 在 El Niño 年, 时间序列为正值, 则相应图中索马里低空越赤道急流是减弱的, 而东支 120°E 附近的越赤道气流是加强的, 中国南部地区受西南风距平气流的控制, 西太平洋副热带高压加强, 南北支距平气流在长江中下游地区辐合, 印度夏季风减弱, 东亚夏季风增强。而在 La Niña 年, 时间序列是负值, 则相关图(图 2b) 中索马里低空越赤道急流加强, 而东支 120°E 附近的越赤道气流减弱, 中国长江中下游地区距平气流辐散, 印度夏季风加强, 而东亚夏季风减弱。

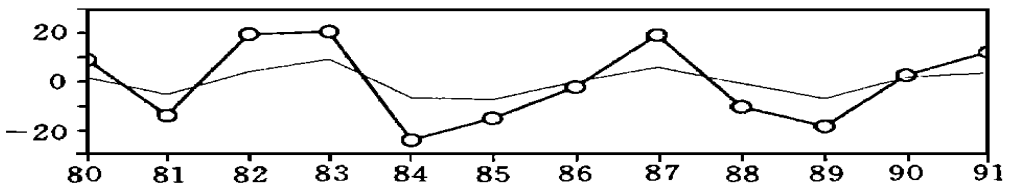


图 5 海温场与 850 hPa 风场 CSVD 分析第一模态的时间序列
(图中实线是风场距平的时间序列曲线, 虚线是海温距平的时间序列曲线)

由上分析, 距平平均图和 CSVD 分析第一模态异类相关图如此相似, 说明了: (1) CSVD 分析的第一模态确实能够抓住 ENSO 对亚洲夏季风年际变化影响的主要特征, 能够反映出两者最主要的耦合信号; (2) 作为一种新的统计诊断方法, CSVD 是值得信赖的。

但是, El Niño 年和 La Niña 年的环流距平平均(如图 4b 和图 4d) 并非呈现出简单的一一对应的反符号关系, 这也正说明了亚洲夏季风环流系统变化的复杂性, 它不仅与 ENSO 过程有关, 还与青藏高原、陆面过程、气溶胶、南北极的极冰变化等有一定的联系。表 1 是本次 CSVD 分析的第一模态的各参数的值, 可见其第一模态的方差贡献为 30% ~ 40%, 表明亚洲夏季风环流系统的变化在 30% ~ 40% 的程度上与 ENSO 有关; 图 1b 和图

2b 的显著相关区(图中阴影区)皆在索马里、中国长江中下游等地区,说明这些地区受 ENSO 影响的程度较深。

表 1 海温场与夏季风场 CSVD 分析第一模态的协方差贡献和模态相关系数

	300 hPa			850 hPa		
	瞬时	超前 3 个月	超前 6 个月	瞬时	超前 3 个月	超前 6 个月
SCF ₁	43.76	33.24	42.82	42.17	31.24	40.39
R ₁	0.96	0.93	0.92	0.97	0.95	0.95

5 ENSO 对中国夏季降水年际变化的影响

影响降水的因子很多,如地形、大尺度的海气相互作用乃至中尺度的对流云团,甚至一些小系统也会对降水有一定的影响。原始的降水资料中包含了所有这些因子的作用,因此简单的相关分析不可能得出好的结果,我们必须从原始资料中提取出只与 ENSO 有关的信息,从而了解 ENSO 对中国夏季降水的真正影响。为此,我们取赤道中东太平洋(10°S ~ 10°N, 180° ~ 90°W)区域的海温作为 SVD 分析的右场,其时间序列取为 1962 ~ 1988 年每年 4 月份的标准化距平。而将降水场进行如下处理:在中国境内取 381 个格点,在每一格点上将 1962 ~ 1989 年每年 6, 7, 8 月份的降水量加起来,得出每一格点上 27 a 的夏季降水量,将这样得出的降水场作 EOF 分析,然后取 EOF 前 4 个模态(累积方差约为 50%)重建降水场,用海温场分别与原始降水场和 EOF 重建降水场作 SVD 分析,两者 SVD 的第一模态的方差贡献和模态相关系数如表 2。

表 2 海温与降水场 SVD 第一模态的方差贡献和模态相关系数

SVD	原始场	重建场
SCF ₁	38.66	52.68
R ₁	0.80	0.73

图 6a 是原始降水场与中东太平洋海温所作 SVD 分析第一模态的左异类相关图,图中阴影区为统计显著区。可以看出,春季赤道中东太平洋海温对中国夏季降水的显著影响区域主要在长江中下游地区,最小负相关中心值可达 -0.5 以下,黄河下游以及华北及东北小片地区则与中东太平洋春季海温呈显著正相关,最大正相关系数在 0.4 以上;并且原始降水场和海温场的模态相关系数高达 0.8。图 6b 是 EOF 前 4 模重建降水场与中东太平洋海温 SVD 分析第一模态的左异类相关图,与原始场 SVD 分析的第一模态相比,其显著区的分布特征与原始场完全类似且更为明显:江淮流域大片地区是显著正相关区,东北及华南等地区皆是显著负相关区,且最大正相关系数高达 0.6 以上,其第一模态的累积协方差贡献约为 53%。因此,赤道中东太平洋海温对中国夏季降水是有影响的,其影响区域主要在中国江淮流域以及华南、东北等地区。

由 SVD 的时间序列图(图 7)可见,对于第一模态,两者时间序列的值大小相同,正负相反;与左异类相关图结合起来,则可看出赤道中东太平洋海温对中国江淮流域降水的影响是正相关的,而对华南、东北地区的影响是负相关的。从时间序列图上还可看出,第一模态的海温场和降水场的时间序列都呈现准 3 a 周期振荡的特征。

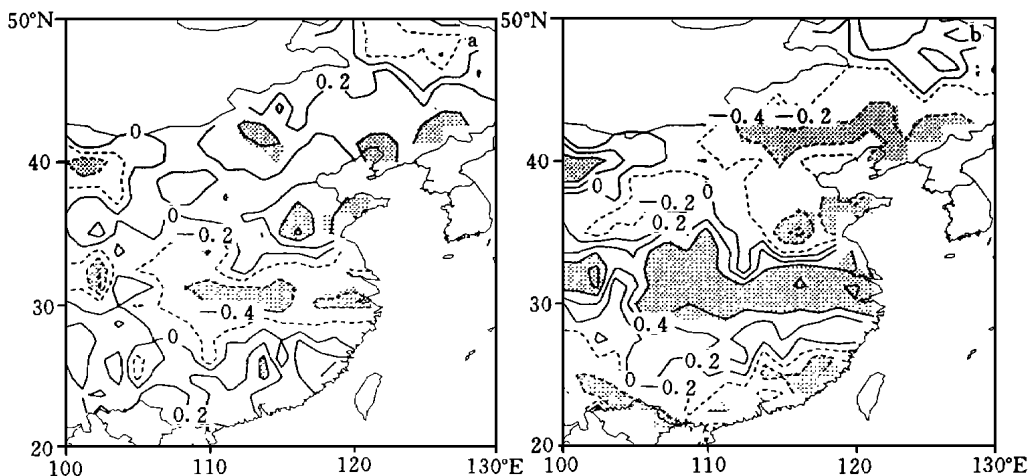


图 6 ENSO 与夏季降水场 SVD 分析的第一模态的左奇异相关

(a. 原始降水场; b. EOF 重建降水场)

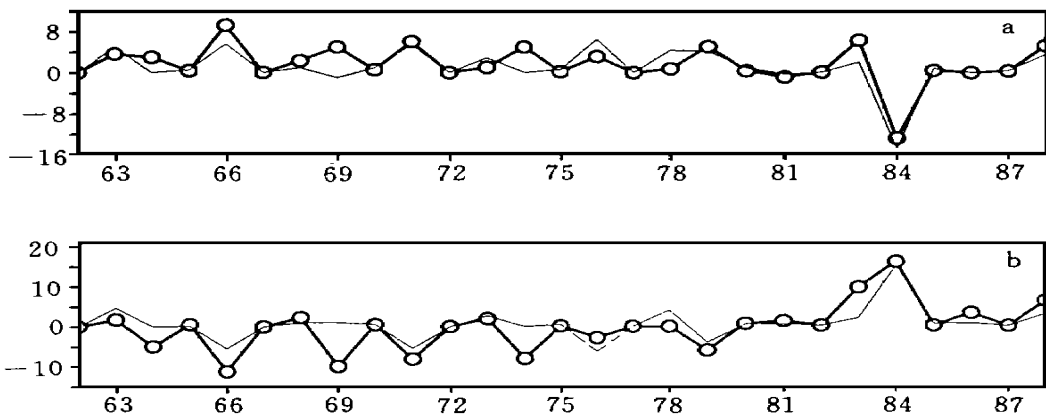


图 7 ENSO 与夏季降水场 SVD 分析的第一模态的时间系数曲线

(a. 原始降水场第一模态的时间序列; b. EOF 重建降水场)

但是,实际降水场不仅存在着准 3 a 周期的振荡,还存在其它如准 2 a 周期的振荡,单纯就准 3 a 振荡尺度而言,中东太平洋海温和降水场相关很好,但是当各个振荡合成之后,实际值与海温相关则较小。因此,中东太平洋海温只能影响夏季降水总方差的一小部分(约为 $50\% \times 53\% = 25\%$),要找出夏季降水年际变化的规律,还必须同时考虑其它因子诸如陆面过程、地形等的作用。

6 结论与讨论

本文发展了一种用以分析一个矢量场和一个标量场相互关系的 CSVD 统计诊断方法,并运用 CSVD 方法分析了 ENSO 对亚洲夏季风环流和中国夏季降水年际变化的影响,结果表明:

(1) El Niño 年印度夏季风减弱, 东亚夏季风加强, 而 La Niña 年相反, 印度夏季风加强, 东亚夏季风减弱。相关矢量图分析和统计显著检验表明热带中东太平洋 SSTA 对亚洲夏季风环流影响显著区主要在长江流域南北气流交汇区和索马里急流区, 这充分反映了热带中东太平洋 SSTA 通过赤道纬向垂直环流对索马里急流的影响以及通过 Hadley 环流对副热带高压的影响。

(2) ENSO 对中国夏季降水年际变化影响的最显著区域为江淮流域, 其对中国夏季降水的方差贡献约为 25%。

(3) CSV D 能够提取出两个气象场的主要耦合信号, 是一种值得信赖的统计诊断方法。

本文存在的不足之处有: (1) 所用资料的时间长度仅为 12 a(1980~1991 年), 这 12 a 当中只包括了 3 次 El Niño 过程和 2 次 La Niña 过程, ENSO 事件的样本较少, 这对于观测诊断分析而言是一个较大的缺憾; (2) 在研究中东太平洋海温对亚洲夏季风环流和中国夏季降水年际变化的影响时, 并未给出一个定量的比较指标, 目前对亚洲夏季风强弱和中国旱涝程度尚未有一个公认的指标, 这给本研究带来一定程度上的不确定性; (3) 尽管 SVD 和 CSV D 能够提取出 2 个气象场的主要耦合信号, 但它们在对信号的物理解释上却不尽如人意。

亚洲夏季风系统年际变化的原因十分复杂, 尤其在东亚, 其夏季风系统既包含了热带又包含了副热带和温带系统, 要真正了解东亚夏季风系统的年际变化, 弄清与之相联系的中国季风降水的年际变化的特点, 从而准确的预报出中国汛期的旱涝状况, 就必须综合考虑上述热带、副热带以及温带系统的共同作用。本文仅仅研究了热带太平洋海表温度变化对亚洲夏季风系统和中国夏季降水的年际变化的影响, 而其它诸如青藏高原大地形、陆面过程、气溶胶以及冰雪覆盖、南北极的极冰变化等对亚洲季风系统和中国季风降水的作用还有待于进一步的研究。

参考文献

- 1 叶笃正, 曾庆存, 郭裕福. 当代气候研究. 北京: 气象出版社, 1991. 353pp
- 2 陈隆勋, 朱乾根. 东亚季风. 北京: 气象出版社, 1991. 230
- 3 黄荣辉. 引起我国夏季旱涝的东亚大气环流异常遥相关及其物理机制的研究. 大气科学, 1990, 14(1): 108~117
- 4 江志红, 丁裕国. 我国夏半年降水距平与北太平洋海温异常的奇异值分解法分析. 热带气象学报, 1995, 11(1): 133~141
- 5 李麦村, 吴仪芳, 黄嘉佑. 中国东部季风降水与赤道东太平洋海温的关系. 大气科学, 1987, 11(3): 365~371
- 6 莫如平. 中国降水、气温的年际振荡及其与厄尔尼诺的联系. 海洋学报, 1989, 11(1): 143~149
- 7 Wallace J M, Smith C and Bretherten C S. Singular value decomposition of wintertime sea-surface temperature and 500 hPa height anomalies. J Climate, 1992, 5(6): 561~576
- 8 Bretherton C S, Smith C and Wallace J M. An intercomparison of methods for finding coupled patterns in climate data. J Climate, 1992, 5(6): 541~560
- 9 Iwasaka N and Wallace J M. Large scale air sea interaction in the Northern Hemisphere from a view point of variations of surface heat flux by SVD analysis. J Meteor Soc Japan, 1995, 73: 781~794
- 10 Newman M and Sardeshmukh P D. A caveat concerning singular value decomposition. J Climate, 1995, 8(2): 352~360

DIAGNOSTIC RESEARCH OF THE EFFECTS OF ENSO ON THE ASIAN SUMMER MONSOON CIRCULATION AND THE SUMMER PRECIPITATION IN CHINA

Liu Ying Ni Yunqi

(*Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University, 210093*)

Abstract

Based on SVD(singular value decomposition), CSVD(combined SVD) used to examine the correlation of a vector field and a scalar field is developed in this paper. With CSVD, the effects of ENSO on the Asian summer monsoon circulation and the summer precipitation in China are examined. The results show that, in an El Nino year, the Indian summer monsoon is subsided, the eastern Asian summer monsoon is strengthened. On the contrary, in a La Nina year, the Indian summer monsoon is enhanced while the eastern Asian summer monsoon is abated. The areas most influenced by the tropical middle-east Pacific SST A mainly lies on the Yangtze river valley—the converging area of the north and the south air stream and the Somalia jet area. And the most significantly affected area of ENSO to the summer precipitation in China is the Yangtze and the Huaihe river valley.

Key words: CSVD, Statistic test, Asian summer monsoon circulation, Summer precipitation in China.