

文章编号:1006-7639(2004)-03-0011-06

江南地区汛期降水与热带海温关系的 SVD 分析

王谦谦¹, 陈绍东^{1,2}

(1. 南京气象学院气候与环境江苏省重点实验室(KLME), 江苏 南京 210044; 2. 广东省气象局, 广东 广州 510080)

摘 要:江南汛期降水异常的分析指出, 6 月是江南最易发生降水异常的一个月。从空间分布看, 降水异常最易发生在江南的中部地区。用 SVD 方法分析发现, 与江南汛期降水异常相关的海温异常分布型是“翘翘板”型, 关键区恰好位于相关最显著的部位, 前一年 5~7 月为海温的关键影响时段, 且与汛期中 4~5 月的降水有最好的负相关关系。在该海温异常型影响下, 次年中国东部 4~6 月的降水异常表现为长江南北的反位相变化特征, 而江南地区位于该雨型相关显著的部位, 江南中部为其影响最显著的区域。

关键词:江南汛期降水异常; 海温异常; SVD 分析
中图分类号:P461 **文献标识码:**A

引 言

江南地区主要包括湖南南部、江西南部、福建大部、浙江南部, 经济发达, 人口稠密, 春夏季都是洪涝的多发区。该地区气候异常会威胁到千百万人的生命财产, 并对工农业生产和国民经济建设带来巨大的危害^[1-2]。

陈绍东等^[3]通过江南汛期降水与前期全球范围的 SST 相关分析发现, 影响江南汛期降水的海温关键区位于 9°~1°S, 121°~129°E(简称 Key 区), 关键影响时段为汛期降水的前一年 5~7 月。由此所得出的冷暖水年与次年江南汛期多少雨年有较好的负相关关系。但是, 该工作中将江南汛期降水在空间和时间上均作为一个点予以研究。

众所周知, SVD(Singular Value Decomposition)即奇异值分解^[4], 是研究 2 个变量场相关结构的诊断技术。由于奇异值分解是以 2 个场的最大协方差为基础的展开, 它在研究 2 个变量场序列之间的关系时是一个有力的工具。而且由于计算简便, 近来已被广泛应用于气候诊断研究中, 得到了一些有益的研究结果^[5-6]。本文将采用 SVD 方法研究海温(左场或右场)对江南降水场异常(右场或左场)的影响。文中主要分析 SVD 所得的异性相关系数, 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。多数研究者都用异性相关系数来分析左场和右场的相关型, 本文也讨论异性相关系数的时间或空间分布特征。从结果的分析可以找到影响江南汛期降水的关键海温分布型, 以及与文中发现的 Key 区有什么关系, 同时也可以验证关键影响时段的统计意义。

本文选用资料为:

1. 国家气候中心整编的 1951 年 1 月~1999 年 12 月中国 160 站逐月降水量。
2. 英国气象局整编的 1950 年 1 月~1999 年 12 月全球逐月海温格点资料, 网格距 2°×2°。

1 江南降水异常的空间分布及季节变化特征

由于江南地区雨季集中, 雨季(3~6 月)降水占全年降水的 54.8%, 又考虑到江南地区降水异常的季节变化特征, 定义 4~6 月为汛期, 江南共有 14 个代表站^[3]。

作为气候异常的研究, 人们更加关心的是月降水异常的季节分配, 为此定义距平为各月降水与该月 49 a 平均降水的差。对 49 a 共 588 个月降水异

收稿日期:2004-08-14; 改回日期:2004-08-16

基金项目:国家自然科学基金重点项目(40233037)和面上项目(40175021)资助。

作者简介:王谦谦(1942-), 女, 上海人, 教授, 主要从事气候诊断和模拟研究。

常频次进行了挑选:降水距平 ≥ 50 mm 为正异常一次,降水异常 < -50 mm 为负异常一次,并对各站的频数进行累加。

为了认识月降水异常的季节分布特征,统计 49 a 来各月出现正负异常的频次(表 1),看出江南地区

表 1 49 a 以来江南各月出现降水正、负异常的频次

Tab. 1 The frequencies of positive and negative anomalies of monthly precipitation in Jiangnan in 49 years

月份	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
频次(正)	67	126	186	192	226	255	217	191	138	129	89	11
频次(负)	83	119	154	161	179	188	161	149	125	116	107	79
总次数	150	245	340	353	405	443	378	340	263	245	196	90

降水异常的季节变化特征。6月是江南最易发生降

水异常的 1 个月。4~6 月发生降水偏多的正异常次数明显多于降水偏少的负异常次数。

江南汛期降水正、负异常的空间分布特征(图 1),由图 1a 可见出现降水正异常次数最多的站点是屯溪站,达 151 次,最低的是衡阳站,达 106 次。频次中心出现在贵溪、屯溪一带,向四周递减。江南区域中部出现降水正异常的频次要比东、西部高,即中部地区易出现降水偏多现象。由图 1b 可见降水负异常次数最多出现在贵溪、广昌一带,中心值为 129 次(贵溪站),频次最低的站还是衡阳站。与降水偏多频次图相比,中心略有南移,还是江南中部地区容易发生降水偏少现象。由图 1 可见江南地区更易发

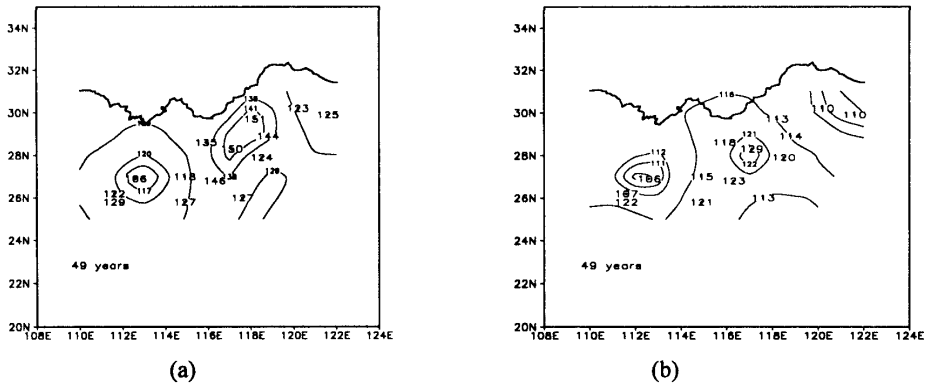


图 1 江南汛期各站出现降水正(图 a)、负(图 b)异常的频次图

Fig. 1 The frequency maps of positive (a) and negative (b) anomalies of monthly precipitation occurred in various stations in rainy season in Jiangnan

生降水偏多现象,降水异常最易发生在中部地区。

2 江南降水异常与 Key 海区海温异常关系的 SVD 分析

文献[3]在寻求影响江南汛期降水的关键海区和关键影响时段时,在空间上把江南作为一个点来考虑,得到海温与江南汛期降水的相关系数分布图,发现影响江南汛期降水的关键海区在东帝汶北部的班达海区($9^{\circ}\sim 1^{\circ}\text{S}$, $121^{\circ}\sim 129^{\circ}\text{E}$, 简称 Key 区),关键影响时段为前一年 5~7 月(图 2)。但该海温关键区处于一个什么样的海温背景场中? 本文试图利用 SVD 方法找到影响江南汛期降水的海温分布型,同时可进一步证明关键影响时段在统计上也是有意义的。

2.1 江南地区各月降水量与 Key 海区海温时滞关

系分析

文献[3]在寻求影响江南汛期降水的关键海区和关键影响时段时,在时间上把汛期也是作为一个点来处理的。本节首先用 SVD 方法分析江南地区降水异常的月际分布与 Key 区海温异常的月际分布之间的时滞关系。也就是将降水场和海温场在时间上进行展开,以江南汛期当年逐月(共 12 个月)降水异常时间序列为右气象场,选取 Key 区对应汛期超前 1 a 到滞后 1 a 的(共 36 个月)逐月 SSTA 序列为左气象场,进行 SVD 分析,试图寻求它们相关最好的时段,从而与相关分析法所得的结果进行比较。

SVD 所得的异性相关系数表明,前 2 个模态的平方协方差贡献百分率分别为 42.9%、29.8%,说明前 2 个 SVD 模态反映了两序列的主要相关信息,相应模态的相关系数为 0.73、0.62。

第一模态的异性相关系数结构如图 3,从图 3a

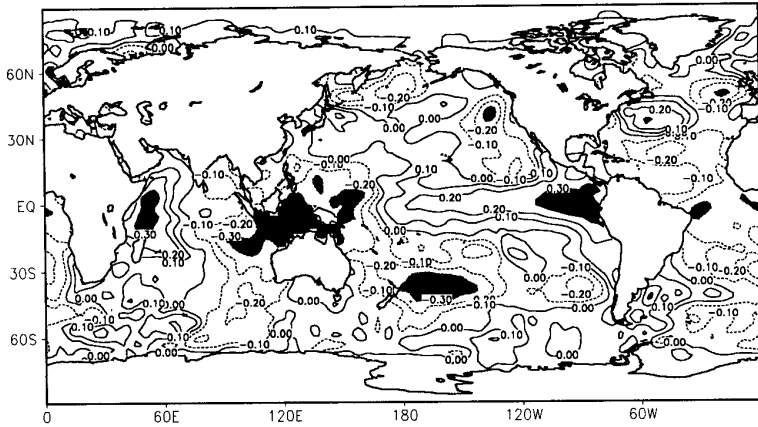
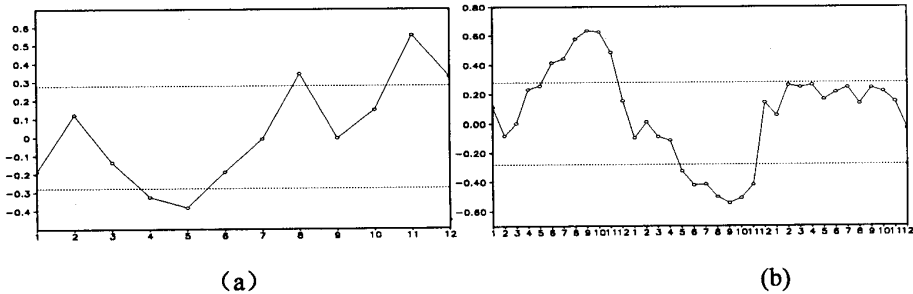


图2 江南地区汛期降水与全球海区前一年5~7月平均 SST 相关系数图,阴影区为通过信度 0.05 的区域

Fig.2 The correlation coefficients between Jiangnan rainy season precipitation and monthly mean sea surface temperature (SST) in preceding May to July over the global oceans, the areas with the confidence level above 0.05 are shaded



(a)

(b)

图3 江南(a)汛期当年12个月份异常与Key海区(b)前后36个月SSTA SVD第一模态的异性相关系数(虚线值为0.28) (横坐标:(a)降水月份、(b)海温月份;纵坐标:相关系数)

Fig.3 The hetero-correlation coefficients of the SVD first modes, (a) for precipitation anomalies in 12 months in the years containing Jiangnan rainy season, and (b) for SSTA in the Key ocean region in successive 36 months from the previous to the following years, with the dashed lines showing ± 0.28

可见,海温场第一模态展开时间序列与江南区域的4、5月份降水以及8、11、12月降水都有好的相关关系(通过0.05的信度检验),6月也有较好的相关关系(通过0.2的信度检验)。由图3b可以看到,降水场第一模态展开的时间序列与前一年6~11月和当年的5~11月Key区海温有好的相关关系(通过0.01的信度检验),综合考虑两图符号以及可预报性,文献[3]所定海温影响的关键时段5~7月也基本落在能通过0.01信度检验的时段中,由此可见,5~7月Key海区海温与次年江南4~6月份降水有很好的负相关关系(虽然6月降水与Key区海温相关要稍差一些),且与8、11、12月份的降水也有很好的正相关关系。

2.2 与江南汛期降水相关的热带海洋 SSTA 分布型

为了进一步了解影响江南汛期降水的热带海洋海温分布型,用SVD方法分析两者之间的关系,分别以江南汛期(4~6月)14站49a(1951~1999年)降水距平为左场,以21°S~25°N,105°E~75°W范围内(1888个格点)前一年(1950~1998年)5~7月海温距平为右场,做SVD分析。SVD分析所得的前2个模态的解释协方差平方和分别为67.82%、20.06%,相应的模态相关系数分别为0.61、0.53。前两个模态左右场的异性相关系数分布及时间系数如图4。图中数值绝对值>0.28的区域为通过0.05的信度统计检验,>0.36区域为通过0.01的信度统计检验,是相关显著的区域。

左场第一模态异性相关系数(图4a)表明,江南汛期降水异常具有同位相分布特征,相关显著的区域位于江南中部贵溪、浦城一带。从对应的右场异

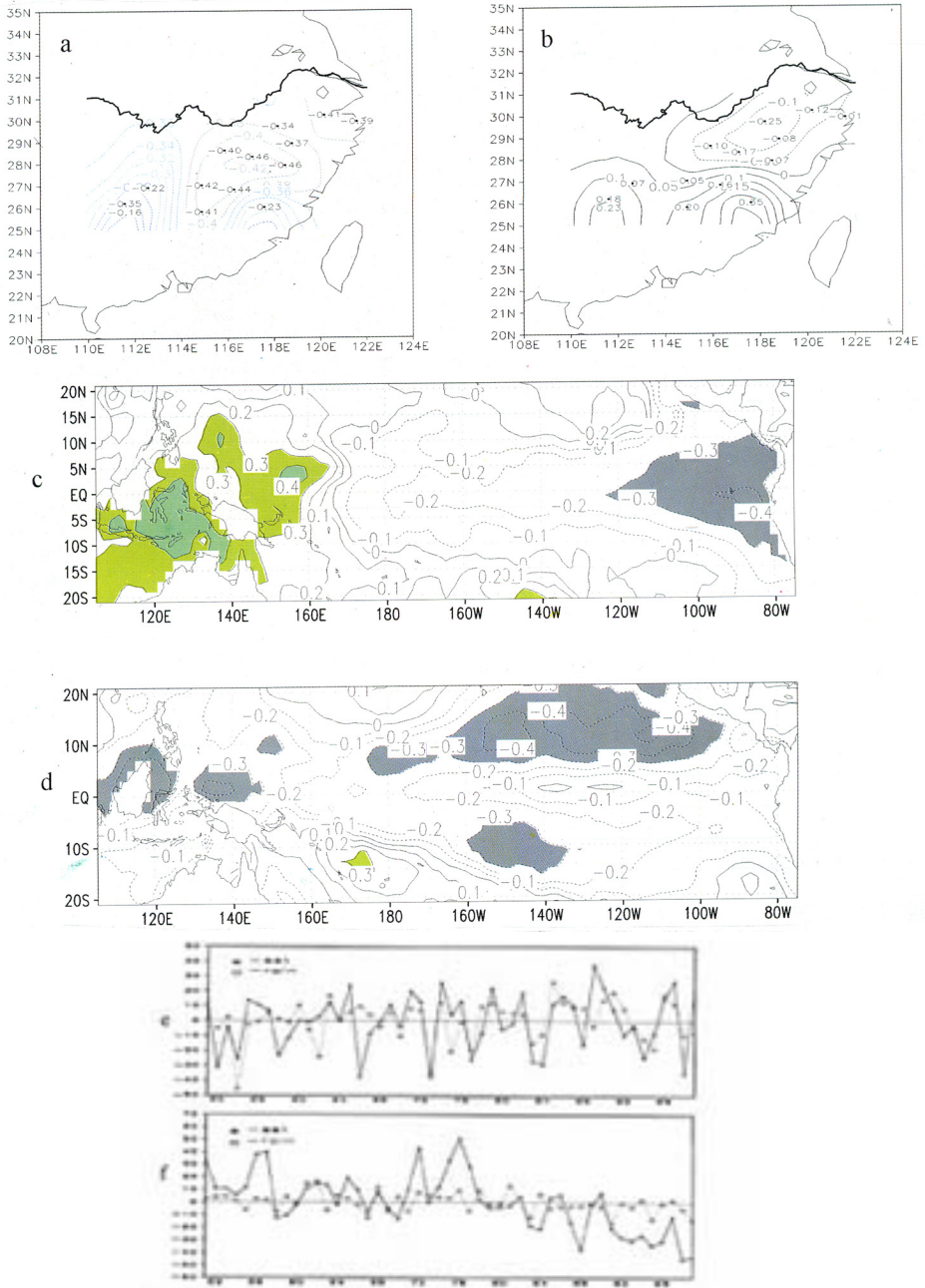


图4 江南汛期降水与热带海洋 SSTA(前一年 5~7 月)SVD 分析所得的第一(a,c,e)和第二(b,d,f)模态的异性相关系数和对应的时间系数(图 e,f 中,横坐标:年序;纵坐标:时间系数值)

Fig.4 The hetero-correlation and time coefficients of the first (a,c,e) and second (b,d,f) SVD modes,a and c for Jiangnan rainy season precipitation,b and d for SSTA in tropical oceans,e and f are time coefficients

性相关系数(图 4c)可见,前一年 5~7 月澳大利亚 在赤道东太平洋特别在 NINO1 + 2 区有显著负相
 北部海区海温有较大的正相关系数,尤其在 Key 区,而 关,把这种热带海洋的海温分布型称为“翘翘板”型。

可见,江南汛期降水与澳大利亚北部海区海温,尤其在 Key 区有显著的负相关,而与赤道东太平洋特别在 NINO1+2 区海温有显著正相关。也就是说当 5~7 月澳大利亚北部海区海温异常偏冷(暖),赤道东太平洋海温异常偏暖(冷)时,江南地区次年汛期降水偏多(少)。对照时间系数曲线(图 4e)可以看出,江南汛期多雨的 1954、1973、1977、1983、1994 年,尤其是 1954、1973、1977 年与这一模态密切相关。少雨年中的 1963、1974、1979、1990、1996 年也与这一模态对应较好。

左场第二模态(图 4b)表明江南南部和北部降水异常的反位相分布特征。对应热带海洋异性相关图(4d)可见,除了(20°~10°S,160°E~175°W)小范围的正相关系数外,都是负的相关系数,中心在(5°~15°N,160°~100°W)。由此看来,第二模态主要是此范围内的海温分布与次年 4~6 月江南北部降水有正相关关系,与江南南部降水有负相关关系。

以上的分析可以说明:陈绍东等^[3]用相关法找到的 Key 区正是处于一种范围更大的海温分布型的关键部位。也就是说,文献[3]所选取的冷、暖年年是代表了一种更大范围的海温异常分布型,因此它可以通过复杂的海气相互作用,影响后期大范围的环流异常,从而导致江南汛期降水异常。

3 中国 4~6 月降水与澳大利亚北部海区 SSTA 相关分析

从前面的分析可以看到,5~7 月澳大利亚北部海区的海温异常通过海气相互作用与次年江南汛期(4~6 月)降水有较好的负相关关系。为了进一步了解 5~7 月澳大利亚周围海区海温异常与次年中国 4~6 月降水异常的相关关系,用我国 4~6 月 160 站 49 a(1951~1999 年)降水距平为左场,澳大利亚北部海区前一年(1950~1998 年)5~7 月海温距平为右场,做 SVD 分析。

SVD 分析所得的前 2 个模态的解释协方差平方和分别为 58.66%、11.50%,相应的模态相关系数分别为 0.75、0.78。因为第 2 模态解释协方差较小,以下只给出第 1 模态左右场的异性相关系数分布及时间系数(图 5)。由左场第 1 模态(图 5a)可见,江南、华南为明显的负值区,与之反位相的正值带主要位于淮河流域、青海东部地区,与海温相关最显著的地区正好位于江南地区(相关系数达到 0.3 以上,通过 0.01 的信度检验)。而与降水场相配合

的右场异性相关系数(图 5b)表现为一致的同位相分布,正值中心在澳大利亚北部东帝汶附近和印尼的苏拉威西岛,Key 区的中心值都在 0.65 以上(通过 0.001 的信度检验)。由此可以看出,当澳大利亚北部海区(25°S~10°N,105°~165°E)海温异常偏冷(暖)(冷暖中心在 Key 海区)时,在这一海温背景下,江南汛期和华南前汛期的降水异常偏多(少),而长江以北,黄河以南的中国东部地区、青海东部地区 4~6 月降水与江南呈反位相变化。对照时间系数曲线看出,1954、1966、1973、1977、1983、1994 年中国 4~6 月的降水(江南地区降水偏多)与这一模态关系密切,而江南汛期降水偏少的 1979、1991、1996、

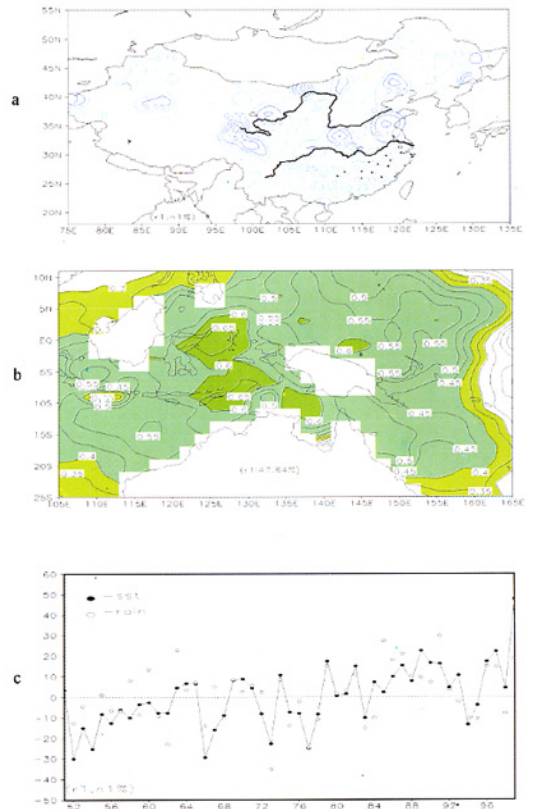


图 5 中国 4~6 月降水异常(a)与前一年 5~7 月 Key 海区附近海洋 SSTA(b)做 SVD 分析所得第一模态的异性相关系数和对应的时间系数(c)

Fig. 5 The hetero-correlation and time coefficients of the first SVD modes, a represents April to June precipitation anomalies in China, b for the previous year May to July SSTA in the key ocean region and its vicinity, c for time coefficient.

1997年与这一模态密切相关。

综上所述,与中国4~6月降水耦合相关的澳大利亚北部海区 SST 主要是第1模态对应的海温分布型,尤其是Key区海温与来年江南降水负相关最显著,而这一时期中国东部降水主要表现为长江南北的反位相变化特征。

4 总结

本文对江南汛期降水异常的气候特征及其与海温的相关关系进行了研究探讨,得出了以下结论:

(1)从江南降水异常的时间分布来看,4~6月发生降水偏多的次数明显多于降水偏少的次数,其中6月是江南最易发生降水异常的一个月。从空间分布来看,降水异常最易发生在江南中部地区。

(2)用SVD方法分析江南汛期当年逐月(12个月)降水与前一年1月~次年12月(36个月)Key区海温的时滞关系时发现,前一年5~7月的海温与当年4~5月的降水有很好的负相关关系(通过0.05的信度检验),6月也有较好的负相关关系。

(3)与江南汛期降水异常相关的热带海洋海温

异常的主要分布型是“翘翘板”型,即当5~7月Key海区海温异常偏冷(暖),赤道东太平洋海温异常偏暖(冷)时,次年江南地区汛期降水偏多(少),文献[3]选取的Key区恰好位于该型的相关最显著的部位。

(4)在该海温异常型影响下,次年中国东部4~6月的降水异常表现为长江南北的反位相变化特征,而江南地区位于该雨型相关显著的部位,江南中部为影响最显著区域。

参考文献:

- [1] 陈菊英. 中国旱涝的分析和长期预报研究[M]. 北京: 农业出版社, 1991. 14.
- [2] 叶笃正, 黄荣辉. 长江黄河流域旱涝规律和成因研究[M]. 北京: 山东出版社, 1996. 13-14.
- [3] 陈绍东, 王谦谦, 钱永甫. 江南汛期降水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.
- [4] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 1999. 269.
- [5] 钱永甫, 张艳, 郑益群. 青藏高原冬春季积雪异常对中国春夏季降水的影响[J]. 干旱气象, 2003, 21(3): 1-7.
- [6] 王慧, 王谦谦. 淮河流域夏季降水异常与北太平洋海温异常的关系[J]. 南京气象学院学报, 2002, 25(1): 45-54.

SVD Analysis of the Relationship Between Jiangnan Rainy Season Precipitation and Sea Surface Temperature in the Tropical Oceans

WANG Qian-qian¹, CHEN Shao-dong^{1,2}

(1. Jiangsu Provincial Key Lab for Climate and Environment (KLME), Nanjing Institute of Meteorology, Nanjing 210044, China; 2. Guangdong Provincial Meteorological Bureau, Guangzhou 510080, China)

Abstract: Analysis of the climatological features of Jiangnan rainy season precipitation anomalies shows that the month with the most frequent anomalies of precipitation in Jiangnan is June and the region is located in the middle of Jiangnan. The SVD analysis points out that the related sea surface temperature anomaly (SSTA) distributes in the pattern as a “seesaw”. The key region is just located in the most evident correlation area. The key period of SSTA impact is from May to July in the previous year in which SSTA has the best negative correlation with April to May precipitation in Jiangnan. Under the influence of SSTA “seesaw” pattern the precipitation anomalies in the following April to June in East China exhibit opposite phase on both sides of the Yangtze River, the most evident correlative region is Jiangnan and the middle of which is located in the most obvious area of SSTA impacts.

Key words: Jiangnan rainy season precipitation anomaly, SSTA, SVD analysis