

长江流域梅雨的多尺度特征 及其与全球海温的关系

宗海锋^{1,2} 张庆云¹ 彭京备¹

1 中国科学院大气物理研究所大气科学和地球流体力学数值模拟国家重点实验室, 北京 100029

2 中国科学院研究生院, 北京 100039

摘 要 利用 EOF 和小波变换方法讨论了长江流域梅雨期降水的多时空尺度特征。长江流域梅雨期降水空间分布主要存在 3 种类型: (1) 江西北部多雨、黄淮少雨型; (2) 长江中下游多雨、江南南部少雨型; (3) 江淮流域、华南东南部多雨及江西北部、华北地区少雨型。时间尺度主要周期为: 准 2 年、3~5 年、准 10 年振荡和线性增加趋势。长江流域梅雨期降水的各主要周期与前期(秋、冬和春季)全球海温相关分析表明, 前期各季海温相关以冬季相关最好。年际、准 2 年及 3~5 年振荡周期对应的海温关键区, 主要在热带和副热带地区; 年代际及准 10 年振荡周期对应的海温关键区, 主要在温带海洋; 线性增加趋势的海温关键区, 则遍布全球海洋。选取显著性水平达到 0.05 的相关区域海温距平的平均值作预报因子, 利用逐步回归方法对梅雨期降水距平进行回报和预报试验的结果表明, 综合考虑不同时间尺度的海温因子共同作用后建立的预测模型, 对预测我国梅雨期降水距平的分布, 有一定的预报能力。

关键词 梅雨 时空分布 海温

文章编号 1006-9585 (2005) 01-0101-14 **中图分类号** P461 **文献标识码** A

Multiple Scale Characteristics for Precipitation over the Yangtze River Valley during the Meiyu Period and Their Relationships with the Global Sea Surface Temperature

ZONG Hai-Feng^{1,2}, ZHANG Qing-Yun¹, and PENG Jing-Bei¹

1 *State Key Laboratory of Numerical Modeling for Atmospheric Sciences and Geophysical Fluid Dynamics, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029*

2 *Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039*

Abstract The multiple temporal and spatial scale characteristics of rainfall over the Yangtze River valley during the Meiyu period is studied by EOF and wavelet analysis. There are three main spatial patterns for the precipitation over the Yangtze River and Huaihe River valleys: The first case is that the rainfall was more than normal in the north of southern China, and was less than normal over the regions of Yellow River and Huaihe River valleys; The second case is that the positive anomalous precipitation appeared in the Yangtze River valley, and the negative anomalous precipitation appeared in south of southern China; The third case is that the precipitation increased in the region between the Yangtze River and Huaihe River valleys, and the decreased in the north of southern China as well as northern China. The quasi biennial oscillation (QBO), 3—5-year oscillation, quasi decadal oscillation and linear tendency are the basic periods for the rainfall in the Yangtze River and Huaihe River valleys: The correlation coefficient

收稿日期 2004-02-19 收到, 2005-02-25 收到修定稿

资助项目 中国科学院资源环境领域知识创新工程重要方向项目 ZKCX2-SW-210 和国家自然科学基金资助项目 40135020

作者简介 宗海锋, 男, 1975 年出生, 博士生, 主要从事异常长期天气过程、气候与气候诊断的研究。E-mail: zhf@mail.iap.ac.cn

cients between the temporal series of the four scale for rainfall and the global sea surface temperature anomalies (SS-TA) in autumn, winter and spring showed that the closed relationship appeared in winter, and the largest correlation coefficients occurred at the tropic-subtropical ocean area for annual variation. The regression equation of forecasting precipitation over the Yangtze River and Huaihe River valleys during the Meiyu period was setup using the stepwise regression, and which showed there is the better improved for forecasting results.

Key words Meiyu, temporal and spatial distribution, sea surface temperature

1 引言

长江流域梅雨期旱涝对国民经济建设,尤其是工农业生产和人民生活有重大影响。因此,其发生规律、成因和预测问题一直是我国气候研究的一个中心课题。人们从季风、大气环流、海陆气相互作用、极冰、太阳活动、火山爆发和地球自转速度等各方面进行分析和探讨^[1~16],增进了对它们与长江流域旱涝的关系及其联系的物理过程和机制的认识。并在实际预测上取得了良好的效果。

近 10 多年来,不少工作分析了我国降水的周期性振荡及其区域分布的特征。赵汉光^[17]和黄嘉佑^[18]指出我国大部地区存在准 2 年周期振荡,其中尤以华北和长江中下游地区的表现最为明显;Lau^[19]分析了准 2 年振荡与热带太平洋和印度洋海温的关系;陈隆勋等^[20]和殷宝玉等^[21]分别分析了这一振荡与东太平洋赤道海温和西太平洋赤道次表层海温的联系;而张瑞雪等^[22]指出梅雨旱涝存在 3~5 年周期振荡,并探讨了其与热带大气环流的关系;此外,陈烈庭等^[23]和林学椿^[24]指出江淮流域夏季降水在 20 世纪 70 年代末存在由少雨期转为多雨期的年代际气候跃变现象,并分别探讨了其与青藏高原雪盖和全球性大气环流跃变的关系。这些结果清楚地表明,我国降水变化也是多时间尺度现象,深入研究其信号随时间变化的特征、成因和可预报性,对了解我国旱涝的长期天气过程和提高预测水平有重要意义。但这方面的研究不是很多。本文主要目的是想了解长江流域梅雨期降水的多时空分布特征及其与前期全球海温的关系,在普查影响各时间尺度梅雨期降水的海温关键区的基础上,建立预测我国梅雨期降水距平分布的回归预测方程,进行回报和预测试验。

2 资料和方法

本文所用降水资料为中国科学院大气物理研究所提供的全国 730 台站旬降水资料,年代为 1961~2000 年。海温资料为全球 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 格点月平均资料,年代为 1960~2000 年(2000 年海温资料是由全球 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ 格点月平均资料加工而成)。由于长江流域梅雨期一般在 6 月中旬后期开始,7 月中旬初期结束,因此本文将每年 6 月中旬至 7 月上旬的总降水量作为梅雨期降水量,并取这 3 旬总降水量的距平来研究梅雨期降水变异的多尺度特征及其与全球海温的关系。

本文所用方法主要有经验正交函数(EOF)分解、小波分析(Wavelet analysis)、线性相关分析和逐步回归。首先对梅雨期降水距平场进行 EOF 分析,在作分解时为了突出长江流域地区降水时空变异的特征,我们仅利用 100°E 以东 80 个台站的资料,并取与梅雨期多年平均的雨带分布和长江流域区域平均的降水距平曲线最相似的空间分布型和时间序列作为研究对象,对其时间系数序列进行小波变换,分析其多尺度特征;然后,计算各小波分量与全国 108 个台站梅雨期降水和全球海温的相关分布,揭示与各时间尺度梅雨期降水密切相关的海温关键区;最后以这些关键区的海温作为预报因子对中国梅雨期降水距平作线性逐步回归,建立预测模型。

3 中国东部梅雨期降水的时空变化

3.1 中国东部梅雨期降水的多空间分布特征

图 1 为 EOF 分析所得到的中国东部梅雨期降水前 3 个模态的空间分布型式。这 3 个特征向量的方差贡献分别为 21.1%、12.6%、9.0%。第一特征向量的空间分布(图 1a),长江以南地区与长

江以北到黄河以南地区变化呈相反趋势, 即长江以南多雨则长江以北到黄河以南地区少雨; 第二特征向量 (图 1b), 长江中下游地区降水变化与华南成相反变化趋势, 即长江中下游地区多雨华南地区少雨; 第三特征向量 (图 1c), 江淮流域与

华南南部的变化趋势相同, 而和江南北部地区降水变化趋势相反。这些结果表明, 我国梅雨期降水距平空间分布的形式是多种多样的。图 1 所示的是其中最主要的 3 种形式, 即主要雨带分别出现在江南北部、长江流域和江淮地区。另外, 可以看出, 在这 3 个特征向量中第二特征向量的地域分布与梅雨期多年平均的雨带分布最为相似。然而, 其时间系数是否能反映长江流域梅雨期降水逐年变化的特征呢? 为了检验第二特征向量对长江流域梅雨期降水的代表性, 我们将第二特征向量的时间系数与未经 EOF 分析的长江中下游地区 20 个台站平均的梅雨期降水距平时间序列作比较 (图 2 和图 3a), 可以看到二者的变化非常一致, 它们之间的相关系数为 0.725, 通过 0.001 的显著性检验。第一和第三特征向量的时间系数 (图略) 与图 3a 的相关系数分别为 0.633 和 0.146, 都不如第二特征向量的好。在图 3b 中我们还给出整个夏季 (6~8 月) 长江中下游地区 17 个站 (国家“九五”攻关项目指定的代表站) 平均降水距平时间序列, 其与第二特征向量时间系数的相关系数是 0.569, 通过 0.001 的显著性检验, 这说明第二特征向量的时空变化不仅对梅雨期降水而且对整个夏季长江流域降水都有代表性。下面我们就以这一模态作为进一步分析和研究的对象。

3.2 梅雨期降水的多时间尺度特征

图 4 是梅雨期降水 EOF2 时间系数的小波系数。可以看出, 长江流域梅雨期降水存在明显的年际变化和年代际变化。年际变化主要是时间尺度为准 2 年和 3~5 年的振荡; 年代际变化也存在多种时间尺度, 包括准 10 年、准 15 年和准 30 年的振荡, 但后 2 个振荡强度很弱; 另外还存在一个线性增加的变化趋势。它们的强度随时间具有明显的变化, 准 2 年振荡在 20 世纪 60 年代中期到 70 年代中期非常显著, 以后强度减弱, 80 年代末又变得明显起来; 3~5 年振荡在 80 年代初期比较明显, 以后强度明显减弱, 但始终存在; 而准 10 年振荡从 70 年代中期到 90 年代末都比较明显; 线性增加趋势分量在 70 年代末以前为负位相, 以后为正位相。

为了进一步研究长江流域梅雨期降水与全国降水和全球海温之间在不同时空尺度上的关系,

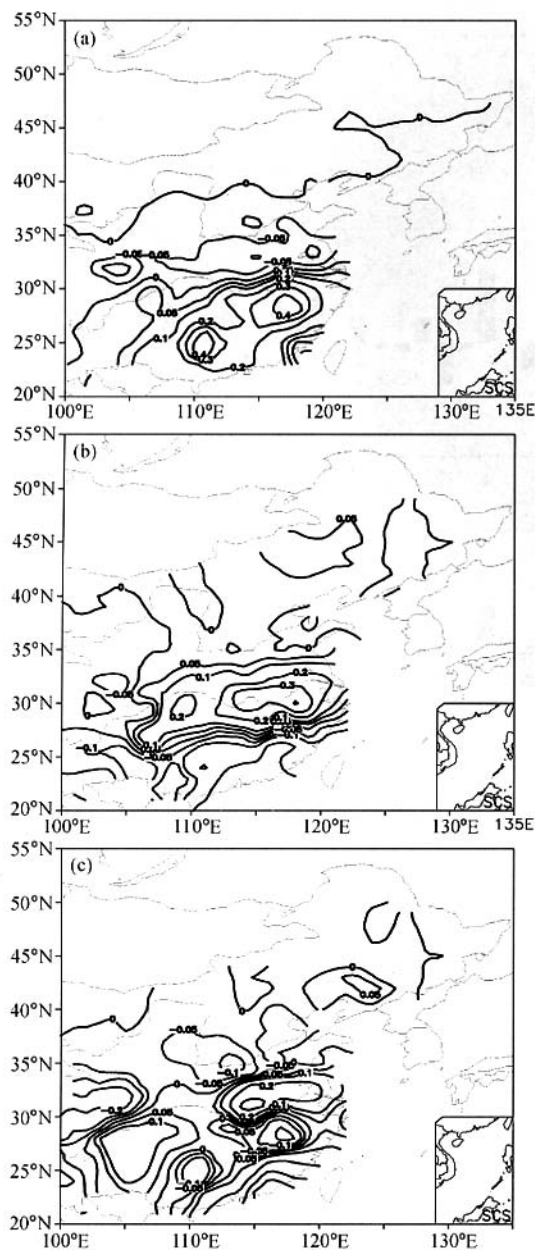


图 1 中国东部梅雨期降水前 3 个模态空间分布型。(a) EOF1; (b) EOF2; (c) EOF3

Fig 1 Spatial patterns of the three leading EOFs for precipitation in Eastern China during the Meiyu period. (a) EOF1; (b) EOF2; (c) EOF3

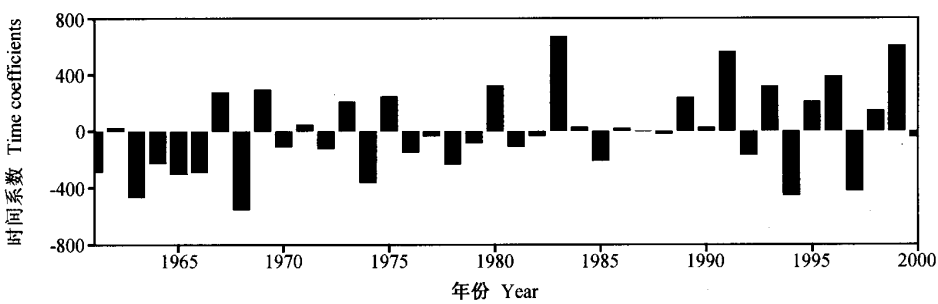


图 2 梅雨期降水 EOF2 对应的时间系数
Fig 2 Time series of mode EOF2 for the precipitation over the Yangtze River valley during the Meiyu period

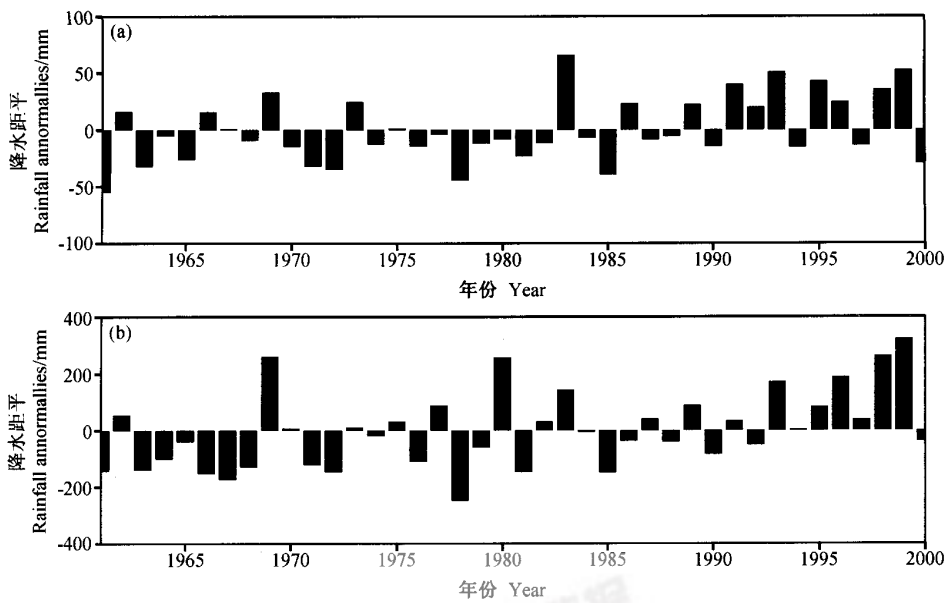


图 3 梅雨期和夏季长江中下游地区降水距平时序 (单位: mm)。(a) 梅雨期长江中下游地区 20 个台站平均的降水距平时序; (b) 夏季 (6~8 月) 长江中下游地区 17 个台站平均的降水距平时序
Fig. 3 Time series of the rainfall anomalies over the middle and lower reaches of the Yangtze River valley during the Meiyu period and Summer. Units: mm. (a) during the Meiyu period averaged by 20 observed stations; (b) during summer (JJA) averaged by 17 observed stations

我们根据图 4 将图 2 分解成 6 个小波分量: 准 2 年振荡, 3~5 年振荡, 准 10 年振荡, 准 15 年振荡, 准 30 年振荡和线性增加趋势。由于准 15 年和准 30 年的振荡强度很弱, 这里未给出 (图 5)。前两个分量为年际变化分量, 而准 10 年为年代际变化分量, 最后一个反映长江流域梅雨期降水在 20 世纪 70 年代末由少雨期转为多雨期的现象。这 4 个分量的强度最大的是准 2 年振荡, 其次是准 10 年振荡和线性增加项, 强度最弱的是 3~5 年这一分量。

4 梅雨期降水各小波分量与全国降水和全球海温的关系

4.1 与全国降水的关系

长江流域梅雨期降水的变化是多时间尺度现象, 那么全国其他地区情况怎么样? 为了了解这些时间尺度的振荡在我国其他地区降水中的表现及其对降水距平的相对贡献, 我们用梅雨期降水的 4 个小波分量来和全国同期降水求线性相关,

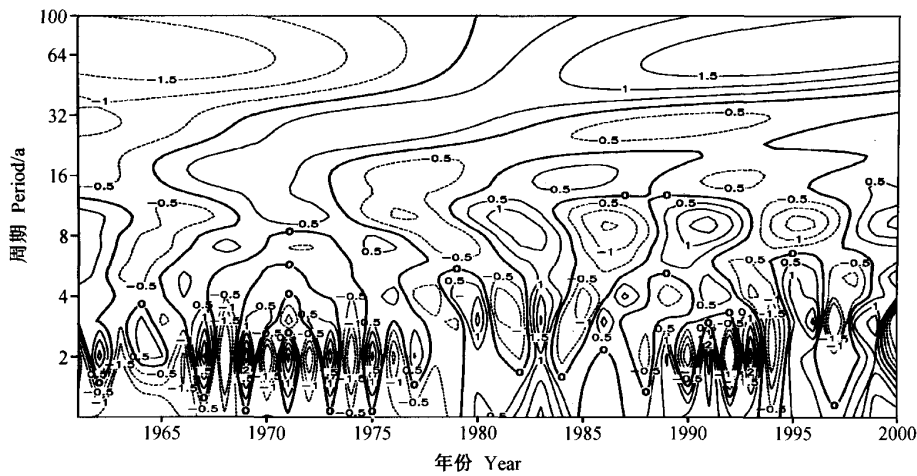


图 4 EOF2 时间系数的小波系数
Fig. 4 The wavelet coefficients of time series for mode EOF2

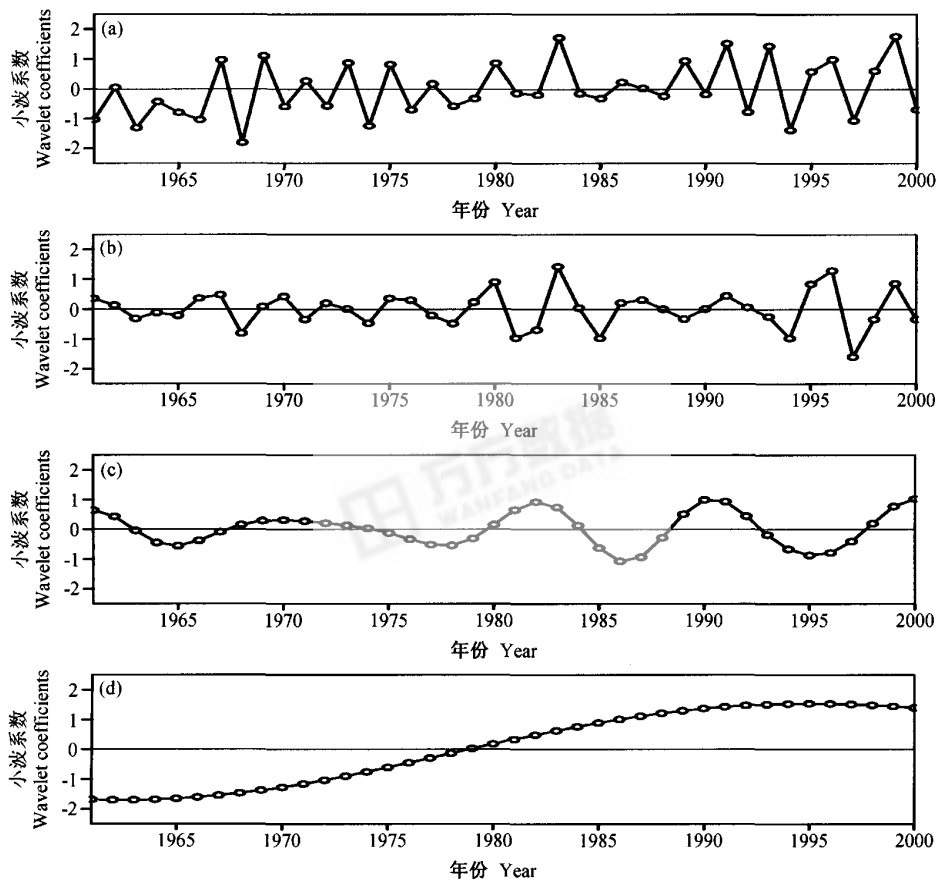


图 5 梅雨期降水 4 个主要小波分量。(a) 准 2 年振荡；(b) 3~5 年振荡；(c) 准 10 年振荡；(d) 线性增加趋势
Fig 5 The four leading components of wavelets for rainfall over the Yangtze River valley during the Meiyu period. (a) the quasi biennial oscillation; (b) the 3—5-year oscillation; (c) the decadal variation and (d) the linear tendency

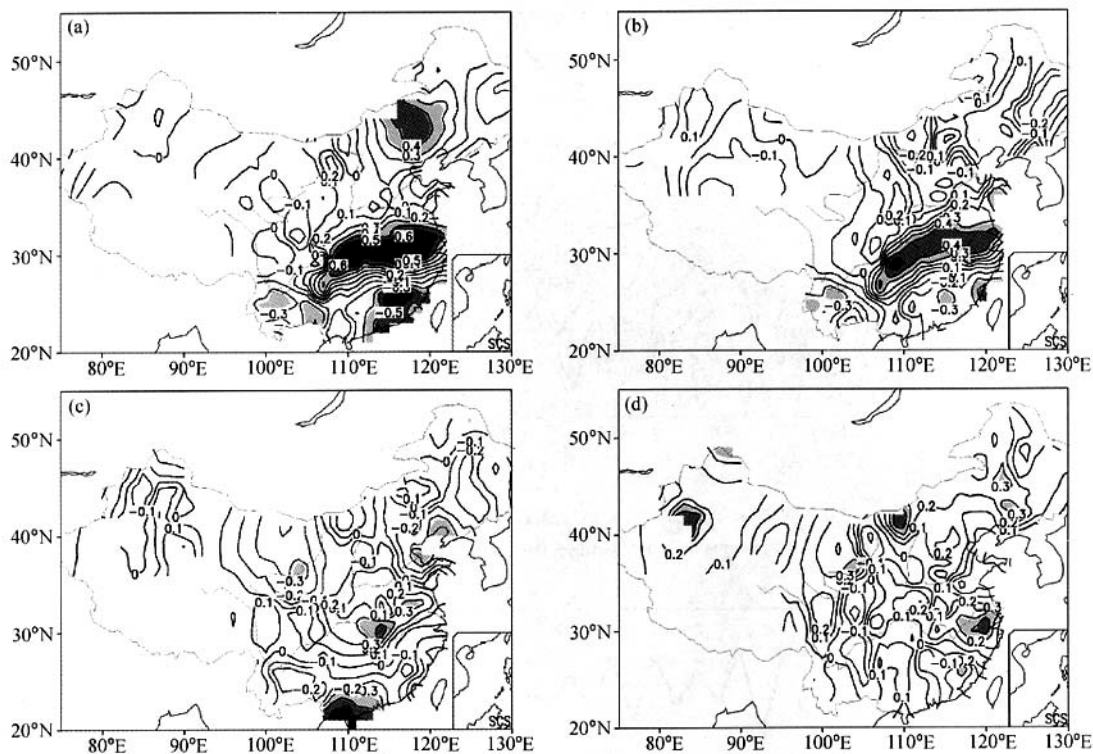


图6 梅雨期降水4个小波分量与同期全国降水的相关分布。(a) 准2年振荡；(b) 3~5年振荡；(c) 准10年振荡；(d) 线性增加趋势。等值线间隔0.1，由浅到深3种不同阴影区表示相关系数分别达到0.05、0.01和0.001的显著性水平

Fig. 6 The spatial distribution of correlation coefficients between the four components of wavelets and precipitation over China during the Meiyu period. (a) the quasi biennial oscillation; (b) the 3—5-year oscillation; (c) the decadal variation and (d) the linear tendency. Contour interval is 0.1, light, moderate and heavy shading denotes correlation coefficient significant at 0.05, 0.01 and 0.001 confidence level respectively

结果如图6所示。

图6a为准2年振荡与全国同期降水的相关分布。可以看出，长江中下游为大范围很强的正相关区，大片地区的相关显著性水平都达到0.001以上；另外，在华北北部和内蒙古东部地区也有一强正相关区域，显著性超过0.001。说明这两个地区梅雨期降水准2年周期振荡非常明显。在我国西南地区和华南地区为负相关区，尤其是华南地区的负相关区不仅范围较大，显著性水平也较高(0.01)。因此这里的降水准2年振荡表现也很清楚，但位相相反。这些与黄嘉佑^[18]、陈隆勋等^[20]和殷宝玉等^[21]的结果基本一致。图6b为3~5年振荡与全国同期降水的相关分布，在长江流域仍为正相关比较高的区域，但中心出现在长江中游。图6c为准10年振荡与全国同期降水的相关分布，大致在湖北和安徽各有一正相关中心，

而在华南南部和渤海沿海地区存在负相关中心，但只有华南南部相关比较大。图6d为线性趋势项与全国同期降水的相关分布，在长江下游的江南北部地区有一正相关中心，另外，在河套北部、兰州附近、新疆西部和北部以及东北也存在正相关中心，但相关比较大的还是新疆西部和河套北部这两个地方。此外，在东南部有一面积比较小的负相关中心。另外，这进一步证实了第二特征向量这一模态突出地反映了长江流域降水的特征，研究其形成和变化的原因是有益的。

4.2 与全球海温的关系

气候变化是由许多因子共同影响的结果，其中海气相互作用是一个非常重要的因素。本文第一步先来讨论全球海温对不同时间尺度梅雨期降水的影响。我们计算了梅雨期降水的4个小波分量与前期秋季、冬季和春季全球海温的线性相关。

由于梅雨期降水的每个时间分量 3 个季节的相关分布都非常相似,而且都是以冬季的海温相关最强,为了节省篇幅,我们只给出梅雨期降水 4 个小波分量与冬季全球海温的相关分布图(图 7)。我们看到,准 2 年振荡的相关分布(图 7a)在我国南海和沿黑潮海区有一相关大值区;此外,在赤道东太平洋、印度尼西亚西南部、马达加斯加岛东部和南大西洋副热带等海区也存在正相关中心。因此在这一时间尺度上,当这些海区的海温偏高时,长江流域梅雨期降水都将偏多。3~5 年振荡的相关分布(图 7b),在赤道东太平洋、赤道东印度洋和南大西洋副热带海区各有一个正相关中心。同图 7a 比较可以看出,这些海区的准 2 年振荡也很明显。它们对长江流域梅雨期降水都有正的贡献。准 10 年振荡的相关分布(图 7c),在日本东部西风漂流区有一正相关大值区,而其东北侧为负相关区,中心在阿留申群岛附近。另外,在南大西洋温带海区和澳大利亚西北部也有一个正相关中心。因此这一时间尺度与准 2 年振荡和 3~5 年振荡不同,长江流域梅雨期降水主要是受温带海洋海温的影响,尤其是在北太平洋温带海区。线性增加趋势分量的相关分布(图 7d),在东太平洋赤道南北两侧分别有一个正相关区,赤道印度洋也是正相关区,而在北太平洋西风漂流区和热带地区为负相关区。这一分布与 El Niño 年海温距平的分布形式一致,也就是说长江流域梅雨期在 20 世纪 70 年代后期从少雨期转为多雨期与作为太平洋和印度洋主要特征的 El Niño 事件的长期变化有关。此外还可以看到,在西北太平洋黑潮区为正相关,这说明长江流域梅雨期在 70 年代后期从少雨期转为多雨期也受黑潮区海温的长期变化的影响。在这种变化前(后)整个太平洋和印度洋海温为 La Niña (El Niño) 型的距平分布,黑潮区海温偏冷(暖),长江流域梅雨期降水偏少(多)。我们将以上与梅雨期各时间分量相关达到 0.05 显著性水平并且面积比较大的海区定义为海温关键区。

综上所述,长江流域梅雨期降水各小波分量与全球海温的关系,在时间上基本上都是以与前期冬季的海温相关最强,这与我国气候预测中广泛应用的冬与夏隔季的韵律关系一致。在地区上,不同的时间尺度有不同的海温关键区。长江流域

梅雨期降水各小波分量除了和太平洋海温相关比较好,而且与印度洋和温带大西洋的海温相关也比较好。准 2 年振荡和 3~5 年振荡的海温关键区出现在副热带和热带海洋;准 10 年振荡在温带海洋;而线性增加趋势分量的海温关键区则在低、中、高纬海洋均有分布。我们共选用了 15 个海温关键区,其中准 2 年振荡有 3 个,3~5 年有 3 个,准 10 年振荡有 3 个,线性增加趋势分量有 6 个。根据梅雨期降水不同时间分量所对应的关键区海温距平的符号和大小及图 6,我们可以大致估计出我国梅雨受其影响所引起的降水距平分布。

5 个例分析和预报试验

为了鉴定梅雨期降水各小波分量对应关键区的海温对中国梅雨期降水影响的效果,我们将各海温关键区平均海温距平作为预报因子。然后采用逐步回归方法,利用 1961~1997 年的资料对中国 110 台站梅雨期降水距平作线性回归,看其拟合结果是否与实际降水距平分布符合。由于篇幅有限,这里我们只取一些个例。图 8 是根据图 2 选出的 3 个多雨年(1983、1991 和 1996 年)和 3 个少雨年(1963、1968 和 1994 年)受海温影响的线性逐步回归降水距平分布(8a~f)和实测降水距平分布(8g~l)。表 1 为这 6 年拟合降水距平和实况距平的同号百分率。1983、1991 和 1996 年是长江中下游严重涝年,总的来看,这 3 年受海温影响的拟合降水距平分布有一定的相似性,主要正距平都集中在长江中下游。然而它们之间也有不同之处,1983 年属 EOF2(图 1b)空间分布型,主要雨带在长江中下游;而 1991 年属 EOF3(图 1c)空间分布型,主要雨带在江淮流域。若把它们与其右边的实况进行比较,则可以发现它们的主要正距平中心分布都有共同之处,同号百分率都在 64% 以上。1963、1968 和 1994 年是长江中下游典型的少雨年,这 3 年的拟合降水距平分布也有一定的相似性。主要负距平都集中在长江中下游地区,江南为主要正距平区。其差别是 1963 年主要少雨中心在江南北部,1968 年在长江中下游沿江地区,而 1994 年在江淮地区。它们与实况比较,两者主要少雨区和多雨区也都比较一致,同号百分率在 65% 以上。因此,从以上回报试验

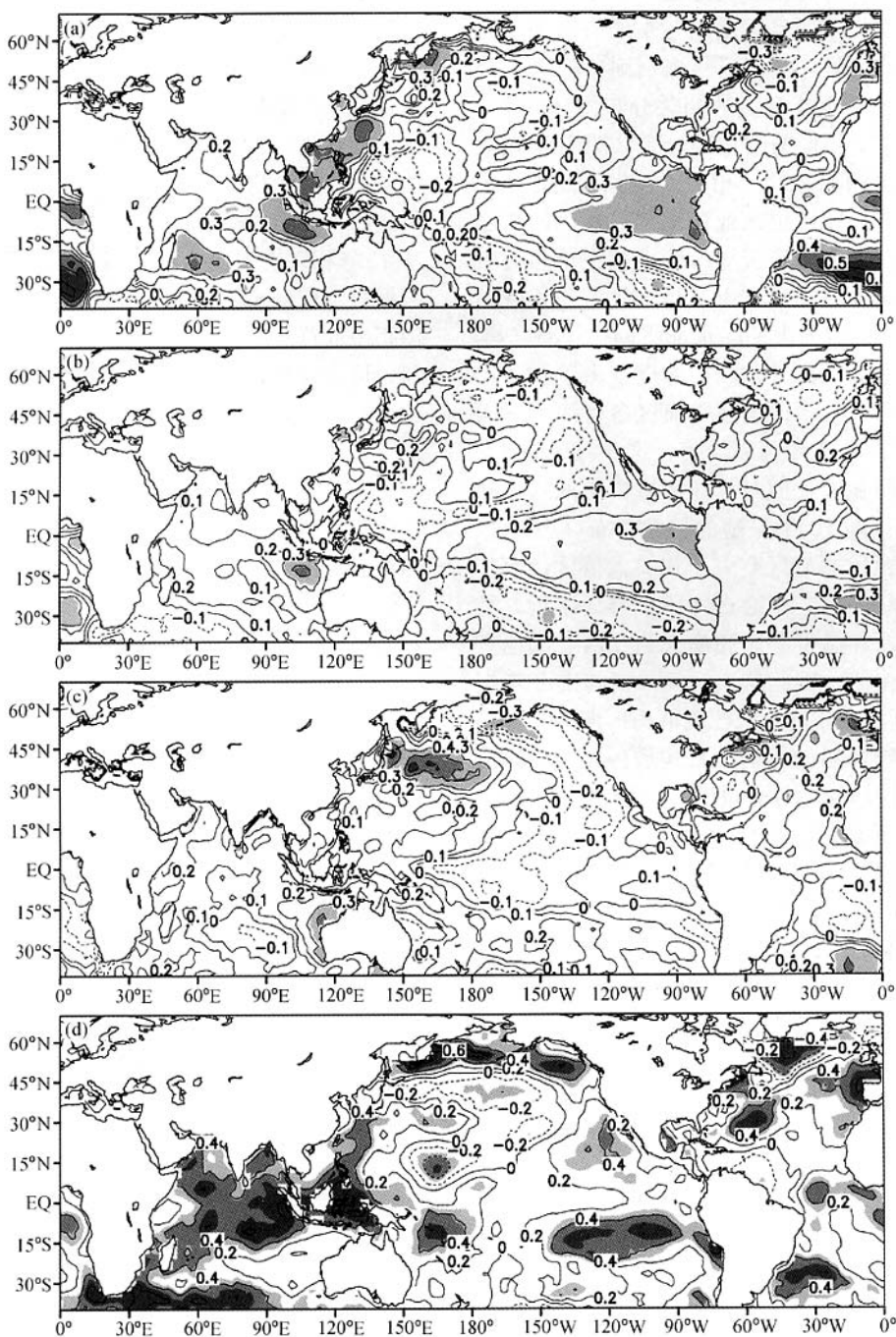


图7 梅雨期降水4个小波分量与前期冬季全球海温的相关分布。(a) 准2年振荡；(b) 3~5年振荡；(c) 准10年振荡；(d) 线性增加趋势。等值线间隔0.1，由浅到深3种不同阴影区表示相关系数分别达到0.05、0.01和0.001的显著性水平

Fig. 7 The spatial distribution of correlation coefficient between the four components of wavelets for precipitation during the Meiyu period and pre-winter SSTA. (a) the quasi biennial oscillation; (b) the 3—5-year oscillation; (c) the decadal variation and (d) the linear tendency. Contour interval is 0.1, light, moderate and heavy shading denotes correlation coefficient significant at 0.05, 0.01 and 0.001 confidence level respectively

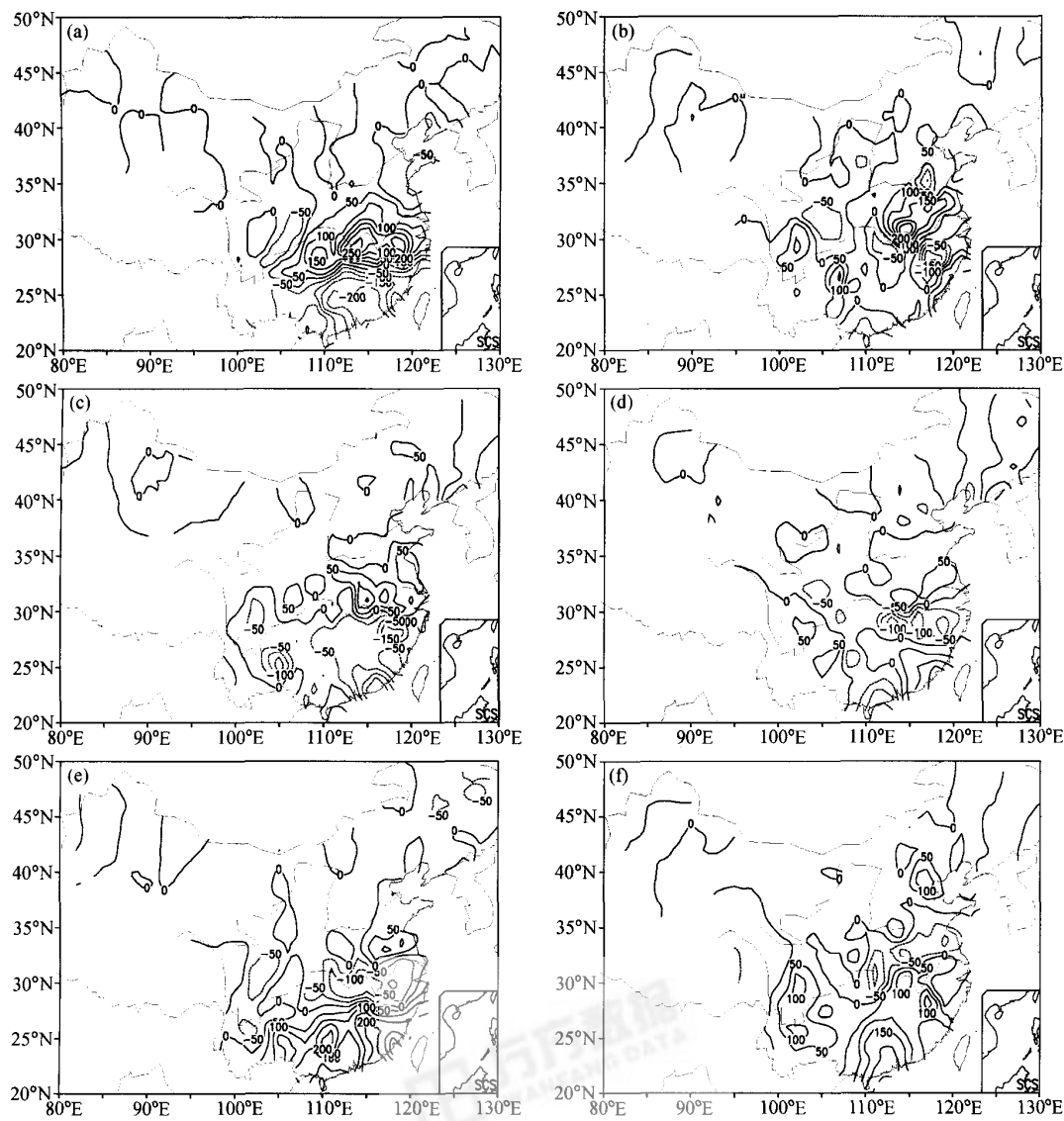


图 8 线性逐步回归的 1983 (a, g)、1991 (b, h)、1996 (c, i)、1963 (d, j)、1968 (e, k) 和 1994 年 (f, l) 长江流域梅雨期降水距平 (8a~f) 和实测降水距平分布 (8g~l) (单位: mm)。
Fig. 8 The linear regression of the rainfall anomalies in 1983 (a, g), 1991 (b, h), 1996 (c, i), 1963 (d, j), 1968 (e, k) and 1994 (f, l) over the Yangtze River valley during the Meiyu period against the SSTa (8a—f) and the observed rainfall anomalies (8g—l) . U-nits: mm

表 1 长江流域梅雨期 3 个多雨年和 3 个少雨年拟合降水距平与实况降水距平同号百分率
Table 1 Percentages of the same sign for rainfall anomalies over the Yangtze River valley during the Meiyu period between the observed and forecasting by the linear regression equation in three more rainfall years and three less rainfall years

	多雨年			少雨年		
	More rainfall than normal			Less rainfall than normal		
	1983	1991	1996	1963	1968	1994
同号百分率/ %	72. 7	64. 6	70	65. 5	71. 8	69. 1
Percentages of the same sign						

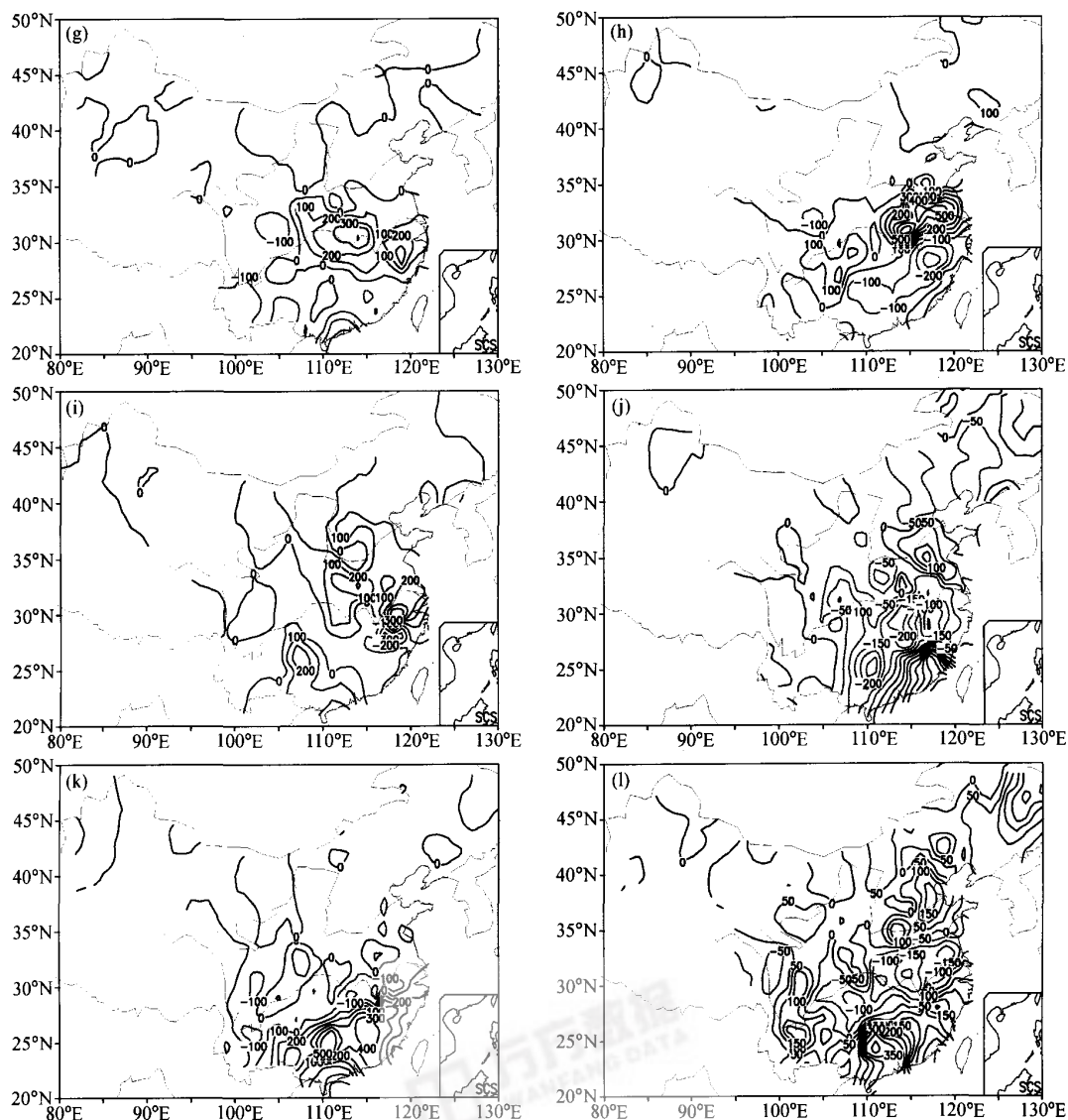


图 8 (续)

的情况来看, 综合考虑梅雨期降水不同时间分量对应的海温因子的共同影响, 对拟合中国梅雨期降水距平分布有一定效果。但也有些年份主要正负距平拟合与实况差异较大, 例如, 1996 年拟合在广西北部为弱的负距平, 可是实际该地区降水比较多。

另外, 我们利用 1998、1999 和 2000 年的独立资料进行了预报试验。图 9 为根据 1961~1997 年资料建立的回归预报方程对 1998、1999 和 2000 年预测 (9a~c) 和实测 (9d~f) 长江梅雨期降水

的距平分布。表 2 为这 3 年预测降水距平和实况降水距平的同号百分率。1999 和 2000 年预测降水距平与实况降水距平同号百分率约为 51%, 而 1998 年稍低一些, 同号百分率为 43.6%。这 3 年中国梅雨期降水的最大特征是 1998 年梅雨期江南北部降水明显偏多, 发生了历史上罕见的大洪水。1999 年江南北部仍降水过程频繁, 部分地区发生暴雨洪涝灾害, 而 2000 年则相反, 江南北部降水明显偏少。从预测的情况来看, 1998 年江南北部为正距平大值区, 长江与黄河之间的少雨区, 与

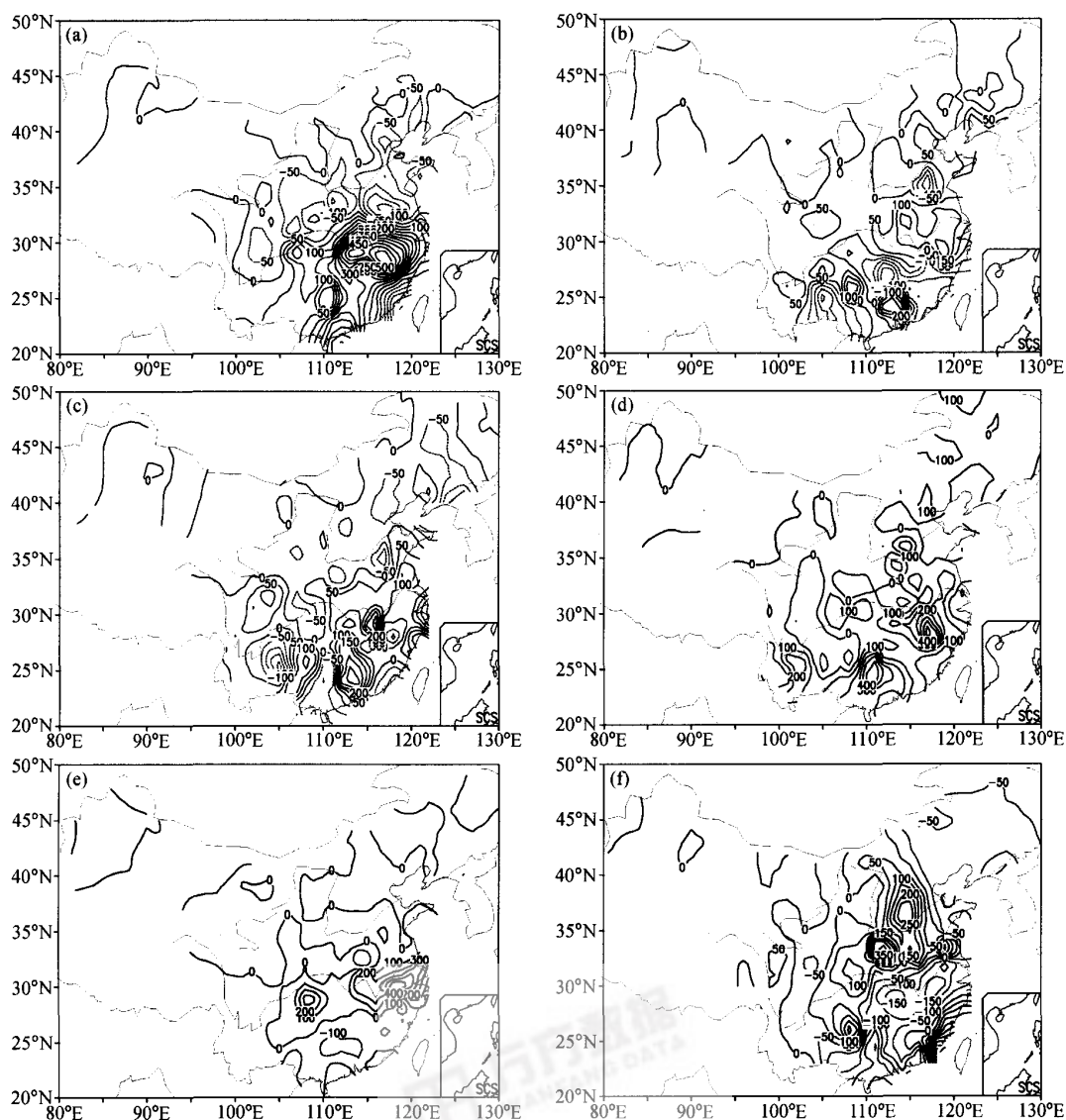


图9 利用逐步回归方程预测1998(a,d)、1999(b,e)和2000年(c,f)梅雨期降水距平分布(9a~c)和观测降水距平分布(9d~f)(单位:mm)

Fig. 9 Forecasting rainfall anomalies by using stepwise regression (9a—c) and the observed rainfall anomalies (9d—f) during the Meiyu period in 1998 (a, d), 1999 (b, e) and 2000 (c, f). Units: mm

实况基本符合；但广西北部为负中心而实况为正中心。1999年预测结果是长江中下游地区多雨，与实况基本一致。2000年预测表明，主要雨带在江淮流域，江南北部和东北地区为少雨区，也与实况基本相符；但是华北地区和黄淮流域与实况符号相反。因此1998~2000年的独立资料预报试验表明，该回归预报模型有一定的预测能力。

这3年预测降水距平和实况降水距平同号百分率相对拟合同号百分率来说低一些，这可能与统计预报方法本身的局限性有关。另外，海温虽然是影响我国降水的一个重要因素，但我国旱涝的形成是由多方面因素决定的，而本文只考虑全球海温这一因素所引起的降水变化，要解决实际预报问题尚有距离，还必须研究其他因素的共同作用。

表 2 1998、1999 和 2000 年预测降水距平和实测降水距平同号百分率

Table 2 The percentages of the same sign for rainfall anomalies between forecasting and observed in 1998, 1999 and 2000

	1998	1999	2000
同号百分率/ %	43.6	51.8	51.8
Percentages of the same sign			

6 结论与讨论

从以上分析我们得到以下几点结论:

(1) 江淮流域梅雨期降水存在多种时空分布特征, 在空间分布上主要有江南北部多雨黄淮少雨型; 长江中下游多雨江南南部少雨型; 江淮流域和华南东南部多雨, 江南北部、华北地区少雨型。在时间变化上, 存在明显的年际变化和年代际变化, 且都含有多种时间尺度。其中主要有准 2 年振荡、3~5 年振荡、准 10 年振荡以及线性增加分量, 它们的强度随时间有明显的变化。准 2 年振荡在 20 世纪 60 年代中期到 70 年代中期振荡非常显著, 到了 80 年代主要振荡周期为 3~5 年, 90 年代初又变为 2 年左右, 90 年代后期又呈现出 3 年左右的振荡。准 10 年振荡从 70 年代中期至今, 强度一直变化不大。另外我们发现梅雨期降水在上个世纪 70 年代末也存在由降水偏少期向降水偏多期变化。

(2) 长江流域梅雨期降水与全球海温的关系以与前期冬季的海温关系最为密切, 而且在不同时间尺度上对梅雨期降水影响的主要因子不尽相同。影响准 2 年振荡的主要因子是副热带的黑潮海温、赤道东太平洋海温、赤道东印度洋海温和南大西洋副热带海温, 它们的贡献都是一致的。影响 3~5 年振荡的 2 个主要因子与准 2 年振荡 2 个因子的地区基本相同。也就是说, 这 2 个地区海温的变化既存在 ENSO 循环, 也存在准 2 年振荡的变化。影响准 10 年振荡的主要因子与年际变化的不同都出现在温带海区, 主要因子是北太平洋西风漂流海温和阿拉斯加洋流海温及南大西洋温带海温。线性增加趋势分量主要因子是赤道东太平洋海温、加利福尼亚洋流海温、赤道印度洋海温、西北太平洋黑潮海温、西风漂流海温和温带大西洋海温等。

(3) 回报和预报的试验表明, 综合考虑梅雨期降水不同时间尺度海温因子共同作用而建立的我国梅雨期降水距平分布预测模型, 有一定的预报能力。但有些年份效果较差。这可能部分原因来自统计预报方法本身的局限性, 虽然其能较好地反映历史降水情况, 但用于预报效果则变差。此外, 海温虽然是影响我国降水的一个重要因素, 但我国旱涝的形成是由多方面的因素决定的, 并且在不同年份起主要作用的因素也可能有变化。所以仅仅用海温因子还不足以反映梅雨期降水未来的变化, 还需考虑与其他因素的联系, 如大气环流、高原积雪等, 并研究其各种因素的共同作用。

参考文献

- [1] 竺可桢. 东南季风与中国之雨季. 竺可桢文集, 北京: 科学出版社, 1979, 283~297
Zhu Kezhen. Southeast monsoon and rainy season of China. *Collected Works of Zhu Kezhen*, Beijing: Science Press, 1979, 283~297
- [2] 陈汉耀. 1954 年长江淮河流域洪水时期的环流特征. 气象学报, 1957, 28 (1): 1~12
Chen Hanyao. The characteristics of atmospheric circulation during the 1954 severe flood periods over the Yangtze River and the Huaihe River reaches. *Acta Meteorologica Sinica* (in Chinese), 1957, 28 (1): 1~12
- [3] 陶诗言, 徐淑英. 夏季江淮流域持续性旱涝现象的环流特征. 东亚季风和中国暴雨, 北京: 气象出版社, 1998, 47~56
Tao Shiyan, Xu Shuying. Some aspects of the circulation during the periods of the persistent drought and flood in the Yangtze River and Huaihe River valleys in summer. *East Asian Monsoon and Torrential Rain in China* (in Chinese), Beijing: China Meteorological Press, 1998, 47~56
- [4] 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: 1~12
Chen Lieting. Influence of equatorial eastern pacific ssta on tropical atmospheric circulation and summer rainfall. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (in Chinese), 1977, 1: 1~12
- [5] 徐淑英. 季风和江淮流域的旱涝. 中长期水文气象预报文集 (第一集), 北京: 水利电力出版社, 1979, 128~137
Xu Shuying. Monsoon and drought and flood in the Yangtze River and Huaihe River valleys. *Forecasting Corpus (First) of Medium and long-term Hydrology and Meteorology* (in Chinese). Beijing: China Water Power Press,

- 1979, 128~137
- [6] 陈烈庭, 阎志新. 青藏高原冬春季积雪对大气环流和我国南方汛期降水的影响. 中长期水文气象预报讨论会论文集(第一集), 北京: 水利电力出版社, 1979, 185~194
Chen Lieting, Yan Zhixin. The influence of snow cover over the Qinghai-Xizang plateau in winter and spring on atmosphere circulation and south China flood season precipitation. *Proceedings (First) of Medium and long-term Hydrology and Weather Forecasting Forum* (in Chinese). Beijing: China Water Power Press, 1979, 185~194
- [7] 杨广基, 梁佩娥. 长江中下游持久性旱涝与低纬度热带环流型的关系. 高原气象, 1982, 1 (3): 43~50
Yang Guangji, Liang Peidian. Relationship between persistent flood/drought and low latitude tropical circulation pattern. *Plateau Meteorology* (in Chinese), 1982, 1 (3): 43~50
- [8] 陶诗言, 朱文妹, 赵卫. 论梅雨的年际变异. 大气科学, 1988 (特刊): 13~21
Tao Shiyan, Zhu Wenmei, Zhao Wei. On the interannual variation of meiyu. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (in Chinese), 1988 (Special Issue): 3~21
- [9] 徐群. 近 20 年长江中下游汛期旱涝趋势季度预报的检验及分析. 大气科学, 1990, 14 (1): 93~101
Xu Qun. Testing and analysing of the seasonal flood/dry trend forecasting for the rainy season of the middle and lower reaches of the Yangtze River valley in recent 20 years. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (in Chinese), 1990, 14 (1): 93~101
- [10] 徐予红, 陶诗言. 东亚夏季风的年际变化与江淮流域梅雨期旱涝. 见: 黄荣辉主编灾害性气候的过程及诊断, 北京: 气象出版社, 1996, 31~39
Xu Yuhong, Tao Shiyan. The interannual variability of the east Asian summer monsoon and the drought and flood in Changjiang-Huaihe River valleys for the meiyu period. In: *Study on the Formation Processes of Disastrous Climate and Its Diagnostics* (in Chinese), Huang Ronghui, Ed. Beijing: China Meteorological Press, 1996, 31~39
- [11] 孙淑清, 孙柏民. 东亚冬季风环流异常与我国江淮流域夏季旱涝天气的关系. 见: 黄荣辉主编灾害性气候的过程及诊断, 北京: 气象出版社, 1996, 40~45
Sun Shuqing, Sun Bomin. Relationship between abnormal winter monsoon circulation in east Asia and summer drought/flooding in Huaihe River valley. In: *Study on the Formation Processes of Disastrous Climate and Its Diagnostics* (in Chinese), Huang Ronghui, Ed. Beijing: China Meteorological Press, 1996, 40~45
- [12] 孙柏民, 孙淑清. 海温在东亚冬季风影响江淮流域旱涝中的作用. 见: 黄荣辉主编灾害性气候的过程及诊断, 北京: 气象出版社, 1996, 46~53
Sun Bomin, Sun Shuqing. The role of sst in the action of winter monsoon in Asia on the summer drought/flooding in Huaihe River valley. In: *Study on the Formation Processes of Disastrous Climate and Its Diagnostics* (in Chinese), Huang Ronghui, Ed. Beijing: China Meteorological Press, 1996, 46~53
- [13] 李崇银. 江淮流域汛期降水与热带大气季节内振荡的活动. 见: 黄荣辉主编灾害性气候的过程及诊断, 北京: 气象出版社, 1996, 72~76
Li Chongyin. Precipitation in Huaihe River valley in the flood season and intraseasonal oscillation in the tropical atmosphere. In: *Study on the Formation Processes of Disastrous Climate and Its Diagnostics* (in Chinese), Huang Ronghui, Ed. Beijing: China Meteorological Press, 1996, 72~76
- [14] 彭京备, 宋正山. 引起夏季江淮流域洪涝异常的环流维持机制的诊断研究. 见: 黄荣辉主编灾害性气候的过程及诊断, 北京: 气象出版社, 1996, 106~113
Peng Jingbei, Song Zhengshan. Diagnostic study on the maintenance mechanism of abnormal circulation associated with flood disaster over Changjiang-Huaihe basin in summer. In: *Study on the Formation Processes of Disastrous Climate and Its Diagnostics* (in Chinese), Huang Ronghui, Ed. Beijing: China Meteorological Press, 1996, 106~113
- [15] 张庆云, 陶诗言. 夏季东亚热带和副热带季风与中国东部汛期降水, 应用气象学报, 1998, 9 (增刊): 16~23
Zhang Qingyun, Tao Shiyan. Tropical and subtropical monsoon over east Asia and its influence on the rainfall over eastern China in summer. *Quarterly Journal of Applied Meteorology* (in Chinese), 9 (Supplement), 1998, 16~23
- [16] 张庆云, 陶诗言. 亚洲中高纬度环流对东亚夏季降水的影响. 气象学报, 1998, 56 (2): 199~211
Zhang Qingyun, Tao Shiyan. Influence of Asian mid-high latitude circulation on east Asian summer rainfall. *Acta Meteorologica Sinica* (in Chinese), 1998, 56 (2): 199~211
- [17] 赵汉光. 我国降水振荡周期特征的初步分析. 大气科学, 1986, 10 (4): 426~430
Zhao Hanguang. A preliminary study of the characteristic of the precipitation oscillation in China. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (in Chinese), 1986, 10 (4): 426~430
- [18] 黄嘉佑. 准两年周期振荡在我国月降水量中的表现. 大气科学, 1988, 12 (3): 267~273
Huang Jiayou. The representations of the quasi-biennial periodic oscillation in precipitation over China. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (in Chinese), 1988, 12 (3): 267~273
- [19] Lau K M, Shen Suhung. Biennial oscillation associated with the east Asian summer monsoon and tropical sea sur-

- face temperature. In: Ye Duzheng, Ed. *Climate Variability*, Beijing, China Meteorological Press, 1993, 53~58
- [20] 陈隆勋, 陈如桂, 张清芬. 中国降水的年际振荡及其与海气年际振荡的关系. 大气科学研究文集, 南京: 南京大学出版社, 1993, 305~323
- Chen Longxun, Chen Rugui, Zhang Qinfen. The interannual oscillation of rainfall over China and its relation to the interannual oscillation of the air-sea system. *Corpus on Atmospheric Science Research* (in Chinese), Nanjing: Nanjing University Press, 1993, 305~323
- [21] 殷宝玉, 王莲英, 黄荣辉. 东亚夏季风降水的准两年振荡及其可能的物理机制. 见: 黄荣辉主编灾害性气候的过程及诊断, 北京: 气象出版社, 1996, 196~205
- Yin Baoyu, Wang Lianying, Huang Ronghui. The quasi-biennial oscillation of the east Asian summer monsoon rainfall and its possible mechanism. In: *Study on the Formation Processes of Disastrous Climate and Its Diagnostics* (in Chinese), Huang Ronghui, Ed. Beijing: China Meteorological Press, 1996, 196~205
- [22] 张瑞雪, 朱抱真. 东亚梅雨旱涝和热带大气环流 3-5 年低频振荡的关联. 见: 黄荣辉主编灾害性气候的过程及诊断, 北京: 气象出版社, 1996, 100~105
- Zhang Ruixue, Zhu Baozhen. Flood-drought of the east Asian meiyu associated with the tropical 3-5 year low frequency oscillation. In: *Study on the Formation Processes of Disastrous Climate and Its Diagnostics* (in Chinese), Huang Ronghui, Ed. Beijing: China Meteorological Press, 1996, 100~105
- [23] 陈烈庭, 吴仁广. 青藏高原雪盖与中国季风雨年际和年代际变化的关系. 东亚季风和中国暴雨, 北京: 气象出版社, 1998, 230~239
- Chen Lieting, Wu Renguang. Interannual and decadal variations of snow cover over Qinghai-Xizang plateau and their relationships to summer monsoon rainfall in China. *East Asian Monsoon and Torrential Rain in China* (in Chinese), Beijing: China Meteorological Press, 1998, 230~239
- [24] 林学椿. 70 年代末、80 年代初气候跃变及其影响. 东亚季风和中国暴雨, 北京: 气象出版社, 1998, 240~249
- Lin Xuechun. Climatic jump in late 1970s through early 1980s and its effect. *East Asian Monsoon and Torrential Rain in China* (in Chinese), Beijing: China Meteorological Press, 1998, 240~249