

江淮流域的旱涝研究

钱永甫¹ 王谦谦² 黄丹青¹

¹ 南京大学大气科学系, 南京 210093

² 南京信息工程大学大气科学学院, 南京 210044

摘 要 在江淮流域, 梅雨等降水异常引发的旱涝经常发生。作者对江淮流域的灾害背景、气候特征及其影响因子等作了分析, 发现在近 50 年中, 降水有明显的年际和年代际异常, 20 世纪 80 年代以后, 该区的降水有显著增加的趋势。典型旱涝年降水异常的时空分布表明, 引起降水异常的因子非常复杂, 即使在同一年中, 不同月份的异常型也可能有差别。对于不同年份, 降水异常型更为不同。影响江淮流域降水异常的因子的作用, 可通过数值模拟进行“分离性”研究, 但由于模式的系统性误差, 模拟结果也只有参考意义。因此, 发展具有不同动力框架和热力过程的多种模式, 仍是当前的重要任务。

关键词 江淮流域 旱涝 降水异常 数值模拟

文章编号 1006-9895 (2007) 06-1279-11

中图分类号 P426.6

文献标识码 A

Studies of Floods and Droughts in the Yangtze-Huaihe River Basin

QIAN Yong-Fu¹, WANG Qian-Qian², and HUANG Dan-Qing¹

¹ Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing 210093

² School of Atmospheric Sciences, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044

Abstract Floods and droughts induced by the Meiyu anomaly often take place in the Yangtze-Huaihe River basin (YHB). In this paper the backgrounds of the flood and drought disasters, the climatological properties and the influencing factors of the Meiyu anomalies in the YHB are briefly analyzed. It is found that in recent 50 years the Meiyu amount has evident interannual and interdecadal variations. Since the 1980s precipitation has been increasing obviously in the YHB. Analysis of the temporal and spatial variations of rainfall anomalies in the typical flood and drought years shows that the factors influencing the precipitation anomalies are very complicated, so even in the same year the anomaly distribution patterns in different months are different, and for different years the patterns are more different. “Separate studies” may be carried out by use of numerical modeling for individual factors in order to depict their impacts on precipitation anomalies in the YHB. However, due to the model systematic errors the model-simulated results are only for reference. Therefore, it is necessary to develop various numerical models with different dynamic frameworks and thermodynamic processes at present and in the future.

Key words the Yangtze-Huaihe River basin, floods and droughts, precipitation anomalies, numerical simulation

1 引言

江淮地区是我国工农业生产最发达和人口密度最大的区域之一。叶笃正等^[1]的研究表明, 全国涝

灾主要集中在江淮地区。江淮地区的旱涝灾害主要发生在 6~8 月, 台风活动和梅雨的异常是旱涝灾害的主要成因, 其中 6~7 月的旱涝灾害, 大部分是由于梅雨异常所引起的。入梅的迟早、梅雨期的

收稿日期 2007-05-30, 2007-06-28 收修定稿

资助项目 国家重点基础研究发展规划项目 2004CB418300, 国家自然科学基金资助项目 40675042

作者简介 钱永甫, 男, 1938 年出生, 教授, 目前从事气候变化和预测方面的研究。E-mail: qianzh2@netra.nju.edu.cn

长短、梅雨量的丰枯以及梅雨带的漂移都会严重影响江淮地区的夏季气候状态,使该地区成为我国夏季旱涝灾害最频发的地区,灾害的严重程度也常为全国之首。在江淮地区发生的特大洪涝,如1954、1991、1998和1999年等年份的涝灾,都与梅雨的异常有关。特别是1998年,该年夏季长江流域出现了自1954年以来的全流域特大洪水,受灾面积达2120万公顷,成灾面积1310万公顷,受灾人口2.23亿,死亡1320人,直接经济损失(包括东北)达1666亿元^[2]。相反,1978年的梅雨期不明显,长江中下游地区出现大范围持续干旱高温天气,为解放以来所罕见,给农业生产带来严重的危害。而且,由于该区的经济在快速发展,梅雨洪涝造成的人民生命财产和经济损失将愈来愈大。因此,加强对江淮地区梅雨期降水的年际和年代际变化规律及其成因的研究,具有非常重要的科学意义和应用价值。

著名学者竺可桢^[3,4]、涂长望^[5,6]、么枕生^[7]、张丙辰^[8]、高由禧^[9]、刘匡南等^[10]和陶诗言等^[11,12]将梅雨作为一个天气学的科学问题来研究,并取得卓越的成果。周曾奎^[13]和林元弼等^[14]总结了1950年以后的研究成果。罗四维等^[15]则从100 hPa高层环流形势分析了梅雨与南亚高压的关系。在梅雨异常与江淮旱涝的气候学研究方面,也有很多工作。徐群^[16]指出梅雨具有明显的年际和年代际变化,且有较明显的世纪振动。我们最近的研究也发现,在江淮流域降水的集中度和集中期都在增加^[17]。

本文将介绍近年来我们在执行国家自然科学基金资助项目和国家重点基础研究发展规划项目(973)中得到的研究成果,以及其他中国学者的若

干研究成果。主要内容有:江淮流域旱涝的背景、典型年旱涝的空间分布、江淮流域旱涝的影响因子以及若干数值模拟结果。

2 江淮流域旱涝的背景

长江流域的天气与气候灾害,可分为旱、涝、剧烈天气和夏季低温四种,它们各占50%、26%、18%和6%。可见从历史上看,长江流域的旱和涝是主要的灾害,气候灾害重于天气灾害。从我国六大区域灾害引起的作物损失的地区分布看,淮河流域与华北占28%,长江流域占29%,华北占18%,华南占8%,西南占11%,西北占11%,而东北占6%。江淮流域合起来占39%。利用互联网(如“百度”和“因特网搜索”)的搜索功能,可以查到全国或地方的典型涝年的某些统计数字。

图1是1958~1997年6月和7月我国降水异常的标准差空间分布。可见,6月降水异常主要在江南和长江中下游,7月主要沿长江流域以及淮河流域。因此,6~7月的长江和淮河流域旱涝确实与梅雨异常有十分密切的关系。我们将江苏省气象台定出的各年梅雨量与6~7月的降水量求相关,得到的相关系数为0.88。将长江中下游17个代表站(南京、合肥、上海、杭州、安庆、屯溪、九江、汉口、钟祥、岳阳、宜昌、常德、宁波、衢县、贵溪、南昌、长沙)总降水量的6~7月距平百分率从1951年点绘至1998年(图2a),并对标准化距平进行线性拟合和11年滑动平均(图2b),可看出梅雨量的年际和年代际变化以及变化趋势。不难发现,若以(25%作为划分旱涝年的标准,在48年中,6~7月偏涝年(丰梅年)有:1954、1969、1980、1983、1986、1991、1993、1995、1996、1998共10

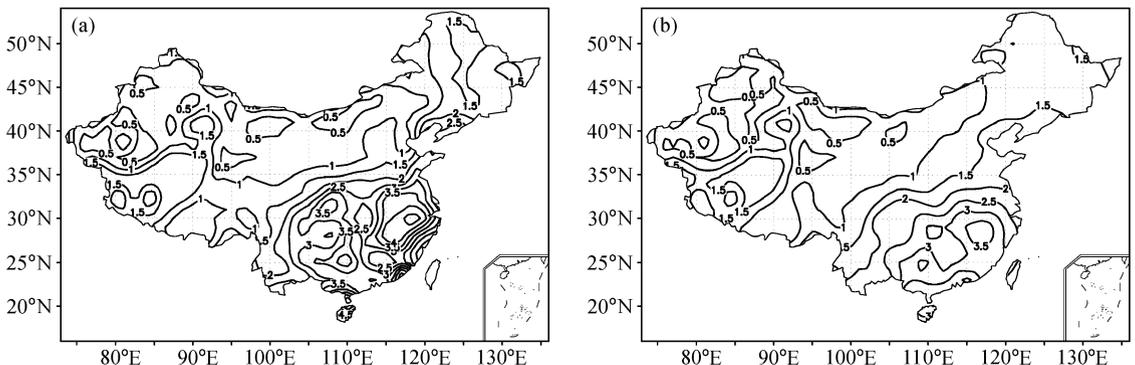


图1 1958~1997年我国降水异常的标准差空间分布:(a)6月;(b)7月

Fig. 1 The standard deviation of precipitation anomalies in China during 1958-1997: (a) Jun; (b) Jul

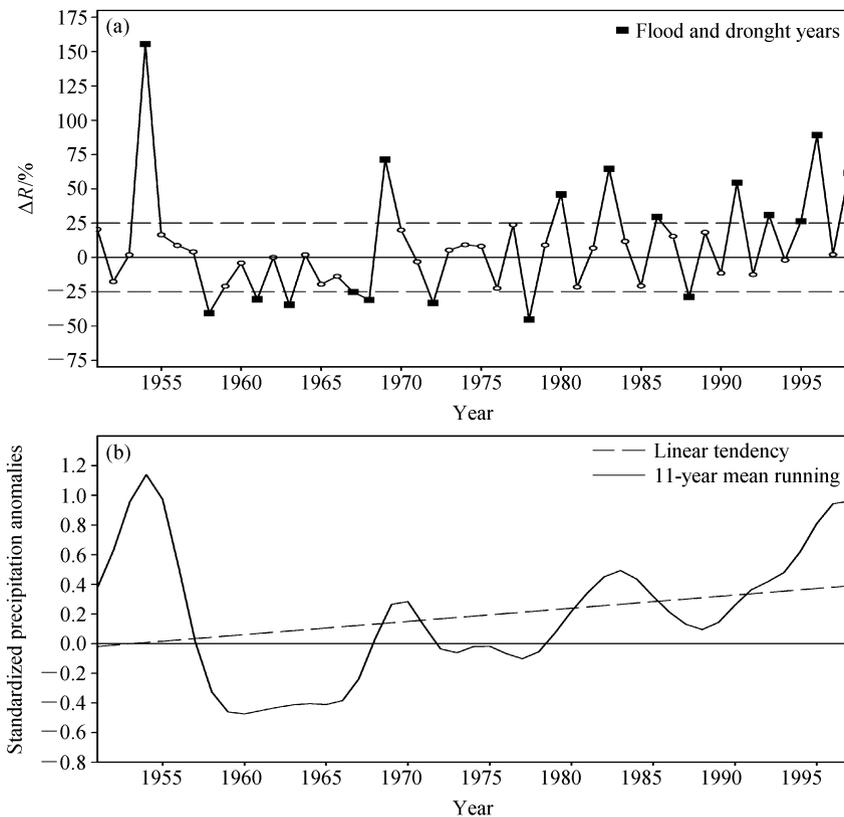


图2 长江中下游6~7月降水距平百分率(ΔR)的 annual 变化(a, 气候平均取1961~1990年)以及标准化距平的11年平滑曲线(b)
Fig. 2 Precipitation anomalies percentage (ΔR) in the middle and lower reaches of the Yangtze River in Jun and Jul (a, climatology mean is 1961-1990) and the 11-year running average of the standardized anomalies of precipitation (b)

年, 偏旱年(少梅年)有: 1958、1961、1963、1967、1968、1972、1978、1988 共 8 年。偏涝年多在 1980 年以后, 偏旱年多在 1980 年之前。

整个夏季的旱涝年与梅雨多少年有所不同, 夏季典型旱涝年为: 涝年有 1954、1962、1969、1977、1980、1983、1989、1991、1993、1995、1998 和 1999 共 12 年。旱年有 1959、1961、1966、1967、1971、1972、1978、1979、1985 和 1992 共 10 年。不难看出, 12 个涝年中, 有 8 个在 1980 年之后, 而 10 个旱年中, 有 8 个在 1980 年以前。可见, 无论是梅雨量还是夏季降水量, 在 1980 年左右, 都发生明显的年代际变化。

3 典型旱涝年降水异常的空间分布

旱涝与降水的正负异常并非等同, 但确有密切联系。长江旱涝最易发生于 6~7 月, 但每个旱涝年的降水异常都有不同的空间和时间分布。图 3 给出长江流域典型旱涝年我国降水异常的空间分布。

1954 年是大水年, 这一年从 5 月开始长江下游和江南就出现明显的降水异常, 6 月异常区基本不变。7 月整个长江和淮河流域都出现很大的降水异常值。因此, 5~7 月平均的降水异常大值区主要在江南和长江下游区(图 3a)。1978 年, 全国都偏旱, 长江流域尤甚。6~7 月华南、江南和长江淮河流域都出现降水的负距平, 8 月则出现在江南、江淮流域和黄河流域。只有 7 月的黄河流域和 8 月的华北和黄河流域有较明显的降水正距平。因此, 这一年夏季 6~8 月平均的降水负距平几乎占据黄河下游以南的整个中国东部地区, 长江中游和淮河流域为负距平的极值区(图 3b)。1991 年, 降水异常的分布相当特殊。5 月, 降水正异常主要集中在长江以北至华北地区, 江南和华南降水明显偏少。6 月, 降水异常分布形势与 5 月相似, 但正异常区南移, 长江下游和江南北部成为正异常的大值区。7 月, 长江中下游成为明显而狭窄的降水正异常带, 其两侧都出现降水的负距平。因此, 5~7 月的平均降水异

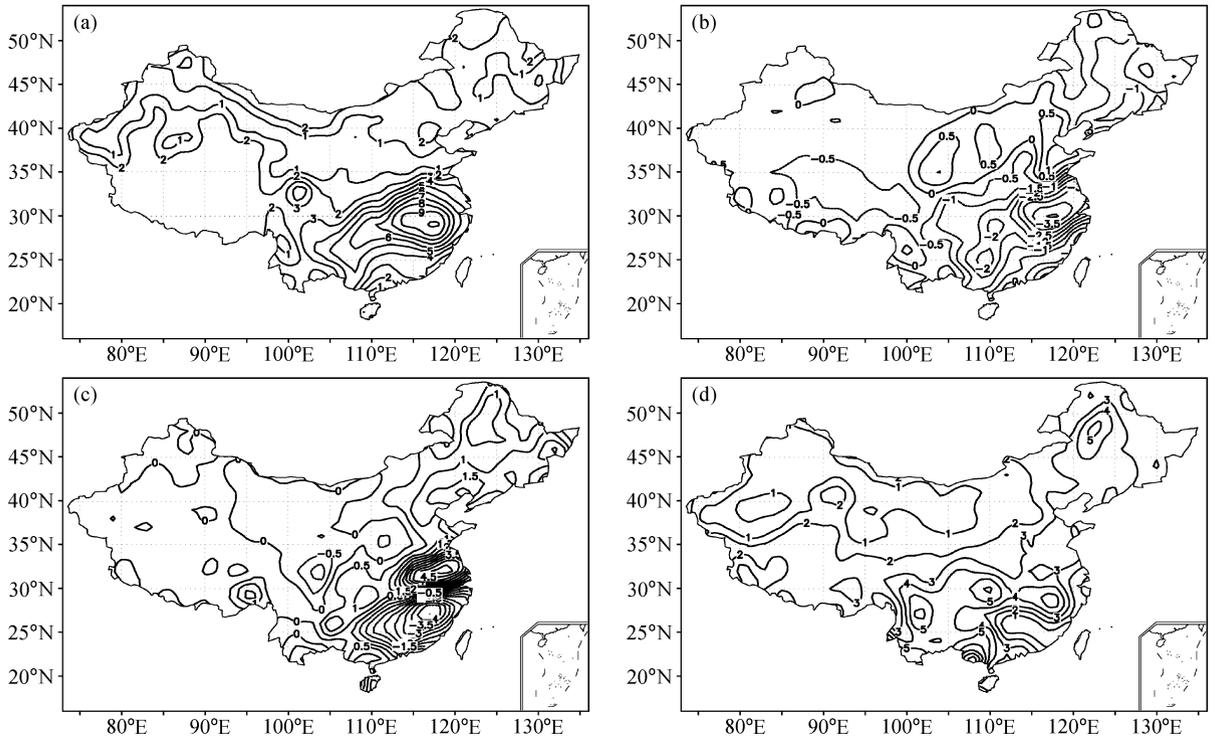


图3 典型旱涝年降水异常的区域分布(单位: mm/d): (a) 1954年5~7月平均; (b) 1978年6~8月平均; (c) 1991年5~7月平均; (d) 1998年6~8月平均

Fig. 3 Distributions of precipitation anomalies (mm/d) in typical flood and drought years: (a) Average from May to Jul in 1954; (b) average from Jun to Aug in 1978; (c) as in (a), but in 1991; (d) as in (b), but in 1998

常主要集中于江淮流域(图3c)。1998年,6月的降水正异常主要集中于华南、江南和长江中下游,7月,华南变为降水的负异常区,江南、长江中下游和江淮之间变为明显的正异常区。8月,降水正异常大值区在长江中游,整个长江淮河流域有明显的正距平,其两侧则为负距平区,东北又为正距平区。夏季平均而言,正异常区在长江淮河流域、我国西南和东北(图3d)。

由此可见,从长江流域典型旱涝年我国降水异常的时间和空间分布看,虽然异常区的分布几乎在每一个月都可以相似于我国学者得到的几种型^[18],但在同一年中,不同月份的异常型可有差别。这说明对同一年不同月份的降水异常而言,可能存在不同的影响因子。对于不同年份,降水异常型更为不同,虽然江淮流域都是极值区,但有的年降水异常中心在江南和长江中下游(如1954和1998年),有的年异常中心却在长江以北至淮河(如1991年)。这也说明不同年份影响降水异常的因子有差别。因此,在我们的研究工作中,既要注意其共性,设法

寻找影响江淮流域降水异常的首要因子,又不可拘泥于首要因子,企图用首要因子来解释所有的异常而忽略了其它因子,因为这些非首要因子的作用可能会改变首要因子的作用。

4 影响长江淮河流域降水异常的主要因子

寻找影响江淮流域降水异常的首要因子是我们研究工作的主要目的,找到了首要因子后,就可进行机制和预测方法的研究。但是,首要因子并非只有一个。因此,我们将其称为主要因子。某些月或某些年,某个主要因子起了作用,则自然成为首要因子。

4.1 ENSO影响

关于ENSO对我国夏季气候变化影响的研究已有很多^[19-21]。但对ENSO影响长江流域夏季降水的事实和机制,尚无一致和明确的结论。事实上,ENSO是热带海气相互作用的表征,对热带天气气候的影响比较确定。我国长江淮河流域已

在热带之外, ENSO 即使有确定的影响, 但可能被其它因子的作用所改变, 使其影响表现为不确定。

我们将 1951 年以来的 ENSO 暖事件 (El Niño 事件) 发生的前一年、当年和后一年我国降水距平进行合成, 所用的 El Niño 年为 1951 年 8 月~1952 年 4 月、1953 年 4 月~1953 年 10 月、1957 年 4 月~1958 年 8 月、1963 年 7 月~1964 年 1 月、1965 年 5 月~1966 年 3 月、1968 年 10 月~1970 年 1 月、1972 年 6 月~1973 年 3 月、1976 年 6 月~1977 年 3 月、1982 年 9 月~1983 年 9 月、1986 年 10 月~1988 年 3 月、1991 年 5 月~1992 年 10 月、1993 年 5 月~1994 年 1 月、1994 年 11 月~1995 年 5 月和 1997 年 5 月~1998 年 4 月共 14 次。结果发现, 在 ENSO 暖事件 (El Niño 事件) 前一年, 我国北方降水偏多, 江淮流域、江南和华南等区偏少; 但量值均很小。在当年, 6 月的华南, 7 月的长江黄河之间, 8 月的江南和江淮地区, 均有降水的正距平, 夏季合成时, 只有华南和西南、淮河流域以及东北东部有正距平, 长江沿线是负距平。在后一年, 6 月华南至江南有明显的正距平, 7 月较大正距平区

在长江中游, 8 月全国都没有明显异常区, 夏季平均只有江南和长江中游的距平较明显 (图 4)。可见, ENSO 的影响主要表现在次年, 且各个月份的影响区有所不同, 这可能与大气环流本身的季节变化有关。

ENSO 事件对江淮流域梅雨的影响, 还有季节的依赖性, 发生在不同季节, 对同期和后期降水的影响也有不同。我们以 El Niño 事件为例, 将不同季节发生的 El Niño 事件的同期和后期的梅雨异常列于表 1 中。从表 1 可见, 在 1953~2005 年间共发生 14 次 El Niño 事件, 其中 7 次始发于春季, 当年夏季江淮流域都是洪涝年或正常年, 而次年的夏季都是正常年或旱年, 甚至出现特旱年 3 次。始发于夏季的 El Niño 事件有 3 次, 对应同年夏季为涝年的 1 次, 其余为正常年; 次年夏季多发生洪涝 (1977 年为正常年), 且有一次为特大洪涝灾害。始发于秋冬季 El Niño 事件有 4 次, 次年夏季都发生了洪涝, 甚至有 2 次为特大洪涝。在 1951~2005 年间, 江淮流域共发生过 5 次特大洪涝灾害 (1954、1983、1991、1996 和 1998), 均发生在 El Niño 事件的当年或次年夏季。综合表 1 可得出结

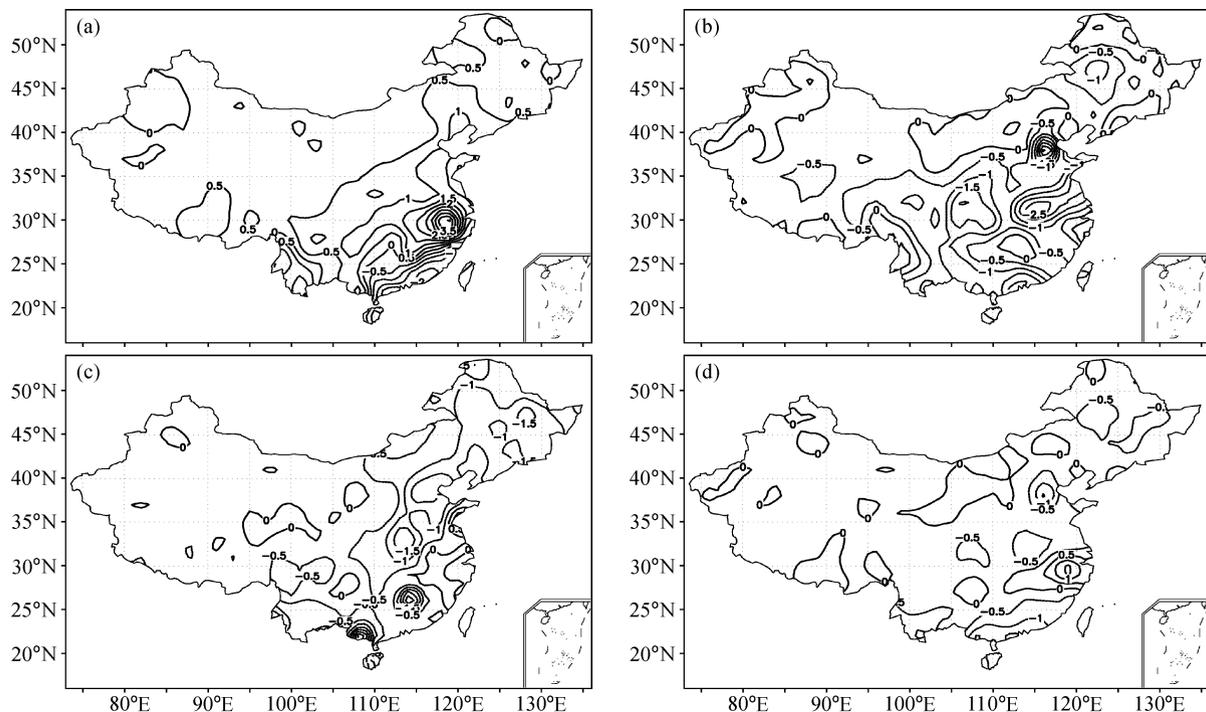


图 4 ENSO 次年我国夏季降水距平合成图 (单位: mm/d): (a) 6 月; (b) 7 月; (c) 8 月; (d) 夏季平均

Fig. 4 Composite summer precipitation anomalies (mm/d) in the following year of ENSO in China: (a) Jun; (b) Jul; (c) Aug; (d) summer average

表 1 El Niño 发生季节与江淮流域夏季旱涝情况对照表 (1951~2005 年)

Table 1 The relationship between floods and droughts in the Yangtze River-Huaihe River basin and El Niño occurrence seasons (1951 - 2005)

El Niño 始发季节	影响年	江淮流域夏季旱涝情况
春季	当年	1957 年涝、1963 年涝、1965 年涝、1969 年涝、1991 年特涝、1993 年涝、2002 年正常
	次年	1958 年特旱、1964 年正常、1966 年特旱、1970 年正常、1992 年旱、1994 年特旱、2003 年正常
夏季	当年	1972 年涝、1976 年正常、1997 年正常
	次年	1973 年涝、1977 年正常、1998 年特涝
秋冬季	次年	1954 年特涝、1983 年特涝、1987 年涝、1995 年涝

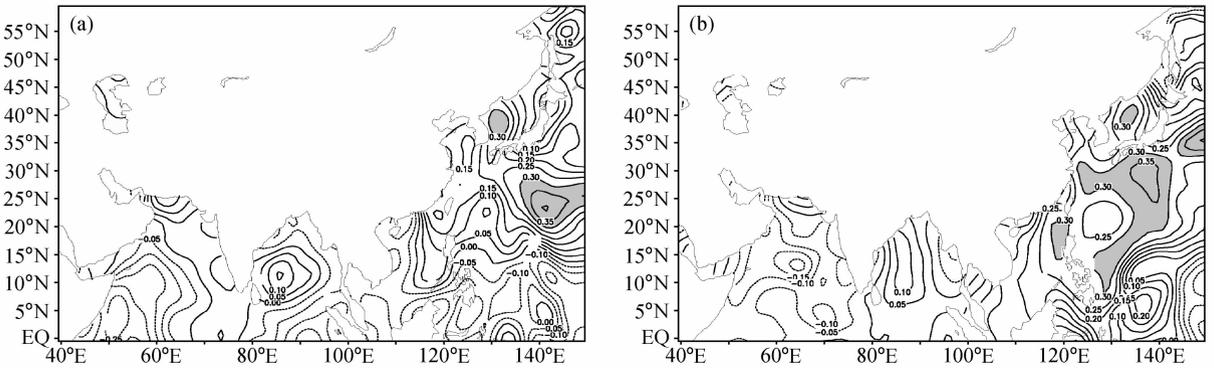


图 5 海温异常与 6 月长江中下游降水异常的相关系数分布: (a) 前一年 10 月; (b) 当年 2 月。阴影区超过 0.05 信度

Fig. 5 The correlation distribution between SST anomalies (SSTA) and precipitation anomalies in Jun in the middle and lower reaches of the Yangtze River: (a) The preceding Oct; (b) Feb in the year. The areas with significance level over 95% are shaded

论,即当年春夏季有 El Niño 发生时当年夏季降水偏多,当年夏、秋和冬季有 El Niño 发生时,次年夏季降水偏多,可见 El Niño 对降水的正影响约为一年,一年后变为负影响。如当年春季发生的 El Niño 对次年夏季降水为负影响。这一结果对气候预测有重要的意义。

4.2 中国邻海海温异常的影响

我国邻海的海温异常对江淮流域的夏季降水有直接的影响。因为,这种海温异常直接改变了我国东部地区海陆热力对比。同时,我国邻海的海温异常并非孤立的现象,而是全球海温异常型的一种表征,因此代表了全球海洋中的某种海温异常型。

王谦谦等^[22]用数值试验证明,在相似的全海洋海温异常空间结构下,在我国邻海加入海温负距平,可模拟出长江中下游的降水偏少。这正是 1992 年与 1991 年降水分布的差异所在。王谦谦等^[23]还发现,西北太平洋我国近海区的海温异常,对预测我国长江流域 6 月降水有重要参考意义。图 5 是他们找到的海温异常关键区。由图 5 可见,在长江中下游 6 月降水之前的前一年 10 月和当年 2

月,在西北太平洋即可找到海温异常的信号。

王慧和王谦谦^[24]通过淮河流域(7 个代表站为信阳、阜阳、蚌埠、清江、东台、徐州、新浦)夏季降水异常与前期太平洋海温异常的相关分析发现,北太平洋 162.5°W~177.5°W 和 36.5°N~41.5°N 可作为关键海区,前一年 8~10 月为关键时段。在 1950~1994 年 45 年中选取 10 个多雨年和 14 个少雨年,将其前一年 8~10 月的海温异常进行合成,发现它们有明显的差异(图 6)。

4.3 对流层和平流层环流异常以及季风异常的影响

研究发现^[25, 26],当南亚高压异常增强,赤道及低纬地区为最大高度正异常带,长江地区高层东风减弱,则易造成长江流域涝、华北地区旱;当南亚高压异常减弱,赤道附近为高度负异常带,华北东、西两边各有高度正异常大值区,长江、华北高层东风增强,则易造成长江流域旱,华北地区涝。同时,长江流域、华北地区的旱涝经常呈反相分布,长江流域涝时,华北为旱;长江流域旱时,华北为涝。根据前期南亚高压的异常状况,结合 100 hPa 高

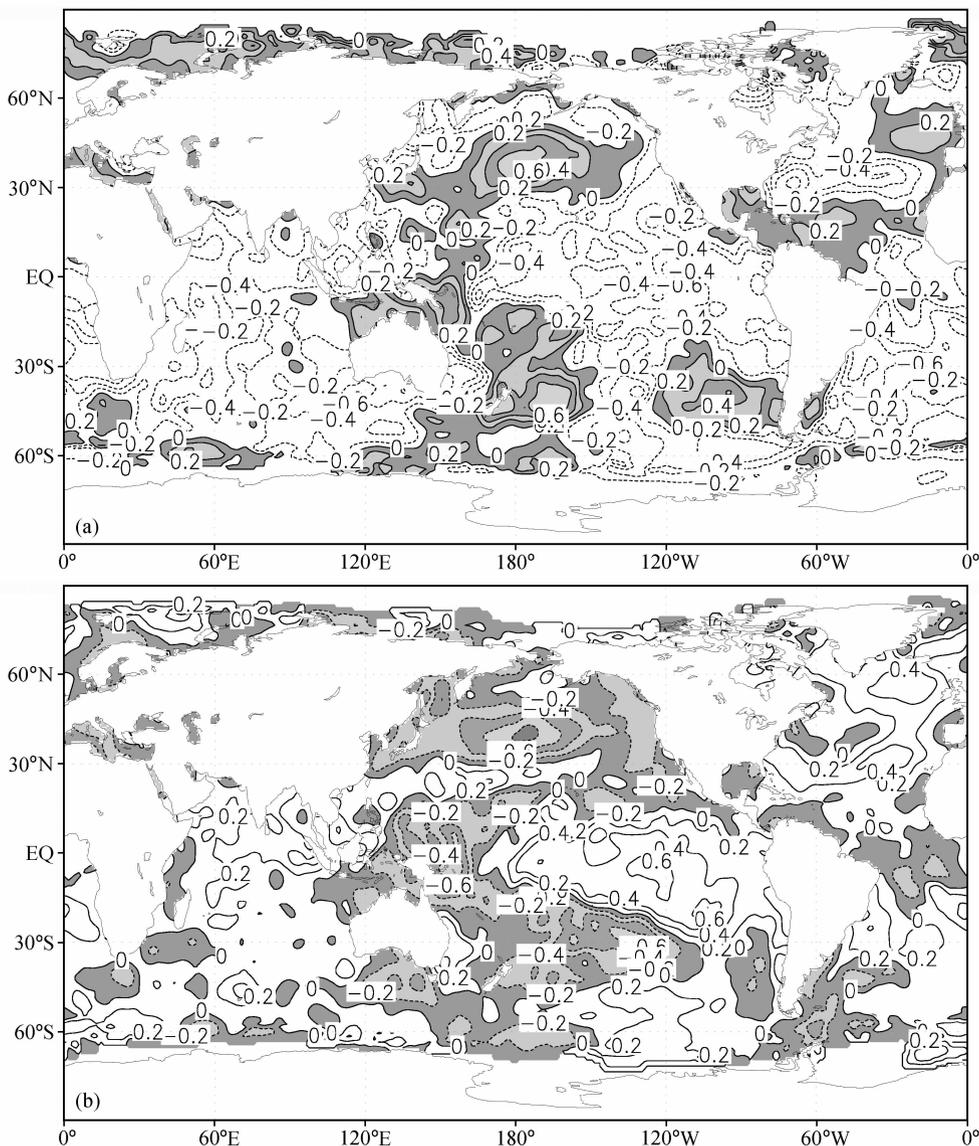


图 6 淮河流域多雨年 (a, 阴影区为正距平区) 及少雨年 (b, 阴影区为负距平区) 前期 8~10 月 SSTA 的合成分布

Fig. 6 Synthetic distributions of SSTA during the preceding Aug - Oct of (a) flood years and (b) drought years in the Huaihe River basin. The shaded areas show positive and negative anomalies in (a) and (b), respectively

度异常和环流异常的分布形势, 可以预测后期长江流域和华北地区的旱涝。通过 SVD (奇异值分解) 分析发现, 冬季的 100 hPa 高度异常和环流异常可在一定程度上预测来年夏季长江淮河流域的降水异常。

金祖辉等^[27] 通过统计分析指出, 当亚洲季风较弱时, 由季风造成的位于孟加拉湾北部的亚洲降水中心也相应减弱, 华南降水减少, 而江淮流域降水会有所增加, 华南与江淮流域降水的变化呈反相关关系, 这可能与华南主要受季风影响, 而江淮流域

则主要由西风带与季风环流共同作用有关。姚永红等^[28] 用湿位涡表示的南海季风指数与长江流域和我国区域降水也有较好的相关性。

4.4 青藏高原积雪异常的影响

我们利用 1956 年 12 月~1998 年 12 月共 42 年青藏高原及其附近地区 78 个积雪观测站的雪深和我国 160 站月降水的距平资料, 分析了其气候特征, 并用 SVD 方法分析了冬春季积雪异常与春夏季我国降水异常的关系^[29]。

图 7 是冬季积雪和春季降水以及冬季积雪和夏

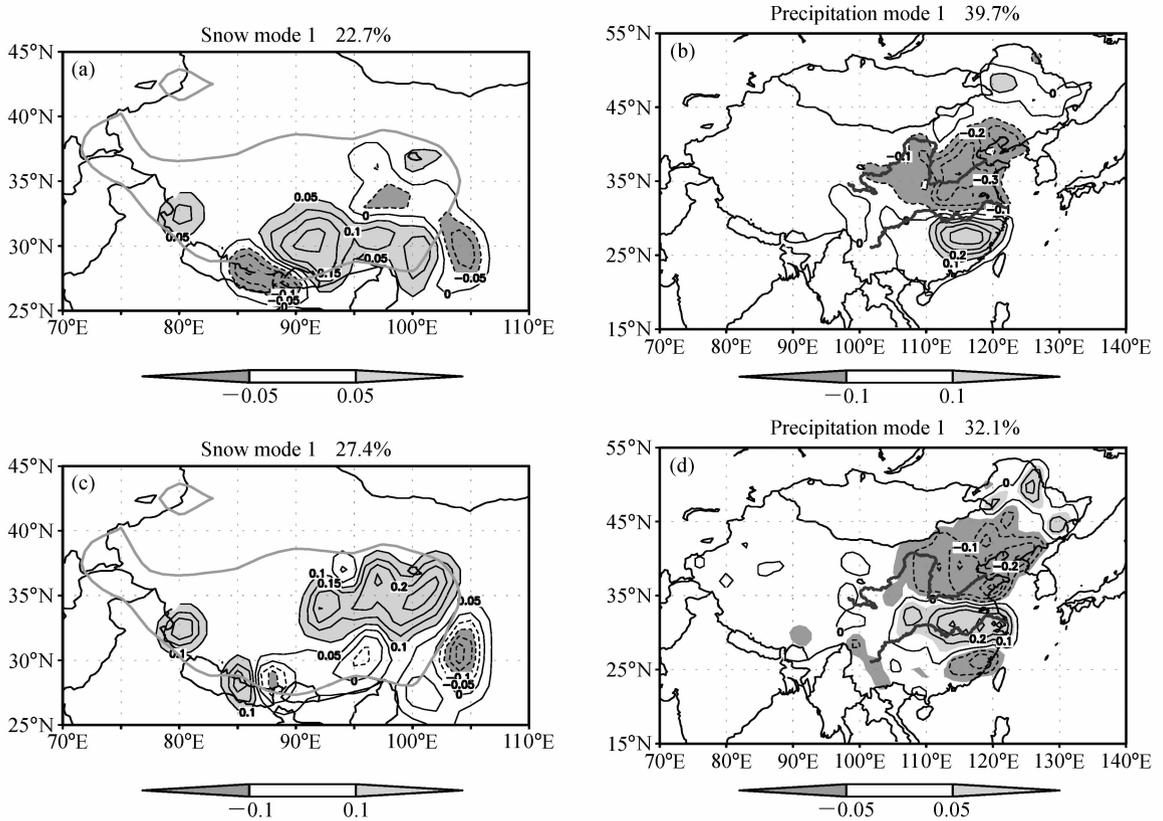


图7 冬季积雪和春季降水 (a、b) 以及冬季积雪和夏季降水 (c、d) SVD 第一模态左 (积雪, a、c)、右 (降水, b、d) 场的空间分布。阴影区为通过 0.05 信度的地区

Fig. 7 Distributions of (a, c) the left field (snow) and (b, d) the right field (precipitation) of the first mode for SVD (Singular Value Decomposition) of (a, b) winter snow and spring precipitation and (c, d) winter snow and summer precipitation. The areas with significance level over 95% are shaded

季降水 SVD 第一模态左 (积雪)、右 (降水) 场的空间分布型。阴影区为通过 0.05 信度的地区。可见, 冬季高原南部积雪增加, 其两侧雪深减小, 春季江南降水增加, 淮河流域至华北降水减小; 冬季高原东北部积雪增加, 南部减小, 夏季江淮流域降水增加, 而华北和东南沿海地区降水减小。春季降水异常和夏季降水异常对春季积雪异常的空间响应区与对冬季积雪异常的空间响应区基本一致 (图略), 但对春季降水异常型, 春季积雪异常区在高原东北部为正异常, 在 (25°N~30°N, 85°E~90°E) 为负异常, 对夏季降水异常型, 春季积雪异常区在高原东部的中部地区为明显的正异常, 两侧正异常减小, 在 (25°N~30°N, 85°E~90°E) 为负异常的中心, 但中心的负异常值很小。说明春季高原整体积雪偏多时, 春季和夏季降水异常的空间响应区虽然不同, 但对华北和东东南部降水的影响是共同的, 即华

北和东东南部降水都减小。

5 若干数值模拟的结果

数值模式是研究气候变化机制的可靠和有力工具。在研究气候变化时, 除了应有性能良好的各种模式, 还应设计合理的试验方案。有关长江淮河流域旱涝 (降水异常) 的诊断研究已有不少, 研究其机制的数值模式却仍有待改进。本文只介绍若干敏感性数值试验的结果。

1997 年 4 月开始爆发 20 世纪最强的一次 ENSO 事件, 这一事件一直延续至 1998 年 5 月。这次 ENSO 事件期间, 世界各地的气候都有明显异常, 我国降水和气温的异常也是如此。问题是这种异常是否是 ENSO 事件的结果? 这只有通过数值模拟在一定程度上可予以回答。

1997 年 6 月华南降水偏多, 北方降水偏少; 7

月, 从长江中下游至华南都是降水正异常区; 8 月, 江南、江淮下游和东北有正异常。夏季平均则只有长江以南的我国东部地区为多雨区 (图 8a)。我们利用 LASG/GOALS 模式中的大气模式^[30], 对夏季降水异常分布进行了模拟, 数值积分从模式产生的 1 月 1 日场开始, 用 1997 年各月海温距平作为强迫场, 积分至 8 月 31 日, 得到 6~8 月各月和夏季平均 (图 8b) 的降水异常分布。结果表明, 由于只考虑了海温异常的强迫, 模拟结果与实况有较大差异, 模拟出的降水正异常区在长江流域、西南和东北。这说明 1997 年的降水异常并非主要受 ENSO 事件的影响。更详细的分析可参看文献^[31]。

1998 年是 ENSO 由发展变为减弱, 并转变为 La Niña 的一年。江淮流域的洪涝十分显著。我们利用 $P-\sigma$ 区域气候模式对 1998 年 5~8 月的降水进行了模拟, 并与实况作了对比, 发现 $P-\sigma$ 区域气候模式较好地模拟出了该年的降水空间分布和时间演变的特征 (图 9)。因此, 1998 年我国降水异常受 ENSO 事件的影响较 1997 年更为明显。

前面已提到, 青藏高原对我国天气气候有重要影响, 这种影响主要由高原及其周边地区的热力异常所产生, 如冬春季积雪的异常。我们用改进过的 NCAR 第二代区域气候模式 (RegCM2) 对积雪异常的影响进行了数值模拟^[29]。模拟结果表明, 青藏

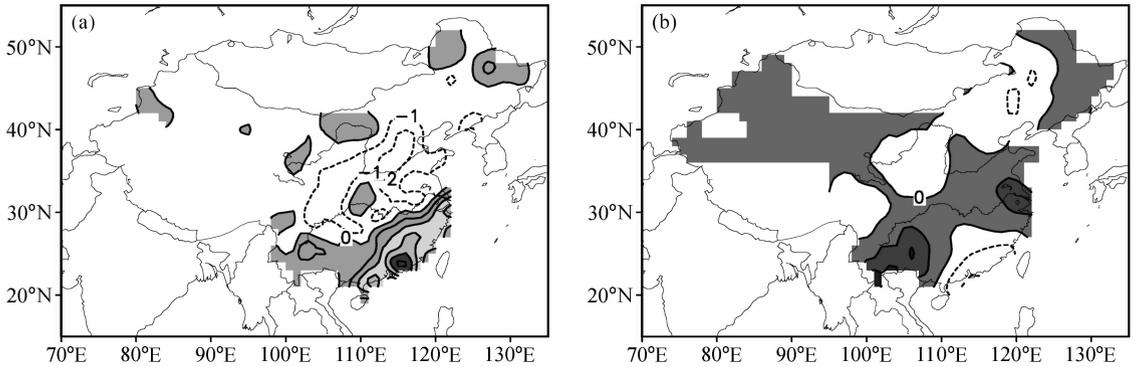


图 8 1997 年夏季我国降水异常的区域分布 (单位: mm/d): (a) 实况; (b) 模拟
Fig. 8 Distributions of precipitation anomalies (mm/d) in the summer of 1997 in China: (a) Observation; (b) simulation

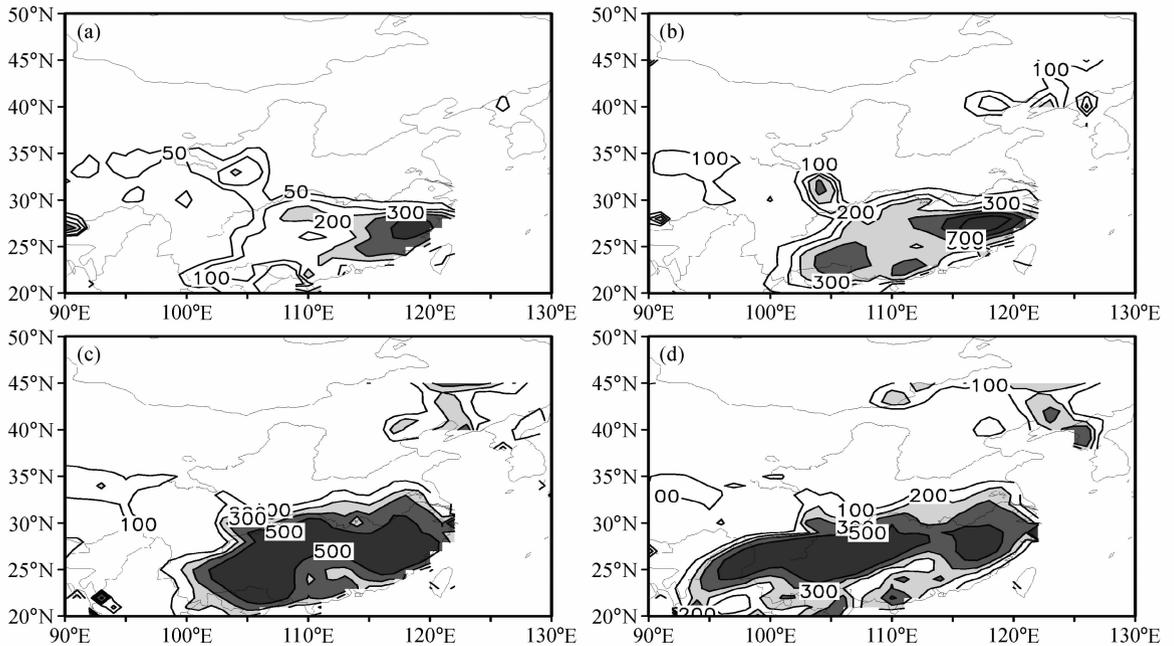


图 9 1998 年模拟的降水分布: (a) 5 月; (b) 6 月; (c) 7 月; (d) 8 月
Fig. 9 Distributions of simulated precipitation in 1998: (a) May; (b) Jun; (c) Jul; (d) Aug

高原积雪异常对中国夏季风气候的影响是显著的。积雪的增加会明显减弱亚洲夏季风的强度,使江淮流域的降水增多。高原冬季雪深异常对后期气候的影响比冬季积雪面积异常和春季雪深异常的影响都大。分析积雪影响的机制时发现,青藏高原积雪异常对中国夏季风气候的影响是通过“湿土壤”与大气的相互反馈作用而达到的。“湿土壤”与“干土壤”有本质的不同。“干土壤”没有“记忆”功能,土壤和大气中的异常信息很快被“干土壤-大气”系统遗忘。“湿土壤”可以将青藏高原积雪异常的信息长期保留,从而与大气环流发生长期的相互作用,与海气相互作用类似,“湿土壤-大气”系统的这种“记忆”功能正是青藏高原积雪异常对中国春夏季降水影响的主要机理。

6 主要结论

在长江淮河流域,旱涝经常发生。在近 50 年中,降水有明显的季节和年际异常,20 世纪 80 年代以后,该区的降水有显著增加的趋势。

典型旱涝年降水异常的时空特征互不相同,即使在同一年中,不同月份的异常型可有差别。对于不同年份,降水异常型更为不同。表明引起降水异常的因子非常复杂。

影响江淮流域降水异常的因子很多,有 ENSO 事件、我国邻海及全球海洋的海温异常、青藏高原冬春季积雪以及大气环流的异常等。它们有时是以某个因子为主,有时是共同作用的影响。从而在诊断分析中很难将它们分离,使各个因子的作用具有不确定性。因此,试图通过单一因子预测江淮流域的旱涝,看来很难成功。

全球和区域气候模式是研究江淮流域降水异常机理的有力工具,但由于模式的系统性误差,即“气候漂移”,模拟结果也只有参考意义。而且,从目前模式水平看,尚不能区分出“最好的”模式,各个模式往往具有其特有的优点和缺陷。因此,发展具有不同动力框架和热力过程的多种模式,仍是当前的重要任务。

参考文献 (References)

- [1] 叶笃正, 黄荣辉, 等. 长江、黄河流域旱涝规律和成因研究. 济南: 山东科学技术出版社, 1996. 387pp
Ye Duzheng, Huang Ronghui, et al. *Research on the Regularity and Cause of Droughts and Floodings in the Yangtze River Valley and the Yellow River Valley* (in Chinese). Jinan: Shandong Science and Technology Press, 1996. 387pp
- [2] 中国气象局国家气候中心. 98 中国大洪水与气候异常. 北京: 气象出版社, 1998. 137pp
National Climate Center. 1998 *China Floods and Climate Anomalies* (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 1998. 137pp
- [3] 竺可桢. 东南季风与中国之雨量. 地理学报, 1934, **1**: 1~26
Zhu Kezhen. Southeast monsoon and China precipitation. *Acta Geog. Sinica* (in Chinese), 1934, **1**: 1~26
- [4] 竺可桢. 中国气候概论. 气象研究所集刊, 1935, Vol. VII
Zhu Kezhen. Introduction to China climate. *Memoir of the National Research Institute of Meteorology* (in Chinese), 1935, Vol. VII
- [5] 涂长望. 中国锋面和平均气流的初步分析. 气象研究所集刊, 1937, **11** (3): 1~11
Tu Changwang. A preliminary study on the mean air currents and fronts of China. *Memoir of the National Research Institute of Meteorology* (in Chinese), 1937, **11** (3): 1~11
- [6] 涂长望. 中国之气团. 气象研究所集刊, 1938, **12** (2): 1~50
Tu Changwang. The air masses of China. *Memoir of the National Research Institute of Meteorology* (in Chinese), 1938, **12** (2): 1~50
- [7] 么枕生. 中国中部静止锋及其在两湖盆地发展的波动. 气象研究所集刊, 1939, **13** (1): 1~17
Yao Zhensheng. The stationary cold fronts of central China and the wave-disturbances developed over the lake-basin. *Memoir of the National Research Institute of Meteorology* (in Chinese), 1939, **13** (1): 1~17
- [8] 张丙辰. 中国气团之交绥与中国天气. 气象学报, 1949, **20** (1): 32~38
Jang Pin-chen. Air masses interactions and the weather of China. *Acta Meteor. Sinica* (in Chinese), 1949, **20** (1): 32~38
- [9] 高由禧. 1946 年长江流域的梅雨. 气象学报, 1952, **23**: 61~84
Gao Youxi. Meiyu in mid-lower Yangtze valley in 1946. *Acta Meteor. Sinica* (in Chinese), 1952, **23**: 61~84
- [10] 刘匡南, 邬鸿勋. 近百年东亚夏季自然天气季节的划分及夏季特征的初步探讨. 气象学报, 1956, **27**: 219~242
Liu Kuangnan, Wu Hung-shun. A preliminary study on the determination of natural synoptic summer season over Asiatic natural synoptic region and the prevailing weather process in this season. *Acta Meteor. Sinica* (in Chinese), 1956, **27**: 219~242
- [11] 陶诗言, 赵煜佳, 陈晓敏. 中国之梅雨. 中央气象局论文集, 1958, 4
Dao Shih-yen, Zhao Yujia, Chen Xiaomin. Meiyu in China. *Meteorological Collected Papers of China Meteorological*

- Administration (in Chinese), 1958, 4
- [12] 陶诗言, 赵煜佳, 陈晓敏. 东亚的梅雨与亚洲上空大气环流季节变化的关系. 气象学报, 1958, **29** (2): 119~134
Dao Shih-yen, Zhao Yujia, Chen Xiaomin. The relationship between Mei-Yu in Far East and behavior of circulation over Asia. *Acta Meteor. Sinica* (in Chinese), 1958, **29** (2): 119~134
- [13] 周曾奎. 江淮梅雨. 北京: 气象出版社, 1996. 210 pp
Zhou Zengkui. *Meiyu in the Yangtze-Huaihe Basin* (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 1996. 210 pp
- [14] 林元弼, 汤明敏, 陆森娥, 等. 天气学. 南京: 南京大学出版社, 1988. 347~356
Lin Yuanbi, Tang Mingmin, Lu Sen'e, et al. *Synoptic Meteorology* (in Chinese). Nanjing: Nanjing University Press, 1998. 347~356
- [15] 罗四维, 钱正安, 王谦谦. 夏季 100 hPa 青藏高压与我国东部旱涝关系的天气气候研究. 高原气象, 1982, **1** (2): 1~10
Luo Siwei, Qian Zheng'an, Wang Qianqian. The climatic and synoptical study about the relation between the Qinghai-Xizhang high pressure on the 100 hPa surface and flood and drought in East China in summer. *Plateau Meteorology* (in Chinese), 1982, **1** (2): 1~10
- [16] 徐群. 近八十年长江中下游的梅雨. 气象学报, 1965, **35** (4): 507~518
Hsu Chun. An analysis of Mei-Yu in the middle and lower Yangtze valley of recent eighty years. *Acta Meteor. Sinica* (in Chinese), 1965, **35** (4): 507~518
- [17] Zhang Lujun, Qian Yongfu. Annual distribution features of the yearly precipitation in China and their interannual variations. *Acta Meteor. Sinica* (in Chinese), 2003, **17** (2): 246~263
- [18] 邓爱军, 陶诗言, 陈烈庭. 我国汛期降水的 EOF 分析. 大气科学, 1989, **13** (3): 289~295
Deng Aijun, Tao Shiyun, Chen Lieting. The EOF analysis of rainfall in China during monsoon season. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (Scientia Atmospherica Sinica)* (in Chinese), 1989, **13** (3): 289~295
- [19] 符淙斌, 腾星林. ENSO 与中国夏季气候的关系. 大气科学, 1988, **12** (特刊): 133~141
Fu Congbin, Teng Xinglin. Relationship between ENSO and China summer climate. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (Scientia Atmospherica Sinica)* (in Chinese), 1988, **12**(Suppl.): 133~141
- [20] Huang Ronghui, Wu Yifang. The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanism. *Adv. Atmos. Sci.*, 1989, **6** (1): 21~32
- [21] 李存强. ENSO 事件爆发的当年及次年中国降水特征的初步分析. 高原气象, 1991, **10** (1): 78~82
Li Cunqiang. A preliminary analysis of precipitation characteristics of China in the years of ENSO phenomena and their following years. *Plateau Meteorology* (in Chinese), 1991, **10** (1): 78~82.
- [22] Wang Qianqian, Qian Yongfu, Ge Zhaoxia. Numerical experiments of the effects of sea surface temperature anomalies over the Pacific on precipitation in 1991. *Acta Meteor. Sinica*, 1995, **9** (2): 207~214
- [23] Wang Qianqian, Qian Yongfu, Wang Yehong. Effects of SSTA in key adjacent ocean areas on June precipitation in the middle and lower reaches of the Changjiang River of China. *Dynamics of Atmospheric and Oceanic Circulations and Climate*. Beijing: China Meteorological Press, 2001. 652~662
- [24] 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. 南京气象学院学报, 2002, **25** (1): 45~54
Wang Hui, Wang Qianqian. Relationship between summer precipitation anomalies in the Huaihe basin and SSTA over the North Pacific. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology* (in Chinese), 2002, **25** (1): 45~54
- [25] 黄樱, 钱永甫. 南亚高压与华北夏季降水特征的关系. 高原气象, 2003, **22** (6): 602~607
Hung Ying, Qian Yongfu. Relationships between South Asian high and summer rainfall in North China. *Plateau Meteorology* (in Chinese), 2003, **22** (6): 602~607
- [26] 黄燕燕, 钱永甫. 长江流域、华北降水特征与南亚高压的关系分析. 高原气象, 2004, **23** (1): 68~74
Huang Yanyan, Qian Yongfu. Relationship between South Asian high and characteristic of precipitation in mid-and lower-reaches of Yangtze River and North China. *Plateau Meteorology* (in Chinese), 2004, **23** (1): 68~74
- [27] 金祖辉, 村上胜人. 东亚季风区对流活动的年际变异及与江淮地区旱涝关系的研究. 亚洲季风研究的新进展. 北京: 气象出版社, 1996. 88~97
Jin Zuhui, Murakami M. The interannual variation of convective activities in the East Asian monsoon area and its relation to the drought and flooding over the Yangtze and Huaihe River valley. *The Recent Advances in Asian Monsoon Research* (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 1996. 88~97
- [28] 姚永红, 钱永甫. 用湿位涡定义的南海西南季风指数及其与我国区域降水的关系研究. 南京大学学报(自然科学版), 2001, **37** (6): 781~788
Yao Yonghong, Qian Yongfu. A study on the South China Sea monsoon index and the relationship between the index and regional rainfalls of China. *Journal of Nanjing University (Natural Sciences)* (in Chinese), 2001, **37** (6): 781~788
- [29] Qian Yongfu, Zheng Yiqun, Zhang Yan, et al. Responses of China's summer monsoon climate to snow anomaly over the Tibetan Plateau. *International Journal of Climatology*, 2003, **23**: 593~613
- [30] Wu G X, Liu H, Zhao Y C, et al. A nine-layer atmospheric general circulation model and its performance. *Adv. Atmos. Sci.*, 1996, **13** (1): 1~18
- [31] Qian Yongfu, Wang Qianqian. Numerical simulations of anomalies of precipitation and surface air temperature in China in the summer of 1997. *Adv. Atmos. Sci.*, 2000, **17** (2): 221~233