

初夏东亚-太平洋大气热源与长江流域及邻近地区 7、8月降水异常的关系

简茂球¹ 乔云亭¹ 罗会邦¹ 陈文²

1 中山大学季风与环境研究中心, 大气科学系, 广州 510275

2 中国科学院大气物理研究所, 北京 100080

摘要 用1958~2000年NCEP/NCAR再分析资料、中国160站降水量及1958~1998年月平均海温资料分析了中国夏季相邻月份降水异常型的相关特征, 及其与大气热源的关系和相关物理过程。结果表明, 7月长江流域的降水异常与8月长江和黄河之间地区的降水异常有很好的同号性。7、8月长江流域及附近地区持续性偏旱(涝)与太平洋洋盆尺度的大气热源异常有关, 并与前期5、6月热带中、东太平洋大范围的热源异常、青藏高原热源异常也有密切的联系, 即当5、6月赤道东太平洋的大气热源正异常, 而赤道中太平洋北侧的热源负异常, 则中国7月长江中下游偏涝, 8月长江中上游与江淮流域和内蒙古东部偏涝, 华南偏旱; 反之亦然。前期热带中、东太平洋上空的热源异常中心和与之联系的异常垂直运动中心的西扩和西移, 以及青藏高原东部的热源异常中心是影响我国7、8月持续偏旱(涝)的重要环流异常特征。另外, 南海-西太平洋海温在前期也已经具有我国夏季长江流域发生旱涝对应的同期海温异常分布型的特征。

关键词 长江流域 降水异常 大气热源

文章编号 1006-9895(2007)04-0735-12

中图分类号 P461

文献标识码 A

The Relationship of the Atmospheric Heat Sources in Early Summer over East Asia - Pacific to the Abnormality of Precipitation in the Yangtze River Basin and Its Vicinity in July and August

JIAN Mao-Qiu¹, QIAO Yun-Ting¹, LUO Hui-Bang¹, and CHEN Wen²

1 Department of Atmospheric Sciences/Research Center for Monsoon and Environment, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275

2 Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080

Abstract The relationship of the atmospheric heat source over East Asia - Pacific region to the summer precipitation anomalies in the Yangtze River basin and its vicinity is studied on the interannual scale together with the exploration of associated physical processes using the 1958 - 2000 NCEP/NCAR reanalysis data, the 1958 - 2000 precipitation data in China, and the 1958 - 1998 reconstructed monthly sea surface temperature data from NOAA. It is found that there exists a very good in-phase relation between the July precipitation anomalies in the Yangtze River basin and the August precipitation anomalies in the region between the Yangtze River and the Yellow River. These precipitation abnormalities are closely related to not only the summer atmospheric heat source anomalies over the North Pacific ocean and the eastern Tibetan Plateau, but also the May - June atmospheric heat source anomalies over the central and eastern tropical Pacific. That is, if there are positive (negative) heat source anomalies over the central and east-

收稿日期 2006-02-22收到, 2006-05-15收到修改稿

资助项目 国家重点基础研究发展规划项目 2004CB418303, 国家自然科学基金资助项目 40175018

作者简介 简茂球, 男, 1965年出生, 博士, 教授, 主要从事季风动力学和海-气相互作用研究。E-mail: eesjmq@mail.sysu.edu.cn

ern equatorial Pacific, and negative (positive) anomalies over the tropical region north of the central equatorial Pacific during May–June, then positive (negative) precipitation anomalies occur in the middle and lower reaches of the Yangtze River basin in July and in the region between the Yangtze River and the Yellow River in August, but negative (positive) precipitation anomalies in southern China. The westward movement and extension of the anomalous heat source centers and the related anomalous vertical motion centers in the tropical central and eastern Pacific are the important physical processes responsible for the persistent abnormality of rainfall in July and August in central and eastern China. In addition, as a pre-signal, the favorable anomalous patterns of the sea surface temperature over the South China Sea and the western Pacific already show up in May and June for the abnormality of summer rainfall around the Yangtze River basin.

Key words the Yangtze River basin, precipitation abnormality, atmospheric heat source

1 引言

旱涝灾害是我国最严重的气候灾害之一,每年的旱涝灾害都给我国国民经济生产和人民的生命和财产造成巨大的损失。特别是洪涝灾害,如1998年长江流域、松花江和嫩江流域特大洪涝灾害给国家和人民造成了重大经济和财产损失,2003年淮河洪涝灾害给我国经济和社会带来的严重后果也是大家有目共睹的。大气热源即大气中的非绝热加热是大气环流的驱动力,大气环流异常造成的旱涝与大气热源异常的关系非常密切。罗会邦和陈蓉^[1]分析夏季青藏高原东部大气热源异常对环流和降水的影响,结果表明热源时间序列与我国降水有较好的关系,当高原热源加强时,长江上游和淮河流域的降水增多,而我国东南地区的降水减少,高原热源加强还预示淮河流域未来1~2个月的降水增加。赵平和陈隆勋^[2]的研究也发现,青藏高原春季4月的热源对于随后的夏季中国江淮地区(正相关)、华南地区和华北地区(负相关)的降水有一定的指示意义,夏季高原热源与夏季长江流域降水存在着明显正相关。此外,Nitta^[3]和黄荣辉等^[4~7]的研究表明,热带西太平洋暖池的热力状况及其上空对流活动的异常与我国夏季降水异常有非常密切的联系。最近的研究也进一步证实了青藏高原东部夏季大气热源的异常与长江流域及附近地区同期的降水变化有很好的正相关关系^[8~10]。

然而,在已有的研究工作中,研究大气热源的区域主要集中在青藏高原地区和热带西太平洋暖池区,所用资料的时间长度普遍较短,而且影响东亚区域环流及气候异常,尤其是影响我国夏季降水变异的同期及前期大气热源异常的关键区是否还存在于其他区域,尚需深入研究。到目前为止,用较长

时间序列的资料分析影响我国夏季降水的前期大气热源的关键区,以及它们影响降水的物理过程的工作还不多见。另外,已有工作分析中国汛期降水的时空变异特征^[11, 12],有的研究分析了中国东部地区降水季内变化的季节锁相特征^[13],还有的工作研究了季内振荡对洪涝灾害事件的影响^[14, 15]。Li等^[16]的研究指出,与强(弱)的季内振荡相联系的强(弱)东亚夏季风利于长江流域少雨(多雨),其南部和北部区域则多雨(少雨)。最近,巩远发等^[17]分析了个别年夏季亚洲大气热源汇的变化特征及其与江淮流域旱涝的关系。但是,有关我国夏季降水季内变化的年际变化特征还有许多尚待研究的问题,如不同月份降水的年际变化异常型之间是否存在密切联系?为此,本文首先分析我国夏季相邻月份之间降水异常型的相关性特征,然后根据月降水异常型之间的主要相关模态,分析它们与同期及前期大气热源、海温的关系,寻找影响持续性旱涝气候灾害的热源关键区,并分析关键区热源影响我国夏季降水异常的物理过程。本文只侧重对年际时间尺度分量的研究。

2 资料和方法

本文使用的资料主要有:(1)1958~2000年共43年NCEP/NCAR再分析资料逐日资料集中的高空12层纬向风 u 、经向风 v 、 p 坐标垂直速度 ω 及温度 T 等资料,资料的格式为经纬度网格点,分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 。(2)1958~2000年中国160站月降水资料。(3)1958~1998年Smith & Reynolds重构月平均全球海温资料,资料存放格式为经纬度网格点,分辨率为 $2.0^\circ \times 2.0^\circ$,资料重构的具体方法参见文献^[18]。

本文根据热力学方程采用倒算法计算全球逐日

高空逐层视热源（即大气中的非绝热加热率）（具体公式详见文献[19, 20]），并对热源进行垂直积分。另外，对计算出的逐日大气热源进行月平均处理，得到逐月的大气热源。由于本文重点分析的是年际时间尺度分量，所以利用谐波分析^[21]方法对所有资料进行时间尺度分解，保留 8 年以下周期的分量，即年际变化分量。

3 我国夏季相邻月份降水异常型的相关性特征

分析夏季各月降水异常型间的相关性，首先要得到各月降水主要的异常分布型。为此，可通过经验正交函数分解（EOF）来实现。为了突出降水距平年际变异的空間差异性，本节采用中国 160 个站各月实测降水距平的年际时间尺度数据序列（非标准化序列）做 EOF 分析的初始场，这样分离出的特征向量的气象学意义比较直观。

表 1 给出了夏季各月降水年际分量 EOF 分析表 1 6~8 月年际尺度降水量的 EOF 分析的前 5 个特征向量占总方差的百分比 (%)

Table 1 The percentages of the first five EOF modes to the total variance for the monthly precipitation from Jun to Aug (%)

月份	前 5 个特征向量					前 5 个总和
	1	2	3	4	5	
6 月	18.2	11.6	10.1	8.7	6.5	55.1
7 月	14.6	11.7	10.1	6.8	6.3	49.5
8 月	15.8	12.1	8.6	7.0	6.0	49.5

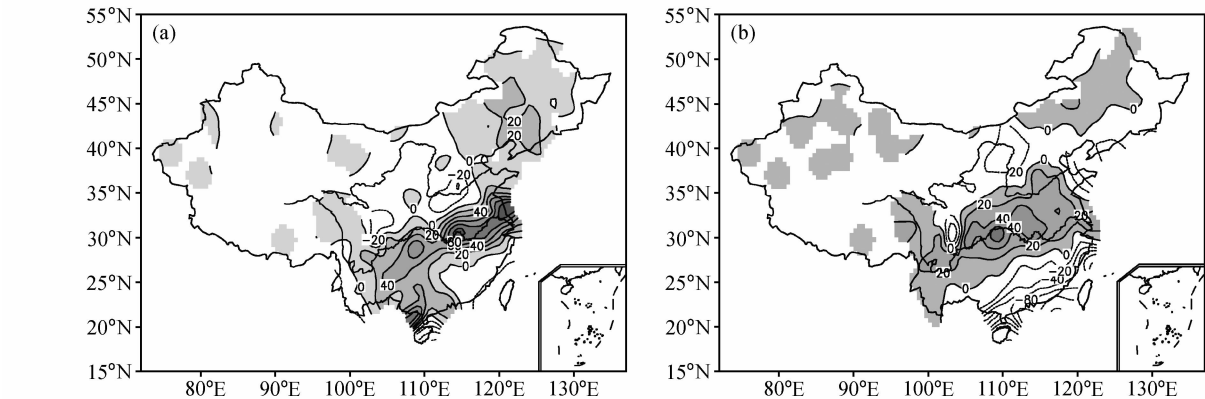


图 1 中国 160 站降水量年际变化分量的 EOF 分析：(a) 7 月第 1 特征向量；(b) 8 月第 1 特征向量。特征向量场已乘上各相应主分量的标准差，阴影区为正值区，等值线间隔为 20 mm

Fig. 1 The first EOF modes of monthly precipitation in Jul (a) and Aug (b). The EOF modes are multiplied by the standard deviations of corresponding principal component time series, the shaded area shows positive values and the interval is 20 mm

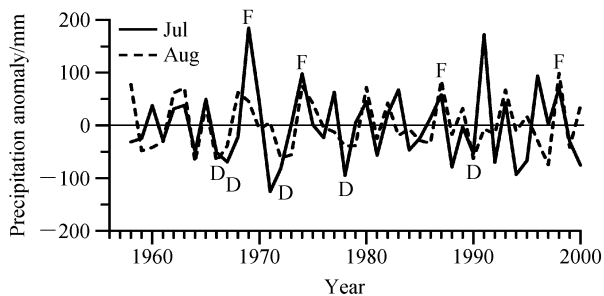


图2 7、8月降水第一模态极值区平均的实测降水距平曲线。“F”和“D”代表7~8月持续偏涝年和偏旱年；极值区范围：7月选图1a中大于40 mm范围的站点，8月选图1b中大于30 mm范围的站点

Fig. 2 The regionally averaged observed precipitation anomalies (mm) in Jul and Aug in the regions around the Yangtze River basin with values larger than 40 mm in Fig. 1a and larger than 30 mm in Fig. 1b respectively (Symbols ‘F’ and ‘D’ denote the flood years and drought years selected respectively)

的主要降水异常型有很好的同号性，即长江流域及附近地区7、8月的降水有持续偏涝或偏旱的倾向。图2给出了7、8月降水第一模态主要极值区范围站点（主要在长江流域及附近地区，其中7、8月份分别包括了17和20个测站）平均的实测降水距平曲线，两曲线间的相关系数为0.39，达99%的信度水平，其中两月的降水距平同号年有27年，异号年有16年，说明7、8月长江流域及附近地区降水异常确实有显著的月际同号持续性。

4 与7、8月长江流域附近地区持续性降水异常有关的同期及前期热源关键区

从上一节的分析发现，长江流域及附近地区7、8月降水的主要异常分布型（第1特征向量）有显著的同相特征，由于我国夏季严重的大范围洪涝灾害发生在长江流域及附近地区较多，为此，本节将分析7、8月长江流域及附近地区降水持续异常与同期及前期大气热源的关系。

根据图2给出的7、8月降水第1特征向量极大值区平均得到的实测降水距平曲线，以各曲线的 $\pm 0.75\sigma$ （标准差）为标准来划分各月降水偏旱/偏涝年份，这样得出7、8月都偏涝的年份有4年（1969、1974、1987、1998），而同偏旱的年份有5年（1966、1967、1972、1978、1990）。

对上述划出的偏涝/偏旱年合成的7、8月实测

降水距平分布如图3所示。从图3可看出偏涝年7月长江流域的降水可偏多210 mm，而在偏旱年偏少90 mm；偏涝年8月长江流域及附近地区的降水可偏多100 mm，而在偏旱年则可偏少80 mm。另外，从图3还可发现，7、8月长江流域及附近地区偏旱年的降水负距平区要比偏涝年正距平区的范围大。

偏涝/偏旱年7、8月的热源距平合成如图4所示。在偏涝年7月，与我国长江流域偏涝情形相对应，从我国长江流域至日本以东洋面是一热源正距平带，在其南面为一显著的负距平带，而热带中-西太平洋的对流加强，出现热源正距平（图4a）。偏旱年7月的主要距平中心（带）（图4b）与偏涝年基本反相。在偏涝年8月，在南海中北部至我国华南地区及其以东洋面热源有明显的负距平，青藏高原东部及其附近地区、江淮流域、我国东北至日本附近是热源正距平区（图4c）。在偏旱年8月，主要的热源异常中心与偏涝年的反号（图4d）。

偏涝/偏旱年5、6月的热源距平合成如图5所示。在偏涝年5月，大气热源的主要异常区位于热带中、东太平洋（图5a），具体特征是在赤道中、东太平洋地区有热源正距平，即对流加强，而在赤道两侧有热源负距平，这种特征甚至可追踪到前期1月（图略）；偏涝年6月的情形（图5c）与5月的类似，表明在7、8月长江流域及邻近地区持续偏涝年的前期5、6月，热带中、东太平洋地区的大气热源异常有明显的持续性。偏旱年5、6月热源距平分布并非与偏涝年的分布完全反相，其主要分布特征是在赤道中太平洋北侧有明显的热源正距平，而在赤道东、西太平洋有热源负距平（图5b、d）。上述结果表明，我国7、8月长江流域及邻近地区持续偏涝/偏旱灾害的发生与前期5、6月热带太平洋的大范围热源异常有密切的联系。为了找出对7、8月持续偏涝/偏旱灾害有较直观指示意义的前期热源异常的关键区——在偏涝年和偏旱年反号的区域，我们对偏涝/偏旱年合成平均的前期5、6月热源距平场进行如下的判别处理，即将热源距平在5、6月是同号的但在偏旱年和偏涝年却反号的区域分别找出（图6）。从图6可知，范围较大的热源异常关键区主要出现在赤道东太平洋和赤道中太平洋北侧区域，前者的大气热源在偏涝年为正、偏旱年为负，而后的热源距平则相反。

为验证上述关键区5、6月热源异常是否真的

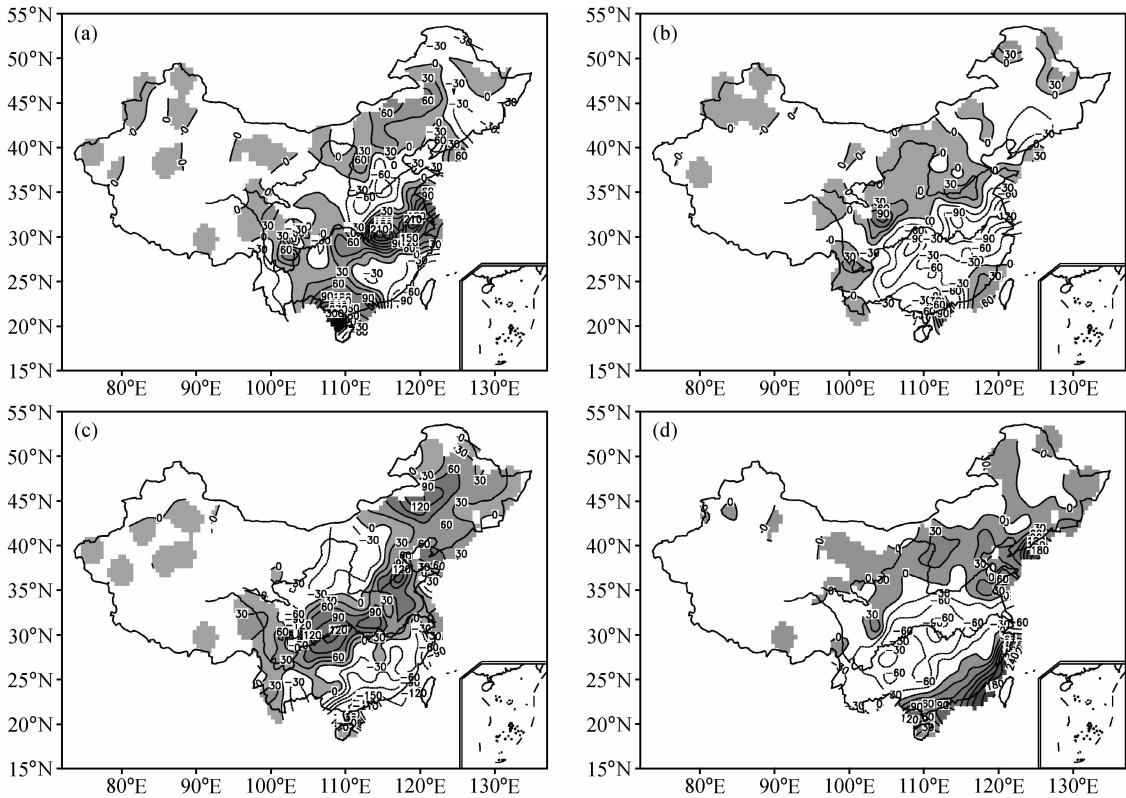


图 3 7、8 月降水持续异常年距平合成图 (单位: mm): (a) 偏涝年 7 月; (b) 偏旱年 7 月; (c) 偏涝年 8 月; (d) 偏旱年 8 月。阴影为正距平区
Fig. 3 Composite anomalies (mm) of precipitation based on the flood cases and the drought cases in Fig. 2: (a) Flood cases in Jul; (b) drought cases in Jul; (c) flood cases in Aug; (d) drought cases in Aug. Values in the shaded areas are positive

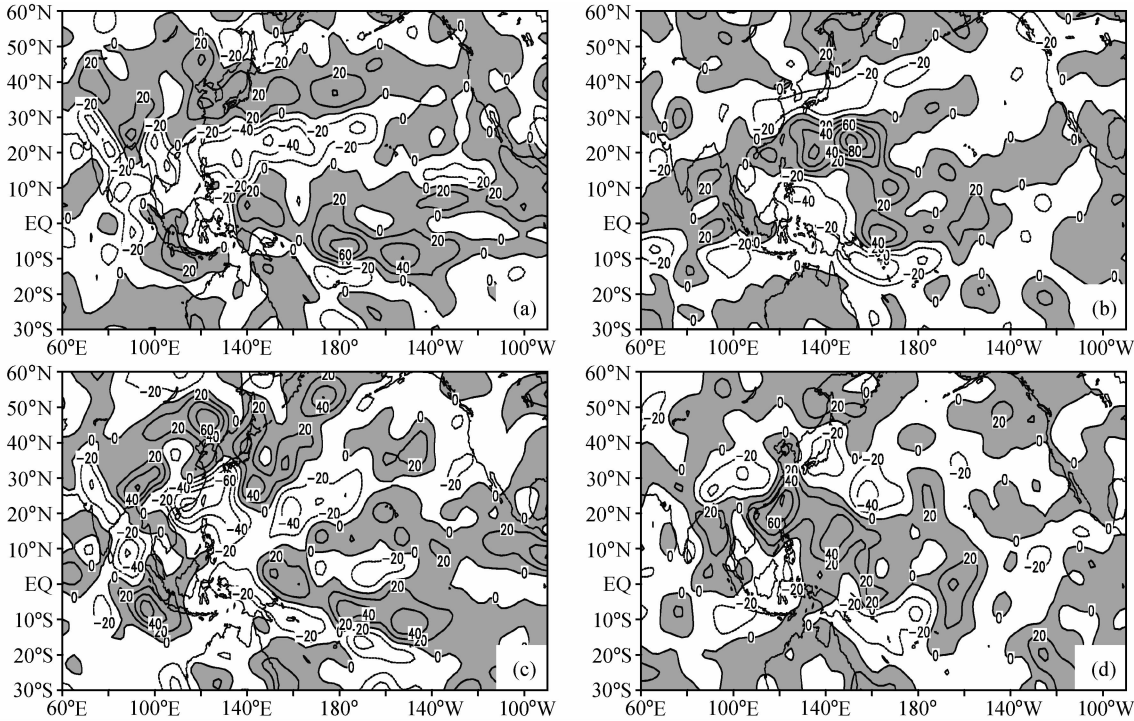


图 4 7、8 月大气热源距平合成图 (单位: W/m^2): (a) 偏涝年 7 月; (b) 偏旱年 7 月; (c) 偏涝年 8 月; (d) 偏旱年 8 月。阴影为正距平区
Fig. 4 Composite anomalies (W/m^2) of atmospheric heat source based on the flood cases and the drought cases in Fig. 2: (a) Flood cases in Jul; (b) drought cases in Jul; (c) flood cases in Aug; (d) drought cases in Aug. Values in the shaded areas are positive

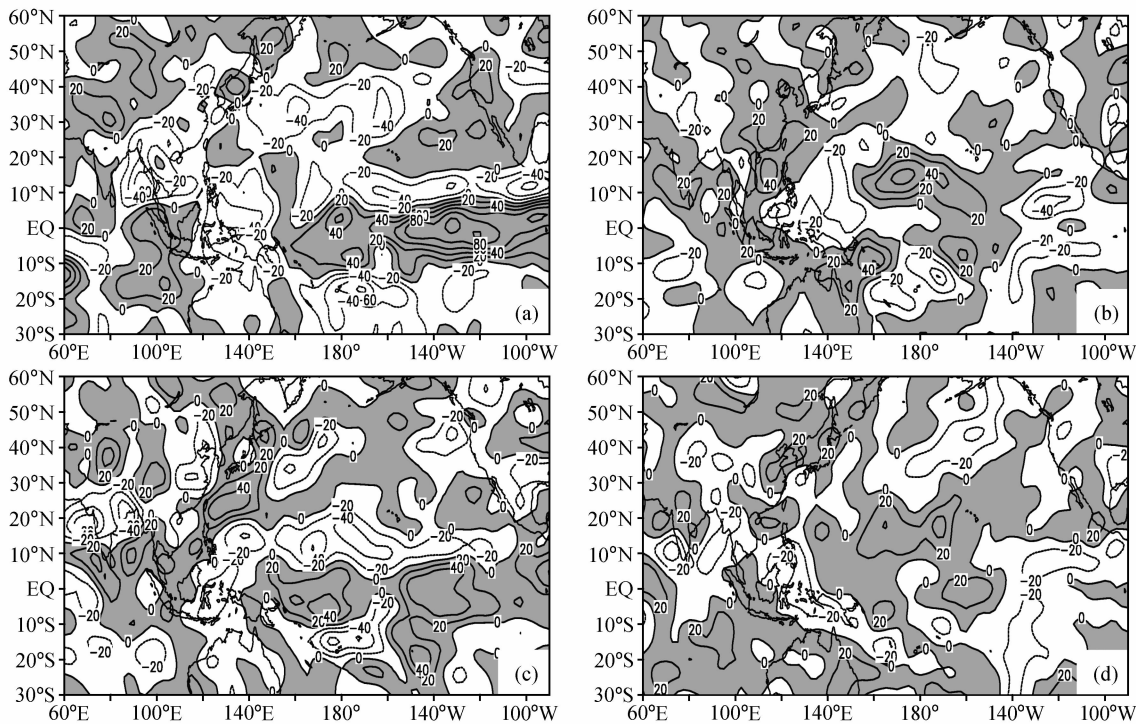


图 5 5、6 月大气热源距平合成图 (单位: W/m^2): (a) 偏涝年 5 月; (b) 偏旱年 5 月; (c) 偏涝年 6 月; (d) 偏旱年 6 月。阴影为正距平区
Fig. 5 Composite anomalies (W/m^2) of atmospheric heat source based on the flood cases and the drought cases in Fig. 2: (a) Flood cases in May; (b) drought cases in May; (c) flood cases in Jun; (d) drought cases in Jun. Values in the shaded areas are positive

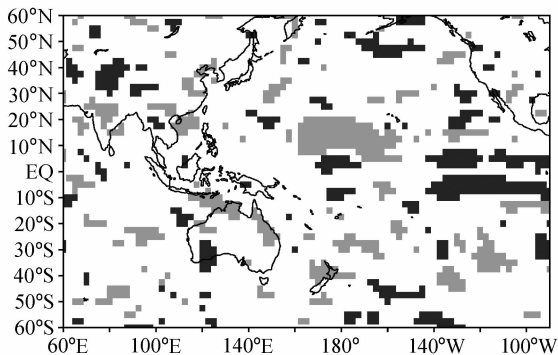


图 6 7、8 月持续偏旱/偏涝年合成平均的 5、6 月大气热源距平同号且在偏旱年和偏涝年反号的区域。深阴影代表热源在偏涝年有正距平而在偏旱年为负距平的区域, 浅阴影则相反

Fig. 6 Key regions with in-phase anomalies of $\langle Q_1 \rangle$ both in May and in Jun, but with out-phase anomalies in flood cases and in drought cases respectively based on the composite averaged monthly data. The shaded regions with heavy (light) grey color denote positive (negative) $\langle Q_1 \rangle$ anomalies for flood cases and negative (positive) anomalies for drought cases

与后期 7、8 月我国长江流域及附近地区降水异常有关, 我们首先将赤道东太平洋区域 ($7.5^\circ\text{S} \sim 7.5^\circ\text{N}$, $122.5^\circ\text{W} \sim 135^\circ\text{W}$) 与赤道中太平洋北侧区域 ($10^\circ\text{N} \sim 20^\circ\text{N}$, $165^\circ\text{E} \sim 175^\circ\text{W}$) 平均的热源距平

之差定义为热源异常指数, 然后计算该指数与我国 7、8 月 160 站降水的相关, 结果发现, 热带中东太平洋的热源异常指数确实与我国 7、8 月长江及附近地区的降水异常有显著的正相关 (图 7)。这表明, 当 5、6 月赤道东太平洋的大气热源正异常而赤道中太平洋北侧的热源负异常, 则我国 7 月长江流域及邻近地区偏涝, 8 月长江中上游及长江北侧附近地区和内蒙东部偏涝, 华南偏旱; 反之亦然。

5 大气热源影响长江流域及附近地区 7、8 月降水异常过程的初步分析

上节揭示了我国长江流域及附近地区 7、8 月持续性偏涝/偏旱的发生与前期 5、6 月热带中、东太平洋上空的大气热源的异常有密切联系, 但前期的热源异常影响后期我国 7、8 月降水的过程如何? 这是本节要研究的问题。下面先分析偏涝年的情形。

图 8~10 分别给出了涝年合成的 5~8 月海温距平、500 hPa 垂直运动 ω 距平场和 200 hPa 的速度势函数距平场及距平辐散风的分布。在偏涝年 5 月, 赤道中、东太平洋海温有明显的正距平 (图

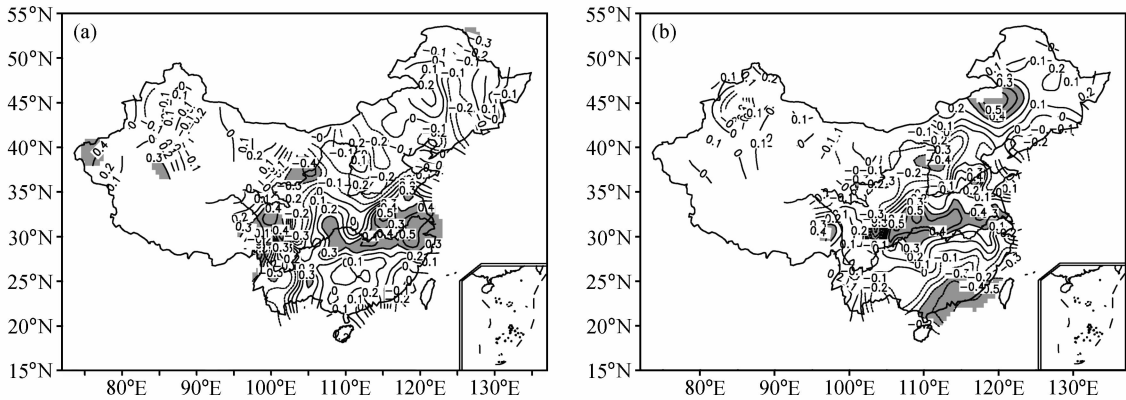


图 7 区域 (7.5°S~7.5°N, 122.5°W~135°W) 与区域 (10°N~20°N, 165°E~175°W) 平均的 5~6 月平均热源距平之差与中国 160 站年际尺度降水的相关系数分布: (a) 7 月; (b) 8 月。阴影区通过 95% 信度检验

Fig. 7 Maps of correlation coefficients between a $\langle Q_1 \rangle$ index and the interannual-scale precipitations in Jul (a) and Aug (b) respectively. The $\langle Q_1 \rangle$ index is defined as the difference between $\langle Q_1 \rangle$ anomalies averaged over regions of (7.5°S~7.5°N, 122.5°W~135°W) and (10°N~20°N, 165°E~175°W) based on the $\langle Q_1 \rangle$ data averaged for May and Jun. The areas with a confidence level of 95% are shaded

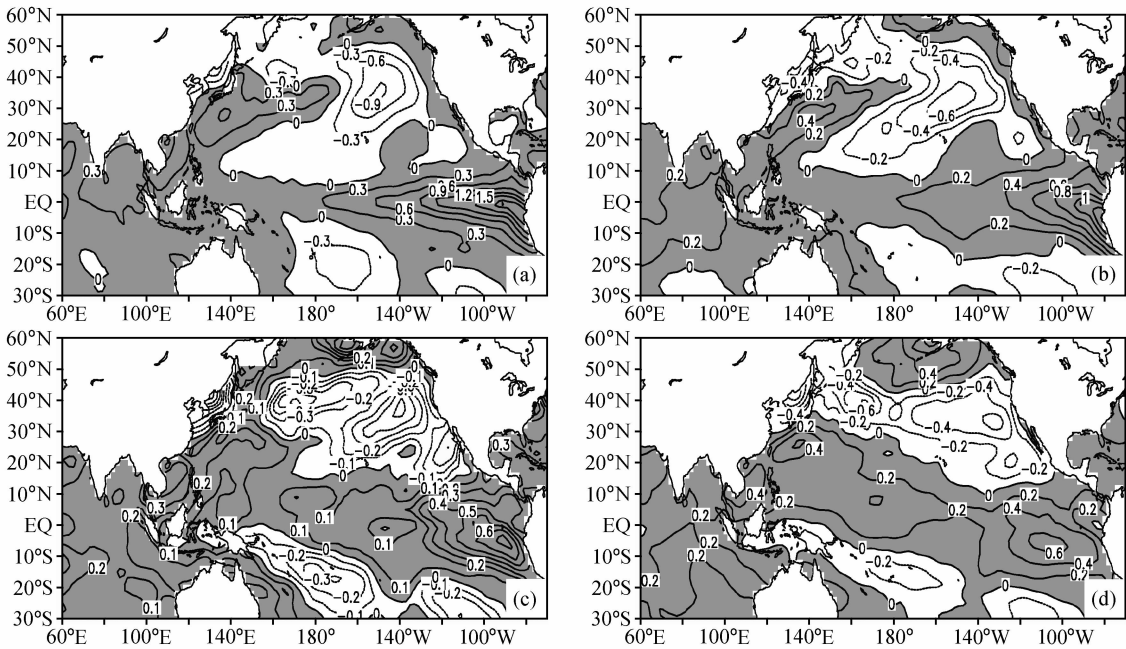


图 8 7、8 月持续偏涝年合成平均的 5~8 月 SST 距平场 (单位: °C): (a) 5 月; (b) 6 月; (c) 7 月; (d) 8 月。阴影为正距平区

Fig. 8 Composite SST anomalies (°C) for the flood cases in Fig. 2: (a) May; (b) Jun; (c) Jul; (d) Aug. Values in the shaded areas are positive

8a), 由于下垫面的异常加热使得其上空有距平上升运动 (图 9a), 与之相伴, 赤道中、东太平洋有明显热源正异常 (图 5a), 并通过高层向赤道两侧辐散 (图 10a), 而导致两侧是距平下沉运动。到 6 月, 海温的距平场基本维持 5 月的分布型, 赤道中、东太平洋的海温依然维持正距平, 但强度有所减弱 (图 8b), 赤道中太平洋与热源正异常相联系的异常上升运动区明显向西扩展 (图 9b), 并在热

带中西太平洋上空高层伴随有一对明显增强的辐散辐合的中心, 从而使得 10°N~15°N 的中、西太平洋的异常下沉运动明显增强, 同时也在菲律宾东侧附近洋面高层出现范围较小的辐合中心 (图 10b), 对应着中层是一异常下沉中心。在 7 月, 海温距平场的分布与前两个月相比有明显的差异, 主要表现在南海形成较明显的海温正距平中心, 东亚沿海的南正北负的海温距平梯度加大, 这是与夏季长江流

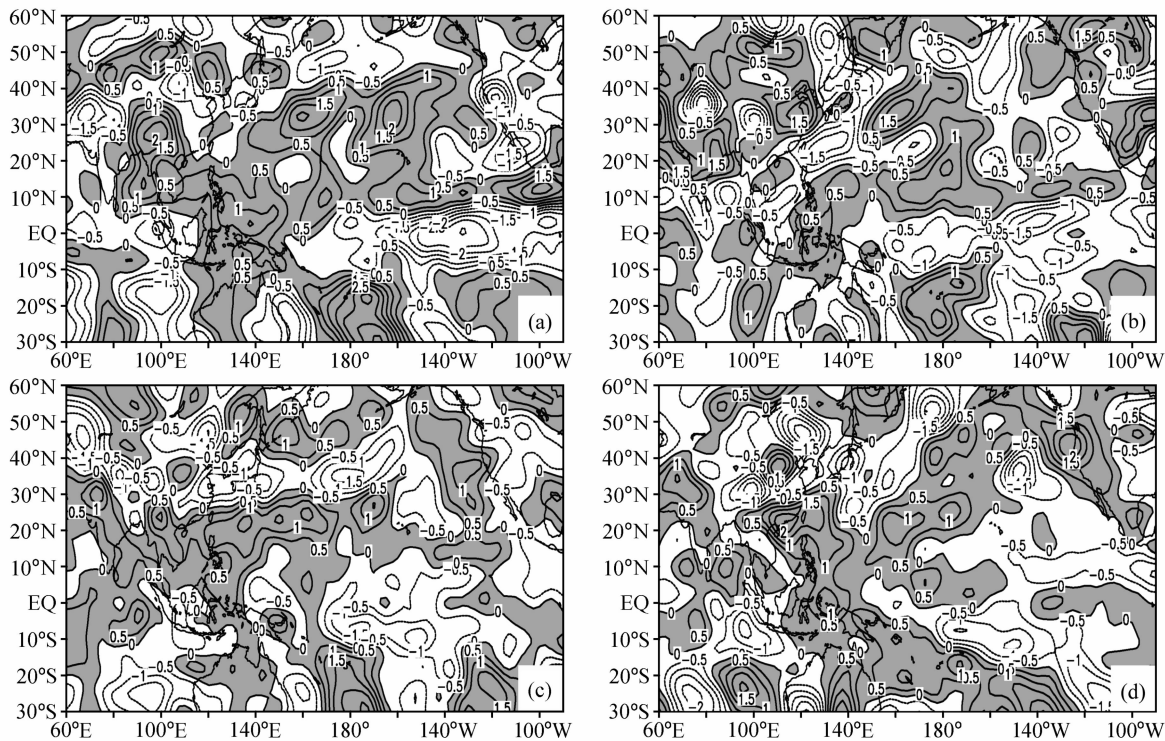


图9 同图8, 但为500 hPa垂直速度 ω 距平场(单位: $10^{-2} \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig. 9 Same as Fig. 8, but for the vertical velocity ω anomalies ($10^{-2} \text{Pa} \cdot \text{s}^{-1}$) at 500 hPa

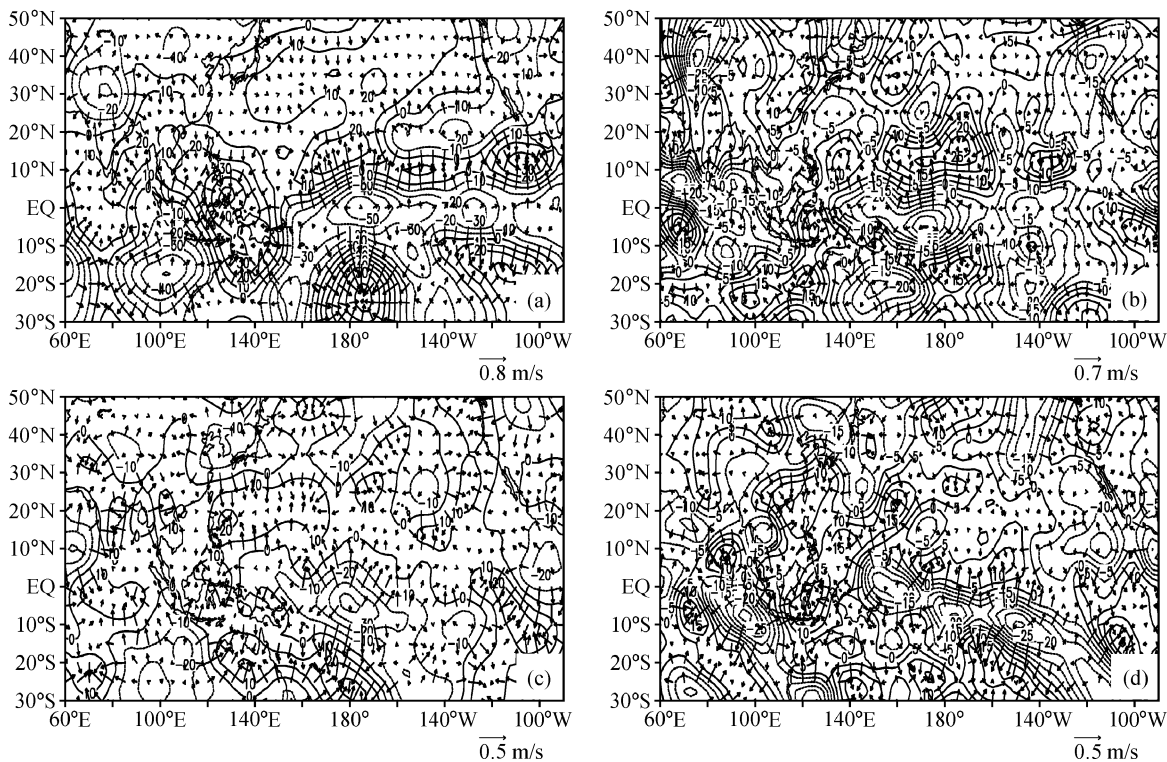


图10 同图8, 但为200 hPa速度势函数距平场(单位: $10^4 \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$)和辐散风距平场

Fig. 10 Same as Fig. 8, but for the anomalies of velocity potential function ($10^4 \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$) and divergent wind at 200 hPa

域偏涝对应的典型海温距平分布^[22, 23]，原赤道中、西太平洋的正海温距平区往赤道北侧偏移并占据西太暖池区域，与此同时，从赤道西太平洋沿东南方向形成一条较明显的负距平区（图 8c）。与海温距平场的变化相对应，原赤道西太平洋的距平上升运动区北移，而原赤道中西太平洋北侧的显著距平下沉运动区及高层的距平辐合区也随之往西、北移动至巴士海峡及其以东洋面上空，使得我国长江流域至日本上空的上升运动加强，利于发生洪涝灾害（图 9c、图 10c）。与上述 7 月垂直运动距平场相对应的 500 hPa 位势高度距平场（如图 11a 所示），在中南半岛-南海-台湾以东洋面上空是正距平带，而其北侧是一负距平带，说明西太平洋副高位置较常年偏南，有利于长江流域多雨。到 8 月，海温距平分布变化不大（图 8d），华南南部-南海北部地区继续维持异常下沉运动（图 9d），500 hPa 的位势高度距平场维持与 7 月类似南正北负分布（图 11b），从而有利于长江流域及其北侧地区的降水继续偏多。

值得注意的是，与夏季长江流域及附近地区偏涝对应的西北太平洋典型的南正北负的海温距平分布型早在 5 月已显初型，并一直加强和维持到 8 月份（图 8）。另外，从图 9 及图 10 还可以注意到，从 6 月至 8 月，青藏高原东部上空存在一个异常的上升运动中心（高层的辐散中心），说明高原东部夏季对流活动活跃，这些对流系统部分可以移出高原并东移至长江流域，从而也有利于 7、8 月在长江流域及附近地区发生持续洪涝灾害。

对于 7、8 月持续偏旱的年份，合成的 5~8 月海温距平场和 500 hPa 垂直速度 (ω) 距平场分布如图 12、图 13 所示。从 5 至 8 月海温距平场的分布可发现如下演变特征：北太平洋各月的海温距平从

北向南一致呈正、负、正相间分布，西北太平洋这种南负北正的海温距平分布是对应长江流域夏季偏旱的海温异常分布型，这意味着在 5 月海温异常分布已经具有与夏季长江流域偏旱对应的同期海温异常空间分布特征；自 5 月到 8 月，北太平洋中部负距平带分裂成两个距平中心并随时间分别向东、西方向漂移，北部的正距平带中最大的正距平中心也随时间而向西偏移至日本及附近海域，热带东印度洋、南海和菲律宾以东附近洋面的海温随时间明显降低（图 12）。由于 5 月的海温距平在北太平洋中部中低纬有较明显的南正北负的南北梯度（图 12a），使得在其零线附近 10°N~20°N 形成了明显的距平上升运动区（图 13a），即对流加强，热源也偏强（图 5b）。到 6 月，北太平洋中部副热带地区的距平上升运动区继续维持并向西扩展，同时也由于在北太平洋中纬度海温距平的南负北正的南北梯度加强（图 12b），以致在 30°N 附近形成一条几乎横跨太平洋的西南-东北向距平下沉运动区（图 13b）。7 月，北太平洋副热带海区中部的距平上升运动区西移至巴士海峡东部的洋面上，强度有所加强，其北侧的距平下沉运动的强度也较 6 月的明显增强（图 13c），500 hPa 位势高度距平场在东亚及附近地区呈现以约 30°N 为界的南负北正的分布（图 14a），即西太平洋副高位置较常年偏北，因此使长江流域及附近地区的降水偏少，利于旱灾发生，与之相对应的西北太平洋海温距平的南北梯度也明显增强（图 12c）。8 月，南海北部至其以东洋面上空继续维持异常的距平上升运动，使长江流域附近有异常的距平下沉运动（图 13d），500 hPa 位势高度距平场在东亚及附近地区维持与 7 月类似的南负北正的分布（图 14b），即副高位置较常年偏

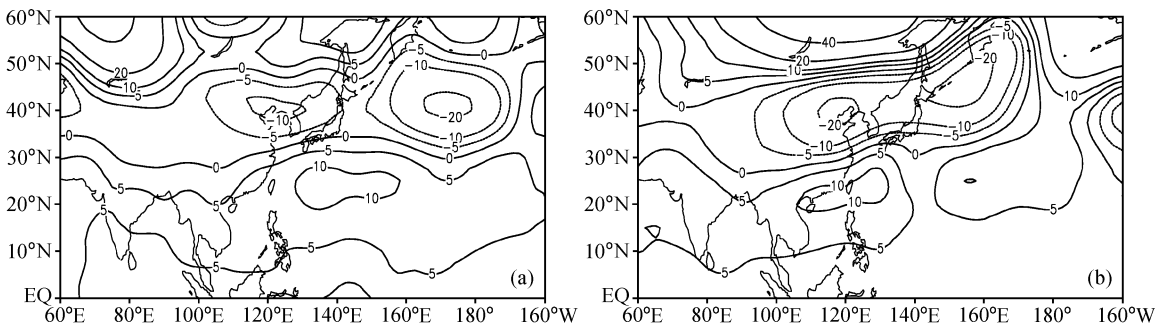


图 11 7、8 月持续偏涝年合成平均的 500 hPa 位势高度距平场（单位：gpm）：(a) 7 月；(b) 8 月

Fig. 11 Composite geopotential height anomalies (gpm) at 500 hPa for the flood cases: (a) Jul; (b) Aug

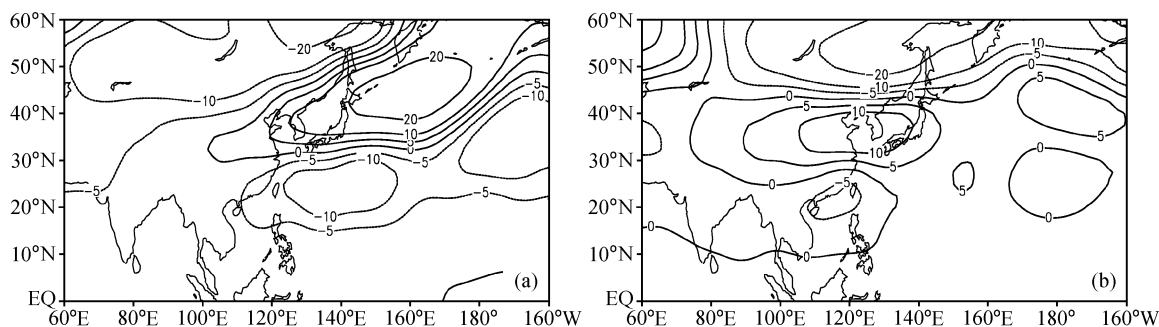


图 14 同图 11, 但为偏旱年

Fig. 14 Same as Fig. 11, but for the drought cases

6 总结与讨论

本文分析和讨论了我国夏季相邻月份年际尺度降水异常型的相关性特征和 7、8 月长江流域及邻近地区持续偏旱/偏涝气候异常与同期及前期大气热源异常的关系。得到的主要结果如下:

(1) 夏季相邻月份降水异常型的相关性分析表明, 7 月长江流域的降水异常与 8 月长江和黄河之间区域的降水异常有显著的同号性。由于我国的洪涝灾害主要出现在 7、8 月份, 故 7、8 月长江流域及附近地区的降水异常的持续性会导致严重的旱涝灾害的发生。

(2) 7、8 月长江流域及邻近地区持续性偏涝(旱)并不只是局地现象, 它与太平洋洋盆尺度的大气热源异常有关, 而且与前期 5、6 月热带中、东太平洋大范围的热源异常也有密切的联系, 即当 5、6 月赤道东太平洋的大气热源正(负)异常, 而赤道中太平洋北侧的热源负(正)异常, 则我国 7 月长江中下游偏涝(旱), 8 月长江中上游与江淮流域和内蒙古东部偏涝(旱), 华南偏旱(涝)。

(3) 对前期热源异常影响我国长江流域及邻近地区 7、8 月降水异常过程的初步分析表明, 前期海温异常已经具有我国夏季长江流域发生旱涝对应的同期海温异常分布型的特征; 前期热带中、东太平洋上空的热源异常中心和与之联系的异常垂直运动中心的西扩和西移, 以及青藏高原东部热源异常中心是影响我国夏季长江及邻近地区持续旱涝的重要环流异常特征。

限于篇幅, 本文对前期大气热源影响长江流域及附近地区的 7、8 月降水异常的过程只是作了一些初步和简单的分析, 对其机理的详细分析还有待

今后作深入的诊断和数值模拟研究, 其中也应该包括热带海-气相互作用方面的分析。

参考文献 (References)

- [1] 罗会邦, 陈蓉. 夏半年青藏高原东部大气热源异常对环流和降水的影响. 气象科学, 1995, **15** (4): 94~102
Luo Hui bang, Chen Rong. The impact of the anomalous heat sources over the eastern Tibetan Plateau on the circulation over East Asia in summer half year. *Scientia Meteorologica Sinica* (in Chinese), 1995, **15** (4): 94~102
- [2] Zhao Ping, Chen Longxun. Climatic features of the atmospheric heat source/sink over the Qinghai-Xizang Plateau in 35 years and its relation to rainfall in China. *Science in China* (Series D), 2001, **44**: 858~864
- [3] Nitta T. Convective activities in the western tropical Pacific and their impact on the Northern Hemisphere summer circulation. *J. Meteor. Soc. Japan*, 1987, **64** (3): 113~126
- [4] 黄荣辉, 李维京. 夏季热带西太平洋上空的热源异常对东亚上空副热带高压的影响及其物理机制. 大气科学, 1988, **12** (特刊): 95~107
Huang Ronghui, Li Weijing. The influence of the heat source anomaly over the tropical western Pacific on the subtropical high over East Asia and its mechanism. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (*Scientia Atmospherica Sinica*) (in Chinese), 1988, **12** (Special issue): 95~107
- [5] Huang Ronghui, Sun Fengying. Impacts of the tropical western Pacific on the East Asian summer monsoon. *J. Meteor. Soc. Japan*, 1992, **70** (1): 113~126
- [6] 黄荣辉, 孙凤英. 热带西太平洋暖池的热状态及其上空的对流活动对东亚夏季气候异常的影响. 大气科学, 1994, **18** (2): 141~151
Huang Ronghui, Sun Fengying. Impacts of the thermal state and the convective activities in the tropical western warm pool on the summer climate anomalies in East Asia. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (*Scientia Atmospherica Sinica*)

- (in Chinese), 1994, **18** (2): 141~151
- [7] 黄荣辉, 孙凤英. 热带西太平洋暖池上空对流活动对东亚夏季风季节内变化的影响. 大气科学, 1994, **18** (4): 456~465
Huang Ronghui, Sun Fengying. Impact of the convection activities over the western tropical Pacific warm pool on the intraseasonal variability of the East Asian summer monsoon. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (Scientia Atmospherica Sinica)* (in Chinese), 1994, **18** (4): 456~465
- [8] Yang Hui. Anomalous atmospheric circulation, heat sources and moisture sinks in relation to great precipitation anomalies in the Yangtze River valley. *Adv. Atmos. Sci.*, 2001, **18** (5): 972~983
- [9] 简茂球, 罗会邦, 乔云亭. 青藏高原东部和西太平洋暖池区大气热源与中国夏季降水的关系. 热带气象学报, 2004, **20** (4): 355~364
Jian Maoqiu, Luo Huibang, Qiao Yunting. On the relationships between the summer rainfall in China and the atmospheric heat sources over the eastern Tibetan Plateau and the western Pacific warm pool. *Journal of Tropical Meteorology* (in Chinese), 2004, **20** (4): 355~364
- [10] Jian Maoqiu, Qiao Yunting, Yuan Zhuojian, et al. The impact of atmospheric sources over the eastern Tibetan Plateau and the tropical western Pacific on the summer rainfall over the Yangtze-River Basin. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2006, **23** (1): 149~155
- [11] 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 Shiyang, Chen Lieting. The EOF analysis of precipitation in China. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (Scientia Atmospherica Sinica)* (in Chinese), 1989, **13** (3): 290~295
- [12] 陈烈庭, 吴仁广. 中国东部的降水区划及各区旱涝变化的特征. 大气科学, 1994, **18** (5): 586~595
Chen Lieting, Wu Renguang. Climatic division of precipitation in Eastern China and drought - flood variation in various regions. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (Scientia Atmospherica Sinica)* (in Chinese), 1994, **18** (5): 586~595
- [13] 何金海, 智协飞, Nakazawa T. 中国东部地区降水季内变化的季节锁相特征. 热带气象学报, 1995, **11** (4): 370~374
He Jinhai, Zhi Xiefei, Nakazawa T. Seasonal interlock of the intraseasonal variations of rainfall in East China. *Journal of Tropical Meteorology* (in Chinese), 1995, **11** (4): 370~374
- [14] Chen Longxun, Zhu Congwen, Wang Wen. Analysis of the characteristic of 30 - 60 day low-frequency oscillation near Asia during 1998 SCSMEX. *Adv. Atmos. Sci.*, 2001, **18** (4): 623~638
- [15] Chen Guixing, Li Weibiao, Yuan Zhuojian, et al. Evolution mechanisms of the intraseasonal oscillation associated with the Yangtze River basin flood on 1998. *Science in China (Ser. D)*, 2005, **48**: 957~967
- [16] Li Chongyin, Long Zhenxia, Zhang Qingyun. Strong/weak summer monsoon activity over the South China Sea and atmospheric intraseasonal oscillation. *Adv. Atmos. Sci.*, 2001, **18** (6): 1146~1160
- [17] 巩远发, 段廷扬, 张茵. 夏季亚洲大气热源汇的变化特征及其与江淮流域旱涝的关系. 大气科学, 2007, **31**: 89~98
Gong Yuanfa, Duan Tingyang, Zhang Han. Characteristics of the atmospheric heating source/sink over Asia and its relationship with drought/flood in the Yangtze River - Huaihe River valley. *Chinese Journals of Atmospheric Sciences* (in Chinese), 2007, **31** (1): 89~98
- [18] Smith T M, Reynolds R W, Livezey R E, et al. Reconstruction of historical sea surface temperatures using empirical orthogonal functions. *J. Climate*, 1996, **9**: 1403~1420
- [19] Yanai M, Esbensen S, Chu J H. Determination of bulk properties of tropical cloud clusters from large-scale heat and moisture budgets. *J. Atmos. Sci.*, 1973, **30**: 611~627
- [20] Luo H B, Yanai M. The large-scale circulation and heat sources over the Tibetan Plateau and surrounding areas during the early summer of 1979. Part II: Heat and moisture budgets. *Mon. Wea. Rev.*, 1984, **112**: 966~989
- [21] 黄嘉佑. 气象统计分析与预报方法. 北京: 气象出版社, 2000. 222~226
Huang Jiayou. *Statistic Analysis and Forecast Methods in Meteorology* (in Chinese). Beijing: China Meteorological Press, 2000. 222~226
- [22] 陈烈庭, 吴仁广. 太平洋各区海温异常对中国东部夏季雨带类型的共同影响. 大气科学, 1998, **22**: 718~726
Chen Lieting, Wu Renguang. The joint effects of SST anomalies over different Pacific regions on summer rainbelt pattern in eastern China. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (Scientia Atmospherica Sinica)* (in Chinese), 1998, **22**: 718~726
- [23] 孙秀荣, 陈隆勋, 何金海. 东亚海陆热力差指数与东亚夏季风强度关系探讨. 见: 何金海, 丁一汇, 高辉等编. 南海夏季风建立日期的确定与季风指数. 北京: 气象出版社, 2001. 96~108
Sun Xiurong, Chen Longxun, He Jinhai. A discussion of the relationship between the East Asian land - sea contrasts index and the intensity of East Asian summer monsoon. *The Ascertainment of the Onset Date of the East Asian Summer Monsoon as well as Monsoon Indices* (in Chinese), He Jinhai, Ding Yihui, Gao Hui et al, Eds. Beijing: China Meteorological Press, 2001. 96~108