

白莹莹,张焱,李强,等. 2014. 四川盆地夏季降水区域差异及其与季风的联系初探. 气象, 40(4):440-449.

四川盆地夏季降水区域差异及其与季风的联系初探^{*}

白莹莹^{1,2} 张焱³ 李强³ 李永华² 雷婷²

1 中国气象局成都高原气象研究所, 成都 610072

2 重庆市气候中心, 重庆 4011471

3 重庆市气象台, 重庆 401147

提 要: 基于四川盆地逐日气象观测资料、NCEP/NCAR 再分析资料, 分析了近 46 年四川盆地夏季降水变化的区域差异及其与东亚夏季风和高原夏季风的联系。结果表明: 盆西和盆东夏季降水序列与全国夏季降水的相关分布分别与我国夏季降水第 I、II 类雨型分布相类似。使用一元回归方法, 分别得到了与东亚夏季风和高原夏季风相关的环流场, 通过对两个环流场季风指数高低值年份的合成分析发现, 东亚夏季风的影响主要体现在西北气流和东南气流的辐合带在我国东部地区位置变动以及强度变化; 高原夏季风对环流场的影响体现在华北到河套地区一带风向的转换。着重分析了 1961 和 1998 年夏季与东亚、高原夏季风相关的环流场, 发现东亚夏季风与高原夏季风都对四川盆地夏季降水有重要影响, 其中盆西夏季降水主要与高原夏季风有关, 盆东夏季降水与东亚夏季风和高原夏季风都有关, 但以东亚夏季风为主。

关键词: 四川盆地, 夏季降水, 区域差异, 东亚夏季风, 高原夏季风

中图分类号: P466

文献标志码: A

doi: 10.7519/j.issn.1000-0526.2014.04.006

Preliminary Study on Regional Difference of Summer Rainfall in Sichuan Basin and Their Connections with Summer Monsoons

BAI Yingying^{1,2} ZHANG Yan³ LI Qiang³ LI Yonghua² LEI Ting²

1 Chengdu Institute of Plateau Meteorology, CMA, Chengdu 610072

2 Chongqing Climate Centre, Chongqing 401147

3 Chongqing Meteorological Observatory, Chongqing 401147

Abstract: Daily meteorological data of Sichuan Basin and NCEP/ NCAR reanalysis data are employed to diagnose the influences of East Asian and plateau summer monsoon on the summer rainfall of Sichuan Basin. The results show that the summer rainfall series of the western and eastern basin and the correlation distribution of summer rainfall over the whole China have similar distribution with the rain pattern I and II respectively. To further understand the effect of East Asian and plateau summer monsoon on the rainfall of the basin, regressive analysis is performed. First the circulation field related to East Asian summer monsoon is obtained, then after the part of East Asian summer monsoon is removed from the circulation field using the regression method, the circulation field related to plateau summer monsoon is yielded, which is statistically independent of East Asian summer monsoon. Using the 1961 and 1998 circulation fields as examples to analyze the influences of East Asian and plateau summer monsoon, it is found that both East Asian summer monsoon and plateau summer monsoon have important influences on the rainfall of Sichuan Basin, of which the rainfall of western part is mainly related to plateau monsoon, and the summer rainfall

* 国家自然科学基金项目(40975058)、重庆市自然科学基金计划项目(CSTC2010BB7335、CSTC2012JJA20015 和 CSTC2013jcyjA20010)、重庆市科委应用开发重点项目(CSTC2013yykfB00003)以及中国气象局成都高原所开放基金项目(LPM2009008 和 LPM2012001)共同资助

2013 年 1 月 13 日收稿; 2013 年 6 月 7 日收修定稿

第一作者: 白莹莹, 主要从事区域气候变化研究. Email: byying113@126.com

of eastern part mainly is related to both East Asian and plateau summer monsoon, but East Asian monsoon is predominant.

Key words: Sichuan Basin, summer rainfall, regional differences, East Asian summer monsoon, plateau summer monsoon

引言

四川盆地地理位置和地形条件特殊,由连结的山脉环绕而成,位于中国西部东缘中段,囊括四川中东部和重庆大部,是川渝的主体区域。研究表明,夏季四川盆地的降水有很强的东西向差异(葛福庭,1984;谭友邦等,1997;邵远坤等,2005;白莹莹等,2011;李永华等,2010),这种盆地内部东、西反位相的分布特征不仅与特殊的地形条件相联系,也与大尺度环流背景的变化有关,是大尺度环流变化与特定地形条件相结合的产物,它与大气环流的变化及高原热状况的变化密切相关(周长艳等,2011;齐冬梅等,2011;陈文秀等,2001;周长艳等,2008;陈忠明等,2003)。

东亚季风是亚洲季风的重要组成部分,是影响我国天气气候的重要因素之一,特别是我国东部地区的汛期降水分布、雨带移动以及旱涝灾害的发生在很大程度上受到了东亚夏季风的控制(张庆云等,1998;Tao et al,1987;赵汉光等,1996;裴顺强等,2007;鲍媛媛等,2009)。马振锋等(2003)分析了青藏高原东侧初夏旱涝的季风环流,指出四川盆地初夏干旱年份,我国东部地区东亚季风通常偏弱,地面东亚季风槽和雨带偏南;而多雨年,东亚季风偏强,地面东亚季风槽和雨带偏北。

高原季风是高原与平原陆地热力差异产生季风现象(叶笃正等,1979)。20世纪60年代首次明确提出了“高原季风”的概念,指出青藏高原季风现象是大气环流对高原与其周围平原地区热力差异季节性改变的响应,是由高原与平原陆地热力差异产生的,对高原及其邻近地区气候变化产生重要的作用(徐淑英等,1962;汤懋苍等,1979;汤懋苍等,1984;1993)。白虎志等(2005)在研究高原夏季风与全国降水的相关关系中曾指出,高原夏季风与四川盆地夏季降水存在较好的关系。白莹莹等(2011)分析了四川盆地降水变化的区域差异,指出盆地夏季降水的区域差异与高原夏季风有关,高原近地面层在夏季是一个气旋,风场呈气旋式旋转,高原夏季风强弱

的本质是高原夏季近地面切变线南北位置及切变线南北两侧风的强弱,高原夏季风偏强,有利于盆西降水偏少,盆东降水偏多;反之,当高原夏季风偏弱时有利于盆西降水偏多,盆东降水偏少。

盆地特殊的地理位置使得造成其降水分布差异的成因复杂,目前相关研究还尚不够深入,本文在分析盆地降水东西向差异的基础上,尝试将东亚夏季风和高原夏季风联系起来,分析其对盆地夏季降水的不同影响,以及与盆地夏季降水区域差异的关系,结果将有利于加深对四川盆地夏季降水变化成因的认识。

1 资料和方法

从中国气象局整编的全国740站基本观测资料中选取了位于四川盆地境内的20个站点资料,并对其中有迁站记录的3个测站进行了剔除,得到了本文主要研究的17个测站(都江堰、绵阳、雅安、资阳、乐山、宜宾、广元、阆中、巴中、达州、遂宁、南充、梁平、万州、沙坪坝、涪陵和叙永),时间长度取为1961—2006年。选定的测站分布较为均匀,且和盆地地形相吻合,详情见图1。

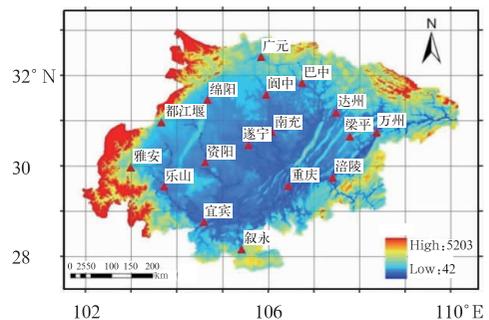


图1 盆地内站点分布情况

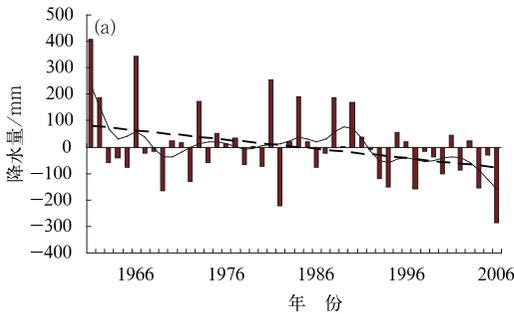
Fig. 1 General situation of sites distribution in Sichuan Basin

位势高度(hgt)、纬向风速(u)、经向风速(v)及垂直速度(ω)资料取自NCEP/NCAR再分析资料集(Kalnay et al,1996)。水平分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$,垂直方向取8层,自地面至300 hPa,时间段取为

1961—2006年。

东亚夏季风指数采用 Li 等(2000)的定义, $\delta_{m,n}$ $= \frac{|\bar{v}_1 - \bar{v}_{m,n}|}{|\bar{v}|} - 2$, 称之为动态标准化变率。东亚季风区取为 ($10^{\circ} \sim 40^{\circ} \text{N}$, $110^{\circ} \sim 140^{\circ} \text{E}$)、将区域平均 6—8 月动态标准化季节变率作为东亚夏季风指数 EAMI。高原夏季风指数参考白虎志等(2005)的定义, 取青藏高原四周的 32.5°N , 80°E , 25°N , 90°E , 32.5°N , 100°E , 40°N , 90°E 和中心点 32.5°N , 90°E 共 5 个点的 600 hPa 高度值 H_1, H_2, H_3, H_4, H_0 , 计算 6—8 月 $PMI = H_1 + H_2 + H_3 + H_4 - 4H_0$ 的值作为高原夏季风指数 PMI。

主要采用相关分析、偏相关分析、回归分析(施能, 2002)和小波分析(Torrence et al, 1998)等统计方法。



2 盆地夏季降水年际变化特征

白莹莹等(2011)的研究结果指出, 盆地区域内降水差异显著, 根据 EOF 分析的结果, 盆地区域以 105°E 为界分为盆西和盆东两部分, 盆西主要站点: 雅安、乐山、都江堰、绵阳、资阳和宜宾; 盆东主要站点: 广元、阆中、巴中、达州、遂宁、南充、梁平、万州、沙坪坝、涪陵和叙永。分别计算盆西和盆东的夏季降水年际变化序列(图 2)。盆西夏季降水呈显著减少趋势, 特别是 20 世纪 90 年代后, 除个别年份以外, 基本为负距平; 与盆西的降水变化不同, 盆东地区夏季降水总体变化不显著, 略呈增加趋势, 20 世纪 60—70 年代偏旱, 到 80 年代偏涝, 90 年代后呈现旱涝交替。此外, 盆西和盆东夏季降水序列的相

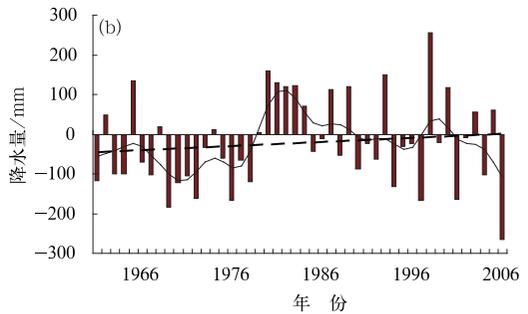


图 2 盆西(a)和盆东(b)夏季降水距平序列及趋势(单位:mm)

Fig. 2 Anomalies of summer precipitation for western part (a) and eastern part (b) of Sichuan basin (unit: mm)

关系数仅为 0.09, 由此说明盆西和盆东夏季降水呈现出不同的特征。

国家气候中心气候预测室根据我国夏季多雨带区的南北位置分布, 将 1951 年以来的中国东部夏季降水的分布特征概括划分为 3 种主要雨带类型, 即第 I 类雨型多雨带区位于北方, 第 II 类雨型多雨带区位于黄河至长江之间, 第 III 类雨型多雨带区位于长江及其以南地区(赵振国, 1999; 陈兴芳等, 2000)。对于四川盆地夏季降水与我国夏季雨带的研究, 朱艳峰等(2003)指出以成都、绵阳、雅安为代表的川西地区降水的季节特征与华北降水的季节变化有一致性, 周长艳等(2008)的研究则指出盆东地区的降水与长江中下游的降水有显著相关。李川等(1997)在分析了主汛期四川盆地雨型及其与全国雨带的关系后, 发现全国 3 类雨型与盆地降水分布之间存在一

定联系。

为进一步分析盆地夏季降水与我国雨带之间的关系, 我们利用盆西和盆东夏季降水序列, 分别计算其与全国夏季降水的相关, 结果表明盆西夏季降水主要与河套地区以东到华北东部一线降水呈显著正相关, 与长江中下游降水呈负相关, 这种相关分布与我国夏季降水第 I 类雨型(北方型)的空间分布相类似(图 3a); 而盆东夏季降水则与江淮流域降水呈显著正相关, 与河套地区, 华南东部沿海地区为显著负相关, 这种“—+—”的分布特征与我国夏季降水第 II 类雨型(江淮型)的空间分布相类似(图 3b)。由此得出, 盆西地区降水变化与河套地区到华北东部一线的降水有相似的年际变化特征; 盆东地区则与江淮流域的降水有着相似的变化特征, 其分别对应着我国夏季降水的第 I 类雨型和第 II 类雨型。

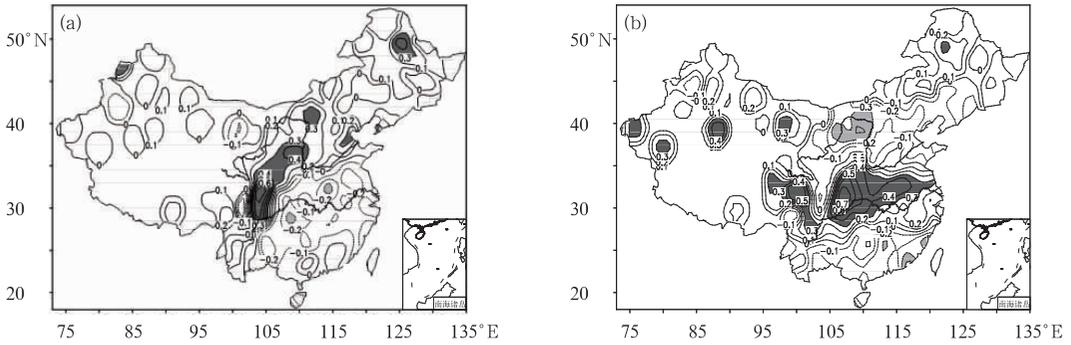


图 3 盆西(a)和盆东(b)夏季降水序列和全国夏季降水的相关分布
(阴影部分通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性水平检验)

Fig. 3 Correlation coefficients between western part (a) and eastern part (b) of Sichuan Basin and summer precipitation of China, respectively
(Shaded areas are the values passing the significant test level $\alpha=0.05$)

图 4 分别给出了盆西和盆东夏季降水序列的小波分析结果,结果显示盆西和盆东夏季降水表现出完全不同的周期特征。盆西地区降水演变呈现多种时间尺度,20 世纪 70 年代以前准 5 年振荡较为显著,70 年代次后,准 5 年振荡消失,1980 年后准 3 年振荡显著,进入 90 年代后,盆西地区夏季降水年际振荡呈减弱趋势。在 60 年代末到 70 年代初,盆西降水的谱结构发生了一次突变, M-K 突变检验的结果指出盆西降水的突变发生 60 年代中后期(图略),已有的研究指出华北地区降水的突变也发生在 1965 年前后,1965 年后准 5 年振荡消失(戴新刚等, 2003),说明盆西地区降水的周期特征以及突变特征与华北的降水特征相类似。盆东地区夏季降水 70 年代前以准 3 年振荡最为显著,70 年代到 80 年代末,具有准 8 年周期,90 年代以后,则表现为显著的 2~3 年的周期振荡。郭其蕴等(2004)的研究指出东亚夏季风以 80 年周期最突出,其次尚有 40 年周

期,8~10 年周期及准 2 年周期。我们对近 40 多年的东亚夏季风指数进行小波分析(图略)发现东亚夏季风也在 20 世纪 90 年代后表现出了显著 2~3 年的年际振荡特征。这与盆东降水的周期变化相似。黄荣辉等(2006)的研究曾指出,东亚和热带西太平洋上空夏季风所驱动的水汽输送的准两年周期振荡是引起中国东部夏季降水具有准两年周期振荡特征的重要原因。

3 盆地夏季降水与东亚夏季风及高原夏季风的联系

东亚夏季风和高原夏季风与我国夏季降水密切相关。图 5 为高原夏季风指数和东亚夏季风指数与全国夏季降水的相关分布。从图 5a 中可见,河套地区、盆西地区、华南东部地区为显著负相关区,而盆东以及长江下游地区为显著正相关区,这种分布形

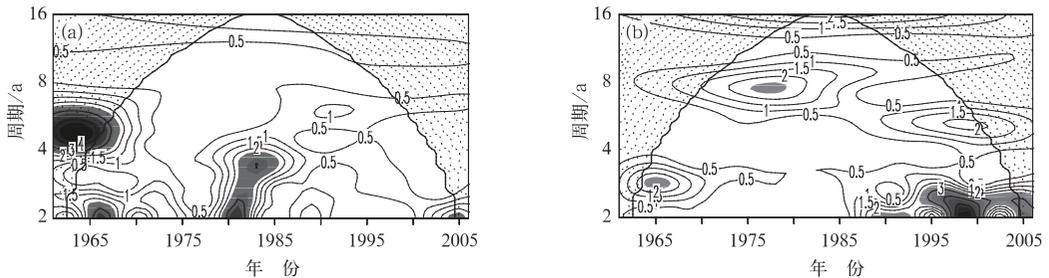


图 4 盆西(a)和盆东(b)Morlet 小波变换

(阴影部分表示通过 $\alpha=0.10$ 显著性水平检验,点阴影区是小波变换受边界影响的区域)

Fig. 4 Analysis of the Morlet wavelet transform for western part (a) and eastern part (b) of Sichuan Basin
(Shaded areas are the values passing the significant test level $\alpha=0.10$, dotted areas represent the cone of influence)

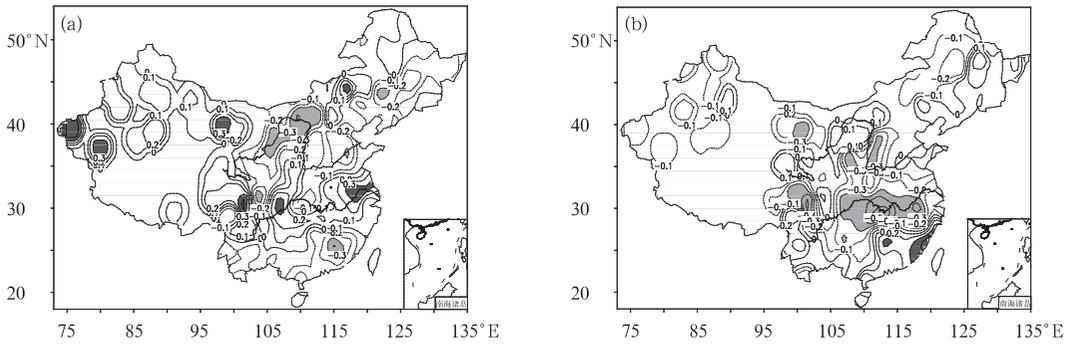


图5 高原夏季风(a)和东亚夏季风(b)指数分别和全国夏季降水的相关分布
(阴影部分通过了 $\alpha=0.05$ 的显著性水平检验)

Fig. 5 Correlation coefficients between plateau summer monsoon

(a) East Asian summer monsoon (b) index and summer precipitation of China, respectively

(Shaded areas are the values passing the significant test level $\alpha=0.05$)

态与图 3a 的分布相类似;图 5b 中川西高原、盆东地区,长江中下游为显著负相关区,华南东部地区为正相关区,这种分布形态与图 3b 盆东降水与全国降水相关场的分布相类似,只是符号相反。

图 6 为盆西、盆东夏季降水距平序列和东亚夏季风指数以及高原夏季风指数序列图。通过计算 4 者间的相关系数发现,盆西夏季降水和高原夏季风指数的相关系数为 -0.25 ,通过 $\alpha=0.10$ 的显著性水平检验,与东亚夏季风的相关仅为 -0.01 。我们又计算了另外两种东亚夏季风指数和盆西降水的相关,其中张庆云等(2003)定义的东亚夏季风指数与盆西夏季降水的相关为 -0.08 ,黄刚等(1999)定义的东亚夏季风指数与盆西夏季降水的相关为 0.16 ,且文中所用 Li 等(2000)指数与黄刚和张庆云夏季风指数的相关分别为 0.68 和 0.79 ,为显著的正相关,由此说明盆西降水与东亚夏季风指数相关很小并非偶然现象。盆东夏季降水与高原夏季风指数相关系数为 0.3 ,与东亚夏季风指数相关系数为 -0.45 ,均通过 $\alpha=0.05$ 的显著性水平检验。同时东亚夏季风与高原夏季风之间的相关也达到 -0.30 ,两者之间也存在显著的相关关系(图 6)。

4 东亚夏季风和高原夏季风对盆地夏季降水的影响

4.1 东亚夏季风和高原夏季风典型环流场

由于东亚夏季风指数和高原夏季风指数之间存在统计相关,又因为东亚夏季风无论是在尺度,还是

对我国夏季气候影响的重要性上,都是首要影响的季风系统,因此我们尝试通过一元线性回归的方法,首先应用近 46 年东亚夏季风指数序列对环流场进行回归,得到了与东亚夏季风相关的流场,再用原始场减去与东亚夏季风相关的部分,剩下的部分再用高原夏季风指数序列进行回归,得到了与高原季风相关而独立于东亚夏季风的环流场。

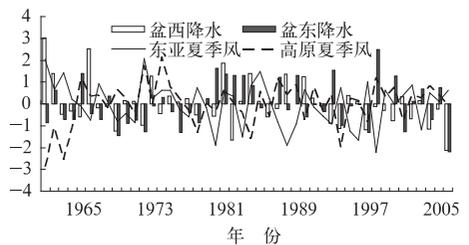


图6 东亚夏季风指数(实线)和高原夏季风指数(虚线)以及盆西(空心柱)和盆东(实心柱)的降水序列标准化距平

Fig. 6 Standard anomalies of East Asian summer monsoon index (solid line), plateau summer monsoon index (dashed line), summer precipitation of western basin (hollow column) and eastern basin (solid column)

选取东亚夏季风指数大于 1 个标准差或者小于 -1 个标准差的异常高、低值年份,对与东亚夏季风相关 700 hPa 环流场进行合成(图 7)。东亚夏季风的影响主要体现在西北气流和东南气流的辐合带在我国东部地区的位置变动以及强度变化,东亚夏季风偏强,辐合带位置偏北,位于我国华北一带(图 7a);东亚夏季风偏弱,辐合带位置偏南,位于江

淮流域(图7b)。我国东部大部分地区夏季雨带变化与辐合带的变动有关,而 105°E 是这条辐合带影响的西边界,盆东地区刚好位于辐合带的西边界,受东亚夏季风影响显著。

选取高原夏季风指数大于1标准差或小于-1标准差的异常高、低值年份,对与高原夏季风相关

700 hPa 环流场进行合成。高原夏季风对环流场的影响主要体现在华北到河套地区一带的风向的转换。高原夏季风偏强,为东北气流(图7c);高原夏季风偏弱,为西南气流(图7d)。盆西地区降水与高原夏季风反相关,因此,高原季风偏弱,西南气流水汽输送强,有利于盆西降水偏多。

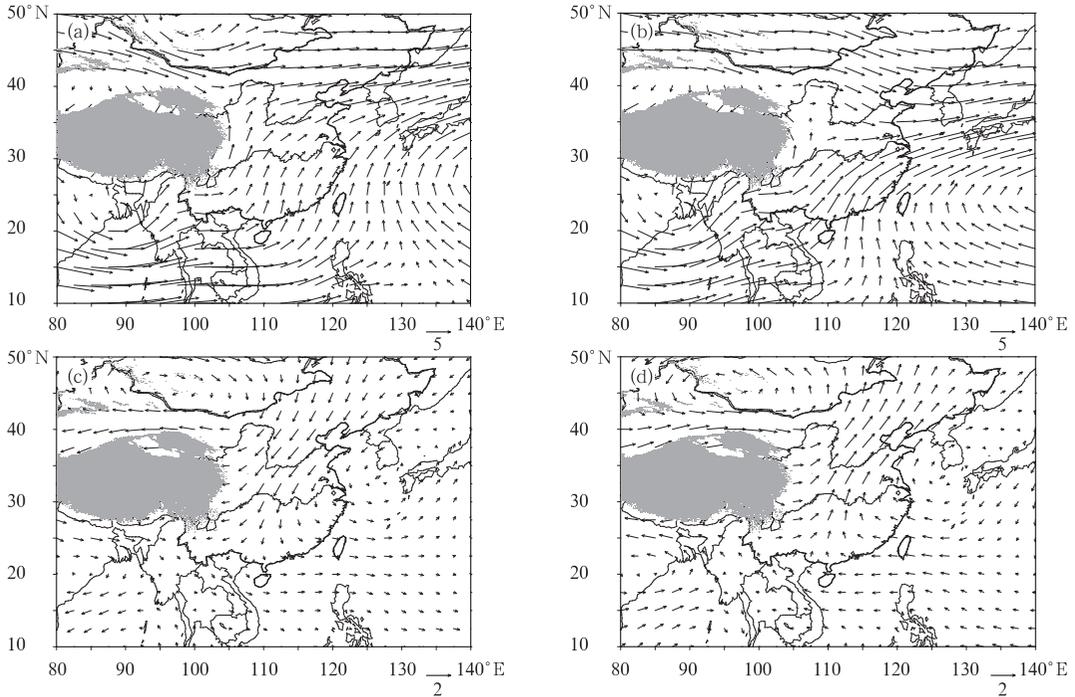


图7 东亚夏季风高(a)、低(b)指数年和高原夏季风高(c)、低(d)指数年700 hPa风场合成分布

Fig. 7 Composite wind at 700 hPa respectively for high index year and low index year of East Asian monsoon (a, b) and plateau summer monsoon (c, d)

4.2 以1961和1998年为例

从图6可知,1961和1998年分别是近40多年来盆西夏季降水和盆东夏季降水的极大值年,也是东亚夏季风和高原夏季风的典型异常年。1961年东亚夏季风偏强($EAMI=2.02$),高原夏季风偏弱($PMI=-2.88$),盆西降水异常偏多而盆东降水偏少;1998年东亚夏季风偏弱($EAMI=-2.21$),高原夏季风偏强($PMI=1.20$),盆东降水异常偏多而盆西降水正常略偏少。我们选取这两个典型年的环流场进行分析以进一步弄清东亚夏季风和高原夏季风异常环流对盆地夏季降水的不同影响。

从1961年与东亚夏季风指数相关的700 hPa风场距平可以看出(图8a),台湾以南的洋面上存在一个气旋性距平环流中心,我国的江南和华南地区

为异常的偏北风控制;日本海地区为一反气旋性距平环流中心,我国华北到东北一带受异常的偏南风影响。盆东地区正处于异常的偏北风和异常的偏南风所形成的辐散场之中。这样的环流形态不利于盆东地区的降水。而盆西地区上空为偏西风异常,量级较小,这与盆东上空的东南气流有明显差异,且以 105°E 为分界。1961年高原季风偏弱(图8b),蒙古西部上空为一气旋性环流异常,贝加尔湖西南侧的低槽加深;而黄海到日本海上空为一反气旋性环流异常,副热带高压的位置偏西偏北。来自东海和南海的异常偏东风进入大陆在盆地西部到河套地区一带形成强劲的西南气流,与来自巴尔喀什湖地区的偏西气流汇合。这与周长艳等(2008)分析的盆西地区多雨年和少雨年的700 hPa风场差值场基本一致。高原夏季风偏弱的环流形势,有利于盆西降水

的偏多。

图 8c 和 8d 分别给出了与东亚夏季风相关的垂直环流距平场和与高原夏季风相关的垂直环流距平场。从图 8c 中可以看出,1961 年夏季高原上空为一正值中心,相对于平均场来看,垂直上升运动减弱,而盆东到长江中下游地区上空为负值中心,中心位于 500~600 hPa 高度附近,说明该地区对流层中层上升运动加强,对应低层地区的上升运动减弱,不

利于该地区产生降水。在图 8d 中,受弱高原夏季风的影响,高原东部到盆地西部为整层的上升运动所控制,而在盆东地区低层为下沉气流所控制,这样的垂直环流有利于盆西降水偏多而盆东降水偏少。李菲等(2011)的研究表明高原南部东侧的四川盆地与高原东南部垂直运动相反,并进一步指出这可能与高原垂直运动激发出的补偿环流有关,即高原东南部的垂直运动倾向与四川盆地的是相反的。

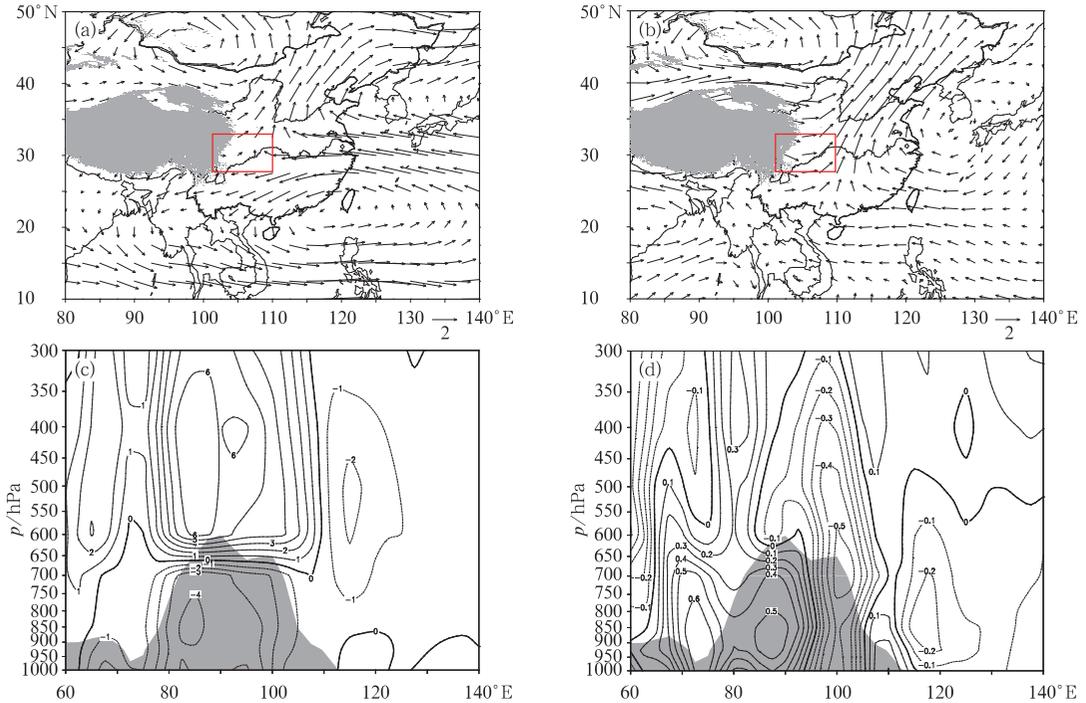


图 8 1961 年夏季 700 hPa 风场(a, b)及 27.5°—32.5°N 纬带平均垂直环流(c, d)与东亚季风(a, c)、高原夏季风(b, d)分别相关的部分

Fig. 8 700 hPa wind fields (a, b) and vertical circulations (c, d) along 27.5°—32.5°N related to East Asian monsoon (a, c) and plateau summer monsoon (b, d) of 1961

1998 年东亚季风异常偏弱,而高原季风偏强,与 1961 年的情况基本相反。从 1998 年与东亚夏季风指数相关的 700 hPa 风场距平可以看出(图 9a),其分布与图 8a 基本相反,东亚季风偏弱,季风辐合带偏南,使得盆东到长江中下游一线为异常的辐合区,有利于盆东和长江中下游区域降水偏多。相对于较弱的东亚季风,1998 年高原季风偏强,从图 9b 可以看出其与图 8b 的分布基本相反,但是量级偏小,分析原因可能是由于 1998 年高原季风指数为 1.20,其异常强度较 1961 年偏弱。这种分布与周长艳等(2008)分析的盆东地区多雨年和少雨年的 700 hPa 风场差值分布基本一致。说明高原夏季风

偏强的环流形势,有利于盆东降水偏多。

从垂直环流距平场来看,1998 年与东亚夏季风相关的垂直流场主要表现为(图 9c)高原上空为一负值中心,说明 1998 年夏季垂直上升运动异常偏强,而盆东到长江中下游地区上空为正值中心,中心位于 500~600 hPa 高度附近,相对于平均场来看,说明该地区对流层中层上升运动减弱,对应低层地区的上升运动加强,有利于该地区产生降水。图 9d 与图 8d 分布基本相反,高原东部到盆地西部为整层的异常下沉运动所控制,而在盆东地区低层为异常的上升运动,这样的垂直环流有利于盆西降水偏少而盆东降水偏多。

综合分析,可以看出,东亚夏季风对盆地夏季降水的影响,主要影响西北气流和东南气流的辐合带的位置变动,从而影响盆东地区的降水,东亚夏季风偏强,盆东夏季降水偏少,反之,东亚夏季风偏弱,盆东夏季降水偏多。而高原夏季风对盆地降水的影响

主要体现在华北到河套地区一带的气流辐合的强弱以及风向变化,高原夏季风偏强为东北风辐合,有利于盆西少雨、盆东多雨,高原夏季风偏弱为西南风辐合,有利于盆西多雨、盆东少雨。

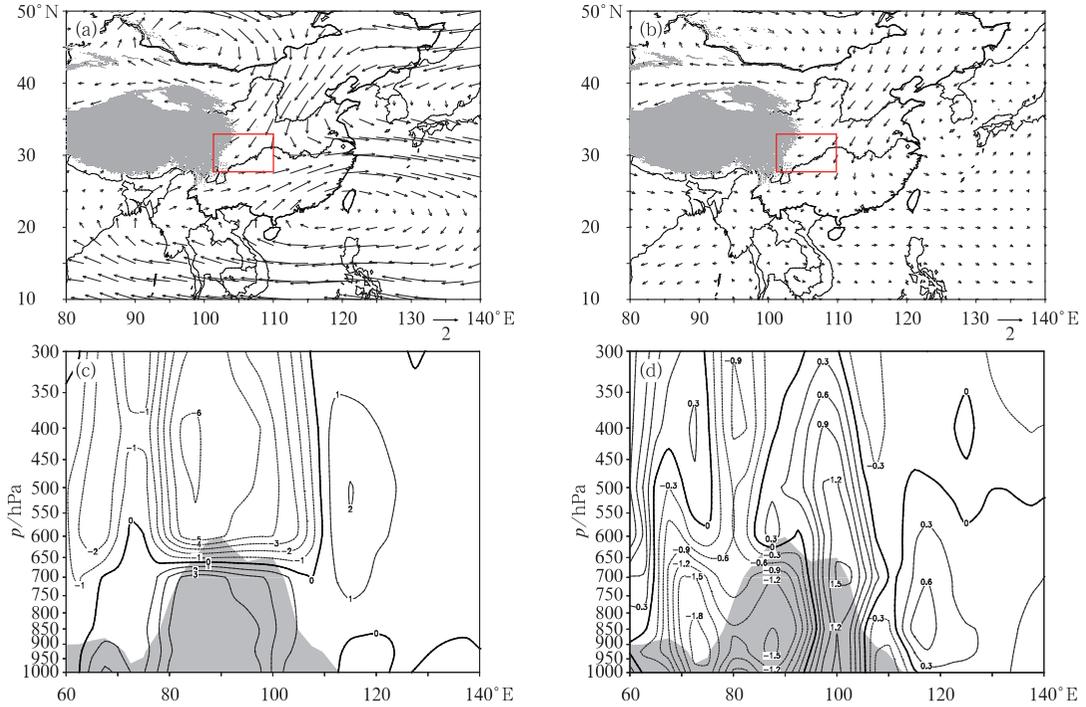


图9 说明同图8,但为1998年

Fig. 9 Same as Fig. 8, but for 1998

4.3 盆地异常旱涝年季风特征

选取盆西、盆东降水异常大于1个标准差或者小于-1个标准差的年份,分别对东亚夏季风850 hPa相关风场和高原夏季风相关的600 hPa高度场进行合成差值(图10)。图10a和10b分别给出了盆西和盆东夏季旱涝年东亚夏季风相关低空850 hPa风矢量,可以看出图10a整体风速都很小,说明盆西夏季旱涝与东亚夏季风的线性统计关系不密切。盆东夏季旱涝年差值场见图10b,可见长江中下游到盆东为偏北风和西南风辐合带,这种流场分布与图9a相类似,说明盆东夏季降水偏多,东亚夏季风偏弱;降水偏少,东亚夏季风偏强。图10c和10d给出了盆西和盆东旱涝年高原夏季风相关的600 hPa高度场,已有的研究指出,高原夏季风最显著是位于600 hPa高度层(汤懋苍等,1979;1984)。可以看出盆西和盆东旱涝年差值场分别与高原夏季

风弱、强年对应的600 hPa环流场的分布基本一致(齐冬梅等,2009)。说明高原季风与盆地东西部都有关联,盆西降水偏多,高原夏季风偏弱;盆东降水偏多,高原季风偏强。由此得出,盆西主要与高原夏季风有关,而盆东则东亚夏季风和高原夏季风都有关,但以东亚夏季风为主。

5 结论与讨论

(1) 盆西夏季降水呈显著减少趋势,盆东地区夏季降水总体变化不显著,略呈增加趋势。盆西夏季降水与我国夏季降水第I类雨型有关;盆东夏季降水则与第II类雨型有关。小波分析的结果也显示盆西和盆东地区降水具有不同的周期特征。

(2) 盆西、盆东夏季降水序列和东亚夏季风以及高原夏季风指数的相关分析显示,盆西夏季降水主要与高原季风有关,而与东亚夏季风的相关并不显

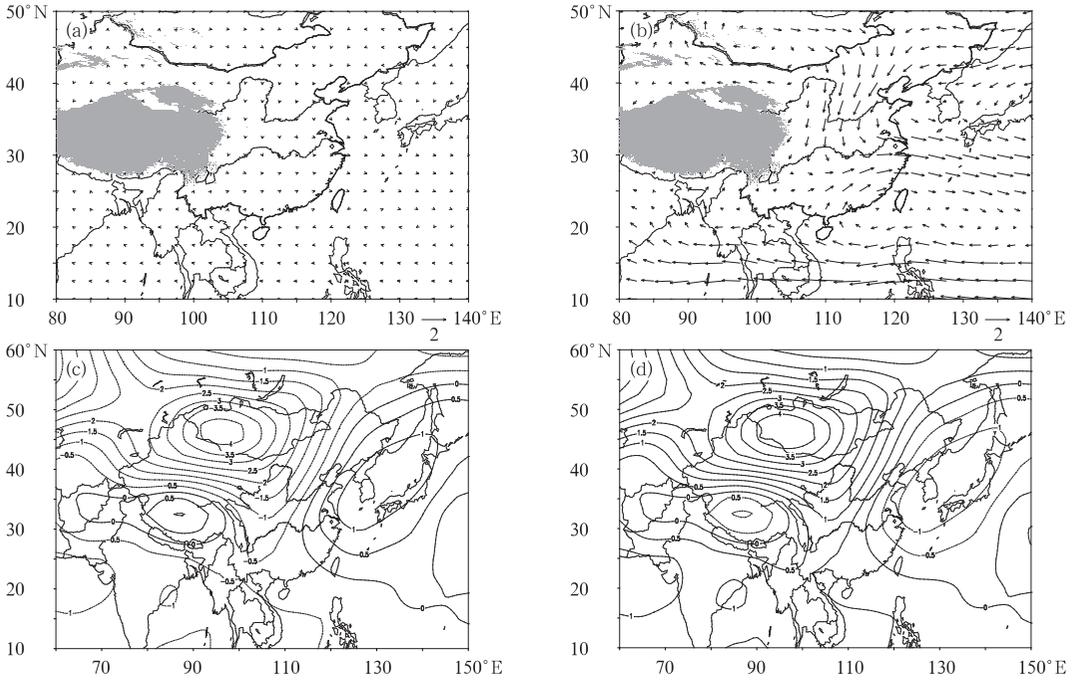


图10 盆西和盆东旱涝年东亚夏季风相关850hPa风场(a, b)、高原夏季风相关600 hPa位势高度场(c, d)的合成差值

Fig. 10 Composite differences between the flood years and drought years of the west and east of the basin at 850 hPa wind relate to East Asian summer monsoon (a, b), geopotential height at 600 hPa related to plateau summer monsoon (c, d)

著;盆东夏季降水与东亚夏季风和高原夏季风都相关显著,同时东亚夏季风与高原夏季风的相关系数也达到 -0.30 ,说明两者是相关联的。

(3)使用一元回归方法,分别得到了与东亚夏季风和高原夏季风相关的环流场,通过对两个环流场季风指数高低值年份的合成分析发现,东亚夏季风的影响主要体现在西北气流和东南气流的辐合带在我国东部地区的位置变动以及强度变化。东亚夏季风偏强,辐合带位置偏北;东亚夏季风偏弱,辐合带位置偏南。高原夏季风对环流场的影响体现在华北到河套地区一带风向的转换。高原夏季风偏强,辐合带为东北气流;高原夏季风偏弱,辐合带为西南气流。

(4)以1961和1998年为例,分析东亚夏季风和高原夏季风分别对大气环流的影响。1961年,东亚夏季风偏强,高原夏季风偏弱,与东亚夏季风相关的水平和垂直环流都不利于盆东地区发生降水,而与高原夏季风相关的环流有利于盆西降水偏多而盆东降水偏少;1998年,东亚夏季风偏弱,高原夏季风偏强,情况刚好与1961年相反。

(5)盆西和盆东旱涝年环流场的合成分析也表

明,东亚夏季风与高原夏季风都对四川盆地夏季降水有重要影响,但盆西夏季降水主要与高原季风有关,而盆东夏季降水与东亚夏季风和高原夏季风都有关,但以东亚夏季风为主。

需要说明的是,文中结果指出盆西地区夏季降水与河套地区到华北东部夏季降水年际变化一致,是否说明盆西的暖干化与华北暖干化有关?对于盆西夏季降水与东亚夏季风线性统计相关较小,其原因何在?而作为东亚季风系统的重要成员——西太平洋副热带高压的东西进退是否与之有关?需要进一步的研究工作,以揭示盆地夏季降水区域差异的成因及其与季风之间的关系。

致谢:作者就本文的部分内容与成都信息工程大学刘海文教授进行过有益的讨论,两位匿名审稿人也对本文提出了宝贵意见,在此一并谢忱!

参考文献

- 白虎志,马振锋,董存杰. 2005. 青藏高原地区季风特征及与我国气候异常的联系. 应用气象学报, 16(4): 484-491.
- 白莹莹,张焱,高阳华,等. 2011. 四川盆地降水变化的区域差异. 地理科学, 31(4): 478-484.

- 鲍媛媛,金荣花,赵瑞霞,等. 2009. 2008年东亚夏季风异常及其对江淮梅雨的影响. 气象, 35(4):34-42.
- 陈文秀,郝克俊. 2001. 20世纪四川盆地降水变化特征分析. 四川气象, 21(1):37-39.
- 陈兴芳,赵振国. 2000. 中国汛期降水预测研究及应用. 北京:气象出版社, 1-20.
- 陈忠明,闵文彬,刘富明. 2003. 青藏高原地表热源异常与四川盆地夏季降水的关联. 气象, 29(5):9-12.
- 戴新刚,汪萍,张培群. 2003. 华北降水频谱变化及其可能机制分析. 自然科学进展, 13(11):1182-1189.
- 葛福庭. 1984. 四川盆地雨型分类. 气象, 10(8):26-27.
- 郭其蕴,蔡静宁,邵雪梅,等. 2004. 1873—2000年东亚夏季风变化的研究分析. 大气科学, 28(2):206-215.
- 黄刚,严中伟. 1999. 东亚夏季风环流异常指数及其年级变化. 科学通报, 44(4):421-424.
- 黄荣辉,陈际龙,黄刚,等. 2006. 中国东部夏季降水的准两年周期振荡及其成因. 大气科学, 30(4):545-560.
- 李川,芮景新. 1997. 主汛期四川盆地雨型及其与全国雨带的关系. 四川气象, 17(4):2-5.
- 李菲,段安民. 2011. 青藏高原夏季风强弱变化及其对亚洲地区降水和环流的影响——2008年个例分析. 大气科学, 2011, 35(4):694-706.
- 李永华,徐海明,白莹莹,等. 2010. 我国西南地区东部夏季降水的时空特征. 高原气象, 29(2):523-530.
- 马振锋,高文良,刘富明,等. 2003. 青藏高原东侧初夏旱涝的季风环流分析. 高原气象, 22(Suppl):1-7.
- 裴顺强,毛奇浩. 2007. 东亚夏季风强度与我国夏季降水关系研究. 气象, 33(T1):146-155.
- 齐冬梅,李跃清,白莹莹,等. 2009. 高原夏季风指数的定义及其特征分析. 高原山地气象研究, 29(6):1-9.
- 齐冬梅,李跃清,陈永仁,等. 2011. 近50年四川地区旱涝时空变化特征研究. 高原气象, 30(5):1170-1179.
- 邵远坤,沈桐立,游泳,等. 四川盆地近40年来的降水特征分析. 西南农业大学学报, 2005, 27(6):749-752.
- 施能. 2002. 气象科研于预报中的多元分析方法(第二版). 北京:气象出版社, 149-150.
- 谭友邦,马振锋. 1997. 四川盆地6—8月降水变化的主要特征及预测因子研究. 四川气象, 17(4):6-10.
- 汤懋苍. 1993. 高原季风研究的若干进展. 高原气象, 12(1):95-101.
- 汤懋苍,梁娟,邵明镜,等. 1984. 高原季风年际变化的初步分析. 高原气象, 3(3):75-82.
- 汤懋苍,沈志宝,陈有虞. 1979. 高原季风的平均气候特征. 地理学报, 34(1):33-42.
- 徐淑英,高由禧. 1962. 西藏高原的季风现象. 地理学报, 28(2):111-123.
- 叶笃正,高由禧. 1979. 青藏高原气象学. 北京:科学出版社, 62-73.
- 张庆云,陶诗言. 1998. 亚洲中高纬度环流对东亚夏季降水的影响. 气象学报, 56(2):199-211.
- 张庆云,陶诗言,陈烈庭. 2003. 东亚夏季风指数的年际变化与东亚大气环流. 气象学报, 6(4):561-568.
- 赵汉光,张先恭. 1996. 东亚季风和我国夏季雨带的关系. 气象, 22(4):8-12.
- 赵振国. 1999. 中国夏季旱涝及环境场. 北京:气象出版社, 1-9.
- 周长艳,李跃清,卜庆雷,等. 2011. 盛夏川渝盆地东西部旱涝并存的特征及其大气环流背景. 高原气象, 30(3):620-627.
- 周长艳,李跃清,房静,等. 2008. 高原东侧四川盆地东西部夏季降水及其大尺度环流特征. 高原山地气象研究, 28(2):1-8.
- 朱艳峰,宇如聪. 2003. 川西地区夏季降水的年际变化特征与大尺度环流的联系. 大气科学, 27(6):1045-1055.
- Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. 1996. The NCEP/NCAR 40 year Reanalysis Project. Bull Amer Meteor Soc, 77(3):437-471.
- Li Jianping, et al. 2000. Significance of normalized seasonality of wind field and its rationality for characterizing the monsoon. Science in China (Series D), 43(6):646-653.
- Tao S, Chen C A. 1987. A review of recent research on the East Asian summer monsoon in China. Monsoon Meteorology. Oxford: Oxford University Press, 60.
- Torrence C, Compo G P. 1998. A practical guide to wavelet analysis. Bull Amer Meteor Soc, 79(1):61-78.