

正常季风年华南夏季“旱涝并存、旱涝急转”之气候统计特征^{*}

吴志伟^{1,2,3} ** 李建平¹ ** 何金海² 江志红² 竺夏英^{1,3}

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(LASG), 北京 100029;

2. 南京信息工程大学江苏省气象灾害重点实验室(KLME), 南京 210044; 3. 中国科学院研究生院, 北京 100049

摘要 强“旱涝并存、旱涝急转”(DFC)事件是华南地区夏季频发的一种气象灾害,指在同一季节内旱、涝事件交替出现的情形,是东亚夏季风季节内变异的显著表现之一,长期以来对其研究较少.文中揭示了华南夏季 DFC 现象与季节性严重旱、涝事件的显著差异,对华南夏季 DFC 的气候统计特征的研究表明:华南 DFC 夏季总雨量往往趋于正常,季节平均季风分布接近正常年份,强 DFC 夏季易“旱”且易“涝”,而弱 DFC 夏季则较为“风调雨顺”;华南 DFC 夏季同期大气环流的季节平均特征总体看来接近气候态(即正常年),但强 DFC 夏季低层 $80^{\circ}\text{E}-130^{\circ}\text{E}$ 之间的越赤道气流、澳大利亚高压、孟加拉湾-中南半岛的偏南风水汽输送以及高层的伊朗高压和东亚东风急流均强于弱 DFC 夏季;此外,华南强 DFC 夏季前期往往伴随着冬春季的 QBO 信号增强、秋冬季中国近海-西北太平洋海温和春季东、西印度洋海温增暖.所有这些为华南夏季 DFC 现象的预测提供了有参考意义的前兆信号.

关键词 夏季风变异 旱涝并存 旱涝异常

旱涝问题长期以来是国内外大气科学研究的热点^[1-6],纵观前人关于旱涝异常的研究,对季节性严重旱(或涝)事件关注较多^[7-13],而对旱涝的季节内变化关注较少.“旱涝并存、旱涝急转”(DFC)正是后者的典型代表之一,它指在同一季节内一段时间特别旱,而另一段时间又特别涝,旱涝交替出现的情形,反映了旱涝极端事件在短期内的共存^[14,15].当我们预测夏季总雨量正常时,通常人们会认为“风调雨顺”,但如果发生了强 DFC 事件,则意味这期间既发生了旱灾又发生了涝灾,其带来的危害是可想而知的.

鉴于 DFC 现象具有转折突发性等特点,其成因非常复杂,预测也就更困难,所有这些使得研究该现象的发生和演变规律成为一个至关重要的科学

问题.华南地区夏季易受多种天气系统(如台风、西太平洋副热带高压及中高纬冷空气等)的影响,严重旱涝事件频发,本文重点立足于华南地区夏季“旱涝并存”现象气候特征的研究.对其进行探讨,不仅可以丰富该地区降水短期气候预测的内容,而且可为夏季防汛抗旱工作提供具有参考意义的结果,这也是本文的出发点.

1 资料和方法

本文所用中国 740 站 1957—2003 年逐日降水资料由中国气象局国家气象信息中心提供,1958—2002 年再分析资料(水平分辨率为 $2.5^{\circ}\times 2.5^{\circ}$)取自欧洲中期天气预报中心(ECMWF)提供的 ERA-40 资料集^[16],1957—2003 年大气环流指数时间序

2007-04-22 收稿, 2007-06-20 收修改稿

* 国家自然科学基金(批准号: 40605022)、国家基础研究发展计划项目(批准号: 2006CB403600)、热带海洋气象科学研究基金(资助号 200508)和中国气象局热带季风重点开放实验室共同资助

** 通信作者: E-mail: lij@lasg.iap.ac.cn

列^[17, 18]由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(LASG)和美国国家海洋和大气管理局(NOAA)提供,海温场使用了哈得莱中心提供的HadISST海温资料^[19](水平分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$),本文定义华南夏季为5—9月份。

参考张琼等^[20]划分降水区的方法,先利用逐日降水资料计算全国740站1957—2003年夏季降水标准差,得到华南地区降水变率最大的测站为汕头,然后以汕头站为基点,计算其与全国740个站夏季降水的单点相关得到空间相关图(如图1(a)所示),相关系数在基点处为1,然后向周围逐渐减小,阴

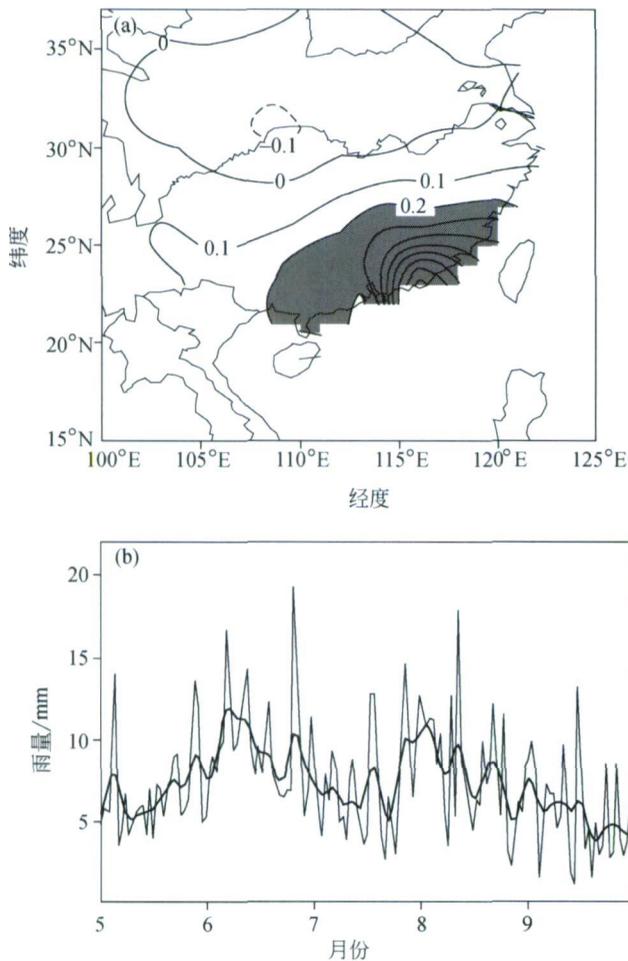


图1 1957—2003年5—9月份全国740站降水与汕头站降水演变

(a) 1957—2003年5—9月份全国740站降水与汕头站降水的单点相关图(阴影区置信度达99.9%);(b)汕头站5—9月份逐日降水演变的气候态(单位:mm;图中黑粗曲线为Gauss 9点平滑趋势线)

影所覆盖的区域为显著相关的区域(通过99.9%显著性水平的置信度检验),该区域反映较为一致的降水变率,使用该阴影区所覆盖的17个测站来表征华南地区夏季降水。

DFC现象主要表现为降水在季节内随时间的非均匀分布,DFC强度越强,则降水在季节内随时间的分布越不均匀;反之,则降水在季节内随时间分布越均匀,即越趋于“风调雨顺”。已有研究显示^[21],降水常常呈现出偏态分布的特征,而统计上通常采用偏度系数这一统计量来定量描述偏态分布的剧烈程度。从观测事实来看,DFC异常事件其季节雨量分布往往与偏态分布的极端情形相对应,鉴于此,为能更好地定量描述DFC现象,我们将某个季节降水分布的偏度系数定义为该季节的旱涝并存指数DFCI(droughts-floods coexistence index):

$$DFCI = M_2 = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{3}{2}}}$$

其中 M_2 为某站某年某季节降水的偏度系数, x_i 为该站该年该季节逐日降水时间序列(经5d滑动平均处理), \bar{x} 为该年该季节平均降水量, n 为该年该季节的总日数。DFCI值越大(正值越大),表明雨量在季节内随时间分布越不均匀,即DFC的强度也越大;反之,DFCI值越小(负值越小),表明雨量分布越均匀,DFC强度也越小,表明该季节降水越趋于“风调雨顺”。

2 DFC夏季季节内雨量分布特征

为更清楚地说明DFC夏季雨量分布的异常特征,本文以汕头站为例,先给出了该站1957—2003年间该站5—9月份逐日降水演变的气候态(图1(b)),气候态夏季逐日降水对应的DFCI值为-2.2(通过了95%置信度水平的显著性检验,表明气候态雨量具有显著的非正态分布特征),然后从这47a中分别挑选出最早(1967年)、最涝(1990年)、DFCI值最高(1970年)和最低(1982年)夏季,这4年所对应的DFCI值分别为1.5,0.5,2.5和-1.2,均通过了95%置信度水平的显著性检验,

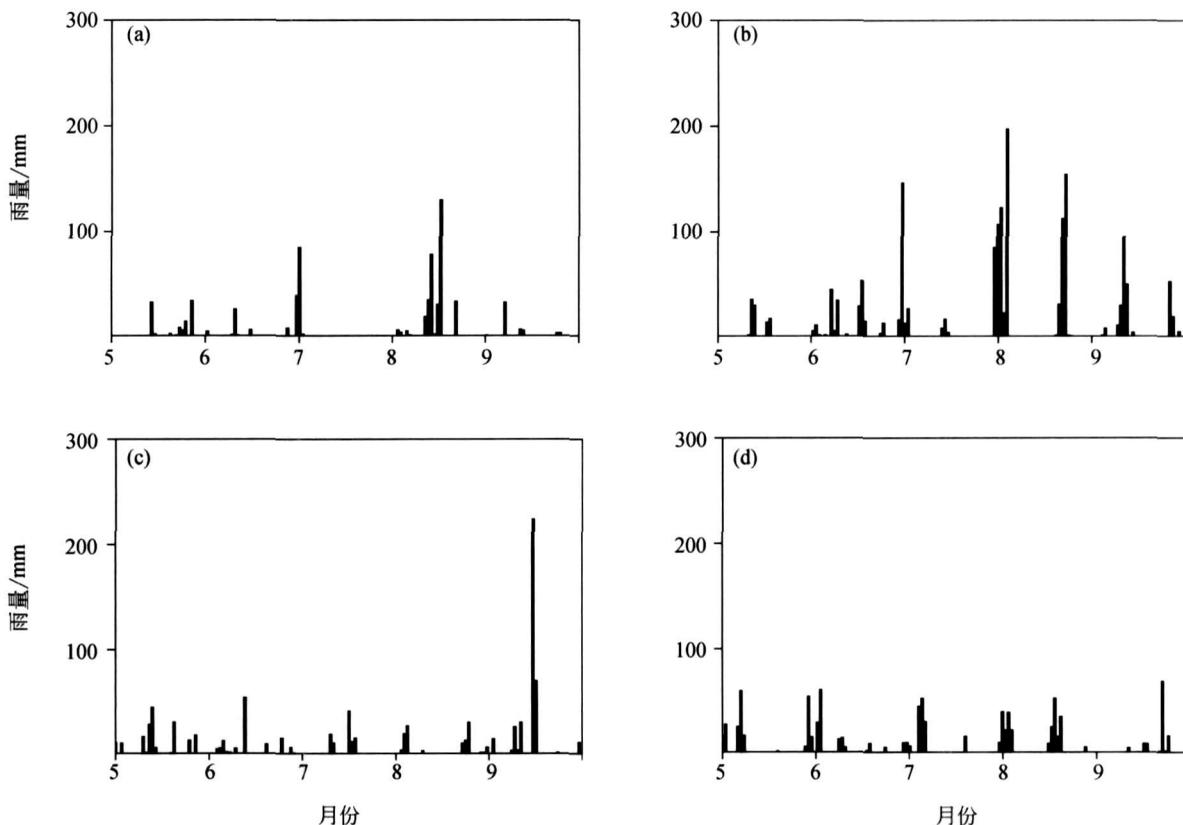


图 2 汕头站 5—9 月份逐日降水演变

(a) 旱年(1967); (b) 涝年(1990); (c) 高 *DFCI* 年(1970); (d) 低 *DFCI* 年(1982)

表明这 4 年降水同样呈现出显著的非正态分布，最后计算了这 4 年夏季的逐日降水演变(图 2)。

从汕头站 5—9 月份逐日降水演变的气候态(图 1(b))来看，降水大体呈现出“双峰分布”的特征，即大致在 5 月下旬—6 月下旬和 7 月下旬—8 月下旬存在两个降水的高峰区。在大旱和大涝年(图 2(a), (b))尽管降水量本身存在较大差异，但是降水分布形态仍然大致保持着“双峰分布”的特点。而 *DFC* 夏季的降水分布与大旱、大涝以及气候态均存在着显著的差异：在高 *DFCI* 夏季(图 2(c))，降水呈现出显著的“单峰分布”的特征，而低 *DFCI* 夏季(图 2(d))，降水分布较为均匀，无显著的“峰区”存在。从上述分析不难看出，*DFC* 夏季的降水分布具有特殊性。特别地，高 *DFCI* 夏季“单峰”区的降水量非常大(图 2(c))，甚至超过了大涝年的日降水最大值(图 2(d))，降水持续时间也非常短，因而具有显著的转折突发性和破坏性。

从汕头站 5—9 月份逐日累积降水距平来看，与

大旱年和大涝年不同的是，高 *DFCI* 年和低 *DFCI* 年的降水距平大体位于正负一个标准差之间(图略)。本文定义降水距平偏多一倍标准差为偏涝，偏少一倍标准差为偏旱，由此不难发现上述高(低)*DFCI* 夏季总降水量处于正常范围内，这就是说当我们预测某个夏季雨量正常的时候，如果发生了强 *DFC*(高 *DFCI*)，则意味这期间既发生了旱灾又发生了涝灾；相反，如果发生了弱 *DFC*(低 *DFCI*)，则意味着该夏季相对来说较为“风调雨顺”。

由于篇幅限制，这里仅给出了汕头站的最早(涝)、*DFCI* 最高(低)夏季的情形，以凸显 *DFC* 现象区别于通常季节性旱涝的特殊性。事实上在华南地区其余各站(图 1(a))的 *DFC* 夏季，均存在与汕头站类似的降水季节内变率，这里不再赘述。

3 *DFC* 夏季季节平均季风分布

早在 20 世纪三四十年代，竺可桢^[1]和涂长望等^[2]就指出，华南夏季旱涝与夏季风关系密切。鉴

于此,有必要研究华南 DFC 夏季季风的分布特征. 这里先计算了华南 17 个代表站 1957—2003 年夏季 DFCI 指数时间序列, 然后对其求平均再标准化, 得到华南区域平均的标准化 DFCI 指数时间序列(图 3), 最后从中挑选出指数值大于 1.0 的年份作为高 DFCI 夏季的代表(共 6 年: 1967, 1974, 1983, 1991, 2000 和 2003 年), 指数值小于 -1.0 的来表征低 DFCI 夏季(共 6 年: 1968, 1975, 1981, 1982, 1997 和 2001 年).

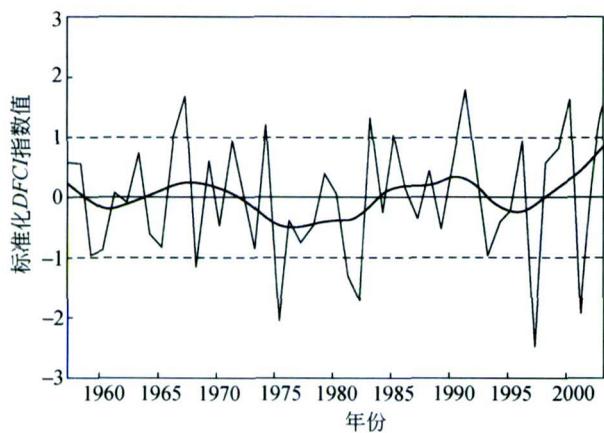


图 3 1957—2003 年华南地区夏季 DFC 标准化指数(DFCI)时间序列

图中黑粗曲线为 Gauss 9 点平滑趋势线, 虚直线为高低指数阈值线

本文选用李建平和曾庆存定义的归一化季风指数^[22]来表征华南 DFC 夏季的季风分布状况, 图 4 给出了夏季气候平均和高(低)DFCI 夏季的曾-李季风指数的分布. 由图可见, 高 DFCI 夏季的季风分布(图 4(b))具有与气候平均态(图 4(a))非常一致的分布特征, 表明尽管在华南高 DFCI 夏季既发生了旱又发生了涝, 但是其季节平均的季风强度与气候平均态大致相当, 就是说夏季风正常. 另外, 低 DFCI 夏季季节平均的季风分布与气候平均态同样非常一致(图 4(c)), 这里不再赘述.

上述合成分析的结果表明, 在季节平均的尺度上, 尽管华南 DFC 夏季季节平均季风分布往往接近正常季风年, 但所伴随的气候特征差异显著, 高 DFCI 年既有“旱”又有“涝”, 低 DFCI 年趋于“风调雨顺”, 这就增加了短期气候预测的难度. 鉴于强(弱)DFC 事件的气候影响迥异, 下面将探讨高

(低)DFCI 夏季同期大气环流的气候统计特征.

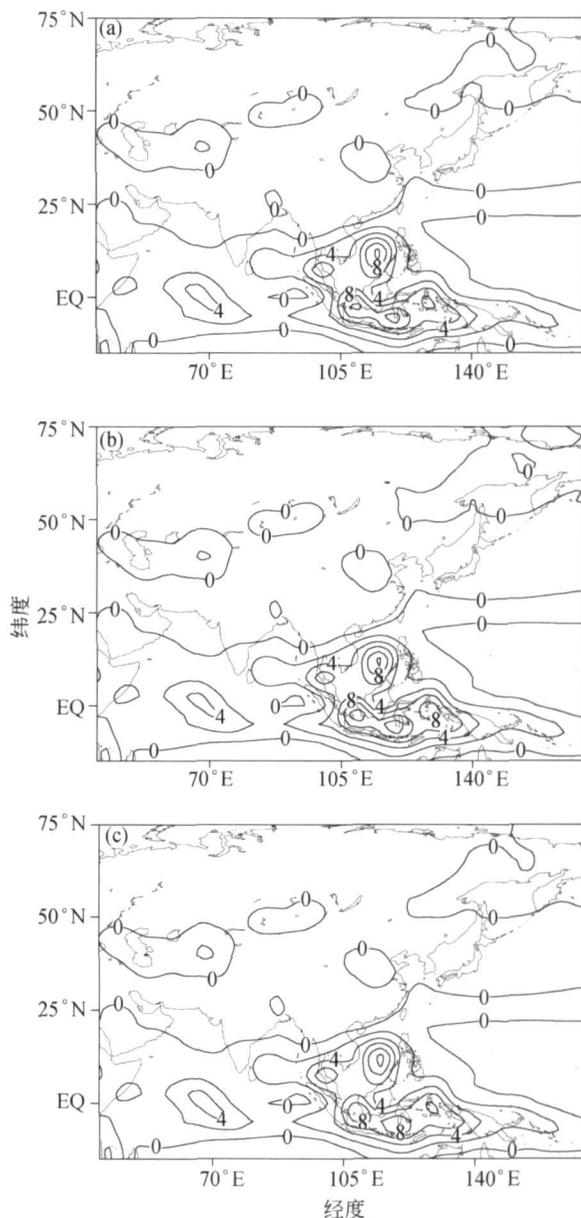


图 4 夏季季节平均曾-李季风指数分布

(a) 气候平均态; (b) 高 DFCI 夏季; (c) 低 DFCI 夏季

4 华南高(低)DFCI 夏季季节平均大气环流异常特征

首先来看 850 hPa 风场的情况, 华南高、低 DFCI 指数夏季季节平均风场与气候态相比并无显著的异常(图略), 这与本文第 3 部分的结果相吻合, 但在高、低 DFCI 年之间, 两者还是存在着一定的差异. 从图 5 中可以清楚看到, 主要的差异位

于 $80^{\circ}\text{E}-130^{\circ}\text{E}$ 之间的赤道地区：在高指数夏季，该区域内的越赤道气流往往增强；而在低指数夏季，情况正好相反，该区域内的越赤道气流往往减弱。伴随着该区域内越赤道气流异常的是在澳大利亚西侧存在一个反气旋性异常差值环流中心，表明在高指数夏季澳大利亚高压强度要强于低指数夏季。此外，在孟加拉湾、中南半岛、南海北部直至华南和江南地区都存在着异常的偏南风差值气流，显示高指数夏季上述区域的偏南风水汽输送要强于低指数夏季。已有的研究表明该区域的水汽输送异常确实与华南降水存在着密切联系^[23]。

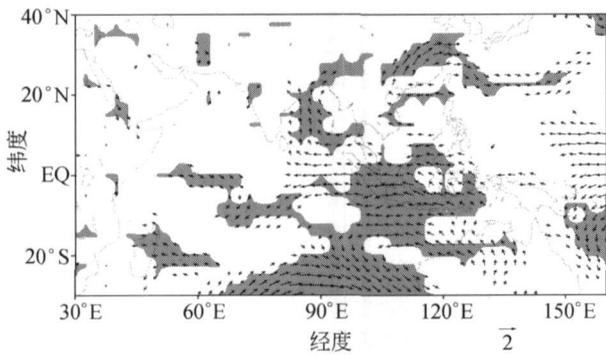


图 5 华南夏季高、低 *DFCI* 指数年 850 hPa 合成风差值场
高减低：单位：m/s；阴影区为置信度超过 95% 显著性水平的区域；“A”表示反气旋性差值环流

高、低 *DFCI* 指数夏季对外长波辐射 (*TTR*) 差值场和 500hPa 差值风场，与 850 hPa 差值风场情况类似，*TTR* 差值场和 500hPa 差值风场与气候态相比并无显著的异常，但在高、低 *DFCI* 年之间，两者还是存在着一定的差异(图略)。差异显著区域主要位于我国东南部沿海地区，*TTR* 场表现为正差值异常，就是说高 *DFCI* 指数夏季，该地区 *TTR* 偏高，低 *DFCI* 指数夏季情况相反。这里需要说明的是 ERA-40 资料集中的 *TTR* 资料相当于 NCEP 再分析资料中的对外长波辐射 *OLR* 资料，两者相差一个负号，单位略有不同(*OLR* 的单位为 $\text{w} \cdot \text{m}^{-2}$ ，而 *TTR* 的单位为 $\text{w} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}$)。此外，对应的 500 hPa 差值风场在高 *DFCI* 指数夏季在该地区呈现出反气旋性异常，在低 *DFCI* 指数夏季情况相反。由此不难看出，在低 *DFCI* 指数夏季我国东南沿海的对流活动往往趋于增强，而在高 *DFCI* 指数夏季对流活动往往趋于减弱。从高、低 *DFCI* 指数夏季 200 hPa

差值风场来看(图略)，主要的差异分别位于伊朗高原和日本东南部洋面-中南半岛地区上空，前者表现为反气旋性差值风场异常，表明高 *DFCI* 指数夏季伊朗高压强于低 *DFCI* 指数夏季；后者表现为异常的东北风，说明高 *DFCI* 指数夏季东亚东风急流增强，而低 *DFCI* 指数夏季东亚东风急流减弱。

综上所述，华南高、低 *DFCI* 指数夏季同期大气环流的季节平均特征总体看来接近气候态(即正常年)，但高、低 *DFCI* 指数夏季之间存在着一定的差异，了解这种差异有助于我们从季节平均的尺度上面来区分这两种不同的气候现象。

5 华南高(低)*DFCI* 夏季前期海气异常信号

为研究华南地区 *DFCI* 夏季前期大尺度大气环流的特征，我们计算了 *DFCI* 与前期 12 个月(前一年 6 月份—当年 5 月份)的各种大气环流指数的相关情况。结果发现前期 *QBO* 指数与华南夏季 *DFCI* 指数的正相关关系最为显著(图 6)，从这两个指数时间序列的超前相关演变来看，从前一年 6 月份—前一年 12 月份相关系数呈现增大趋势，并在前一年 12 月份超过了 95% 的置信度检验，这种显著相关关系一直持续到 3 月份，而后逐渐减弱。这表明前期冬春季的 *QBO* 偏强时，后期夏季华南地区很可能发生强的 *DFCI*，反之，当前期冬春季的 *QBO* 偏弱时，后期夏季华南地区很可能 *DFCI* 强度偏弱，即较为“风调雨顺”。这就为华南夏季 *DFCI* 的短期气候预测提供了先兆信号，但其中的机制还不是很清楚。

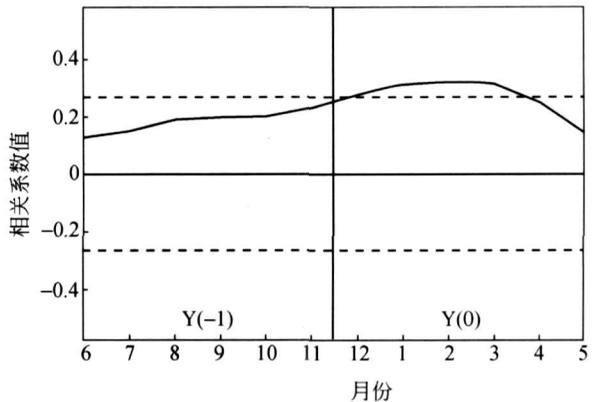


图 6 华南夏季 *DFCI* 指数与 *QBO* 指数
时间序列的超前相关

图中虚线为 95% 置信度水平的阈值；*Y*(0) 表示当年，*Y*(-1) 表示前一年

与华南地区 DFC 夏季前期大气环流异常相伴随的是海温的异常演变. 从华南夏季 DFCI 与前期 6 个月(前一年 11 月到当年 4 月)的海温相关分布来看(图略), 有两个关键海区的海表温度变化与华南夏季 DFC 关系最为密切: 一个位于中国近海至西北太平洋, 另一个位于东、西印度洋. 前者在前一年 11—12 月份与华南夏季 DFCI 呈现大范围显著正相关, 此后该正相关区逐月减弱直至消失, 表明中国近海至西北太平洋区域在前期秋冬季海温异常偏高时, 后期华南发生强 DFC 事件的可能性增加, 反之亦然. 印度洋关键海区的情况正好相反(似乎与前一个关键海区呈“跷跷板”趋势): 在前一年 11—12 月份与华南夏季 DFCI 的相关不明显, 之后相关关系逐渐增大, 至前期 4 月份正相关达最显著, 表明印度洋海温在前期春季异常偏高时, 后期华南易发生强 DFC 事件, 反之亦然. 其中的物理机制尚不清楚.

6 结论和讨论

DFC 是华南夏季常见的气象灾害之一, 但长期以来对之研究不多. 本文研究了华南地区夏季 DFC 现象的特殊性, 分析了伴随该现象的海气异常特征, 并提出了一些前兆信号以供该现象的短期气候预测做参考. 综上所述, 我们可以得出以下一些结论:

(1) 华南 DFC 夏季总雨量往往趋于正常, 季节平均季风分布接近正常年份, 强 DFC 夏季易“旱”且易“涝”, 而弱 DFC 夏季则较为“风调雨顺”.

(2) 华南 DFC 夏季同期大气环流的季节平均特征总体看来接近气候态(即正常年), 强 DFC 夏季低层 80°E — 130°E 之间的越赤道气流、澳大利亚高压、孟加拉湾-中南半岛的偏南风水汽输送以及 200 hPa 的伊朗高压和东亚东风急流均强于弱 DFC 夏季.

(3) 华南强 DFC 夏季前期往往伴随着冬春季的 QBO 信号增强、秋冬季中国近海-西北太平洋海温和春季东、西印度洋海温增暖, 这些似乎可以作为华南地区夏季 DFC 的先兆信号.

本文仅仅从气候统计特征的角度对该现象进行研究, 总结归纳了华南夏季 DFC 一些共性特征. 事实上, 华南夏季 DFC 存在较大的年际差异, 涉

及的物理过程非常复杂, 相关的物理机制可能同样存在较大的年际差异, 例如: 有的年份为旱转涝年, 有的年份为涝转旱年, 其成因必然存在差异. 这些工作还有待于今后在对典型个例的研究中进一步探讨, 我们将另文研究.

致谢 感谢欧洲中期天气预报中心、哈得莱中心、美国国家海洋和大气管理局和中国气象局国家气象信息中心提供相关气象资料, 感谢美国夏威夷大学的王斌和金飞飞教授的建议和帮助.

参 考 文 献

- 竺可桢. 东南季风与中国之雨量. 地理学报, 1934, 1(1): 1—27
- 涂长望, 黄士松. 中国夏季风之进退. 气象学报, 1944, 18: 1—20
- Ding YH. Summer monsoon rainfalls in China. J Meteor Soc Japan, 1992, 70: 397—421
- Karl TR, Knight RW, Plummer N. Trends in high-172 observed climate variability and change frequency climate variability in the twentieth century. Nature, 1995, 377: 217—220
- Dai A, Trenberth KE, Karl TR. Global variations in droughts and wet spells: 1900—1995. Geophys Res Lett, 1998, 25: 3367—3370
- He JH, Zhou B, Wen M, et al. Vertical circulation structure, interannual variation features and variation mechanism of western Pacific subtropical high. Adv Atmos Sci, 2001, 18(4): 497—510
- 陶诗言, 徐淑英. 夏季江淮流域持久性旱涝现象的环流特征. 气象学报, 1962, 32: 1—10
- 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
- Wang B. Climatic regimes of tropical convection and rainfall. J Climate, 1994, 17: 1109—1118
- Zhang RH. Relations of water vapor transport from Indian monsoon with that over East Asia and the summer rainfall in China. Adv Atmos Sci, 2001, 18(5): 1005—1017
- 徐祥德, 陶诗言, 王继志, 等. 青藏高原-季风水汽输送“大三角扇型”影响域特征与中国区域旱涝异常的关系. 气象学报, 2002, 60(3): 257—267
- Zhang Q, Wu GX, Qian YF. The bimodality of the 100 hPa South Asia high and its relationship to the climate anomaly over East Asia in summer. J Meteor Soc Japan, 2002, 80(4): 733—744
- Ju JH, Lu JM, Cao J, et al. Possible impacts of the arctic oscillation on the interdecadal variation of summer monsoon rainfall in East Asia. Adv Atmos Sci, 2005, 22(1): 39—48
- Wu ZW, Li JP, He JH, et al. The occurrence of droughts and floods during the normal summer monsoons in the mid- and low-

- er reaches of the Yangtze River. *Geophys Res Lett*, 2006, 33, L05813, doi: 10. 1029/ 2005GL024487
- 15 Wu ZW, Li JP, He JH, et al. The large-scale atmospheric singularities and the summer long-cycle droughts-floods abrupt alternation in the middle and lower reaches of the Yangtze River. *Chin Sci Bull*, 2006, 51(16): 2027—2034
- 16 Uppala SM, Kallberg PW, Simmons AJ, et al. The ERA-40 reanalysis. *Quart J R Meteorol Soc*, 2005, 131, 2961—3012, doi: 10. 1256/ qj. 04. 176
- 17 Thompson DWJ, Wallace JM. Annular modes in the extratropical circulation. Part I: Month-to-month variability. *J Climate*, 2000, 13: 1000—1016
- 18 Li JP, Wang J. A modified zonal index and its physical sense. *Geophys Res Lett*, 2003, 30(12): 1632, doi: 10. 1029/ 2003GL017441
- 19 Rayner NA, Parker DE, Horton EB et al. A global analyses of sea surface temperature, sea ice, and night marine air temperature since the late nineteenth century. *J Geophys Res*, 2003, 108(14): 4407, doi: 10. 1029/ 2002JD002670
- 20 张琼, 刘平, 吴国雄. 印度洋和南海海温与长江中下游旱涝. *大气科学*, 2003, 27(6): 992—1006
- 21 Bradley RS, Diaz HF, Eischeid JK, et al. Precipitation fluctuations over northern hemisphere land areas since the mid-19th century. *Science*, 1987, 237, 171—175
- 22 Li JP, Zeng QC. A unified monsoon index. *Geophys Res Lett*, 2002, 29(8): 1151—1154
- 23 谢安, 宋焱云, 毛江玉, 等. 南海夏季风期间水汽输送的气候特征. *气候与环境研究*, 2001, 6(4): 425—434

《自然科学进展》投稿须知

《自然科学进展》是国家自然科学基金委员会和中国科学院共同主办的综合性学术月刊, 刊登自然科学各学科领域的基础研究和应用基础研究方面的高水平、有创造性和重要意义的最新研究成果论文, 以促进国内外学术交流. 中文版由各地邮局公开发行, 英文版由英国 Taylor & Francis Ltd 总代理, 在世界各地发行.

本刊中文版为《中国科技期刊引证报告》的源期刊, 并被《中文核心期刊要目总览》、“生物学文摘”等数据库和检索系统收录; 英文版(*Progress in Natural Science*)被 SCI Expanded, Chemical Abstracts (CA), Engineering Index (EI), 俄罗斯《文摘杂志》, 美国《数学评论》和日本《科技文献速报》等多种国际检索系统收录.

请直接登录本刊网站(<http://pub.nsf.gov.cn>)投稿. 请使用国标(GB3100~3102-93)规定的法定计量单位. 所含曲线图、示意图和照片要尽量精选, 原则上总数不超过 6 幅; 图题、图注和纵横坐标参数以及图内说明文字均用中文, 参数采用国标规定符号; 彩版需额外支付制作印刷费. 表格均采用三线表, 易引起含混时, 可加辅线, 对表中所列诸项需特殊说明时, 可在表下用 a), b) 等注示. 插图和表格排在正文提及后的适当处. 资助项目需在首页脚注中说明.

投稿时请提供如下材料和信息: (i) 申明稿件无泄密之处, 未曾正式发表过, 也未同时投往他刊; 所有作者都了解文章的内容, 并同意署名; 简要介绍研究工作的背景及成果的意义; 明确所投栏目及学科分类. (ii) 作者的所有联系方式. 通讯地址, 邮政编码, 电话, 传真及 E-mail 地址. (iii) 推荐 5—7 名非本单位的具有正高级职称同行评审专家及其单位、通讯地址, 也可提出要求回避的专家, 供稿件送审时参考.

稿件经同行专家评议后由编辑部做出取舍决定. 不拟刊登的来稿, 编辑部将及时通知作者; 对于录用的稿件需酌收版面费, 论文刊出的当月同时上网, 并赠送 1 本样刊.

论文撰写格式请严格遵循本刊的相关要求. 所列文献按正文中引用的先后排序. 文献的作者不多于 3 位时, 需全部列出, 文献的作者多于 3 位时, 只列前 3 位作者, 其余用“等”或“et al.”代替.

联系地址: 100085 北京海淀区双清路 83 号 国家自然科学基金委员会《自然科学进展》编辑部

联系电话: (010)62326952, 62327202; 传真: (010)62326921;

本刊网址: <http://pub.nsf.gov.cn>; E-mail: progress@mail.nsf.gov.cn