

DOI:10.3880/j.issn.1004-6933.2017.05.018

华南前汛期降水与前期印度洋海温的关系

胡玉恒¹, 荣艳淑¹, 魏佳¹, 李崇浩², 唐红兵², 李树山²

(1. 河海大学水文水资源学院, 江苏 南京 210098; 2. 中国南方电网电力调度控制中心, 广东 广州 510623)

摘要:利用1961—2014年共54年的降水及海温资料,采用相关分析、奇异值分解和合成分析方法,研究了印度洋海温与华南前汛期降水的相关关系及海温异常影响华南前汛期降水量的途径。结果表明,印度洋海温与华南前汛期不同月份降水存在不同的相关性,且华南4月降水与前期印度洋海温存在显著的负相关关系。印度洋中部海区(64°E~80°E, 18°S-EQ)是影响华南4月降水量的关键海区,前一年7—8月是关键时段。当印度洋关键海区前一年7—8月异常偏冷时,华南4月降水量显著增多;反之,华南受大陆偏北气流控制,4月降水减少。

关键词:前汛期降水;海温;华南地区;印度洋

中图分类号:P339 文献标志码:A 文章编号:1004-6933(2017)05-0106-11

Relationship between pre-flood season precipitation in South China and Indian Ocean SST at earlier stages

HU Yuheng¹, RONG Yanshu¹, WEI Jia¹, LI Chonghao², TANG Hongbin², LI Shushan²

(1. College of Hydrology and Water Resources, Hohai University, Nanjing 210098, China;

2. Power Dispatching Control Center, China Southern Power Grid, Guangzhou 510623, China)

Abstract: Based on the precipitation and sea surface temperature (SST) data collected over 54 years from the year 1961 to the year 2014, research on the relationship between pre-flood season precipitation in South China and Indian Ocean SST was conducted by the means of the pearson correlation, singular value decomposition (SVD) method and composite analysis. Besides, the way the unusual changes of Indian Ocean SST affected pre-flood season precipitation in South China was also studied. It was showed that there was a different correlation between the SST in India Ocean and the precipitation in the different months of preceding flood season in Southern China. The central Indian Ocean (64°E-80°E, 18°S-EQ) was the key area that affected the April precipitation over South China. The key period of Indian Ocean SST was July-August in the previous year. When it was abnormally cold in the key area of the Indian Ocean in July-August in the previous year, precipitation in April increases in South China. On the contrary, when it was abnormally warm in the key area of the Indian Ocean in July-August in the previous year, Southern China is controlled by northerly air currents and precipitation in April is subsequently reduced.

Key words: pre-flood season precipitation; sea surface temperature; South China; Indian Ocean

基金项目:国家自然科学基金(51420105014);南方电网科技项目(K-ZD2014-014);“十三五”国家重点研发计划项目(2016YFA0601504)

作者简介:胡玉恒(1994—),男,硕士研究生,研究方向为水文气象学。E-mail:hyh_777@126.com

通信作者:荣艳淑,教授,博士。E-mail:ysron@hhu.edu.cn

印度洋是我国西南季风最主要的流经地和水汽源地,来自南印度洋越赤道气流的强弱直接影响南海夏季风的爆发及强弱^[1],对华南汛期降水有着最直接的影响^[2]。肖子牛等^[3]指出,厄尔尼诺期间,印度洋海温异常对形成中国华南到西南地区的多雨带有重要作用。罗云等^[4]在分析华南春夏旱涝急转年时发现,西南印度洋海温维持正距平与华南春夏旱涝的降水关系密切。袁媛等^[5]从海气相互作用的角度指出热带印度洋异常增暖(变冷)激发印度洋-西太平洋异常的 Walker 环流圈,加强(减弱)西太平洋副高的强度,有利于南海夏季风爆发推迟(提前)。从遥相关的角度,Horel 等^[6]指出,热带地区海温异常通过二维 Rossby 波列可以把热带地区的扰动能量传递到温带地区,引起大气环流的显著响应,晏红明等^[7]在此基础上通过数值模拟发现印度洋海温异常增暖迫使南海夏季风爆发偏晚、撤退提前,夏季风期缩短,季风减弱。因此,印度洋海温异常对中国及周边气候有显著影响。

华南是我国年降水量最充沛的地区之一,主汛期从4月初开始一直持续到9月底,每年4—6月是华南的第一个多雨期,也被称为前汛期。华南前汛期的降雨量占全年降雨量的40%~50%,雨量充沛且暴雨频繁^[8],造成的水灾程度十分严重,因此针对华南前汛期降水的研究历来受到重视。研究表明,华南前汛期降水不仅受副热带高压、南海夏季风、冷涡、大气环流、南极海冰以及青藏高原积雪等气候系统的影响^[9-16],而且也受海洋热力状况以及海气相互作用影响^[17-19]。

华南前汛期的降水分为两个时段——锋面降水时段和季风降水时段^[20-22],不同降水时段受不同天气系统影响。在以往的研究中,大多数学者将前汛期时段视为一个整体进行分析,从而忽略了该时段内影响降水因素的差异性。为了提高降水预测准确率,在研究中对前汛期降水进行适当的时段划分,寻找不同的影响因素就显得尤为重要。将前汛期按月份进行划分,分别探讨华南4月、5月和6月降水与前期印度洋海温之间的关系。针对与前期印度洋海温关系最为密切的4月,着重分析该月份华南降水的影响因素,在分析印度洋海温关键影响时段及海区的基础上,侧重研究海温异常对4月份降水异常的影响。

1 资料来源与方法

1.1 资料

以广东、广西和海南3省代表华南地区,以该区

域内53个气象站点的区域平均值作为华南降水量。这些站点的逐日降水资料来自国家气象数据共享服务网,数据起止时间为1961—2014年。图1是华南地区53个气象站点的分布图。

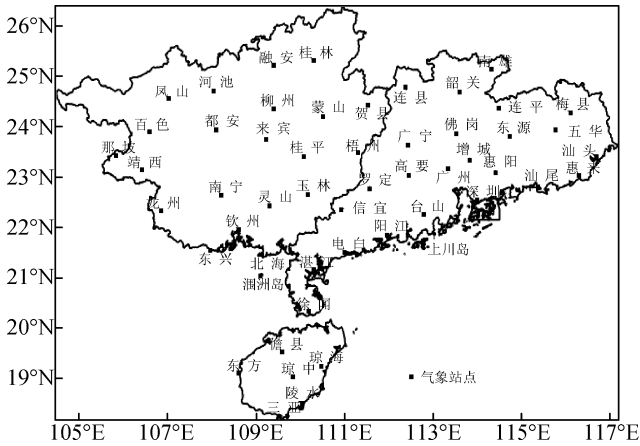


图1 华南地区气象站点分布

还使用了美国国家环境预报中心和国家大气研究中心发布的全球逐月再分析资料和美国国家海洋和大气管理局的月平均海表温度数据。再分析数据包括了850 hPa月平均径向风、纬向风以及500 hPa位势高度数据,水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ 。月平均海表温度数据的水平分辨率为 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ 。这些资料的起止时间均为1960—2014年。

1.2 方法

使用皮尔逊相关分析,研究月尺度印度洋前期和同期海温与华南前汛期降水的关系。采用奇异值分解(singular value decomposition, SVD)方法研究印度洋前期海温异常(左场)对华南前汛期降水异常(右场)的影响。使用合成分析方法,初步分析冷、暖年海温异常对华南前汛期降水异常可能的影响机制。

2 结果与讨论

2.1 华南前汛期降水变化特征

华南汛期时间较长,可从4月持续到9月,降水量的年内分布素有双峰结构特征,因此,有4—6月为前汛期和7—9月为后汛期之称。图2为华南降水的年内分布图 and 不同时期降水量贡献率随时间变化图。由图2(a)可见,6月为降水量的第一个峰值,8月为第二个峰值,6月的降水峰值明显大于8月,而且,4—6月降水总量(678.3 mm)也大于7—9月降水总量(659.0 mm),因此,华南前汛期的降水历来不容小觑。由图2(b)可见,华南前汛期和后汛期对年降水量的贡献相差无几,多

年平均贡献率分别为 39.98% 和 38.83%, 只有非汛期降水量较小, 对年降水量的贡献率只有 21.18%, 因此, 前汛期降水量的多寡对华南年总降水量相当重要。

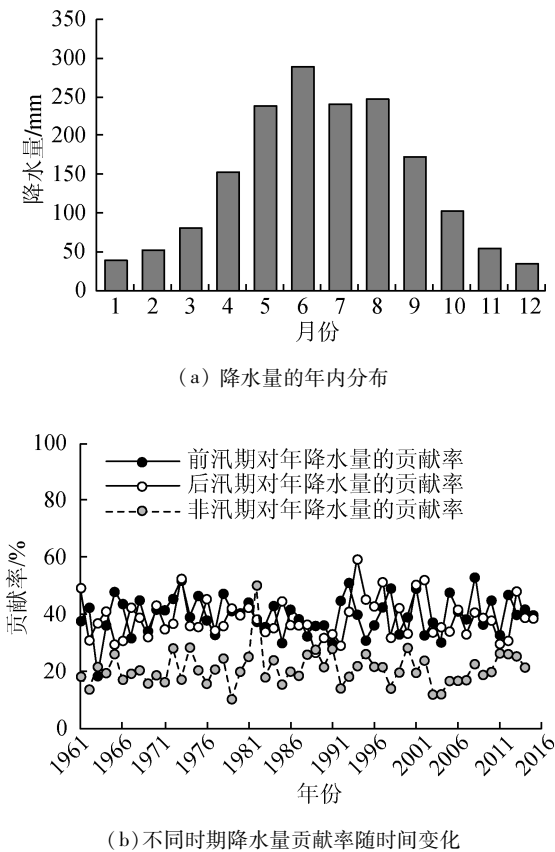


图2 华南地区降水量的年内分布及不同时期降水量贡献率随时间变化

2.2 华南前汛期降水与印度洋海温的相关关系

为区分前期印度洋海温对华南前汛期不同降水时段的影响, 用华南前汛期各月平均降水量与前一年 1 月到当年 12 月共计 24 个月的印度洋洋表面温度 (sea surface temperature, SST) 计算相关系数, 可以发现华南 4 月降水与前期印度洋全区海温呈现出较好的负相关关系, 华南 5 月和 6 月的降水与前期西南印度洋的海温存在较好的正相关性 (图略)。其中华南 5 月和 6 月降水与前期印度洋海温的相关性不稳定, 高相关区 (通过 0.05 置信度检验) 的位置逐月变化较大且范围较小, 不能很好地反映两者之间存在持续稳定的相关性。但根据华南 4 月与前期印度洋海温的相关关系, 发现在前一年的 7—8 月, 热带印度洋出现了一片持续时间较长, 高相关区稳定且范围较大的海区。因此, 本文将华南前汛期降水的重点时段放在 4 月, 讨论华南 4 月降水与前期印度洋 SST 存在的相关性及其影响机制。图 3 给出了华南 4 月降水量与印度洋前一年 7—8 月平

均 SST 的相关分布图, 图中阴影部分通过了 95% 的置信度检验, 可以看到, 印度洋 SST 与华南 4 月降水量具有统计显著性相关关系的区域主要位于热带到副热带的中印度洋, 取 64°E ~ 80°E, 18°S ~ EQ 作为关键海区, 称前一年 7—8 月为关键时段, 后面将着重研究关键时段关键海区对华南 4 月降水量的影响。

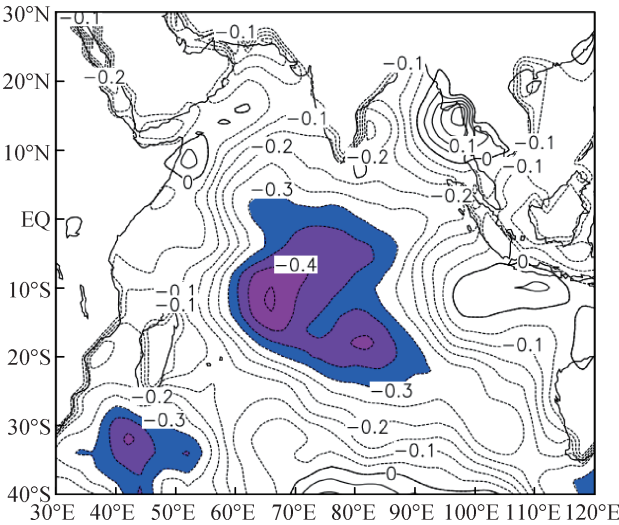
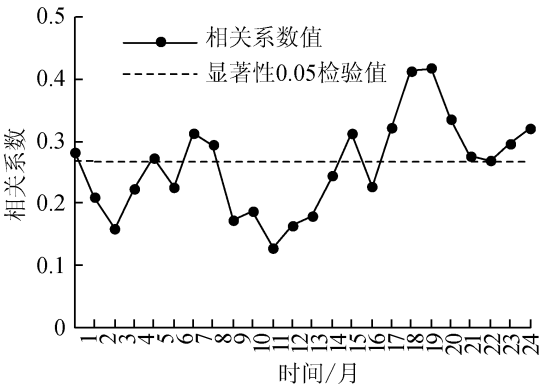


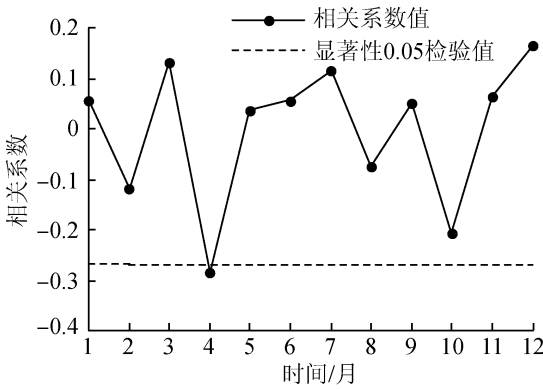
图3 华南4月降水与印度洋前一年7—8月SST的相关系数

2.3 华南降水与关键海区海温的时滞相关分析

选取关键海区前一年 1 月至当年 12 月共 24 个月逐月的 SST 距平序列为左场, 以华南当年 1 月至 12 月的降水距平序列为右场, 进行 SVD 分析。这种对于两个变量场时间“序列”上的 SVD 分析可以帮助寻求海温场与降水场之间耦合较好的时段。图 4 是 SVD 第一对模态的异性相关系数, 该模态对总协方差平方和的贡献达到了 48.7%, 远大于其他对模态的贡献, 因此, 第一对模态基本反映出左右场之间主要的相关信息。图 4(a) 为左场 (SST 距平序列) 的第一模态异性相关系数, 可以看出, 前一年 5 月、前一年 7—8 月、当年 3 月和 5—12 月的相关系数均通过了 95% 的置信度检验, 由于当年 5—12 月对于 4 月降水的预测没有意义, 故不予考虑。前一年 5 月以及当年 3 月在皮尔逊相关分析中均没有表现出明显且稳定的高相关区, 本文中也不再考虑它们与华南 4 月降水的关系。因此, 印度洋前一年 7—8 月 SST 对华南 4 月降水的影响确实存在。图 4(b) 为右场 (降水距平序列) 的第一模态异性相关系数, 可以看出, 仅有 4 月降水的相关系数通过了 95% 的置信度检验, 这也说明 4 月份是华南降水与关键海区耦合最好的月份。



(a) 左场异性相关系数



(b) 右场异性相关系数

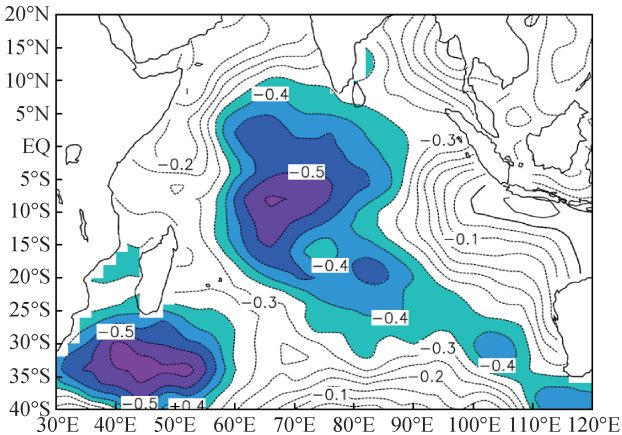
图4 印度洋关键海区 24 个月 SST (左场) 与华南地区当年 12 个月降水 (右场) SVD 第一对模式左右场异性相关系数

2.4 华南 4 月降水与印度洋 SST 耦合相关的空间分布特征

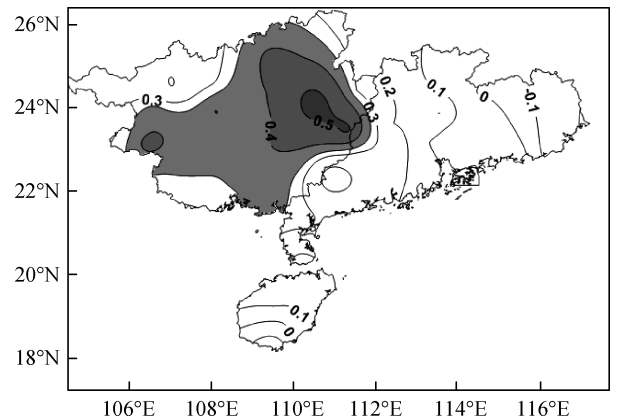
为了得到前一年 7—8 月印度洋 SST 与华南 4 月降水相关的空间结构特征,将前一年 7—8 月印度洋海区(30°E~120°E,40°S~20°N)共 1426 个格点的平均 SST 距平作为左场,将 4 月华南地区 53 个气象站点的降水距平作为右场,进行 SVD 分析。第一模态对总协方差平方和贡献达到了 69.99%,其相应的模态间相关系数为 0.5,表明了两场之间的相互作用以第一对典型场的型态为主,占有优势地位,其他模态对总协方差平方和贡献较小,不再考虑。

图 5 为印度洋 SST 与华南 4 月降水 SVD 分析的第一个典型场的空间分布图,阴影区为通过了 99% 的置信度检验。从第一典型场的左场(图 5(a))看,整个印度洋与华南 4 月降水均为负相关关系,有两个具有统计意义的负相关区,表明这里是海温与降水耦合最显著的区域,一个位于马达加斯加岛以南海域,另一个位于热带中印度洋附近海域,特别是热带中印度洋高相关区与前面所取的关键海区的范围基本吻合,表明了所选的关键海区就是海温

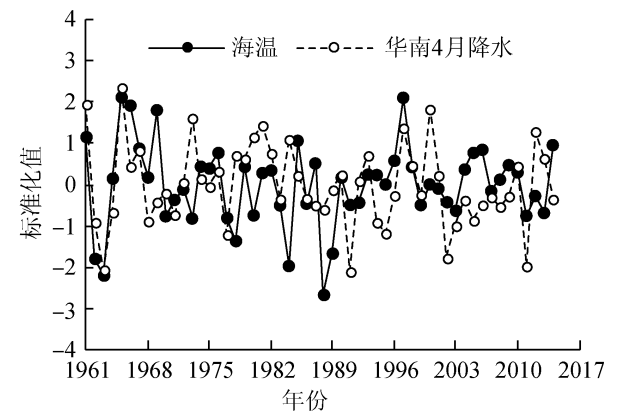
与华南 4 月降水耦合最显著的区域。图 5(b)是第一典型场的右场,可以看出,华南 4 月降水距平在整个区域的大部分地区为同位相的正值分布,正值中心位于广西境内,且高相关区覆盖了广西的大部分地区,这一分布特征表明广西 4 月降水与前一年 7—8 月关键海区海温关系更加密切,是华南受印度洋海温影响最大的地区。从华南 4 月降水量与 SVD 第一模态的时间系数看(图 5(c)),两者确有同相变化的特征,它们之间的相关系数达到了 0.3364。



(a) 左场相关系数的空间分布



(b) 右场相关系数的空间分布



(c) 第一模态时间系数与华南 4 月降水量的时间变化

图5 前一年 7—8 月印度洋 SST 与华南 4 月降水 SVD 分析结果

2.5 印度洋海温异常对华南4月降水的影响机制

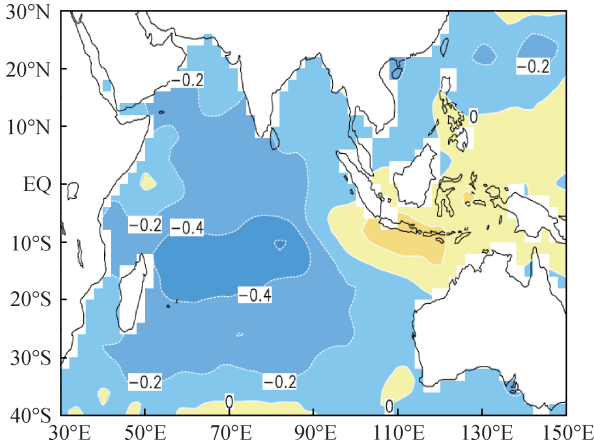
为分析关键海区不同的海温异常情况对华南4月降水可能带来的影响,将7—8月印度洋关键海区(64°E~80°E,18°S~EQ)的海温取平均后,先去趋势,再作标准化处理,按照 ± 1.0 的标准,挑选冷、暖年。这样做的目的是消除印度洋持续增暖的影响,否则,暖水年将有可能多为2000年以后的年份。按此标准,挑选出8个冷水年和9个暖水年,冷水年分别是1960、1964、1965、1968、1974、1978、1984、1989年,暖水年分别是1961、1962、1967、1983、1987、1988、2001、2002、2003年。采用合成分析的方法,分析冷、暖水年海温距平场和500 hPa高度距平场的演变情况及其对华南4月降水可能带来的影响。本文中以7月、10月和1月分别作为前一年的夏季、秋季和冬季,4月为次年春季,即为降水同期。

2.5.1 冷、暖水年海温异常与降水异常

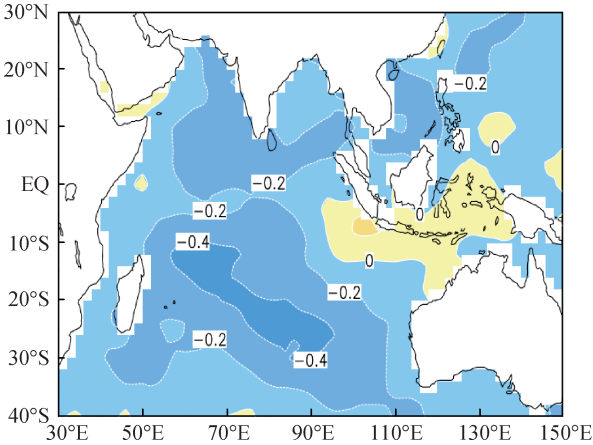
图6为冷水年印度洋海温距平分布,可以看出在前一年夏季和秋季整个印度洋海区海温负距平强度最大,特别是夏季(图6(a))最大负距平中心就在关键海区,中心最大值为 $-0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$;秋季(图6

(b))海温最大负距平中心的范围开始缩小,但是,中心最大值仍为 $-0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$;到了冬季(图6(c)),冷中心的强度和范围再次缩小,只有关键海区附近小部分海域的海温距平超过 $-0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$,在北半球的南海、阿拉伯海、孟加拉湾以及南半球马达加斯加岛附近等海域均出现了不同程度的海温正距平,其中,以南海的异常增暖幅度最大,达到或超过了 $0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$;转年春季(图6(d))关键区海温负距平范围继续缩小,负距平中心移至西印度洋海区,负距平中心分裂为2个 $-0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的冷中心,南海依旧处于异常增暖的中心位置,异常增暖区向东北扩展,同时范围增大,马达加斯加岛南侧的海温正距平中心合并,并移动到马达加斯加岛以东的海域。因此,在冷水年中,印度洋海温负距平的强度呈现由夏季向转年春季逐渐减弱的现象。

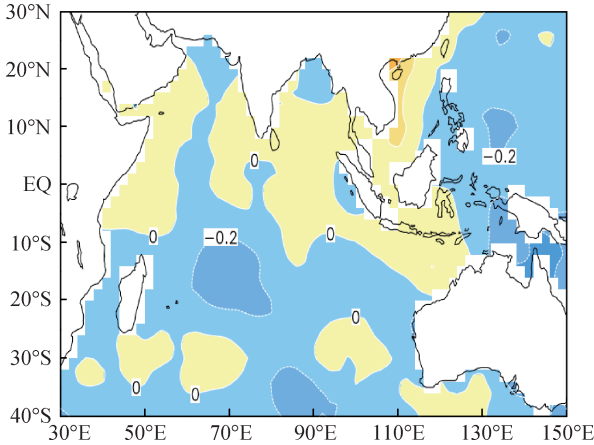
受冷水年海温持续偏冷的影响,在次年4月份,华南地区降水以正距平为主(图7(a)),其中广东和广西省中南部地区多年平均降水距平在30%以上,沿海地区可达40%以上,整个华南地区降水量明显偏多,这与前文所得的结论一致。



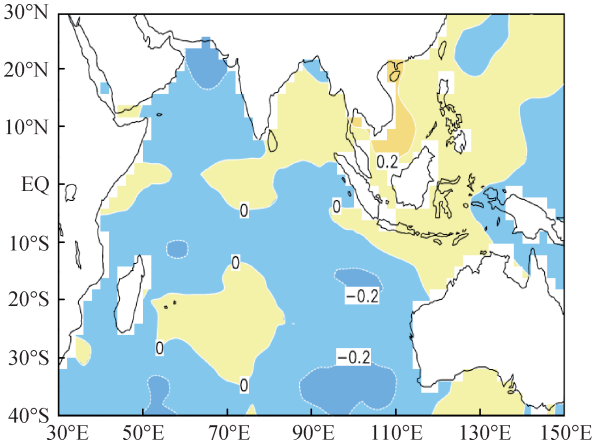
(a) 7月



(b) 10月

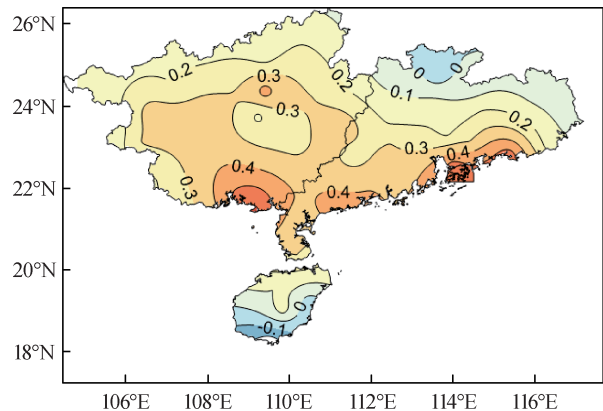


(c) 1月

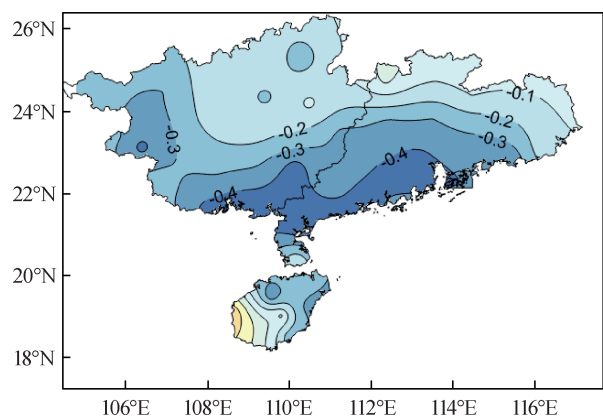


(d) 4月

图6 印度洋冷水年海温距平分布(单位:°C)



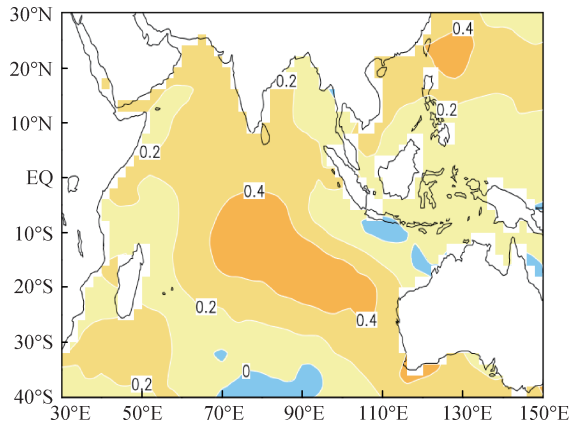
(a) 冷水年



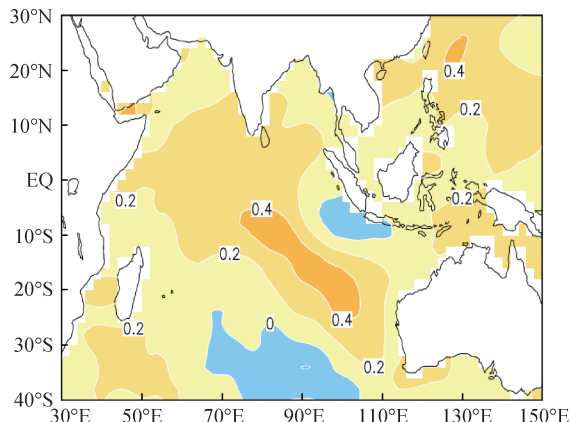
(b) 暖水年

图7 华南地区多年平均降水距平分布(单位:mm)

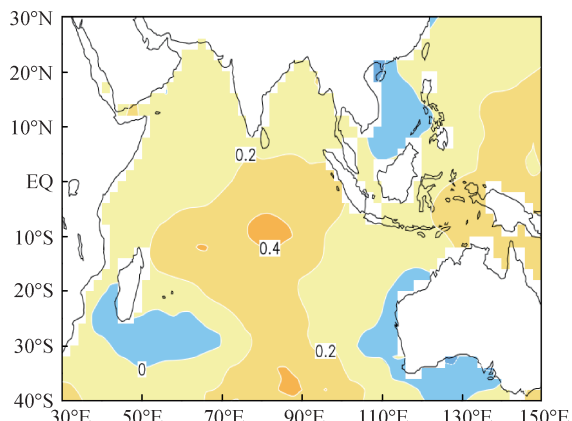
图8为印度洋暖水年海温距平分布。与冷水年相反,前一年夏季(图8(a)),整个印度洋海区海温以正距平为主,正距平中心也大致位于热带印度洋关键海区,海温距平超过 0.4°C ;到了秋季(图8(b)),海温正距平的范围依然占据印度洋大部分海区,增暖强度不变,但增暖范围缩小,与此同时,负距平区域开始扩大,形成2个负距平中心;在冬季(图8(c)),海温异常增暖强度依然不变,但 0.4°C 的增暖中心已经显著缩小,而负距平区域开始扩大,形成3个负距平中心,分别出现在南海、澳大利亚西侧和南侧、马达加斯加南侧;到了次年春季(图8(d)),关键区海温仍以正距平为主,但是强增暖中心已经转移到澳大利亚西部,而马达加斯加岛附近的负距平范围明显扩大,南海海温负距平的范围有所减少,但依然存在,澳大利亚南侧仍存在负距平中心。因此,在暖水年,印度洋海温持续以增温为主,与冷水年形成鲜明的对比。同时,在暖水年多年平均降水距平分布(图7(b))上,除海南岛西部部分地区出现了微弱的降水正距平外,整个华南地区均表现为降水负距平的分布,并且负距平的程度从内陆往沿海递增,在广东和广西沿海的大部分地区暖水年多年平均降水量较常年偏少超40%。



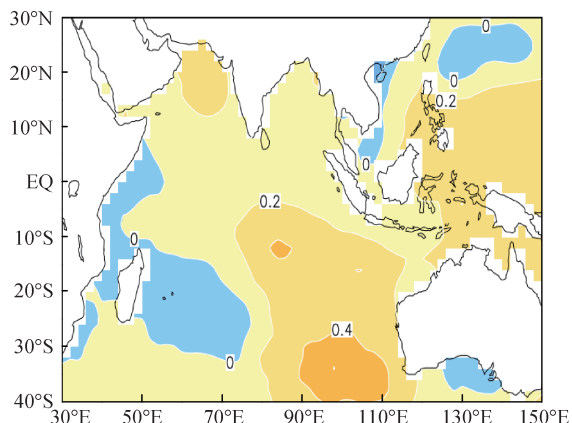
(a) 7月



(b) 10月



(c) 1月



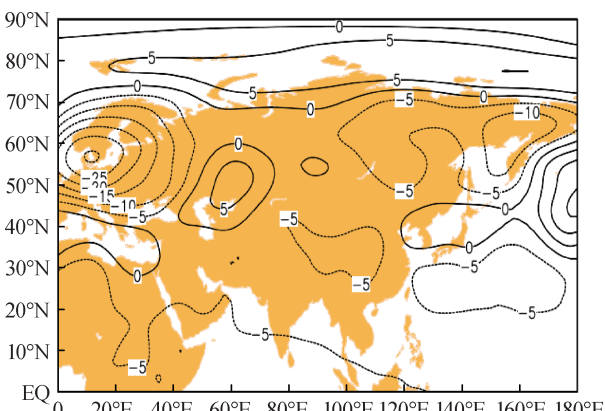
(d) 4月

图8 印度洋暖水年海温距平的分布(单位:°C)

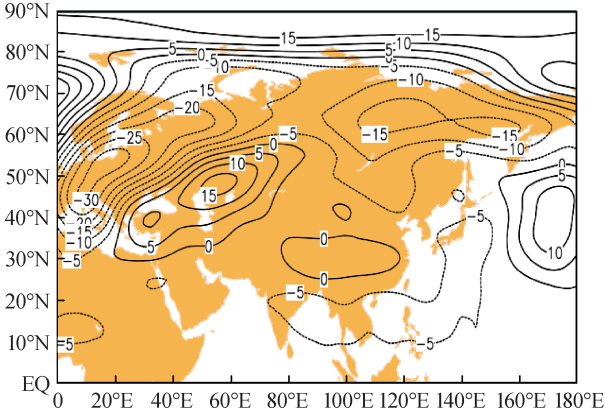
2.5.2 冷水年影响机制分析

图 9 为冷水年 500 hPa 高度场距平分布。可以看出,在夏季(图 9(a)),沿 60°N 附近出现了负、正、负、正距平的位势高度中心,呈现“EU”遥相关波列。在欧洲的位势高度负距平中心最强,达到了 -30 m,里海附近的正距平中心较小,只有 5 m,在中国大陆地区为 -5 m,在俄罗斯及其以东区域的负距平达到了 -10 m,副热带太平洋一带负距平中心达到了 -5 m。这种现象表明,夏季南亚低压较常年明显偏强,而西太平洋副热带高压较常年偏弱。在秋季(图 9(b)),欧洲的负距平强度不变,位置南移,里海附近的正距平中心强度增大到 15 m,中国大陆地区的位势高度变化不明显,西太平洋至南海、孟加拉湾一带仍存在 -5 m 的负距平中心,而俄罗斯及其以东地区的负距平中心强度增大为 -15 m,这种现象表明,东亚大槽开始增强,而西太平洋副热带高压仍比正常年份偏弱。在冬季(图 9(c)),整个东亚地区为大范围的位势高度负距平中心所控制,最大负距平超过了 -45 m,里海附近仍为正距平,但是,正距平中心强度超过了 35 m,副热带太平洋一带位势高度变为正距平,中心强度达到了 20 m,这就表明冬季控制东亚地区的西伯利亚高压在东欧一带较强,在东亚一带显著减弱,东亚大槽和西太平洋副高较常年明显偏强。在次年春季(图 9(d)),北半球的位势高度距平场显示出,西伯利亚高压在东亚地区减弱,东亚大槽仍有一定的强度,而西太平洋副高比常年减弱。综上所述,当印度洋海温偏冷时,夏季南亚低压增强、西太平洋副高减弱,秋、冬季东亚大槽持续增强,冬季西伯利亚高压减弱,到转年春季西伯利亚高压减弱明显、而东亚大槽缓慢减弱、西太平洋副高较常年偏弱。

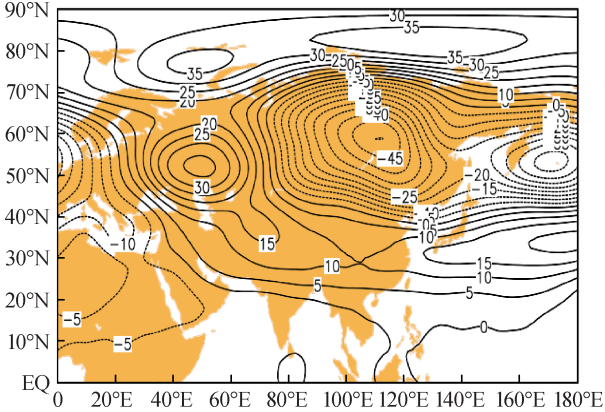
在印度洋冷水年中,风场的演变见图 10。在图 10(a)中,横坐标为经度(范围 100°E ~ 130°E),取 15°N ~ 25°N 之间的纬度平均,纵坐标为时间,从 6 月至次年 5 月。华南地区所处的经度范围大致为 105°E ~ 115°E。可以看到,在前一年 6 月,850 hPa 的风矢量距平以西南风为主,表明夏季风已经开始增强;7 月份西南风距平明显增强;8 月和 10 月风矢量距平为东北风,其来源可追溯到西太平洋,其余月份华南一带基本为西南风到东南风距平;到次年 4 月份,华南仍出现较大的西南风距平。因此,当夏季印度洋海温变冷以后,东亚季风显著加强,使西太平洋水汽随偏东风输送到华南地区,随后,南海海温和马达加斯加南侧和东侧海温从冬季开始异常变



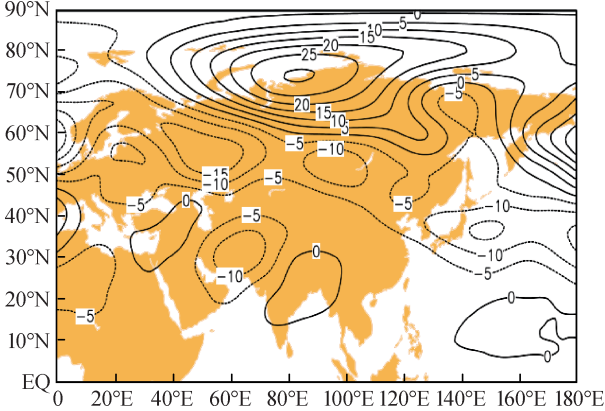
(a) 7 月



(b) 10 月



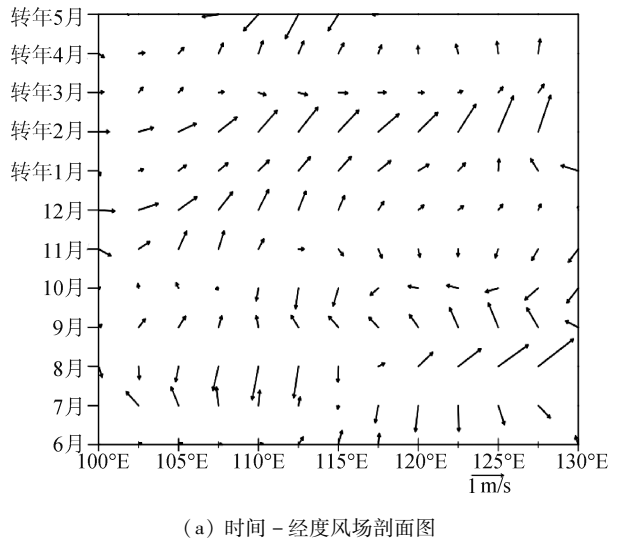
(c) 1 月



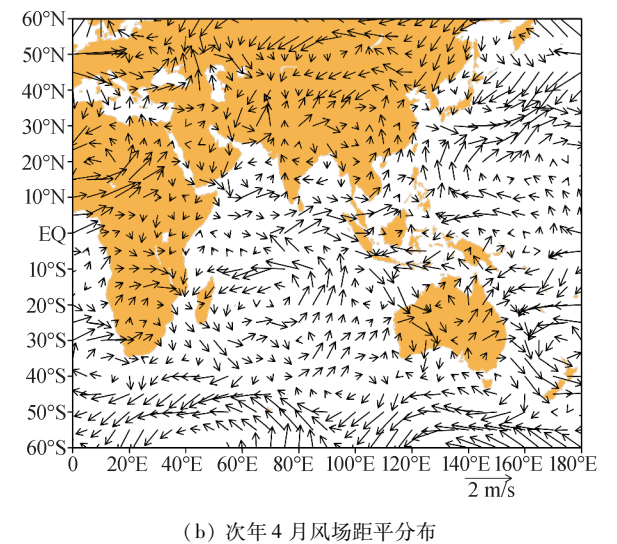
(d) 4 月

图 9 印度洋冷水年 500 hPa 高度场距平分布(单位:m)

暖(图 6(c)、(d))。特别是马达加斯加附近海区的增暖,显著加热低层大气,使空气上升辐合增强,形成气旋性异常,而印度洋中部的偏南风在赤道一带转为西南风,并一直延伸到南海,最后到达华南一带(图 10(b))。南海大范围的异常增暖也加剧了北半球春季“陆地冷,海洋暖”的温度梯度^[23-24],增强了华南地区南边界的南风异常。同时,由于春季华南地区以南海面上空的水汽开始迅速增长,华南地区南边界成了水汽输送进入华南的主边界^[25],因此异常的南风距平为华南地区带来大量的水汽输送,因此降水量较常年偏多。



(a) 时间 - 经度风场剖面图

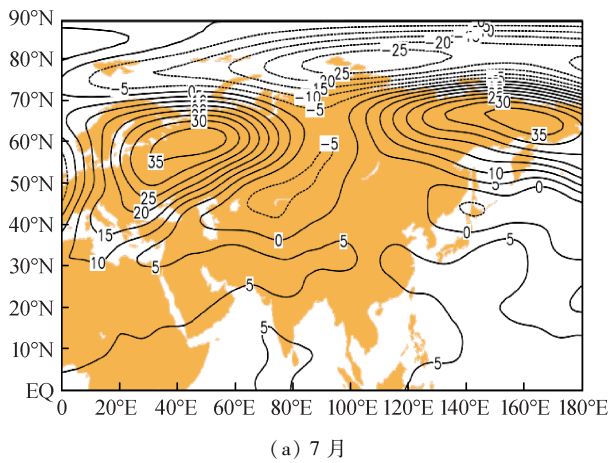


(b) 次年 4 月风场距平分布

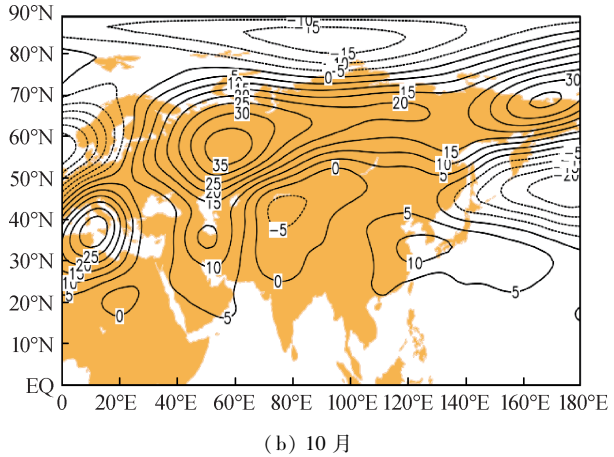
图 10 印度洋冷水年 850 hPa 时间 - 经度风场剖面图及次年 4 月风场距平分布

2.5.3 暖水年影响机制分析

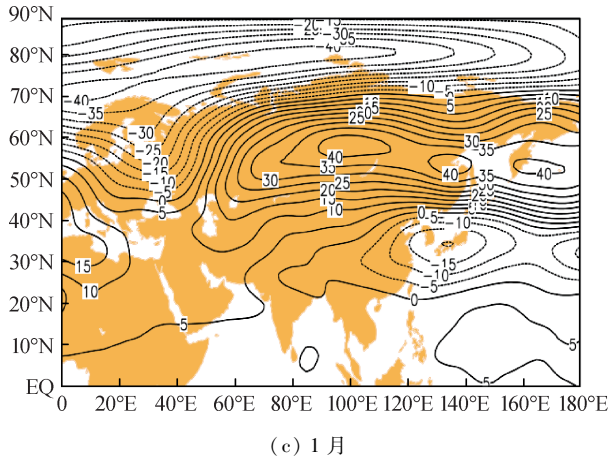
图 11 为暖水年 500 hPa 高度场距平分布,可以看到,暖水年 500 hPa 距平分布与冷水年基本相反。在图 11 中反映出的大气系统相当于夏季(图 11(a))南亚低压在东亚地区接近正常,而西太平洋副高却明显强于正常年份。在秋季(图 11(b)),西太



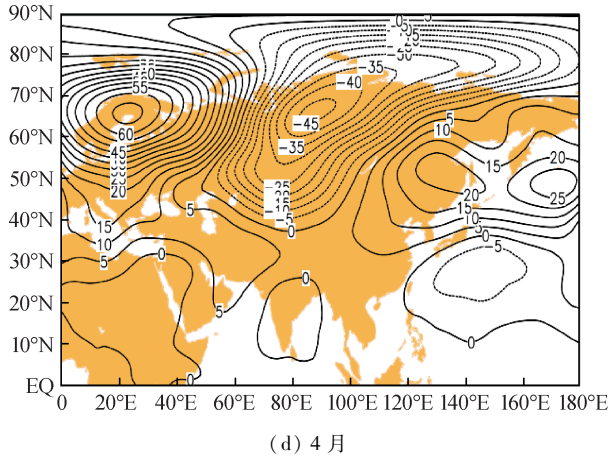
(a) 7 月



(b) 10 月



(c) 1 月



(d) 4 月

图 11 印度洋暖水年 500 hPa 高度场距平分布(单位:m)

平洋副高明显强于正常年份,同时,中国东部地区位势高度也比正常年份高,反映了大陆高压可能比较强。在冬季(图 11(c)),中、高纬度西伯利亚高压显著强于正常年份,而东亚大槽和副热带高压却显著弱于正常年份。到次年春季(图 11d),西伯利亚高压迅速减弱,而中国东北部位势高度增大,西太平洋副高变弱,因此,副高在西进和北上的过程必定受到影响。

图 12(a)为印度洋暖水年 850 hPa 风矢量距平场的时间-经度剖面图。可以看到,除了 8 月份和 12 月份,华南地区风矢量距平为东北风外,其余各月风矢量距平基本为西北风距平所控制,这表明印度洋海温增暖时,华南地区的风向为偏北风为主,气流来自于大陆,空气干燥而水汽不足,难以形成明显降水过程。在次年 4 月份(图 12(b)),华南主要以偏北风为主,来自东印度洋及西太平洋转向南海的水汽输送通道均为明显的偏北气流控制,水汽输送过程较常

年偏弱^[26]。只在中国东部地区有来自于西太平洋的偏东风,整个西太平洋地区为气旋性风矢量距平所控制,表明这里副高系统的弱化现象,与图 11(d)反映的结果一致。

3 结 论

a. 华南前汛期内不同时段降水与前期印度洋海温均存在一定的相关性,但是,以华南 4 月降水量与前期印度洋海温之间的关系最为密切,它们之间的相关关系不仅稳定,而且相关区范围很大。

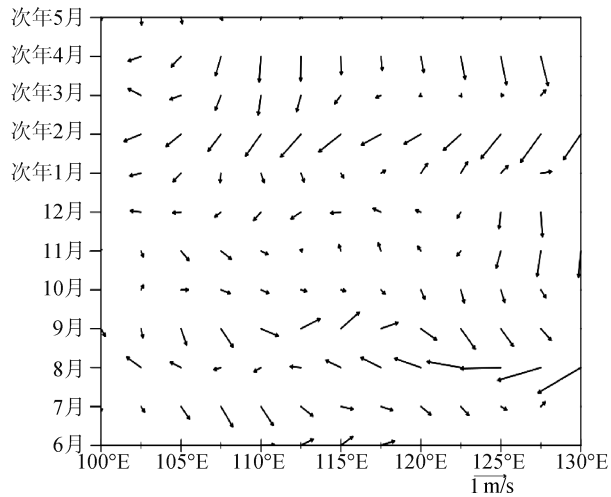
b. 华南 4 月降水与前期印度洋海温具有较好的负相关关系。影响华南 4 月降水的印度洋关键海区是印度洋中部,大致范围在 $64^{\circ}\text{E} \sim 80^{\circ}\text{E}$, $18^{\circ}\text{S} \sim \text{EQ}$,关键时期是前一年 7—8 月。即前一年 7—8 月印度洋关键海区海温异常偏高(偏低)时,华南地区 4 月降水异常偏少(偏多)。

c. 前一年 7—8 月印度洋海温异常可持续到次年春季,但是冷、暖异常的强度和位置略有变化,南海海温有不同变化特征。当印度洋关键海区夏季海温异常偏冷(负距平)时,海温冷异常可持续到次年春季,但冷中心强度减弱并逐渐向东南印度洋偏移,同时,南海海温转变为增暖。反之,当印度洋前期海温异常偏暖(正距平)时,海温暖异常也可持续到次年春季,暖异常强度并未减弱,但暖中心逐渐向东南印度洋偏移,而南海海温变冷。

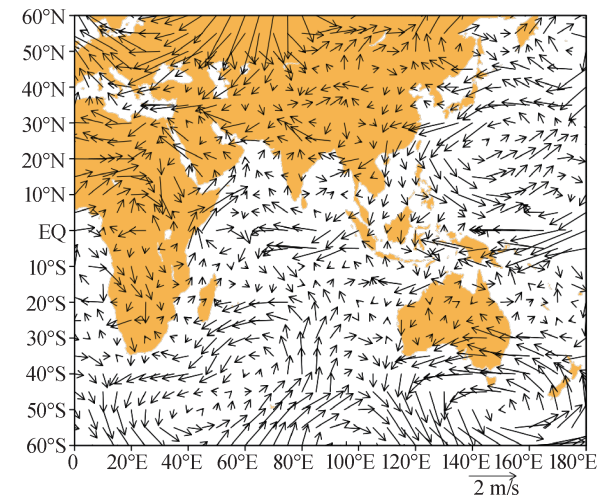
d. 当印度洋关键海区夏季海温偏冷时,可使次年春季副高明显减弱,同时,中纬度多低值系统活动,此时,南海海温偏高,增大了东亚大陆到南海之间的温度梯度,因此,南海水汽输送强烈,次年 4 月份华南降水偏多。反之,当印度洋关键海区夏季海温偏暖时,可使次年春季东亚大陆高压显著增强,而西太平洋副高较弱,南海海温偏冷,减弱了东亚大陆与南海之间的温度梯度,而使次年 4 月华南降水减少。

参考文献:

[1] 曾刚. 海表温度异常对东亚夏季风年代际变化影响的数值模拟研究[D]. 南京:南京信息工程大学, 2008.
[2] 高辉, 薛峰. 越赤道气流的季节变化及其对南海夏季风爆发的影响[J]. 气候与环境研究, 2006, 11(1): 57-68. (GAO Hui, XUE Feng. Seasonal variation of the cross equatorial flows and their influences on the onset of south china sea summer monsoon [J]. Climatic and Environmental Research, 2006, 11(1): 57-58. (in Chinese))
[3] 肖子牛, 孙绩华, 李崇银. El Nino 期间印度洋海温异



(a) 时间-经度风场剖面图



(b) 次年 4 月风场距平分布

图 12 印度洋暖水年 850 hPa 时间-经度风场剖面图
及次年 4 月风场距平分布

- 常对亚洲气候的影响[J]. 大气科学, 2000, 24(4): 461-469. (XIAO Ziniu, SUN Jihua, LI Chongyin. Influence of the Indian Ocean SSTA on Asian climate during an ENSO period [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2000, 24(4): 461-469. (in Chinese))
- [4] 罗云, 乔云亭. 华南春夏季降水年际变化与印度洋海温的关系[C]//第31届中国气象学会年会. 北京: 中国气象学会, 2014.
- [5] 袁媛, 李崇银. 热带印度洋海温异常不同模态对南海夏季风暴发的可能影响[J]. 大气科学, 2009, 33(2): 325-336. (YUAN Yuan, LI Chongyin. Possible impact of the tropical Indian Ocean SST anomaly modes on the South China Sea summer monsoon onset [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2009, 33(2): 325-336. (in Chinese))
- [6] HOREL J D, WALLACE J M. Planetary-scale atmospheric phenomena associated with the Southern Oscillation [J]. Monthly Weather Review, 1981, 109(4): 813-829.
- [7] 晏红明, 肖子牛. 印度洋海温异常对亚洲季风区天气气候影响的数值模拟研究[J]. 热带气象学报, 2000, 16(1): 18-27. (YAN Hongming, XIAO Ziniu. The numerical simulation of the Indian Ocean SSTA influence on climatic variations over Asian Monsoon Region [J]. Journal of Tropical Meteorology, 2000, 16(1): 18-27. (in Chinese))
- [8] 周秀骥. 98 华南暴雨科学试验研究[M]. 北京: 气象出版社, 2003.
- [9] 蔡学湛. 青藏高原雪盖与东亚季风异常对华南前汛期降水的影响[J]. 应用气象学报, 2001, 12(3): 358-367. (CAI Xuezhao. The influence of abnormal snow cover over Qinghai-Xizang Plateau and East Asian Monsoon on early rainy season [J]. Journal of Applied Meteorological Science, 2001, 12(3): 358-367. (in Chinese))
- [10] 高绍凤, 夏骏峰, 何玉冰. 华南夏季大气环流的变异及其与季风降水的关系[J]. 中山大学学报, 1994(5): 1-6. (GAO Shaofeng, XIA Junfeng, HE Yubing. Anomaly of general circulation and relation between it and monsoon precipitation over South China in summer [J]. Journal of Sun Yat-sen University, 1994(5): 1-6. (in Chinese))
- [11] 陈烈庭, 阎志新. 青藏高原冬春季异常雪盖影响初夏季风的统计分析[C]//青藏高原气象会议论文集. 北京: 科学出版社, 1979.
- [12] 李文铠, 何金海, 祁莉, 等. MJO 对华南前汛期降水的影响及其可能机制[J]. 热带气象学报, 2014, 30(5): 983-989. (LI Wenkai, HE Jinhai, QI Li, et al. The influence of the Madden-Julian Oscillation on annually first rain season precipitation in South China and its possible mechanism [J]. Journal of Tropical Meteorology, 2014, 30(5): 983-989. (in Chinese))
- [13] 张爱华, 覃武. 南半球大气环流对华南前汛期降雨影响初探[J]. 气象, 1997(8): 10-15. (ZHANG Aihua, QIN Wu. The preliminary exploration for the influence of general circulation over Southern Hemisphere on precipitation over South China during pre-flood season [J]. Meteorological Monthly, 1997(8): 10-15. (in Chinese))
- [14] 苗春生, 吴志伟, 何金海, 等. 近 50 年东北冷涡异常特征及其与前汛期华南降水的关系分析[J]. 大气科学, 2006, 30(6): 1249-1256. (MIAO Chunsheng, WU Zhiwei, HE Jinhai, et al. The anomalous features of the northeast cold vortex during the first flood period in the last 50 years and its correlation with rainfall in South China [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2006, 30(6): 1249-1256. (in Chinese))
- [15] 黄士松, 汤明敏. 我国南方初夏汛期和东亚夏季风环流[J]. 热带气象学报, 1995(3): 203-213. (HUANG Shisong, TANG Mingmin. The early summer flood periods of Southern China and the Summer Monsoon Circulation of East Asian [J]. Journal of Tropical Meteorology, 1995(3): 203-213. (in Chinese))
- [16] 吴恒强, 张爱华, 蒋伯仁, 等. 华南前汛期降水与南极海冰变化的关系[J]. 大气科学学报, 1998(2): 266-273. (WU Hengqiang, ZHANG Aihua, JIANG Boren, et al. Relationship between the variation of antarctic sea ice and the pre-flood season rainfall in Southern China [J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology, 1998(2): 266-273. (in Chinese))
- [17] 马慧, 陈桢华, 姜丽萍, 等. 华南前汛期降水与我国近海海温的 SVD 分析[J]. 热带气象学报, 2009, 25(2): 241-245. (MA Hui, CHEN Zhenhua, JIANG Liping, et al. SVD analysis between the annually first raining period precipitation in the South China and the SST over offshore waters in China [J]. Journal of Tropical Meteorology, 2009, 25(2): 241-245. (in Chinese))
- [18] 贾小龙, 李崇银. 南印度洋海温偶极子型振荡及其气候影响[J]. 地球物理学报, 2005, 48(6): 1238-1249. (JIA Xiaolong, LI Chongyin. Dipole oscillation in the Southern Indian Ocean and its impacts on climate [J]. Chinese Journal of Geophysics, 2005, 48(6): 1238-1249. (in Chinese))
- [19] 陈文, 康丽华, 王珂. 我国夏季降水与全球海温的耦合关系分析[J]. 气候与环境研究, 2006, 11(3): 259-269. (CHEN Wen, KANG Lihua, WANG Ding. The coupling relationship between summer rainfall in China and global sea surface temperature [J]. Climatic and Environmental Research, 2006, 11(3): 259-269. (in Chinese))
- [20] 郑彬, 梁建茵, 林爱兰, 等. 华南前汛期的锋面降水和

夏季风降水 I:划分日期的确定[J]. 大气科学, 2006, 30(6): 1207-1216. (ZHENG Bin, LIANG Jianyin, LIN Ailan, et al. Frontal rain and summer monsoon rain during pre rainy season in South China. Part I: determination of the division dates[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2006, 30(6): 1207-1216. (in Chinese))

[21] 吴丽姬, 温之平, 贺海晏, 等. 华南前汛期区域持续性暴雨的分布特征及分型[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2007, 46(6): 108-113. (WU Liji, WEN Zhiping, HE Haiyan, et al. The distribution features and patterns of regional durative rainstorm during pre-rainy season over South China [J]. Journal of Sun Yat-sen University (Natural Science), 2007, 46(6): 108-113. (in Chinese))

[22] 池艳珍, 何金海, 吴志伟. 华南前汛期不同降水时段的特征分析[J]. 大气科学学报, 2005, 28(2): 163-171. (CHI Yanzhen, HE Jinhai, WU Zhiwei. Features analysis of the different precipitation periods in the pre-flood season in South China [J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology, 2005, 28(2): 163-171. (in Chinese))

[23] 王丽娟, 王辉, 金啟华, 等. 南海夏季风爆发与冬春季南海上层海洋热含量关系的初探[J]. 海洋学报, 2011, 33(4): 49-61. (WANG Lijuan, WANG Hui, JIN Qihua, et al. A preliminary analysis on the relationship between the South China Sea summer monsoon onset and the upper heat content during the previous period in this region[J]. Acta Oceanologica Sinica, 2011, 33(4): 49-61. (in Chinese))

[24] 刘鹏, 陈海山, 于华英, 等. 东亚海陆表面温度季节性增温差异对东亚夏季风强度的影响[J]. 大气科学, 2015, 39(6): 1237-1249. (LIU Peng, CHEN Haishan, YU Huaying, et al. Influence of the seasonal increasing temperature difference between the land and sea surface on the intensity of the East Asian Summer Monsoon[J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences, 2015, 39(6): 1237-1249. (in Chinese))

[25] 李秀珍, 梁卫, 温之平. 华南秋、冬、春季水汽输送特征及其与降水异常的联系[J]. 热带气象学报, 2010, 26(5): 626-632. (LI Xiuzhen, LIANG Wei, WEN Zhiping. Characteristics of the atmosphere water vapor and its relationship with rainfall in South China in northern autumn, winter and spring [J]. Journal of Tropical Meteorology, 2010, 26(5): 626-632. (in Chinese))

[26] 乔云亭, 周鑫, 简茂球, 等. 华南春旱特征及其与水汽输送的关系[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2010, 49(2): 125-129. (QIAO Yunting, ZHOU Xin, JIAN Maoqiu, et al. Characteristics of droughts in spring and its relationship with water vapor transportation in South China[J]. Journal of Sun Yat-sen University (Natural Science), 2010, 49(2): 125-129. (in Chinese))

(收稿日期:2016-09-18 编辑:王芳)

• 信息播报 •

2017(第五届)中国水生态大会将在贵阳召开

为推进河湖生态治理与保护工作,广泛交流典型地区河湖治理实践经验,促进各地相互学习借鉴和交流,推动河湖管理水平再上新台阶,助力河长制与水生态文明建设,在水利部景区办的指导下,由河海大学联合贵州省水利学会、贵州省水利科学研究院等有关单位共同举办的“2017(第五届)中国水生态大会”,拟定于9月27—29日在贵阳召开,并同期举办《水资源保护》第九届编委会成立大会。

水生态文明建设是生态文明建设的重要组成部分,是落实绿色发展理念、推进生态文明建设的内在要求,是解决复杂水问题、维护河湖健康的有效举措。在中国水利学会、中国疏浚协会、水利部科技推广中心、河海大学等有关单位的支持下,中国水生态大会已成功举办了四届。

本届水生态大会由河海大学环境学院、河海大学河流生态景观研究中心、贵州省水利科学研究院、《水资源保护》编委会和北京沃特咨询有限公司共同承办。

《水资源保护》第九届编辑委员会成立大会即将召开

经过将近一年的酝酿和筹备,《水资源保护》第九届编委会正式成立。为总结前八届编委会工作的成绩和经验,查找问题和不足,同心协力,努力提高《水资源保护》的发文质量和办刊水平,开创第九届编委会工作新局面,经研究决定,定于2017年9月27日(星期三)在贵阳召开《水资源保护》第九届编委会成立大会。会议内容有:宣布《水资源保护》第九届编委名单;颁发《水资源保护》编委聘书;听取《水资源保护》工作报告;讨论编委职责要求、未来工作形式与内容等。

(本刊编辑部供稿)