科学通报 2009 年 第 54 卷 第 1 期: 79 ~ 84
论 文
《中国科学》杂志社
SCIENCE IN CHINA PRESS

江淮梅雨和赤道太平洋区域海温变化的关系

钱维宏[①], 朱江[①], 王永光[②], 符娇兰[①]

① 北京大学大气科学系, 北京 100871;
② 国家气候中心, 北京 100081
E-mail: qianwh@pku.edu.cn

2008-03-18 收稿, 2008-06-17 接受
国家重点基础研究发展计划(编号: 2006CB403602)和中国地球系统协同观测与预报体系(编号: GYHY20070605, 2006BAC03B03)资助项目

Qian W H, Zhu J, Wang Y G, et al. Regional relationship between the Jiang-Huai Meiyu and the equatorial surface-subsurface temperature anomalies. Chinese Science Bulletin, 2009, 54(1): 113—119, doi: 10.1007/s11434-008-0410-6

摘要 江淮梅雨由江南梅雨和淮河梅雨两个部分组成. 江南梅雨集中在 6 月下旬, 淮河梅雨出现在 7 月上中旬. 1998 年以来, 江南梅雨、赤道太平洋的表层和次表层海温异常都经历了重大的年代际调整. 进入 21 世纪以来, 江南梅雨量与淮河梅雨量之间出现了完全相反的趋势变化和准两年振荡. 1999~2000 年的强 La Niña 之前, 海洋增暖在赤道东太平洋. 进入 21 世纪以来, 赤道太平洋次表层海温距平信号集中在日界线附近露头, 是赤道中太平洋表层海温增暖的早期信号. 2003, 2005 和 2007 年是淮河流域的多降水年, 也是前期冬春赤道中太平洋海温正距平的年份. 一个关系表明, 冬春赤道东(中)太平洋的增暖事件对应江南地区(淮河流域)梅雨量偏多.

关键词
江南地区
淮河流域
梅雨
海面温度
次表层海温
准两年振荡

中国东部地处东亚副热带季风区, 同时也是遭遇洪涝灾害频繁的区域. 中国每年的汛期预报最为关注的地区之一就是江淮流域. 这一区域是中国经济较发达地区之一, 同时这一区域的旱涝对中国东部地区的雨型有决定性的影响. 继 1998 年夏季的长江洪涝之后, 2007 年夏季淮河流域又发生了历史罕见的洪涝灾害. 奇怪的是, 进入 21 世纪以来淮河流域几乎是隔年就要发生一次洪涝, 即表现为准两年的降水量距平振荡, 而长江流域降水特征却与此不同. 由此引发的两个问题是: 江淮梅雨是否应该区分为江南梅雨和淮河梅雨? 与淮河梅雨准两年振荡相联系的可能外强迫或早期信号是什么? 本文用中国气象局近期发布的 752 站逐日雨量资料和两套美国国家海洋大气局(NOAA)公布的表层与次表层海温资料, 试图探讨这两个问题. 表层海温来自逐月的 NOAA Extended Reconstructed SST V2 资料[1], 空间分辨率为 2°×2°经纬度. 次表层海温来自NCEP全球海洋资料同化系统资料[2,3], 逐月空间分辨率为 0.333°×1°经纬度, 垂直深度从次表层 5~225 m, 每 10 m 增加一层.

1 江淮梅雨的时段和区域

江淮梅雨是指夏季 6~7 月份发生在中国 110°E以东长江中下游和淮河流域的雨季. 图 1 是用 1960~2000 年逐日中国大陆 486 个站点降水资料绘制的多年平均峰值降水推进日期(相对 1 月 1 日)线. 第 170~180 天(6 月下旬)的峰值降水线位于 26ºN以北到沿江, 即 6 月下旬的主要降水位于江南. 7 月上旬(第 180~190 天)峰值降水线到达长江以北, 但东段跨度小, 西段跨度大. 7 月中旬(第 190～200 天)峰值降水线范围覆盖淮河流域东段, 最北到达黄河. 7 月下旬峰值降水线向北推进到华北. 我们这里只关注 26~35ºN的江淮地区, 时间集中在 6 月下旬到 7 月中旬. 这一时段是江淮梅雨期[4], 也是东亚副热带季风降水的主汛期. 在空间上划定淮河(110°~120°E, 32°~35°N)和江南(110°~120°E, 26°~32°N)两个区域.

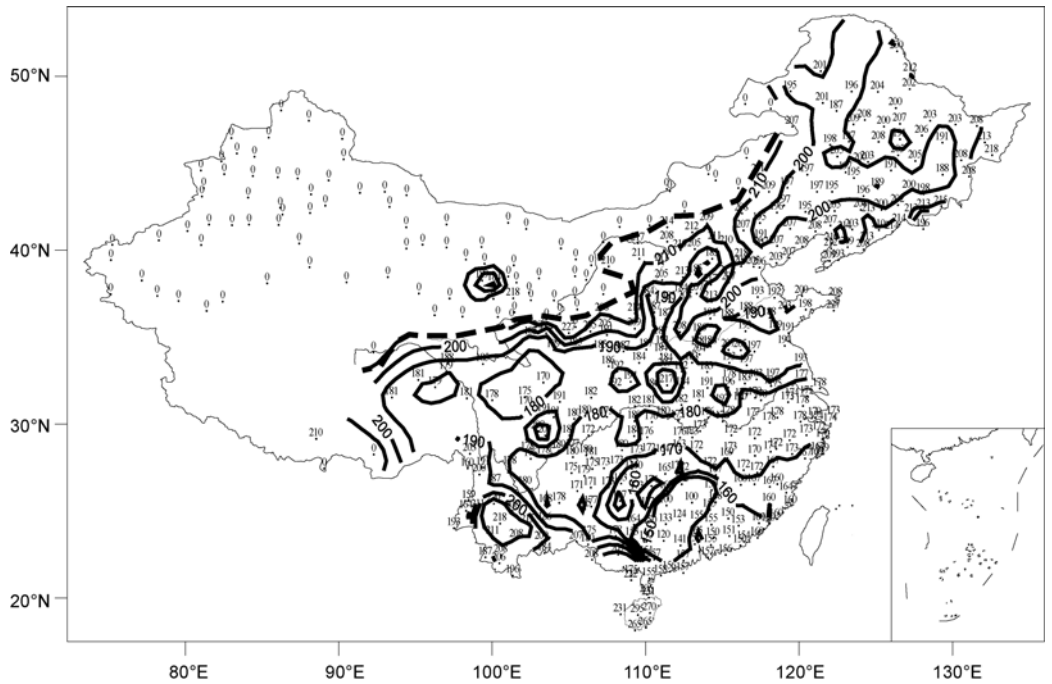

图 1 1960～2000 年逐日中国大陆 486 站降水的多年平均峰值降水日期(相对 1 月 1 日)推进线

虚线为大于 4 mm/d 峰值降水日期推进到达的最北边缘线

2 江淮梅雨的年际变化

由划定的淮河和江南两个区域，图 2 给出了 1985 年以来两个区域梅雨期(6~7 月)逐年雨量距平. 23 年来淮河流域经历了梅雨量增多的趋势，而江南经历了前期增加，后期减少的变化过程. 长江中下游梅雨量的趋势转折可以确定在 1998 年. 1998 年以来的 10 年中，江南与淮河流域的降水在长期趋势和年际变化上都是相反的. 淮河流域出现的 2000，2003，2005 和 2007 年汛期多降水，正是江南地区的少降水. 由此可见，对于江南梅雨和淮河梅雨，无论在降水的气候年循环上，还是在降水的年际变化上，都有理由把它们分开. 近年来，淮河流域的夏季降水异常经历了准两年的振荡. 早期的研究对中国东部地区降水的准两年振荡也有报道[5]. 最近杨秋明[6]的分析得到，在太平洋年代际振荡(PDO)冷位相(1951~1976 年)时段，准两年时间尺度的中国降水主要活动区域在长江中游，在PDO暖位相(1977~2001 年)阶段，活动区域迅速北移并扩大到整个长江和淮河流域. 近 6 年来 PDO仍为暖位相，中国东部夏季年际降水量的趋势正好印证了这一结果.

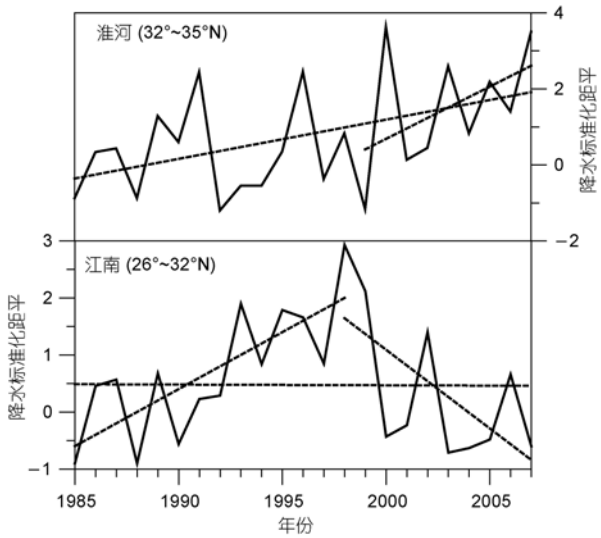

图 2 1985~2007 年淮河(110°~120°E，32°~35°N)和江南(110°~120°E，26°~32°N)区域的 6~7 月降水量标准化距平(相对 1961~1990 年平均)时间序列

虚线指示不同时段的趋势

为了认识和比较降水异常的空间特征，图 3 中第一行是 2000, 2003, 2005 和 2007 年中国东部地区 6~8 月份的降水距平百分率分布. 一个基本的特征是，淮河流域多降水时，华南也多雨(2003 年除外)，而江南和黄河以北少雨. 作为对比，图 3 中第二行给出了淮河流域降水偏少的 4 年降水距平百分率分布. 淮河流域汛期少降水时(2006 年略多)，长江以南降水偏多，

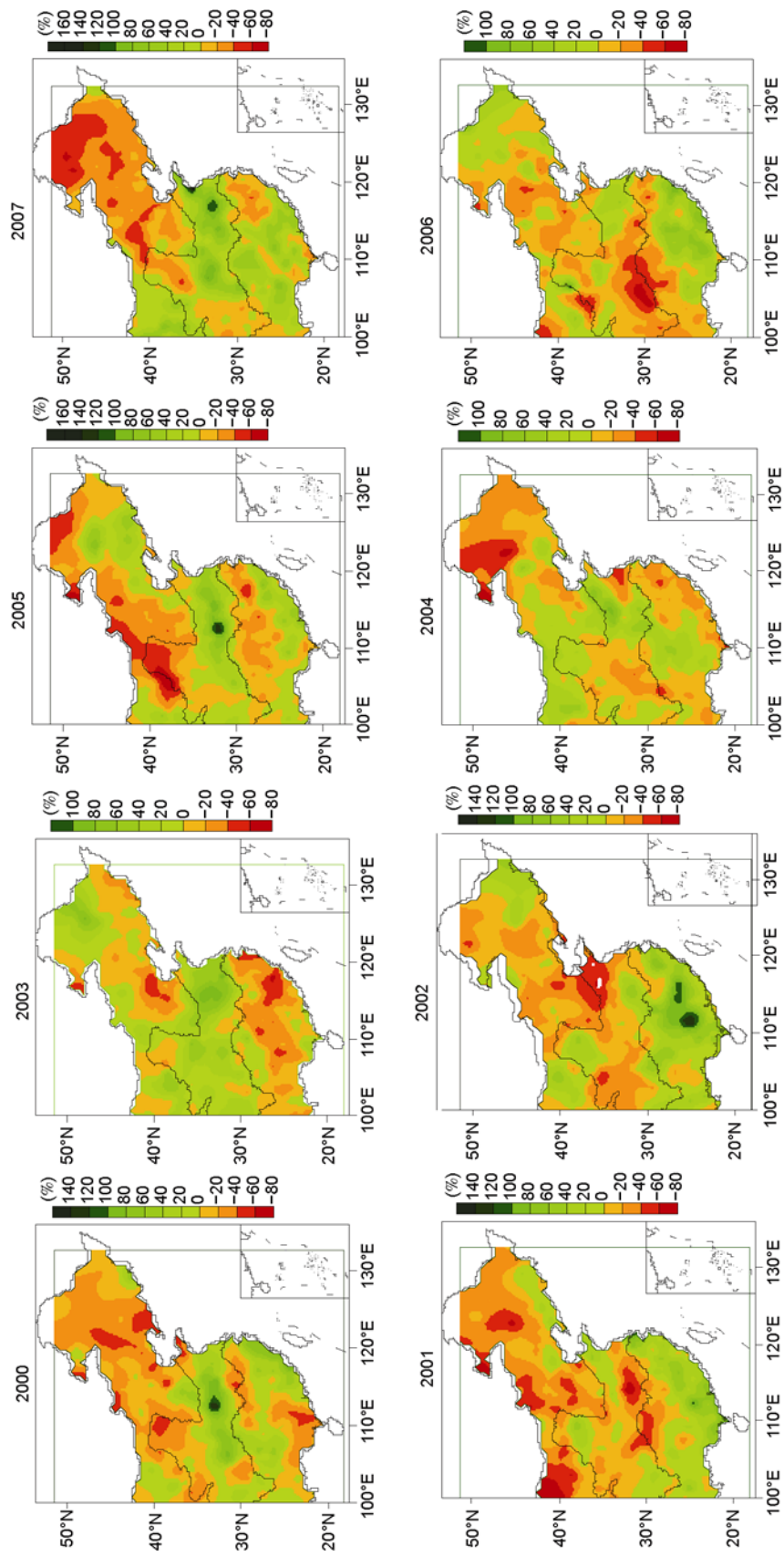

图 3　近 8 年中国东部地区 6~8 月降水量距平百分率(相对 1961~1990 年)的分布

上行为偏多的 2000, 2003, 2005, 2007 年，下行为偏少的 2001, 2002 和 2004, 2006 年. 红色为负距平百分率，绿色为正距平百分率

但黄河流域及其以北地区降水仍偏少. 黄河以北地区的降水可能反映了年代际的长期趋势. 2000 年以来的 8 年中, 确实是淮河流域的梅雨量分布决定着中国江淮, 甚至东部地区汛期降水异常分布的格局. 区域对比上, 江南地区与淮河流域的年际降水异常表现为相反的分布.

3 赤道中太平洋海温异常的早期信号

赤道东太平洋的海温距平, 即对应的冷(La Niña)和暖 (El Niño) 位相一直是中国, 也包括世界上很多地区汛期降水预报的主要信号之一. 近年来, 人们不但关注赤道太平洋的表层海温变化, 也较多地关注次表层的海温变化[7,8]. 利用NOAA Extended Reconstructed SST V2 资料, 计算得到的沿赤道带(2°N~2°S)太平洋海表温度距平随时间(1985 年 1 月~2007 年 12 月)的逐月变化如图 4(a)所示. 在这 23 年中, 1997~1998 年出现了最强的赤道东太平洋暖水事件. 1998 年以前, 增暖的强信号主要出现在赤道东太平洋. 1998 年后, 经历了 1999, 2000 和 2001 年的 3 次连续降温事件, 其降温中心位置已经西移到赤道中太平洋. 2002~2007 年期间出现了 3 次增温事件, 中心位置也已西移到了日界线附近, 存在赤道洋盆整体增暖向西太平洋漂移的趋势. 2002~2003, 2004~2005 和 2006~ 2007 年冬季, 赤道中太平洋出现了正的海温距平, 其中 2004~2005 年的正海温距平所处的位置更为偏西. Ashok等人[9]将这种现象称为El Niño Modoki (Pseudo-El Niño)事件. Pseudo-El Niño海温距平的表现为中太平洋暖时, 赤道西太平洋和赤道东太平洋偏冷, 与El Niño海温距平有不同的分布. Weng等人[10]分析

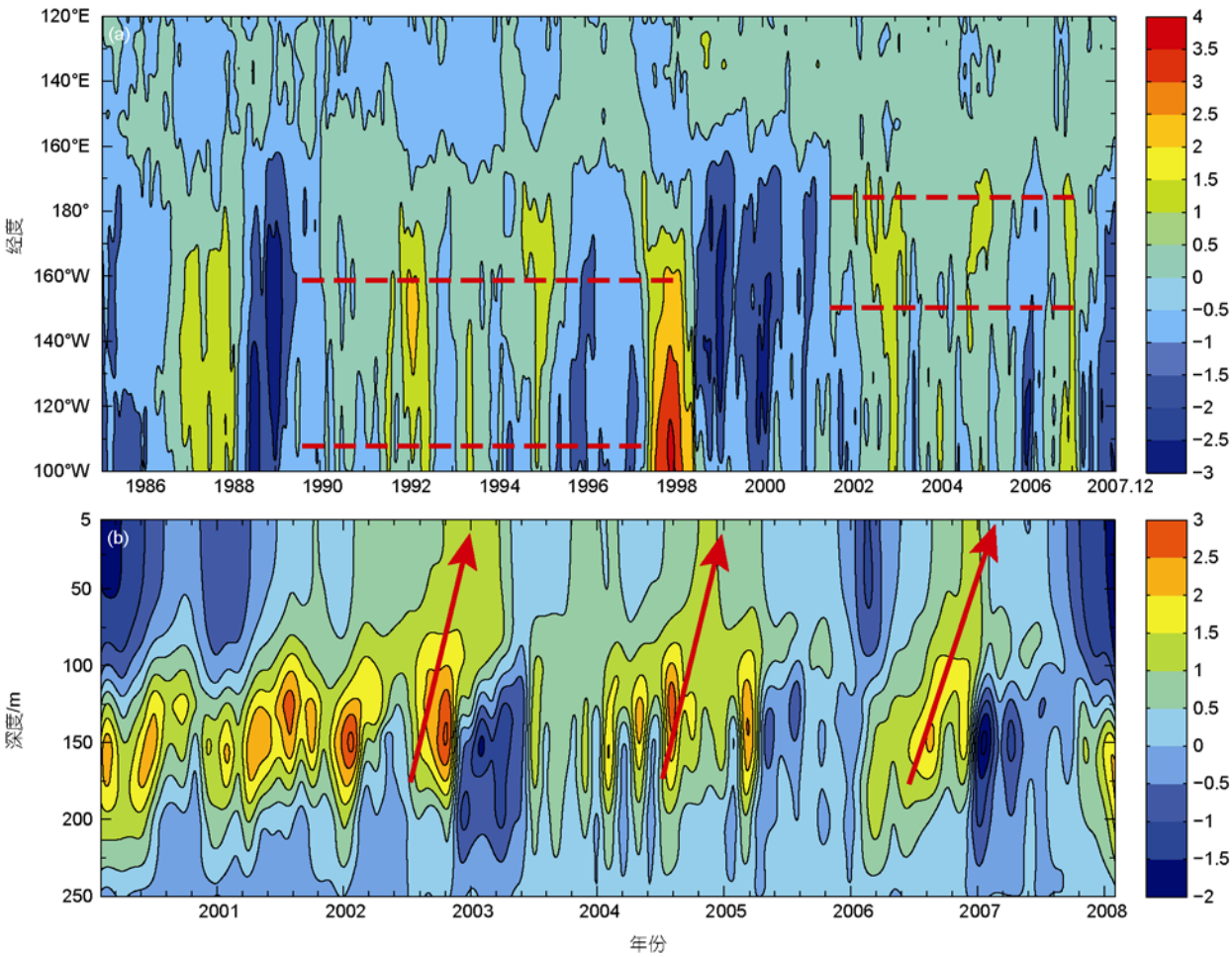

图 4 (a) 1985 年 1 月~2007 年 12 月沿赤道太平洋(2°N~2°S, 140°E~100°W)逐月的海温距平(℃)变化(虚线表示海温变化具有的规则时段); (b) 2000 年 1 月~2008 年 1 月 Niño 4 区(2.5°S~2.5°N, 160°E~150°W)次表层海温距平(℃)深度-时间变化(箭头表示次表层信号的上传)

得到，Pseudo-El Niño 海温距平会对环太平洋周边地区产生与传统 El Niño 海温异常时不同的北半球夏季气候异常.

利用 NCEP GODAS 同化的海温资料，计算得到了赤道太平洋次表层 250 m 以上的海温距平随时间的变化. 图 4(b)给出的是 2000 年 1 月~2008 年 1 月 Niño 4 区次表层海温月距平随深度和时间的变化. 表层日界线附近的增暖或这种 Pseudo-El Niño 事件是赤道中太平洋次表层暖信号上传，并在表层露头的结果. 最大的增温不在表层，而是在次表层 150 m 的深度. 表层增温 1℃，对应的次表层增温可达 2~3℃. 从预报的角度考虑，次表层最大增温要比表层增温早 3 个月. 图 4(b)中明显地有 3 次次表层暖信号的露头过程. 次表层海温正(负)距平信号的露头有锁相特征，多出现在年底到年初.

4 江淮梅雨和 El Niño 事件

在图 4 中 1986~1987 年的 El Niño 增暖事件跨越的时间较长，甚至正海温距平延长到了 1988 年年初. 1992, 1995 和 1998 年的 3 次赤道东太平洋 El Niño 暖水事件发生在 1989 年的强 La Niña 冷水事件之后，都具有季节锁向特征，年底的增暖信号最大. 图 5 给出了 El Niño 事件锁相年的中国东部夏季降水距平百分率分布. 可以清楚地看出，降水中心主要出现在江南，而淮河流域相对少雨. 1998 年是继 1954 年后的又一长江洪涝年，但中心集中在江南. 这年夏季江南特大洪涝的成功预报就紧密与 1997~1998 年冬季最强暖位相的赤道东太平洋 El Niño 事件有关(图 4(a)). 这 3 年的 El Niño 反映出，一旦增暖事件表现为季节锁相的特征，相应的中国江南夏季降水偏多. 1999~2001 年 3 次连续波动形式的强冷水事件后，增暖西移到了赤道中太平洋. 21 世纪以来海温增暖仍然是季节锁相的，只是位置西移到了赤道中太平洋，对应降水偏多的中心不在江南，而在淮河流域(图 3).

从上面的分析可以看出，赤道太平洋上海温增暖的位置与中国江淮流域不同区域(江南或淮河)的降水异常分布有密切的关联. 1999~2000 年的强La Niña之前，海洋增温主要出现在赤道东太平洋. 对那些增暖事件的研究表明，海温异常是通过东亚-太平洋(EAP)遥相关型影响东亚季风环流和降水异常分布的[11,12]. 根据Zhang等人[13]和Wang等人[14]的研究，冬季东太平洋增暖可引起春季到早夏的持续性西北太平洋低层大气异常反气旋环流，结果导致中国南方到日本的湿异常. 他们的结论与本文中前 3 个例子的分析，即江南梅雨偏多是一致的. 近年来赤道太平洋增暖位置的西移也会改变西太平洋对流活动和EAP遥相关型的位置变化.

国家气候中心每年在汛期会商前先进行赤道太平洋的海温异常的分析和预报是有意义的. 赤道太平洋的海温年际变化确实具有 10 年时间段的变化规则. 1988~1989 和 1999~2001 年的强冷水事件之前，或之后的 10 年时段，年际增暖事件就有规则，但不同的 10 年时段，变化的规则有所不同. 在El Niño事件预报的历史上，成功预报的典型例子是Zebiak和Cane[15]模式做出的. 一个中间复杂程度的热带太平洋海气耦合模式能够提前预报出 1986~1987 年的赤道东太平洋增暖事件，其核心就是模式的参数阈中固定了那个时段的海气耦合规则变化的信息. 但这一模式并没有能够预报出 1990 年代的增温过程，甚至预测与实况的海温变化位相是相反的. 从这里也可以看

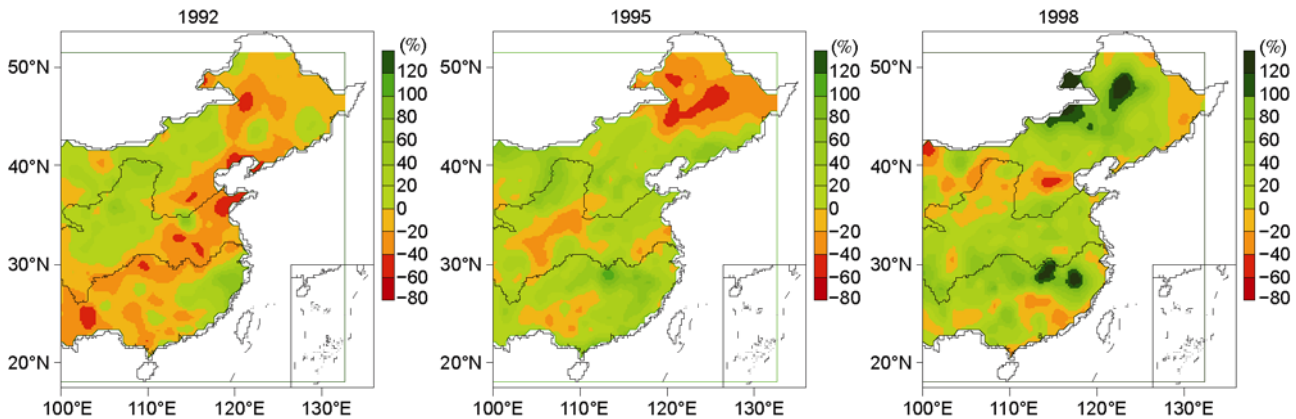

图 5 同图 3，但为 3 个 El Niño 年(1992, 1995, 1998)对应的夏季(6~8 月)降水距平百分率分布

出，真实的海气耦合系统中存在阶段性的规则振荡[16]，而模式中的振荡不一定与自然系统中的振荡同步．强冷水的出现会改变前一规则的海气耦合，而形成后一规则的海气耦合．不同的海气耦合规则会对应中国江南与淮河流域降水年际变化的不同．2007~2008 年的强冷水事件后，未来赤道太平洋的海温会出现哪种形式的规则振荡尚不明朗．但调整之后，2008 年淮河流域集中多降水的可能性会很小．

5 结束语

通过对江淮梅雨和赤道太平洋表层-次表层海温异常位置变化的分析，所得下列认识对赤道太平洋海温异常的预测和对中国江淮地区汛期降水的预报，是有意义的．

(ⅰ) 江淮梅雨是江南梅雨与淮河梅雨的总称，但江南梅雨与淮河梅雨在年气候循环特征和年际异常变化上有明显的不同．江南梅雨区域在 26°N 以北到沿江，发生的气候时间在 6 月下旬．淮河梅雨位于长江中下游以北到 35°N，时间集中在 7 月上中旬．

(ⅱ) 江淮梅雨量总体存在年代际增加的趋势．进入 21 世纪以来，这种增加的趋势在淮河流域仍在继续，但江南梅雨量在 1998 年达到一个极大值后正经历着减小的趋势．21 世纪以来淮河流域的梅雨量正经历着最为典型的准两年振荡过程，2003，2005 和 2007 年是淮河流域的集中多降水年，也是江南梅雨的少雨年．

(ⅲ) 赤道太平洋上的年际增暖事件存在以强冷水过程为间隔的不同 10 年内的规则振荡，并具有冬季锁相特性，但增暖的位置不相同．表层增温位置反映的是次表层海温正距平信号的上传．次表层增暖的信号要比表层增暖早 3 个月，这为表层暖海温位置和强度预报提供了信息．

(ⅳ) 1990 年代的 3 次赤道东太平洋的增暖对应着江南降水偏多，而淮河流域降水偏少．2000 年以来的 3 次赤道中太平洋(日界线附近)的增暖事件对应着淮河流域梅雨量偏多，而江南梅雨量偏少．这 6 次事件表现出，冬季海温增暖的锁相与后期夏季江淮梅雨期降水偏多有一定的联系．不同年代中，中国江淮不同区域梅雨年际异常与赤道太平洋增暖位置的漂移通过热带西北太平洋的异常反气旋环流有内在的联系．这个关系表明，冬春赤道东(中)太平洋的增暖事件对应江南地区(淮河流域)梅雨量偏多．

参考文献

1 Smith T M, Reynolds R W. Improved extended reconstruction of SST (1854—1997). J Clim, 2004, 17: 2466—2477[doi]
2 Behringer D W, Ji M, Leetmaa A. An improved coupled model for ENSO prediction and implications for ocean initialization. Part Ⅰ: The ocean data assimilation system. Mon Weather Rev, 1998, 126: 1013—1021[doi]
3 Behringer D W, Xue Y. Evaluation of the global ocean data assimilation system at NCEP: The Pacific Ocean. Proceedings of Eighth Symposium on Integrated Observing and Assimilation Systems for Atmosphere, Oceans, and Land Surface. 2004. 11—15
4 Tao S Y, Chen L X. A review of recent research on the East Asian summer monsoon in China. In: Chang C P, Krishnamurti T N, et al, eds. Monsoon Meteorology. Oxford: Oxford University Press, 1987. 60—92
5 黄嘉佑. 准两年周期振荡在中国月降水量中的表现. 大气科学, 1988, 12(3): 267—273
6 杨秋明. 中国降水准 2 年主振荡模态与全球 500 hPa 环流联系的年代际变化. 大气科学, 2006, 30(1): 131—145
7 李崇银, 穆明权. 厄尔尼诺的发生和赤道西太平洋暖池次表层海温异常. 大气科学, 1999, 23(5): 513—521
8 Qian W H, Hu H R. Interannual thermocline signals and El Niño-La Nina turnabout in the tropical Pacific Ocean. Adv Atmos Sci, 2006, 23(6): 1003—1019[doi]
9 Ashok K, Behera S K, Rao S A, et al. El Niño Modoki and its possible teleconnection. J Geophys Res, 2007, 112 [doi]
10 Weng H Y, Ashok K, Behera S K, et al. Impacts of recent El Niño Modoki on dry/wet conditions in the Pacific rim during boreal summer. Clim Dyn, 2007, 29(2-3): 113—129[doi]
11 Nitta T. Convective activities in the tropical western Pacific and their impact on the Northern-Hemisphere summer circulation. J Meteorol Soc Jpn, 1987, 65(3): 373—390
12 Huang R H, Li W J. Influence of the heat source anomaly over the tropical western Pacific on the subtropical high over East Asia. Proceedings of the International Conference on the General Circulation of East Asia. 1987. 40—51
13 Zhang R H, Sumi A, Kimoto M. Impact of El Niño on the East Asian monsoon: A diagnostic study of the '86/87 and '91/92 events. J Meteorol Soc Jpn, 1996, 74(1): 49—62
14 Wang B, Wu R G, Fu X H. Pacific-East Asian teleconnection: How does ENSO affect East Asian climate? J Clim, 2000, 13(9): 1517—1536[doi]
15 Zebiak S E, Cane M A. A model El Niño-Southern Oscillation. Mon Weather Rev, 1987, 115: 2262—2278[doi]
16 Qian W H, Zhu Y F. ENSO cycle asociated with the tropospheric zonal wind anomalies over the global region. Geophysica, 2002, 38: 43—58