

陈丽娟,高辉,龚振淞,等. 2012 年汛期气候预测的先兆信号和应用. 气象, 39(9):1103-1110.

2012 年汛期气候预测的先兆信号和应用^{*}

陈丽娟 高 辉 龚振淞 丁 婷 竺夏英 章大全

国家气候中心,中国气象局气候研究开放实验室,北京 100081

提 要: 本文基于动力、统计预测方法提供的信息回顾了发布 2012 年汛期预测时考虑的先兆信号。2012 年前期拉尼娜事件在冬季达到盛期、冬季北极海冰异常偏少、南极涛动强度是自 1979 年以来次强、青藏高原积雪偏多但气温偏高,这些特征对后期夏季风有明显影响。通过分析归纳,国家气候中心比较准确地预测了东亚夏季风偏强、我国夏季多雨带偏北、大部分地区气温偏高,6—8 月热带气旋活跃的总特征,以及南海夏季风爆发偏早、长江中下游梅雨偏少、华北雨季提前且雨量偏多的季节内过程演变趋势。最后讨论了汛期气候预测的可预报性和困难,提出今后需要深入研究的科学问题和业务应用问题。

关键词: 汛期, 先兆信号, 东亚夏季风, 多雨带

中图分类号: P461

文献标志码: A

doi: 10.7519/j.issn.1000-0526.2013.09.003

Overview of Precursory Signals of Seasonal Climate Prediction and Its Application in Summer 2012

CHEN Lijuan GAO Hui GONG Zhensong DING Ting ZHU Xiaying ZHANG Daquan

Laboratory of Climate Studies of CMA, National Climate Centre, Beijing 100081

Abstract: In this paper, the possible predictors of the summer climate in 2012 in China are reviewed based on both the dynamic forecasts and the statistical predictions. In the winter of 2011/2012, the La Nina event reaches its peak, the Arctic sea ice area is much less than its climatology, the intensity of the Ant-arctic oscillation is the second higher since 1979, and the snow cover over the Tibetan Plateau is more but warmer than normal. Under the influence of these abnormal features, the East Asian monsoon becomes stronger in the following summer and the main rainfall belt locates in northern China. These basic characteristics have been captured successfully in the prediction issued by the National Climate Centre of CMA in early April. Besides, the air temperatures in most regions in the country are warmer, the tropical cyclones are more active in June—August, the onset date of the South China Sea summer monsoon is earlier, the Chinese Meiyu along the middle-low reaches of Yangtze River Valley is less, and the rainfall in North China is earlier and more. In the last part of this paper, the predictability and the difficulty of the seasonal rainfall forecast are discussed, and the scientific questions together with the operational problems are also listed.

Key words: flood season, precursory signals, East Asian summer monsoon, main rainfall belt

* 国家自然科学基金项目(41275073),国家重点基础研究发展计划(973)项目(2013CB430203),科技部科技支撑项目(2009BAC51B05)和科技部国际合作项目(2009DFA23010)共同资助

2013 年 3 月 18 日收稿; 2013 年 5 月 29 日收修定稿

第一作者:陈丽娟,主要从事气候异常诊断和气候预测方法研究及应用. Email: chenlj@cma.gov.cn

引言

我国自 1954 年开始正式发布短期气候预测(又称长期天气预报)产品,是世界上开展此项业务最早的国家之一(陈兴芳等,2000a)。通过我国气象科技工作者的不懈努力,短期气候预测的业务能力、科技水平和现代化程度都迈上了一个新台阶(李维京,2012),为政府部门部署防汛抗旱和防灾减灾提供了有力的科技支持。但是气候系统具有多圈层相互作用的复杂性,气象工作者对气候异常的物理过程及其机理的认识仍不够全面、深入,使得现阶段短期气候预测仍然是一个世界性难题。尤其是近年来,在气候变暖的背景下,极端天气气候事件频发加大了气候预测的难度。因此深入认识气候异常的成因、总结预测的成败将有助于气象工作者提高认知能力。为此国家气候中心加强了分析当年汛期气候异常的成因(张培群等,2009;艾婉秀等,2010;贾小龙等,2011;司东等,2012;王遵娅等,2012;袁媛等,2012),及时总结各种预测方法和技术的优劣(梁潇云等,2012),分析预测和服务的成败,以求加强对我国气候异常机理的认识,从而有望提高短期气候预测能力,更好地满足用户的服务需求。

本文首先回顾了 2012 年汛期降水、汛期气温、年热带气旋、季节内重要气候事件的预测效果,然后总结了发布汛期预测前重点考虑的先兆信号以及这些信号和预报对象的多时间尺度特征及其可能的联系,最后就季节气候预测的可预报性以及今后需要深入研究的问题进行讨论。

1 资料

本文所用到的资料有中国气象局国家气候中心整编的 160 站逐月降水资料。大气环流资料为 NCEP/NCAR 逐月再分析资料,水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ (Kalney 等,1996)。海温、积雪和极冰监测信息来源于国家气候中心气候监测业务用资料。海温资料为美国 NOAA 提供的线性最优插值(OIV)全球海温数据,网格点分辨率是 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ (Reynolds et al, 2002)。积雪资料为国家气候中心业务用 1973—2012 年北半球逐月积雪日数格点资料(郭艳君等,2004),原始资料来自 <http://climate.rutgers.edu/snowcover/>。极冰监测原始资料来自 OI. v2 Monthly SST Analysis (Reynolds et al,

2002),气候标准值采用 1982—2010 年平均。如无特别说明,其他变量的气候值均为 1981—2010 年平均。

2 2012 年夏季气候和年热带气旋趋势预测评估

2.1 夏季降水预测及效果

2012 年 4 月,国家气候中心预测该年夏季“主要多雨区位于华北南部、黄淮、江淮等地”,“西南地区西部等地降水也较常年同期偏多”(图 1a)。实况是 2012 年夏季我国北方降水偏多明显(图 1c),其中华北地区较常年同期偏多 16.7%,西北地区较常年同期偏多 29%(王艳娇等,2013)。预测 2012 年夏季雨区范围广、主要多雨带位于我国北方地区与实况比较一致。

2012 年 6 月初,国家气候中心根据近两个月的气候系统演变特征以及多种动力、统计预测结果对夏季降水预测进行了订正(图 1b),该订正预测更接近实况。不仅从服务上体现了汛期预测滚动会商和及时订正的重要性,也从科学上表明汛期气候不仅受到前期下垫面异常的影响,同时受到近期大气环流的重要作用,因此在季节预测中需要综合考虑两者对气候异常的贡献。

2.2 夏季气温预测及效果

2012 年 4 月初发布预测指出“夏季全国大部地区气温接近常年同期或偏高”,“江南大部、四川东部、重庆等地区高温日数较常年同期偏多”,并明确指出“东北南部可能发生阶段性低温”(图 2a)。预测与实况(图 2b)比较一致。

2.3 年热带气旋频数预测及效果

2012 年 4 月初对年度热带气旋在生成个数、登陆个数、影响程度、主要影响路径(北上)和活跃间歇过程(6—8 月集中登陆)的趋势预测是成功的,尤其是对北上热带气旋的预测与实况比较吻合。

2.4 汛期内主要气候事件预测及效果

2012 年夏季,国家气候中心加强了对汛期内主要气候事件的预测,在 4 月初展望“南海夏季风爆发偏早,东亚夏季风强度偏强”,5 月 9 日预测“南海夏季风可能于 5 月第 3 候末至 4 候初爆发”,预测“长

江中下游地区入梅偏晚,出梅接近常年,平均雨量较常年偏少”,6 月 28 日预测“华北雨季开始较常年偏早,雨量较常年偏多”。监测显示南海夏季风于 5 月第 4 候爆发、梅雨量偏少、华北雨季强、东亚夏季风

异常偏强(王艳娇等,2013),预测与实况完全一致。对季节内气候事件的预测有助于丰富季节气候预测信息的内涵。

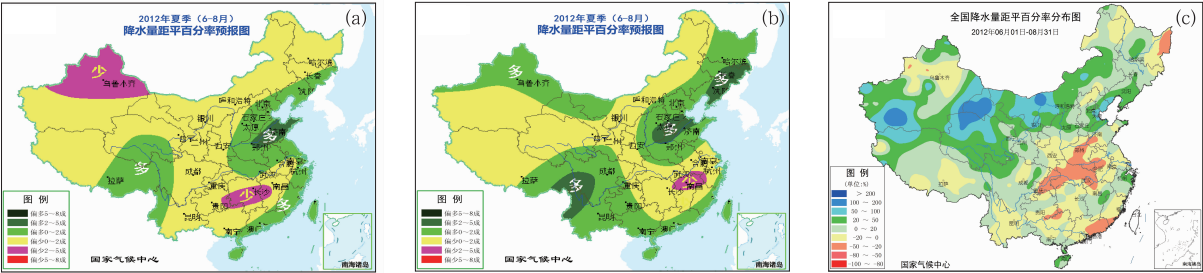


图 1 2012 年夏季降水量距平百分率预报(a:4 月初发布;b:6 月初发布)和实况(c)
Fig. 1 The predicted rainfall anomaly percentages in summer 2012 issued in early April (a), early June (b) and the observation (c)

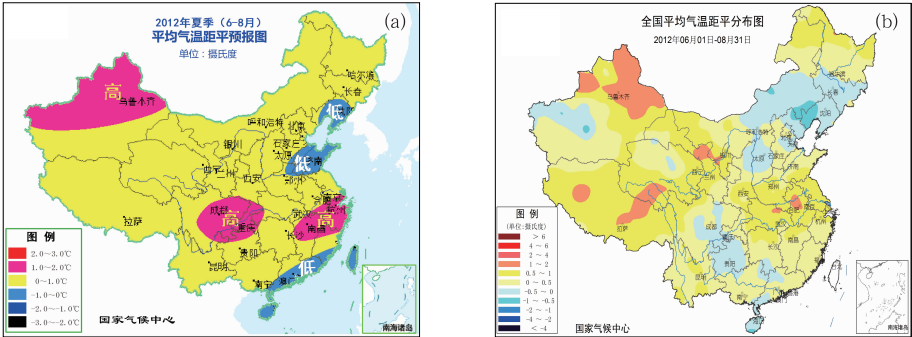


图 2 2012 年夏季 4 月初发布气温距平预报(a)和实况(b)
Fig. 2 The predicted air temperature anomaly in summer 2012 issued in early April (a) and the observation (b)

3 2012 年汛期预测先兆信号及应用

2012 年的汛期预测及服务能够取得比较好的结果,与发布预测前对气候系统异常先兆信号的分析以及多种预测方法的技术支持分不开。预报员加强了对预报对象和预报因子的多时间尺度特征分析及其二者的可能联系,从年代际尺度、年际尺度、次季节尺度等多方面进行诊断,并通过模式性能检验确定对模式信息的取舍,最终确定 2012 年需要重点考虑的预测因子和气候趋势预测意见。

3.1 年代际尺度先兆信号

预报对象和预报因子的年代际尺度特征是预报员进行气候预测时首先关注的内容。年代际尺度一

方面决定了年际信号出现的概率分布特征,另一方面也意味着要重新审视不同年代际背景下,预报对象和预报因子之间关系是否发生了变化。在短期气候预测的年代际信号中比较重要的因子是北太平洋年代际涛动(Pacific Decadal Oscillation,简称 PDO; Mantua 等,1997; Zhang 等,1997)和北大西洋年代际振荡(the Atlantic Multidecadal Oscillation, AMO; Kerr,2000)。

PDO 是太平洋年代际时间尺度气候变率强信号(Mantua 等,1997),可分为冷、暖位相。监测显示(图略),进入 21 世纪以来, PDO 出现负位相的频次在增加。处于不同阶段的 ENSO 事件对中国夏季气候异常的影响明显受到 PDO 的调制(朱益民等,2003)。而且在 PDO 冷位相期,夏季海平面气压在北太平洋负异常较强,而在东亚大陆负异常较弱,

东亚夏季风偏强,西太平洋副热带高压偏北,此时华北地区降水偏多而长江中下游地区降水异常偏少。东北、华北及华南地区气温偏低。根据 PDO 信号,有利于预测未来东亚夏季风偏强,主要多雨带在华北地区,而长江中下游地区降水偏少。

另外,通过合成 20 世纪 50 年代至 21 世纪每隔 10 年的降水距平百分率(图 3),可以看到,我国夏季的主要多雨带在过去 60 年从北向南、又转向北的演变特征,20 世纪 50 年代,多雨带主要位于华北—黄

淮地区;60 年代,多雨带向北推进到东北—华北北部地区;70 年代,多雨带主要位于华北—黄淮地区;80 年代,多雨带向南到长江流域;90 年代,多雨带继续南落到华南地区;21 世纪初的 10 年,多雨带又向北推进到黄淮地区,同时东南沿海有一条次多雨带。那么未来的 10 年,多雨带是否会继续向北推进到华北—东北地区? 结合 PDO 的演变特征,这种可能性是存在的。

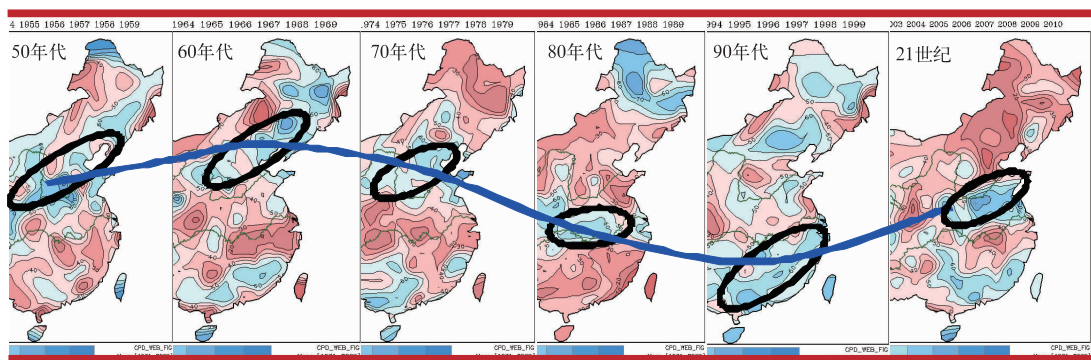


图 3 1951—2010 年期间 10 年际降水距平百分率特征

Fig. 3 Averaged summer rainfall anomaly percentages in each decade from 1951 to 2010

AMO 是发生在北大西洋区域空间上具有海盆尺度、时间上具有数十年尺度的海表温度准周期性暖冷异常变化,其形成与热盐环流的准周期性振荡有关,它是气候系统的一种自然变率(Kerr,2000)。AMO 对 ENSO 具有调制作用,暖位相 AMO 倾向于减弱 ENSO 强度。同时 AMO 对东亚季风气候的年代际变化也有显著的调制作用,暖位相 AMO 增强东亚夏季风,减弱冬季风;冷位相则相反(李双林等,2009)。进入 21 世纪,AMO 暖位相出现的频率增加(图略),这也意味着 2012 年处于东亚夏季风增强的背景下。

两个年代际信号的演变特征均支持 2012 年东亚夏季风处于 21 世纪以来偏强的背景下,从而有利于主要多雨带位于我国北方地区。

3.2 年际尺度先兆信号

在季节气候预测业务中,最重要的外强迫信号是海温、极冰、积雪、陆面过程等特征。这些信号对东亚夏季风的影响机理已经取得很大的进展(陈丽娟等,2013),在短期气候预测业务中得到广泛应用。

大量研究表明,ENSO 事件的不同阶段对中国夏季降水有不同的影响(Huang et al,1989)。拉尼

娜对东亚夏季风 and 我国夏季雨带的影响与厄尔尼诺大致相反。厄尔尼诺发展期的夏季,西太平洋副热带高压偏弱偏南,东亚夏季风偏弱,我国夏季主要季风雨带偏南,夏季中期江淮流域多雨(符淙斌等,1988;Huang et al,1989;陈文,2002)。拉尼娜发展阶段的夏季,西太平洋地区有异常的反气旋式风场,西太平洋副热带高压偏强,对应着强东亚夏季风(季风指数定义见刘宣飞,1998),我国夏季华北、东北和江南往往多雨。而拉尼娜衰减期的夏季,西太平洋地区有异常的气旋式风场,西太平洋副热带高压偏弱,但是这个异常的统计检验没有超过 95% 的信度,对应弱东亚夏季风,我国夏季江淮和东南部沿海多雨,华北、东北以及长江中游至江南西部少雨(倪东鸿等,2000;陈文,2002)。

2012 年 3 月获得的多种动力—统计方法对热带太平洋海温的监测预测信息是,2011 年 9 月赤道中东太平洋进入拉尼娜状态,于 2011 年 12 月至 2012 年 1 月达到盛期,2012 年 2 月开始衰减,可能于 2012 年 4 月结束(实况是 3 月结束),事件强度为中等到偏弱(实况是极弱)。按照前期研究及对 ENSO 事件的监测预测,2012 年夏季处于近中性状态,不是显著的 ENSO 事件演变类型。但是我们注

意到虽然 2011—2012 年的拉尼娜事件强度极弱,东太平洋海温从 2012 年春季到秋季有波动,但是西太平洋海温基本上处于接近正常到偏暖的特征。另外,前期的研究多基于 2000 年以前的 ENSO 事件,而 21 世纪以来 ENSO 事件特征,尤其是中部型 ENSO 事件(Ashok 等,2007;Kug 等,2009)的频繁发生提醒我们谨慎考虑热带太平洋海温变化的空间型及其影响。薛峰等(2007)研究指出,亚欧大陆中高纬度环流和南半球环流的变化可在相当程度上调制东亚夏季风环流对中等强度 ENSO 的响应,并进而在中国东部形成不同的降水分布。考虑到本次 ENSO 事件的强度以及事件爆发发展过程中表现的中部型特征,我们选用 Nino3.4 海温指数进行分析,并在 2012 年热带海温信号不是很强的情况下还考虑了其他外强迫信号的影响。

对于东亚夏季风指数定义有很多种,可主要归纳为两类,一类是从季风本质出发,基于海陆温差(或海陆气压差)来表示东亚夏季风的性质和强度(郭其蕴,1983;赵汉光等,1994;施能等,1996;孙秀荣等,2002)。另一类则从季风环流本身出发,选择一个区域平均的风场(经向、纬向)或散度场/涡度场描述季风的强度(黄刚等,1999;张庆云等,2003)。其中,张庆云等(2003)定义的东亚夏季风指数能较好反映夏季东亚大气环流和中国东部降水异常变化特征,本文即对该季风指数进行分析和预测。

我们首先计算了冬季 Nino3.4 区海温(李晓燕等,2000)与东亚夏季风强度(张庆云等,2003)的关系(图 4),两者在 1961—2012 年的相关系数为 -0.47 ,通过了 0.01 的显著性水平检验。而 2011/2012 年冬季 Nino3.4 区海温指数为负值,有利于夏季风偏强。

夏季西太平洋副热带高压与我国降水的关系非常密切,分别计算 1981—2010 年冬季 Nino3.4 海温指数(李晓燕等,2000)与副高各项特征指数(定义见赵振国,1999)的相关(表 1),可见冬季 Nino3.4 海温指数与夏季副高西伸脊点、脊线位置为负相关,与面积和强度为正相关,位置关系在 6—7 月更显著,强度关系在 6 和 8 月更突出。2011/2012 年冬季 Nino3.4 区海温的负值特征更有利于夏季副高偏弱、偏北、偏东。

由于西太平洋副高的西伸脊点和脊线位置的相关最弱,所以根据这两个指数,将副高进行九分类(a,偏北偏西;b,偏北;c,偏北偏东;d,偏东;e,偏南

偏东;f,偏南;g,偏南偏西;h,偏西;i,正常),分别分析各类对应的夏季降水异常分布型,根据表 1 的分析,2012 年夏季副高归为偏北偏东型,则我国主要多雨带位于东北、华北和黄淮地区(图 5)。

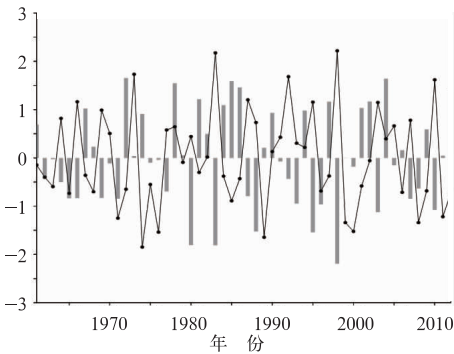


图 4 1961—2012 年前冬 Nino3.4 区海温指数(曲线)与东亚夏季风指数(直方图,定义源自张庆云等,2003)

Fig. 4 The Annual Nino3.4 index (curve) in previous winter and the East Asian subtropical summer monsoon index (shaded bar) from 1961 to 2012

表 1 1981—2010 年冬季 Nino3.4 海温与夏季副高指数的相关

Table 1 The correlation coefficients between the Nino3.4 index in previous winter and the parameters of the western Pacific subtropical high in summer

	6 月	7 月	8 月	夏季
西伸脊点	-0.53	-0.63	-0.37	-0.60
脊线位置	-0.49	-0.38	0.09	-0.27
副高强度	0.68	0.66	0.71	0.74
副高面积	0.62	0.62	0.63	0.67

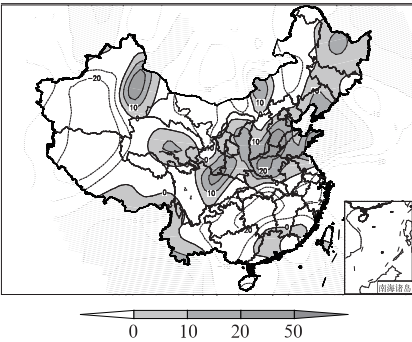


图 5 副高偏北偏东时的夏季降水异常分布(阴影表示降水偏多区,虚线表示降水偏少区)

Fig. 5 Distribution of the summer rainfall anomaly over China in more eastward and more northward WPSTH years (Shaded areas stand for positive anomaly and broken lines for negative anomaly)

2012 年 ENSO 信号不强,我们还着重分析了另一个预测夏季风指数的因子:冬季北极海冰特征。根据武炳义等(2004)的研究,当冬季北极海冰偏大(小)时,6 月亚洲大陆海平面气压偏高(低),大陆热低压偏弱(强),副高位置偏南(北),东亚夏季风偏弱(强)。此外,马洁华等(2011)的数值试验也证明夏季“北极无冰”状态下,东亚夏季 850 hPa 风场为显著南风距平。监测显示 2011—2012 年冬季北极海冰异常偏小,达到 1979 年以来海冰面积第四小值。而北极海冰从冬到夏是明显减少的季节变化特征。北极海冰冬季异常少以及春夏季的持续偏少特征有利于东亚夏季风偏强。

积雪是一个重要的外强迫信号。国内学者在青藏高原积雪对东亚季风的影响方面做了大量研究,早期就认识到青藏高原积雪偏多会导致东亚夏季风偏弱(陈烈庭等,1979;1981),东亚季风系统的季节变化进程比常年偏晚,初夏华南降水偏多(陈烈庭,1998)。基于诊断分析和数值模拟,张顺利等(2000)概括了高原积雪影响东亚季风的物理过程:高原积雪多(少),经过热力异常和动力异常的作用,造成夏季风弱(强),我国长江流域易涝(旱)。冬季欧亚大陆积雪和我国夏季降水的关系比较复杂,有研究认为欧亚大陆冬季雪盖与华南、华北的降水为正相关,东北的降水为弱负相关,与长江流域降水为负相关(陈兴芳等,2000b)。而冬季欧亚大陆北部新增雪盖面积偏大时,江南降水偏少(穆松宁等,2010)。

国家气候中心气候监测室提供的 2011/2012 年青藏高原积雪面积和欧亚积雪面积指数均较常年偏大。根据过去的研究简单判断积雪对未来东亚夏季

风和我国降水的影响结论是矛盾的。我们根据李栋梁等(2001)对冬季青藏高原地面加热场强度的定义和监测值获悉,青藏高原 2011/2012 年冬季地面加热异常偏强,而高原气温较常年偏高的监测事实也基本证实了这一点,说明不能简单地根据积雪面积指数偏大就得出夏季风偏弱的结论。关于该年青藏高原积雪和欧亚积雪异常对夏季风和我国降水的可能影响将另文详细分析(竺夏英等,2013)。

综合热带海洋和北极海冰的外强迫特征和其可能的影响,预计 2012 年东亚夏季风强度偏强,西太平洋副热带高压偏弱偏北偏东。积雪对东亚夏季风影响的不确定性较大,没有作为重点因子考虑。

3.3 季节内尺度先兆信号

2012 年夏季预测与服务增强了对夏季季节内重要气候事件的分析和预测,对重要气候事件的预测基于两个方面,一是从外强迫影响的角度,在 4 月初给出初步展望;另外从初值的角度,在气候事件发生前 1~2 周的超前时间给出滚动订正预测。本文重点从外强迫信号角度,分析 2012 年热带海洋、南极涛动对东亚夏季风季节内变率的可能影响。

为避免年代际变化的影响,我们选择了 1980 年以后发生拉尼娜事件且冬季处于峰值阶段的年份(1995/1996, 1998/1999, 1999/2000, 2000/2001, 2007/2008,2010/2011),统计这些年份后期南海夏季风(SCSSM)爆发(定义见朱艳峰等,2007)、长江中下游梅雨(徐群等,2001;杨义文,2002)、华北雨季(赵振国,1999)等信息(表 2)。

表 2 前冬为拉尼娜盛期年的夏季风推进过程特征
Table 2 Basic features of the South China Sea summer monsoon (SCSSM), the Chinese Meiyu along the middle-low reaches of Yangtze River Valley, and the flood season in North China following the La Nina events in previous winters

年份	SCSSM	长江中下游梅雨				华北雨季			
	爆发时间 /月. 候	开始日期/ 月. 日	结束日期/ 月. 日	5 站降水 总量/mm	综合 指数	开始日期/ 月. 旬	结束日期/ 月. 旬	综合 指数	等级
1996	5. 2	6. 1	7. 5	2943	5. 5350	7 上	8 中	4. 29	1
1999	5. 6	6. 5	7. 1	1907	3. 7340	6 上	6 中	0. 91	4
2000	5. 3	6. 6	6. 6	421	0. 0000	7 上	8 中	2. 78	3
2001	5. 2	6. 4	6. 6	357	1. 0840	7 下	8 中	2. 98	3
2008	5. 1	6. 2	6. 5	848	1. 9831	6 下	7 下	2. 5	3
2011	5. 2	6. 2	6. 6	1506	2. 9150	6 下	7 下	2. 98	3
1981—2010 年 平均	5. 5	6. 4	7. 2	1158	2. 448	7 中	8 中	2. 4	3. 17

注:华北雨季开始和结束日期以旬为单位,7 上表示 7 月上旬,依次类推。

ENSO 循环影响南海夏季风的物理机制(Wang et al, 2000; Zhou et al, 2007)可以归纳为:前冬为厄尔尼诺(拉尼娜)事件,有利于热带印度洋第二年春季增暖(变冷),从而热带印度洋对流发展(减弱),热带印度洋—西太平洋出现异常 Walker 环流,使得西太平洋副高加强(减弱),造成南海夏季风爆发偏晚(偏早)。表 2 对南海季风爆发时间的统计与上述演变机制是一致的。此外还有利于梅雨总体偏弱,华北雨季偏强。

另一个对亚洲夏季风爆发早晚有指示意义的信号来自南半球。监测显示 2011—2012 年冬季南极涛动处于正位相,强度列 1979 年以来第二位。通过合成分析和相关分析发现,冬季南极涛动偏强,造成初春南半球中纬度地区副热带高压带偏强,低纬地区赤道辐合带加深,从而使南半球中纬度和热带地区的气压梯度力加大,促使索马里越赤道气流在 3—4 月较早建立且强度偏强。受科氏力作用,索马里急流增强并越过赤道后,赤道印度洋西风也偏强,有利于孟加拉湾和南海地区低层辐合的加强和对流的活跃,并使西太平洋副高偏弱,且较早东撤出南海,造成亚洲夏季风爆发偏早(高辉等, 2012)。

综合热带海温异常状态及冬季南极涛动异常正位相特征,预测 2012 年夏季风爆发偏早的可能性大,季节进程较常年偏早,与实况比较吻合。

4 总结和讨论

2012 年 4 月发布的汛期气候趋势预测意见较准确地预测了 2012 年夏季多雨区范围较 2011 年大、多雨带位置位于我国北方、区域性强降水过程频发、城市内涝明显等特征。5—6 月的多次滚动订正预测将主要多雨带位置北移,汛期内三个主要气候事件:南海夏季风爆发偏早,长江中下游地区梅雨量偏少,华北雨季开始偏早、降水偏多的预测也与实况一致。

虽然能够预测东亚夏季风强度将偏强、我国雨带位置将偏北,即使在这样的总体趋势预测准确的背景下,2012 年汛期预测和服务还是存在明显的不足。2012 年实况是主要多雨带位置异常偏北,不仅东北到华北多雨,内蒙古大部分地区降水也异常多,对这种夏季风异常偏强的形成机理和预测技术还需要深入研究。初步的研究也表明,东北冷涡对北方地区降水可能起着比西太平洋副热带高压和热带季

风更为重要的作用,但无论是物理统计方法还是数值模式对东北冷涡的预测技巧均不高,给预测带来了很大困难。

另外,极端性降水频发增加了短期气候预测的难度。2012 年入夏以来,我国极端强降水事件多发、过程雨量大,区域性特征显著且集中于北方地区。这些强降水事件往往由天气系统造成,大气环流的异常即使在月平均流场图上都无法体现,更难以从季节预测的角度识别。此外,2012 年热带气旋生成频率和移动路径远较常年复杂,北上登陆和影响热带气旋较多,对我国东部降水的影响也更加多样化。天气尺度扰动和热带气旋降水在该年整个汛期降水中占有很大比率,但无论是气候模式还是物理统计方法对这种性质的降水预测都存在很大不确定性。

虽然 2012 年汛期气候预测总体效果较好,但是离服务的需求还有较大的差距,需要加深特定环流形势对区域气候特征的影响和机理认识,加强在全球变暖背景下,对气候异常主导影响因子相互配置相互作用的分析,以求揭示我国汛期降水异常更为清晰的物理图像,从而提高短期气候预测的水平,更好地为气象防灾减灾服务。

致谢: 本文在完成过程中得到国家气候中心李维京研究员和气候预测室、气候系统监测室多位同事的帮助,在此一并致谢。中国气象局短期气候预测创新团队为本文的完成提供了技术指导。

参考文献

- 艾婉秀,孙林海,宋文玲. 2010. 2009 年海洋和大气环流异常及对中国气候的影响,气象,36(4):101-105.
- 陈丽娟,袁媛,杨明珠,等. 2013. 海温异常对东亚夏季风影响机理的研究综述. 应用气象学报,24(5):521-532.
- 陈烈庭,阎志新. 1979. 青藏高原冬春季积雪对大气环流和我国南方汛期降水的影响,中长期水文气象预报文集(第一集),北京:水利电力出版社,145-148.
- 陈烈庭,阎志新. 1981. 青藏高原冬春季异常雪盖影响初夏季风的统计分析,中长期水文气象预报文集(第二集),长江流域规划办公室,133-141.
- 陈烈庭. 1998. 青藏高原冬春季异常雪盖与江南前汛期降水关系的检验和应用. 应用气象学报,9(增刊):1-8.
- 陈兴芳,赵振国. 2000a. 中国汛期降水预测研究及应用,北京:气象出版社.
- 陈兴芳,宋文玲. 2000b. 欧亚和青藏高原冬春积雪与我国夏季降水关系的分析和预测应用. 高原气象,19(2):215-223.
- 陈文. 2002. El Nino 和 La Nina 事件对东亚冬、夏季风循环的影响. 大气科学,26:595-610.

- 符淙斌, 腾星林. 1988. 我国夏季的气候异常与埃尔尼诺/南方涛动现象的关系. *大气科学*, 12(S1):133-141.
- 高辉, 刘芸芸, 王永光, 等. 2012. 亚洲夏季风爆发早晚的新前兆信号: 冬季南极涛动. *科学通报*, 57(36):3516-3521.
- 郭其蕴. 1983. 东亚夏季风强度指数及其变化的分析. *地理学报*, 38(3):207-216.
- 郭艳君, 李威, 陈乾金. 2004. 北半球积雪监测诊断业务系统. *气象*, 30(11):24-27.
- 黄刚, 严中伟. 1999. 东亚夏季风环流异常指数及其年际变化. *科学通报*, 44(4):421-424.
- 贾小龙, 陈丽娟, 龚振淞, 等. 2011. 2010 年海洋和大气环流异常及对中国气候的影响. *气象*, 37(4):446-453.
- 李栋梁, 季国良, 吕兰芝. 2001. 青藏高原地面加热场强度对北半球大气环流和中国天气气候异常的影响研究. *中国科学(D 辑)*, 31(增):312-319.
- 李双林, 王彦明, 郇永祺. 2009. 北大西洋年代际振荡(AMO)气候影响的研究评述. *大气科学学报*, 32(3):458-465.
- 李维京. 2012. 现代气候业务. 北京:气象出版社.
- 李晓燕, 翟盘茂. 2000. ENSO 事件指数与指标研究. *气象学报*, 58(1):102-109.
- 梁潇云, 龚振淞, 王永光. 2012. 2011 年汛期预测回顾. *气象*, 38(9):1150-1154.
- 刘宣飞. 1998. 中国气候年际变异与亚洲季风及海温异常的关系:学位论文. 南京:南京气象学院大气科学系.
- 马洁华, 王会军, 张颖. 2011. 北极夏季无海冰状态时的东亚气候变化数值模拟研究. *气候变化研究进展*, 7(3):162-170.
- 穆松宁, 周广庆. 2010. 冬季欧亚大陆北部新增雪盖面积变化与中国夏季气候异常的关系. *大气科学*, 34(1):213-226.
- 倪东鸿, 孙照渤, 赵玉春. 2000. ENSO 循环在夏季的不同位相对东亚夏季风的影响. *南京气象学院学报*, 23:18-54.
- 施能, 朱乾根, 吴彬贵. 1996. 近四十年东亚夏季风及我国夏季大尺度天气气候异常. *大气科学*, 20(5):575-583.
- 司东, 柳艳菊, 马丽娟, 等. 2012. 2011 年初夏我国长江中下游降水的气候特征及成因. *气象*, 38(5):601-607.
- 孙秀荣, 陈隆勋, 何金海. 2002. 东亚海陆热力差指数及其与环流和降水的年际变化关系. *气象学报*, 60(2):164-172.
- 武炳义, 卞林根, 张人禾. 2004. 冬季北极涛动和北极海冰变化对东亚气候的影响. *极地研究*, 16(3):211-220.
- 徐群, 杨义文, 杨秋明. 2001. 长江中下游 116 年梅雨. 暴雨. 洪涝, 44-53.
- 薛峰, 刘长征. 2007. 中等强度 ENSO 对中国东部夏季降水的影响及其与强 ENSO 的对比分析. *科学通报*, 52(23):2798-2805.
- 王艳姣, 周兵, 司东, 等. 2013. 2012 年夏季我国降水异常及成因分析. *气象*, 39(1):121-125.
- 王遵娅, 任福民, 孙冷, 等. 2012. 2011 年夏季气候异常及主要异常事件成因分析. *气象*, 38(4):448-455.
- 杨义文. 2002. 长江中下游梅雨与中国夏季旱涝分布. *气象*, 28(11):11-16.
- 袁媛, 任福民, 王艳姣, 等. 2012. 2012 年华南前汛期降水特征及环流异常分析. *气象*, 38(10):1247-1254.
- 张培群, 贾小龙, 王永光. 2009. 2008 年海洋和大气环流异常及对中国气候的影响. *气象*, 35(4):112-117.
- 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*, 61(4):559-568.
- 张顺利, 陶诗言. 2000. 青藏高原积雪对亚洲夏季风影响的诊断及数值研究. *大气科学*, 25(3):372-390.
- 赵汉光, 张先恭. 1994. 东亚季风和中国夏季雨带的关系. *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.
- 竺夏英, 陈丽娟, 李想. 2013. 2012 年冬春季高原积雪异常对亚洲夏季风的影响. *气象*, 39(9):1111-1118.
- 朱艳峰, 李威, 王小玲, 等. 2007. 东亚夏季风监测诊断业务系统. *气象*, 33(9):98-102.
- 朱益民, 杨修群. 2003. 太平洋年代际振荡与中国气候变率的联系. *气象学报*, 61(6):641-654.
- Ashok K, Behera S K, Rao S A, et al. 2007. El Nino Modoki and its possible teleconnection. *J Geophys Res*, 112:C11007, doi:10.1029/2006JC003798.
- Huang R H, Wu Y F. 1989. The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanism. *Adv Atmos Sci*, 6:21-32.
- Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77(2):437-471.
- Kerr R. 2000. A North Atlantic climate pacemaker for the centuries. *Science*, 288:1984-1986.
- Kug J S, Jin F F, An S I. 2009. Two types of El Nino events: Cold tongue El Nino and warm pool El Nino. *J. Climate*, 22:1499-1515.
- Mantua N J, Hare S R, Zhang Y, et al. 1997. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 78:1069-1079.
- Reynolds R W, Rayner N A, Smith T M, et al. 2002. An Improved In Situ and Satellite SST Analysis for Climate. *J. Climate*, 15(13):1609-1625.
- Wang B, Wu R G, Fu X. 2000. Pacific-East Asian Teleconnection: How Does ENSO Affect East Asian Climate? *J. Climate*, 13:1517-1535.
- Zhang Y, Wallace J M, Battisti D S. 1997. ENSO-like interdecadal variability: 1900-93. *J. Climate*, 10:1004-1020.
- Zhou W, Chan J C L. 2007. ENSO and South China Sea summer monsoon onset. *International Journal of Climatology*, 27:157-167.