

章大全,陈丽娟,柳艳菊,等,2018.2016年10月我国降水预测失败的原因分析[J].气象,44(1):189-198.

2016年10月我国降水预测失败的原因分析*

章大全¹ 陈丽娟^{1,2} 柳艳菊¹ 柯宗建¹

¹ 国家气候中心,中国气象局气候研究开放实验室,北京 100081

² 南京信息工程大学气象灾害预报预警与评估协同创新中心,南京 210044

提 要: 本文回顾了2016年10月降水业务预报中考虑的动力模式预测信息、前兆信号及其影响。2016年10月全国平均降水量为1951年以来历史同期最多,且环流形势和要素分布特征在月内均发生明显转折。业务发布预报在华北南部、黄淮、江淮、江汉等地降水异常与实况存在较大差异,同时对月内环流形势调整及降水变率估计不足。数值模式预报和物理因子诊断预测与实况的对比分析表明,环流形势整体分布特征预报与实况较为一致,但对西太平洋副热带高压等环流因子的强度、西伸脊点位置以及月内变率的预报与实况存在较大差异。从大气对热带海温信号的滞后响应以及同期相关分析表明,El Niño事件次年秋季副热带高压往往持续偏强偏北。10月赤道太平洋东冷西暖,暖池区对流活跃,东亚上空出现的异常经向环流圈通过低层径向风异常及异常辐合辐散,在日本岛附近形成反气旋式环流距平,也有利于副热带高压加强北抬。9、10月热带印度洋偶极子负位相有利于印缅槽加强,从而有利于水汽向我国东部地区输送。来自副热带高压外围的异常东南水汽和来自西南的水汽共同输送到我国中东部地区,并与南下冷空气交汇产生异常水汽辐合,造成这些地区降水明显偏多。此外10月热带对流活动依然活跃,台风的生成、登陆个数均较常年偏多,是我国东南沿海降水偏多的主要原因。

关键词: 月预测,前兆信号,环流因子,海温异常

中图分类号: P461,P466

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2018.01.017

Review on the Failure of Precipitation Prediction in October 2016

ZHANG Daquan¹ CHEN Lijuan^{1,2} LIU Yanju¹ KE Zongjian¹

¹ Laboratory for Climate Studies, National Climate Centre, CMA, Beijing 100081

² Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters,
Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044

Abstract: This paper reviews the predictive information provided by dynamic models and precursors considered in the operational monthly prediction of precipitation in October 2016. The average amount of precipitation over China in October 2016 is the largest compared to the precipitation in the corresponding period since 1951, and the spatio-temporal characteristics of precipitation distributions and atmospheric circulation changes significantly during the month. There exists considerable difference between operational forecasts of precipitation anomalies issued in late September and observational results in the south of North China, Huanghuai, Jianghuai and Jiangnan regions. Meanwhile, the forecasts underestimate the adjustment of general circulation within month and the transition of precipitation anomaly distributions. Analysis of model output and the impact of external forcing signals indicate that the estimation of general atmospheric circulation is basically consistent with observation, while significant difference remains between the forecast and observation results of the intensity, position of ridge line of West Pacific subtropical high (WPSH), etc. Lagged and simultaneous correlation analysis between atmosphere and sea surface temperature

* 国家重点基础研究发展计划(973计划)(2015CB453203)及国家自然科学基金项目(41605078和41675092)共同资助

2017年6月9日收稿; 2017年9月4日收修定稿

第一作者:章大全,主要从事短期气候预测相关业务及科研工作. Email: zhangdq@cma.gov.cn

(SST) indicates that, the WPSH tends to be intensified and northward in the autumn of decay years of medium and strong El Niño events. In addition, the anomalous meridional circulation induced by active convection in the West Pacific warm pool, which leads to the anticyclonic circulation anomaly around Japan, also contributes the intensification and northward of WPSH. The significant negative phase of tropical Indian Ocean dipole (TIOD) in September and October, which is in favor of strong Indian-Myanmar trough and vapor transport, combined with cold air from north, resulting in more precipitation in east and north China. Moreover, the active convection of tropical West Pacific, and increased number of generated and landed typhoons, is the main reason for heavy rains in the southeast coastal regions of China.

Key words: monthly prediction, precursor, atmospheric circulation factor, sea surface temperature anomaly

引 言

月气候预测介于中期预报和季节预测之间,其中大气初值信息快速衰减,同时海洋异常的影响还没有完全起作用,因此是一个很难预测的时间尺度。分析其可预报性来源,有效提高预报准确率,一直是气候预测领域科研和业务工作的重点和难点(王会军等,2007;陈丽娟等,2008;王绍武,2012)。我国的月气候预测业务自 20 世纪 50 年代开始,经历了简单的经验统计分析、数理统计方法的广泛应用、物理统计方法的深入发展以及动力与统计相结合几个阶段,目前已经建立起较为完善的月尺度短期气候预测业务系统(丁一汇,2004)。统计方法在月气候预测业务中的应用由来已久,而动力方法的兴起源自 20 世纪 80 年代。受到 Miyakoda et al(1983;1986)工作的鼓舞,各国主流数值预报中心相继开展了大量月动力延伸预报试验(Molteni et al,1986;Owen and Palmer,1987;Tracton et al,1989;Déqué and Royer,1992)。对预报结果的检验表明,月平均环流预报技巧主要集中在前两周,两周以上的预报相对于气候预报显示出一定的预报技巧,但还未达到实际业务应用水平(丑纪范,2003a;2003b)。近年来,随着模式性能和资料同化等技术的提高,集合预报技术的广泛应用,数值模式已经逐渐成为月平均大气环流预报的主要手段(郑志海,2013;任宏利等,2014)。

由于影响我国气候变化因素的多重性、相互关系的复杂性和预测方法的多样性,我国月气候预测的基本技术特点是多种因子的综合分析和多种方法的综合应用(贾小龙等,2013),预测集成技术难度非常大。经过不懈努力,目前国家气候中心月平均温

度 PS 预报评分达到 79,月平均降水距平百分率 PS 预报评分达到 67(2012 年 1 月至 2016 年 12 月平均)。受到月平均气候要素可预报性的年际和季节变化的影响(Jung et al,2011),如不同 El Niño 位相背景下的可预报性差异(Shukla et al,2000;陈丽娟等,2016),数值模式预报技巧稳定性以及预报对象极端程度等因素的影响,部分月份的预报效果仍然较低。

2016 年 10 月我国东部大部地区降水量异常偏多,为 1951 年以来历史同期最多,同时环流形势及要素分布特征在月内发生明显转折,该月降水业务预测评分较低。本文从预测的角度对 10 月降水异常的时空分布特征,预测效果评分以及成因进行总结分析。重点回顾了预测过程中多因子综合分析和多方法综合应用的取舍和得失,总结了预报中的成功与不足,并指出了改善预报技巧的可能途径和思路。

1 资料说明

本文所用资料主要包括:(1)中国气象局国家气象信息中心整编的《中国国家级地面气象站基本气象要素日值数据集(V3.0)》(任芝花等,2012);(2)国家气候中心整编的百项气候系统指数集;(3)美国国家环境预报中心和美国国家大气研究中心(NCEP/NCAR)提供的再分析资料,资料水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ (Kalnay et al,1996;Kistler et al,2001);(4)美国国家海洋大气管理局(NOAA)提供的最优插值全球海温数据(OISST-v2),分辨率为 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ (Reynolds et al,2002)。除海温数据的气候平均场受资料起始时间限制取 1982—2010 年平均外,其余各要素的气候平均值均为 1981—2010 年平均。

2 2016 年 10 月我国降水气候特征及预测检验

2016 年 10 月全国大部分地区降水量较常年明显偏多,全国平均降水量 55.4 mm,较常年同期(35.8 mm)偏多 55%,为 1951 年以来历史同期最多(图 1)。从空间分布来看,东北大部、内蒙古中东部、黄淮、江淮、江南东部、华南东部和南部、西北地区东部、新疆大部等地降水偏多,内蒙古中东部、华北中西部、黄淮大部、江淮、江南东部、华南东部和新疆北部等地降水偏多一倍以上,其中部分地区降水量超过气候平均值两倍(图 2)。

10 月降水异常的另一个重要特征是月内变化大。上旬和中旬(图 3)除华北北部、东北中部、内蒙古中东部、新疆以及东南沿海部分地区外,全国大部分地区降水以偏少为主。其中北方地区降水过程主要集中在上旬,此外受台风活动的影响,上中旬东南沿海地区降水持续偏多。进入 10 月下旬(图 3),全国降水分布形势发生较大调整,除东北北部、内蒙古东部和西北西部外,长江以北大部分地区降水异常偏多,异常量级在气候态两倍以上。此外,受 22 号台风海马登陆的影响(21—23 日),江南南部、华南东部降水异常偏多。

2016 年 10 月业务发布降水距平百分率预报(图 4)的趋势异常综合检验 PS 评分为 55.9 分。PS 评分是目前短期气候预测业务检验所采用的主要指标(预报司关于印发《月、季气候预测质量检验业务规定》的通知—气预函〔2013〕98 号)。10 月降水

趋势及异常级预报的评估结果显示(图 5),趋势预报错误的站点主要位于东北南部、华北东部、黄淮、江淮、江汉、西北地区东南部等地。华北中西部、江淮东部、江南东北部和东南沿海部分地区站点均漏报异常级,即对降水偏多的趋势预报虽然正确,但异常级预报显著小于实况。10 月全国异常漏报站数达到 811 个站,占到评分站点总数的 35.5%。

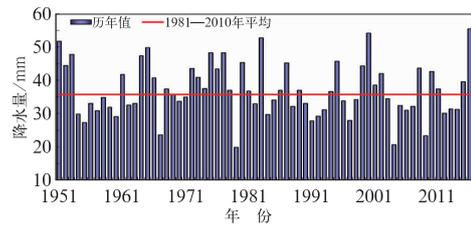


图 1 1951—2016 年全国平均降水量历年变化

Fig. 1 Time series of total mean precipitation over China in October from 1951 to 2016

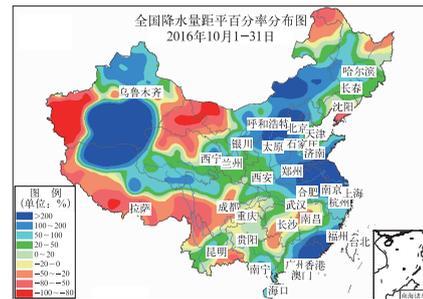


图 2 2016 年 10 月全国降水量距平百分率(单位:%)空间分布

Fig. 2 Distribution of precipitation anomaly percentage over China in October 2016 (unit: %)

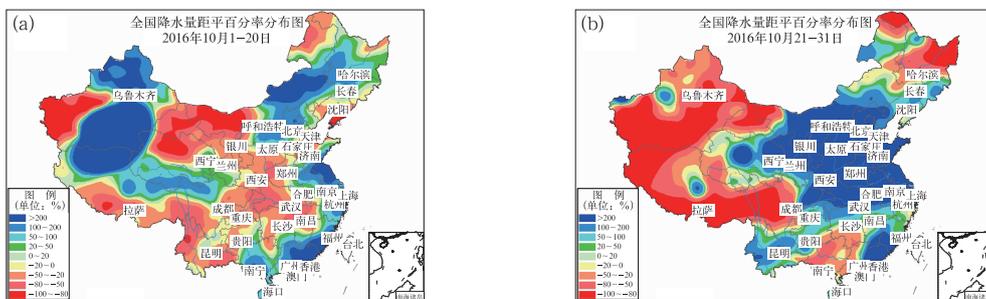


图 3 2016 年 10 月上中旬(a)和下旬(b)降水量距平百分率空间分布(单位:%)

Fig. 3 Distribution of precipitation anomaly percentage over China in the first and second (a) and last dekads (b) of October in 2016 (unit: %)

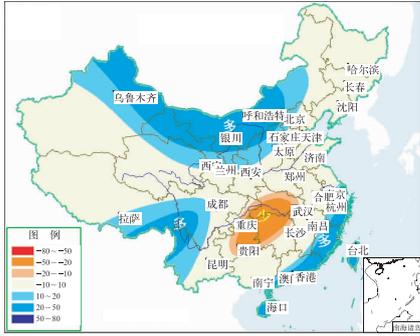


图 4 2016 年 10 月降水量距平百分率预报图(单位: %)

Fig. 4 Prediction of precipitation anomaly percentage (unit: %) over China in October 2016

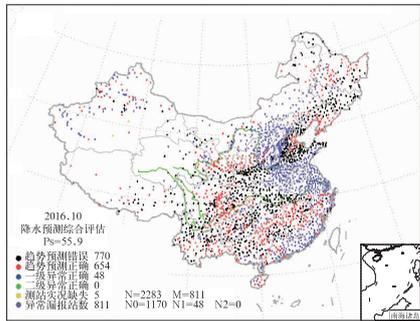


图 5 2016 年 10 月降水预测评估
Fig. 5 Assessment of prediction of precipitation anomaly over China in October 2016

3 10 月降水异常的物理成因分析

10 月我国降水异常偏多的原因主要有两方面(竺夏英和宋文玲, 2017; 张夏琨等, 2017): 一方面是北方南下的冷空气与偏强、偏西、偏北的西太平洋副热带高压(以下简称副高)引导的外围暖湿水汽交汇造成的强降水; 另一方面是由于西太平洋和南海地区台风生成和登陆造成的强降水。从中高纬度环流形势来看(图 6), 10 月北极涛动(AO)持续为负位相, 极涡分裂, 主体在东半球, 有利于极地冷空气扩散并影响亚洲地区。月中中高纬度环流存在阶段性变化, 上中旬亚洲中纬度地区环流以纬向为主, 冷空气活动路径偏北, 主要影响我国新疆北部和东北北部地区。下旬, 随着乌拉尔山地区阻塞高压的发展, 其东侧高空槽引导冷空气南下, 影响我国长江以北的大部分地区。

在低纬度地区, 西太平洋副高较常年同期明显偏强、面积偏大、西伸脊点异常偏西、脊线位置偏北, 同时索马里和孟加拉湾越赤道气流异常偏强, 印缅槽明显偏强。来自副高外围的异常东南水汽和来自西南的水汽共同输送到我国中东部地区, 并与南下冷空气交汇产生异常水汽辐合, 造成这些地区降水明显偏多。

此外, 10 月在西北太平洋和南海地区有 4 个台风生成, 并有 2 个登陆我国, 均较常年同期偏多。台风活跃也是造成我国东南沿海和华南南部降水明显

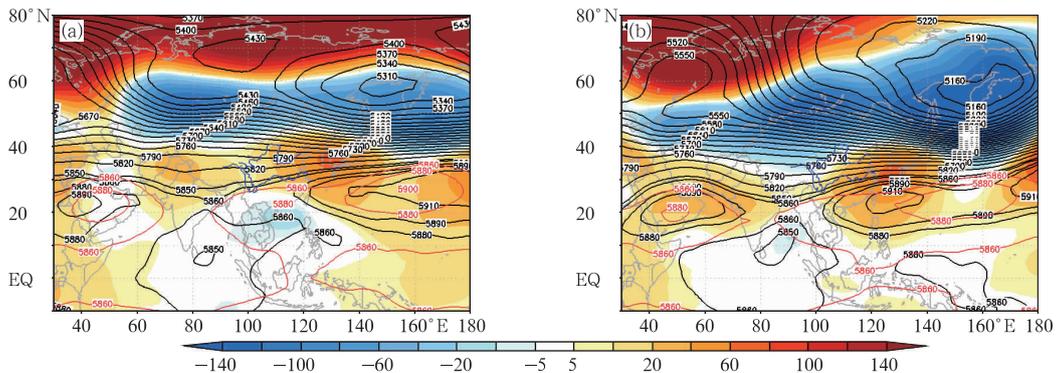


图 6 2016 年 10 月上中旬(a)和下旬(b)500 hPa 位势高度(等值线)及距平场(阴影区)分布

(红色等值线为气候平均态下 5860 和 5880 线, 单位: gpm)

Fig. 6 The mean 500 hPa geopotential height (contour) and anomalies (shadow) for the first and second (a), and last (b) dekads in October 2016 (5860 and 5880 of climatology are marked in red, unit: gpm)

偏多的主要原因。而台风活动受到西太平洋有利的热力和动力条件的影响,这是大气对热带海温的显著响应:赤道西太平洋地区海温明显偏暖,沃克(Walker)环流明显偏强,对流活跃,从而有利于台风生成。而副高较常年偏西、偏北,其南侧的偏东气流也有利于引导台风登陆我国,造成沿海地区发生强降水。

4 10 月降水预测失败的原因分析

国家气候中心常规月气候预测业务中主要考虑气候要素的年代际尺度特征、月际变率、国内外动力模式预测、统计方法预报,经预报员综合集成和多模式客观集成给出最终预测结果。随着近年来动力气候模式的发展和预报准确率的提升,模式预报信息在气候预测业务中所占的比重越来越大,从而形成以数值模式客观预报为主,物理统计订正为辅的综合集成预报局面,以下分别从这两个角度进行总结分析。

4.1 数值模式客观预报

动力气候模式高技巧的信息是环流预测,而环流形势的配置关系直接决定了气候要素(降水)的时空分布特征,因此首先需要确定对大尺度环流形势的预测。通过综合考虑国内外动力模式预报以及对海温、海冰等外强迫影响的分析,预测 10 月 AO 正常到弱的负位相,欧亚中高纬度纬向环流形势发展且月内变化较大,东亚高度场北高南低,东亚槽偏弱,西太平洋副高强度正常偏强,脊线偏北,印缅槽偏强。较之实况,预测结论较好地把握了 10 月大尺度环流异常的空间分布特征,但是对环流因子的异常程度和具体的槽脊位置分布上与实况存在较大的差异。这种预测的不确定性也体现在国内外各家动力模式提供的信息上。国内外各主要数值预报中心超前一周时,均预报欧亚中高纬度月平均环流以纬向型为主,但是正负距平及槽脊位置分布存在较大差异。国家气候中心 DERF2.0 和美国 CFSv2 预报欧亚中高纬度位势高度以正距平为主,其中高度场的正异常中心均位于乌拉尔山以东,贝加尔湖以北区域。日本 TCC 预报乌拉尔山高压脊增强、贝加尔湖以北地区为低槽,东亚地区高度场以正距平为主。只有欧洲 ECMWF 预报与实况较为一致,成功预测了巴尔喀什湖至贝加尔湖的低槽,与实况较为一致(图略)。此外,各家动力气候模式均预测北极地区

高度场以正距平为主,极涡偏弱,副高加强北抬,这些预测信息与实况也是基本一致的。

在环流形势的月内变化预测方面,DERF2.0 提供了未来 40 天逐旬的平均环流预报,CFSv2 和 ECMWF 均提供了未来 28 天的逐周环流平均预报信息,可以提供一些月内环流形势持续或者转折的预测信息。从模式当时的预报来看,DERF2.0 和 CFSv2 的预测与实况差异较大,均未能对 10 月下旬乌拉尔山阻塞高压加强、副高加强北抬的环流转变特征做出预测。ECMWF 与实况较为接近,但是对后期西太平洋副高加强西伸程度的预测与实况也存在较大的差异,反映出数值模式对于延伸期环流形势转折预报能力的不足。

4.2 物理因子诊断分析

发生在热带太平洋地区的 ENSO 循环现象是年际气候变化中的最强信号(李崇银等,2008;任福民等,2012),也是月气候预测的重要背景和参考因子。2014—2016 年,赤道中东太平洋发生了一次超强 El Niño 事件(图 7),此次事件于 2015 年 11 月达到峰值,12 月开始衰减,并于 2016 年 5 月结束(翟盘茂等,2016;邵懿和周兵,2016;袁媛等,2016;2017;任宏利等,2017)。图 7 给出了 20 世纪 80 年代以来 El Niño 次年 Niño3.4 指数的演变情况,图中实线为中等以上强度的 El Niño 事件次年。从对应的西太平洋副高的强度和脊线位置逐月变化来看,El Niño 事件次年夏、秋季西太平洋副高持续偏强(图 8a),脊线位置以夏季偏南、秋季偏北为主(图 8b)。此外图 8 还显示,西太平洋副高不仅在季

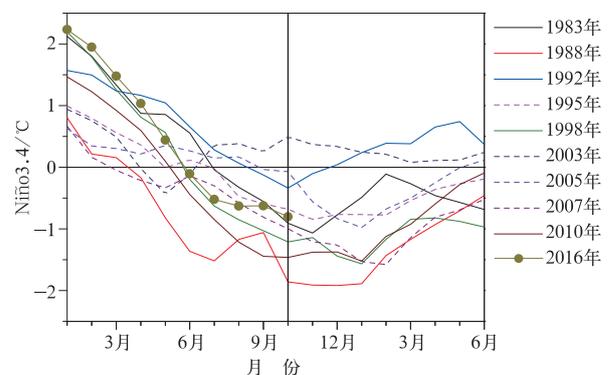


图 7 El Niño 次年 Niño3.4 区海温指数演变
(实线为中等以上强度 El Niño 次年)

Fig. 7 Variation of Niño3.4 in decay years of El Niño
(Solid line denotes decay years of medium and strong El Niño)

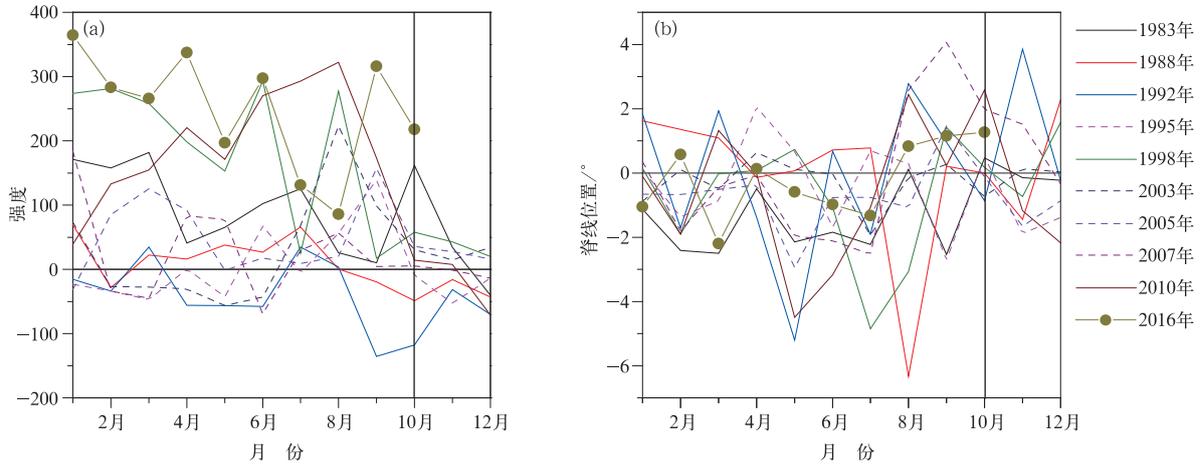


图 8 El Niño 次年西太平洋副高强度(a)和脊线位置(b)演变
(实线为中等以上强度 El Niño 次年)

Fig. 8 Variation of intensity (a) and position of ridge line (b) of WPSH in decay years of El Niño
(Solid line denotes decay years of medium and strong El Niño)

节尺度上受海温外强迫作用的调制,同时具有显著的月际变率,这可能与季节内低频振荡等有关。

对 10 月降水预测与实况出现较大偏差的一个重要原因是对副高强度估计不足。环流预报中认为副高接近正常到偏强,而实况为显著偏强。从大气对赤道中东太平洋海温信号的响应来看,在 El Niño 结束年,大气对海温的响应存在滞后效应。在解释 ENSO 循环与峰值次年夏季东亚环流异常的关系时,Xie et al(2009;2016)提出热带印度洋海温在 El Niño 衰减年的“电容器效应”,认为热带印度洋全区一致海温模态(IOBW)在维持 El Niño 对峰值次年东亚气候异常的影响方面起到了重要的传递作用(图 9a)。正是因为热带印度洋全区一致海温增暖(变冷)在 El Niño(La Niña)衰减时却发展到盛期,因此,通过改变对流活动和 Walker 环流异常以及

激发向东传播的 Kelvin 波,印度洋海温像“电容器”一样延续了 El Niño 对大气环流和气候异常的影响。对 IOBW 与北半球 500 hPa 高度场进行相关分析发现(图 10),8、9 月 IOBW 指数与 10 月东亚中纬度高度场呈显著的正相关,我国东部 40°N 以南的大部分地区相关系数通过了 0.05 的显著性水平检验。

从环流对同期热带海温的响应来看,10 月赤道中东太平洋大部为冷海温距平,负距平中心位于 160°W 附近,赤道西太平洋及暖池区为暖海温距平(图 11)。赤道西太平洋及暖池区海温偏高,对流活跃,而中东太平洋下沉运动明显增强,Walker 环流偏强(图 12)。已有研究表明(顾薇等,2012),秋季中东太平洋偏冷,有利于 110°~130°E 范围内径向上出现两个连续的异常环流圈,其中北部的异常环流圈会通过低层径向风异常及异常辐合辐散,在日

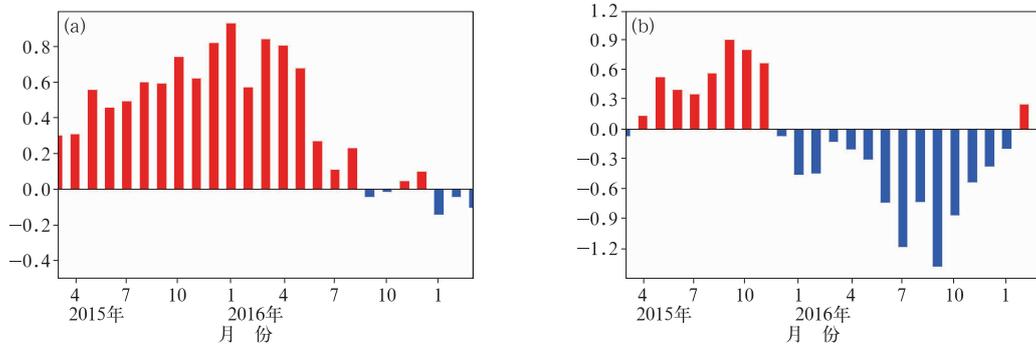


图 9 2015 年 4 月至 2017 年 1 月逐月热带印度洋全区一致模态指数(a,IOBW)
和热带印度洋偶极子指数(b,TIOD)变化

Fig. 9 Monthly variation of IOBW index (a) and TIOD index (b) from April 2015 to January 2017

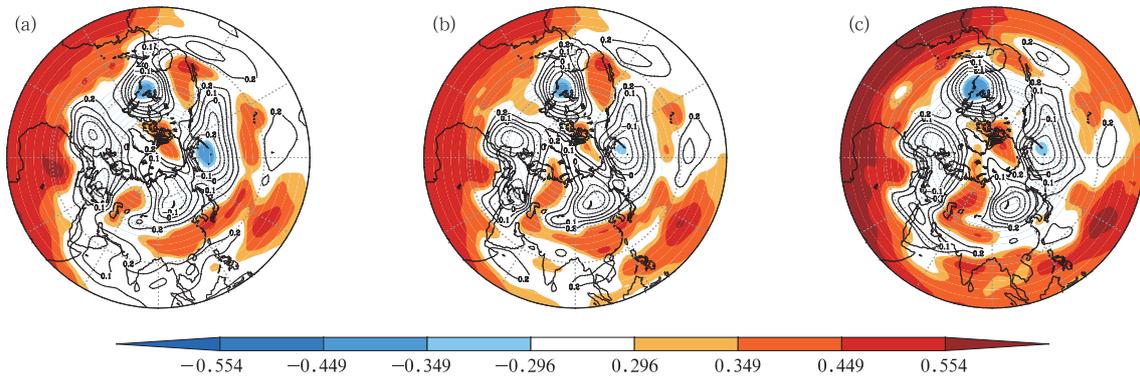


图 10 8 月(a)、9 月(b)、10 月(c)逐月 IOBW 指数与 10 月北半球 500 hPa 高度场距平相关系数分布

Fig. 10 Distribution of correlation coefficient between monthly (a) August, (b) September, (c) October IOBW index and 500 hPa geopotential height in the Northern Hemisphere

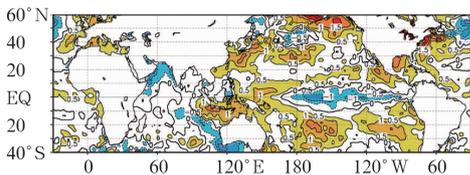


图 11 2016 年 10 月平均海表温度距平(单位: $^{\circ}\text{C}$)

Fig. 11 Monthly mean sea surface temperature (SST) anomalies in October 2016 (unit: $^{\circ}\text{C}$)

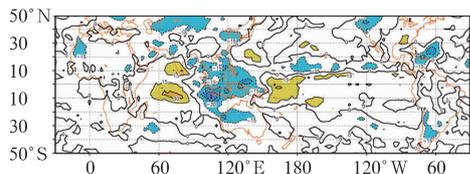


图 12 2016 年 10 月平均向外长波辐射距平(单位: $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)

Fig. 12 Monthly mean anomalies of outgoing longwave radiation (OLR) in October 2016 (unit: $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)

本岛附近形成反气旋式环流距平,有利于副高加强北抬。而 10 月热带对流活动活跃,台风生成及登陆我国的个数均偏多,也是造成我国江南南部、华南东部降水异常偏多的主要原因。

对历史上具有相似海温演变特征的 El Niño 结束年 10 月降水及环流场进行分析发现,20 世纪 80 年代以来的 El Niño 结束年,我国 10 月降水的空间分布特征大致可分为两类:一类以 1983 和 1995 年为代表,我国东部大范围地区降水显著偏多;另一类以 1998 和 2010 年为代表,西南至东北降水偏多,同

时东南沿海偏多。结合对典型年份的整层积分水汽输送、辐合辐散场以及 850 hPa 风场的合成分析可知(图 13),在 El Niño 结束典型年份,在 $110^{\circ} \sim 130^{\circ}\text{E}$ 的副热带地区均存在显著的水汽输送路径。1983 和 1995 年副高西伸脊点的位置偏西,以来自南海和西太平洋的东南方向水汽输送充沛,我国东部大部分地区位于水汽辐合区,为降水提供了良好的水汽条件;1998 和 2010 年副高主体位置偏东,水汽输送路径中心位于东部邻海,东南沿海部分地区处于水汽输送路径的边缘。

水汽输送路径和副高西伸脊点位置的正确判断对 10 月降水异常分布预报有着重要影响。西伸脊点位置的判断中重点参考了 El Niño 结束年的副高统计特征以及动力模式对环流形势的预报。统计分析结果显示,20 世纪 80 年代以来 El Niño 结束年的 10 月副高面积偏大、强度偏强、脊线偏北的特征较为明显,而西伸脊点偏西和偏东的年份数相当,并无显著的差异。各家数值模式预报均显示副高西伸脊点接近正常或略偏东,且在延伸期时段副高主体有逐步东移的趋势。因此综合统计和模式环流预报结果,预报认为 10 月副高西伸脊点位置接近常年,即考虑发生类似 1983 和 1995 年水汽输送路径偏西、我国东部大范围降水显著偏多的可能性较低。而实况显示,进入 10 月下旬,副高强度显著加强、西伸脊点在中旬短暂东撤后再度显著偏西(图略),同时欧亚中高纬度乌拉尔山高压加强,巴尔喀什湖至贝加尔湖低槽加深,南下冷空气与沿副高外围的东南水汽和西南水汽输送汇合,造成我国长江以北大部分地区降水异常偏多。

2016 年秋季海温异常的另一个主要信号是热带印度洋偶极子(TIOD)呈显著的负位相,TIOD 指数于 9 月达到峰值。TIOD 是热带印度洋秋季海温异常最主要模态,空间分布上表现为热带西印度洋

和东南印度洋反相的偶极型海温变化特征(Saji et al, 1999)。前期和同期 TIOD 指数与 10 月北半球 500 hPa 高度场距平相关系数分布显示(图 9b, 图 14),当 9、10 月 TIOD 呈负位相时,印度半岛、孟

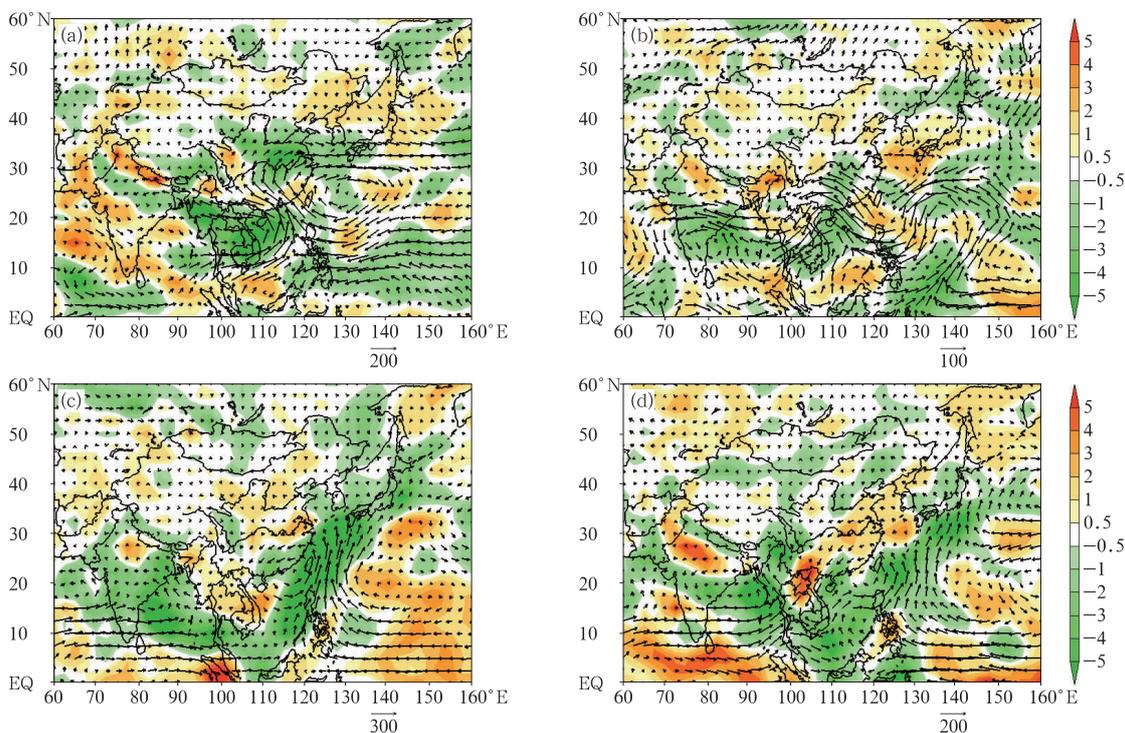


图 13 El Niño 结束年 10 月降水时空分布典型年份对流层整层积分水汽输送(矢量,单位: $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$)及辐合辐散场(阴影,单位: $10^{-5} \text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)
(a)1983 年,(b)1995 年,(c)1998 年,(d)2010 年

Fig. 13 Moisture transport anomalies vertically integrated from 1000 hPa to 300 hPa (vector, unit: $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$), and anomalies of divergence and convergence of moisture transport (shadow, unit: $10^{-5} \text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)
(a) 1983, (b) 1995, (c) 1998, (d) 2010

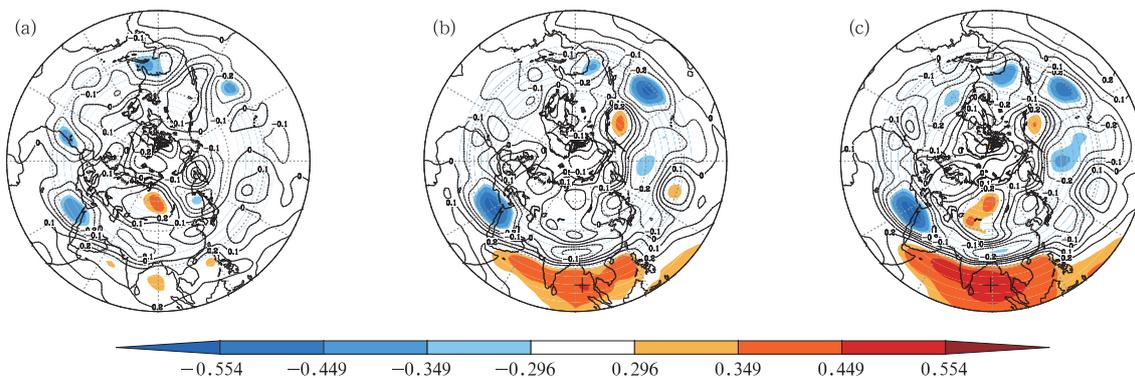


图 14 8 月(a)、9 月(b)、10 月(c)逐月 TIOD 指数与 10 月北半球 500 hPa 高度场距平相关系数分布

Fig. 14 Distribution of correlation coefficient between monthly (a) August, (b) September, (c) October TIOD index and 500 hPa geopotential height in the Northern Hemisphere

加拉湾及中南半岛等地 500 hPa 高度场与 TIOD 呈显著的负相关。即 9、10 月 TIOD 负位相有利于印缅槽加强,从而有利于水汽向我国东部地区输送。

5 结论与讨论

本文从预测回顾的角度对 2016 年 10 月降水的气候特征、异常成因和预报中的成功与不足进行总结分析。对预报发布前能够获取的数值预报和物理因子诊断分析的应用效果进行梳理,结合实况总结各种预测方法和技术的技巧高低,以期加强对我国气候异常成因机理的认识,提高对月尺度气候异常的预测能力。

分析表明,热带太平洋和印度洋海表温度异常对我国秋季气候异常均有显著影响。热带太平洋海温异常集中表现在 ENSO 循环,其峰值次年对我国气候的影响主要通过印度洋海温异常这个“桥梁”实现。从大气对赤道中东太平洋海温信号的滞后响应来看,El Niño 事件次年夏、秋季西太平洋副高持续偏强,脊线位置以夏季偏南、秋季偏北为主。环流与同期热带海温的相关分析表明,10 月赤道太平洋东冷西暖,暖池区海温偏高,对流活跃,Walker 环流偏强,东亚上空出现的异常经向环流圈会通过低层径向风异常及异常辐合辐散,在日本岛附近形成反气旋式环流距平,也有利于副高加强北抬。TIOD 作为热带印度洋秋季海温异常的主导模态,对东亚大气环流和气候有着重要影响。相关分析显示,9、10 月 TIOD 负位相有利于印缅槽加强,从而有利于水汽向我国东部地区输送。来自副高外围的异常东南水汽和来自西南的水汽共同输送到我国中东部地区,并与南下冷空气交汇产生异常水汽辐合,造成这些地区降水明显偏多。

数值模式环流形势预报与实况的对比结果显示,模式对热带和副热带地区的大气月平均环流有一定的预报能力,但对中高纬度环流形势的预报技巧较低。除欧洲 ECMWF 模式外,国内外大部分模式 10 月环流形势预报未能有效预测巴尔喀什湖至贝加尔湖的宽广低槽。此外模式对乌拉尔山阻塞高压加强和西太平洋副高西伸脊点偏西等关键因子的月内变化预测与实况均存在较大差异,反映出数值模式对于延伸期环流形势转折预报能力的不足,也说明了发展多模式集合最优信息提取和解释应用技术对于提高预测水平的重要性。

致谢:感谢中国气象局灾害影响评估系统以及气候与气候变化监测预测系统(CIPAS2.0)为本文提供部分图形。

参考文献

- 陈丽娟,李维京,刘绿柳,等,2008. 中国区域月气候预测方法和预测能力评估[J]. 高原气象,27(4):838-843.
- 陈丽娟,李想,李维京,等,2016. 2015/2016 年超强 El Niño 事件背景下我国月预测技巧差异分析[J]. 大气科学学报,39(6):756-765.
- 丑纪范,2003a. 短期气候预测的现状 问题与出路(二)[J]. 新疆气象,26(2):1-4,11.
- 丑纪范,2003b. 短期气候预测的现状 问题与出路(一)[J]. 新疆气象,26(1):1-4.
- 丁一汇,2004. 我国短期气候预测业务系统[J]. 气象,30(12):11-17.
- 顾薇,李维京,陈丽娟,等,2012. 我国秋季降水的年际变化及与热带太平洋海温异常分布的关系[J]. 气候与环境研究,17(4):467-480.
- 贾小龙,陈丽娟,高辉,等,2013. 我国短期气候预测技术进展[J]. 应用气象学报,24(6):641-655.
- 李崇银,穆穆,周广庆,等,2008. ENSO 机理及其预测研究[J]. 大气科学,32(4):761-781.
- 任福民,袁媛,孙丞虎,等,2012. 近 30 年 ENSO 研究进展回顾[J]. 气象科技进展,2(3):17-24.
- 任宏利,王润,翟盘茂,等,2017. 超强厄尔尼诺事件海洋学特征分析与预测回顾[J]. 气象学报,75(1):1-18.
- 任宏利,张培群,李维京,等,2014. 提高月预报业务水平的动力相似集合方法[J]. 气象学报,72(4):723-730.
- 任芝花,余予,邹凤玲,等,2012. 部分地面要素历史基础气象资料质量检测[J]. 应用气象学报,23(6):739-747.
- 邵颢,周兵,2016. 2015/2016 年超强厄尔尼诺事件气候监测及诊断分析[J]. 气象,42(5):540-547.
- 王会军,陈丽娟,李维京,等,2007. 中国区域月平均温度和降水的模式可预报性分析[J]. 气象学报,65(5):725-732.
- 王绍武,2012. 月平均大气环流与短期气候预测[J]. 气象科技进展,2(3):25-26.
- 袁媛,高辉,李维京,等,2017. 2016 年和 1998 年汛期降水特征及物理机制对比分析[J]. 气象学报,75(1):19-38.
- 袁媛,高辉,贾小龙,等,2016. 2014—2016 年超强厄尔尼诺事件的气候影响[J]. 气象,42(5):532-539.
- 翟盘茂,余荣,郭艳君,等,2016. 2015/2016 年强厄尔尼诺过程及其对全球和中国气候的主要影响[J]. 气象学报,74(3):309-321.
- 张夏琨,牛若芸,卢晶,2017. 2016 年 10 月大气环流和天气分析[J]. 气象,43(1):122-128.
- 郑志海,2013. 月动力延伸预报研究进展回顾[J]. 气象科技进展,3(1):25-30.
- 竺夏英,宋文玲,2017. 2016 年秋季中国气候特征及其可能成因[J]. 气象,43(4):495-500.
- Déqué M., Royer J F., 1992. The skill of extended-range extratropical winter dynamical forecasts[J]. J Climate,5(11):1346-1356.
- Jung T., Vitart F., Ferranti L., et al., 2011. Origin and predictability of

- the extreme negative NAO winter of 2009/10[J]. *Geophys Res Lett*, 38(7):L07701. DOI:10.1029/2011GL046786.
- Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al, 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project[J]. *Bull Am Meteor Soc*, 77(3):437-472.
- Kistler R, Kalnay E, Collins W, et al, 2001. The NCEP-NCAR 50-year reanalysis: monthly means CD-ROM and documentation [J]. *Bull Am Meteor Soc*, 82(2):247-268.
- Miyakoda K, Gordon T, Caverly R, et al, 1983. Simulation of a blocking event in January 1977[J]. *Mon Wea Rev*, 111(4):846-869.
- Miyakoda K, Sirutis J, Ploshay J, 1986. One-month forecast experiments-without anomaly boundary forcings[J]. *Mon Wea Rev*, 114(12):2363-2401.
- Molteni F, Cubasch U, Tibaldi S, 1986. 30- and 60-day forecast experiments with the ECMWF spectral models [C] // ECMWF Workshop on Predictability in the Medium and Extended Range. UK:ECMWF, Shinfield Park.
- Owen J A, Palmer T N, 1987. The impact of El Niño on an ensemble of extended-range forecasts[J]. *Mon Wea Rev*, 115(9):2103-2117.
- Reynolds R W, Rayner N A, Smith T M, et al, 2002. An improved in situ and satellite SST analysis for climate[J]. *J Climate*, 15(13):1609-1625.
- Saji N H, Goswami B N, Vinayachandran P N, et al, 1999. A dipole mode in the tropical Indian Ocean[J]. *Nature*, 401(6751):360-363.
- Shukla J, Anderson J, Baumhefner D, et al, 2000. Dynamical seasonal prediction[J]. *Bull Am Meteor Soc*, 81(11):2593-2606.
- Tracton M S, Mo K, Chen W, et al, 1989. Dynamical extended range forecasting (DERF) at the National Meteorological Center[J]. *Mon Wea Rev*, 117(7):1604-1635.
- Xie Shangping, Hu Kaiming, Hafner J, et al, 2009. Indian ocean capacitor effect on Indo-Western Pacific climate during the summer following El Niño[J]. *J Climate*, 22(3):730-747.
- Xie Shangping, Kosaka Y, Du Yan, et al, 2016. Indo-Western pacific ocean capacitor and coherent climate anomalies in Post-ENSO summer: a review[J]. *Adv Atmos Sci*, 33(4):411-432.