

高辉,袁媛,洪洁莉,等,2017. 2016 年汛期气候预测效果评述及主要先兆信号与应用[J]. 气象,43(4):486-494.

2016 年汛期气候预测效果评述及 主要先兆信号与应用^{*}

高 辉 袁 媛 洪洁莉 王东阡

国家气候中心,北京 100081

提 要: 2016 年汛期预测较好把握了“全国气候年景状况总体差,降水偏多,涝重于旱,洪涝灾害比 1983 年重,但比 1998 年轻”的总趋势,准确预测了长江流域降水异常偏多和严重的汛情,对 2016 年东部地区季节内雨季进程“华南前汛期开始早,南海夏季风 5 月第 5 候爆发,长江中下游入、出梅晚且雨量明显多,及华北雨季开始晚、雨量接近常年到略偏多”的预测与实况也一致。对台风强度强,活跃程度前弱后强的预测与实况基本吻合,对夏季全国大部气温正常到偏高,尤其是我国西北大部气温异常偏高及盛夏江南华南阶段性高温热浪的预测也接近实况。但对我国北方地区降水的预测存在较大偏差,未能正确预测华北降水异常偏多和 7—8 月东北地区明显少雨。2016 年汛期预测中重点考虑了冬季超强 El Niño 事件及其衰减后热带印度洋海温接力作用对夏季风环流的影响,认为夏季尤其是夏季前期西太平洋副热带高压强度异常偏强,位置明显偏西,东亚副热带夏季风强度弱,这些都直接造成长江中下游地区降水明显偏多。

关键词: 夏季降水, El Niño, 热带印度洋海温全区一致模, 东亚夏季风

中图分类号: P461

文献标志码: A

DOI: 10. 7519/j. issn. 1000-0526. 2017. 04. 011

Overview of Climate Prediction of the Summer 2016 and the Precursory Signals

GAO Hui YUAN Yuan HONG Jieli WANG Dongqian

National Climate Centre, Beijing 100081

Abstract: In summer 2016, climatic condition in China was worse than normal. The average precipitation all over China was more than normal and floods were more severe than droughts. The disasters caused by floods in 2016 were much heavier than the flood disasters in 1983, but weaker than those in 1998. Extreme heavy rainfall occurred along the Yangtze River valley, leading to severe flood disasters. The pre-flood season in South China began earlier. The South China Sea summer monsoon started in the 5th pentad of May. Both the beginning and the ending dates of the Chinese Meiyu in the Yangtze River were later than normal, but its intensity was much stronger than normal. The rainy season in North China ended also later and the rainfall during the period was slightly more than normal with a positive percentage of 20%. All these features were forecasted well in the climate prediction issued in March 2016. The forecasts captured the facts that the mean intensity of all the typhoons during the year was stronger and they became more active after July. The forecasts also provided a correct prediction that it was warmer in most regions of China in summer 2016, especially in the northwestern China. The heat waves that occurred in late July in southern China were also predicted well. However, obvious errors appeared in the precipitation forecasts for northern

* 国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2013CB430203)和中国气象局气象部门青年英才项目共同资助

2017 年 2 月 14 日收稿; 2017 年 3 月 7 日收修定稿

第一作者:高辉,主要从事短期气候预测研究. Email:gaohui@cma.gov.cn

通信作者:袁媛,主要从事短期气候预测研究. Email:yuan@cma.gov.cn

China, especially the extreme flood in North China in July and the droughts in Northeast China in July and August. In making the forecasts, the potential influences of the super El Niño event and the possible roles of the tropical Indian Ocean were considered in great detail. Influenced by the tropical sea surface temperature anomaly, the western Pacific subtropical high was thought to be stronger than normal and extend more westward, and the East Asian summer monsoon would be weaker than normal. These prediction results were consistent with the observations, revealing the main causes for the floods along the Yangtze River.

Key words: summer precipitation, El Niño, Indian Ocean basin-wide warming (IOBW), East Asian summer monsoon

引 言

短期气候预测又曾被称为长期天气预报,主要指月、季、年时间尺度的预测。短期气候预测为全球防灾减灾发挥了极为重要的作用,亦是全球气候研究计划(World Climate Research Programme, WCRP)的核心科学目标之一。我国是世界上开展气候预测业务和研究工作最早的国家之一(陈兴芳和赵振国,2000)。早在1934年,竺可桢先生就阐述了东南亚季风环流特征及与中国降水的关系(竺可桢,1934)。涂长望(1937)研究了中国降水和大气振荡之间的关系,并通过大气振荡尤其是南半球涛动的前期信号预测中国夏季降水,这是对季节气候预测的首次尝试(王会军等,2012)。涂长望和黄土松(1944)进一步揭示了中国季风的季节性移动特征——春季至夏季从中国南部向北移,夏末到秋季向南回撤。我国自1954年开始正式发布短期气候预测产品(陈兴芳和赵振国,2000)。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),实现了从经验统计分析到物理统计分析直至现阶段动力统计相结合的预测技术手段,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(贾小龙等,2013)。

我国位于亚澳季风区,青藏高原热动力效应和印度洋、太平洋等海温的共同作用,以及亚洲季风的影响使我国成为全球旱涝灾害最频发的国家之一,也是气候预测难度最大的国家之一。气候系统具有多圈层相互作用的复杂性,使我们对气候异常的物理过程及其机理的认识仍不够全面、深入,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,极端天气气候事件的频

发更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;梁潇云等,2012;陈丽娟等,2013;2016;柯宗建等,2014;孙林海等,2015),以求增强对我国气候异常机理的认识,从而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2016年汛期降水、汛期气温、年热带气旋和季节内重要气候事件的预测效果,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,最后就今后需要深入研究的问题进行初步讨论。

1 资 料

文中所用逐日降水资料取自中国气象局国家气象信息中心发布的《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),时段为1951—2016年。该数据集集中解决基础气象资料质量和国家级-省级存档资料不一致的问题,数据质量和空间分辨率(测站数)比之前观测降水资料均有明显提高,已在业务和科研中得到广泛应用。大气环流资料为NCEP/NCAR逐日再分析资料集中的各层位势高度场、水平风场和水汽场。资料水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ (Kalnay et al,1996;Kistler et al,2001)。海温资料为美国NOAA提供的线性最优插值全球海温数据(OISST-v2),网格点分辨率是 $1^{\circ} \times 1^{\circ}$ (Reynolds et al,2002)。如无特殊说明,本文中冬季指当年12月至次年2月平均,春季为3—5月平均,夏季为6—8月平均,秋季为9—11月平均。

文中所用东亚副热带夏季风强度指数、西太平洋副热带高压(以下简称副高)强度和脊线指数、关

键海区海温指数均由国家气候中心监测并提供。东亚副热带夏季风强度指数采用张庆云等(2003)定义,即将东亚热带季风槽区($10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 、 $100^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$)与东亚副热带地区($25^{\circ}\sim 35^{\circ}\text{N}$ 、 $100^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$)平均的 850 hPa 纬向风距平差作为季风指数。副高强度采用刘芸芸等(2012)定义,取 10°N 以北、 $110^{\circ}\text{E}\sim 180^{\circ}$ 范围内 500 hPa 层 588 dagpm 特征等值线范围内所围格点高度值减去 587 dagpm 差值的总和。脊线位置定义为 10°N 以北、 $110^{\circ}\sim 150^{\circ}\text{E}$ 范围内,588 dagpm 等值线所包围的副高体内纬向风 u 为 0,且 $\partial u/\partial y > 0$ 的特征线所在纬度位置的平均。热带印度洋海温全区一致模态指数(Indian Ocean basin-wide warming, IOBW)定义为热带印度洋($20^{\circ}\text{S}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 、 $40^{\circ}\sim 110^{\circ}\text{E}$)区域格点平均海温距平。Niño3.4 指数定义为 Niño3.4 区($5^{\circ}\text{S}\sim 5^{\circ}\text{N}$ 、 $170^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{W}$)区域平均海温距平。

2 2016 年夏季气候预测评估

2.1 降水

图 1 给出了 2016 年汛期(6—8 月)降水量距平百分率实况及 3 和 5 月发布预报对比图。可以看出,汛期预测较好把握了“全国气候年景状况总体差,降水偏多,涝重于旱,洪涝灾害比 1983 年重,但比 1998 年轻”的总趋势[和 1998 年的对比分析见袁媛等(2017a)],尤其是准确预测了长江流域降水异常偏多和由此造成的严重汛情,对新疆大部降水偏多、西北地区东南部和华南南部沿海少雨的预测也与实况一致(袁媛等,2017b)。但对北方降水的极端性预测不足,尤其是对华北和西北地区北部异常多雨和东北西部少雨的预测与实况有很大偏差。

近几年来,中国气象局加强和中华人民共和国水利部联合会商,并针对主要流域开展预测和服务。预计 2016 年夏季“长江中下游降水较常年同期明显偏多,暴雨过程和日数多,强度强,可能出现严重汛情,但比 1998 年轻,上游接近常年同期”,这和实况一致。但预测“嫩江流域和松花江流域降水偏多,汛情也较重”和实况差异较大。5 月订正预报中,认为“降水多,年景差,涝重于旱”等基本结论不变,但根据中高纬度阻塞活动的可能特征,缩小了内蒙古东部降水偏多的范围,并将多雨区北界向北扩展至华北南部和东北地区东部,这次的订正与实况更为接

近,但仍未能预报出华北降水偏多的特征。

2.2 气温

2016 年 3 月发布预测指出“全国大部地区气温正常到偏高,盛夏江南南部和华南地区北部高温日数偏多”。具体预测为“预计 2016 年夏季,除安徽西南部、河南南部、湖北大部、重庆、四川东部、贵州东北部、湖南北部、江西北部等地气温较常年同期略偏低外,全国其余地区气温接近常年同期到偏高,其中甘肃中部和东部、内蒙古西南部、宁夏、陕西西部、青海东部等地偏高 1°C 以上(图 2a)。盛夏江南南部和华南地区北部高温($\geq 35^{\circ}\text{C}$)日数较常年同期偏多,可能出现高温热浪”。实况是 2016 年夏季除东北地区北部外,全国大部气温偏高明显,尤其是西北地区、西南地区北部等地偏高 1°C 以上(图 2b)。夏季全国平均气温为 1961 年以来同期最高(袁媛等,2017b),7 月 20 日至 8 月 25 日,南方 11 省(区、市)平均高温日数(19 d)亦为 1961 年以来最多(图略)。对比图 2a 和 2b 可以看出,长江中下游地区预报和实况趋势相反,这主要因为 8 月该地区迅速转为高温少雨天气。

2.3 热带气旋

2016 年 3 月预计“全年在西北太平洋和南海海域生成的台风个数为 20~23 个,较常年(26 个)偏少,登陆我国的台风个数为 5~6 个,较常年(7 个)偏少,但登陆台风的平均强度较常年偏强;初次登陆我国的时间接近常年(平均 6 月 28 日)或偏晚。台风活跃季节(5—10 月)前期台风生成少,后期相对多。台风路径以西行为主,对东南和华南沿海影响较大,登陆或者明显影响杭州湾以北地区的台风较常年偏少”。实况是全年南海和西太平洋共有 26 个台风生成,其中有 8 个登陆我国。预报的频数明显少于实况,这主要是预测时更多考虑了超强 El Niño 事件对台风生成的不利影响,但在 7 月下旬开始, MJO 活动明显异常,尤其是 8 月 MJO 东传至西太平洋(6—7 位相),并且一直持续在 6—7 位相超过 20 d(袁媛等,2017a;2017b)。这和“前期台风生成少,后期相对多”的趋势预测基本吻合。登陆我国的 8 个台风中有 6 个登陆强度达到或超过强台风级别。1 号台风尼伯特生成和登陆时间均为 1949 年以来第二晚,且是 1949 年以来登陆我国的最强初台,造成 105 人死亡失踪,87.4 万人受灾,直接经济损失 124.6 亿元。

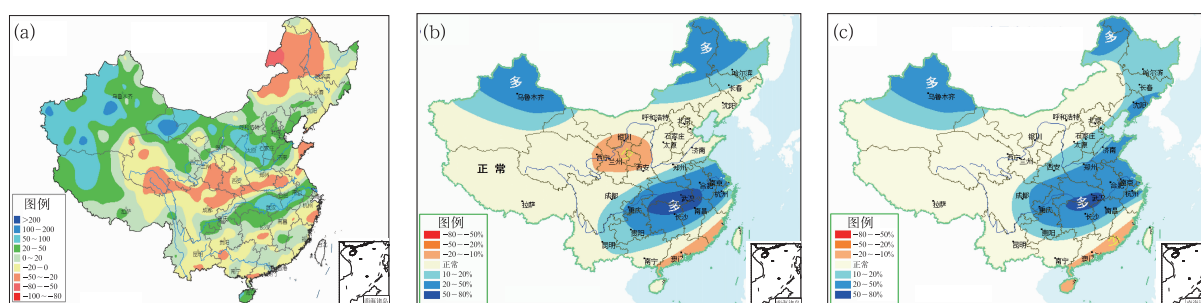


图 1 2016 年汛期(6—8 月)降水量距平百分率实况(a)及 3 月(b)和 5 月(c)发布预报图(单位: %)

Fig. 1 Precipitation anomaly percentages in June—July—August 2016 (unit: %)

(a) observation, (b) seasonal forecast issued in March 2016, (c) seasonal forecast issued in May 2016

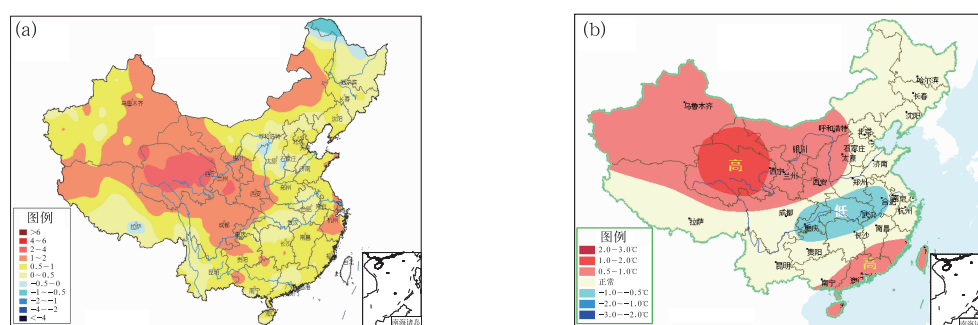


图 2 2016 年汛期(6—8 月)气温距平实况(a)和 3 月发布预报图(b)

Fig. 2 Air temperature anomaly in June—July—August 2016

(a) observation, (b) seasonal forecast issued in March 2016

2.4 东部雨季季节进程预测

我国东部地区具有典型的季风气候特点,每年雨带自南向北推进。因此汛期雨带季节进程的预测是汛期预测和服务的重点内容之一。近年来国家气候中心加强了对汛期内主要气候事件的预测。2016 年对季节内雨季进程的预测总体成功。在预测华南前汛期开始时间时,基于美国 CFS 模式和欧洲中心 ECMWF 延伸期时段前期预测效果较好这一特点,综合分析华南地区降水过程及可能强度,认为后期的过程可以达到华南前汛期开始标准,由此认为前汛期开始时间偏早,这与实况“偏早 16 d”一致;预测南海夏季风于 5 月 21—23 日爆发,与实况“5 月第 5 候爆发”一致;对梅雨的预测基于动力统计相结合的思路。3 月基于前期外强迫信号异常(如 El Niño)定性预测梅雨开始晚强度强,6 月开始基于模式延伸期预报开展逐日定性分析,预测长江中下游于 6 月中旬后期入梅,接近常年略偏晚,出梅偏晚,梅雨量明显偏多,与实况“6 月 19 日入梅、7 月 21 日出梅、雨量偏多 108%”一致;预测华北雨季开始偏晚,

雨量接近常年到略偏多,与实况“偏晚 1 d、雨量偏多 20%”基本一致。

2.5 汛期内主要气象及衍生灾害预测

目前国家气候中心除发布传统的气温、降水和台风等要素的趋势预测外,还基于预测结果开展气象灾害展望和防御建议,提供针对性的灾害预测结果,以便更好地为国家的防灾减灾服务。考虑到台风和高温前文已有提及,下面重点以 3 月发布暴雨洪涝、城市内涝和山洪地质灾害、强对流天气预测为例简述对主要气象灾害的预测和服务效果:

(1) 暴雨洪涝。在 3 月发布的预测中明确指出,“夏季江南北部、江淮、江汉、东北地区北部和内蒙古东北部要做好防御洪涝灾害的准备,尤其是长江中下游、嫩江、松花江流域应做好防范严重汛情的准备”。实况是 2016 年暴雨灾害呈现出暴雨过程多、极端性强和雨量大的特点。2016 年暴雨日数为 1961 年以来最多。6 月 30 日至 7 月 6 日长江中下游出现 2016 年持续时间最长和最强的暴雨过程,持续强降水导致长江中下游和太湖流域全线超警,部

分地区发生了严重洪涝灾害。7月18—20日华北地区出现2016年北方地区最强暴雨过程,亦造成严重人员伤亡和巨大经济损失。

(2) 城市内涝和山洪地质灾害。预报指出“长江流域和东北地区需做好城市内涝的防范工作。西南地区降水接近常年到偏多,要加强对滑坡、泥石流等山洪地质灾害的防御”。实况是2016年全国26个省(区、市)出现城市内涝,南京、武汉、石家庄、北京等18个省会城市和直辖市出现不同程度的内涝。13省(区、市)出现山洪和滑坡泥石流等次生灾害,其中6月30日贵州大方局地暴雨引发山体滑坡造成22人死亡。

(3) 强对流。3月预测“汛期短时强降水、雷雨大风、龙卷风、冰雹等强对流天气发生频繁”。统计结果为,2016年3—8月,全国共发生46次大范围强对流天气过程,为2010年以来同期最多;大冰雹(直径20 mm以上)发生次数为2011年以来最多;雷暴大风频次明显偏多,10级以上大风站日数超过2012—2015年总和。其中6月23日江苏盐城龙卷风、冰雹灾害造成99人死亡。

3 2016年汛期预测先兆信号及应用

2014—2016年,赤道中东太平洋发生了一次超强El Niño事件,并于2015年11月达到峰值,峰值强度超过了前两次超强事件(1982—1983年和1997—1998年),成为1951年以来最强也是持续时间最长的El Niño事件(邵懿和周兵,2016;袁媛等,2016)。而通过“大气桥”(Klein et al,1999;Lau and Nath,2000)或印度洋尼西亚贯穿流(Meyers,1996)等机制,这次超强El Niño事件也造成2015/2016年冬季及之后的春、夏季热带印度洋海温异常偏暖,其对夏季热带和副热带环流异常起着重要的“接力”作用(袁媛等,2017a;2017b)。2016年汛期预报始于3月中旬,预报中重点考虑了夏季降水和影响因子间的多时间尺度特征及两者的可能联系,从年代际、年际、次季节尺度等多方面进行诊断分析,并通过模式性能检验信息确定对模式信息的取舍,最终确定2016年需要重点考虑的预测因子和气候趋势预测意见。受篇幅限制,本文主要回顾汛期降水预测主要参考的海洋信号。

3.1 PDO年代际尺度信号

我国汛期主雨带有明显的年代际变化特征(陈丽娟等,2013),这和北太平洋年代际涛动(Pacific Decadal Oscillation, PDO)的正负位相有密切的联系。研究表明,不同阶段ENSO事件对中国夏季气候异常的影响明显受到PDO的调制(朱益民和杨修群,2003)。在PDO暖位相期(即北太平洋中纬度偏冷、热带中东太平洋偏暖),夏季海平面气压在北太平洋的负异常较弱,而在东亚大陆的正异常较强,东亚夏季风偏弱,副高偏南,热带太平洋信风减弱,赤道西风增强,此时华北地区降水异常偏少,而长江中下游、华南南部、东北和西北地区降水异常偏多。监测显示(图3),2014年9月以来PDO指数稳定维持正位相且有进一步增强的趋势。根据PDO信号,汛期预测认为东亚夏季风偏弱,主要多雨带在长江中下游地区,而华北地区降水偏少。

3.2 超强El Niño事件的影响

作为亚洲气候变化最主要的影响系统,ENSO的异常及其与东亚夏季风的相互作用将直接导致我国夏季旱涝灾害的形成。Huang and Wu(1989)、黄荣辉(2001)的研究指出,ENSO循环的不同阶段对东亚夏季风和我国夏季洪涝有不同影响。当El Niño事件处于衰减阶段时,中国江淮流域夏季风降水偏少,而鄱阳湖、洞庭湖流域,以及东北松花江、嫩江流域夏季风降水偏多,并会发生严重洪涝。同样,La Niña事件的不同阶段,我国降水距平分布也不一样。金祖辉和陶诗言(1999)及倪东鸿等(2000)的研究结果与之类似。龚道溢和王绍武(1998;1999)用更长时间的资料进行了分析,也得出El Niño年我国东部北方地区夏季降水偏少的结论。

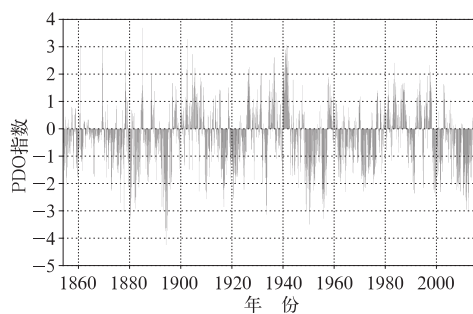


图3 1854—2016年逐月PDO指数演变

Fig. 3 Monthly PDO indices during 1854—2016

2014—2016 年,赤道中东太平洋发生了 1951 年以来最强的 El Niño 事件。在这次事件的发展过程中,2015 年冬季和 2016 年春季热带太平洋至东亚副热带地区的大气环流表现出了显著的响应特征(袁媛等,2016):赤道中东太平洋对流活动加强,异常上升运动发展,而赤道西太平洋对流活动受抑制,异常下沉运动控制;菲律宾附近异常反气旋生成并发展加强,副高强度偏强、西伸脊点异常偏西,尤其 2015 年冬季副高强度为 1980 年以来最强。与此同时,我国气候尤其是降水对这次事件也有明显响应,例如 2015 年秋、冬季,我国长江以南大部降水偏多,其中冬季华南地区降水量达历史第一。虽然国家气候中心预测该次超强 El Niño 事件将在 2016 年春末结束并在夏季发生位相转变,但它对夏季气候异常的影响主要体现为超前作用。从东亚副热带夏季风强度指数与前冬、春季及夏季全球海温相关图(图 4)可以看出,在冬季整个赤道中东太平洋地区均为显著的负相关区,东部秘鲁沿岸附近的相关值低于 -0.42 ,通过 0.01 显著性水平检验。春季相关图上,东太平洋地区的显著负相关已有明显减弱,近秘鲁沿岸地区可通过 0.05 显著性水平检验。夏季的同期相关场上,东太平洋地区已转为正相关区。这说明,El Niño 对夏季风的影响有半年左右的超前作用。El Niño 背景下,东亚夏季风总体偏弱。

由于夏季风偏弱,导致 El Niño 年夏季主要多雨区易出现在江淮和长江流域,但强 El Niño 事件下多雨区更易出现在长江流域。图 5 给出了 1981 年之后所有 El Niño 及中等以上 El Niño 事件次年

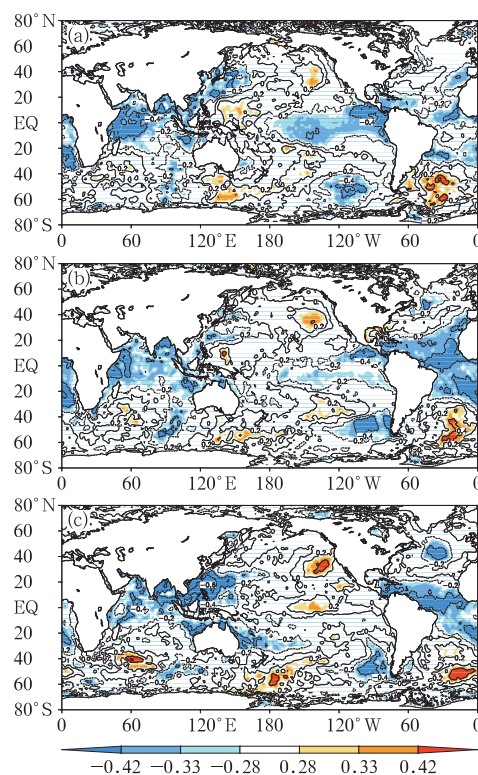


图 4 东亚副热带夏季风强度指数与前冬(a)、春季(b)及夏季(c)全球海温相关(图中 ± 0.42 , ± 0.33 和 ± 0.28 分别对应通过 0.01 , 0.05 和 0.10 显著性水平检验)

Fig. 4 Correlation coefficients between the East Asian summer monsoon index and the SSTs in previous December—January—February (a), March—April—May (b) and June—July—August (c)

(The values of ± 0.42 , ± 0.33 and ± 0.28 respectively correspond to pass the 0.01 , 0.05 and 0.10 significance levels)

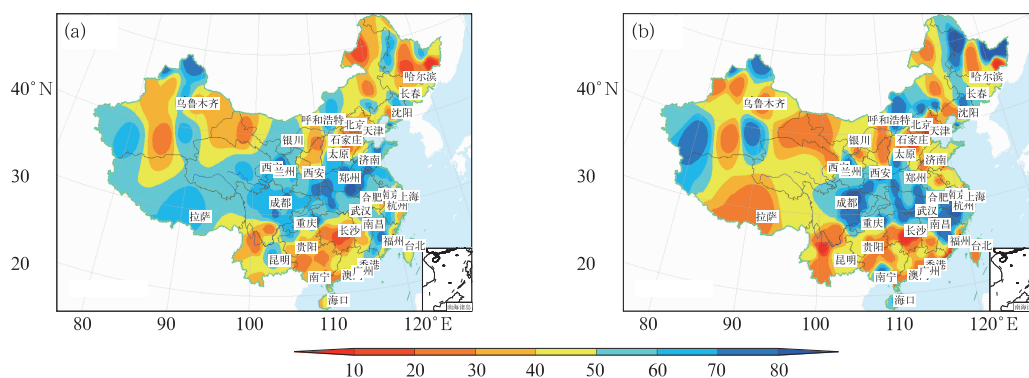


图 5 1981 年之后所有 El Niño(a)及中等以上 El Niño 事件(b)次年夏季降水正距平频次合成(单位: %)

Fig. 5 Percentages of positive anomalies of precipitation in the decaying summer of all El Niño events (a) and of moderate and strong El Niño events (b) (unit: %)

夏季降水正距平频次合成的结果,可以看出中等以上 El Niño 次年夏季长江中下游多雨的信号更为清晰。已有的研究发现,中等和弱的 El Niño 易受其他因子调制(薛峰和刘长征,2007;刘长征和薛峰,2010a;2010b)。但强 El Niño 事件对东亚夏季风环流和夏季旱涝的影响在短期气候预测中不容忽视(赵振国,1999;陈兴芳和赵振国,2000)。图 5 的差异也很好说明了这一特点。

3.3 热带印度洋海温的“接力”作用

这次超强 El Niño 事件造成 2015/2016 年冬季及之后的春、夏季热带印度洋海温异常偏暖,尤其是冬季和春季海温距平指数均为 1951 年以来最高值,从而起到了热带海温影响东亚夏季风的“接力”作用(袁媛等,2016;2017a;2017b)。在异常偏暖的热带印度洋暖海温进一步作用下,夏季副高偏强,脊线位置偏南、偏西。从图 4 亦可以看出,东亚夏季风指数与前冬、春、夏三季的印度洋海温均为显著负相关。图 6 给出了 2016 年 1—8 月逐月 IOBW 和 Niño3.4 区海温指数分别与夏季副高强度指数和脊线位置的相关系数。可以看出, Niño3.4 区海温无论与副高强度还是副高位置的相关均在 5 月出现了明显的衰减,这说明 ENSO 事件对夏季风环流的影响主要体现在前冬和春季。和 ENSO 不同, IOBW 与副高指数的相关系数在每个月都维持较高值,尤其是从 5 月开始,相关性显著大于 Niño3.4 海温指数与副高的相关值。这也进一步表明,在春季后期及夏季,当赤道中东太平洋暖海温开始衰减时,印度洋海温的持续偏暖是维持西太平洋副高继续偏强、偏西的重

要因素。

基于偏相关系数进一步计算了排除 El Niño 作用下印度洋暖海温对夏季热带和副热带大气环流的影响(图略),同样可以发现在西太平洋暖池上空为异常显著的正相关中心,对应于 850 hPa 为异常反气旋环流,这也表明 6—7 月副高偏强、东亚夏季风偏弱主要是受到赤道印度洋异常暖海温的影响。

然而,在 2016 年春末夏初,热带印度洋全区一致暖海温快速衰减,并迅速转为历史上同期最强的偶极子负位相,导致 8 月 MJO 持续东传并长时间维持在西太平洋地区。受其影响,热带气旋活动由前期不活跃转为异常活跃,西北太平洋对流层低层由前期异常反气旋环流控制转为异常气旋性环流,副高发生断裂,东亚夏季风也由前期异常偏弱转为偏强。因此,2016 年 8 月东亚夏季风环流发生了非常显著的季节内转变,导致 8 月我国东部大部地区水汽输送条件转差,长江中下游也由前期暴雨洪涝转为高温少雨,这部分工作已另文发表(袁媛等,2017a)。

4 结论和讨论

研究分析可知,2016 年汛期预测较好把握了“全国气候年景状况总体差,降水偏多,涝重于旱,洪涝灾害比 1983 年重,但比 1998 年轻”的总趋势,准确预测了长江流域降水异常偏多和严重的汛情,新疆大部降水偏多、西北地区东南部和华南南部沿海少雨的预测也与实况一致。但对北方降水极端性预测不足,尤其是对华北和西北地区北部异常多雨以

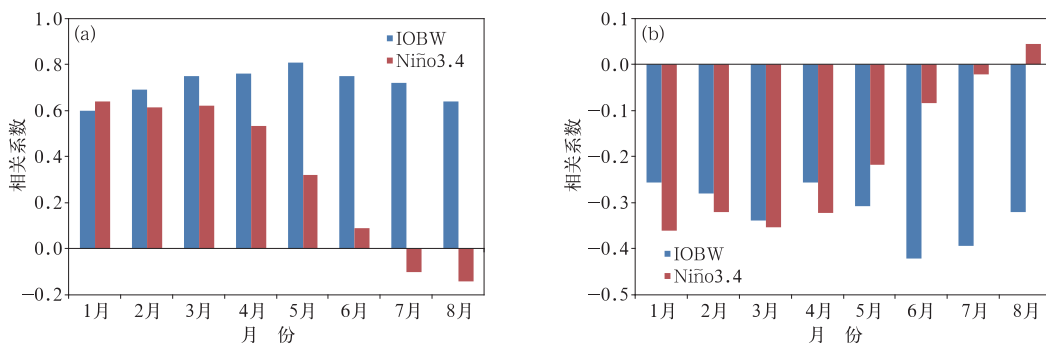


图 6 2016 年 1—8 月逐月 IOBW 和 Niño3.4 区海温指数分别与夏季副高强度指数(a)和脊线位置(b)的相关系数

Fig. 6 Correlation coefficients between the monthly IOBW index (blue) and Niño3.4 index (red) with the intensity (a) and the position of the high ridge (b) of the western Pacific subtropical high from January to August 2016

及东北西部少雨的预测与实况有很大偏差。对2016年季节内雨季进程的预测较好,如预测华南前汛期开始时间偏早,南海夏季风5月第5候爆发,长江中下游6月中旬后期入梅,接近常年略偏晚,出梅偏晚,梅雨量明显偏多以及华北雨季开始偏晚、雨量接近常年到略偏多均与实况一致。2016年虽然对台风生成和登陆频数的预测和实况不符,但对登陆台风强度和台风季节内活动特征,即“台风强度强,活跃程度前弱后强”的预测与实况吻合,起到了很好的服务效果。对夏季全国大部气温正常到偏高的总体趋势预测也与实况一致,尤其是我国西北大部气温异常偏高的预测及盛夏江南和华南可能出现阶段性高温热浪的预测均与实况一致。基于要素预报,2016年还特别针对暴雨洪涝、城市内涝和山洪地质灾害、强对流天气的高发区做了展望,起到了很好的预测服务效果。

2016年汛期预测中,除参考国内外模式及客观化预测结果外,重点考虑了超强 El Niño 事件对夏季风环流的可能影响,以及在春季 El Niño 事件衰减后,热带印度洋海温的接力作用。正是在这两个因子的共同作用下,夏季尤其是6—7月,副高强度异常偏强,位置明显偏西,东亚副热带夏季风强度弱,这些都造成长江中下游地区降水明显偏多。此外,2014年9月以来PDO指数稳定维持正位相也是预测的考虑因子之一。基于PDO正位相,同样预测东亚夏季风偏弱,主要多雨带在长江中下游地区。

2016年汛期对我国北方降水的预测存在较大偏差,未能正确预测华北降水异常偏多。同时,对内蒙古东北部至东北地区西部的少雨趋势也未能把握。我们基于北大西洋海温三极子模态的位相和东亚-太平洋遥相关波列较好预测了乌拉尔山阻塞高压不活跃、鄂霍次克海阻塞高压偏强的总趋势。但是,一方面,2016年汛期华北多雨主要受7月18—21日极端强降水过程的影响,该次过程由黄淮气旋活动引起,属天气系统导致。这类天气尺度极端降水及其影响因子的识别对气候预测来说有极大的困难。另一方面,3月预测中由于预报超前时效较长,更多是参考历史上其他超强 El Niño 事件的影响特征,导致未能把握北方降水的分布异常。

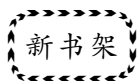
我国汛期气候受到多时间尺度和多因子的共同影响,具有较大的变率和不确定性。本文只是从预测业务的角度介绍了汛期预测的成功与不足以及汛期预测重点参考的热带海温和PDO信号。但在实

际预测中参考的信息远非如此,例如在2016年汛期会商中,我们增加了该年汛期降水和1998年洪涝的总体特征和季节内详细过程的差异对比分析,尤其是长江流域汛期内暴雨过程日数和强度在这两年的差异,并由此开展2016年预测,这部分工作已经另文发表。华北地区极端降水对气候趋势可预测性的影响等也将另文发表。

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对中国气候的影响[J]. 气象,36(4):101-105.
- 陈丽娟,高辉,龚振淞,等,2013. 2012年汛期气候预测的先兆信号和应用[J]. 气象,39(9):1103-1110.
- 陈丽娟,顾薇,丁婷,等,2016. 2015年汛期气候预测先兆信号的综合分析[J]. 气象,42(4):496-506.
- 陈兴芳,赵振国,2000. 中国汛期降水预测研究及应用[M]. 北京:气象出版社.
- 龚道溢,王绍武,1998. ENSO对中国四季降水的影响[J]. 自然灾害学报,7(4):44-52.
- 龚道溢,王绍武,1999. 近百年 ENSO 对全球陆地及中国降水的影响[J]. 科学通报,44(3):315-320.
- 黄荣辉,2001. 关于我国重大气候灾害的形成机理和预测理论进展[J]. 中国基础科学,8(1):4-8.
- 贾小龙,陈丽娟,高辉,2013. 我国短期气候预测技术进展[J]. 应用气象学报,24(6):641-655.
- 贾小龙,陈丽娟,龚振淞,等,2011. 2010年海洋和大气环流异常及对对中国气候的影响[J]. 气象,37(4):446-453.
- 金祖辉,陶诗言,1999. ENSO循环与中国东部地区夏季和冬季降水关系的研究[J]. 大气科学,23(6):663-672.
- 柯兴建,王永光,龚振淞,2014. 2013年汛期气候预测的先兆信号及其应用[J]. 气象,40(4):502-509.
- 李维京,2012. 现代气候业务[M]. 北京:气象出版社.
- 梁潇云,龚振淞,王永光,2012. 2011年汛期预测回顾[J]. 气象,38(9):1150-1154.
- 刘长征,薛峰,2010a. 不同强度 El Niño 的衰减过程. I, 强 El Niño 的衰减过程[J]. 地球物理学报,53(1):39-48.
- 刘长征,薛峰,2010b. 不同强度 El Niño 的衰减过程. II, 中等和较弱 El Niño 衰减过程[J]. 地球物理学报,53(11):2564-2573.
- 刘芸芸,李维京,艾婉秀,等,2012. 月尺度西太平洋副热带高压指数的重建与应用[J]. 应用气象学报,23(4):414-423.
- 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[J]. 南京气象学院学报,23(1):48-54.
- 任芝花,余予,邹凤玲,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.
- 邵懿,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.
- 孙林海,宋文玲,龚振淞,2015. 2014年汛期气候预测先兆信号应用及其复杂性初探[J]. 气象,41(5):639-648.
- 涂长望,1937. 中国天气与世界大气的浪动及其长期预告中国夏季旱

- 涝的应用[J]. 气象杂志, 13(11):647-697.
- 涂长望, 黄土松, 1944. 中国夏季风之进退[J]. 气象学报, 18(1):1-20.
- 王会军, 范可, 郎咸梅, 等, 2012. 我国短期气候预测的新理论、新方法和新技术[M]. 北京: 气象出版社.
- 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[J]. 科学通报, 52(23):2798-2805.
- 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.
- 袁媛, 高辉, 李维京, 等, 2017a. 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. DOI: 10.11676/qjxb2017.019.
- 袁媛, 高辉, 柳艳菊, 2017b. 2016 年夏季我国东部降水异常特征及成因简析[J]. 气象, 43(1):115-121.
- 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[J]. 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[J]. 气象学报, 61(5):559-568.
- 赵振国, 1999. 中国夏季旱涝及环境场[M]. 北京: 气象出版社.
- 竺可桢, 1934. 东南季风与中国之雨量[J]. 地理学报, 1(1):1-27.
- 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[J]. 气象学报, 61(6):641-654.
- Huang R H, Wu Y F, 1989. The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanism[J]. Adv Atmos Sci, 6(1):21-30.
- Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al, 1996. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project[J]. Bull Amer Meteor Soc, 77(3):437-471.
- Kistler R, Collins W, Saha S, et al, 2001. The NCEP-NCAR 50-year reanalysis; monthly means CD-ROM and documentation [J]. Bull Amer Meteor Soc, 82(2):247-268.
- Klein S A, Soden B J, Lau N C, 1999. Remote sea surface temperature variations during ENSO: evidence for a tropical atmospheric bridge[J]. J Climate, 12(4):917-932.
- Lau N C, Nath M J, 2000. Impact of ENSO on the variability of the Asian—Australian monsoons as simulated in GCM experiments [J]. J Climate, 13(24):4287-4309.
- Meyers G, 1996. Variation of Indonesian throughflow and the El Niño/Southern Oscillation [J]. J Geophys Res, 101(C5):12255-12263.
- 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.



《高山气象站资料代表性及应用价值研究》

叶成志 等著

该书是基于编者的有关研究工作和国内外相关研究进展综合而成, 目的在于介绍我国高山观测站气象资料在暴雨预报业务中的应用情况, 揭示全球变暖大背景下高山气候多时空尺度演变特点, 探讨其资料代表性以及对降水的指示作用, 从而帮助人们深入了解高山站气象资料特点和应用价值。该书作为国内首部高山站气象资料应用价值研究方面的专著, 不仅可作为广大气象业务和服务人员用书, 而且对于从事大气科学研究和教学的人员也有重要的参考价值, 也可供相关政府部门在防灾减灾决策与指挥工作中参考。

16 开 定价:120.00 元

《青藏高原主要湖泊对气候变化的响应研究》

杜军 编著

该书基于多源卫星遥感资料, 吸收当今国内外学者在青藏高原湖泊变化领域的最新研究成果, 分析了 20 世纪 70 年代以来青藏高原主要湖泊面积及结冰的变化特征, 并利用同期的气象资料(气温、风速、日照、降水、蒸发)揭示了主要湖泊面积和结冰变化的主要驱动因子。本书为政府及有关有关部门提供湖泊变化数据, 为生态环境保护决策提供重要数据支

撑, 进而为青藏高原气候变化评估报告的编制提供基础性研究内容, 可供从事气象、水利、生态保护、资源开发利用等方面的生产、科研及管理的人员参考, 也可供政府部门决策时参阅。

16 开 定价:50.00 元

《中国雷电监测报告(2015 年)》

中国气象局 编

该书对 2015 年国家雷电监测网监测到云地闪的位置和密度进行了时空分析统计。首先, 介绍了 2015 年全国各月雷电活动情况, 统计分析了 2015 年全年雷电(回击)密度、雷暴日、雷电小时数、雷电极性、雷电频数、平均强度和雷电发生规律等各项雷电气候参数。其次, 详细分析了全国各省(区、市)区域的雷电活动特征。最后, 该书总结了 2015 年中国气象局针对其他部门和行业开展的雷电监测公共服务和专项服务工作。该书是一部 2015 年雷电活动的资料和工具书, 可供气象领域的科学研究、教学人员使用, 也可供电力、农业、航天航空、交通、地理等部门进行防灾减灾决策等参考。

16 开 定价:50.00 元