

王永光,郑志海,2018. 2017年汛期气候预测先兆信号的综合分析[J]. 气象, 44(4):565-571.

## 2017年汛期气候预测先兆信号的综合分析<sup>\*</sup>

王永光 郑志海

中国气象局气候研究开放实验室, 国家气候中心, 北京 100081

**提 要:** 2017年夏季(2017年6—8月), 全国平均降水量348.6 mm, 较常年同期(322.6 mm)偏多8.1%, 呈现南、北两条多雨带。东亚夏季风偏弱, 西太平洋副热带高压显著偏强, 脊线位置偏南; 欧亚中高纬呈现“两槽一脊”环流型, 贝加尔湖地区为正距平控制。赤道中东太平洋海温从前冬冷水向春、夏季暖水发展, 20世纪80年代以来容易出现南方多雨的Ⅳ类雨型, 夏季贝加尔湖阻塞高压发展。2017年赤道中东太平洋海温从前冬冷水向春、夏季暖水发展, 春季北大西洋三极子正位相和2016年欧亚积雪从秋到冬的减少, 均有利于夏季贝加尔湖阻塞高压发展, 这是夏季主要多雨带位于长江以南的重要前兆信号。

**关键词:** 夏季降水, 赤道中东太平洋海温, 北大西洋三极子, 欧亚积雪

中图分类号: P461

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2018.04.010

## Precursory Signal Analysis of Summer Rainfall Prediction in China in 2017

WANG Yongguang ZHENG Zhihai

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

**Abstract:** During the summer of 2017 (June to August), the average precipitation over China was 348.6 mm, which is 8.1% more than normal (322.6 mm). Two rainfall bands were observed over eastern China. The East Asian summer monsoon (EASM) was weaker than normal, while the west Pacific subtropical high (WPSH) was significantly stronger than normal with southward ridge position. The “—+—” circulation pattern was located in Eurasian mid-high latitude with positive anomaly over the Lake of Baikal region. The cold SST in the middle-east of equatorial Pacific in the early winter changed to warm phase in the summer of 2017, and the 4th rain pattern, e. g. above normal rainfall in southern China, prevailed, while the blocking high over the Lake of Baikal appeared frequently. The major precursory signals of southward rainband are the weakened cold sea surface temperature (SST) in the middle-east of equator Pacific in early winter 2016, the positive triple SST in the North Atlantic in spring 2017, and the decreased snow cover in Eurasia from autumn to winter in 2016. Their common effects benefit the blocking high formation over the Lake of Baikal.

**Key words:** summer precipitation, SST in the middle-east equator Pacific, triple SST in the North Atlantic, snow cover in Eurasia

<sup>\*</sup> 国家重点研发计划(2017YFA0603701)、中央引导地方科技发展专项(ZY18C12)、国家自然科学基金项目(41475096)、国家科技支撑计划项目(2015BAC03B04)、国家重点基础研究发展计划(973计划)(2015CB453203)和中国气象局核心业务发展专项(CMAHX20160503)共同资助

2018年2月13日收稿; 2018年3月26日收修定稿

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

## 引言

我国中东部地处亚洲季风区,旱涝灾害给我国经济发展造成严重损失(黄荣辉等,2006;中国气象局,2007;封国林等,2013)。在全球增暖的背景下,极端强降水和大范围干旱等气候事件频繁发生。面对严峻的现实,若能对这些旱涝事件提前做出较准确的预测,就可以尽早地采取应对措施,减轻旱涝等气候灾害所带来的损失,尤其是夏季旱涝的预测,对我国的防灾减灾具有重要意义。认识夏季气候的特征(郑志海等,2009;陈丽娟等,2016;柯宗建等,2014;孙林海等,2015;袁媛等,2017),加深对气候异常尤其是旱涝异常的机理认识,对提高汛期预测的准确率,更好地为政府提供决策服务,具有重要意义。

ENSO对中国气候异常的影响一直为中国气象工作者所关注(罗勇等,2017)。施能(1991)认为南方涛动强度与下一年夏季黄河长江中下游降水关系呈北正南负的相关。张志华和黄刚(2008)以正海表温度距平(SSTA)首先出现的区域及其传播特征作为分类的依据,将El Niño事件分成3种类型,认为西部型-发展年,黄河中上游流域降水偏少;在衰减年则相反,黄河中上游流域降水异常偏多;东部型-发展年和衰减年的夏季降水没有明显的反位相关关系,发展年中国主要以少雨为特征,而多雨区主要集中在黄淮流域;驻波型-发展年黄河夏季大部偏少,衰减年北部多。励申申和寿绍文(2000)根据ENSO事件发生时间研究与降水的关系,认为春、夏季开始发展的ENSO事件对应当年夏季江淮流域降水偏少。赖比星(2005)认为El Niño事件的发生,导致黄河流域降水的减少和蒸发的增加,从而造成该流域径流减少。叶笃正和黄荣辉(1990)认为,ENSO处于发展阶段,该年中国江淮流域夏季降水偏多,而黄河流域、华北及江南等地降水偏少,出现干旱。陶亦为等(2011)认为,当冬、春季Niño 3区SST为正常偏暖(正常偏冷)的年份或者略偏暖(略偏冷)的年份,夏季雨带与Niño 3区SST异常对应关系不显著,主要多雨带偏北和偏南的概率相当;当冬、春季Niño 3区SST为强暖事件(强冷事件)时,夏季多雨带一般偏南(偏北)。从前人的研究可以看出,ENSO事件的性质和发展状态与降水的关系非常复杂。

欧亚积雪对中国气候的影响,赵溱(1984)最早分析了1971—1980年欧亚大陆积雪与中国夏季风的关系,指出两者在华北地区存在反相关关系。翟盘茂和周琴芳(1997)的研究指出欧亚大陆冬季积雪与湖南汛期、江苏梅雨和长江中下游地区夏季降水存在反相关关系,但与沿江地区的夏季降水相关并不明显。Yang and Xu(1994)指出欧亚大陆积雪与夏季中国平均降水关系并不密切,但从区域角度讲,欧亚大陆积雪与华北和华南区域降水呈正相关,与西部、华中和东北地区降水呈负相关。穆松宁和周广庆(2012)从土壤温度作为季节桥梁的角度,研究了冬季欧亚大陆北部新增积雪与中国夏季气候的关系。

2017年夏季,全国平均降水量348.6 mm,较常年同期(322.6 mm)偏多8.1%,为1998年(394.7 mm)以来最多。西太平洋副热带高压(以下简称副高)显著偏强,为1951年来仅次于2010年的第二强;东亚夏季风偏弱。2017年夏季主要多雨带位于长江以南的原因是什么?本文将针对以上问题,试图揭示其可能的成因。

## 1 资料

本文所用资料包括中国气象局国家气候中心整理的逐月降水资料,大气环流资料为NCEP/NCAR逐月再分析资料(Kalnay et al,1996),水平分辨率为 $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$ ,积雪资料来源于国家气候中心气候监测业务资料。海温资料为美国NOAA提供的扩展重建的全球海温数据(ERSST V4),分辨率为 $2^{\circ} \times 2^{\circ}$ (Huang et al,2015)。变量的气候平均值为1981—2010年。

## 2 2017年夏季我国气候异常特征

2017年夏季(6—8月),全国平均降水量348.6 mm,较常年同期(322.6 mm)偏多8.1%,为1998年(394.7 mm)以来最多。从空间分布来看,主要呈南、北两条多雨带:江南大部、广西大部、云南东部、贵州东南部、华北西部、西北东北部和甘肃河西、新疆西南部、西藏中西部等地偏多20%~100%,局地偏多100%以上;东北东南部、内蒙古中东部、河南中南部、湖北中部、重庆南部、新疆东部等地偏少20%~50%(图1)。

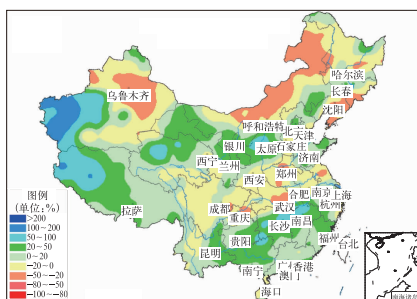


图1 2017年6—8月全国降水量距平百分率(单位:%)

Fig. 1 The summer (June—August) precipitation anomaly percentage over China in 2017 (unit: %)

2017年主汛期雨季进程总体呈偏晚的特征:西南雨季于6月15日开始,较常年(5月26日)偏晚20 d。江南区梅雨6月4日入梅,偏早4 d;7月5日出梅,偏早2 d;梅雨期长度为32 d,偏长2 d;梅雨雨量491.9 mm,偏多34.6%。长江中下游区6月21日入梅,偏晚7 d;7月5日出梅,偏早7 d;梅雨期长度15 d,偏短14 d;梅雨量166.4 mm,偏少40.8%。江淮区梅雨6月30日入梅,偏晚9 d;7月10日出梅,偏早4 d;梅雨期长度为11 d,偏短13 d;梅雨量116.2 mm,偏少56.1%。华北雨季于7月21日开始,偏晚3 d;8月11日结束,偏早7 d;雨季平均降水量97.5 mm,偏少28.2%。

### 3 夏季大气环流特征

2017年夏季,欧亚中高纬呈现“两槽一脊”环流型,贝加尔湖地区为正距平所控制,阻塞高压偏强。乌拉尔山地区和日本附近高度场为负距平,高压脊偏弱(图2),尤其是6月更明显(图3a),有利于引导冷空气沿东路南下到长江以南的东部地区。同时,低纬地区的副高较常年同期显著偏强偏西,脊线位置偏南,引导来自西太平洋和南海的暖湿气流沿副高外围向我国长江以南地区输送。冷暖气流在我国长江以南交汇,水汽通量辐合偏强,造成主要多雨带位于我国长江以南地区(郑志海和王永光,2018)。

2017年夏季环流形势存在显著的阶段性变化,6月欧亚地区中高纬盛行“两槽一脊”环流型(图3a),低纬地区副高显著偏强偏西,脊线位置偏南,季风雨带在西南地区东部至江南地区持续。而东北、内蒙古中东部地区在6月受贝加尔湖高压脊

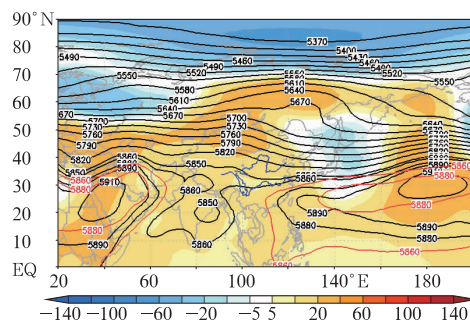


图2 2017年夏季500 hPa高度场(等值线)及距平场(阴影)

(红色表示气候平均5880和5860等值线,单位:gpm)  
Fig. 2 500 hPa geopotential height (contours) and anomalies (shadow) in summer 2017  
(Red lines stand for the climatological 5880 and 5860 contours, unit: gpm)

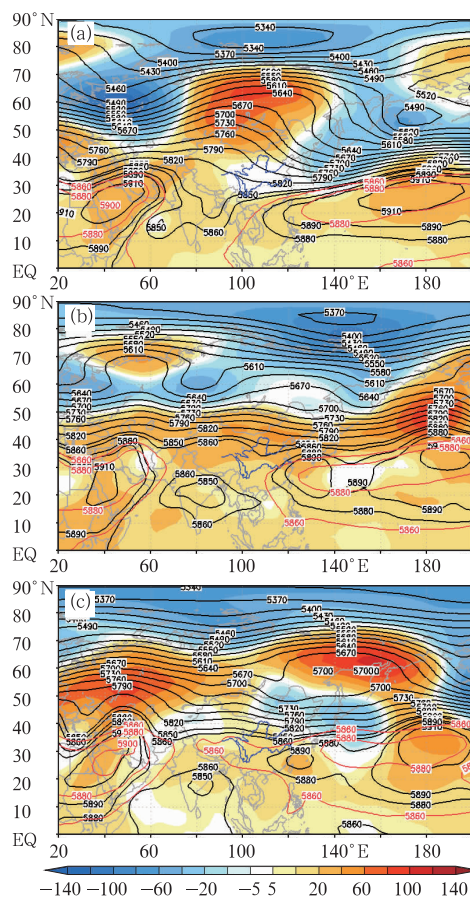


图3 2017年6月(a)、7月(b)和8月(c)的500 hPa高度场(等值线)及距平场(阴影)  
(说明同图2)

Fig. 3 The 500 hPa geopotential height (contours) and anomalies (shadow) in June (a), July (b), and August (c) 2017  
(instruction same as Fig. 2)

影响,降水偏少。7月,东亚中高纬地区受平直的纬向环流控制,低纬地区副高显著偏大、偏强(图3b),西南季风水汽输送也偏强,西南地区南部至华南地区降水偏多。其中7月下旬,受低纬地区台风活跃影响,西段副高西伸北抬,西北地区中部至华北西部、黄淮东部降水偏多。8月受副高偏强偏西偏南影响(图3c),江淮至江南降水偏多,同时,8月下旬副高的阶段性北抬导致西北至华北降水偏多。

## 4 影响夏季降水的前兆信号

下垫面强迫因素对夏季降水分布有重要影响,尤其是2017年前期秋、冬季海洋演变和春、夏季 ENSO 趋势,以及秋、冬季欧亚积雪的变化情况,将对中高纬度槽脊的分布、夏季风的强弱、副高的强弱及其位置产生影响。

### 4.1 海温的演变及其影响

2016年冬季(2016年12月至2017年2月),赤道中太平洋海温偏低 $0.5^{\circ}\text{C}$ 以上,西太平洋暖池偏暖,北大西洋三极子处于正位相,北印度洋海温正常偏暖,南印度洋偶极子处于显著正位相(图4a)。2016年夏季开始,赤道中东太平洋进入冷水位相,并于2016年10月达到峰值,冬季虽然以冷水为主,

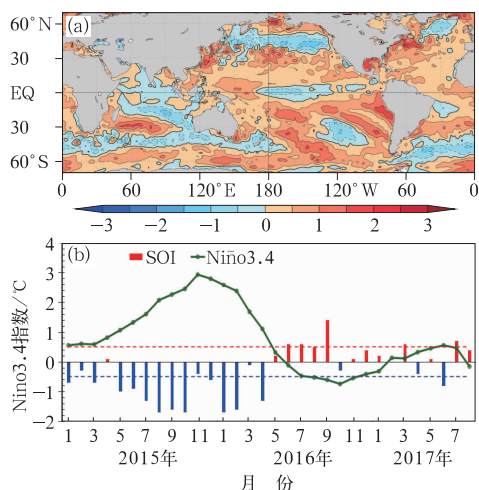


图4 2016年冬季海表面温度距平(a,单位: $^{\circ}\text{C}$ )和2015年1月至2017年8月逐月 Niño3.4 区海表温度指数演变(b)

Fig. 4 Distribution of sea surface temperature anomalies in winter 2016 (a, unit:  $^{\circ}\text{C}$ ), and monthly Niño3.4 index from January 2015 to August 2017 (b)

但已开始减弱,并未形成一次 La Niña 事件。2017年2—7月,暖水曾一度发展。尽管国内外多家动力/统计模式预测,在2017年春、夏季形成一次暖事件,但实况并未形成 El Niño 事件,盛夏海温明显降低(图4b)。

### 4.2 夏季降水与海温关系的年代际变化

根据国家气候中心 ENSO 监测标准中的 Niño 3.4区海表面温度指数,1951年以来的冷水向暖水转换的年份有16年(1951、1957、1963、1965、1968、1972、1976、1979、1986、1990、1993、1997、2002、2006、2009和2014年),按国家气候中心的四类雨型划分标准(孙林海等,2005),发现冷水向暖水转换的16年中主要呈现两种雨型特征,8年(1951、1957、1963、1965、1972、1986、1990和2009年)为淮河多雨的Ⅱ类雨型,6年(1968、1993、1997、2002、2006和2014年)为江南南部和华南多雨的Ⅳ类雨型。仔细分析上述年份发现,出现Ⅱ类雨型的年份基本都集中在20世纪80年代以前,而Ⅳ类雨型主要出现在80年代以后。高辉(2006)研究发现,淮河降水与 ENSO 事件的关系发生了年代际突变。在80年代以前,降水偏多主要分布在黄淮、内蒙古中部和西南地区西南部,长江流域降水偏少(图5a);而在80年代以后,降水主要位于长江以南地区,西南地区东部、江汉、华北等地降水偏少(图5b)。

这种年代际变化体现在东亚中高纬环流的变化,主要在贝加尔湖上空的槽脊变化。20世纪80年代以前,贝加尔湖上空低槽发展,冷空气相对活跃,中国北方处于槽前西南气流中,夏季风相对偏强,多雨带位置偏北(图6a)。80年代以后,贝加尔湖上空高压脊发展,冷空气明显偏弱,中国北方处于脊前西北气流中,夏季风明显偏弱,多雨带位置偏南,北方容易高温少雨(图6b)。2017年夏季之前,海温由冷水向暖水的演变,有利于夏季多雨带出现Ⅳ类雨型。

### 4.3 北大西洋海温三极子有利于夏季贝加尔湖阻塞高压偏强

2016年冬季,北大西洋三极子处于正位相(图4a)。2017年春季(3—5月),有利于三极子正位相的维持,多家数值预报模式给出了春季北大西洋三极子仍维持正位相的预报(图略)。春季北大西洋三极子处于正位相,有利于乌拉尔山高空槽的发展,江

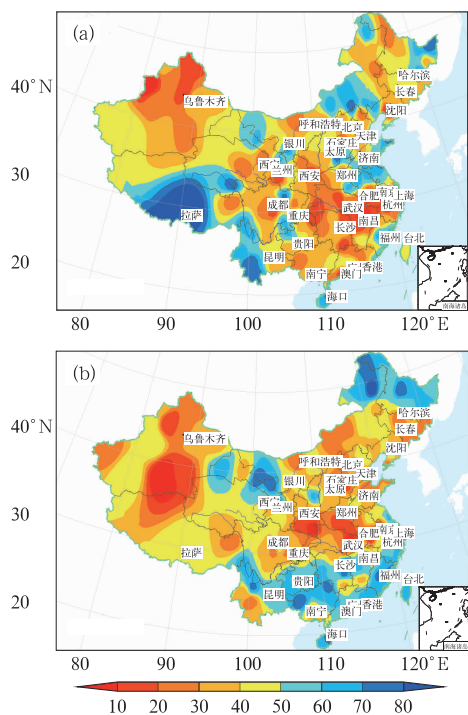


图 5 20 世纪 80 年代前后赤道中东太平洋冷水向暖水转换年份夏季降水正距平频次(单位: %)

(a)1951—1980 年, (b)1981—2016 年

Fig. 5 Composite of summer precipitation positive anomalies frequency for all years' eastern tropical Pacific changing from cold to warm (unit: %)  
(a) 1951—1980, (b) 1981—2016

淮流域梅雨偏少(Gu et al, 2009),与 2017 年梅雨特征相同。春季三极子指数与夏季欧亚大气环流的相关表明(图 7),贝加尔湖上空为正相关,风场呈反气旋环流特征,即正位相有利于贝加尔湖以东东亚中高纬度高压脊的发展,使夏季风雨带停留在我国南方,长江以南降水偏多,有利于在赤道东太平洋海温由前冬冷水向春、夏季暖水转化年,呈现 20 世纪 80 年代以来的 IV 类雨型环流特征,使得贝加尔湖高压脊发展(图 6b)。

#### 4.4 欧亚积雪的影响

2016 年秋季(9—11 月),俄罗斯大部、北欧、蒙古、中国东北积雪偏多(图 8a)。2016 年冬季,北欧、蒙古、中国东北和新疆积雪仍偏多,但俄罗斯大部积雪无明显正异常(图 8b)。从秋季到冬季,俄罗斯大部积雪呈减少趋势。

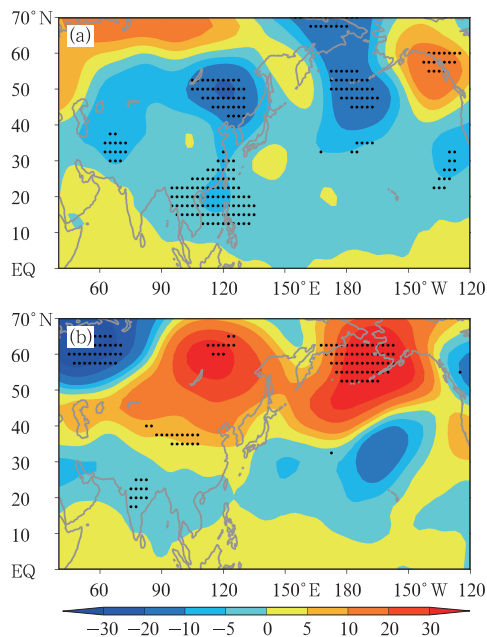


图 6 20 世纪 80 年代前后赤道中东太平洋冷水向暖水转换年份夏季 500 hPa 高度距平合成(单位: gpm)  
(a)1951—1980 年, (b)1981—2016 年  
(图中黑点区域通过了 0.05 显著性水平检验)

Fig. 6 Composite of summer geopotential height anomaly at 500 hPa for all years eastern tropical Pacific changing from cold to warm (unit: gpm)  
(a) 1951—1980, (b) 1981—2016  
(Black dots areas have pass the 0.05 significance level test)

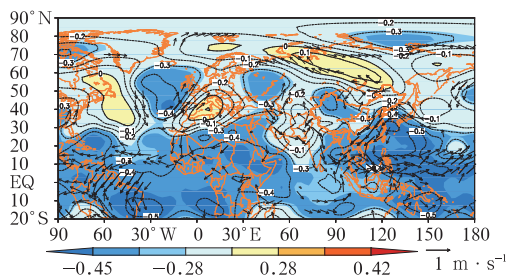


图 7 1980—2014 年春季北大西洋三极子指数与夏季 500 hPa 高度(等值线)和 850 hPa 风场(箭头)相关  
(图中阴影为相关系数;袁媛等, 2017)

Fig. 7 Correlation between triple in the North Atlantic in spring and geopotential height at 500 hPa (contour) and wind field at 850 hPa (arrow) in 1980—2014  
(Shaded is correlation coefficient; 袁媛等, 2017)

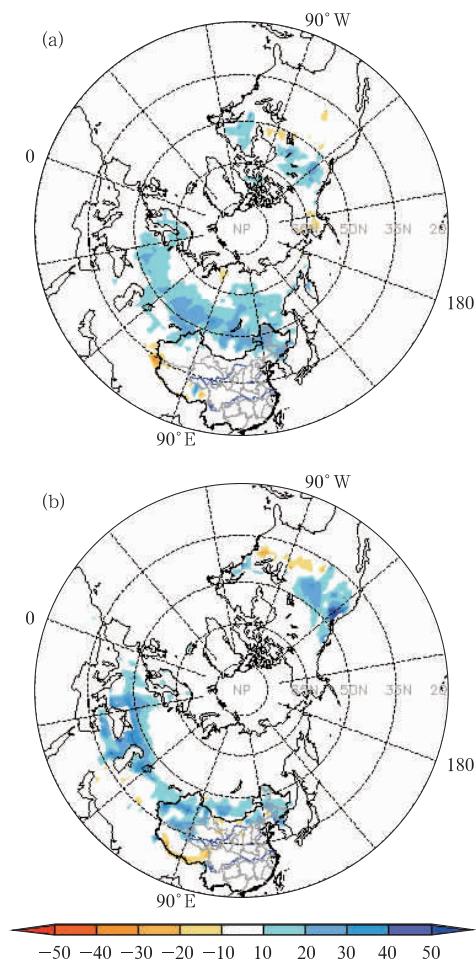


图 8 2016 年秋季(a)和冬季(b)  
欧亚大陆积雪日数距平(单位:d)  
Fig. 8 Anomalies of days with snow cover  
in the Northern Hemisphere in autumn (a)  
and winter (b) 2016 (unit: d)

穆松宁和周广庆(2012)从将土壤温度作为季节桥梁的角度,研究了冬季欧亚大陆北部新增积雪与中国夏季气候的关系,结果表明,当新增积雪偏多时,夏季积雪和冻土的融化均异常强烈,导致土壤温度异常偏低;与此同时,由于东亚中高纬度存在异常北风,温度异常偏低,在南北向的温度梯度作用下,副热带高空急流增强,在其阻挡作用下,副高加强西伸,长江以南地区干热少雨。反之,当新增积雪偏少时,长江以南地区多雨(图 9)。2016 年秋、冬季欧亚大陆积雪增量的减少,有利于Ⅳ类雨型的出现。

欧亚大陆秋、冬季积雪增量与 500 hPa 温度场相关显示(图略),贝加尔湖及其以东地区为负相关,长江以南地区为正相关。即当积雪增量减少(增加)时,东亚环流呈北正南负(北负南正)特征,中高纬度

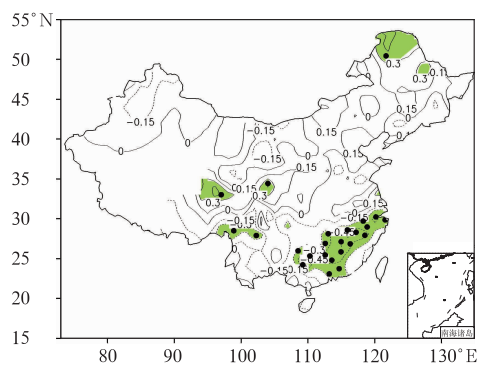


图 9 欧亚大陆冬季积雪增量与  
夏季降水的相关

(阴影区通过 0.05 显著性水平检验;  
穆松宁和周广庆,2012)

Fig. 9 Correlation between winter  
accumulated snow increment and  
summer rainfall

(Shaded areas have passed the 0.05 significance  
level test; 穆松宁和周广庆, 2012)

高压偏强(偏弱),南北温度梯度减小(增大),夏季风势力偏弱(偏强),夏季多雨带位置偏南(偏北)。2016 年秋、冬季欧亚大陆积雪从秋季到冬季的减少(图 8),同样有利于东亚大气环流阻塞高压的发展,维持 20 世纪 80 年代以来的前期冷水向暖水转化的年份,容易出现Ⅳ类雨型的大气环流特征(图 6b)。

## 5 结论和讨论

总结了 2017 年夏季降水的主要特征,分析了对应的北半球大气环流特征,初步讨论了下垫面强迫的可能原因。主要结论如下:

(1) 2017 年夏季,全国平均降水量 348.6 mm,较常年同期(322.6 mm)偏多 8.1%,为 1998 年(394.7 mm)之后最多,东部地区降水呈南、北两条多雨带,长江以南地区和西北、华北等地降水偏多。

(2) 2017 年夏季,欧亚中高纬呈现“两槽一脊”环流型,尤其是 6 月更显著,贝加尔湖地区高压脊发展。西太平洋副高较常年同期显著偏强偏西,脊线位置偏南,引导来自西太平洋和南海的暖湿气流沿副高外围向我国长江以南地区输送,造成主要多雨带位于我国长江以南地区。

(3) 2017 年主要多雨带偏南的特征可能受到年代际尺度和年际尺度信号共同的影响。首先,ENSO 事件与我国夏季降水的关系在 1980 年前后

经历了年代际转折,赤道中东太平洋海温发展由前冬的冷水转换为当年春、夏季的暖水,在20世纪80年代以前有利于黄淮地区多雨,而在80年代后有利于长江以南地区多雨。其次,春季北大西洋三极子的维持,有利于夏季贝加尔湖阻塞高压的发展,容易出现前期冷水向暖水转化年,夏季出现IV类雨型。最后,欧亚大陆前一年秋、冬季积雪增量的减少,同样有利于当年夏季贝加尔湖阻塞高压的发展,夏季风的减弱,有利于夏季出现IV类雨型。

但2017年盛夏,也出现了山东半岛、华北、辽西至吉林的多雨带,吉林东部还一度发生了强降水过程。美国气候预报系统模式在初春的预测,也给出华北及其周边地区夏季降水偏多的结论,并且有较高的预测技巧(图略)。张庆云等(2018)认为,7月东亚高空副热带西风急流位置异常主要受西太平洋热带向副热带传播的Rossby波列位相变化影响,春季西太平洋热带海温偏暖,有利于7月西风急流偏北。在2017年赤道东太平洋海温从前一年冬季到当年夏季升高背景下,为何盛夏出现这样一条北方多雨带,有待进一步研究。

## 参考文献

- 陈丽娟,顾微,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.
- 封国林,赵俊虎,支蓉,等,2013. 动力-统计客观定量化汛期降水预测研究新进展[J]. 应用气象学报,24(6):656-665.
- 高辉,2006. 淮河夏季降水与赤道东太平洋海温对应关系的年代际变化[J]. 应用气象学报,17(1):1-9.
- 黄荣辉,蔡榕硕,陈际龙,等,2006. 我国旱涝气候灾害的年代际变化及其与东亚气候系统变化的关系[J]. 大气科学,30(5):730-743.
- 柯宗建,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.
- 赖比星,2005. 黄河断流与El Niño事件的遥相关[J]. 气象科学,25(6):594-608.
- 励申申,寿绍文,2000. 赤道东太平洋海温与我国江淮流域夏季旱涝的成因分析[J]. 应用气象学报,11(3):331-338.
- 罗勇,姜彤,夏军,等,2017. 中国陆地水循环演变与成因[M]. 北京:科学出版社,315-513.
- 穆松宁,周广庆,2012. 欧亚北部冬季增雪“影响”我国夏季气候异常的机理研究——陆面季节演变异常的“纽带”作用[J]. 大气科学,36(2):297-315.
- 施能,1991. 黄河、长江中下游季月降水场区划、旱涝特征及其与ENSO的若干关系[J]. 气象科学,11(2):181-190.
- 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.
- 孙林海,赵振国,许力,等,2005. 中国东部季风区夏季雨型的划分及其环流成因分析[J]. 应用气象学报,16(s1):56-62.
- 陶亦为,孙照渤,李维京等,2011. ENSO与青藏高原积雪的关系及其对我国夏季降水异常的影响[J]. 气象,37(8):919-928.
- 叶笃正,黄荣辉,1990. 旱涝气候研究进展[M]. 北京:气象出版社,37-38.
- 袁媛,高辉,柳艳菊,2017. 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.
- 翟盘茂,周琴芳,1997. 北半球雪盖变化与我国夏季降水[J]. 应用气象学报,8(2):230-235.
- 张庆云,宣守丽,孙淑清,2018. 夏季东亚高空副热带西风急流季节内异常的环流特征及前兆信号[J]. 大气科学,待出版.
- 张志华,黄刚,2008. 不同类型El Niño事件及其与我国夏季气候异常的关系[J]. 南京气象学院学报,31(6):783-788.
- 赵溱,1984. 亚欧大陆雪盖与东亚夏季风[J]. 气象,7(1):27-29.
- 郑志海,任宏利,黄建平,2009. 基于季节气候可预报分量的相似误差订正方法和数值实验[J]. 物理学报,58(10):7359-7367.
- 郑志海,王永光,2018. 2017年夏季北半球大气环流特征及对我国天气气候的影响[J]. 气象,44(1):199-250.
- 中国气象局,2007. 中国灾害性天气气候图集(1961—2006年)[M]. 北京:气象出版社.
- Gu W, Li C Y, Wang X, et al, 2009. Linkage between mei-yu precipitation and North Atlantic SST on the decadal timescale[J]. Adv Atmos Sci, 26(1):101-108.
- Huang B, Banzon V F, Freeman E, et al, 2015. Extended reconstructed sea surface temperature version 4 (ERSST, v4). Part I: Upgrades and intercomparisons[J]. J Climate, 28(3):911-930.
- 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.
- Yang S, Xu Li, 1994. Linkage between Eurasian snow cover and regional Chinese summer rainfall[J]. Int J Climatol, 14(6):737-750.