

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. 气象, 41(5): 639-648.

# 2014 年汛期气候预测先兆信号应用 及其复杂性初探<sup>\* 1</sup>

孙林海<sup>1,2,3</sup> 宋文玲<sup>2</sup> 龚振淞<sup>2</sup>

1 中国气象科学研究院, 北京 100081

2 国家气候中心, 中国气象局气候研究开放实验室, 北京 100081

3 南京信息工程大学大气科学学院, 南京 210044

**提 要:** 文章系统回顾了 2014 年汛期气候预测的主要先兆信号。其信号特征是: 2014 年前期赤道中东太平洋由呈正常略偏冷向偏暖状态发展, 预计可能在夏季形成一次暖事件, 冬季格陵兰海冰偏多、青藏高原积雪正常略偏多, 这些特征对后期东亚夏季风有明显影响。通过对前期先兆信号的分析, 预测了 2014 年我国夏季雨带位置偏北, 但较 2013 年偏南, 主要多雨区位于华北南部至江淮。从实况和预报的对比来看, 夏季主雨带预测与实况有较大差异, 没有预报出“北少南多”的降水分布型, 但东北、华北北部、长江中游、华南西部和西南南部等地预测与实况一致。另外, 热带气旋、梅雨和华北雨季的预测与实况基本一致。最后对汛期气候预测的复杂性及存在的不足进行了分析和讨论。

**关键词:** 汛期, 先兆信号, 多雨带

**中图分类号:** P456

**文献标志码:** A

**doi:** 10.7519/j.issn.1000-0526.2015.05.012

## Preliminary Study of Precursor and Its Application in Summer Climate Prediction and Its Complexity in 2014

SUN Linhai<sup>1,2,3</sup> SONG Wenling<sup>2</sup> GONG Zhensong<sup>2</sup>

1 Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081

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

3 School of Atmospheric Sciences, Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044

**Abstract:** Possible precursor of the summer climate in 2014 was reviewed. Its characteristics are that in early 2014 central and eastern equatorial Pacific had a normal but a little bit cold situation, and then developed to warm state. It was projected to have an El Niño event in the summer, the Greenland sea ice would be more in the winter, and the snow cover over the Tibetan Plateau would be a bit more than normal. These features had significant effects on the East Asian summer monsoon later. By analyzing the possible effects of these precursors, summer rainfall belt in 2014 was predicted to be in the position by north, but more southerly than that of 2013. The rainfall areas are mainly located in the region from the southern part of North China to Jianghuai Area. Comparing the observation with prediction, big differences are found. The distribution pattern with more rainfall in the South and less in the North was not predicted. However, the prediction is consistent with the observation over the Northeast, North China, the middle reaches of the Yangtze River, the west of South China, and the south of Southwest. In addition, the prediction of tropical cyclones, Meiyu and the rainy season in North China agrees with the observation. Finally, the

\* 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201406024 和 GYHY201306033)、国家自然科学基金青年科学基金(41205039)和气象关键技术集成与应用项目(CMAGJ2014Z04)共同资助

2015 年 3 月 2 日收稿; 2015 年 4 月 10 日收修定稿

第一作者: 孙林海, 主要从事气候诊断与预测研究. Email: slh@cma.gov.cn

complexity and problems of flood season climate prediction were analyzed and discussed.

**Key words:** flood season, precursor, rainfall belt

## 引 言

短期气候预测为国家防灾减灾提供重要的参考依据,每年的汛期气候趋势预测更是气候预测服务的重中之重。我国自 1954 年开始正式发布短期气候预测产品,是世界上开展此项业务最早的国家之一(陈兴芳等,2000)。随着气候研究领域的不断拓展以及研究的深入,气象工作者对海洋大气的演变规律认识不断加深,尤其是对影响我国夏季气候的主要系统有了更好的了解,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,气候系统的演变具有不同时间尺度的特征,且受不同圈层相互作用的影响,区域气候的年际变化异常复杂,这些都使得短期气候预测存在较大的不确定性,目前它仍是世界性难题。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。国家气候中心加强分析了历年汛期气候异常的成因分析(张培群等,2009;艾婉秀等,2010;贾小龙等,2011;司东等,2012;2014;王遵娅等,2012;2013;袁媛等,2012;王艳姣等,2013;朱艳峰等,2007),及时总结各种预测方法和技术的优劣及汛期预测先兆信号和应用(梁潇云等,2012;陈丽娟等,2013;柯宗建等,2014),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。

本文在回顾 2014 年汛期气候预测效果的基础上,从影响汛期气候的年代际和年际因子入手,分析了 2014 年汛期气候异常的主要先兆信号,并对汛期气候预测的可预报性及今后值得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单站逐月和逐日降水资料。大气环流资料为逐月再分析格点资料,水平分辨率  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$  (Kal-

nay et al,1996)。海温资料为美国提供的线性最优插值全球海温数据,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 年以来的北半球逐月积雪日数格点资料(郭艳君等,2004)和 1998 年以来的 IMS 资料(Helfrich,2007),气候平均值采用 1998—2010 年平均。极冰监测原始资料取自 OI. V2 Monthly SST Analysis (Reynolds et al,2002),气候平均值采用 1982—2010 年平均。如无特别说明,其他变量的气候平均值均为 1981—2010 年平均。

## 2 2014 年夏季实况及预测评估

2014 年夏季,全国平均降水量为 320.1 mm,较常年同期(325.2 mm)偏少 1.6%。从空间分布看,新疆北部至东南部、内蒙古东南部、东北中南部、华北东部、黄淮至江淮西部、华南中部、西北地区东南部等地降水较常年同期偏少 2~5 成,局部偏少 8 成以上;内蒙古北部、新疆西部、西藏东部至青海南部、西南地区北部、江南大部以及海南等地降水较常年同期偏多 2~5 成,局部地区偏多 5 成以上(图 1a)。季内,东北及华北地区平均降水量为 262.6 mm,较常年同期(340.9 mm)偏少 23.0%,为 2000 年以来历史最小值;江南南部(浙闽赣湘)平均降水量 665.6 mm,较常年同期(563.3 mm)偏多 18.2%,为 2003 年以来的最大值。2014 年夏季,全国平均气温为 21.1℃,较常年同期(20.9℃)偏高 0.2℃。从空间分布看,新疆西部、西北地区东南部至华北西部,以及江淮、江汉至江南地区北部气温偏低 0.5℃以上。新疆东北部及黑龙江北部局部气温偏高 1~2℃(图 1b)。季内,江淮地区平均气温为 25.6℃,较常年同期(26.6℃)偏低 1.0℃,为 2000 年以来历史最低值。

总体来看,夏季主雨带预测与实况有较大差异,没有预报出“北少南多”的降水分布型,但东北、华北北部、长江中游、华南西部和西南南部等地预测与实况一致;全国大部地区气温接近常年或偏高,与预测基本吻合;5—7 月热带气旋活跃,初台预报早预测准确;南海夏季风于 6 月 2 候爆发,较常年明显偏晚,预测与实况有偏差;中国梅雨开始偏晚,梅雨期短,梅雨量接近常年略偏少,预测与实况一致;华北地区

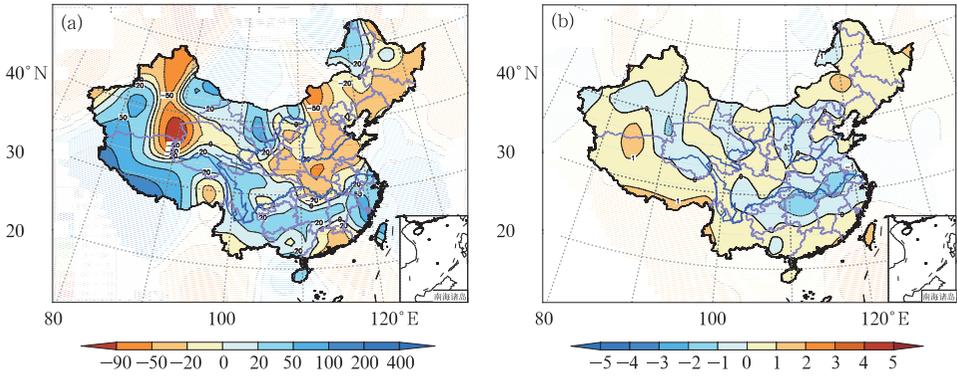


图 1 2014 年夏季全国降水量距平百分率(a,单位:%)和气温距平(b,单位:℃)空间分布  
 Fig. 1 Spatial distribution of rainfall anomaly percentages (a, unit: %) and temperature anomaly (b, unit: °C) in summer 2014

没有出现明显的降雨集中期,降水量偏少,出现空汛,预测华北雨季偏晚、偏弱,不排除空汛,预测与实际接近。

### 3 汛期降水预测的主要先兆信号及其应用

汛期预测的重点在于主要多雨带的分布,而主要多雨带的位置与很多因素有关。通常在做汛期预测时考虑外强迫和大气自身的影响因子,在时间尺度上又会考虑年代际、年际、季节和季节内尺度的影响因子。本节首先介绍夏季雨型的分类及其简要特征,然后从年代际和年际时间尺度回顾汛期预测的主要先兆信号及其应用。

为了做好中国夏季旱涝趋势预测,自 20 世纪 70 年代以来,我国气象工作者在中国夏季降水分型方面作了大量有益的工作(廖荃荪等,1992;赵振国,1999;陈兴芳等,2000;王绍武等,1998)。综合考虑不同分型各自优缺点和业务预报实际应用的适用性,选取中国东部季风区夏季 4 类雨型(孙林海等,2005)作为夏季雨型预报对象。

图 2 给出了中国东部季风区夏季雨型的 4 种空间分布,第一型(E1,图 2a)主要雨带在黄河流域至华北一带,共 23 年,占 37%。第二型(E2,图 2b)主要雨带位于黄河与长江之间,共 20 年,占 32%。第三型(E3,图 2c)主要雨带位于长江流域一带,共 10 年,占 16%。第 4 型(E4,图 2d)主要雨带在江南、华南一带,共 10 年,占 16%(表 1)。

从近 63 年中国夏季降水量距平百分率分布

表 1 中国东部季风区 1951—2013 年夏季各类雨型情况统计

分型	主要雨带位置	年数	比例/%
E1	黄河流域至华北	23	37
E2	黄河与长江之间	20	32
E3	长江流域	10	16
E4	江南、华南	10	16

(图略)可以清楚地看出,东部季风区夏季降水总体分布特征的年代际演变特征为:20 世纪 50 年代至 70 年代后期,主要雨带位置以偏北为主,降水呈北多南少分布,反映了 E1、E2 类雨型占优势的特点,是典型的北方多雨型。20 世纪 70 年代后期至 90 年代末,主要雨带位置以偏南为主,降水呈北少南多分布,反映了 E3、E4 类雨型占优势的特点,是典型的南方多雨型。但 2000 年以来的降水分布形态既不同于典型的北方多雨型,也不同于典型的南方多雨型,主要多雨带摆动于黄河与长江之间,淮河流域明显多雨,长江流域降水偏少。

#### 3.1 年代际信号

年代际信号主要考虑两个方面,一个是夏季降水的自身气候背景,另外一个太平洋海温年代际振荡(PDO)(Ding et al, 2009; 朱益民等,2003)。

我国夏季降水具有明显的年代际特征,从 1950—2013 年各年代雨带平均纬度位置的变化(图 3)上可以看出夏季雨带经历了从北到南又从南到北的演变。由图 3 可知,20 世纪 70 年代多雨带平均位置最偏北,位于华北地区,而 90 年代多雨带位置最为偏南,多雨带位于江南华南。21 世纪初开

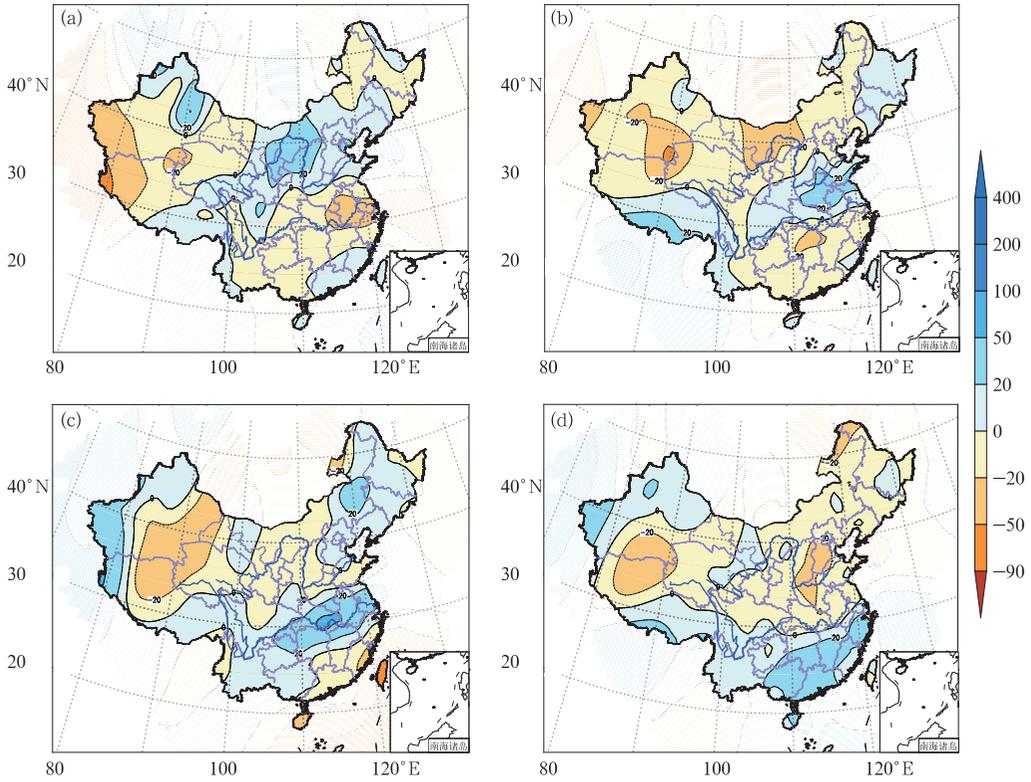


图 2 中国东部季风区夏季雨带 4 种类型 (单位: %)

Fig. 2 Four types of summer rainfall belts in China (unit: %)

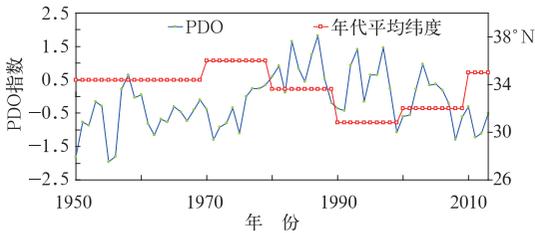


图 3 1950—2013 年中国东部季风区夏季 4 类雨型年代平均纬度位置及 PDO 年指数变化  
Fig. 3 Average latitude for the four types of summer rainfall belts in China and annual PDO index in 1950—2013

始夏季雨带位置逐渐由南向北移动,淮河流域降水偏多概率增加,2000—2013 年,夏季出现 E2 型(黄河长江之间)的年份占一半,仅有一年出现 E3 类(长江流域)雨型。

因此,从中国夏季雨型的年代际气候背景上分析,2014 年处在夏季降水偏北的年代际背景下,但雨带位置会较 2013 年南移,有利于出现 E2 类雨型,即黄河至长江之间降水偏多的概率最大。另外,长江流域出现降水偏多的可能性最小,基本排除 E3 类雨型。E4 类雨型虽然不能排除,但出现的概率不

大,为小概率雨型。

有研究表明,PDO 冷位相期,东亚夏季风偏强,西太平洋副热带高压(以下简称西太副高)偏北,热带太平洋信风增强,赤道西风减弱,华北地区降水易偏多而长江中下游地区降水偏少。从我国 20 世纪 50 年代至今每个年代夏季降水的主要雨带位置变化与 PDO 年指数有着较为紧密的关系(图 3),即 PDO 为负位相时,我国夏季雨带位置偏北,PDO 正指数时,夏季雨带位置偏南。PDO 指数与我国夏季降水的相关分布(图略)也说明这一关系。在 20 世纪 50—70 年代,PDO 多为负指数,在此阶段我国夏季雨带位置偏北。20 世纪 80—90 年代,PDO 多为正指数,我国夏季雨带位置偏南。21 世纪以来,PDO 指数由正转负,我国夏季雨带位置由南向北移动。在做 2014 年夏季降水预测时认为:虽然 2014 年 1 月开始 PDO 指数由负转正,但认为这种变化是小波动,PDO 仍处在负位相,因此判断 2014 年有利于夏季主雨带位置偏北。

### 3.2 年际信号

年际信号主要是指发布预报前期(前一年冬季

至当年初春)各种外强迫因子的特点以及对当年夏季气候的影响。在我国的季节气候预测业务中,考虑了海温、积雪、陆面过程等重要的下垫面外强迫年际信号,早在 20 世纪末就提出了对汛期降水有重要影响的“东、西、南、北、中”的五大影响因素(陈兴芳等,2000),包括东面的太平洋、西面的青藏高原、南面的季风、北面的中高纬阻塞高压以及中间的东西副高。这些影响系统或因子都与我国夏季降水关系密切,且它们之间也存在紧密的联系(陈烈庭,1998;李栋梁等,2001)。在做 2014 年汛期预报时年际信号主要考虑两方面:一是外强迫因子,包括:海温(太平洋、印度洋、大西洋等)、积雪(欧亚、高原)、北极海冰。另外一方面是影响夏季气候的环流因子,如西太副高、中高纬阻塞高压、东亚夏季风、热带对流(台风)等。

### 3.2.1 海温

2014 年 3 月 21 日,气候中心组织专家对 ENOS 进行了会商,预计 2014 年春季至夏季,赤道东太平洋海温距平将逐渐转为正常偏暖状态,并可

能在夏季形成一次暖事件。根据春夏季 El Niño 发展对我国夏季降水的影响,具体分析了不同发生时间、不同强度和不同爆发类型之间的差异(图 4),由图 4 可知,考虑春夏季发生、中等强度以下的 El Niño 对夏季降水的影响比较一致,即夏季主要雨带位置偏北,位于华北南部至长江之间。当 El Niño 强度偏强或爆发为混合型(东部与中部混合发展)时,夏季主要雨带偏南,位于江南南部至华南(符淙斌等,1988;陈文,2002;高辉等,2012;郭其蕴,1983;黄刚等,1999)。在做预报时认为今年的 El Niño 强度不会太强,且没有明显的混合型发展,因此排除 1997 和 2002 年这种夏季主雨带位于长江以南的年份。

根据相关研究,前期夏秋季的南印度洋偶极模(SIOD)对次年我国大陆东部夏季降水异常有显著的影响(Zuo et al, 2013),对应偶极子负位相,次年夏季印度洋、南海(东亚)夏季风偏强,南亚高压偏弱且位置偏西,易形成我国长江流域降水偏少,雨带相对较弱,位于华北至黄淮地区(图略)。前期 SIOD

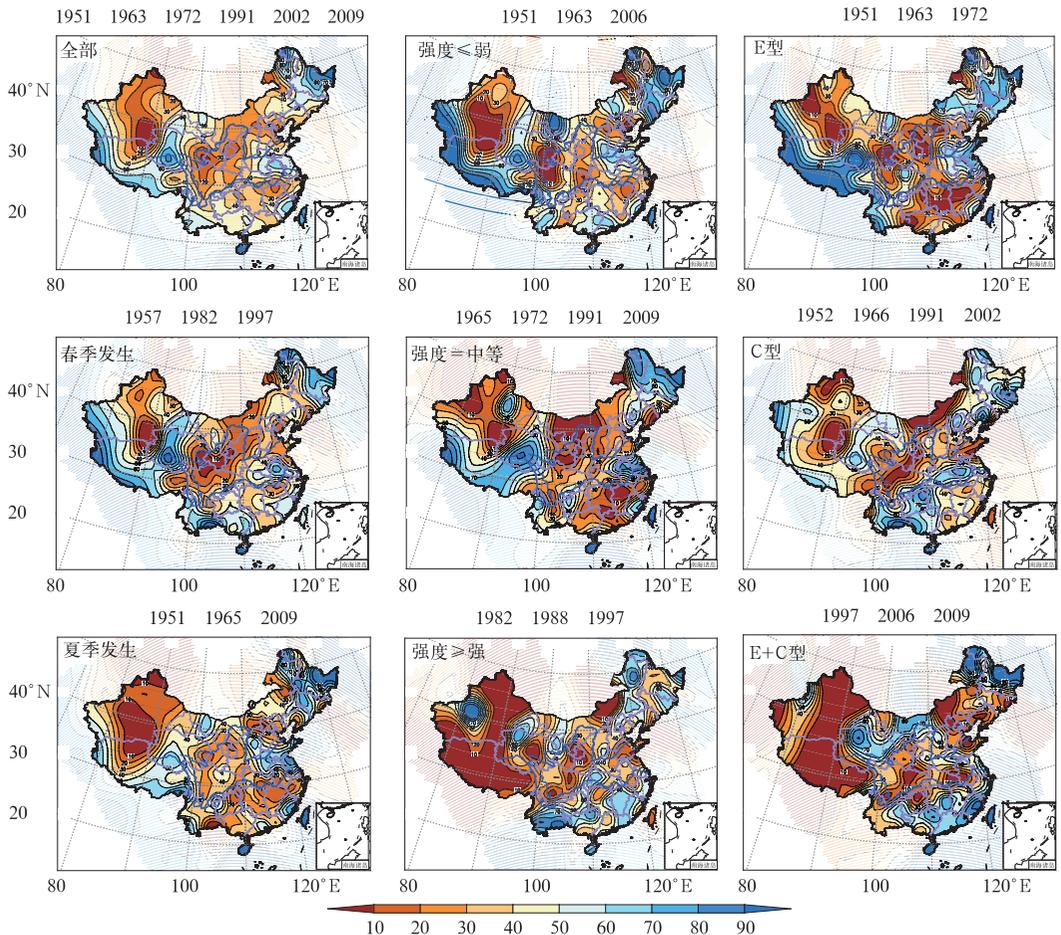


图 4 春夏季发生 El Niño 对夏季降水的影响

Fig. 4 Impact of El Niño on summer precipitation in spring and summer

对降水的影响研究与 2014 年夏季降水实况有较大差异:两者在长江中游降水偏少一致,但在长江下游及江南北部存在相反趋势。

考虑冬春季北大西洋三级子(NAT)对夏季环流及降水的影响,认为冬春季 NAT 正位相,不利于夏季欧亚中高纬出现异常的阻塞形势,贝加尔湖南侧为负距平控制,有利于我国北方降水偏多(图略)。

赤道中东太平洋(El Niño)、印度洋(SIOD)、大西洋(NAT)海温异常对 2014 年夏季降水的影响分析均认为:夏季主要雨带位置偏北,位于华北南部至黄淮地区,长江流域降水偏少。但夏季降水实况却呈现“北少南多”的分布,海温对夏季降水的影响预估与降水实况出入较大,充分说明气候预测的复杂性,对海温影响气候的机理研究还需要进一步提高。

### 3.2.2 积雪

冬春季积雪是影响夏季环流和降水的外强迫因素之一,不同区域的积雪异常对我国夏季气候的影响存在差异。青藏高原积雪改变了高原春夏季的陆面热状况,造成亚洲季风系统较大的年际变化。关于青藏高原积雪对东亚气候的影响已经开展了大量的研究(陈烈庭等,1979;1981;Wu et al,2003)。高原积雪对夏季气候的影响研究仍存在一定程度的差异,但从高原的热力和动力异常角度分析其对我国夏季气候影响的主要机制得到较为广泛的认可(张顺利等,2001;竺夏英等,2013;孙秀荣等,2002)。当高原积雪偏少时,高原春夏季的感热强,感热加热引起的上升运动强有利于高原感热通量向上输送,因而高原上空对流层的加热增强,使高原对流层温度增高,高原南侧温度对比强,进而造成亚洲夏季风强,我国长江流域降水偏少。2013/2014 年冬季青藏高原积雪正常略多,但没有体现积雪偏多的热力效应(图略),不利于长江流域多雨。根据冬季欧亚积雪增量与我国夏季气候异常关系的机理研究(穆松宁等,2010;2012),当冬季欧亚积雪增量为正值时,江南容易干热。监测表明冬季欧亚积雪增量为正,江南大部地区易出现干热。

对比积雪对夏季降水的影响和 2014 年夏季降水实况,长江中游少雨基本正确,但长江下游及其江南北部降水偏多,江南大部也未出现气温高、降水少的特征,因此 2013—2014 年冬春季欧亚和高原积雪对夏季降水的影响预估与实况存在一定的差异,说明积雪作为下垫面外强迫因子影响我国夏季气候的复杂性和不确定性值得我们进一步深入研究。

### 3.2.3 北极海冰

海冰的异常会对中高纬的大气环流造成影响,进而影响不同地区的气候。秋冬季喀拉海、巴伦支海海冰偏少时,北极增温,极地与欧亚中高纬之间的热梯度减弱,导致欧亚北部西风减弱,经向环流增强,有利于东亚冬季风偏强(Wu et al,2011;Zhao et al)。而喀拉海、巴伦支海海冰的多寡与后期春季白令海海冰呈明显的反相关关系(武炳义等,2004;马洁华等,2011)。冬季格陵兰海冰偏多,有利于夏季贝加尔湖南侧低槽发展,淮河以北降水偏多。冬季喀拉海—巴伦支海海冰偏少预报后期春季白令海海冰偏多,春季白令海—鄂霍次克海海冰偏多不利于夏季东亚地区出现阻塞高压,长江流域降水偏少。

几个关键区海冰对夏季气候的影响均预测夏季主雨带位于淮河以北地区,长江流域降水偏少。上述降水预测与实况有较大差异,说明在多种影响因子的共同作用下,北极海冰的实际影响远比我们预想的复杂。

### 3.2.4 西太平洋副热带高压

国内外动力模式和客观方法对夏季西太副高的预测基本一致,预测 2014 年夏季西太副高强度接近常年或略弱,偏东,南北位置接近常年(图略),有利于夏季主要雨带出现在黄河与长江之间。一般来说 El Niño 发展年当年副高强度一般偏弱、偏东。El Niño 发展年,前期冬春季赤道中东太平洋为冷海温时,夏季雨带位置明显偏北,位于东北至华北地区,黄河以南大部地区降水偏少。当前期冬春季赤道中东太平洋为暖海温时,夏季主要雨带位于黄河和长江之间,江南中东部降水也偏多(图略)(徐群等,2001;杨义文,2002)。

但实况表明,2014 年夏季西太副高强度偏强、偏西、偏南(图 5)。实况与预测有较大差异。副高北跳偏晚,第二次北跳不明显,长期维持偏南状态,导致江南华南降水偏多,而华北至长江之间降水明显偏少。

### 3.2.5 东亚夏季风

东亚夏季风(Huang et al,1989;2006;张庆云等,2003)的强弱对于我国夏季雨带的位置有着直接的关系,当夏季风偏强时,夏季雨带偏北,长江流域降水偏少。当夏季风偏弱时,夏季降水主要在长江以南地区(王艳姣等,2013;施能等,1996;刘宣飞,1998;赵汉光等,1994)。根据东亚夏季风预测的前兆信号,预测东亚夏季风正常略偏强,2014 年夏季

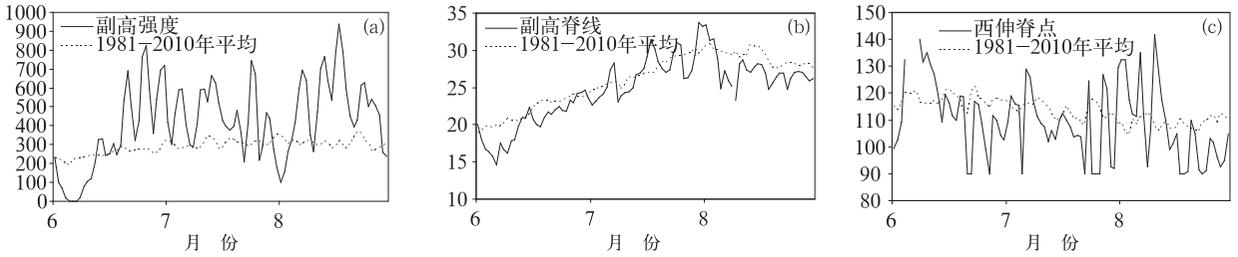


图 5 2014 年夏季西太副高逐日强度(a)、脊线(b)和西伸脊点(c)指数

Fig. 5 Daily WPSH indexes of strength (a), the ridge line (b), west ridge point (c) in summer 2014

主雨带位置偏北,长江流域及江南降水偏少。

2014 年夏季东亚夏季风强度正常(图略),6、7 月偏强,8 月偏弱,因此 6 月在华北以北地区降水较常年同期偏多,而在 7 月受到夏季风阶段性偏弱以及大陆高压的阶段维持,我国长江以北地区降水偏少。8 月夏季风持续偏弱,不利于水汽向北输送,长江以南降水偏多,长江以北地区降水偏少。

在实际预测中,我们发现夏季风指数虽然与夏季雨带有一定的对应关系,但夏季风的阶段性变化特点无法在季节平均中得到体现,另外夏季降水受多种因素影响,即使夏季风偏强,但如果出现阻塞形势或大陆高压、副高位置偏南等因素的影响,雨带在长江以南。

### 3.2.6 热带对流/台风

从逐月的 OLR 来看,在西太平洋,尤其是菲律宾以东地区 6 和 8 月对流不活跃,7 月对流活动旺盛(图略)。与之对应的或登陆我国的台风活动也有类似特点,7 月下旬 2 个超强台风活动严重影响我国,造成华南西部至西南东部、江南东部至江淮南部降水偏多。8 月对流活动偏弱,仅有一个编号台风,无登陆或影响台风,这一现象也极为异常。造成 8 月台风偏少的主要原因如下:(1)南海夏季风偏弱,研究表明西北太平洋和南海有 70% 以上的热带气旋生成于季风槽中,2014 年 8 月南海季风偏弱,不利于季风槽的形成和发展,使得西北太平洋热带气旋生成源地附近盛行东北风,使得常年季风槽活跃的菲律宾以东洋面不利于气旋性涡旋生成。(2)南半球冷空气不活跃,越赤道气流弱。受澳大利亚以东海温偏高影响,2014 年 8 月越赤道气流非常弱,进而导致北半球热带洋面上的西风或西南风弱,从而不利于热带辐合带的形成和发展,不利于台风的生成。(3)热带大气季节内振荡(MJO)和西太平洋对流不活跃。MJO 是热带大气活动的强信号,MJO 对于南海季风活跃程度和西北太平洋热带气旋活动

有十分重要影响。8 月上中旬 MJO 不活跃,下旬处于 2~3 位相。2014 年 8 月,赤道中东太平洋暖水较 7 月略有发展,而热带西太平洋暖海温略有减弱。受东太平洋暖海温发展影响,热带地区的垂直纬向环流(Walker 环流)表现出减弱的特征,热带西太平洋地区为异常下沉运动控制,对流不活跃,不利于台风发展。(4)副高偏强、偏南。副高控制区域为下沉气流,不利于对流云团发展。热带洋面主要由副高南侧的偏东风控制,缺少西风或西南风,不利于热带辐合带的形成和发展,从而不利于台风的形成。

## 4 2014 年汛期降水预测的复杂性及思考

综合年代际和年际多种物理因子的诊断分析,2014 年夏季主要雨带位于华北南部至黄淮一带的可能性最大,这是我们综合决策的一个主要依据。分析可知,绝大多数年代际和年际因子都未预报出“北少南多”的降水分布,这是主雨带预报失误的主要原因之一。

### 4.1 深入分析 ENSO 事件对中国气候影响的复杂性

研究发现,ENSO 的发生频率和强度都存在着明显的年代际变化,20 世纪 70 年代末以后 ENSO 事件的发生频率增多,强度增大(Wu et al, 2009; Wang et al, 2000; Xie et al, 2009; 李晓燕等,2000; 倪东鸿等,2000; 薛峰等,2007)。90 年代以来发生的 El Niño 事件,其偏暖中心经常出现在热带太平洋中部地区,而偏暖中心出现在东太平洋地区的传统 El Niño 事件相对减少。中部型 El Niño 对气候的影响也与传统 El Niño 有明显的差异,甚至相反。20 世纪 90 年代以后发生的 8 次 El Niño 事件中,有 5 次都是中部型,而另外 3 次则兼有中部型和东部

型的共同特征。目前研究认为中部型 El Niño 事件在 1990 年代后发生的频率显著增加,这可能与全球气候变暖,尤其是赤道太平洋海温的年代际增暖有关(Yuan et al, 2012)。

2014 年是 ENSO 暖位相发展年,3 月初就开始讨论 ENSO 可能的发展趋势,3—7 月,全球多家预测机构都多次调整对 El Niño 事件发展的预测,说明 2014 年 El Niño 事件发展的复杂性远比我们预想的复杂。关于 ENSO 暖位相发展对我国天气气候的影响就更为复杂,尤其是 2014 年的 ENSO 发展与传统的 El Niño 事件发展有很多不同之处,历史上的相似个例很少,给气候预测造成困扰,因此需要加强 ENSO 发展的相关研究,提升 ENSO 发展对中国气候影响规律的认识。

#### 4.2 加强夏季西太副高南北位置的研究

2014 年 3 月底,预测班组根据前期气候异常特征预测西太副高较常年略偏强、偏西,位置正常,东亚夏季风强度略偏强,我国多雨带位置偏北。2014 年夏季,西太副高较长时间位置偏南,导致季节内长江以南大部地区降水持续偏多。2014 年春末夏初(5—6 月),热带印度洋海温持续偏暖,产生偏暖的海温有利于印度洋地区对流活动的发展,通过激发“西升东降”的局地纬向环流(袁媛等,2012),下沉气流在西北太平洋地区,影响西太副高,导致夏季中前期西太副高偏强偏南。7 月中下旬以后,受前期赤道中东太平洋海温持续偏暖影响,热带大气开始对厄尔尼诺响应,西北太平洋地区对流活动受到抑制,使得西太副高维持偏强、偏南形势。在偏暖的印度洋海温和厄尔尼诺的共同作用下,入夏以来西太副高强度偏强、位置偏南。这种西太副高在 ENSO 暖位相发展年的变化以及持续稳定的形成机理和预测技术还需要进一步的深入研究。

#### 4.3 加强夏季东亚中高纬环流异常的研究

2014 年汛期气候预测服务总体效果不好,主要雨带位置预报失败。主要原因除了夏季西太副高持续偏南造成我国南方降水偏多外,北方地区降水偏少与中高纬环流异常密切相关。3 月底和 5 月底预测时,根据模式和影响因子针对分析,基本排除中高纬度出现异常阻塞形势的可能,但在夏季出现阶段性大陆高压发展,导致北方地区降水偏少。这就需要加深特定环流形势对区域气候的影响和机理认

识,加强在全球变暖背景下,我国汛期降水新特征新规律的研究,从而提高短期气候预测的水平,更好地为气候防灾减灾服务。

#### 4.4 认识极端性降水事件频发对短期气候预测的影响

2014 年入夏以后,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南方地区。夏季全国平均暴雨日数 1.5 d,江淮东部、江南大部、华南北部、西南东部等地暴雨日数有 3~7 d,其中江南东部及贵州北部和西南部、云南东部等地暴雨日数比常年同期偏多 1~3 d。夏季我国南方地区出现 11 次(6 月 4 次,7 月 4 次,8 月 3 次)暴雨过程,全国共有 138 站发生极端日降水量事件,28 县(市)日降水量突破历史极值,频繁的强降水天气导致江南、华南、西南东部等地出现严重暴雨洪涝灾害。

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。如何在现有预测技术能力下提升对极端性降水的预测与服务水平,值得深入思考。

## 5 结论与讨论

本文总结了国家气候中心 2014 年汛期气候预测的效果,回顾分析了汛期预测主要的先兆信号及应用。总体来看,夏季主雨带预测与实况有较大差异,没有预报出“北少南多”的降水分布型,但东北、华北北部、长江中游、华南西部和西南南部等地预测与实况一致。5—7 月热带气旋活跃,初台偏早预测准确;南海夏季风于 6 月 2 候爆发,较常年明显偏晚,预测与实况有偏差;中国梅雨开始偏晚,梅雨期短,梅雨量接近常年略偏少,预测与实况一致;华北地区没有出现明显的降雨集中期,降水量偏少,出现空汛,预测华北雨季偏晚、偏弱,不排除空汛,预测与实况接近。

2014 年夏季我国主要雨带位置预报效果不理想,原因较为复杂,绝大多数年代际和年际异常因子都未预测出“北少南多”的降水分布特点,包括动力模式在内的多种客观方法也没有很好地预测出这种降水分布形态,这是主雨带预报失误的主要技术原因。

预报失败恰恰也说明短期气候预测存在较大的

不确定性,目前它仍是世界性难题。2014年的El Niño事件发展的复杂性远比我们预想的复杂,关于ENSO暖位相发展对我国天气气候的影响就更为复杂,与2014年ENSO发展相似的历史个例很少,给气候预测造成极大困扰。另外,对中高纬和中低纬度的环流异常估计不足也是造成夏季主要雨带位置错误的直接因素,目前国内外多种动力数值模式对超前2~3个月的东亚地区环流预测均没有稳定的预报效果,这更使得超前2~3个月的季节气候预测存在很大不确定性。此外,极端性降水频发增加了短期气候预测的难度。2014年入夏以后,我国极端强降水事件多发、过程雨量大,区域性特征显著,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。

虽然2014年汛期气候预测总体效果不好,距离服务的需求还有较大的差距,但这更激励我们对其异常成因和机理做出更深入的研究分析,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。

## 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. 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.

陈文. 2002. El Niño和La Niña事件对东亚冬、夏季风循环的影响. 大气科学, 26:595-610.

陈兴芳,宋文玲. 2000. 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.

陈兴芳,赵振国. 2000. 中国汛期降水预测技术的研究和应用. 北京:气象出版社,2000.

符滨斌,腾星林. 1988. 我国夏季的气候异常与厄尔尼诺/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.

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. 气象, 40(4):502-509.

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.

廖圣荪,赵振国. 1992. 我国东部夏季降水分布的季节预报方法. 应用气象学报, Vol. 3, Supple.

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.

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. 大气科学, 36(2):297-315.

倪东鸿,孙渤照,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.

司东,袁媛,崔童,等. 2014. 2013年海洋和大气环流异常及对中国气候的影响. 气象, 40(4):494-501.

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. 应用气象学报, 16(增刊):56-62.

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.

王绍武,叶瑾林,龚道溢,等. 1998. 中国东部夏季降水型的研究. 应用气象学报, 9(增刊):65-73.

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. 2001. 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. 东亚季风和我国夏季雨带的关系. *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. 太平洋年际振荡与中国气候变率的联系. *气象学报*,61(6):641-654.
- Ding Y H, Sun Y, Wang Z Y, et al. 2009. Inter-decadal variation of the summer precipitation in China and its association with decreasing Asian summer monsoon Part II: Possible causes. *Int J Climatol*,29:1926-1944.
- Helfrich S R, McNamara D, Ramsay B H, et al. 2007. Enhancements to and forthcoming developments in the Interactive Multisensor Snow and Ice Mapping System (IMS). *Hydrol Process*, 21:1576-1586.
- Huang R H, Wu Y F. 1989. The influence of ENSO on the summer climate change in China and its mechanism. *Adv Atmos Sci*,6:20-32.
- Huang R H, Gu L, Zhou L T. et al. 2006. Impact of the thermal state of the tropical western Pacific on onset date and process of the South China Sea summer monsoon. *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*,77:437-471.
- Reynolds R W, Rayner N A, Smith T M, et al. 2002. An improved in situ and satellite SST analysis for climate. *J Climate*, 15:1609-1625.
- Wang B, Wu R G, Fu X. 2000. Pacific-East Asian teleconnection: How does ENSO affect East Asian climate? *J Climate*, 13:1517-1535.
- Wu B Y, Su J Z, Zhang R H. 2011. Effects of autumn-winter Arctic sea ice on winter Siberian High. *Chinese Sci Bull*, 56:3220-3228.
- Wu B Y, Zhang R H, D'Arrigo R, et al. 2013. On the relationship between winter sea ice and summer atmospheric circulation over Eurasia. *J Climate*,26:5523-5536.
- Wu T W, Qian Z A. 2003. The relation between the Tibetan winter snow and the Asian summer monsoon and rainfall. An observational investigation. *J Climate*,16:2038-2051.
- Wu Z W, Wang B, Li J P. et al. 2009. An empirical seasonal prediction model of the East Asian summer monsoon using ENSO and NAO. *J Geophys Res*. 114, D18120. doi: 10.1029/2009JD011733.
- Xie S P, Hu K M, Hafner J, et al. 2009. Indian Ocean capacitor effect on Indo-western Pacific climate during the summer following El Niño. *J Climate*,22:730-747.
- Yuan Y, Song Y, Zhang Z Q. 2012. Different Evolutions of the Philippine Sea Anticyclone between the Eastern and Central Pacific El Niño: Possible Effects of Indian Ocean SST. *J Climate*, 25:7867-7883.
- Zhao P, Zhang X D, Zhou X J, et al. 2004. The sea ice extent anomaly in the North Pacific and its impact on the East Asian summer monsoon rainfall. *J Climate*,17:3434-3447.
- Zuo J Q, Li W J, Sun C H, et al. 2013. Impact of the North Atlantic sea surface temperature triple on the East Asian summer monsoon. *Adv Atmos Sci*,30(4):1173-1186.