

王朋岭,周兵,韩荣青,等. 2011 年海洋和大气环流异常及对中国气候的影响[J]. 气象,2012,38(4):472-479.

# 2011 年海洋和大气环流异常及对中国气候的影响<sup>\*</sup>

王朋岭<sup>1,2</sup> 周 兵<sup>1</sup> 韩荣青<sup>1</sup> 孙 冷<sup>1</sup> 王遵娅<sup>1</sup> 司 东<sup>1</sup> 孙丞虎<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 中国气象局气候研究开放实验室,国家气候中心,北京 100081

<sup>2</sup> 中国科学院青藏高原环境变化与地表过程重点实验室,北京 100085

**提 要:** 本文基于实时和历史观测资料,利用气候统计和气候机理诊断方法,对 2011 年气候异常及成因进行总结分析。结果表明,全球海洋外源强迫和大气内部动力过程共同作用下的大气环流系统组合异常,是造成 2011 年中国大部地区降水异常偏少,温度明显偏高,呈现暖干型气候特征的主要原因。具体表现为,拉尼娜事件在 2011 年夏季短暂中断后,9 月再次进入拉尼娜状态;西太平洋副热带高压在 5 月之前异常偏弱、偏东,致使长江中下游出现严重春旱,之后副热带高压有所加强,尤其在 6 月异常偏强,使长江中下游地区梅雨量偏多、旱涝急转;秋季副热带高压脊线偏北、中高纬度冷空气活动阶段性活跃,致使华西、黄淮地区秋雨异常偏多;热带印度洋海温演变经历负偶极型海温模态后,夏季转为全区一致型暖海温;2010/2011 年东亚冬季风偏强,2011 年南海夏季风爆发偏早、结束偏晚,东亚夏季风正常偏弱;西北太平洋和南海热带气旋生成数量处于偏少的年代际时段,2011 年热带气旋生成数量偏少。

**关键词:** 拉尼娜, 大气环流, 气候异常, 成因分析

## Anomalies of Ocean and Atmospheric Circulation in 2011 and Their Impacts on Climate in China

WANG Pengling<sup>1,2</sup> ZHOU Bin<sup>1</sup> HAN Rongqing<sup>1</sup> SUN Leng<sup>1</sup>  
WANG Zunya<sup>1</sup> SI Dong<sup>1</sup> SUN Chenghu<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratory for Climate Studies of China Meteorological Administration, National Climate Centre, Beijing 100081

<sup>2</sup> Key Laboratory of Tibetan Environment Changes and Land Surface Processes, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100085

**Abstract:** Based on the real-time and historical observation data, the climatic anomaly of 2011 in China and its causes were analyzed by climate statistics and climate diagnostic methods. The result showed that global ocean sea surface temperature forcing and the atmospheric circulation abnormality features attributed to the internal atmospheric dynamic processes, may lead to the climatic anomalies and major climate events in China, with such significant anomalies of climatic features as less precipitation, higher air temperature and warm-dry type in 2011. Results manifested that the eastern and central equatorial Pacific entered the La Nina conditions again in September 2011, with the La Nina event of 2010/2011 starting at July 2010 and ending in April 2011; The subtropical high over the West Pacific (SHWP) was abnormally weaker than normal and further east to its normal position before May 2011, which resulted in severe meteorological drought in the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River during spring, while SHWP stronger than normal from then on, especially abnormally stronger in June, which led to more Meiyu precipitation amounts and rapid transition between drought and flood in the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River; The SHWP was further north to its normal position in autumn, together with the phased cold air activities, those resulted in more precipitation during the season in the area of Huaxi and Huanghuai. The

\* 公益性行业(气象)科研专项(GYHY201206012)和中国科学院青藏高原环境变化与地表过程重点实验室开放课题基金共同资助  
2012 年 1 月 6 日收稿; 2012 年 2 月 21 日收修定稿  
第一作者: 王朋岭,主要从事气候学和区域气候变化研究. Email: wangpl@cma.gov.cn

tropical Indian Ocean SSTA firstly experienced negative Indian Ocean Dipole (IOD) mode in 2011, then turned into the basin-wide warming mode in summer. The East Asian winter monsoon (EAWM) intensity was stronger than normal in 2010/2011 winter, while intensity of the East Asian subtropical summer monsoon (June–August) was near normal. The intensity of the South China Sea (SCS) summer monsoon was weaker than normal on the whole, with the earlier onset and later ending. In accord with the decadal background, tropical cyclone generated number was less than the normal in the SCS and West Pacific in 2011.

**Key words:** La Nina, atmospheric circulation, climate anomaly, causation

## 引言

开展不同时空尺度气候异常的诊断分析,是现代气候业务的重要任务和基本环节。综合分析下垫面外源强迫异常和大气环流要素,及时对发生的气候异常特点和主要气候异常事件的成因进行总结分析<sup>[1-4]</sup>,有利于增强对气候系统自身规律的认识,同时也是提高气候预测技术水平的有效途径。本文基于实时、历史观测资料和再分析资料,利用气候统计和气候机理诊断等方法对2011年气候异常特征与成因进行全面分析,以期对气候监测预测科研业务和服务人员提供相关基础信息。

2011年中国气候异常特征主要表现为:全国平均降水量为1951年以来最少,汛期雨带自南向北推进进程明显提前,旱涝转换快,华西秋雨异常偏多。全国平均气温较常年同期偏高 $0.5^{\circ}\text{C}$ ,冬春季节冷暖波动大,4—11月气温持续偏高。气候总体呈现暖干特征,气候年景正常,但区域性、阶段性气象灾害频繁。下面简述各季节气候的总体特征和主要气象事件。

2010/2011年冬季(2010年12月至2011年2月),全国平均降水量接近常年同期,气温较常年偏低,前冬冷、后冬暖,东北大部降水异常偏多。主要天气气候事件有:华北、黄淮冬麦区出现秋冬连旱,持续时间长、程度重、影响范围广,1月南方地区出现大范围低温雨雪冰冻天气。

春季(3—5月),降水异常偏少,全国平均降水量为1951年以来历史同期最少,气温较常年略偏高,但初春3月气温偏低。主要天气气候事件有:春季长江中下游地区气象干旱持续发展,沙尘天气次数明显偏少,3月部分地区遭受低温连阴雨天气。

夏季(6—8月),降水较常年同期偏少,气温较常年明显偏高。其中,6月气温偏高、长江中下游地区降水异常偏多,7月和8月气温偏高、降水偏少。

主要天气气候事件有:6月长江中下游地区旱涝急转,降水频繁、局部出现严重洪涝灾害;西南地区出现夏秋连旱;夏季全国高温日数偏多,8月南方出现大范围持续异常高温天气<sup>[5]</sup>;夏季登陆我国的热带气旋较常年同期偏少。

秋季(9—11月),降水较常年偏多,气温较常年异常偏高。主要天气气候事件有:华西秋雨异常偏多,多条江河同时发生罕见秋汛;10月华南地区出现持续强降水天气,局地遭受暴雨洪涝灾害。

2011年,西北太平洋和南海共有21个热带气旋(中心附近最大风力不小于8级)生成,生成个数较常年(27个)明显偏少,其中有7个在中国登陆,与常年基本持平。初台偏早、终台接近常年,登陆地点分散,以西北行路径为主,强度总体偏弱,致灾程度轻。

本文将主要从海温异常和大气环流异常两方面来分析产生我国2011年气候异常分布和影响原因,揭示其可能的成因机制。

## 1 海温异常

2011年太平洋、印度洋、北大西洋海表温度距平分布型均表现出明显的异常特征。

2010年7月开始的拉尼娜事件于2011年4月结束,本次事件于2010年11月达到峰值,持续9个月,强度中等;随后2011年5月至8月赤道中东太平洋海温处于正常状态(即: $-0.5^{\circ}\text{C} < \text{Nino Z 指数} < 0.5^{\circ}\text{C}$ )<sup>[6]</sup>。2011年9月,赤道中东太平洋海温再次回落进入拉尼娜状态(Nino Z 指数 $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$ ),此后至2011年底,拉尼娜状态发展加强(图1)。同时,南方涛动指数(Southern Oscillation Index, SOI)自2010年4月以来持续为正值,尽管在2011年中期Nino区海温暂时回升,但热带大气在近两年内均持续体现了拉尼娜特征,这也可能是2011年赤道太平洋海温再次进入拉尼娜状态的预兆。正是

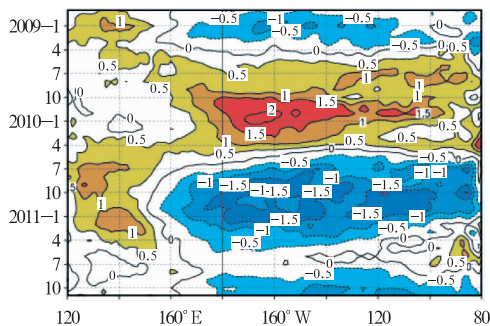


图 1 赤道太平洋海面温度距平  
时间-经度剖面图(单位:  $^{\circ}\text{C}$ )

Fig. 1 Time-longitude section of monthly  
Equatorial sea surface temperature  
SST anomalies (unit:  $^{\circ}\text{C}$ )

因为热带太平洋海温在 2011 年大部分时段处于拉尼娜状态,导致热带西太平洋在 1—7 月期间对流异常活跃,西太平洋副热带高压冬春季西伸脊点持续偏东、强度明显偏弱,南海夏季风爆发偏早<sup>[7-8]</sup>。

分析表明,1951 年以来同一年第二次进入拉尼娜状态的个例除了 2011 年外仅有 1974 年,那么为什么 2011 年下半年会再次进入拉尼娜状态? 相关研究初步表明,赤道中太平洋长时间持续的东风异常是其年际变化的外因<sup>[9-10]</sup>,而北太平洋海表温度明显进入 PDO 冷位相(1951 年以来持续 18 个月以上的拉尼娜事件共有 4 次,在 PDO 冷位相期间有 3 次)是其年代际气候背景成因<sup>[11]</sup>。赤道中西太平洋地区持续较强的异常东风,会不断激发冷性开尔文波东传,造成东太平洋冷水上翻,促进了拉尼娜事件的再次发展<sup>[12]</sup>。关于同一年再次进入拉尼娜事件的成因还需要进行深入分析。

2011 年热带印度洋海温距平的发展表现出两个重要阶段。首先在 2010/2011 年冬季是热带印度洋负偶极型海温模态,这一模态从 2010 年 12 月迅速发展,表现为热带西印度洋的负海温距平和热带东南印度洋的正海温距平,随后在 2011 年 2 月开始减弱,之后春季热带印度洋海表温度无显著特征。进入 2011 年夏季,热带印度洋海表温度开始表现出全区域一致性偏暖特征,这一模态是热带印度洋海温距平的最主要模态<sup>[13]</sup>,并一直持续到 2011 年底,其在 2011 年 11 月达到最强(图 2)。2011 年下半年热带印度洋全区一致的暖海温异常与拉尼娜对西太平洋副热带高压的强迫相反<sup>[14]</sup>,而且近 20 年以来,热带印度洋海温异常与西北太平洋环流的关系变得

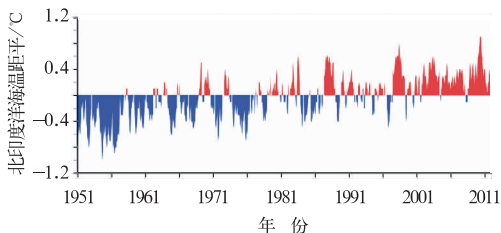


图 2 1951—2011 年北印度洋月平均  
海表温度距平变化

(气候值:1971—2000 年;单位:  $^{\circ}\text{C}$ )

Fig. 2 Monthly SST anomalies averaged  
in Northern Indian Ocean from 1951 to 2011  
(Climate standard period;1971—2000;  
unit:  $^{\circ}\text{C}$ )

更为显著<sup>[15]</sup>。

2011 年春季北大西洋区域海温表现为“三极型海温异常”分布形势,即  $0^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$  和  $40^{\circ}\sim 60^{\circ}\text{N}$  为正距平区,  $20^{\circ}\sim 40^{\circ}\text{N}$  的北大西洋西部为负距平区<sup>[16-17]</sup>,春季以后北大西洋区域海温模态不明显。关于该海温分布形势对大气环流及气候的作用,潘婕<sup>[18]</sup>的研究表明,北大西洋海域前春海温异常三极型分布对入夏后的欧亚中高纬环流形势存在影响,有利于欧亚中纬度地区出现经向环流,从而对我国气候异常有明显的影。2011 年夏季前期经向环流发展可能受到大西洋海温异常的影响。

## 2 北半球大气环流

2011 年北半球大气环流异常包括中高纬度环流异常、副热带环流异常和热带对流异常。

### 2.1 中高纬度环流异常

2010/2011 年冬季(2010 年 12 至 2011 年 2 月),北半球高纬度环流异常表现为北极涛动(Arctic Oscillation, AO)<sup>[19]</sup>负位相特征,北半球 500 hPa 季平均位势高度距平场上(图 3a),极区高度场异常偏强,西北太平洋中纬度地区、美国东部至欧洲西部和贝加尔湖地区为负高度距平控制,乌拉尔山地区高度场偏强,导致欧亚和亚洲地区经向环流占优势(图 4),东亚冬季风偏强。尤其 1 月份,亚洲极涡向南扩展,西伯利亚高压异常偏强,利于极地强冷空气南侵影响我国,导致我国大部地区气温异常偏低,南方地区出现大范围低温雨雪冰冻天气。而后冬(2 月份),AO 转为正位相,欧亚和亚洲地区西风指数<sup>[20]</sup>转为阶段性正值、纬向环流占优势(图 4),我国

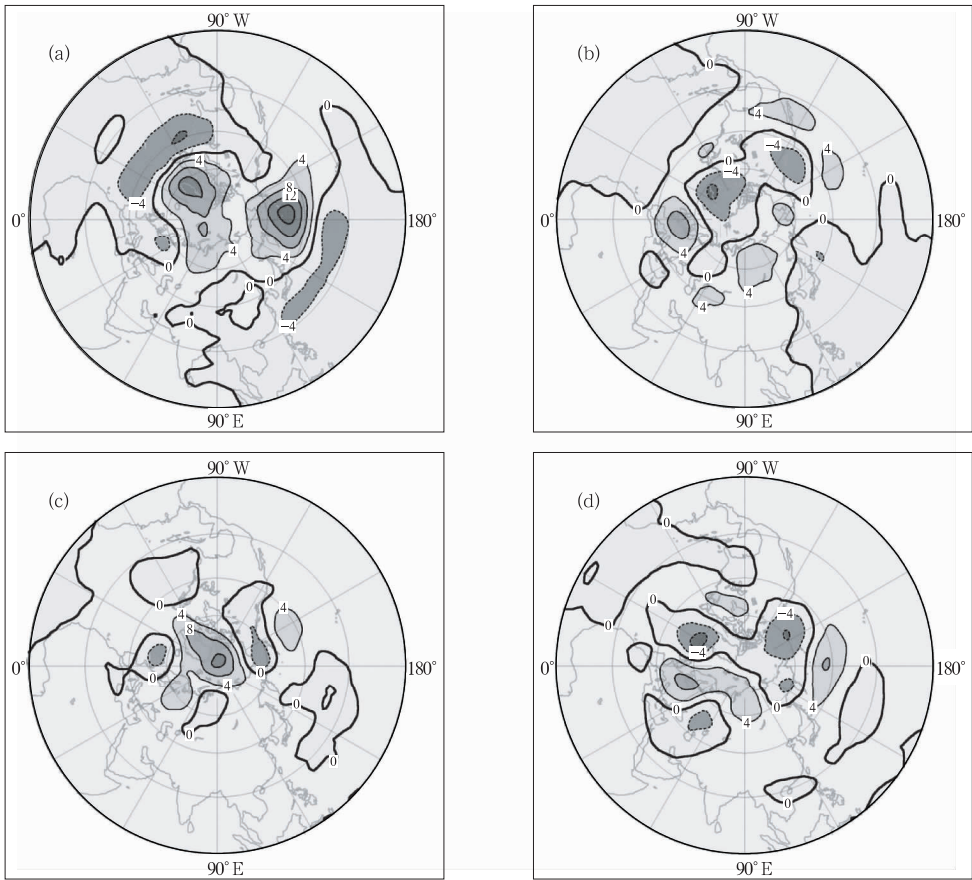


图 3 2011 年北半球 500 hPa 高度场距平(单位: dagpm)  
冬季(a), 春季(b), 夏季(c)和秋季(d)

Fig. 3 Seasonal mean 500 hPa geopotential heights anomalies in 2010/2011 winter (a), 2011 spring (b), summer (c) and autumn (d) (unit: dagpm)

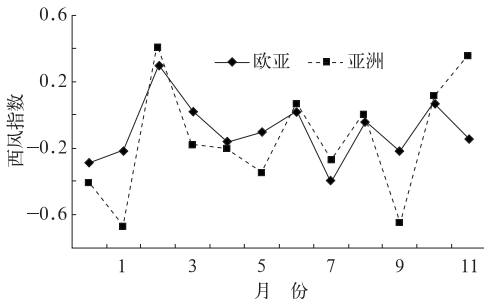


图 4 2010 年 12 月至 2011 年 11 月  
亚洲和欧亚西风指数变化

Fig. 4 Westerly indices over Asia (dashed) and Eurasia (solid) from December 2010 to November 2011

大部地区气温偏高。

2011 年春季, AO 处于正位相, 欧亚中纬度地区为两槽一脊型, 乌拉尔山地区为负高度距平控制, 正距平从贝加尔湖、巴尔喀什湖一线一直伸展到我国

大部地区(图 3b), 不利于冷空气活动, 使我国大部分地区气温略偏高、降水持续偏少, 导致长江中下游地区气象干旱持续发展; 北方沙尘天气次数也较常年明显偏少。3 月份, 东欧东部和西西伯利亚地区为较强低槽控制<sup>[21]</sup>, 利于阶段性冷空气南下, 造成我国西北地区气温较历史同期偏低。

2011 年夏季, 中高纬度环流呈多波型分布(图 3c), 欧亚中高纬环流呈现两脊一槽型, 贝加尔湖地区为正高度距平控制, 我国上空高度场整体偏高, 相对不利于冷空气南下, 致使我国夏季气温较常年明显偏高, 8 月南方出现大范围持续异常高温天气; 大部地区降水偏少, 西南地区出现夏旱。

2011 年秋季, AO 处于正位相, 500 hPa 平均位势高度场上(图 3d), 亚洲中高纬环流呈“西低东高”型分布, 秋季亚洲地区西风指数以纬向环流占优势(图 4), 造成我国秋季大部地区气温异常偏高, 尤其西北地区气温持续偏暖。但 9 月份, 贝加尔湖低槽



异常活跃,西太平洋副热带高压位置偏北,导致我国北方大部地区多雨,华西、黄淮一带秋雨异常偏多。

## 2.2 副热带系统

西太平洋副热带高压(简称副高)强度、南北和东西位置变化及其配置,是影响我国各季节尤其夏季气候异常的重要环流系统<sup>[20,22]</sup>。2010年12月至2011年4月,副高面积和强度较常年同期持续偏弱,春末5月发生转折增强,10月以后迅速减弱(图5);副高脊线位置冬季略偏南,其他月份接近正常或偏北;副高西伸脊点冬季至春末异常偏东,5、6、8和11月明显偏西。总体分析来看,2011年4月之前副高处于偏弱和偏东状态,反映了赤道中、东太平洋拉尼娜事件的影响;5月开始副高发生转折、增强西伸,可能受夏季后北印度洋持续异常偏暖(图2)影响,同时与5—8月赤道中、东太平洋海表温度处

于正常位相密切相关。

冬季,副高偏弱、偏东,季季风异常偏强,南北系统的强弱差异显著,西太平洋及南海附近水汽输送较常年同期偏弱,造成我国黄河以南大部地区降水较常年同期偏少,华北、黄淮冬麦区出现秋冬连旱。同时,AO偏弱及西伯利亚高压偏强,冷空气活跃有利于我国北方部分地区降水偏多。

初夏(6月),副高西伸北抬,面积较常年偏大、强度偏强,南海夏季风阶段性偏强,利于西太平洋及南海附近水汽输送,长江中下游地区入梅偏早、梅雨量较常年偏多,出现异常旱涝急转事件。盛夏尤其8月,副高强度偏强、脊线位置接近常年,利于我国华北南部至江南东部地区降水偏多;而由于我国南方地区上空为正高度距平所控制,气温明显偏高,8月南方出现大范围持续异常高温天气,西南地区持续少雨,出现夏秋连旱。

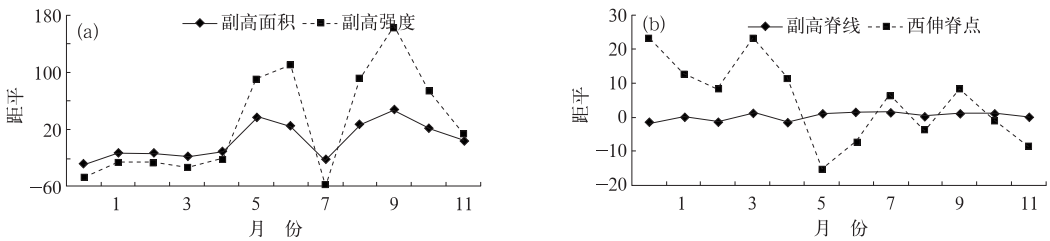


图 5 2010 年 12 月至 2011 年 11 月西太平洋副热带高压指数距平变化

Fig. 5 West Pacific subtropical high index anomalies from December 2010 to November 2011

## 2.3 热带对流活动

2011 年热带太平洋( $10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ )射出长波辐射(outgoing long-wave radiation, OLR)距平的时间-经度剖面图(图 6)表明:7 月底之前,南海和西太平洋暖池区对流比较活跃,并且在 1 月至 2 月初、2 月

下旬至 4 月上旬、5 月下旬至 6 月中旬期间出现三个明显活跃阶段。2011 年 5 月和 6 月生成台风个数异常偏多,台风活动偏早,与春末夏初西太平洋暖池区对流活跃存在密切联系。8 和 10 月,南海和西太平洋区对流活动异常偏弱,大部分区域 OLR 距平值都在  $20 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$  以上,同时西北太平洋副热带

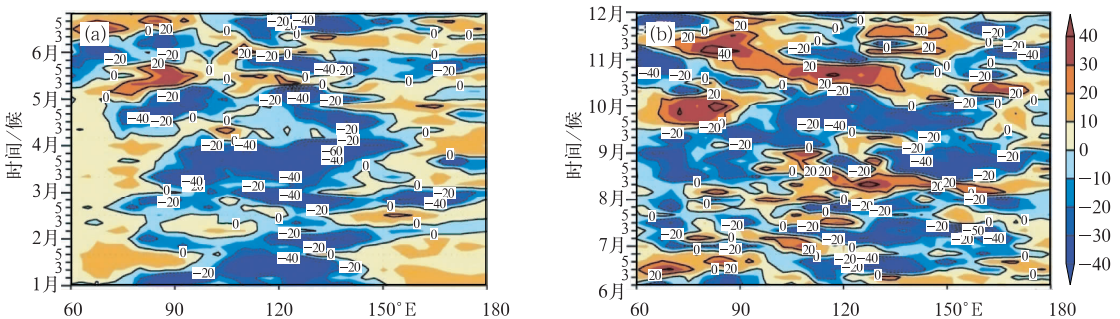


图 6 2011 年热带太平洋( $10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ )射出长波辐射(OLR)距平(单位: $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ )时间-经度剖面图

Fig. 6 Time-longitude sections of OLR over tropical Pacific ( $10^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ )

in (a) January—June and (b) June—December 2011 (unit:  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ )

高压较常年同期偏强、偏大,导致 8 和 10 月台风生成数量较常年同期明显偏少。

### 3 亚洲夏季风

亚洲地区的夏季风主要包括南海夏季风、印度季风(西南季风)和东亚夏季风。不同区域的季风、不同季风的强度变化以及不同的起止日期对我国夏季降水异常的分布均会产生影响<sup>[23-27]</sup>。

#### 3.1 南海夏季风

2011 年南海夏季风于 5 月 2 候爆发(图 7),较常年(5 月第 4 候)偏早。10 月 3 候,随着北方冷空气南下影响我国华南沿海和南海地区,南海地区的热力性质出现明显改变,南海监测区(10°~20°N、110°~120°E)假相当位温明显小于 340 K,且监测区平均纬向风由西风转为东风并稳定持续,副高明显减弱东退,标志着南海夏季风结束,结束日期较常年(9 月第 6 候)偏晚。2011 年南海夏季风强度指数<sup>[28]</sup>为-1.34,总体强度偏弱。从逐候南海夏季风强度的演变分析来看,除 6 月 3—5 候、7 月 2—4 候及 9 月 4 候至 10 月 3 候三时段强度偏强外,其余时段以偏弱为主。

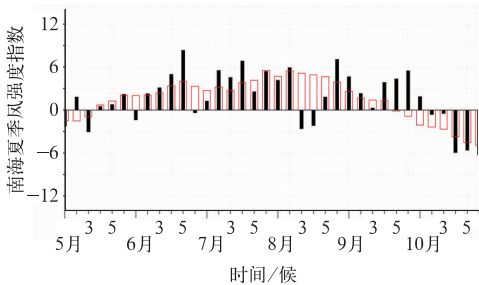


图 7 2011 年 5—10 月逐候南海季风强度指数变化

Fig. 7 Variation of pentad index of South China Sea monsoon from May to October in 2011

#### 3.2 东亚夏季风

鉴于东亚副热带夏季风活动及对我国东部夏季雨带位置分布影响的复杂性<sup>[29-32]</sup>,目前相关科研业务领域有多种不同指数/指标从不同角度和侧面来描述其特征。张庆云等<sup>[24]</sup>定义的东亚夏季风指数是东亚热带季风槽区(10°~20°N、100°~150°E)与东亚副热带地区(25°~35°N、100°~150°E)6—8 月

平均的 850 hPa 风场的纬向风距平差,其强弱能较好地反映夏季中国东部降水的年际变化特征,该指数在 2011 年夏季接近常年(图 8)。国家气候中心东亚夏季风监测诊断业务中采用的东亚夏季风指数,为在 10°~50°N 范围内 110°E 与 160°E 之间的海平面气压差<sup>[23,33]</sup>。如果指数不小于 1.0,则表征东亚夏季风较强,指数小于 0.9 为偏弱,0.9~1.0 之间为正常。2011 年夏季 6、7、8 月的东亚夏季风强度指数分别为 0.90、1.20、-2.47,6 月正常,7 月偏强,8 月异常偏弱,夏季总体偏弱。

2011 年亚洲夏季风总体趋势正常偏弱,有利于我国夏季主要多雨带位于江淮东部至江南北部一带。

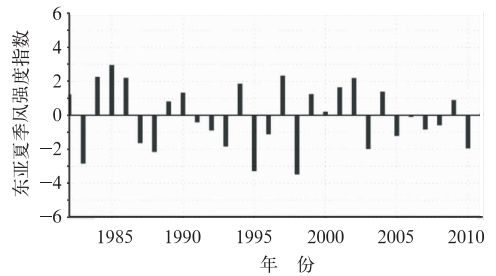


图 8 东亚夏季风强度指数变化

Fig. 8 Variation of annual East Asia summer monsoon index

#### 3.3 夏季风雨带进退特征

受南海夏季风、东亚夏季风、副热带及中纬度环流系统的综合影响,2011 年我国夏季风雨带进程的特征主要表现为:5 月第 2 候至 6 月上旬,南海夏季风持续偏弱,季风雨带维持在华南至江南(图 9),华南前汛期相对常年开始时间偏晚、雨季短;6 月 2 候,东亚副热带季风北推和副高脊线北跳通过 20°N,南海夏季风渐趋活跃、强度偏强,长江中下游地区入梅偏早(6 月 9 日)、出梅早(6 月 26 日)、梅雨量较常年偏多、暴雨过程集中,致使 6 月长江中下游地区局地出现洪涝灾害;6 月 6 候,长江中下游出梅,季风雨带推进至华北地区,华北雨季开始偏早、结束偏晚、雨季偏长;7 月 5 候后,伴随副高脊线南落,我国东部季风区主要雨带开始南移;9 月 1—4 候,我国华西地区降水明显增多,华西进入秋雨期,秋雨阶段性突出、降水量和雨日异常偏多;9 月 5 候至 10 月初,季风雨带回撤至江南至华南,南海夏季风活动异常偏强,加之南海和西北太平洋热带气旋活动影响,华南及其附近地区出现明显降水;10 月 3

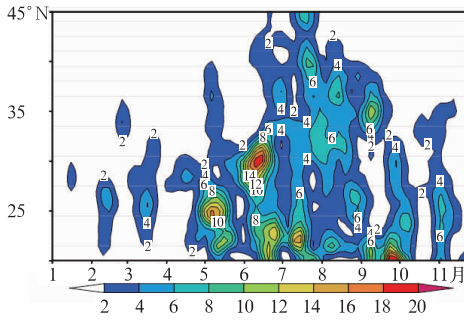


图 9 2011 年  $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$  平均降水量  
时间-纬度剖面图(单位:  $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$ )

Fig. 9 Latitude-time section of daily  
precipitation over  $110^{\circ}\sim 120^{\circ}\text{E}$   
in 2011 (unit:  $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$ )

候,随着北方冷空气南下影响华南沿海和南海地区,南海地区的热力性质出现明显改变,南海夏季风结束,至此 2011 年我国夏季风降水结束。

## 4 台风活动异常

2011 年,西北太平洋和南海共有 21 个热带气旋生成,生成个数较常年(27 个)偏少(图 10),除 5、6 和 9 月生成个数偏多外,其余月份正常或偏少,其中 8 和 10 月明显偏少。有 7 个热带气旋在中国登陆,登陆个数与常年基本持平,登陆热带气旋总体强度偏弱。初台登陆我国时间为 6 月 11 日,较常年偏早;终台登陆我国的时间为 10 月 4 日,接近常年。登陆我国的热带气旋生成位置主要在  $13^{\circ}\sim 20^{\circ}\text{N}$ 、 $117^{\circ}\sim 138^{\circ}\text{E}$  之间,热带气旋生成位置明显偏西。登陆地点分散,以西北行路径为主。

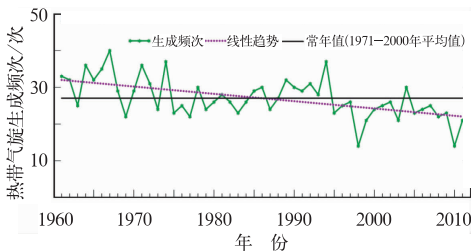


图 10 1961—2011 年西北太平洋和  
南海热带气旋生成频次变化曲线图

Fig. 10 Frequency variation of tropical  
cyclone generated over Northwestern  
Pacific Ocean and South China Sea  
from 1961 to 2011, with  
an average value from 1971 to 2010

西北太平洋和南海热带气旋活动处在偏少的年代背景下<sup>[34-36]</sup>,2011 年在西北太平洋和我国南海海域热带气旋生成个数总体偏少符合年代际特征。同时,2011 年南海夏季风偏弱,导致南海及附近区域水汽输送偏弱,不利于台风的发展加强,其中 8 和 10 月南海区域对流活动明显偏弱,直接导致该区域生成台风较常年同期明显偏少。8 和 10 月,西北太平洋副热带高压总体表现为较常年同期强度偏强、面积偏大。西北太平洋在强大的副高控制下,下沉气流异常强,不利于台风生成及发展。热带大气季节内振荡(MJO)对于南海季风活跃程度和西北太平洋热带气旋活动有重要影响<sup>[37]</sup>,8 月 MJO 不活跃,10 月 MJO 触发的对流主要在西半球和非洲,均不利于西北太平洋和南海地区热带气旋生成。

## 5 小结

2011 年,中国平均降水量异常偏少,平均气温较常年同期偏高,总体呈暖干气候特征,区域性、阶段性气象灾害频繁,季风雨带自南向北推进进程明显提前、6 月长江中下游地区旱涝急转,西南地区夏秋连旱,华西秋雨异常偏多等气候异常特征显著。全球海洋外源强迫和大气内部动力过程共同作用下的大气环流系统组合异常,是造成 2011 年中国气候异常的主要原因。全球海洋和大气环流异常的主要表现为:2010 年 7 月开始的拉尼娜事件于 2011 年 4 月结束后,9 月赤道中东太平洋海温再次回落进入拉尼娜状态;同期热带印度洋海温距平演变先后经历负偶极型海温模态和全区一致型暖海温异常两阶段;春季北大西洋海温距平表现为“三极型海温异常”分布形势。2010/2011 年东亚冬季风偏强,2011 年南海夏季风爆发时间偏早、结束时间偏晚,东亚夏季风正常偏弱;西太平洋副热带高压在 5 月之前异常偏弱、偏东,5—10 月总体偏强;2011 年西太平洋和南海海域热带气旋生成数量较常年同期偏少。

由于影响中国气候异常的因子多、组合关系复杂多变,本文仅限于从海洋和大气环流异常角度对 2011 年气候异常进行初步诊断归因分析。尤其在全球气候变化背景下,影响因子与中国气候异常的物理统计关系正经历着年代际变化,极端天气气候事件和气候异常的成因机制趋于复杂,对于 2011 年中国气候异常的诊断归因仍需开展深入的分析研究工作。

**致谢:**感谢赵振国研究员对本文提出宝贵的指导意见。

## 参考文献

- [1] 高辉,王永光. 2007年海温和大气环流异常及对我国气候的影响[J]. 气象,2008,34(4):107-112.
- [2] 张培群,贾小龙,王永光. 2008年海洋和大气环流异常及对中国气候的影响[J]. 气象,2009,35(4):112-117.
- [3] 艾婉秀,孙林海,宋文玲. 2009年海温和大气环流异常及对中国气候的影响[J]. 气象,2010,36(4):101-105.
- [4] 贾小龙,陈丽娟,龚振淞,等. 2010年海温和大气环流异常及对中国气候的影响[J]. 气象,2011,37(4):446-453.
- [5] 吕心艳. 2011年8月大气环流和天气分析[J]. 气象,2011,37(11):1453-1458.
- [6] 李晓燕,翟盘茂. ENSO事件指数与指标研究[J]. 气象学报,2000,58(1):102-109.
- [7] Lau K M, Wu H T. Principal modes of rainfall-SST variability of the Asian summer monsoon: A reassessment of monsoon-ENSO relationship[J]. J Climate, 2001, 14(13): 2880-2895.
- [8] Moore A M, Kleeman R. Stochastic forcing of ENSO by the intraseasonal oscillation[J]. J Climate, 1999, 12(5): 1199-1220.
- [9] Weisberg R H, Wang C Z. A western Pacific oscillator paradigm for the El Niño-Southern Oscillation[J]. Geophys Res Lett, 1997, 24(7): 779-782.
- [10] Weisberg R H, Wang C Z. Slow variability in the equatorial west central Pacific in relation to ENSO[J]. J Climate, 1997, 10: 1998-2017.
- [11] Mantua N J, Hare S R, Zhang Y, et al. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production[J]. Bull Am Meteor Soc, 1997, 78(6): 1069-1079.
- [12] Zhang Y, Wallace J M, Battisti D S. ENSO-like interdecadal variability: 1900-93[J]. J Climate, 1997, 10(5): 1004-1020.
- [13] Saji N H, Goswami B N, Vinayachandran P N, et al. A dipole mode in the tropical Indian Ocean[J]. Nature, 1999, 401: 360-363.
- [14] Xie S P, Hu K M, Hafner J, et al. Indian Ocean capacitor effect on Indo-Western Pacific climate during the summer following El Niño[J]. J Climate, 2009, 22(3): 730-747.
- [15] Huang G, Hu K M, Xie S P. Strengthening of tropical Indian Ocean teleconnection to the Northwest Pacific since the mid-1970s: An atmospheric GCM study[J]. J Climate, 2010, 23(19): 5294-5304.
- [16] Sutton R T, Allen M R. Decadal predictability of North Atlantic sea surface temperature and climate[J]. Nature, 1997, 388: 563-567.
- [17] Grötzner A, Latif M. A decadal climate cycle in the North Atlantic Ocean as simulated by the ECHO coupled GCM[J]. J Climate, 1998, 11(5): 831-847.
- [18] 潘婕. 夏季欧亚中高纬持续异常环流研究[D]. 北京:中国科学院研究生院, 2007.
- [19] Thompson D W J, Wallace J M. The Arctic Oscillation signature in the wintertime geopotential height and temperature fields[J]. Geophys Res Lett, 1998, 25(9): 1297-1300.
- [20] 赵振国. 中国夏季旱涝及环境场[M]. 北京:气象出版社, 1999.
- [21] 符娇兰. 2011年3月大气环流和天气分析[J]. 气象, 2011, 37(6): 756-763.
- [22] 陶诗言, 卫捷. 再论夏季西太平洋副热带高压的西伸北跳[J]. 应用气象学报, 2006, 17(5): 513-525.
- [23] 赵汉光, 张先恭. 东亚季风和我国夏季雨带的关系[J]. 气象, 1996, 22(4): 8-12.
- [24] 张庆云, 陶诗言, 陈烈庭. 东亚夏季风指数的年际变化与东亚大气环流[J]. 气象学报, 2003, 61(4): 559-568.
- [25] 赵平, 周自江. 东亚副热带夏季风指数及其与降水的关系[J]. 气象学报, 2003, 63(6): 933-941.
- [26] Gao H, Liang J Y. Determination of South China Sea Monsoon onset and East Asian Summer Monsoon index[J]. J Trop Meteorol, 2006, 12(1): 1-8.
- [27] He J H, Zhao P, Zhu C W, et al. Discussion of Some Problems as to the East Asian Subtropical Monsoon[J]. Acta Meteor Sinica, 2008, 22(4): 419-434.
- [28] 何敏, 许力, 宋文玲. 南海夏季风爆发日期和强度的短期气候预测方法研究[J]. 气象, 2002, 28(10): 9-13.
- [29] Tao S Y, Chen L X. A review of recent research on the East Asia summer monsoon in China[M]. // Chang C P, Krishnamurti T N. Monsoon Meteorology. New York: Oxford University Press, 1987: 60-92.
- [30] Ding Y H. Monsoon over China[M]. Dordrecht, Boston, London: Kluwer academic Publisher, 1994: 419.
- [31] Li J, Zeng Q. A unified monsoon index[J]. Geophysical Research Letters, 2002, 29(8), 1274. doi:10.1029/2001GL013874.
- [32] Wang B, Wu Z, Li J, et al. How to measure the strength of the East Asian summer monsoon[J]. J Climate, 2008, 21(17): 4449-4463.
- [33] 朱艳峰, 李威, 王小玲, 等. 东亚夏季风监测诊断业务系统[J]. 气象, 2007, 33(9): 98-102.
- [34] 申松林, 江静. 西北太平洋台风频数异常年的气候背景分析[J]. 气象, 2010, 36(5): 64-70.
- [35] 孙冷. 2010年西北太平洋热带气旋活动特征及成因的初步分析[J]. 气象, 2011, 37(8): 923-930.
- [36] Ren F M, Liang J, Wu G X, et al. Reliability analysis of climate change of tropical cyclone activity over the Western North Pacific[J]. J Climate, 2011, 24(22): 5887-5898.
- [37] 李崇银. 西北太平洋台风活动与大气季节内振荡[J]. 气象, 2012, 38(1): 1-16.