

支蓉,陈丽娟,竺夏英,2018. 2017年秋季我国北方地区降水异常偏多成因分析[J]. 气象,44(4):572-581.

2017年秋季我国北方地区降水 异常偏多成因分析^{*}

支蓉¹ 陈丽娟^{1,2} 竺夏英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: 根据国家气象信息中心提供的中国台站气温、降水资料,NCEP/NCAR逐日大气环流再分析资料和NOAA提供的月平均海温资料,分析了2017年秋季我国北方地区降水异常偏多的成因。结果表明2017年秋季我国降水阶段性特征明显,9—10月北方地区降水异常偏多主要受东亚环流型组合异常的影响。东亚500 hPa高度距平场从高纬至低纬呈“十—十”的异常分布,极区高度场偏高,极涡分裂偏向东北亚地区,贝加尔湖-巴尔喀什湖地区为显著低槽区,西太平洋副热带高压较常年偏强偏西偏北,有利于华西秋雨偏强。此外,850 hPa距平风场上朝鲜半岛的反气旋式环流异常有利于引导偏东路径的冷湿气流输送至黄河与长江之间的地区,与来自孟加拉湾和南海的暖湿气流交汇,形成水汽通量异常辐合区,造成黄淮及江淮等地降水异常偏多。进一步诊断表明热带中东太平洋海温秋季转为偏冷状态,热带太平洋地区Walker环流明显增强,有利于西太平洋副热带高压偏强西伸偏北;9—10月热带印度洋偶极子维持正位相有利于在孟加拉湾形成反气旋式环流异常,并同样有利于副热带高压西伸偏北。因此,海温外强迫信号的影响加上中高纬环流异常的共同作用造成9—10月东亚环流型异常特征,并进一步导致我国北方地区降水异常偏多。

关键词: 秋季降水,北方地区,西太平洋副热带高压,海温异常

中图分类号: P461

文献标志码: A

DOI: 10.7519/j.issn.1000-0526.2018.04.011

Analysis of Characteristics and Causes of Precipitation Anomalies over Northern China in Autumn 2017

ZHI Rong¹ CHEN Lijuan^{1,2} ZHU Xiaying¹

1 Laboratory of 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: The stage characteristics of precipitation over China in the autumn of 2017 is obvious, and the significantly above-normal precipitation over northern China from September to October was mainly influenced by the East Asia circulation pattern anomaly. The distribution of 500 hPa height anomaly field in East Asia was “十—十” from high to low latitude. The polar height field was higher than normal, the polar vortex split and inclined to Northeast Asia, the area between Baikal Lake and Balkhash Lake was under a significantly low trough, and the West Pacific subtropical high was stronger, stretching more westward and northward than normal, which is favorable to the intensive autumn rainfall in West China. In addition, anticyclonic circulation anomaly over Korean Peninsula was conducive to guiding the cold and wet airflow

^{*} 国家自然科学基金面上项目(41575074)、国家重点基础研究发展计划(973计划)(2015CB453203)和国家自然科学基金重点项目(41730964)共同资助

2018年2月11日收稿; 2018年3月19日收修定稿

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

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

along the easterly path to the area between the Yellow River and the Yangtze River, and to converging with the warm and wet airflow from the Bay of Bengal and the South China Sea. The water vapor flux convergence resulted in precipitation anomalies in the Huanghuai and Jianghuai regions. Further diagnosis shows that the tropical Middle East Pacific sea surface temperature turned cold in autumn, and the Walker circulation in the tropical Pacific increased obviously, which is beneficial to the westward and northward extension of the stronger West Pacific subtropical high. The positive phase of the tropical Indian Ocean dipole in September–October was favorable for the formation of anticyclonic circulation anomalies in the Bay of Bengal, and also beneficial to the westward and northward extension of the West Pacific subtropical high. Therefore, the influence of the external forcing signal of sea surface temperature and the circulation anomaly in the middle and high latitudes over East Asia led to more precipitation over northern China.

Key words: autumn precipitation, northern China, West Pacific subtropical high, sea surface temperature anomalies

引 言

中国地处东亚季风区,季风气候显著。秋季是夏季风环流向冬季风环流转变的过渡时期,随着东亚夏季风系统的南撤,季风槽南移,西太平洋副热带高压(以下简称副高)东撤南退,中国东部地区雨季结束。但此时来自孟加拉湾的西南季风和水汽输送仍然较强,同时中高纬冷空气活动开始活跃,在有利的形势下,往往造成冷暖空气交汇,从而使得某些地区降水出现异常。这其中西北地区由于特殊的地理位置,秋雨特征显著,很早就引起气象学家的重视(高由禧,1958;高由禧和郭其蕴,1958)。同时由于秋季是我国秋收秋种的重要季节,秋季的天气气候异常将对我国粮食生产和人民生活安全造成严重的影响。因此做好秋季气候异常的诊断分析和预测(鲍媛媛等,2003;贾小龙等,2008;王朋岭等,2014;司东等,2015;聂羽等,2016;竺夏英和宋文玲,2017)将有利于认识秋雨发生的科学规律,有助于防灾减灾。

自20世纪90年代以来,我国秋季气温总体处于偏暖的年代际背景下;而秋季降水自21世纪以来进入偏多的时段。此外秋季气候受到海温等多种外强迫因子的影响(湛芸和施能,2003;韩晋平等,2013;王春学等,2015b),还有显著的年际变化特征。2017年,我国秋季气候总体表现为“暖湿”的特征,全国大部分地区气温偏高,但降水偏多区域主要集中在长江以北地区。本文从2017年秋季我国主要气候特点出发,通过诊断分析造成气候异常的大气环流特征和外强迫信号,探讨造成2017年秋季气候异常的可能成因,为今后的气候预测和服务提供参考。

1 资料和方法

本文使用的资料主要有:中国气象局国家气象信息中心整编的1961—2017年中国地面基本气象要素日值数据集(V3.0)逐日气温和降水观测资料、国家气候中心提供的160站月降水观测资料、NCEP/NCAR逐日再分析大气环流资料(Kalnay et al,1996)以及NOAA提供的逐月海温资料(Reynolds et al,2007)。文中部分图形出自国家气候中心开发的“气象灾害影响评估系统”及“大气环流交互诊断系统”(http://cmdp.ncc-cma.net/Monitoring/cn_stratosphere.php#seasonal)。文中气候态取1981—2010年平均。使用的统计方法主要有相关、合成等。

2 2017年秋季我国主要气候异常特征

2017年秋季,全国平均气温为 10.8°C ,较常年同期(9.9°C)偏高 0.9°C (图1a)。从空间分布看,全国大部分地区气温接近常年同期至偏高,其中内蒙古西部、西北地区西南部和中部、西藏、西南地区西部、江南地区南部和东部等地气温较常年同期偏高 $1\sim 2^{\circ}\text{C}$,局部偏高 2°C 以上;而内蒙古东部、东北地区北部和东部、江淮地区西部和江汉地区东部等地气温较常年同期偏低,其中内蒙古东部局部和东北地区北部局部偏低 $0.5\sim 1^{\circ}\text{C}$ (图1b)。

2017年秋季,全国平均降水量为 123.2 mm ,较常年同期(119.8 mm)偏多 2.8% (图2a),但空间分

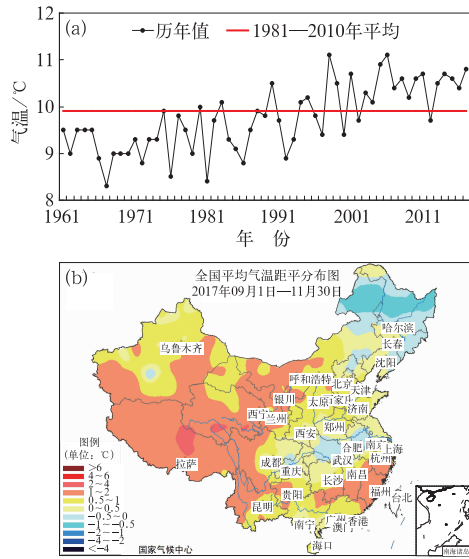


图 1 1961—2017 年秋季全国平均气温
历年变化(a)及 2017 年秋季全国气温
距平分布(b)
Fig. 1 Time series of autumn mean temperature
over China during 1961—2017 (a) and distribution
of temperature anomalies in autumn 2017 (b)

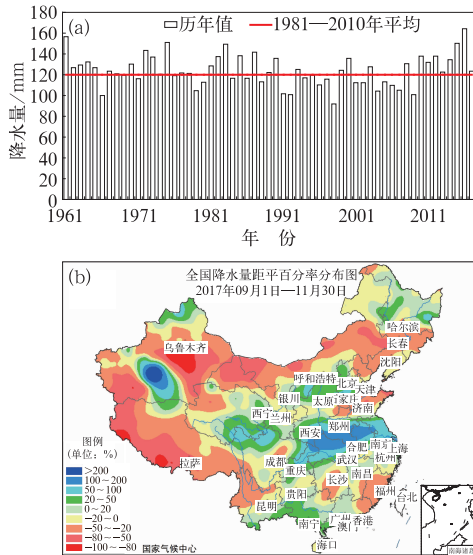


图 2 1961—2017 年秋季全国平均降水量
历年变化(a)及 2017 年秋季全国
降水量距平百分率分布(b)
Fig. 2 Time series of autumn rainfall over China
during 1961—2017 (a) and distribution
of precipitation anomaly percentage
in autumn 2017 (b)

布非常不均匀,其中长江以北的大部分地区降水较常年明显偏多。新疆北部、西南北部和东部局部、东

北北部、华北大部、黄淮南部、江汉、江淮大部、江南东北部及华南西部等地较常年偏多 2~5 成,尤其是西南北部、江汉、黄淮南部至江淮大部等黄河与长江之间的大部分地区降水偏多 1 倍以上,汉水流域发生洪涝灾害;内蒙古中东部和西部、新疆东部、西藏大部、东北南部、黄淮北部及江南东南部等地降水较常年明显偏少,部分地区偏少 8 成至 1 倍(图 2b)。

根据国家气候中心华西秋雨监测业务规定(2015 年试行),2017 年华西秋雨监测区(图 3)降水总体较常年偏多 48.6%。其中北区华西秋雨开始日期较气候平均值偏早 14 d,结束日期偏晚 5 d,秋雨期偏长 19 d,累积降水量偏多 71.5%。南区华西秋雨开始日期偏早 16 d,结束日期偏早 5 d,秋雨期偏长 11 d,累积降水量偏多 74.7%,居 1961 年以来第三位(表 1)。

2017 年秋季我国气候总体呈现“暖湿”特征,但季节内降水的空间分布具有明显的阶段性变化特征:9—10 月的主要降水异常落区为华西、黄淮大部及江淮等地,同时决定了季节尺度主要多雨带的

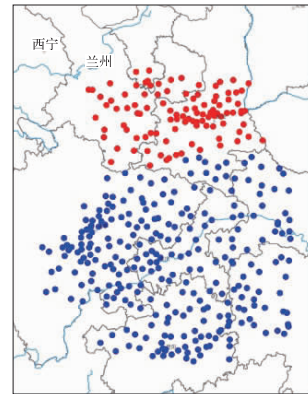


图 3 华西秋雨监测站点
(红点:北区,蓝点:南区)
Fig. 3 West China autumn rain monitoring stations
(red dot; northern area, blue dot; southern area)

表 1 2017 年华西秋雨指数特征
Table 1 Indexes of autumn rainfall
in West China in 2017

	开始时间 (气候值)	结束时间 (气候值)	持续时间/d (气候值)	秋雨量/mm (气候值)
北区	8 月 25 日 (9 月 8 日)	10 月 18 日 (10 月 13 日)	54 (35)	234.1 (136.5)
南区	8 月 24 日 (9 月 9 日)	10 月 26 日 (10 月 31 日)	63 (52)	322.2 (184.4)
总体	8 月 24 日 (8 月 31 日)	10 月 26 日 (11 月 1 日)	63 (62)	301.4 (202.8)

特征(图4a);而11月降水异常的空间特征则发生了显著变化,主要多雨区位于江南中东部到华南地区(图4b)。降水异常空间型的变化伴随着大气环流的调整和次季节尺度大气演变特征。为了突出气候异常特征并使降水成因分析更有针对性,下面将重点分析9—10月我国北方地区降水异常偏多的原因,该时段是华西秋雨发生的典型阶段,同时也是黄淮及江淮出现异常降水的集中时段。

在何敏(1984)的研究中将我国秋雨区分成一般秋雨区和明显秋雨区,华西属于明显秋雨区,而黄淮和长江中下游的大部分地区属于一般秋雨区。2017年秋季降水不仅表现为华西地区降水较常年偏强,

黄淮和江淮的秋雨强度也不弱于华西地区。统计显示(图4c),2017年黄淮和江淮地区9—10月平均降水量较常年同期偏多63.9%,居1961年以来第六位。黄淮和江淮地区出现的明显秋汛对当地秋收秋种产生显著的不利影响,因而更值得探讨该地区降水异常偏多的成因。

3 2017年9—10月我国北方降水异常偏多成因分析

3.1 造成9—10月北方降水偏多的大气环流异常特征

2017年9—10月,东亚地区500 hPa高度距平场(图5a)自高纬至低纬呈“+—+”的异常分布特征,极区高度场偏高,有利于冷空气扩散,且极涡分裂偏向东北亚地区导致该地区高度场偏低,中纬度贝加尔湖-巴尔喀什湖地区为显著的低槽区,低纬度副高偏强并异常西伸至100°E以西,脊线位置偏北,且我国东部黄河以南的区域上空高度场偏高。值得注意的是在850 hPa高度距平场(图5b)上,朝鲜半岛附近为高度场正距平中心,850 hPa距平风场(图5c)上东北南部到朝鲜半岛地区为异常反气旋式环流,有利于引导偏东路径的冷空气南下。影响我国的冷空气活动一般分为西路、中路、东路等路径,其中偏东路径的冷空气活动一般与极涡分裂及形态有密切关系。从图5c可以看出,来自新疆、蒙古国等西路和中路的冷空气并不强,长江以北地区没有偏北风距平,但是通过朝鲜半岛地区异常反气旋式环流引导的冷空气沿半岛南部的偏东风分量很强,将来自东北亚和日本海的冷湿气流向我黄淮和江淮等区域输送。此外,图5c还显示菲律宾附近为异常气旋式环流,南海北部为偏东风距平;孟加拉湾东部到中南半岛为异常反气旋式环流,中南半岛北部为偏西风距平,两支暖湿气流在华南交汇后北上。该气流与来自东北亚和日本海的冷湿气流在我国长江与黄河的区域交汇,在该区域形成水汽通量异常辐合区(图5d),造成西南地区北部、江汉、黄淮及江淮等地降水明显偏多。

根据前人的研究,贝加尔湖-巴尔喀什湖地区低槽偏强和副高偏强偏西的环流配置非常有利于华西秋雨偏强,2017年9—10月的环流型及华西地区降水偏强的特征与已有研究结论相符合(冯丽文和郭

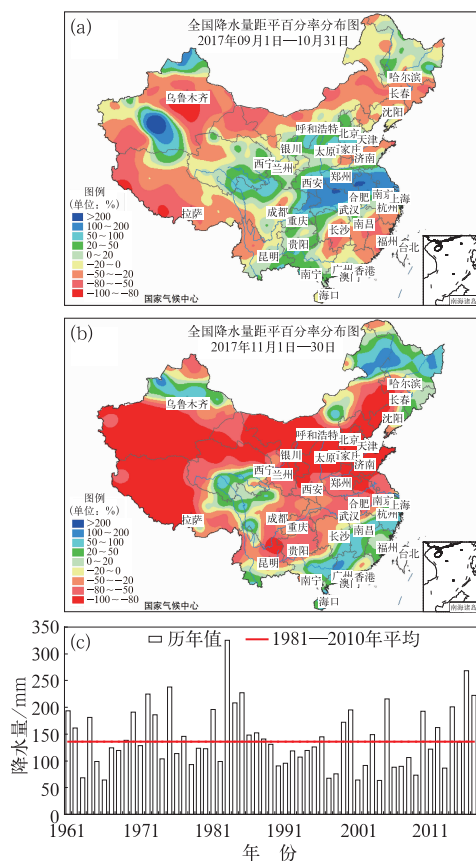


图4 2017年9—10月平均(a)和11月(b)全国降水量距平百分率分布, 1961—2017年9—10月黄淮和江淮平均降水量历年变化(c)

Fig. 4 The distribution of precipitation anomaly percentage in China in September—October (a) and November (b) 2017; (c) time series of autumn rainfall over Huanghuai and Jianghuai regions during 1961—2017

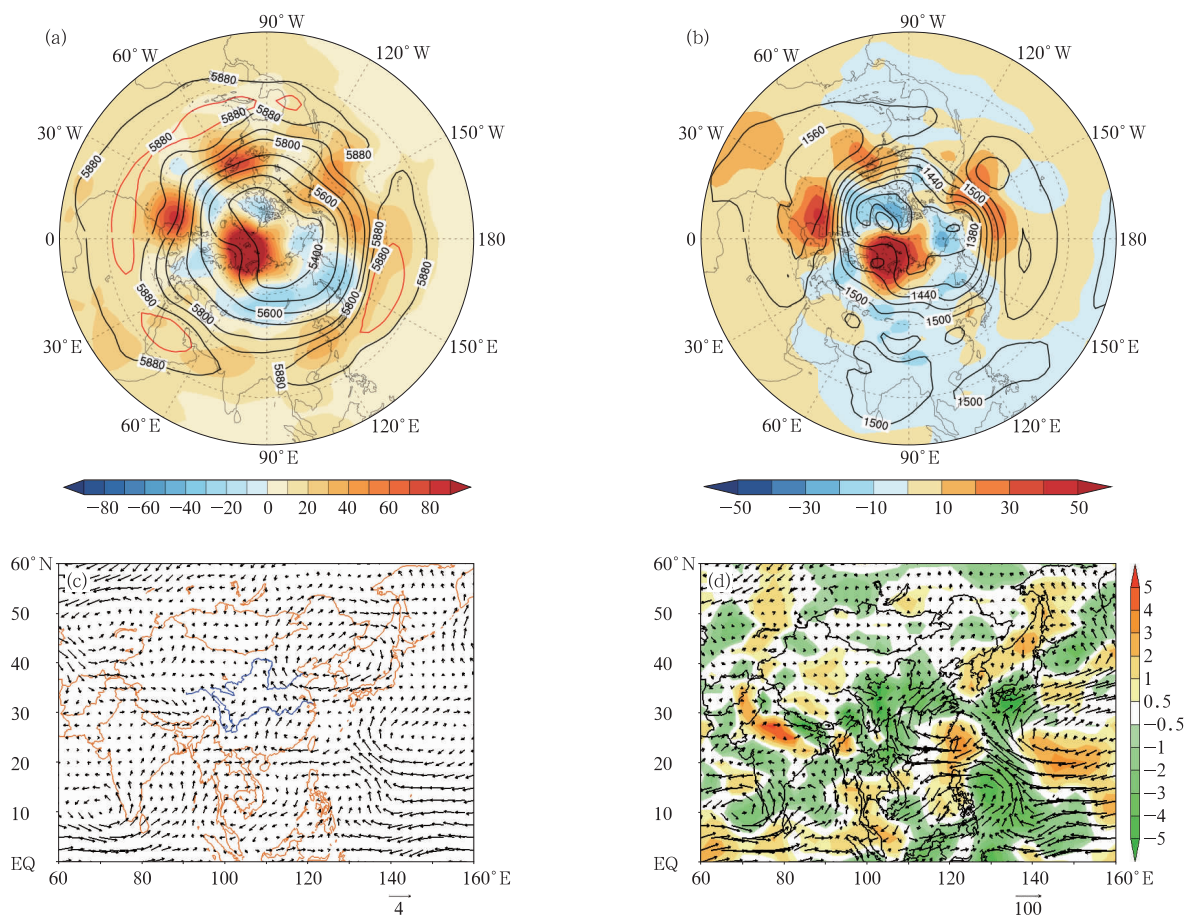


图5 2017年9—10月平均大气环流距平场

(a)500 hPa和(b)850 hPa位势高度(等值线)及距平场(填色)(红色线为气候平均的5880 gpm等值线)(单位:gpm);(c)850 hPa距平风场(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$);
(d)对流层整层积分水汽通量距平(矢量,单位: $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$)及水汽通量散度距平场(填色,单位: $10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)

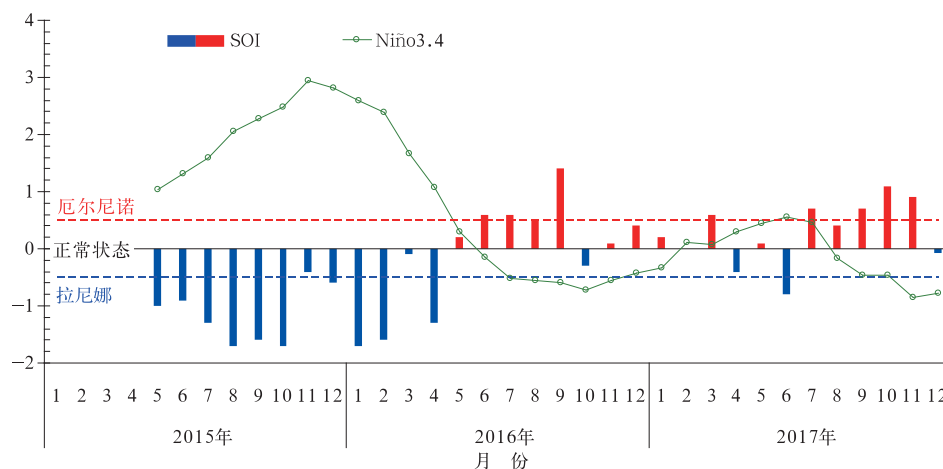
Fig. 5 Averaged atmospheric circulation anomalies in September–October 2017

(a) 500 hPa and (b) 850 hPa geopotential height (contours) and anomalies (colored areas) (Red contours stand for the climatological 5880 gpm contours) (unit: gpm); (c) 850 hPa wind anomalies (unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$); (d) anomalies of moisture flux integrated from 100 hPa to 300 hPa (vectors, unit: $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$) and divergence (colored areas, unit: $10^{-5} \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)

其蕴,1983;何敏,1984;白虎志和董文杰,2004;王遵娅和丁一汇,2008)。而黄淮和江淮等地的秋雨偏强显然与两个关键环流因素有关,一是副高偏北偏西,使得江南东部为对流层中低层的反气旋式环流中心,对暖湿水汽自南向北的输送和多雨区在北方的位置起到关键作用;二是朝鲜半岛的反气旋式环流异常有利于引导偏东路径的冷湿气流沿朝鲜半岛南部西进到黄河与长江之间的地区,从而与北上的暖湿水汽汇合,形成异常辐合,由于水汽条件充足,形成强降水和秋汛。

3.2 造成9—10月大气环流异常的关键海温外强迫因子

西太平洋副高特征是决定我国水汽输送条件的关键因子,而副高又受到太平洋和印度洋等海温外强迫信号的影响。继2014—2016年的超强厄尔尼诺事件(邵懿和周兵,2016;袁媛等,2016;翟盘茂等,2016)于2016年春季结束后,赤道中东太平洋转入近中性状态(图6),其中2016年7—11月Niño 3.4指数 $\leq -0.5^\circ\text{C}$,2017年5—7月维持在 0.5°C 附近,

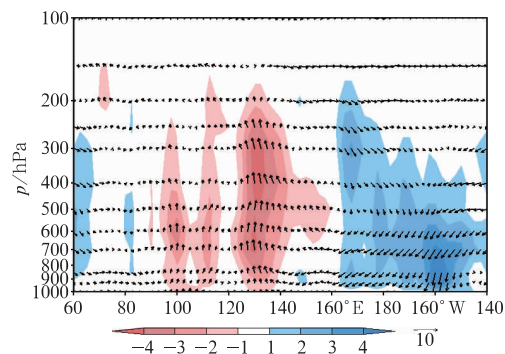
图6 2015—2017年 Niño3.4 指数(单位: $^{\circ}\text{C}$)和 SOI 指数Fig. 6 Monthly Niño3.4 (unit: $^{\circ}\text{C}$) and SOI index during 2015—2017

随后于9月开始再次 $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$ 。值得注意的是 SOI 指数在 2017 年 7—11 月持续维持正位相,赤道中东太平洋冷水状态与热带太平洋上空大气的耦合度较高,这一特征显著不同于 2016 年秋季的弱冷水阶段。同时通过 9—10 月 Walker 环流距平图(图 7)可以看到,赤道西太平洋上升气流和中东太平洋下沉气流的整体性很强,显示 Walker 环流明显增强的特征,是典型的 La Niña 状态特点。

有大量研究探讨了热带太平洋海温特征与我国秋季降水的关系(李耀辉等,2001;湛芸和施能,2003;贾小龙等,2008;顾薇等,2012;韩晋平等,2013;Gu et al,2015;何珊珊等,2015),多数观点认为,热带中东太平洋处于拉尼娜状态或偏冷位相时,抑制了该地区上空大气的对流活动,而在热带西太平洋上空对流旺盛,从而导致西北太平洋出现异常反气旋,引起西太平洋副高偏强西伸,我国北方秋雨偏多而南方偏少。其中顾薇等(2012)的研究考虑到热带中东太平洋的海温变化与西太平洋海温变化的差异,能更好地反映海温东西变率差异与我国秋季降水的关系。尤其是从春季开始逐步发展并维持至冬季的赤道中东太平洋(Niño3 区+Niño4 区,下同)一致偏暖/冷,有利于秋季长江以北的黄淮、江淮、华北及河套等地区降水偏少/多。根据国家气候中心 ENSO 监测业务标准及顾薇等(2012)的定义计算了 1982—2017 年赤道中东太平洋夏季和秋季季节平均海温指数(图 8),可以看出,夏、秋季赤道中东太平洋海温持续性非常好,同号率达到 88.9%;仅 1983、1992、2005 和 2017 年出现了夏、秋季海温

指数不同号的情况,均由夏季的正海温异常转为秋季的负海温异常。2017 年夏季赤道中东太平洋总体为中性偏暖状态,秋季则迅速转为较显著的偏冷状态。

分夏、秋季赤道中东太平洋持续偏暖且秋季海温指数 $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$ (1982、1986、1987、1991、1994、1997、2002、2004、2006、2009、2014 和 2015 年)和夏、秋季赤道中东太平洋海温持续偏冷且秋季海温指数 $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$ (1984、1988、1995、1998、1999、2000、2007、2010 和 2011 年)两种情况,选取典型年进行 9—10 月平均 500 hPa 高度距平场合成分析(图 9)。可以看出,在赤道中东太平洋夏、秋季持续偏暖的年份,东亚地区 500 hPa 环流场自北向南呈“一+一+”的异常分布,极地高度场负异常,45°N 以北为高度场正异常,中国中东部 20°~45°N 范围内为高度场负

图7 2017年9—10月平均 Walker 环流距平图
(阴影,单位: $0.01 \text{ Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)Fig. 7 Walker circulation anomalies in
September—October 2017
(shaded area, unit: $0.01 \text{ Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)

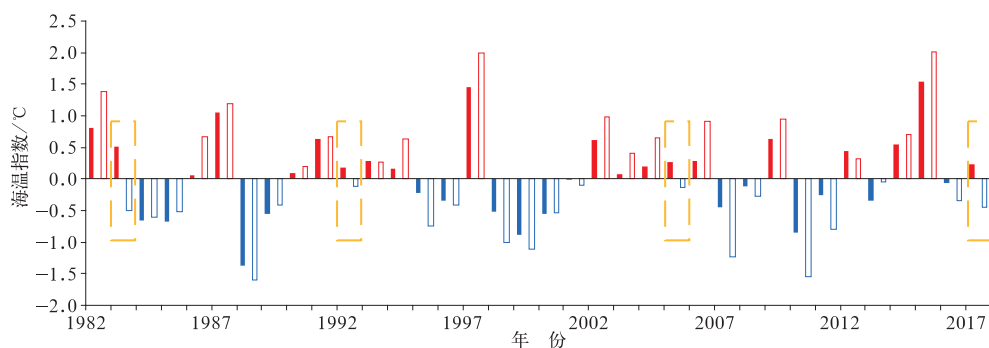


图 8 1982—2017 年赤道中东太平洋夏季(实心柱)和秋季(空心柱)海温指数演变

(黄色方框表示夏、秋季赤道中东太平洋海温指数由正转负年份)

Fig. 8 Sea surface temperature index of equatorial middle—east Pacific in summer (solid column) and autumn (hollow column) during 1982—2017

(Yellow boxes indicate the years when sea surface temperature index of equatorial middle—east Pacific changed from positive in summer to negative in autumn)

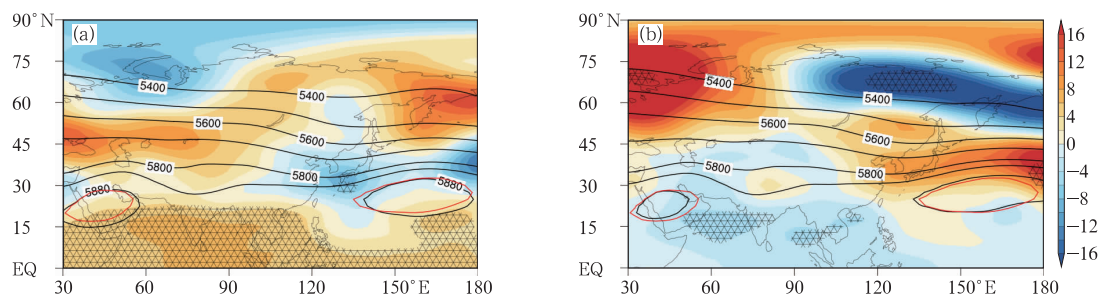


图 9 2017 年 9—10 月 500 hPa 位势高度距平场合成分析

(a) 夏、秋季赤道中东太平洋持续偏暖且秋季海温指数 $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$ 的年份,

(b) 夏、秋季赤道中东太平洋持续偏冷且秋季海温指数 $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$ 的年份

(红色线为气候平均的 5880 gpm 等值线,阴影区为通过 0.10 显著性水平检验区域,单位:gpm)

Fig. 9 Composite anomalies of 500 hPa geopotential height in September—October 2017

(a) years when sea surface temperature index of equatorial middle—east Pacific in summer is positive and the index $\geq 0.5^{\circ}\text{C}$ in autumn; (b) years when sea surface temperature index of equatorial middle—east Pacific in summer is negative and the index $\leq -0.5^{\circ}\text{C}$ in autumn

(Red contours stand for the climatological 5880 gpm contours, shading indicates the area has passed the 0.10 significance level test, unit: gpm)

距平,西太平洋副高偏东偏南(图 9a)。在赤道中东太平洋夏秋季持续偏冷的年份,东亚地区 500 hPa 高度距平场的特征与偏暖年份恰好相反,自北向南呈“+—+—”的异常分布,中国中东部 $28^{\circ}\sim 55^{\circ}\text{N}$ 为正高度距平,西太平洋副高偏西偏北(图 9b)。对比图 5a 与图 9b 可以发现,两者在中高纬度的特征非常相似。

ENSO 循环对中国秋季降水有重要影响,考虑到海温的慢变特性及大气对海温变化的响应往往有滞后效应存在,在以往的研究和预测应用中,通常将前期夏季的海温状况作为最重要的前兆信号来考

虑,但回顾 2017 年 9—10 月的降水实况及类似的 1983、1992 和 2005 年环流、降水特征,热带太平洋海温夏、秋季的持续性在统计上显著但也有例外年份。这说明除了考虑大气对热带太平洋海温冷暖转换的响应程度和响应速度外,还需要同时考虑其他海温因素的影响。

除热带太平洋外,热带印度洋是影响东亚环流的另一个重要因素。已有研究探讨过印度洋海温异常尤其是热带印度洋偶极子(TIOD)与中国秋季降水的关系(刘宣飞和袁慧珍,2006a;2006b;肖莺等,2013;刘佳等,2015)。一般认为夏、秋季印度洋偶极

子均与中国南方秋季降水有很好的正相关关系,同时 ENSO 事件的发生对 TIOD 与中国秋季降水的关系有调制作用,导致 TIOD 与 ENSO 事件联合作用和独立作用时对秋季气候的影响不同。

根据国家气候中心的监测,TIOD 指数自 2017 年 2 月由负位相转为正位相之后,一直持续加强,至 9—10 月有所减弱,但依然维持正位相特征(图 10a)。从 1982—2017 年 9—10 月平均 TIOD 指数与赤道中东太平洋海温逐月指数的超前滞后相关可以看出(图 10b),TIOD 对赤道中东太平洋海温变化存在 3 个月左右的显著滞后响应。虽然赤道中东太平洋在 2017 年 9 月进入显著冷水状态,但 TIOD 一直维持正位相,仍然表现为对前期春、夏季赤道中东太平洋中性偏暖状态的滞后响应。

根据刘宣飞和袁慧珍(2006b)的研究,我们首先计算了 1982 年以来 9—10 月赤道中东太平洋海温指数与同期 TIOD 指数的相关,相关系数达到 0.68,通过了 0.01 的显著性水平检验,表明在全球变暖的背景下,当前 TIOD 与 ENSO 之间的关系依然显著。对 1982 年以来 TIOD 正位相与 El Niño 联合发生年(1982、1991、1994、1997、2002、2006 和 2015 年)及 TIOD 正位相独立发生年(2007、2011 和 2012 年)分别进行了典型年降水量距平百分率的合成。可见 TIOD 正位相与 El Niño 联合发生年秋季降水的主要区域集中在长江以南地区(图 11a),而 TIOD 正位相独立发生年秋季降水主要落区明显偏

北(图 11b)。图 11c 给出了 TIOD 正位相独立发生年 9—10 月平均 500 hPa 高度场减去 TIOD 正位相与 El Niño 联合发生年 9—10 月平均 500 hPa 高度场的差值场,结果表明 TIOD 正位相独立发生年西太平洋副高偏强偏西偏北的特征更为显著,从而有利于暖湿水汽输送至我国更偏北的地区。此外,两组典型年份 9—10 月平均 850 hPa 风场的差值场(图 11d)显示,TIOD 正位相独立发生年更有利于在孟加拉湾地区形成反气旋式环流异常,从而进一步加强了自南向北输送向我国的暖湿气流。

上述分析显示,2017 年 9—10 月东亚环流特征受到多种环流异常配置及海温外强迫因子的影响,极涡分裂偏向东北亚地区及 850 hPa 距平风场上朝鲜半岛的异常反气旋式环流为偏东路径的冷空气活动提供了条件,而赤道中东太平洋冷水状态和热带印度洋偶极子正位相的组合影响有利于西太平洋副高偏强偏西偏北,从而为暖湿气流向北输送奠定了基础。正是在这样的环流异常组合影响下,有利于 2017 年秋季北方降水异常偏多。

4 结论和讨论

本文利用国家气象信息中心提供的中国台站气温降水资料、NCEP/NCAR 逐日大气环流再分析资料和 NOAA 提供的月平均海温资料,首先揭示了 2017 年秋季中国气候异常的主要特征,然后分析了

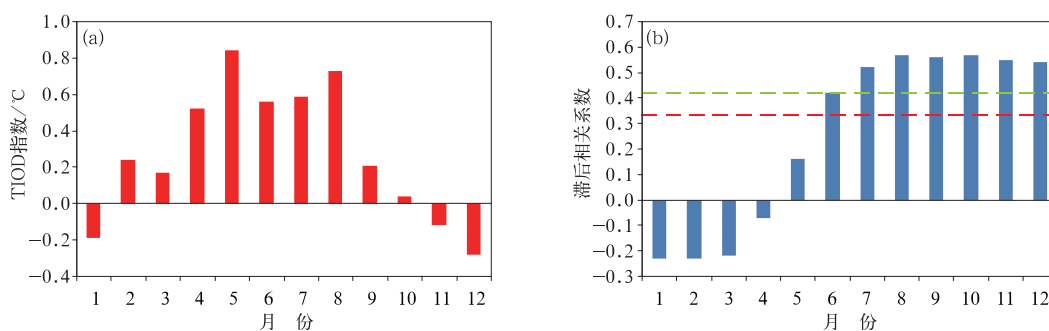


图 10 (a)2017 年 TIOD 指数逐月演变;(b)1982—2017 年 9—10 月平均 TIOD 指数与逐月赤道中东太平洋海温指数的超前滞后相关
(红色虚线和绿色虚线分别表示通过 0.05 和 0.01 显著性水平检验)

Fig. 10 (a) Monthly TIOD index in 2017; (b) lag correlation between TIOD index of September–October and monthly sea surface temperature index of equatorial middle–east Pacific for the period 1982–2017
(Dashed lines of red and green indicate the areas have passed the significance test at levels of 0.05 and 0.01, respectively)

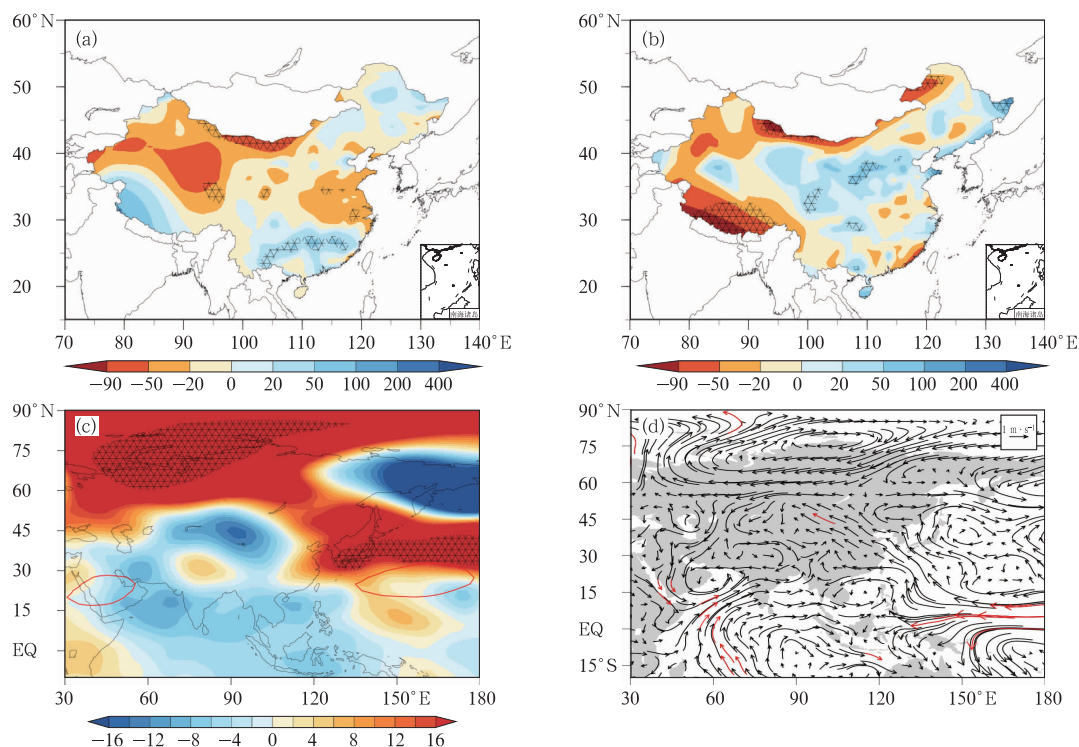


图 11 TIOD 正位相与 El Niño 联合发生年(a)及 TIOD 正位相独立发生年(b)9—10 月平均降水量距平百分率合成分析(阴影区为通过 0.10 显著性水平检验的区域,单位:%); TIOD 正位相独立发生年减去 TIOD 正位相与 El Niño 联合发生年 9—10 月平均 500 hPa 高度场(红色线为气候平均的 5880 gpm 等值线,阴影区为通过 0.10 显著性水平检验区域,单位:gpm)(c)及 850 hPa 风场(红色箭头为通过 0.10 显著性水平检验区域)(d)的差值场

Fig. 11 Composite precipitation anomaly percentage of September—October over years of (a) TIOD positive phase and El Niño concurrence and (b) TIOD positive phase only (Shading indicates the area has passed the 0.10 significance level test, unit: %); differences of (c) 500 hPa geopotential height (colored areas) (Red contours stand for the climatological 5880 gpm contours, unit: gpm) and (d) 850 hPa wind (Red arrows indicate the areas have passed the 0.10 significance level test) between the years of TIOD positive phase only and the years of TIOD positive phase and El Niño concurrence in September—October (the years of TIOD positive phase only minus the years of TIOD positive phase and El Niño concurrence)

造成该异常的环流特征和外强迫信号,主要结论如下:

(1) 2017 年秋季我国总体呈现“暖湿”的气候特征。全国大部分地区气温接近常年同期到偏高,全国平均气温为 10.8℃,较常年同期偏高 0.9℃。全国平均降水量为 123.2 mm,较常年同期偏多 2.8%,但空间分布不均,其中长江以北的大部分地区降水较常年明显偏多,不仅华西秋雨偏强,黄淮及江淮等地降水更是较常年同期偏多 5 成至 1 倍以上,且降水时段主要集中在 9—10 月份,阶段性特征明显。

(2) 2017 年 9—10 月北方地区降水异常偏多主

要受到东亚环流型的影响。东亚 500 hPa 高度距平场从高纬至低纬呈“+—+”的异常分布,极区高度场偏高,极涡分裂偏向东北亚地区,中纬度在贝加尔湖—巴尔喀什湖地区为显著的低槽区,低纬度西太平洋副高偏强,异常西伸,脊线位置偏北。一方面,极涡分裂偏向东北亚地区有利于极地冷空气沿鄂霍茨克海南向扩散,对流层低层的 850 hPa 距平风场上朝鲜半岛的反气旋式环流异常有利于引导偏东路径的冷湿气流沿朝鲜半岛南部西进到黄河与长江之间的地区;另一方面,850 hPa 距平风场上孟加拉湾东部到中南半岛为异常反气旋式环流,中南半岛北部为偏西风距平,菲律宾附近为异常气旋式环流,南海

北部为偏东风距平,两支暖湿气流在我国华南交汇后北上。冷湿气流与暖湿气流在我国长江与黄河之间的区域交汇,使得该区域成为水汽通量异常辐合区,进而造成西南地区北部、江汉、黄淮及江淮等地降水明显偏多,秋汛显著。

(3) 2017年秋季赤道中东太平洋海表温度由夏季的中性偏暖迅速转为秋季的显著偏冷,同时TIOD在2—10月持续正位相。随着赤道中东太平洋海温的转冷,热带太平洋地区大气显示出对冷海温的清晰响应,Walker环流明显增强,有利于西太平洋副高偏强偏西偏北;此外9—10月受TIOD正位相(且没有El Niño发生)的独立影响,有利于在孟加拉湾形成反气旋式环流异常,同时有利于副高西伸偏北。赤道中太平洋冷海温和TIOD的共同作用是导致西太平洋副高较常年异常偏强偏西偏北的重要外强迫信号。

本文主要针对造成我国秋季降水异常的环流型以及热带太平洋和热带印度洋海温异常对环流的影响进行了初步的诊断分析。实际上,造成我国秋季气候异常的因素还有很多,包括多种大气涛动(刘晓云等,2016;徐金霞等,2017)、其他海域海温异常的影响(韩晋平等,2013)、多时间尺度特征(王春学等,2015a)等,都值得做更进一步的参考和分析。

参考文献

- 白虎志,董文杰,2004. 华西秋雨的气候特征及成因分析[J]. 高原气象,23(6):884-889.
- 鲍媛媛,阿布力米提,李峰,等,2003. 2001年华西秋雨时空分布特点及其成因分析[J]. 应用气象学报,14(2):215-222.
- 湛芸,施能,2003. 厄尔尼诺/南方涛动与我国秋季气候异常[J]. 热带气象学报,19(2):137-146.
- 冯丽文,郭其蕴,1983. 华西秋雨的多年变化[J]. 地理研究,2(1):74-84.
- 高由禧,1958. 东亚的秋高气爽[J]. 气象学报,29(2):83-92.
- 高由禧,郭其蕴,1958. 我国的秋雨现象[J]. 气象学报,29(4):264-273.
- 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.
- 韩晋平,张人禾,苏京志,2013. 中国北方秋雨与热带中太平洋海表冷却的关系[J]. 大气科学,37(5):1059-1071.
- 何敏,1984. 我国主要秋雨区的分布及长期预报[J]. 气象,10(9):10-13.
- 何珊珊,张文君,祁莉,等,2015. 两类厄尔尼诺事件发展年秋季印度洋海温异常特征对比[J]. 气象学报,73(3):515-528.
- 贾小龙,张培群,陈丽娟,等,2008. 2007年我国秋季降水异常的成因分析[J]. 气象,34(4):86-94.
- 李耀辉,李栋梁,赵庆云,2001. 中国西北地区秋季降水异常的特征分析[J]. 高原气象,20(2):158-164.
- 刘佳,马振峰,杨淑群,等,2015. 印度洋偶极子和华西秋雨的关系[J]. 高原气象,34(4):950-962.
- 刘晓云,王劲松,杨金虎,等,2016. APO异常对我国西北地区东部秋季干湿变化影响[J]. 应用气象学报,27(4):454-462.
- 刘宣飞,袁慧珍,2006a. 印度洋偶极子与中国秋季降水的关系[J]. 南京气象学院学报,29(5):644-649.
- 刘宣飞,袁慧珍,2006b. ENSO对印度洋偶极子与中国秋季降水关系的影响[J]. 南京气象学院学报,29(6):762-768.
- 聂羽,孙冷,李清泉,等,2016. 2015年秋季我国气候异常及暖湿成因分析[J]. 气象,42(4):507-513.
- 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.
- 司东,邵颢,孙冷,等,2015. 2014年秋季我国华西地区降水异常的成因分析[J]. 气象,41(4):508-513.
- 王春学,马振峰,邵鹏程,等,2015a. 我国华西秋雨的气候变化规律及其影响因子[J]. 干旱区研究,32(6):1113-1121.
- 王春学,马振峰,王佳津,等,2015b. 华西秋雨准4年周期特征及其与赤道太平洋海表温度的关系[J]. 大气科学,39(3):643-652.
- 王朋岭,李多,柳艳菊,等,2014. 2013年秋季东北地区气候异常及成因分析[J]. 气象,40(4):510-514.
- 王遵娅,丁一汇,2008. 中国雨季的气候学特征[J]. 大气科学,32(1):1-13.
- 肖莺,杜良敏,任永建,2013. 汉江流域秋汛期典型旱涝年与前期海温的关系研究[J]. 暴雨灾害,32(2):182-187.
- 徐金霞,闫彩霞,钟燕川,等,2017. 北半球秋季欧亚遥相关与华西秋雨的关系[J]. 气象科技,45(3):492-498.
- 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.
- 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.
- Gu Wei, Wang Lin, Li Weijing, et al, 2015. Influence of the tropical Pacific east-west thermal contrast on the autumn precipitation in South China[J]. Int J Climatol, 35(7):1543-1555. DOI: 10.1002/JOC.4075.
- 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.
- Reynolds R W, Smith T M, Liu Chunying, et al, 2007. Daily high-resolution-blended analyses for sea surface temperature[J]. J Climate, 20(22):5473-5496.