

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. 气象, 41(4): 508-513.

2014 年秋季我国华西地区降水异常的成因分析^{*}

司 东^{1,2} 邵 颢¹ 孙 冷¹ 王启祎¹ 李 多¹

1 国家气候中心, 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: 2014 年秋季, 全国平均降水量较常年同期偏多, 其中华西地区降水偏多明显。季内, 我国华西地区降水阶段性变化显著。分析表明, 秋季华西地区降水偏多可能与热带印度洋海温偏高有关。印度洋海温偏高, 一方面有利于西北太平洋地区对流层低层异常反气旋式环流的发展和东南水汽输送的加强, 另一方面印度洋海温的偏高有利于印度洋地区对流的活跃和西南水汽输送的加强。在中高纬地区, 贝加尔湖地区为异常低槽区, 易引导冷空气南下影响我国华西地区。同时, 西太平洋副热带高压强度偏强及西伸脊点的偏西, 综合导致华西地区秋季降水偏多。而华西地区降水的季内变化与西太平洋副热带高压的异常活动有关。

关键词: 秋季降水, 西太平洋副热带高压, 印度洋海温, 贝加尔湖低槽

中图分类号: P461

文献标志码: A

doi: 10.7519/j.issn.1000-0526.2015.04.014

Causality Analysis of Autumn Rainfall Anomalies in West China 2014

SI Dong^{1,2} SHAO Xie¹ SUN Leng¹ WANG Qiyi¹ LI Duo¹

1 National Climate Centre, Beijing 100081

2 Collaborative Innovation Center on Forecast and Evaluation of Meteorological Disasters,
Nanjing University of Information Science and Technology, Nanjing 210044

Abstract: During the autumn of 2014, mean precipitation over China was above normal, especially in West China with strong intraseasonal variations. Analysis shows that the positive precipitation anomaly over West China is possibly caused by the warming over the tropical Indian Ocean. The warming of the tropical Indian Ocean enhances the low-level anticyclonic anomaly over the Northwest Pacific and southeast water vapor transportation to West China, and also intensifies the convectional activity over Indian Ocean and southwest water vapor transportation to West China. At the mid-high latitude, abnormal trough maintains over the Lake Baikal, which is prone to guide the cold air down to West China. At the same time, the intensified western Pacific subtropical high (WPSH), whose high ridge extends more westward, also brings more water vapor from the low latitude to West China. As a result, the intensified water vapor and the northwestward cold air flow leads to the positive precipitation anomaly over West China during autumn of 2014. Furthermore, the intraseasonal variation of the autumn precipitation over West China is influenced by the WPSH.

Key words: autumn rainfall, western Pacific subtropical high (WPSH), SST of the tropical Indian Ocean, trough over Lake Baikal

* 国家重点基础研究发展计划(973 计划)(2013CB430202 和 2012CB955203)、国家自然科学基金项目(41405071)和公益性行业(气象)科研专项(GYHY201406001)共同资助

2014 年 12 月 18 日收稿; 2014 年 12 月 31 日收修定稿

第一作者: 司东, 主要从事气候诊断研究. Email: sidong@cma.gov.cn

引言

由于地处东亚季风区,我国大部地区降水的峰值出现在夏季。而到了秋季有些地区的降水量虽然少于夏季,但却多于春季,形成年内仅次于夏季的第二个降水峰值,这些地区就是秋雨区,其中以华西地区的秋雨天气最为显著。华西秋雨虽然以绵绵细雨为主,但也不乏强降水天气的出现,容易引发秋汛(《大气科学辞典》编委会,1994)。例如2011年秋季,华西地区受持续强降雨影响,四川、陕西、重庆、湖北4省(市)遭受洪涝、滑坡、泥石流等灾害。秋雨还导致嘉陵江、汉江以及渭河等出现超警戒洪水,多次出现洪峰(柳艳菊等,2012;蔡芴宁等,2012)。持续的秋雨天气还对秋收作物造成了很大影响(李莹等,2012)。

2014年,华西秋雨异常偏强,9月中旬,华西地区出现持续降雨过程,部分地区出现大到暴雨,局地大暴雨甚至特大暴雨。9月9—18日,华西地区累计降水量50~200 mm,其中陕西南部、四川东北部等地200~250 mm,局部超过250 mm,普遍比常年同期偏多2倍以上。强降水造成了农田被淹、城镇内涝,局地出现山洪、滑坡、泥石流等灾害,造成的经济损失为近5年最重,四川、陕西、湖北、重庆、湖南、贵州、云南7省(市)789.7万人受灾,48人死亡,27人失踪;农作物受灾面积82.1万 hm^2 ,其中绝收面积5.3万 hm^2 ;直接经济损失98.4亿元(国家气候中心,2014;侯威等,2015;王朋岭等,2015)。

华西秋雨一直是国家级气候监测、诊断、预测业务的重点,因此,本文将从海温和大气环流等因子着手重点分析2014年华西秋雨的异常特征及其可能成因。

1 资料

本文主要使用了1948—2014年美国气象环境预报中心(NCEP)和美国国家大气研究中心(NCAR)提供的 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 水平分辨率的逐日再分析资料以及美国国家海洋和大气管理局(NOAA)提供的月平均海表温度数据等。中国地区的气温、降水资料来源于中国气象局国家气象信息中心整编

的中国地区台站观测气候数据集。本文使用的各要素的气候平均值为1981—2010年平均值,秋季指北半球9—11月。

2 2014年秋季我国降水异常特征

2014年秋季,全国平均降水量为134.6 mm,较常年同期(119.8 mm)偏多12.4%(图1a)。从空间分布看(图1b),东北中南部、长江中下游及其以南地区、西南地区西部、新疆南部和甘肃北部等地降水偏少2~5成,部分地区偏少8成以上;而内蒙古大部、华北、黄淮、江淮、江汉、江南北部、青海大部和新疆中北部等地降水偏多2~5成,局部地区偏多5成以上。

由图1可见,我国华西地区大部降水偏多2~5成,其中华西地区北部偏多更加明显,陕西大部、甘肃东南部、四川东部、重庆北部以及湖北西部偏多达5成至1倍。2014年秋季,华西地区平均降水量为292.8 mm,较常年秋雨期(212.0 mm)偏多38.1%(图2)。从华西地区秋季降水的历年演变中可以看出,近几年来华西地区秋季降水量呈现增多的趋势,而2014年秋季降水是1984年以来最多的一年(图2)。

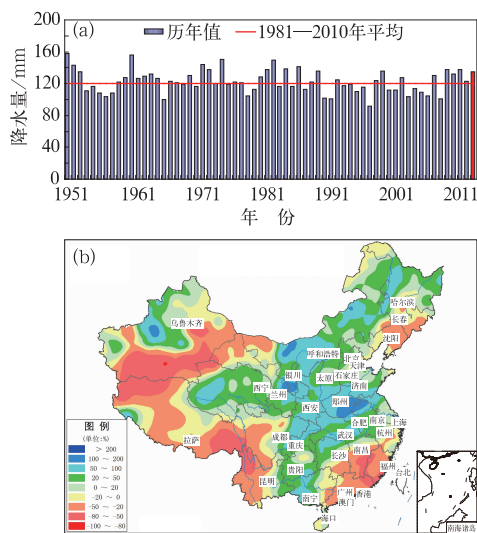


图1 1951—2014年秋季全国平均降水量历年变化(a)和2014年秋季全国降水距平百分率空间分布(b,单位:%)

Fig. 1 (a) Time series of precipitation averaged in China in autumns of 1951—2014, and (b) distribution of precipitation anomaly percentage (unit: %) in China in autumn 2014

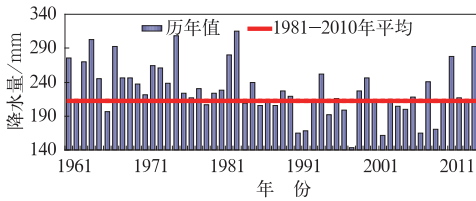


图2 1961—2014年秋季陕西、四川、重庆、湖北和贵州5省(市)平均降水量历年变化

Fig. 2 Time series of precipitation averaged in Shaanxi, Sichuan, Chongqing, Hubei and Guizhou in autumns of 1961–2014

季内,我国降水阶段性变化显著,总体呈现“多—少—多”的特征。2014年9和11月全国平均降水量分别为80.7和22.6 mm,分别较常年同期(65.3和18.8 mm)偏多23.6%和20.2%。而10月,全国平均降水量为31.2 mm,较常年同期(35.8 mm)偏少12.8%。从空间分布来看,9月,我国中东部降水异常呈现“北多南少”的特征,10月,我国中东部降水异常由北至南呈现“多—少—多—少”的分布特征,而到了11月,降水异常又转为“北少南多”。纵观9—11月,我国降水偏多区域总体呈现出明显的由北向南的移动特征(图3)。

受我国降水大范围异常型演变的影响,我国华西地区降水偏多的区域也呈现出明显的由北向南的移动特征,9月,我国华西地区北部降水异常偏多,其中甘肃东南部、陕西南部降水偏多达2倍以上,到了10月,降水偏多的区域南移到了四川中东部、重庆地区。而到了11月,降水偏多区继续南移到了贵州和湖南等地,导致华西地区降水呈现出“北少南多”的异常分布(图3)。

3 成因分析

3.1 华西秋季降水偏多的成因

从全球海表温度距平分布(图4a)上可以看出,2014年秋季,除了海洋性大陆的部分地区海温偏低以外,其余的热带印度洋至太平洋地区的海温都明显偏高,部分地区海温都较常年同期偏高 1°C 以上。虽然秋季,赤道太平洋海温偏高的程度要超过赤道印度洋,但海洋上空大气活动对太平洋暖海温的响应却没有对印度洋暖海温响应得更明显。从海洋上空对流活动的异常情况(图4b)来看,秋季印度洋上

空的对流活动明显偏强,其偏强的程度明显超过太平洋上空的对流活动。

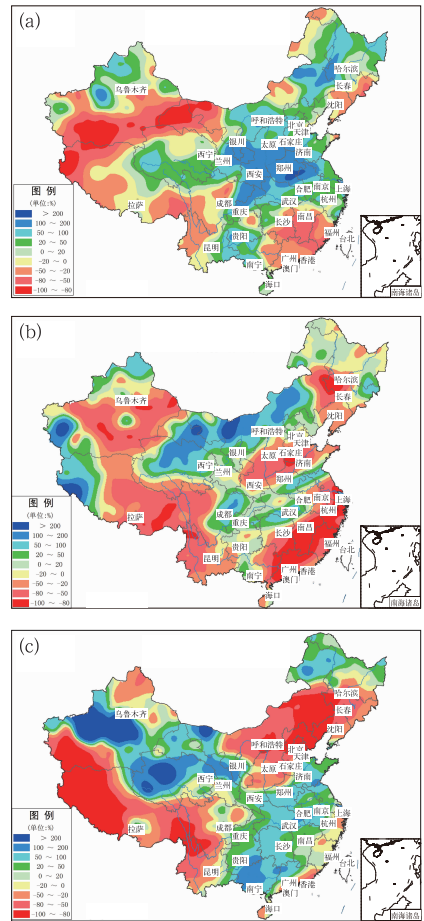


图3 2014年9月(a)、10月(b)和11月(c)全国降水距平百分率分布(单位:%)

Fig. 3 Distribution of precipitation anomaly percentage of China (unit: %) (a) September, (b) October, and (c) November 2014

对流活动的加强有利于上升运动的发展。由图5可见,2014年9月以来赤道印度洋地区上升运动明显偏强,而在西太平洋地区出现了一个异常下沉气流区,形成了一个异常纬向环流圈,该环流圈的出现有利于西北太平洋地区对流层低层反气旋式环流的发展(图6)。此外,印度洋暖海温的发展通过Matsuno Gill响应(Matsuno, 1966; Gill, 1980)激发开尔文波东传(Chou, 2004; Xie et al, 2009),也有利于西北太平洋地区对流层低层反气旋式环流的发展加强。该反气旋环流有利于西太平洋副热带高压(以下简称西太副高)的加强和西伸(Yuan et al, 2012; 司东等, 2008)。

2014年秋季,对流层中层,西太副高强度与常

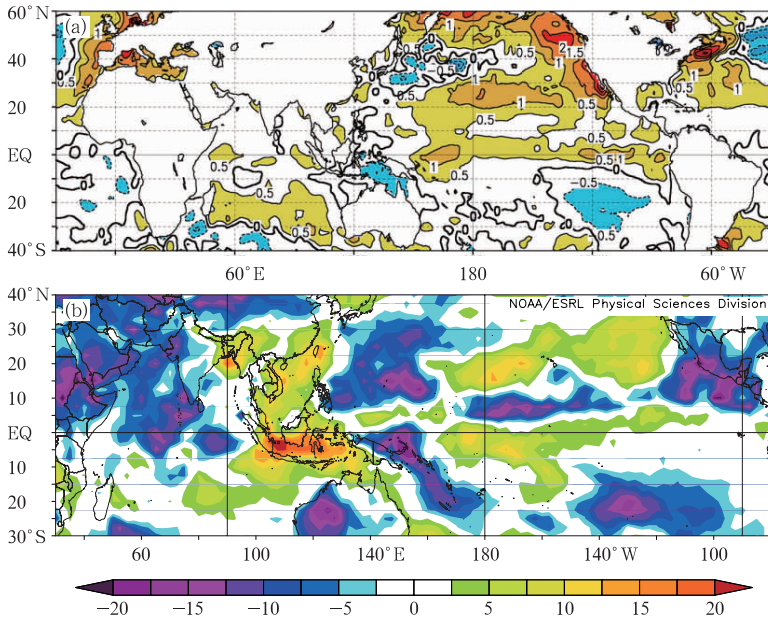


图 4 2014 年秋季海表温度距平(a,单位: $^{\circ}\text{C}$)和向外长波辐射距平(b,单位: $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$)分布

Fig. 4 Distribution of global sea surface temperature anomaly (a, unit: $^{\circ}\text{C}$) and OLR anomaly (b, unit: $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$) in autumn 2014

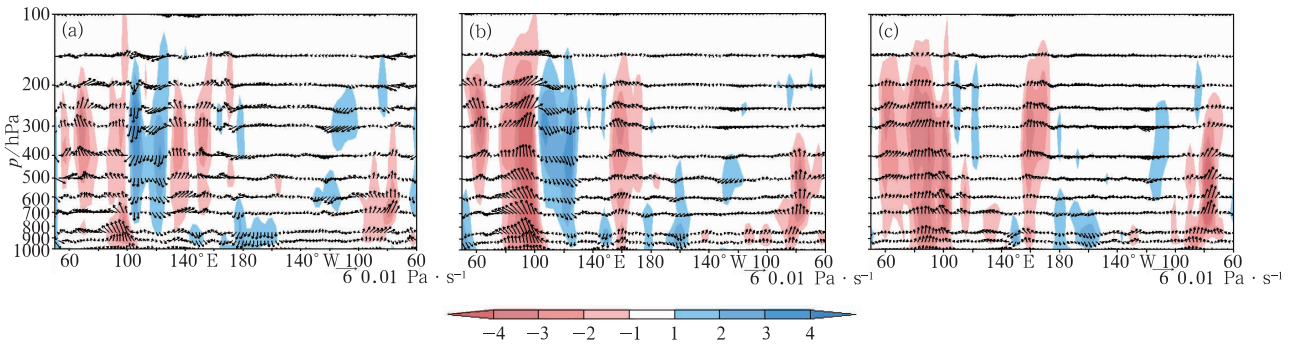


图 5 2014 年 9—11 月(a,b,c)赤道地区($5^{\circ}\text{S} \sim 5^{\circ}\text{N}$)平均沃克环流异常特征(矢量)

(阴影区表示垂直速度异常,单位: $0.01 \text{ Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig. 5 Anomalous Walker circulation (vector) along the equator

($5^{\circ}\text{S} \sim 5^{\circ}\text{N}$) from September to November (a—c) 2014

(Shaded area is for anomalous vertical velocity, unit: $0.01 \text{ Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)

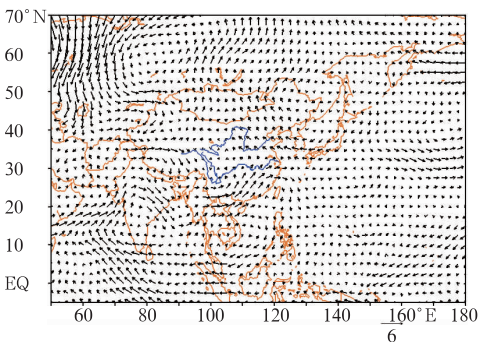


图 6 2014 年秋季 850 hPa 风场距平分布(单位: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

Fig. 6 850 hPa wind anomaly in autumn 2014 (unit: $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)

年同期相比明显偏强、西伸脊点明显偏西(图 7)。偏强偏西的西太副高有利于我国华西地区降水的偏多。与此同时,500 hPa 高度场上欧亚中高纬呈“两脊一槽”型的环流分布,乌拉尔山以西地区和鄂霍次克海为正高度距平控制,而乌拉尔山以东至贝加尔湖地区为偏强的低压槽控制。这种环流型有利于冷空气沿西路南下影响我国华西地区(图 7)。

秋季是夏季风向冬季风转换的季节,此时,来自印度洋地区的西南水汽输送仍然较强。由于 2014 年秋季印度洋海温偏高,对流活跃,在水汽输送场上,低纬地区西南水汽输送明显偏强,该支气流与西北太平洋异常反气旋引导的东南水汽输送汇合后输

送到我国(图8),导致秋季我国华西大部地区水汽辐合、降水偏多,而我国东南沿海地区受异常反气旋环流控制降水偏少。

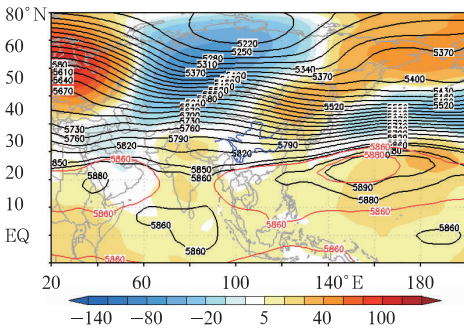


图7 2014年秋季500 hPa位势高度场(等值线,单位:gpm)及其距平(阴影,单位:gpm)分布(红色等值线表示气候平均态下5860和5880 gpm等值线)

Fig. 7 500 hPa mean geopotential height (contours, unit: gpm) and anomalies (shading, unit: gpm) in autumn 2014 (Red lines are for the climate 5860 and 5880 gpm contours)

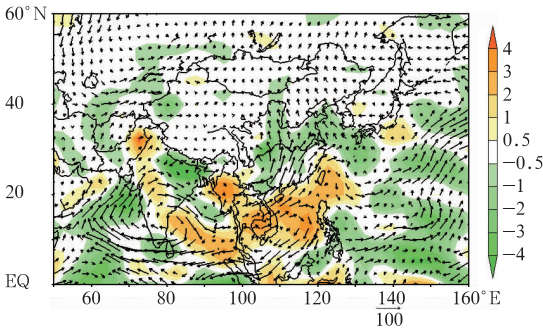


图8 2014年秋季整层积分水汽输送距平场(矢量,单位: $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$)及辐合辐散异常场(阴影区,单位: $10^{-5} \text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)

[黄色(绿色)阴影表示异常辐散(辐合)]

Fig. 8 Moisture transport anomalies vertically integrated from 1000 hPa to 300 hPa (vector, unit: $\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$), and anomalies of divergence (yellow shaded area) and convergence (green shaded area) of moisture transport (unit: $10^{-5} \text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^{-2}$)

3.2 华西秋季降水季内变化的成因

从第2节的分析中我们发现,2014年秋季,我

国降水季内变化显著,总体呈现“多—少—多”的演变特征。而纵观9—11月,我国降水偏多区域又呈现出明显的由北向南的移动特征,受此影响,我国华西地区降水偏多的区域也呈现出明显的由北向南的移动特征。下文将分析造成这一变化的可能原因。

由图9a可见,虽然2014年秋季西太副高强度总体偏强,但季内并不是每个月都异常的偏强,而是表现出“强—弱—强”的演变特征,西太副高强弱的变化影响水气输送强弱的变化,导致我国中东部和华西地区降水出现“多—少—多”的异常变化。而多雨区由北向南的移动主要与西太副高的南撤有关,由图9b可见,2014年9—11月,西太副高呈现出明显的南撤的特征,受西太副高南撤的影响,我国中东部和华西地区多雨区季内表现出明显的南撤特征。

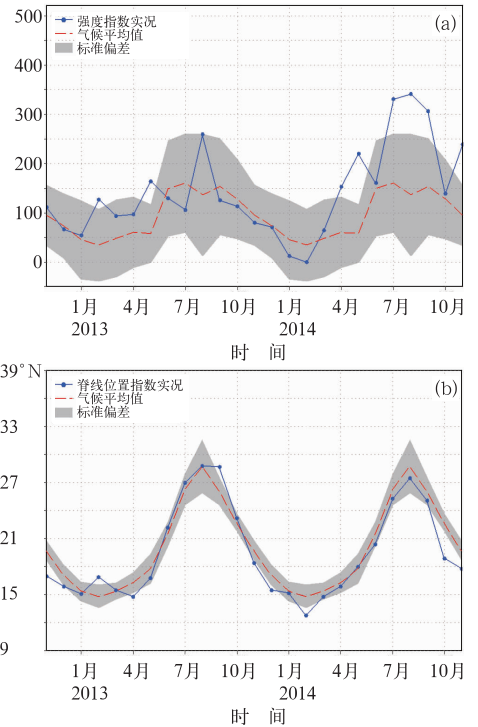


图9 西太副高强度指数(a)和脊线位置指数(b)的逐月演变

Fig. 9 Monthly variation of (a) intensity index and (b) ridge line index for the western Pacific subtropical high

4 结论

本文利用观测的降水资料、NCEP/NCAR再分析资料以及观测的海温资料,分析了2014年秋季我国华西地区降水异常及其可能的成因。主要得出以下结论:

(1) 2014年秋季,全国平均降水量134.6 mm,较常年同期偏多12.4%。华西地区平均降水量为292.8 mm,较常年同期(212.0 mm)偏多38.1%。季内,我国华西地区降水阶段性变化显著,降水偏多的区域呈现出明显的由北向南的移动特征。

(2) 2014年秋季,热带印度洋海温异常偏高,印度洋上空对流活动偏强,上升运动的发展,有利于赤道地区异常纬向环流圈的加强,而该环流圈的加强有利于西北太平洋地区对流层低层异常反气旋式环流的出现。加之,对流层中层西太副高强度偏强,西伸脊点偏西的影响,综合导致低纬地区输送到我国华西地区的水汽偏强,加上北方冷空气的配合最终导致华西地区降水偏多。

(3) 2014年我国华西地区秋季降水的季内变化主要受西太副高活动的影响。季内,华西地区降水的多少与西太副高的强弱变化有关,而多雨区由北向南的移动与西太副高的南撤有关。

致谢:感谢国家气候中心“气候系统监测—诊断—预测—评估系统”以及“气象灾害影响评估系统”提供的部分产品。

参考文献

《大气科学辞典》编委会. 1994. 大气科学辞典. 北京:气象出版社, 980.

- 蔡芎宁,康志明,牛若芸,等. 2012. 2011年9月华西秋雨特征及成因分析. 气象, 38(7):828-833.
- 国家气候中心. 2014. 2014年9月全国气候影响评价.
- 侯威,邹旭凯,王朋岭,等. 2015. 2014年中国气候概况. 气象, 41(4):480-488.
- 李莹,李维京,艾婉秀,等. 2012. 2011年华西秋雨特征及其成因分析. 气象科技进展, 2(3):27-33.
- 柳艳菊,孙冷,孙丞虎,等. 2012. 2011年秋季华西秋雨异常及成因分析. 气象, 38(4):456-463.
- 司东,温敏,徐海明,等. 2008. 2005年6月华南暴雨期间西太平洋副高西伸过程分析. 热带气象学报, 24(2):169-175.
- 王朋岭,周兵,柳艳菊,等. 2015. 2014年海洋和大气环流异常及对中国气候的影响. 气象, 41(4):489-496.
- Chou C. 2004. Establishment of the low-level wind anomalies over the western North Pacific during ENSO development. J Climate, 17(11):2195-2212.
- Gill A E. 1980. Some simple solutions for heat induced tropical circulation. Quart J Roy Meteor Soc, 106(449):447-462.
- Matsuno T. 1966. Quasi-geostrophic motions in the equatorial area. J Meteorol Soc Japan, 44(1):25-43.
- Xie S P, Hu K, Hafner J, et al. 2009. Indian Ocean capacitor effect on Indo-western Pacific climate during the summer following El Nino. J Climate, 22(3):730-747.
- Yuan Y, Yang S, Zhang Z Q. 2012. Different evolutions of the Philippine Sea anticyclone between Eastern and Central Pacific El Nino: Effects of Indian Ocean SST. J Climate, 25(22):7867-7883.