

彭京备, 刘舸, 孙淑清. 2016. 2013 年我国南方持续性高温天气及副热带高压异常维持的成因分析 [J]. 大气科学, 40 (5): 897–906. Peng Jingbei, Liu Ge, Sun Shuqing. 2016. An analysis on the formation of the heat wave in southern China and its relation to the anomalous western Pacific subtropical high in the summer of 2013 [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 40 (5): 897–906, doi: 10.3878/j.issn.1006-9895.1512.14334.

2013 年我国南方持续性高温天气及副热带高压异常维持的成因分析

彭京备¹ 刘舸² 孙淑清¹

¹ 中国科学院大气物理研究所国际气候与环境科学中心 (ICCES), 北京 100029

² 中国气象科学研究院灾害天气国家重点实验室, 北京 100081

摘 要 本文利用 NCEP 再分析资料和逐日台站观测资料研究了 2013 年夏季我国南方地区持续高温天气时期内西太平洋副热带高压 (以下简称西太副高) 的异常特征, 指出西太副高西伸、北抬并异常维持是导致南方地区罕见高温天气发生的直接原因, 探究了影响其异常的中高纬环流及热带系统的活动, 特别是对该年夏季热带环流, 包括越赤道气流、赤道辐合带 (Intertropical Convergence Zone, 简称 ITCZ) 的异常, 以及登陆台风异常集中等情况作了进一步分析, 为深入研究持续高温的成因提供了一定的基础。

关键词 2013 南方高温 西太平洋副热带高压 热带环流异常

文章编号 1006-9895(2016)05-0897-10

中图分类号 P448

文献标识码 A

doi:10.3878/j.issn.1006-9895.1512.14334

An Analysis on the Formation of the Heat Wave in Southern China and Its Relation to the Anomalous Western Pacific Subtropical High in the Summer of 2013

PENG Jingbei¹, LIU Ge², and SUN Shuqing¹

¹ International Center for Climate and Environment Sciences, Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029

² State Key Laboratory of Severe Weather, Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081

Abstract The NCEP reanalysis data and observational data are exploited to reveal the characteristics of the Western Pacific Subtropical High (WPSH) and its influence on the persistent heat wave that affected a vast area of southern China in the summer of 2013. The hot spell was mainly and directly caused by the influence of anomalies in the WPSH. In the present study, the features of the westward extension and northward shift of the WPSH and its persistency are studied; the anomalous atmospheric circulations over the mid- to high latitudes and over the tropics are also investigated. In particular, the influence of tropical circulation systems, such as the cross-equator flows, Intertropical Convergence Zone, and typhoon activities, are further examined. Results of the present study are helpful for better understanding of the formation of persistent heat waves in southern China.

Keywords 2013, Heat wave in southern China, Western Pacific subtropical high, Tropical circulation anomalies

收稿日期 2014-12-24; 网络预出版日期 2016-01-18

作者简介 彭京备, 女, 1970 年出生, 高级工程师, 主要从事灾害性天气气候机理诊断分析和短期气候预测方法研究。E-mail: pengjingbei@mail.iap.ac.cn

资助项目 公益性行业 (气象) 科研专项项目 GYHY201406020, 国家重点基础研究发展计划 (973 计划) 项目 2012CB417205, 中国气象科学研究院基本科研业务费专项 2015Z001

Funded by Special Fund for Meteorological Research in the Public Interest (Grant GYHY201406020), National Program on Key Basic Research Project (Grant 2012CB417205), and Basic Research Fund of the Chinese Academy of Meteorological Sciences (Grant 2015Z001)

1 引言

高温热浪是我国夏季的主要气象灾害之一。高温酷热天气不仅影响人民群众的日常生活,而且还由于需水量和用电量增加,给供水、供电等部门的生产活动造成了很大影响。同时高温也可加重旱情发展,给农业生产带来很大危害。研究表明,从1990年代以来,发生在我国的高温热浪强度、日数和频次均呈现增多(增强)的趋势(林昕和管兆勇,2008;杨萍等,2010;叶殿秀等,2013)。2002年夏季,我国北方大部分地区出现了持续的高温酷暑天气(卫捷等,2004)。2003年夏季,我国南方地区遭受了大范围热浪的袭击。该年的高温事件范围广,持续时间长、强度也很强(王亚伟等,2006)。2006年,川渝地区发生了百年一遇的高温干旱(彭京备等,2007;李永华等,2009)。

2013年夏季我国南方地区又出现了少有的持续高温天气,其覆盖范围、持续时间和强度均超过2003年夏季,不少地区的高温日数和最高气温值都突破了历史记录。这一高温事件影响到江南、江淮流域及四川、重庆等地,其中浙江省许多地区最高气温在 42°C 以上。此次高温事件对国民经济和人民生活产生严重影响,截止至2013年7月31日,此次高温事件导致上千人中暑,其中上海因中暑死亡10人(<http://money.163.com/13/0809/10/95R1P68Q00253B0H.html#from=keyscan> [2013-08-09]; <http://news.qq.com/a/20130730/019656.htm> [2013-07-30])。

对于夏季高温酷暑天气成因,国内学者已有不少的工作。其中大多数的分析主要针对西太平洋副热带高压(以下简称西太副高)活动异常。卫捷等(2004)、卫捷和孙建华(2007)发现当西太副高控制华北地区时,该地区易出现闷热天气。孙建华等(2004)的分析指出,2003年夏季副高稳定控制江南地区导致了该地区的高温天气。2006年,西太副高强烈西伸,与大陆高压打通,控制川渝地区,导致该地区百年一遇的高温干旱(彭京备等,2007;邹旭恺和高辉,2007;李永华等,2009)。大量研究表明,西太副高也是影响华东夏季高温的一个重要因素。当西太副高异常偏强、偏西,控制我国南方地区时,华东地区易出现高温热浪(林建等,2005;史军等,2009;陈敏等,2013)。

热带环流和热带海温都会影响副高异常。彭海燕等(2005)指出,2003年7月中旬到8月上旬,

有4个台风相继生成,有利于西太副高向大陆西伸。海温是影响副高的重要外强迫因子。黄荣辉和孙凤英(1994)指出,在El Niño衰减期的夏季,菲律宾地区对流偏弱,西太副高偏南。此外,特定的太平洋和印度洋的海温形势也有利于造成我国夏季出现江南高温(杨辉和李崇银,2005)。

我们曾对2013年夏季南方地区的高温酷暑天气进行初步研究。分析发现,产生高温酷热天气的直接原因是西太副高的异常与稳定维持,而西太副高的异常稳定维持和周边环流的异常有关(Peng, 2014)。本文将从对西太副高异常的分析入手,进一步联系中高纬度及热带环流的特点,从多个方面详细分析2013年高温的成因。

2 资料

本文使用的资料包括:(1)2013年5~8月美国NCEP再分析日平均位势高度场、风场(Kalnay et al., 1996);(2)美国国家海洋和大气管理局提供的同期逐日对外长波辐射(Outgoing Longwave Radiation, 简称OLR);(3)中国气象局提供的2013年5~8月全国2043个台站观测的日最高气温资料;(4)国家气候中心提供的1951~2009年夏季全国756站日最高气温,以研究南方地区历史同期气温状态;(5)中国天气台风网提供的2013年7~8月台风路径。如无特殊说明,气候平均为1981~2010年。中国气象局规定日最高气温大于等于 35°C 为高温日。这个标准也被广泛用于中国地区高温热浪的研究(丁婷和钱维宏,2012;陈敏等,2013)。本文也采用这一定义,对高温过程进行研究。

3 高温基本特征

图1a给出2013年7~8月平均的日最高气温分布。可以看出,这两个月中,南方的高温区是非常集中的。图1b则为7~8月平均的高温日数,与图1a一样,都显示出非常明显的高温集中区。为便于分析,参照图1a、b,将($27^{\circ}\sim 36^{\circ}\text{N}$, $105^{\circ}\sim 122^{\circ}\text{E}$)定义为高温集中区,并给出了该区域高温站数及最高气温平均值的时间演变(图1c)。由图1可见,2013年夏季南方地区的高温天气在6月中下旬即有表现。6月17~22日,有500多个站出现高温天气。但从6月下旬开始,长江中、下游梅雨开始[根据国家气象中心的监测,2013年长江中、下游地区入、出梅时间分别为6月23日和6月29

日(张峰和何立富, 2013)], 气温有所回落。随着梅雨结束, 长江中下游地区又出现高温晴热天气。7月2日, 高温站数从7月1日的82个猛增至356个, 区域平均日最高气温基本维持在 32°C 以上。7月2日至8月19日, 浙江北部、江苏南部和湖南东北部的高温日数超过35天。与气候平均相比[见Peng (2014)的图1d; 由于资料限制, 气候平均取为1980~2009年]该地区2013年的高温日数偏多

约15~20天。根据图1c, 我们把2013年南方高温时段定为7月2日至8月19日, 重点研究该时段中高温的特征及其成因。

2013年夏季的南方地区高温酷暑天气不仅持续时间长, 而且强度也很强。南方部分地区高温强度突破了历史纪录。以浙江省为例, 8月9日, 除沿海岛屿外, 浙江最高气温基本在 $39\sim 41^{\circ}\text{C}$ 之间, 局部 42°C , 其中, 奉化、新昌、建德、绍兴、诸暨、

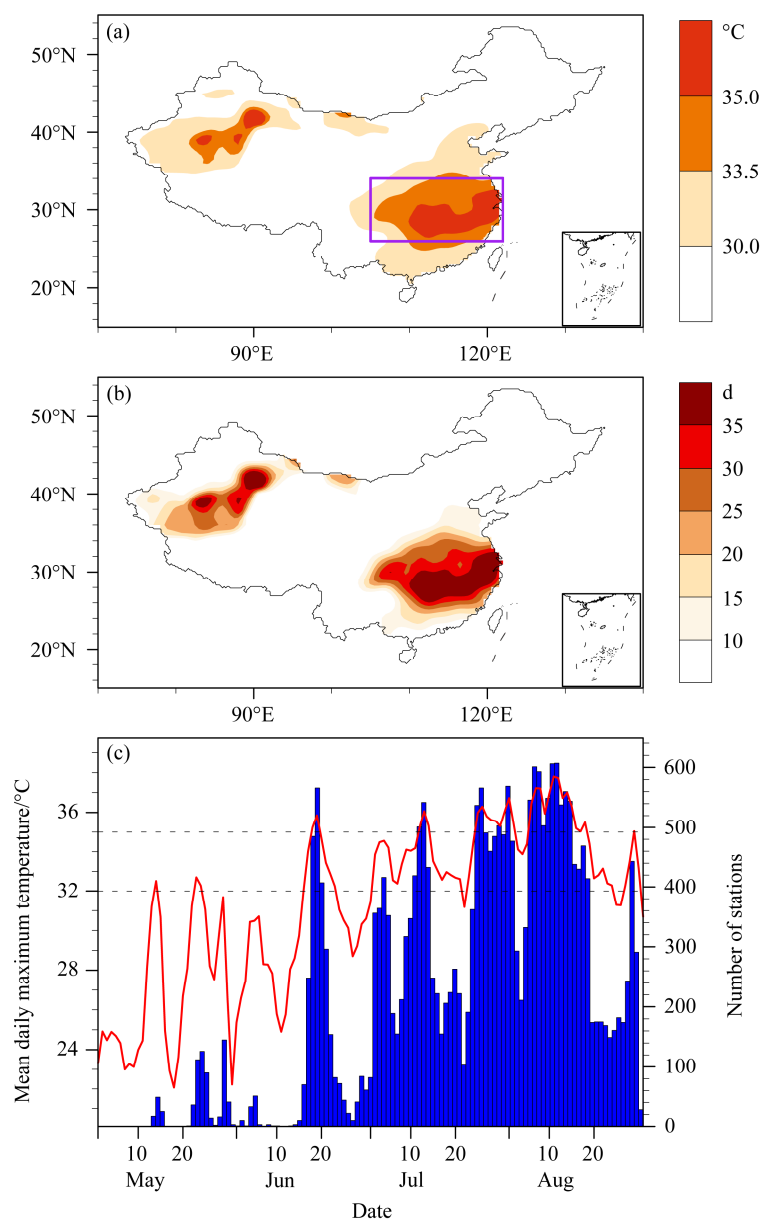


图1 2013年7月1日至8月31日(a)平均的全国日最高气温(单位: $^{\circ}\text{C}$)以及(b)同期全国高温日数(单位: d); (c) 2013年5月1日至8月31日南方高温区内逐日高温站数(柱状图)及区域平均的日最高气温变化(红色实线)。(a)中的紫色方框表示南方高温区

Fig. 1 (a) The distribution of daily mean maximum temperature (units: $^{\circ}\text{C}$; the purple box indicates the hot region in southern China), (b) distribution of hot days (daily maximum temperature was equal to or greater than 35°C) during 1 July to 31 August, 2013, and (c) time series of daily number of stations with hot weather (blue bars) and the area-mean daily maximum temperature (red line) in the hot region (the two dashed lines denote 32°C and 35°C , respectively) during May 1 to August 31, 2013

萧山 6 个县市的最高气温超过了 42°C , 杭州也以 41.6°C 再次破历史纪录。8 月 7 日和 9 日, 宁波奉化最高气温为 43.5°C , 创浙江省最高气温记录 (<http://www.weather.com.cn/index/2013/08/zjzx/1947836.WPShtml> [2013-08-14]; <http://www.chinanews.com/gn/2013/08-09/5146670.WPShtml> [2013-08-09])。正是这样的持续的强高温天气, 导致了 1951 年以来最强的南方持续高温过程。

4 高温天气的环流特征

对于夏季南方地区高温天气的环流特征, 人们首先关注的自然是西太副高的异常活动, 但是西太副高的异常活动 (包括位置和强度) 离不开中高纬环流配置以及热带环流活动的影响。因此本文拟从西太副高入手, 深入分析其周边的环流特征。

4.1 异常西太平洋副热带高压

2013 年夏季, 西太副高整体偏西偏强。图 2a 显示, 高温时段 (7 月 2 日至 8 月 19 日) 中, 平均的 5880 gpm 线西伸脊点较同时期的平均值偏西了约 10 个经度以上。它西端的范围也比平均状况大。西端 5880 gpm 线的西北侧位置比常年值偏北, 脊线位置约偏北两个纬距以上。再来考察正高度距平维持的时间。图 2b 给出该时段中正距平的天数。在 7 月 2 日至 8 月 19 日的 49 天中, 我国南方大部分地区 500 hPa 位势高度出现正距平的天数超过 30 天, 长江中下游的大范围区域甚至达到 35 天以上。

这说明西太副高的这种异常情况在这段时期是十分稳定的。在这么长的时段内, 较强的西太副高维持偏北偏西, 基本控制了长江中下游地区, 致使该地区的气温持续偏高。

再来考察副高东退西进的逐日活动情况, 图 3b 即为沿 $27.5^{\circ}\sim 32.5^{\circ}\text{N}$ 平均的 500 hPa 上高度场的逐日变化。从 7 月开始, 西太副高即有多次西伸的过程。其中 7 月上、中、下旬均出现了明显且持续的西伸。8 月上半月, 西伸更为明显, 甚至持续了近半个月。与气候平均情况相比 (图中蓝色线), 4 次西伸过程的副高西伸脊点均较常年偏西 $15\sim 20$ 个经距。西太副高西扩并维持的情况是十分明显的。对照图 3c 上的温度曲线可以看到, 副高的西伸几乎与每一次高温过程相对应, 正是由于副高的控制而使得南方长时间处于晴热高温天气。

4.2 青藏高原高压的活动

众所周知, 西太副高的西进东退与青藏高原高压的活动有十分密切的联系, 两者活动存在“相向而行”和“相背而去”的关系 (陶诗言和朱福康, 1964; 谭晶等, 2005)。因此, 考察这次持续高温过程中青藏高原高压的异常也就十分必要。高温阶段平均的 100 hPa 位势高度场 (Z_{100}) 及其距平分布 [图略; 参见 Peng (2014) 中的图 2c] 显示, 2013 年 7 月 2 日至 8 月 19 日, 欧亚大陆副热带地区为 Z_{100} 正距平区, 青藏高原强度偏强, 其中心位置位于伊朗高原上。16840 gpm 线指示的青藏高原高压特征线反映,

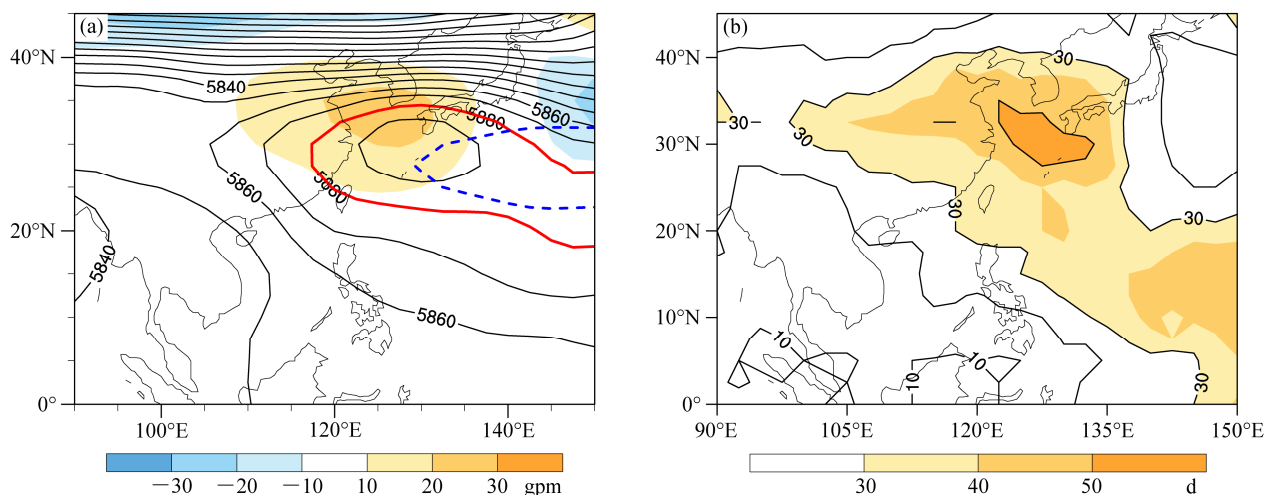


图 2 (a) 2013 年 7 月 2 日至 8 月 19 日平均的 500 hPa 位势高度场 (等值线, 间隔 10 gpm) 及其距平 (阴影), 单位: gpm, 其中红线表示 5880 gpm 线, 虚线表示气候平均的 5880 gpm 线; (b) 同期的 500 hPa 位势高度正距平出现的天数 (单位: d), 引自 Peng (2014)

Fig. 2 (a) Spatial patterns of mean Z_{500} (500-hPa geopotential height; contours, the contour intervals is 10 gpm) and its anomalies (shaded, units: gpm), the red and blue lines represent the 5880 gpm isoline in 2013 and its long-term mean, respectively; (b) the days with positive Z_{500} anomalies during July 2 to August 19, quoted from Peng (2014)

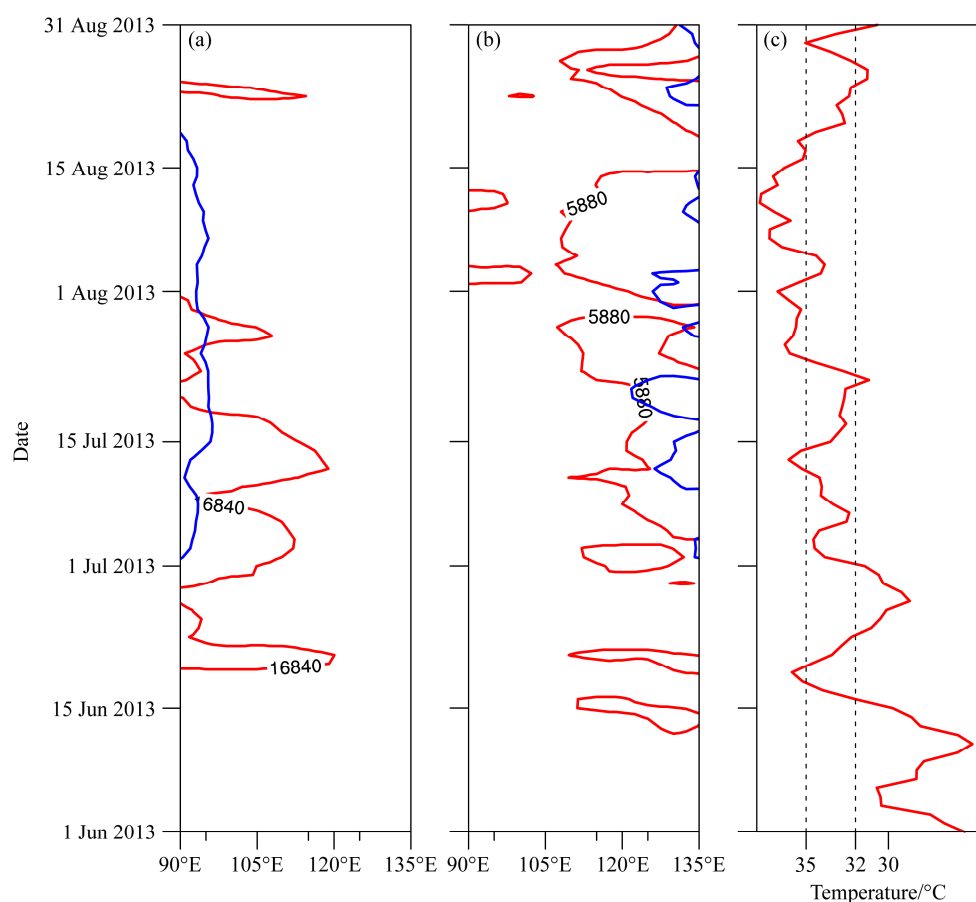


图3 2013年6~8月27.5°~32.5°N平均 (a) 16840 gpm线、(b) 5880 gpm线的逐日演变, 单位: gpm, 其中红线为2013年实测, 蓝线为气候平均; (c) 南方高温区平均的日最高气温逐日变化, 单位: °C

Fig. 3 Time-longitude cross sections of (a) 16840 gpm and (b) 5880 gpm isolines averaged over 27.5°–32.5°N, and (c) evolution of daily maximum temperature averaged over the hot region in southern China from June 1 to August 31, 2013. The red and blue lines represent the 16840 gpm (a) and 5880 gpm (b) isolines in 2013 and their long-term means, respectively

青藏高压东扩明显。气候态的 16840 gpm 线的东端大体位于 90°E 附近。但在 2013 年南方高温期, 该时段的 16840 gpm 线比气候平均向东扩展了近 10 个经度。有的时段甚至东扩到达 120°E 的东部沿海地区。4.1 节中曾经提到在该时段西太副高有 4 次明显西伸过程 (7 月上、中、下旬三次及 8 月上旬)。图 3a 表明, 除了 8 月过程以外, 几乎都与青藏高压的东扩相对应。

另外, 高温时段对流层低层 850 hPa 风场距平 (图 4) 显示, (25°N~35°N, 105°E~135°E) 范围内, 存在极强的反气旋距平风场, 长江中下游地区为这一反气旋异常所控制 [引自 Peng (2014) 的图 2d]。它与 500 hPa 高度场的强正距平相对应 (见图 2b)。这说明这次西太副高的稳定西伸, 是对流层整层高压系统异常的表现。正是由于整层深厚系

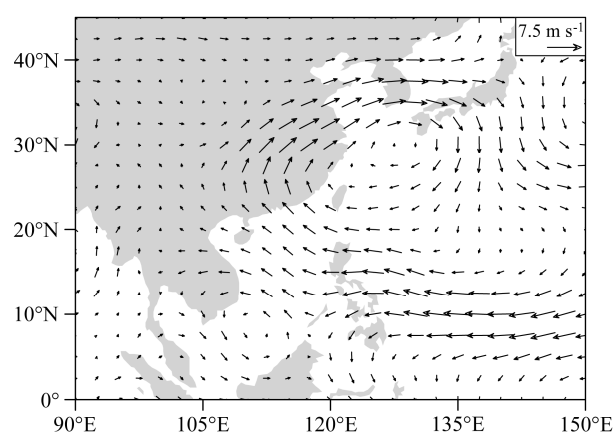


图4 2013年7月2日至8月19日平均的850 hPa风场距平, 单位: m s^{-1} 。引自 Peng (2014)

Fig. 4 Wind anomalies at 850 hPa averaged over July 2 to August 19, 2013, units: m s^{-1} . Quoted from Peng (2014)

统的异常,才使它的稳定性突现出来。

4.3 中高纬度环流特征

在西太副高西伸北抬,长时间控制我国南方地区的时期内,中、高纬西风带的活动也表现出异常变化,它们也对西太副高的活动产生明显的影响。图 5a 和 b 分别是高温时段内北半球 500 hPa 高度、距平图及其纬圈偏差平方的距平。可以看出,该时段内极涡位置偏向西半球的格陵兰地区(图 5a),使亚洲东部地区处于比较平直的东西风环流中,急流位置和锋区位置偏北,亚洲上空来自极地的冷空气活动不强。低压槽区多小槽小脊活动,无强冷空气南下。这里用 500 hPa 高度场的纬圈偏差平方(Z_{500}^2)

代表扰动活动的强度。在 2013 年高温时段内,黑海以东的欧亚大陆中纬度地区为一致的 Z_{500}^2 负距平(图 5b)。这说明,这时槽脊活动较常年同期偏弱,西风带扰动不活跃。

再来分析该时段内西风急流的特点。图 6 给出高温时段内 200 hPa 纬向风(u)平均值及其距平。与气候平均相比,2013 年 7 月 2 日至 8 月 19 日,中纬度西风急流中心($u \geq 30 \text{ m s}^{-1}$)范围更大且位置偏北,强度明显偏强。这说明 2013 年夏季西风带北缩,纬向环流偏强。西风带中的气旋性扰动不易影响到副热带地区,有利于西太副高在 30°N 附近维持。

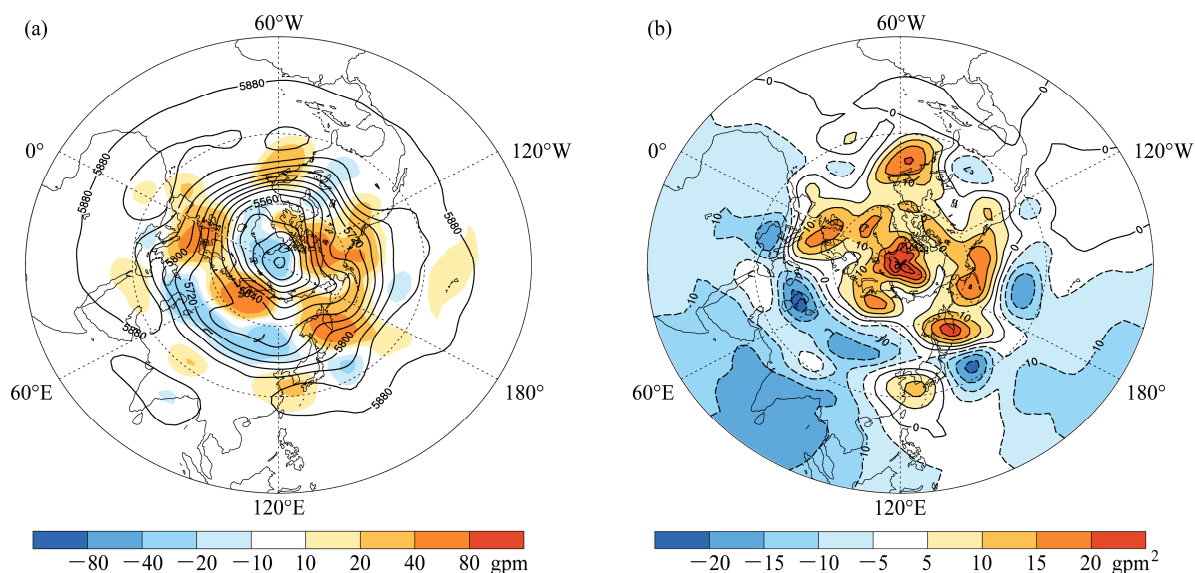


图 5 2013 年 7 月 2 日至 8 月 19 日平均的 (a) 500 hPa 位势高度场(等值线, 间隔 40 gpm)及其距平(阴影), 单位: gpm; (b) 同时期 Z_{500}^2 距平(单位: gpm^2)

Fig. 5 (a) Z_{500} (contour, the contour interval is 40 gpm) and its anomalies (shaded), and (b) the anomalies of Z_{500}^2 (units: gpm^2) averaged over July 2 to August 19, 2013

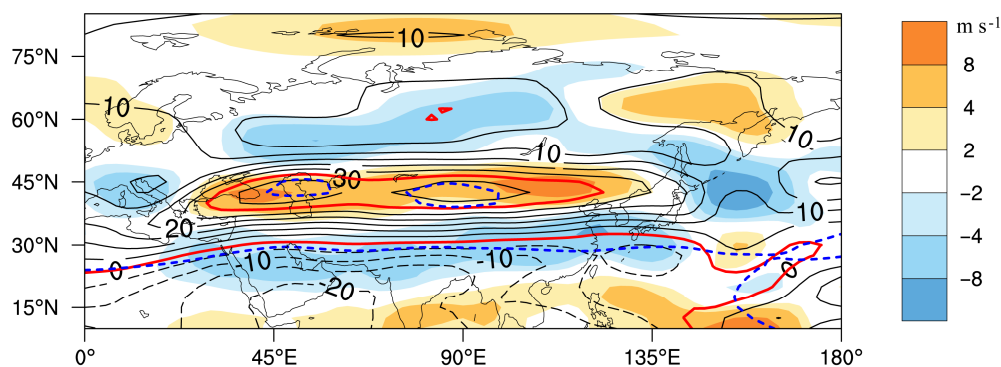


图 6 2013 年 7 月 2 日至 8 月 19 日平均的 200 hPa 纬向风场(等值线)及其距平(阴影), 单位: m s^{-1} , 其中红线表示 0 m s^{-1} 和 30 m s^{-1} 线, 蓝线表示气候平均的 0 m s^{-1} 和 30 m s^{-1} 线。引自 Peng (2014)

Fig. 6 Zonal wind at 200 hPa (contours) and its anomalies (shaded, units: m s^{-1}) averaged over July 2 to August 19, 2013. The red lines denote contours of 0 m s^{-1} and 30 m s^{-1} in 2013, and the blue lines indicate long-term mean contours of 0 m s^{-1} and 30 m s^{-1} . Quoted from Peng (2014)

4.4 热带环流的异常

众所周知, 夏季西太副高南侧的偏东气流是赤道辐合带 (Intertropical Convergence Zone, 简称 ITCZ) 的重要组成部分。ITCZ 位置及强度可以影响西太副高的活动。2013 年夏季, 热带地区的环流 (ITCZ 和台风活动) 出现许多异常的现象。图 7 为南方高温区最高温度的时间序列与同期的 OLR 场的相关。可以看出, 在纬度 20°N 左右的地区, 有一个负相关带。其中两个高相关中心分别位于印度半岛上空和南海地区。说明在南方地区最高温的变化与该地区的对流密切相关, 当该地区对流增强时, 有利于出现南方高温的状况。同时, 在高温阶段, 赤道辐合带的东段 (即南海地区) 的对流活动

与气候平均相比也偏强 (图略), 它从南侧支持了西太副高的维持和加强。在图 7 中我们用方框标出东段高相关区 ($10^{\circ}\sim 21^{\circ}\text{N}$, $112^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$), 并比较了该区平均 OLR 值 (蓝线) 与南方高温区最高温度 (红线) 的变化特征 (图 8)。可以看出, 两者的变化大体上是相反的。它们之间的相关系数高达 -0.61 。也就是说南海及西太平洋热带地区 ITCZ 的加强有利于其北侧西太副高的加强, 进而影响南方地区的气温异常。这与 Liu et al. (2015) 的研究结果一致。他们发现, 夏季南海和阿拉伯海至西北印度洋的降水偏多时, 副高强度偏强。

为了进一步说明这次南方高温与热带环流的关系, 我们再来考察它与越赤道气流的关系。图 9

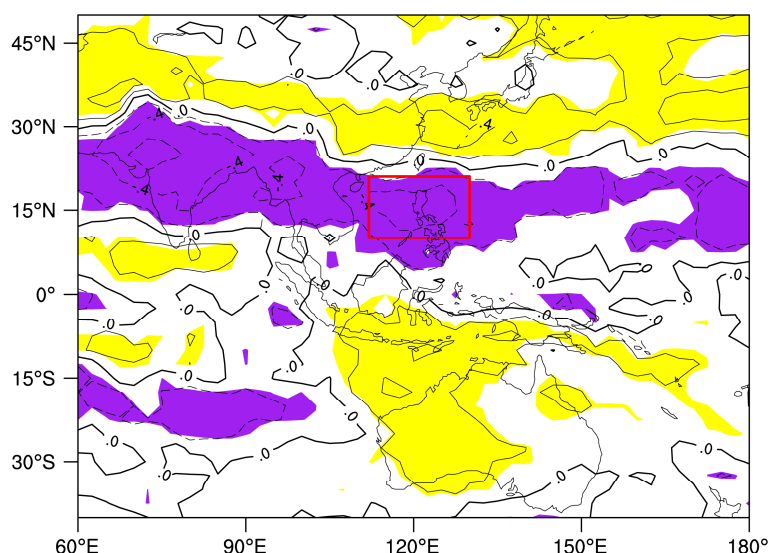


图 7 2013 年 5 月 1 日至 8 月 31 日中国南方高温区平均逐日最高温度序列与 OLR 的相关 (阴影区超过 95% 信度水平), 其中红色矩形框指示了西太平洋 OLR 关键区的范围 ($10^{\circ}\sim 21^{\circ}\text{N}$, $112^{\circ}\sim 130^{\circ}\text{E}$)

Fig. 7 The distribution of the correlation coefficient between daily maximum temperature in the hot region in southern China and OLR averaged over May 1 to August 31, 2013. Shaded areas indicate the correlation is statistically significant at 95% confidence level. The red box indicates the western Pacific key region of OLR

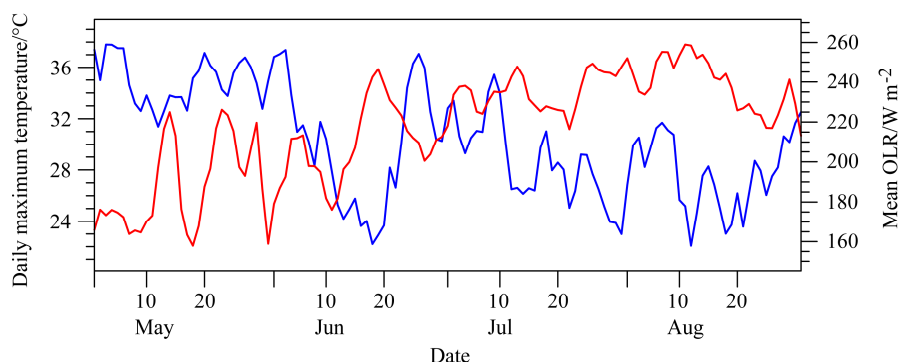


图 8 2013 年 5 月 1 日至 8 月 31 日中国南方高温区平均逐日最高温度 (红线; 单位: $^{\circ}\text{C}$) 与西太平洋关键区 OLR 指数序列 (蓝线; 单位: W m^{-2})

Fig. 8 Time series of daily maximum temperature in the hot region in southern China (red line, units: $^{\circ}\text{C}$) and the area-mean OLR in the western Pacific key region (blue line, units: W m^{-2}) during May 1 to August 31, 2013

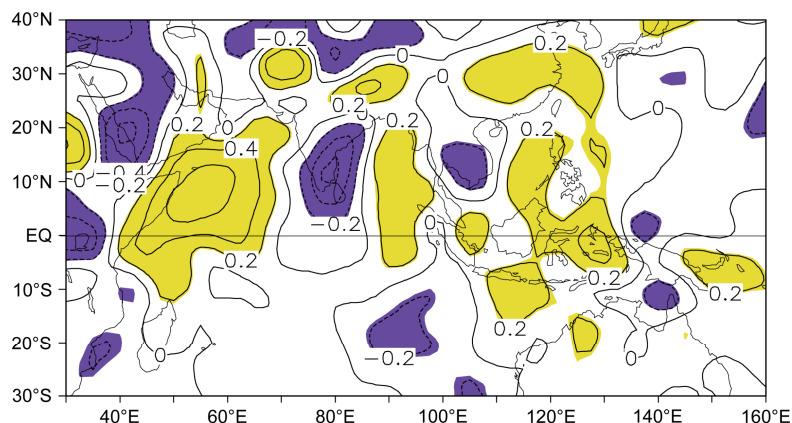


图9 2013年5月1日至8月31日中国南方高温区平均逐日最高温度时间序列与850 hPa 经向风分量的相关, 阴影区超过95%信度水平

Fig. 9 The distribution of correlation coefficient between daily maximum temperature in hot region in southern China and the meridional wind at 850 hPa for the period of May 1 to August 31, 2013. Shaded areas indicate the correlation is significant at the 95% confidence level

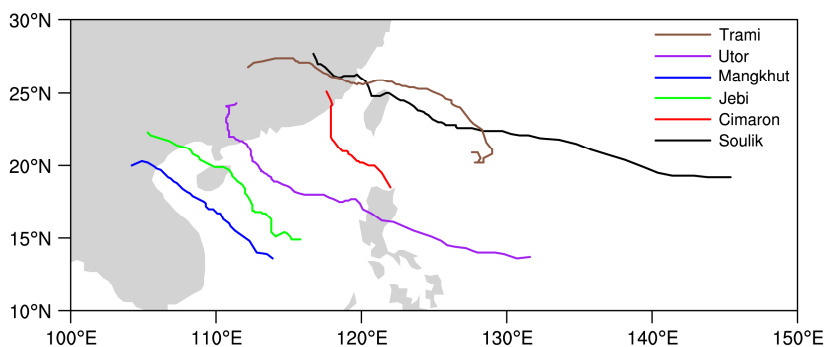


图10 2013年7月2日至8月19日生成的6个台风路径。引自 Peng (2014)

Fig. 10 The six typhoon tracks during July 2 to August 19, 2013. Quoted from Peng (2014)

为最高温度序列与850 hPa 经向风分量的相关。可以看出,在赤道附近有三个通过95%信度水平的正值区,标志着高温与强越赤道气流相对应。其中最强的当属索马里越赤道气流,而90°E及120°E处的越赤道气流也明显加强。这无疑使赤道西太平洋直至东印度洋地区的辐合带大大加强。更值得指出的是,在高温持续的时段内,热带西太平洋地区竟然有6次台风的活动,而且其中4次沿着ITCZ北侧的偏东风西行登陆中国或越南(图10)。这无疑与前面指出的ITCZ的加强及西太副高的稳定维持有密切的关系。

由以上分析可见,热带环流的异常,包括越赤道气流的活跃,ITCZ的加强与印度半岛及南海地区对流的明显加强,是导致该时段中西太副高偏西偏强且稳定少动的重要原因。另外,由图7可见,南半球的对流活动(OLR)也有明显的异常,它与其北侧的负相关及江南的正相关区形成了“十一”的遥相关的分布。这说明本次持续性高温天气

还可能与南半球环流异常有关,是我们进一步要深入探讨的内容。

5 小结与讨论

2013年夏季我国南方地区经历了一次持续的高温酷暑天气,它强度强、范围广、持续时间长,为历史所罕见。本文分析它的成因,得出如下的几点认识:

(1) 西太副高的异常,当是高温酷热天气最重要、最直接的原因。它在该时段内偏西、偏强、持续控制江南地区。正的反气旋式异常中心向下扩展至对流层低层。在对流层高层,有东扩的青藏高压与之呼应,使得本次过程持续性特别明显。

(2) 中高纬度环流的特殊配置给西太副高的异常提供了十分有利的条件。2013夏季,极涡偏向西半球,欧亚地区西风带偏北(包括西风急流),多呈较平直的纬向气流,给西太副高北推和稳定创造了有利的环流背景。

(3) 2013 年夏季热带环流的异常值得特别关注。在西太副高北推西进时段内, 东半球几条主要的越赤道气流几乎都出现了较强的态势, 使得 ITCZ 在热带西太平洋至印度洋之间大大加强。它有力地支撑了西太副高的南侧偏东气流。实际上在这段时期内, 南半球的环流和对流活动也有明显的异常, 它可能对北半球副热带系统也有一定影响, 值得我们进一步深入分析。

从以上的分析我们可以发现, 2013 年夏季, 热带环流出现了明显的异常, 从图 7 和图 9 可以看到, 在西边, 有极强的索马里越赤道气流, 它向东延伸, 影响 ITCZ 的强度; 在南边, 澳大利亚及其以北地区有一大片 OLR 与南方温度的正相关区, 标志着该地区的对流活动的强弱可能会影响我国南方的天气。那么它们又是通过什么机制(比如遥相关)来影响的? 这些给我们提供了十分有用的线索, 值得关注并深入研究。

从图 1c 看, 2013 年夏季南方高温天气过程具有阶段性, 超过 35°C 以上的有 6 个高温时段。虽然高温往往对应着副高持续偏强、偏西, 同时西太平洋、南海对流活动大体上处于偏弱状态, 但仔细分析这 6 次高温过程发现, 对于不同的过程, 副热带、中高纬度和热带环流异常表现出不同的配置特征。例如, 6 月中旬和 7 月中旬的两次较短的高温过程, 大体上对应着青藏高压的东伸、副热带高压的西伸以及西太平洋、南海关键区对流活动活跃。而 8 月初至中旬持续时间相对更长的高温过程, 青藏高压东伸并不明显, 西太平洋、南海对流活动活跃, 这一阶段有 4 个台风登陆或影响我国。此外, 在 7 月和 8 月, 中高纬度的环流形势也有不同(林玉成等, 2013; 杨舒楠和何立富, 2013)。可见, 在不同的高温阶段, 中高纬度环流、青藏高压、副高和热带环流异常等表现有所不同, 相互配制关系也有差异。这可能意味着在不同的阶段, 导致副高异常维持的主要环流因子有所不同, 需要更详细的分析。

参考文献 (References)

陈敏, 耿福海, 马雷鸣, 等. 2013. 近 138 年上海地区高温热浪事件分析 [J]. 高原气象, 32 (2): 597–607. Chen Min, Geng Fuhai, Ma Leiming, et al. 2013. Analyses on the heat wave events in Shanghai in recent 138 years [J]. Plateau Meteorology (in Chinese), 32 (2): 597–607, doi: 10.7522/j.issn.1000-0534.2012.00058.

丁婷, 钱维宏. 2012. 中国热浪前期信号及其模式预报 [J]. 地球物理学报, 55 (5): 1472–1486. Ding Ting, Qian Weihong. 2012. Statistical

characteristics of heat wave precursors in China and model prediction [J]. Chinese Journal of Geophysics (in Chinese), 55 (5): 1472–1486, doi: 10.6038/j.issn.0001-5733.2012.05.005.

黄荣辉, 孙凤英. 1994. 热带西太平洋暖池的热状态及其上空的对流活动对东亚夏季气候异常的影响 [J]. 大气科学, 18 (2): 141–151.

Huang Ronghui, Sun Fengying. 1994. Impacts of the thermal state and the convective activities in the tropical western warm pool on the summer climate anomalies in East Asia [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 18 (2): 141–151, doi:10.3878/j.issn.1006-9895.1994.02.02.

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, doi: 10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYP>2.0.CO;2.

李永华, 徐海明, 刘德. 2009. 2006 年夏季西南地区东部特大干旱及其大气环流异常 [J]. 气象学报, 67 (1): 122–132. Li Yonghua, Xu Haiming, Liu De. 2009. Features of the extremely severe drought in the east of Southwest China and anomalies of atmospheric circulation in summer 2006 [J]. Acta Meteor. Sinica (in Chinese), 67 (1): 122–132, doi: 10.3321/j.issn:0577-6619.2009.01.013.

林建, 毕宝贵, 何金海. 2005. 2003 年 7 月西太平洋副热带高压变异及中国南方高温形成机理研究 [J]. 大气科学, 29 (4): 594–599. Lin Jian, Bi Baogui, He Jinhai. 2005. Physical mechanism responsible for western Pacific subtropical high variation and hot wave in southern China in July 2003 [J]. Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese), 29 (4): 594–599, doi: 10.3878/j.issn.1006-9895.2005.04.10.

林听, 管兆勇. 2008. 中国华东地区夏季高温的时空特征和年际变化 [J]. 南京气象学院学报, 31 (1): 1–9. Lin Xin, Guan Zhaoyong. 2008. Temporal-spatial characters and interannual variations of summer high temperature in East China [J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology (in Chinese), 31 (1): 1–9, doi: 10.3969/j.issn.1674-7097.2008.01.001.

林玉成, 徐珺, 张芳华. 2013. 2013 年 7 月大气环流和天气分析 [J]. 气象, 39 (10): 1379–1384. Lin Yucheng, Xu Jun, Zhang Fanghua. 2013. Analysis of the July 2013 atmospheric circulation and weather [J]. Meteorological Monthly (in Chinese), 39 (10): 1379–1384, doi: 10.7519/j.issn.1000-0526.2013.10.018.

Liu G, Wu R G, Sun S Q, et al. 2015. Synergistic contribution of precipitation anomalies over northwestern India and the South China Sea to high temperature over the Yangtze River valley [J]. Adv. Atmos. Sci., 32 (9): 1255–1265, doi: 10.1007/s00376-015-4280-y.

彭海燕, 周曾奎, 赵永玲, 等. 2005. 2003 年夏季长江中下游地区异常高温的分析 [J]. 气象科学, 25 (4): 355–361. Peng Haiyan, Zhou Zengkui, Zhao Yongling, et al. 2005. The analysis of abnormal high temperature in 2003 summer [J]. Sci. Meteor. Sinica (in Chinese), 25 (4): 355–361, doi: 10.3969/j.issn.1009-0827.2005.04.004.

彭京备, 张庆云, 布和朝鲁. 2007. 2006 年川渝地区高温干旱特征及其成因分析 [J]. 气候与环境研究, 12 (3): 464–474. Peng Jingbei, Zhang Qingyun, Cholaw B. 2007. On the characteristics and possible causes of a severe drought and heat wave in the Sichuan–Chongqing region in 2006 [J]. Climatic and Environmental Research (in Chinese), 12 (3): 464–474, doi: 10.3969/j.issn.1006-9585.2007.03.026.

Peng J B. 2014. An investigation of the formation of the heat wave in southern China in summer 2013 and the relevant abnormal subtropical

- high activities [J]. *Atmos. Oceanic Sci. Lett.*, 7 (4): 286–290, doi: 10.3878/j.issn.1674-2834.13.0097.
- 史军, 丁一汇, 崔林丽. 2009. 华东极端高温气候特征及成因分析[J]. *大气科学*, 33 (2): 347–358. Shi Jun, Ding Yihui, Cui Linli. 2009. Climatic characteristics of extreme maximum temperature in East China and its causes [J]. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences (in Chinese)*, 33 (2): 347–358, doi: 10.3878/j.issn.1006-9895.2009.02.13.
- 孙建华, 卫捷, 张小玲, 等. 2004. 2003 年夏季的异常天气及预测试验[J]. *气候与环境研究*, 9 (1): 203–217. Sun Jianhua, Wei Jie, Zhang Xiaoling, et al. 2004. The abnormal weather in the summer 2003 and its real-time prediction [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 9 (1): 203–217, doi: 10.3969/j.issn.1006-9585.2004.01.020.
- 谭晶, 杨辉, 孙淑清, 等. 2005. 夏季南亚高压东西振荡特征研究[J]. *南京气象学院学报*, 28 (4): 452–460. Tan Jing, Yang Hui, Sun Shuqing, et al. 2005. Characteristics of the longitudinal oscillation of South Asia high during summer [J]. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology (in Chinese)*, 28 (4): 452–460, doi: 10.3969/j.issn.1674-7097.2005.04.003.
- 陶诗言, 朱福康. 1964. 夏季亚洲南部 100 毫巴流型的变化及其与西太平洋副热带高压进退的关系 [J]. *气象学报*, 34 (4): 385–396. Tao Shiyan, Zhu Fukang. 1964. The 100-mb flow patterns in southern Asia in summer and its relation to the advance and retreat of the West-Pacific subtropical anticyclone over the Far East [J]. *Chinese J. Atmos. Sci. (Sci. Atmos. Sinica) (in Chinese)*, 34 (4): 385–396.
- 王亚伟, 翟盘茂, 田华. 2006. 近 40 年南方高温变化特征与 2003 年的高温事件 [J]. *气象*, 32 (10): 27–33. Wang Yawei, Zhai Panmao, Tian Hua. 2006. Extreme high temperatures in southern China in 2003 under the background of climate change [J]. *Meteorological Monthly (in Chinese)*, 32 (10): 27–33, doi: 10.3969/j.issn.1000-0526.2006.10.004.
- 卫捷, 孙建华. 2007. 华北地区夏季高温闷热天气特征的分析[J]. *气候与环境研究*, 12 (3): 453–463. Wei Jie, Sun Jianhua. 2007. The analysis of summer heat wave and sultry weather in North China [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 12 (3): 453–463, doi: 10.3969/j.issn.1006-9585.2007.03.025.
- 卫捷, 杨辉, 孙淑清. 2004. 西太平洋副热带高压东西位置异常与华北夏季酷暑 [J]. *气象学报*, 62 (3): 308–316. Wei Jie, Yang Hui, Sun Shuqing. 2004. Relationship between the anomaly longitudinal position of subtropical high in the western Pacific and severe hot weather in north China in summer [J]. *Acta Meteor. Sinica (in Chinese)*, 62 (3): 308–316, doi: 10.3321/j.issn:0577-6619.2004.03.005.
- 杨舒楠, 何立富. 2013. 2013 年 8 月大气环流和天气分析 [J]. *气象*, 39 (11): 1521–1528. Yang Shunan, He Lifu. 2013. Analysis of atmosphere circulation and weather in August 2013 [J]. *Meteorological Monthly (in Chinese)*, 39 (11): 1521–1528, doi: 10.7519/j.issn.1000-0526.2013.11.017.
- 杨辉, 李崇银. 2005. 2003 年夏季中国江南异常高温的分析研究 [J]. *气候与环境研究*, 10 (1): 80–85. Yang Hui, Li Chongyin. 2005. Diagnostic study of serious high temperature over South China in 2003 summer [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 10 (1): 80–85, doi: 10.3969/j.issn.1006-9585.2005.01.008.
- 杨萍, 侯威, 封国林. 2010. 中国极端气候事件的群发性规律研究 [J]. *气候与环境研究*, 15 (4): 365–370. Yang Ping, Hou Wei, Feng Guolin. 2010. A study of the characteristics of the cluster extreme events in China [J]. *Climatic and Environmental Research (in Chinese)*, 15 (4): 365–370, doi: 10.3878/j.issn.1006-9585.2010.04.03.
- 叶殿秀, 尹继福, 陈正洪, 等. 2013. 1961~2010 年我国夏季高温热浪的时空变化特征 [J]. *气候变化研究进展*, 9 (1): 15–20. Ye Dianxiu, Yin Jifu, Chen Zhenghong, et al. 2013. Spatiotemporal change characteristics of summer heatwaves in China in 1961–2010 [J]. *Advances in Climate Change Research (in Chinese)*, 9 (1): 15–20, doi: 10.3969/j.issn.1673-1719.2013.01.003.
- 张峰, 何立富. 2013. 2013 年 6 月大气环流和天气分析 [J]. *气象*, 39 (9): 1227–1232. Zhang Feng, He Lifu. 2013. Analysis of the June 2013 atmospheric circulation and weather [J]. *Meteorological Monthly (in Chinese)*, 39 (9): 1227–1232, doi: 10.7519/j.issn.1000-0526.2013.09.021.
- 邹旭恺, 高辉. 2007. 2006 年夏季川渝高温干旱分析 [J]. *气候变化研究进展*, 3 (3): 149–153. Zou Xukai, Gao Hui. 2007. Analysis of severe drought and heat wave over the Sichuan basin in the summer of 2006 [J]. *Advances in Climate Change Research (in Chinese)*, 3 (3): 149–153, doi: 10.3969/j.issn.1673-1719.2007.03.005.