

2006 年夏季重庆高温伏旱环流特征分析

王秋良, 张立凤

(解放军理工大学气象学院, 江苏 南京 211101)

摘要: 利用 NCEP 逐日再分析资料、OLR 资料和 SST 资料对 2006 年夏季重庆地区持续高温干旱过程的天气特征、环流背景及形成机理进行了初步分析, 结果表明: 造成重庆持续异常高温伏旱的主要原因是西太平洋副热带高压的异常, 而它与南亚高压位置和强度的异常、极涡和副热带急流的变化、西太平洋暖池偏暖等因子都有较大关系。

关键词: 重庆; 高温伏旱; 天气特征; 环流背景; 形成机理

中图分类号: P458.1⁺¹

文献标识码: A

引言

重庆位于我国的西南地区, 由于其特殊的地理位置, 决定了该区域气候变化对东亚, 乃至全球天气气候都有显著影响^[1]。陶诗言、黄荣辉等众多学者对西南气候有过不少研究^[2-5]。夏季, 西南地区气温普遍不高, 仅在四川盆地东南部有部分河谷地带(海拔约 400 m 以下)高温酷热, 暑热程度与长江中下游的酷热区大体相当。东部同纬度平原丘陵区在太平洋副热带高压控制下多晴少雨、气温偏高。四川盆地东南部也受此高压脊部影响, 加上背风河谷产生焚风效应, 容易形成局部高温区^[6]。在全球气候变暖的背景下, 2006 年夏季重庆地区出现历史罕见高温热浪和百年一遇的伏旱天气。本文主要对高温伏旱特征、大气环流背景进行分析, 并对其形成机理进行初步讨论。

1 资料与处理

所用资料包括美国国家环境预报中心(NCEP)提供的 2006 年 5~8 月逐日 26 层再分析资料, 每天 4 个时次, 分辨率为 $1^\circ \times 1^\circ$; 高度与温度的气候平均场是利用 1957~1996 年 40 a 的再分析资料经过平均得到, 其分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$; 在分析需要时用双线性插值成 $1^\circ \times 1^\circ$; 向外长波辐射(OLR)资料和海表温度(SST)资料均为美国国家海洋大气局

(NOAA)提供的, OLR 资料是从 1974 年 6 月至 2007 年 3 月的月平均场, 分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$; 计算距平时气候平均态用 1980~1999 年平均场; SST 资料是从 1854 年 1 月至 2007 年 4 月 $2^\circ \times 2^\circ$ 的重建月平均海表温度场, 计算距平用的气候平均态为 1957~1996 年的 40 a 平均场。

2 高温伏旱天气特征

2006 年重庆地区的高温伏旱始于 7 月上旬。7 月 11 日大部分地区进入伏旱, 进入高温季节比常年提前了 10~15 d; 直到 9 月 4~5 日, 重庆境内大范围降温降雨, 持续 2 个多月的高温天气才结束, 高温季节结束比常年晚。与以往高温伏旱天气相比, 此次过程还具有一些特点。

2.1 气温

从温度的变化看, 此次过程有 2 个特点: 一是高温持续时间长; 二是出现了极端气温。重庆永川市从 6 月 4 日至 9 月 10 日, 日最高气温 $\geq 35^\circ\text{C}$ 日数达 52 d, 日最高气温 $\geq 40^\circ\text{C}$ 日数为 13 d, 分别突破此前 1971 年创下的 25 d 和 1995 年创下的 2 d 的记录。7、8 月平均气温分别达 30.3°C 、 32°C , 高出 40 a 平均 3.1°C 、 4.6°C 。8 月 16 日, 綦江县最高气温达到 44.5°C , 打破了重庆市保持 53 a 的最高气温纪录。再分析场上, 7、8 月的平均地面(0 cm)最高

收稿日期: 2007 - 11 - 19; 改回日期: 2008 - 01 - 21

作者简介: 王秋良(1983 -), 男, 湖南浏阳人, 硕士研究生, 从事气候变化研究。E-mail: wangqiliangyjs@163.com

气温在 40 以上。

2.2 降水

从降水的变化看,此次过程也有 2 个特点:一是无雨时间持续长;二是出现了极端低的降水量。

4~8月,永川市中南部地区雨量 401.2 mm,历年同期为 707.7 mm,偏少 43.3%;北部地区雨量约 350 mm,较历年同期偏少约 70%。中南部地区从 7月 19日到 8月 19日,连续 32 d 晴热高温,打破了 1992年创下的 24 d 最长连续无雨记录。4~8月蒸发量达到 1 022 mm,较历年同期偏多 45.1%。其中 7~8月蒸发量高达 570 mm,突破永川 1994年创下的 490 mm 的最高记录。由于降水少、蒸发大,因此水分失衡严重。

从 850 hPa 相对湿度(图略)场上看,6月份开始重庆北部地区便出现干舌,7月份干舌更加明显南伸,8月份在重庆形成明显的干中心。

3 时空特征分析

3.1 时间演变

以 14时地面气温作为一天的最高温度 (T_{max}),用 105°~108°E, 28°~32°N 的区域平均温度代表重庆地区的温度,将某天 $T_{max} \geq 35$ 定义为高温日。

图 1 给出的是 6~8月每日的最高气温逐日变化。6月 10日 T_{max} 首次超过 35,直到 17日又持续

4 d 高于 35,从 23到 28日都在 35 以上。仅 7月 1、7、8、23日 $T_{max} < 35$,其中 7月 15、20、21、28日都在 40 以上。仅 8月 5、6、20、21、22、23日在 35 以下,其中 8月 11、12、14、15、16、31日在 40 以上,8月 15日最高达 43.5 左右。7、8月,日最高气温 > 35 的日数为 52 d,超过 40 的有 10 d。

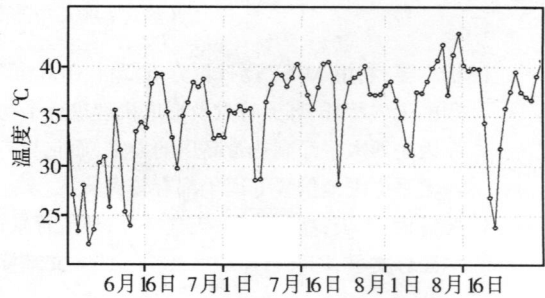


图 1 重庆 6~8月日最高气温逐日变化

Fig 1 The daily change of maximum surface temperature in Chongqing from June to August

3.2 垂直分布

图 2 给出了 7月和 8月沿 106°E 温度垂直剖面和气候平均态。从图可见,在重庆上空(30°N 附近)等温线表现为一个向上凸起的脊状,与气候平均态(虚线)相比,对流层底层(850 hPa 以下)温度异常表现明显,高出气候平均 3~4,往上偏差减

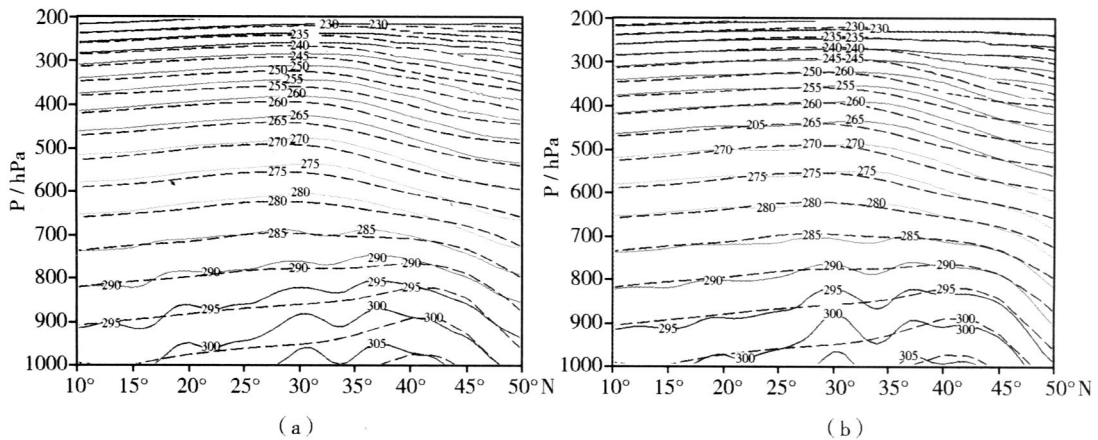


图 2 2006年 7月(a)和 8月(b)沿 106°E 温度垂直剖面(单位:K) (实线:7月或 8月的月平均等温线;虚线:40 a 气候平均的等温线)

Fig 2 Vertical cross-section of temperature along 106°E of July(a) and August(b)

(Solid lines for monthly mean isotherms in July or August, dashed lines for mean climatic isotherms from 1957 to 1996)

小, 500 hPa 偏差为 1~2, 再往上偏差很小。这说明高温异常主要在 500 hPa 以下的对流层低层。

4 环流特征分析

持续高温干旱的形成与大气大尺度环流特征密切相关, 下面对影响 2006 年夏季重庆地区的主要大气环流系统进行分析。

4.1 西太平洋副热带高压

西太平洋副热带高压是连接中高纬度和低纬地区环流系统的中间纽带, 其位置和强度的变化关系到东亚季风建立、长江流域降水多寡以及华北、华南地区的气温和旱涝, 即西太副高位置和强度的变化直接影响着我国气候和天气变化 [7-9]。

4.1.1 西太副高强度和位置

图 3 给出了 2006 年 7 月和气候平均的 500 hPa 高度场, 比较可见, 在南亚和东亚地区, 7 月份存在 2 个高压中心, 即西太副高和伊朗副高, 2006 年 7 月这 2 个副高较气候态都明显增强, 从高度距平场更容易看出 (图 3a 阴影区), 在西太副高和伊朗副高区域, 及贝加尔湖以南大片范围都有很强的正距平, 重庆地区处于正距平中。气候场上这 2 个高压之间是相对低压区, 28°N 和 40°N 之间沿 110°E 附近为低槽, 重庆位于这个低槽底部。而 2006 年在这 2 个副热带高压之间又存在 1 个高压中心, 贝加尔湖以南是高压脊, 重庆位于这个高压东部, 这反映了高温干旱月大气环流系统的异常。

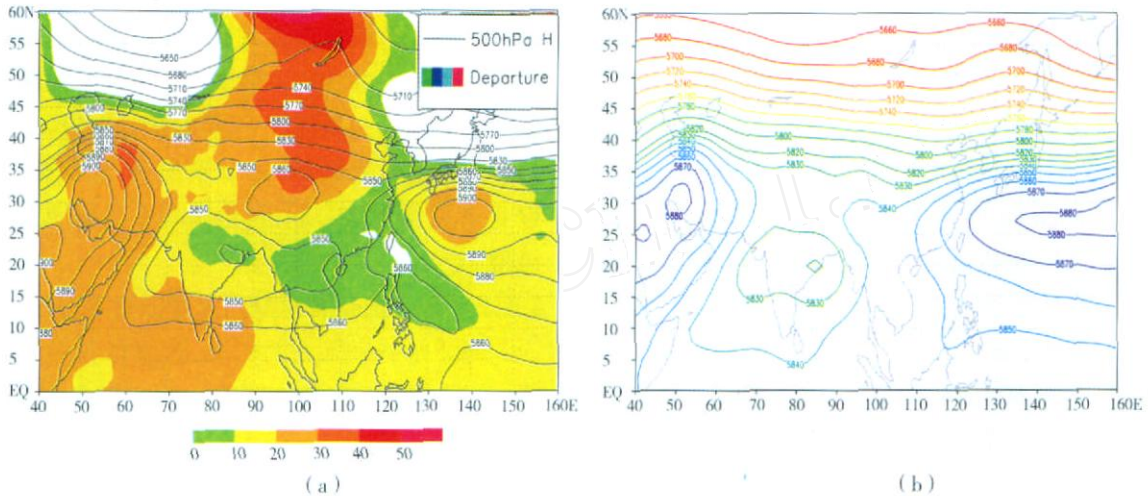


图 3 2006 年 7 月 500 hPa 高度场 (实线) 与距平 (填色) (a) 及 500 hPa 气候平均高度场 (b)

Fig 3 The 500 hPa potential height field and departure of July in 2006 (a) and during 1957 - 1996 (b) (Solid lines for potential height, shaded for the departure)

8 月的形势与此相似, 只是副高进一步发展, 西太副高与陆上高压合并, 成带状深入大陆内部, 重庆位于 5 870 gpm 等值线范围内。2006 年的 5、7 和 8 月青藏高原上均是正距平, 6 月仅在高原东部有小块负距平区。叶笃正等 [10] 曾指出: 夏季青藏高原 500 hPa 高度场偏高有利于高原高压系统不断分裂东移, 分裂东移的高压系统与西太平洋副高合并, 致使西太平洋副高西伸或北抬。所以 2006 年青藏高原上 500 hPa 高度场的正距平有利西太副高的西伸或北抬, 西太副高的西伸或北抬对重庆高温伏旱的形成有正的作用。

为了更清楚地分析夏季西太副高的位置和强度异常, 选用 5 880 gpm 线作为特征线, 分析了 6 月 (图 4a) 和 7 月 (图 4b) 的特征等值线和相应月气候平均的特征等值线。从图看出 6 月特征线西脊点到达 120°E, 较气候状态偏西 16 个经度。脊线位置西伸幅度较大, 纬向变化不大。7 月, 特征线西脊点到达 124°E, 较气候状态偏西 11 个经度, 特征线的范围也增大很多, 在 160°E 以西则平均向北扩大了 3~4 个纬度, 而 160°E 以东, 北伸较小, 副高南侧, 平均南伸 5~6 个纬度。从特征线可以明显看出 2006 年西太副高与气候态的差异。

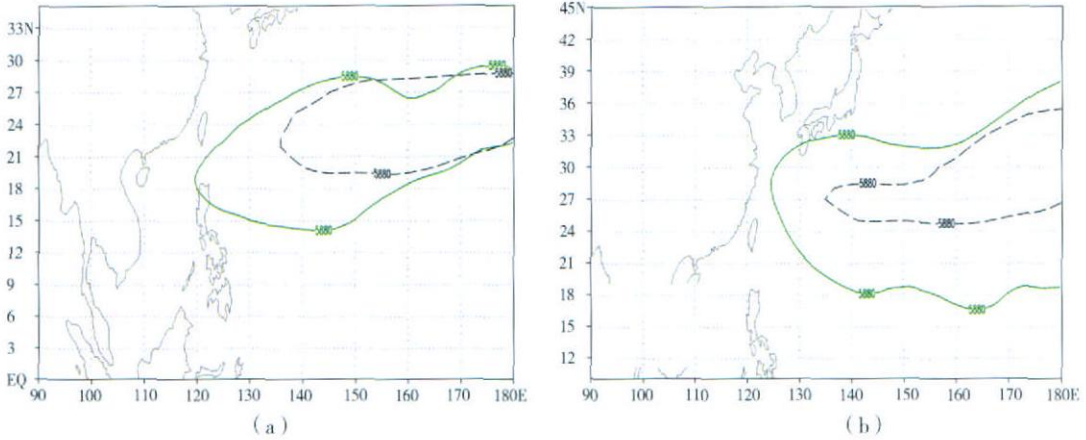


图 4 6月 (a)和 7月 (b) 500 hPa副高特征线 (实线表示 2006年,虚线是气候平均态)

Fig 4 Characteristic lines of Subtropical High of 500 hPa in June (a) and July (b) (Solid line for the year of 2006, dashed line for mean climatic state)

卫星观测到的地气系统长波辐射 (OLR)可以反映对流活动的强弱和垂直运动的信息^[11]。西太副高对应的是大范围的下沉区,往往是 OLR 高值区^[12]。所以 OLR 的分布也能反映西太副高的特征。图 5给出了 2006年 8月 OLR月平均场与距平场分布,对比图 3a可见,在黄海与东海区域,西太副高中心与 OLR 的高值区相当接近,且 OLR 的高值区也对应 OLR 距平的高值区。同时重庆地区的距平值也 $>20 W \cdot m^{-2}$ 。

此外,分析 500 hPa的风场发现 (图略),从 7月气候平均场上看,重庆地区位于槽前,为西南风,有利于水汽输送。2006年 7月则处于 2高压之间,风场上是一个鞍形场中心,平均风速很小;进一步分析南风分量 (图略)发现:5月气候平均场上,在 $33^{\circ} \sim 50^{\circ} N$ 、 $85^{\circ} E$ 以西有大片南风区,而 2006年该区南风

范围大大缩小,且东界西退到 $78^{\circ} E$ 附近;6月,沿 $105^{\circ} E$ $40^{\circ} a$ 平均南风界在 $28^{\circ} N$ 附近,而 2006年则在 $22^{\circ} N$ 附近,在 $20^{\circ} \sim 30^{\circ} N$ 、 $97^{\circ} \sim 107^{\circ} E$ 区域内形成一个南伸的北风区;7月沿 $100^{\circ} E$ 附近,出现一条南窄北宽的长北风带,40 a平均上,北风带在 $30^{\circ} N$ 以北;8月沿 $100^{\circ} E$ 附近,也出现 1条南窄北宽的北风带。

4. 1. 2 西太副高异常与西太平洋海表温度的关系

海洋是一个巨大的热源,海温作为重要影响因子,与副高活动有密切联系。研究指出,赤道太平洋海面温度的变异与西太平洋副高的强弱趋势变化密切相关^[13]。异常海温外源强迫是引起气候尺度的副高变异的主要原因^[13]。有研究表明:西太平洋暖池 (Western Pacific Warm Pool, WPWP)增温时,从菲律宾周围经南海到中印半岛上空的对流活动将

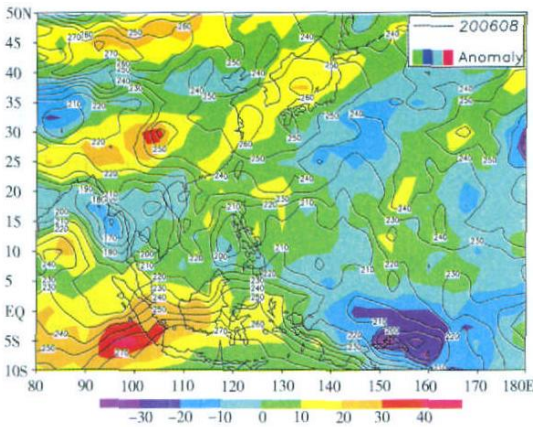


图 5 2006年 8月 OLR月平均场 (实线)与距平场 (填色)

Fig 5 Monthly mean field of OLR in August and the departure of OLR (Solid lines for monthly mean field, shaded for the departure)

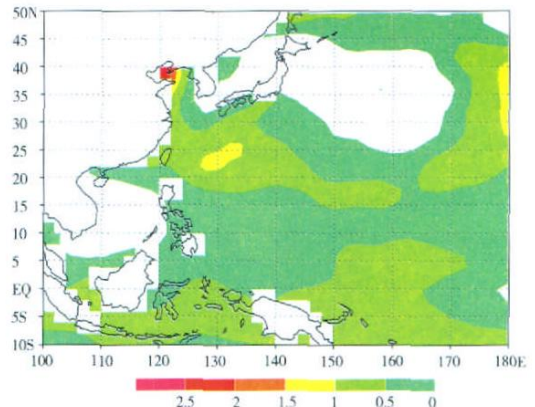


图 6 5月 SST正距平分布

Fig 6 Distribution of positive departure of SST in May of 2006

增强,西太平洋副高的位置偏北^[14-17]。

对 SST (Sea Surface Temperature) 资料分析发现: 5~8 月(图 6), 暖池海温均有正距平, 5、6 月较为显著。120~180 °E, 10~20 °N 海域区域平均距平为: 5 月 0.379, 6 月 0.436, 7 月 0.168, 8 月 0.0617。重庆高温干旱前期, 暖池出现了较强的偏暖异常, 同期偏暖要小很多。暖池暖异常, 能影响到西太平洋副高位置的偏北, 与重庆夏季持续高温伏旱有关系。

4.2 极涡

极涡一般指位于对流层中、上层且中心在极区的大尺度气旋性环流系统, 是一个冷性系统^[18]。这里讨论的是北极极涡(以下简称极涡)。张瑞萍^[19]

等研究认为: 亚洲及西太平洋地区西风带经向环流强弱和极涡有着重要关系。

图 7 给出了北半球 2006 年 7 月 500 hPa 形势和 7 月的气候态, 比较可见, 2006 年极涡中心偏向西半球, 若以 5600 gpm 线为特征线, 从 5 月开始 2006 年的特征线较气候状态就有明显的北缩, 7 月在 180 °E 附近最明显; 在欧亚大陆的副热带高压带的北侧, 2006 年的形势场表现为明显的波动, 特别是贝加尔湖附近由气候态中的低压槽变为高压脊。极涡位置的异常会影响整个北半球大气环流系统的异常, 直接表现为使中低纬度的系统都会较气候态偏北和西太副高偏北。

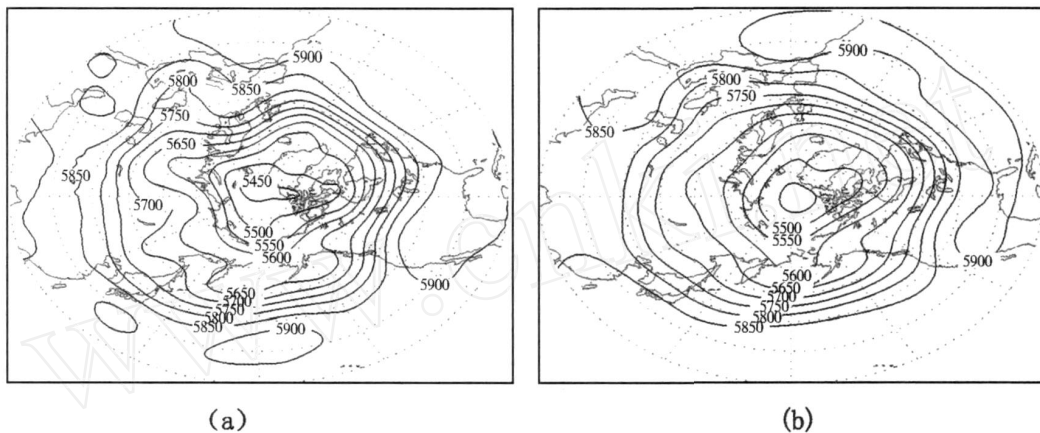


图 7 2006 年 7 月 500 hPa 平均高度场 (a) 和气候平均态 (b)

Fig 7 Monthly mean potential height field of 500 hPa in July of 2006 (a) and during 1957 - 1996 (b)

4.3 南亚高压

刘屹岷、吴国雄^[13]认为: 副高与周边天气系统并不是一种“主从”关系, 而是相互作用的关系。作为高层环流, 与低层环流相比, 200 hPa 上的南亚高压的异常更具有稳定性和持续性, 并有一定的超前性, 具有预测价值^[20]。

2006 年的 5~8 月, 200 hPa 南亚高压逐步往西往北移动, 与地球上的热源季节变化对应很好。7 月(图 8), 南亚高压中心移至 90 °E, 31 °N 附近, 而气候平均态在 83 °E, 29 °N 附近, 2006 年高压中心东移 7 个经度, 北移 2 个纬度。总体来看, 5~8 月 200 hPa 南亚高压除 6 月外均偏东 5~10 个经度, 偏北 1~3 个纬度。

从 100 hPa 流场(图略)上也可看出, 5 月和 8 月东西风转换轴线位置较气候平均态偏北。同时 5

月出现一个较强信号是气候场上 100 hPa 上南亚高压中心在 100 °E 上, 而 2006 年 5 月却到了 70 °E 上, 100 hPa 南亚高压上高原时间提前。南亚高压过早北跳影响了西南季风的建立及其强度。

副热带急流位于 200 hPa 上空副热带高压北缘, 也即信风环流圈北部上空^[13]。以全风速 30 m/s 的风带来分析副热带急流。2006 年的 5~8 月, 急流较气候平均偏北、偏强。这种变化, 一方面反映副高的变化, 另一方面起到了一种“带动作用”, 使得西太平洋副高偏北。图 9 是 8 月的急流分布及相应的气候态, 从图可见, 2006 年急流区南起 40 °N 附近, 北至 50 °N, 东到 132 °E; 而气候场上南起 38.5 °N 附近, 北至 46 °N, 东到 103 °E, 相比要小得多。因此, 2006 年副热带急流要比气候态向北向东伸张, 而且强度较大, 中心风速也增大了 2 m/s 左右。

4.4 重庆高温伏旱天气的发生机理初探

综上所述,2006年夏季重庆地区出现高温伏旱天气的直接影响系统是西太平洋副高,西太副高异常

偏西偏北造成了控制重庆地区夏季的环流系统发生了变化,使该地区在中高层处于高压控制之下,流场上表现为鞍型场和下沉气流,这种不利于西南气流的

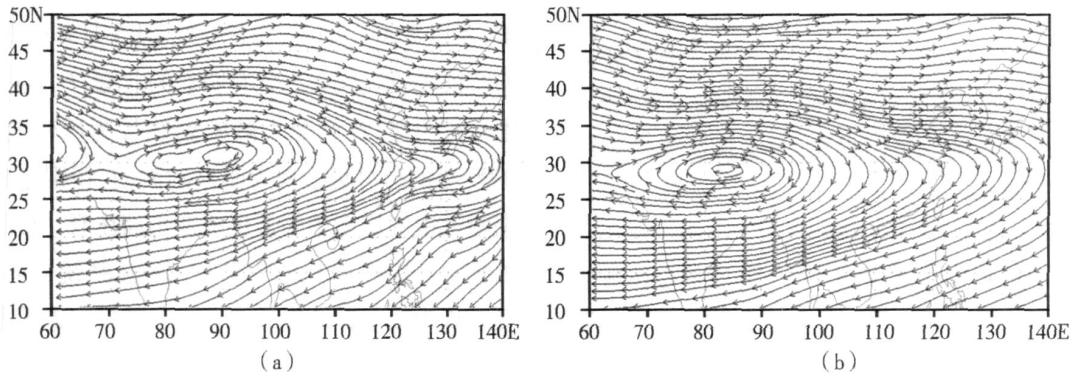


图8 2006年7月200 hPa流场(a)与气候平均态(b)对比

Fig. 8 Monthly mean stream field of 200 hPa in July of 2006 (a) and during 1957 - 1996 (b)

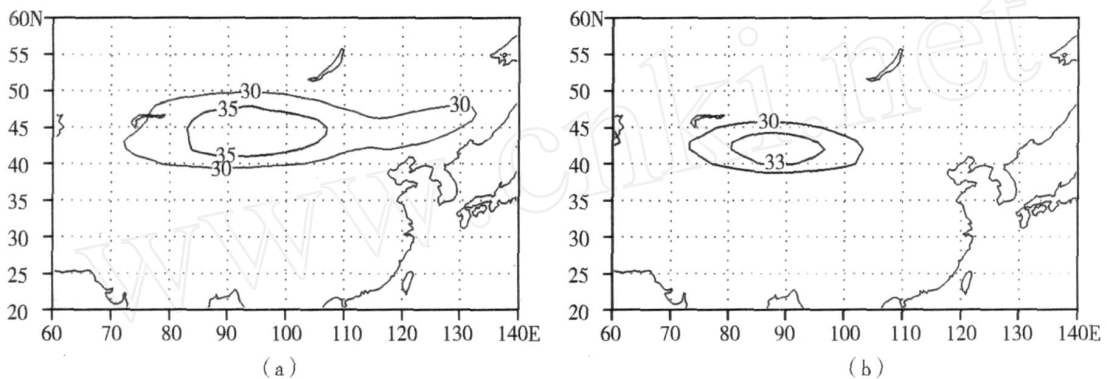


图9 2006年8月(a)与气候平均(b)200 hPa上 ≥ 30 m/s的全风速分布

Fig. 9 Distribution of total wind speed (≥ 30 m/s) of 200 hPa in August of 2006 (a) and during 1957 - 1996 (b)

北上及其对水汽的输送,副高控制区使对流活动减弱和下沉运动增强,有利于干旱和高温天气的形成。进一步探讨西太副高异常的影响因子发现,伴随西太副高的异常,欧亚大陆上大尺度槽脊系统也发生了异常,2006年夏季北极低涡中心偏西北缩,带动中低纬度的大气环流系统位置偏北,南压高压提前进入青藏高原上空,也影响了中层副高的异常。此外西太副高的异常还与西太平洋的海表温度异常偏暖有关,海表温度的异常增暖导致了夏季西太副高的异常增强,位置的异常西伸北抬,且海表温度的偏暖信号早于副高异常。

大气环流各系统之间存在相互作用,不仅相邻系统之间会有相互影响,不相邻的系统通过遥相关也有相互影响。已有研究表明某区域大气环流的异常不仅仅是由于该区域大气的动力、热力异常所造

成,它也可能是由于别的区域环流异常所造成^[21]。以上的讨论只是从大气环流的角度分析了2006年夏季重庆高温伏旱的影响因子,至于各个环流系统的作用和各系统异常之间的关系还有待进行深入的研究。

5 小结

(1) 2006年夏重庆异常高温伏旱天气,具有持续时间长、出现了极端高温和极端低降水的特征,温度异常主要表现在500 hPa以下。

(2) 通过对比分析高度场、特征等值线、风场和OLR场发现,2006年夏季西太平洋副热带高压异常偏强,偏西,偏北。西太平洋副热带高压异常是重庆异常高温伏旱的主要原因之一。

(3) 西太平洋副高强度及位置的异常与北半球低涡的往北收缩、西太平洋海表温度的异常增暖、副热带急流的异常增强和偏北、青藏高原 500 hPa 高度场出现正距平及南亚高压的异常活动有关。

参考文献:

- [1] 马振锋, 彭骏, 高文良, 等. 近 40 年西南地区的气候变化事实 [J]. 高原气象, 2006, 25 (4): 633 - 642.
- [2] 陶诗言, 陈联寿, 徐祥德, 等. 第二次青藏高原大气科学试验研究进展 (三) [C]. 北京: 气象出版社, 2000.
- [3] 黄荣辉. 青藏高原对我国和世界气候环境的影响 [J]. 地球科学进展, 1988, 2 (1): 25 - 26.
- [4] 吴爱明, 倪允琪. 青藏高原对亚洲季风平均环流影响的数值试验 [J]. 高原气象, 1997, 16 (2): 153 - 164.
- [5] 刘晓东. 青藏高原隆升对亚洲季风形成和全球气候与环境变化的影响 [J]. 高原气象, 1999, 18 (3): 321 - 332.
- [6] 徐裕华. 西南气候 [M]. 北京: 气象出版社, 1991. 7 - 10.
- [7] 姚秀萍, 于玉斌, 刘还珠. 2003 年淮河流域异常降水期间副热带高压的特征 [J]. 热带气象学报, 2005, 21 (4): 393 - 402.
- [8] 王黎娟, 温敏, 罗玲, 等. 西太平洋副高位置变动与大气热源的关系 [J]. 热带气象学报, 2005, 21 (5): 488 - 497.
- [9] 王黎娟, 罗玲, 张兴强, 等. 西太平洋副热带高压东西位置变动特征分析 [J]. 热带气象学报, 2005, 28 (5): 578 - 585.
- [10] 叶笃正, 高由禧. 青藏高原气象学 [M]. 北京: 科学出版社, 1979. 202 - 231.
- [11] 于玉斌, 姚秀萍. 2003 年夏季 OLR 特征及与中国异常天气的关系 [J]. 气象, 2005, 31 (7): 10 - 15.
- [12] 许晨海, 倪允琪, 朱福康. OLR 资料描述西太平洋副热带高压的一种方法 [J]. 应用气象学报, 2001, 12 (3): 378 - 382.
- [13] 刘屹岷, 吴国雄. 副热带高压研究回顾及对几个基本问题的再认识 [J]. 气象学报, 2000, 58 (4): 500 - 512.
- [14] 黄荣辉, 李维京. 夏季热带西太平洋上空的热源异常对东亚上空副热带高压的影响及其物理机制 [J]. 大气科学 (特刊), 1988, 107 - 116.
- [15] 黄荣辉, 孙凤英. 北半球夏季遥相关型的年际变化及其数值模拟 [J]. 大气科学, 1992, 16 (1): 52 - 61.
- [16] 黄荣辉, 孙凤英. 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异常的影响 [J]. 大气科学, 1994, 18 (2): 141 - 151.
- [17] 蒲书箴, 于惠苓. 热带西太平洋上层热结构和海流异常及其对副高的影响 [J]. 海洋学报, 1993, 15 (1): 31 - 43.
- [18] 顾思南, 杨修群. 北半球绕极涡的变异及其与我国气候异常的关系 [J]. 气象科学, 2006, 26 (2): 135 - 142.
- [19] 张瑞萍, 周叶芳, 郭可义. 2003 年夏季我国南方持续高温和极涡位置的关系 [J]. 气象科学, 2005, 25 (5): 528 - 533.
- [20] 苏东玉, 李跃清, 蒋兴文. 南亚高压的研究进展及展望 [J]. 干旱气象, 2006, 24 (3): 69 - 74.
- [21] 黄荣辉. 引起我国夏季旱涝的东亚大气环流异常遥相关及其物理机制的研究 [J]. 大气科学, 1990, 14 (1): 108 - 117.

Circulation Characteristics of High Temperature and Drought in Summer of 2006 in Chongqing

WANG Qiuliang, ZHANG Lifeng

(Institute of Meteorology, PLA University of Science and Technology, Nanjing 211101, China)

Abstract: The weather characteristics, circulation background and the formation mechanism of the abnormal lasting high temperature and drought event occurred in Chongqing in summer of 2006 are analyzed by using reanalysis data of NCEP, OLR and SST data. Results show that the abnormality of West Pacific Subtropical High resulted in this lasting high temperature and drought event, and this abnormality of West Pacific Subtropical High was greatly affected by such factors as the abnormal position and strength of Southern Asia High, changes of Polar vortex and subtropical jet stream, warming West Pacific Warm Pool and so on.

Key words: Chongqing; summer high temperature and drought; weather characteristics; circulation background; formation mechanism