

王丽娟, 邓方俊. 2007年6—7月西太平洋副热带高压的异常特征及其成因分析[J]. 气象, 2010, 36(9): 36-41.

2007年6—7月西太平洋副热带 高压的异常特征及其成因分析

王丽娟 邓方俊

浙江省台州市气象局, 台州 318000

提 要: 采用 NCEP 资料以及 NOAA 卫星观测的 OLR 场资料, 分析了 2007 年 6—7 月淮河流域暴雨及江南、华南异常高温期间西太平洋副热带高压的异常特征, 其表现为强度强且南北位置相对稳定, 东西方向进退明显于南北方向的移动。通过分析经圈平面上的垂直环流及风矢量场的特征表明, 副高南北两侧都存在一定强度的上升气流, 北侧上升气流对西太平洋副高中心区 700 hPa 以上高度的下沉运动有激发作用, 而南侧上升气流对西太平洋副高中心区的下沉运动作用不大。中高纬度阻塞高压双阻型的建立, 有利于西太平洋副高的加强和发展。强劲而稳定少动的中纬度西风急流和热带地区异常活跃的对流均有利于西太平洋副高的相对稳定。

关键词: 西太平洋副高, OLR, 上升气流, 下沉气流, 阻塞高压, 西风急流

Abnormal Characteristics of Western Pacific Subtropical High from June to July 2007 and Analysis of Its Causes

WANG Lijuan DENG Fangjun

Taizhou Meteorological Office of Zhejiang Province, Taizhou 318000

Abstract: Based on the NCEP data and outgoing longwave radiation (OLR) data provided by NOAA satellite observations, the paper analyzed the abnormal characteristics of western Pacific subtropical high (WPSH) during the storm rainfall over the Huaihe Valley and abnormal high temperature in the south of China from June to July in 2007. It is shown that the WPSH is stronger than normal and relatively stable in the north-south movement. The shift in the east-west direction is more obvious than in the south-north direction. By analyzing the characteristics of vertical circulation field and wind vector on meridional plane, we find that the upward currents can be stimulated in the south and north of WPSH. The upward current in the north of WPSH stimulated the downward current in the center of WPSH at 700 hPa over the region. While the upward current in the south of WPSH plays a minor role on the downward current in the center of WPSH. The establishment of a blocking anticyclone in the mid-higher latitude can intensify the WPSH. The strong and stable westerly jet in the middle latitude and the abnormal actively convection in the tropical region are conducive to the relative stability of the WPSH.

Key words: western Pacific subtropical high, outgoing longwave radiation (OLR), upward current, downward current, blocking high, westerly jet

引言

西太平洋副热带高压(以下简称西太平洋副高)因其所在的特定地理位置,成为连接中高纬度和低纬地区环流系统的中间纽带,它的活动直接影响中国的气候和天气变化。1998年和2003年的夏季特大洪水和江南持续高温就是典型例子。2007年的淮河流域也遭遇了洪涝灾害,江南、华南持续性的高温也为历史罕见,这些无疑也与西太平洋副高有密切的联系。本文着重研究了2007年6—7月淮河异常降水、江南持续高温干旱这些极端气候事件与西太平洋副高异常的关系及其成因。

对于西太平洋副高的研究一直是气象学者关心的热点问题,尤其是其南北进退、东撤和西伸以及强度变化这些直接与中国天气和气候有关的问题。陶诗言、黄土松和龚振松等^[1-5]气象学家已进行了一系列的研究,他们的成果所揭示的副高季节性北跳的特征以及与江淮流域梅雨的关系,成为副高研究和梅雨预报的理论基础。吴国雄和刘屹岷等^[6-8]关于西太平洋副高形成和变异方面的一系列研究成果,从理论分析、诊断计算和数值试验等方面证实空间非均匀、非绝热加热是决定西太平洋副高位置和强度的关键因素,副高与雨带具有相互作用。温敏等^[9]关于西太平洋副高的垂直环流结构和年际变动特征及其机制研究指出,在副高北侧东亚副热带季风雨带有暴雨发生时,其凝结潜热激发的经圈环流对相应经度上的副高脊线附近的下沉气流有显著贡献。任荣彩等^[10]的研究表明西太平洋副高的短期变异的动力和热力机制与中高纬度环流系统的异常有着密切的联系。尹洁^[11]分析了2004年6月江西异常降水偏少的主要原因是副高偏东偏北。冷春香等^[12]研究发现,西太平洋副高的位置对长江流域6—7月降水起着比较重要的作用,副高长期偏南偏强偏西有利于长江流域多降水。金荣花等^[13]在对两次区域性暴雨过程副高三维结构对比分析的研究表明,副高脊线附近不完全是下沉运动,脊区内多上升运动,而且上升运动强于下沉运动,脊内晴空区大于下沉运动区。蒋尚城^[14]分析了1991年江淮梅雨期的OLR特征,并利用10年OLR资料定义了大于 $250 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ 的区域为西太平洋副高区域,并定义OLR低于 $240 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1}$ 所包围的区域作为ITCZ区域,他的研究揭示了夏半年西太平洋副高南北变

动的特征及其与ITCZ变化的关系。

本文利用NCEP的 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$ 的再分析资料和NOAA卫星观测的2007年的OLR资料来分析2007年副高的异常特征及其产生异常的原因。

1 2007年6—7月淮河洪涝及江南干旱概况

淮河流域自2007年6月19日进入主汛期,6月29日至7月26日出现持续性强降水天气,流域平均降水量465.6 mm,少于1954年(565.1 mm),为1953年以来历史同期第二多。由于降水强度大,持续时间长,淮河干流水位全线上涨,发生了仅次于1954年的流域性大洪水。淮河先后启用10个行蓄(滞)洪区分洪。受暴雨洪水影响,安徽、江苏、河南等省共有2922.2万人受灾,死亡35人,失踪9人,农作物受灾面积 $318.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$,其中绝收面积 $65.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$;倒塌房屋10.2万间,损坏房屋25.3万间;因灾直接经济损失达156.1亿元。其中,安徽省受灾最为严重。

7月江南、华南降水量比常年同期偏少3成以上,大部分地区气温偏高,且出现了 35°C 以上的持续高温天气。宗志平^[15]分析表明:江南、华南大部平均气温比常年同期偏高 $1\sim 2^\circ\text{C}$,导致部分地区出现了严重干旱。廖要明^[16]分析表明:7月江南、华南 $\geq 35^\circ\text{C}$ 的高温日数一般 $10\sim 25$ 天,普遍比常年同期偏多 $5\sim 12$ 天,浙江东部偏多12天以上。福建省福州市6月30日到7月31日连续32天日最高气温 35°C 以上,连续高温日数为1880年有气象记录以来的第一位。持续高温少雨,加剧了旱情的发展,其中湖南、江西等省受灾严重。截至7月底,湖南省农作物受旱面积 $60 \times 10^4 \text{ hm}^2$,因旱造成近104万人、53万多头大牲畜饮水困难,直接经济损失15.7亿元。江西省有121.6万人因旱饮水困难,农作物受灾面积 $63.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$,绝收面积 $45.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$,直接经济损失16.3亿元。

2 2007年6—7月西太平洋副高的活动特征

图1a为西太平洋副高经向高度场的演变。可以发现,6—7月副高脊线基本在 $18^\circ\sim 28^\circ\text{N}$ 之间南北移动,但是西太平洋副高本身的强度、范围和北移

南撤均有一定的变化。副高在6月下旬到7月上旬强度比较强。6月1—16日副高脊线稳定在 $17^{\circ}\sim 18^{\circ}\text{N}$,这时候雨带稳定在江南,6月19日副高开始北跳,淮河流域也进入主汛期,一直到7月11日副高脊线稳定在 $24^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{N}$,特别是6月26日到7月11日脊线稳定在 25°N ,北界也基本在 $28^{\circ}\sim 32^{\circ}\text{N}$ 之间徘徊,副高稳定少动,这段时间淮河流域正好处于副高北侧或西北侧,出现了持续的强降水。同时这段时间江南华南处于稳定副高控制,出现了高温干旱。7月13日开始副高有所南退,但淮河流域持续的强降水还没完全结束,关于原因,以下内容进一步说明。

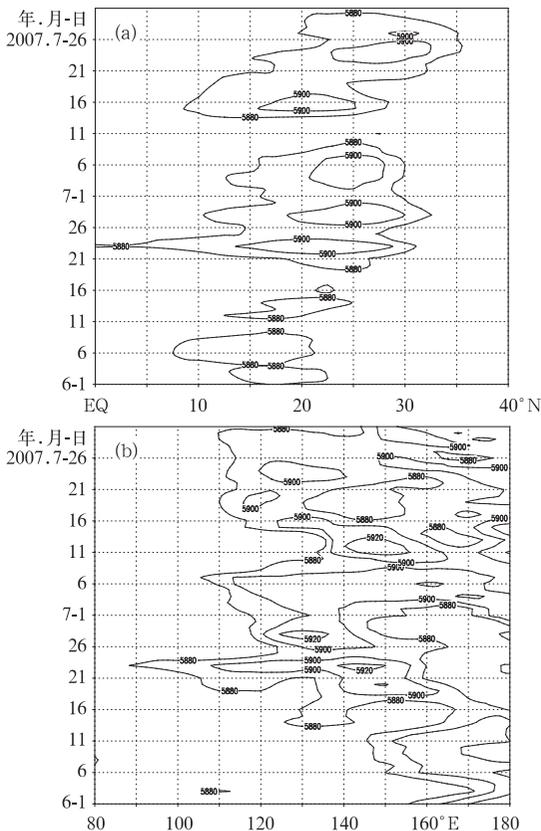


图1 (a)2007年6—7月沿 $110^{\circ}\sim 160^{\circ}\text{E}$ 纬向平均的500 hPa高度场的纬度-时间剖面(单位: dagpm);(b)沿 25°N 的500 hPa高度场的经度-时间演变(单位: dagpm)
Fig. 1 (a) Time-latitude cross section of geopotential height at 500 hPa averaged between 110°E and 160°E ; (b) Time-longitude cross section of geopotential high at 500 hPa along 25°N from June to July 2007 (units: dagpm)

副高除了南北移动外,还存在东西方向的进退,2007年副高西伸明显(图1b),有三次比较明显的西伸过程,三次西伸均超过 110°E 。6月下旬西伸最明

显,最西伸展到 90°E 以西,每次西伸都对对应淮河流域的强降水。

总之,2007年副高的特点是西伸明显,偏强,南北方向稳定少动。6月底到7月上旬稳定控制江南、华南地区,淮河流域处于其北侧或西北侧,造成江南、华南持续的高温干旱和淮河流域的洪涝灾害。

3 2007年6—7月西太平洋副高的OLR场特征

由OLR场揭示出的西太平洋副高的气候特征表明OLR资料能很好地反映热带大气中的大规模上升与下沉区,所以OLR资料能够反映副热带高压的主体,并且可用OLR资料最大值轴线表征西太平洋副高轴线位置,以 $250\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 所包围的区域作为西太平洋副高区域。利用OLR资料来揭示西太平洋副高的演变和特征比较客观和准确。为了更好地研究2007年夏季副高的演变过程,对OLR场的经向和纬向变化进行了进一步分析。

从2007年过去10年的OLR平均场的纬度-时间剖面图(图2a)看,OLR大值区轴线是连续北抬的,可见西太平洋副高的主体是逐渐向北移动的。

2007年OLR场的纬度-时间剖面图可见(图2b,大于 $250\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ 代表西太平洋副高区域),演变趋势跟高度场很相似。6月1—16日OLR场中心稳定在 $15^{\circ}\sim 17^{\circ}\text{N}$,19日北跳,到7月11日之前持续稳定在 $24^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{N}$,且强度比较强,达到 $270\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$,7月14日前后OLR场高值中心开始南退,到7月18日分成两个高值中心,北侧中心稳定在 $25^{\circ}\sim 26^{\circ}\text{N}$,7月24—26日仅有北侧1高值中心在 $25^{\circ}\sim 26^{\circ}\text{N}$ 维持,南侧高值中心减弱消失。在高度场上无法看出,副高分为两个中心,但OLR场上可以看到,7月18—24日OLR高值中心有两个,且18—26日在 $25^{\circ}\sim 26^{\circ}\text{N}$ 有高值中心稳定维持,在淮河流域持续的强降水主要是受此高值中心的影响。由此可以解释上文中所说,虽然7月13日后副高有所南退,但是淮河流域的强降水还没完全结束。到7月26日后OLR高值中心进一步北跳到 28°N ,江淮流域强降水才宣告结束。

对比分析2007年过去10年的OLR平均场和2007年的OLR场表明:2007年OLR强度比平均场强得多,而且有较明显的稳定期,7月中旬到下旬OLR高值中心位置比平均场偏南,导致这段时间江

淮流域降水维持。可见,用 OLR 高值区的演变可以较好地说明 2007 年 6—7 月江淮流域持续强降水的原因。

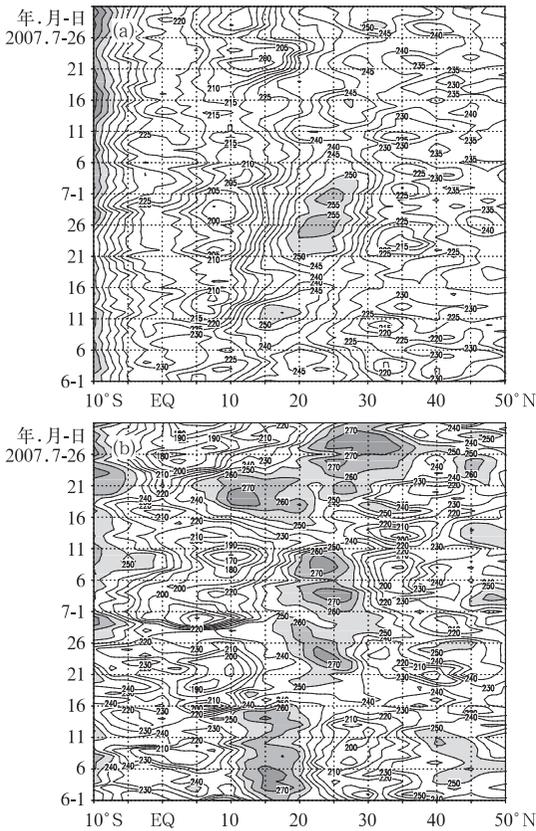


图2 2007年6—7月沿 $110^{\circ}\sim 160^{\circ}\text{E}$ 纬向平均的 OLR 场的纬度-时间剖面(单位: $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$)
(a) 过去 10 年(1997—2006 年)平均; (b) 2007 年
Fig. 2 Time-latitude cross section of OLR averaged between 110°E and 160°E from June to July (units: $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$) for (a) the average of past 10 years (1997—2006) and (b) year 2007

同样由 2007 年的 OLR 场沿 25°N 的纬向时间(图略)演变看,其趋势跟高度场变化也很相似,也是有三次比较大的西伸过程。

4 2007 年 6—7 月西太平洋副高异常及其成因分析

4.1 副高异常与热带地区对流有关

从 6 月底到 7 月上旬热带地区对流特别活跃,由图 2b(阴影区南侧),对比 2007 年过去 10 年的 OLR 平均场(图 2a),平均场上 OLR 最低中心值为

$200\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$,而 2007 年 OLR 最低中心值为 $170\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$,平均场上 OLR 最低中心位置在 7 月上旬后期到 7 月下旬基本在 10°N 以北,而 2007 年 OLR 中心位置在整个过程中都维持在 10°N 以南,且稳定少动。由此表明 2007 年 6—7 月热带对流活跃区偏强偏南,致使副高偏强偏南且南北位置稳定少动,从而酿成了江淮流域持续的强降水。

4.2 副高异常与其南北两侧上升运动的关系

关于副高结构的气候尺度特征,多年来传统的观点一直认为,大气平均 Hadley 环流的下沉支在中低空引起的辐散,形成了副热带高压,因此副热带高压内应为一致的下沉气流。然而,随着资料的改善,Hoskins 首先提出了 Hadley 环流冬季强而副热带高压夏季强的问题。刘屹岷等^[17]最近对夏季副热带高压平均环流的分析发现,副热带地区存在的下沉区主要在大洋的东部,且并不与高压中心重合,在两大洋的西部,平均反而对应着上升运动。任荣彩等^[18]的研究表明,对副高天气尺度结构的研究结果证明,西太平洋副热带高压的天气尺度变化不可能完全由下沉运动决定。

由图 1、图 2 可知,6 月 1—16 日副高脊线稳定在 $17^{\circ}\sim 18^{\circ}\text{N}$,所以选取 1—16 日进行时间平均,由该时间段平均后的垂直环流图及经圈平面上的风矢量图(图 3a)可见,在 $13^{\circ}\sim 18^{\circ}\text{N}$ 之间低层到高层维持一致的下沉气流,在其两侧都保持一致的上升气流,北侧上升气流速度明显大于南侧。由风矢量图看,在下沉运动区 700 hPa 以下却存在上升运动,而 700 hPa 以上为下沉运动。在北侧的上升运动区在 200 hPa 以下存在一致的上升运动和北风,而南侧的上升运动区垂直运动很小,以纬向运动为主,且是比较一致的北风。由此说明副高北侧上升气流对副高区 700 hPa 以上下沉气流有一定的激发作用。同样选取副高相对稳定的时期(图 3b,6 月 21 日到 7 月 11 日进行时间平均),这时副高脊线北移到 $24^{\circ}\sim 25^{\circ}\text{N}$,下沉气流的位置维持在 $23^{\circ}\sim 28^{\circ}\text{N}$,同样在下沉运动区 700 hPa 以下却存在上升运动,而 700 hPa 以上为下沉运动。在北侧的上升运动区存在一致的上升运动和北风,而南侧的上升运动区垂直运动很小,以纬向运动为主。由此可见,短期内副高稳定期间其中心区域 700 hPa 以上的下沉运动是由副高北侧的上升运动所激发,南侧由于以纬向运动为主且为一致的北风,对其产生的作用很小。所以,可以说

副高北侧的上升气流对于西太平洋副高的发展和维持起一定的作用,主要表现在导致了 700 hPa 以上下沉运动的产生。关于副高中心区域 700 hPa 以下上升运动产生的原因,以后的文章将进一步研究和讨论。

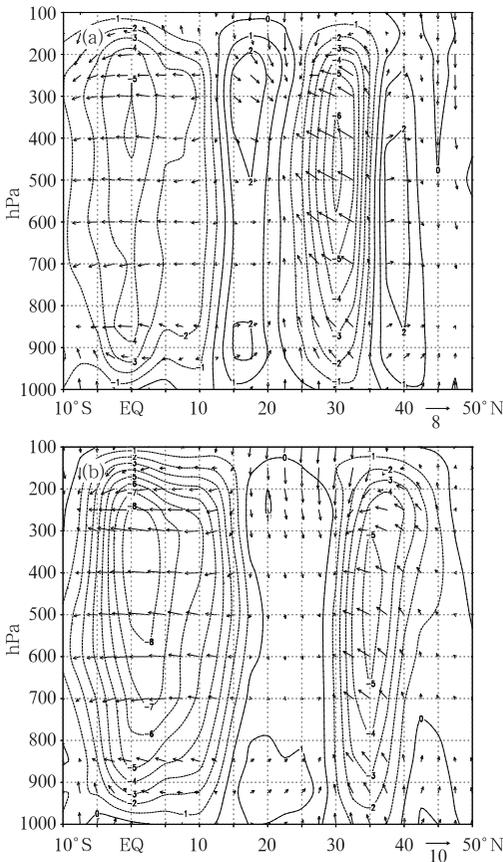


图 3 (a) 2007 年 6 月 1—16 日时间平均的沿 130°~170°E 平均的垂直环流的纬度-垂直剖面及经圈风矢量图;(b) 6 月 21 至 7 月 11 日时间平均的沿 130°~170°E 平均的垂直环流的纬度-垂直剖面及经圈风矢量图(单位: $10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)
Fig. 3 (a) The latitude-height section of vertical circulation field and wind vector along 130°~170°E averaged between June 1—16 in 2007; (b) the latitude-height section of vertical circulation field and wind vector along 130°—170°E averaged between June 21—July 11 in 2007 (units: $10^{-2} \text{ Pa} \cdot \text{s}^{-1}$)

4.3 副高异常与中纬度系统影响有关

以 60°N 的 500 hPa 高度场代表中高纬度的环流变化。从 60°N 的 500 hPa 高度场的经度-时间演变(图 4a)可见,6 月 26 日之前都是以单阻型为主,6 月 26 日以后双阻型开始建立,在 60°E 和 120°E 分别有阻塞高压存在,一直到 7 月 2 日稳定维持,在两

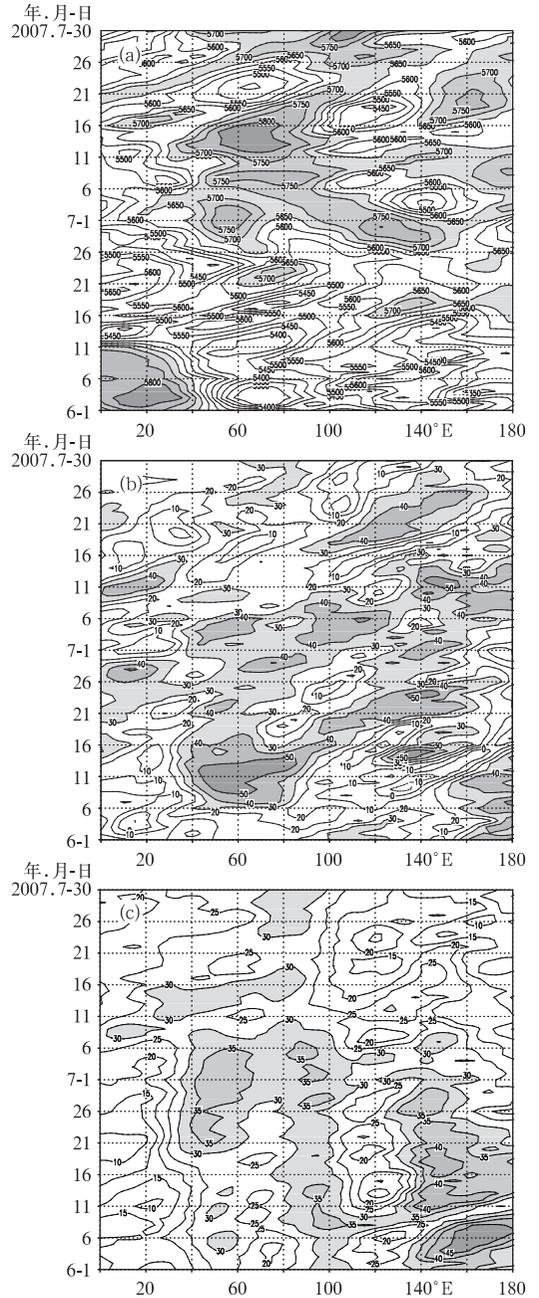


图 4 2007 年 6—7 月(a)沿 60°N 的 500 hPa 高度场的经度-时间演变,(b) 沿 40°N 的 200 hPa 的纬向风的经度-时间演变和(c) 1997—2006 年平均的 6—7 月沿 40°N 的 200 hPa 的纬向风的经度-时间演变
Fig. 4 During June—July 2007 (a) the time-longitude section along 60°N of 500 hPa height fields, (b) the time-longitude section along 40°N of 200 hPa zonal winds, and (c) the time-longitude section along 40°N of 200 hPa zonal winds averaged between 1997—2006

阻塞高压之间为低槽加深,冷空气的南下引起加深的高空槽后高压脊的发展,对应副高有一次加强西伸过程,淮河流域经历了长而持久的降水过程,2日以后 120°E 附近地区阻塞高压减弱消失,7月6日乌拉尔山阻塞高压开始向东移动,且强度不断加强,到16日之前都是以单阻型为主,之间仅出现几天的双阻形势。16日后随着 160°E 阻高的建立,双阻型又开始重现,21日以后乌拉尔山附近阻塞高压崩溃,贝加尔湖附近有阻塞高压建立,这段时间副高又经历了南退后的加强北抬过程,28日以后阻塞高压在贝加尔湖以东地区建立且稳定, 160°E 阻塞高压崩溃,单阻型阻塞形势开始,对应副高的稳定期。

同时从高空西风急流的演变(图4b)看,6月16日之前,急流范围比较小,6日在 60°E 有一急流中心,强度比较强,14日在 140°E 有一急流生成。从6月下旬到7月上旬西风急流范围大且强劲,维持在 $40^{\circ}\sim 160^{\circ}\text{E}$ 范围内,大致呈带状分布,使得副热带高压很难北抬,从而造成此期间副高的稳定维持,同时高空稳定的辐散场有利于低层辐合的加强,在高空急流的南侧形成稳定少动的降雨带,7月11日后,急流范围开始减小且强度明显减弱,这时副高开始变得不稳定。对比分析2007年过去10年(1997—2006年)6—7月的平均纬向风场图(图4c),西风急流未出现带状,7月11日之前在 $100^{\circ}\sim 140^{\circ}\text{E}$ 之间呈断裂状态,且强度比较弱。11日以后,西风急流范围和强度明显减弱。

5 结 论

(1) 2007年副高南北方向相对稳定,东西方向进退明显于南北进退,特别是6月下旬到7月上旬副高脊线稳定少动,导致江淮流域持续强降水和江南华南高温干旱。

(2) 通过对OLR场的分析,其高值中心东西和南北进退趋势和副高南北进退趋势基本一致,7月中旬到下旬副高主体南退,但从OLR场看有南北两个高值中心,北侧中心在18—26日维持在 $25^{\circ}\sim 26^{\circ}\text{N}$,导致强降水在淮河流域持续。

(3) 由垂直环流看,虽然副高两侧都维持了一定强度的上升运动,且副高中心区存在下沉运动。但通过分析经圈平面上的风矢量图发现,副高北侧的上升运动对西太平洋副高中心区700 hPa以上的下沉运动有一定的激发作用,有利于副高的发展和

维持,但副高南侧由于以纬向运动为主,且为北风,对副高中心区的下沉运动的作用很小。关于700 hPa以下副高中心区存在上升运动的原因,以后继续研究和讨论。

(4) 中高纬度阻塞高压双阻型的建立,有利于西太平洋副高的加强和发展。热带地区异常活跃的对流和强劲而稳定少动的中纬度西风急流使得副高相对稳定,导致雨带也相对稳定。

参考文献

- [1] 陶诗言,章名立,王作述,等. 中国夏季副热带天气系统若干问题的研究[M]. 北京:科学出版社,1963.
- [2] 陶诗言,徐淑英. 夏季江淮流域持久性旱涝现象的环流特征[J]. 气象学报,1962,32(1):1-10.
- [3] 黄土松. 副热带高压东西向移动及其预报的研究[J]. 气象学报,1963,33(3):320-332.
- [4] 龚振淞,杨义文. 中国夏季旱涝气候预测相似模型[J]. 气象,2010,36(5):46-50.
- [5] 陶诗言,卫捷,张小玲. 2007年梅雨锋降水的大尺度特征分析[J]. 气象,2008,34(4):3-15.
- [6] 吴国雄,刘屹岷,刘平. 空间非均匀加热对副热带高压形成和变异的影响 I:尺度分析[J]. 气象学报,1999,57(3):257-263.
- [7] 刘屹岷,刘辉,刘平,等. 空间非均匀加热对副热带高压形成和变异的影响 II:陆面感热加热与东太平洋北美副高[J]. 气象学报,1999,57(4):385-396.
- [8] 刘屹岷,吴国雄,刘辉,等. 空间非均匀加热对副热带高压形成和变异的影响 III:凝结潜热加热与南亚高压及西太平洋副高[J]. 气象学报,1999,57(5):525-538.
- [9] 温敏,何金海. 夏季季风降水凝结潜热释放效应对西太平洋副高形成和变异的影响[J]. 南京气象学院学报,2000,23(4):536-541.
- [10] 任荣彩,吴国雄. 夏季西太平洋副高结构及短期变异机制的分析[J]. 气象学报,2003,61(2):180-195.
- [11] 尹洁. 2004年6月江西降水异常偏少成因初探[J]. 气象,2005,31(11):74-77.
- [12] 冷春香,陈菊英. 西太平洋副高在1998年和2001年梅汛期长江大涝大旱的作用[J]. 气象,2003,29(6):7-11.
- [13] 金荣花,蒙嘉川,裴海英. 两次区域性暴雨过程副高三维结构对比分析[J]. 气象,2007,33(4):40-46.
- [14] 蒋尚城. 1991年江淮流域梅雨OLR场的特征[J]. 应用气象学报,1993,4(3):301-309.
- [15] 宗志平. 淮河流域出现流域性大洪水,江南华南等地持续高温[J]. 气象,2007,33(10):118-123.
- [16] 廖要明. 淮河发生流域性大洪水,江南华南大范围高温干旱[J]. 气象,2007,33(10):124-125.
- [17] 刘屹岷,吴国雄. 副热带高压研究回顾及对几个基本问题的认识[J]. 气象学报,2000,58(4):498-512.
- [18] 任荣彩,吴国雄. 1998年夏季副热带高压的短期结构特征及形成机制[J]. 气象学报,2003,61(2):180-195.