

2006年夏季中国的异常气候 ——中国科学院大气物理研究所短期气候预测检验

卫捷 陈红 孙建华 陶诗言 张庆云 赵思雄

中国科学院大气物理研究所, 北京 100029

摘要 对中国科学院大气物理研究所2006年的夏季(6~8月)降水预测进行检验,结果表明,110°E以东地区预报与实况大体上比较接近,重庆和四川的严重旱灾以及华南的严重洪涝灾害均未预报出来。另外分析了2006年夏季中国异常气候的特点。夏季风季节内变化对夏季降水异常具有重要影响,而短期气候预测对夏季风季节内变化的预测还是一个难点。

关键词 气候特点 大气环流 气候预测

文章编号 1006-9585 (2007) 01-0001-07 **中图分类号** P434 **文献标识码** A

The Analysis of Anomalous Climate in Eastern China in Summer 2006 ——Verification of Seasonal Climate Predictions of the Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences

WEI Jie, CHEN Hong, SUN Jian-Hua, TAO Shi-Yan, ZHANG Qing-Yun, and ZHAO Si-Xiong

Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100029

Abstract The prediction of summer rainfall by the Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences is tested. The rainfall of the prediction in Eastern China is close to the observation. The severe drought of Chongqing and Sichuan was not forecasted, nor was the heavy flood in southern China. The feature of the abnormal climate in the summer of 2006 is analyzed. The intraseasonal change of summer monsoon played an important role in the climatic anomaly of the rainfall in China. It is still very difficult to predict the anomalous rainfall due to intraseasonal change of the summer monsoon.

Key words climatic feature, atmospheric circulation, seasonal climate prediction

1 引言

2006年夏季,长江以南洪涝灾害严重,长江流域梅雨期降水不明显。华北主汛期的降水量不多,重庆、四川和陕西出现严重的干旱及高温酷暑天气。图1a是2006年中国夏季降水距平百分率,多雨和少雨区均呈东西走向的带状分布:长

江以南地区从浙闽一直到云贵是一条多雨带,长江中下游一直到四川为少雨带;从黄淮下游经陕西北部到甘南是多雨带,从内蒙古、华北到新疆是少雨区。图1b、c是中国科学院大气物理研究所3月和6月做出的降水距平百分率预报,110°E以东地区预报与实况大体上比较接近,但重庆、四川和陕南的严重干旱及高温酷暑和长江以南的

收稿日期 2006-11-12 收到, 2006-12-05 收到修定稿

资助项目 国家重点基础研究发展规划项目 2004CB418301 和中国科学院奥运科技项目 KACX1-02

作者简介 卫捷,女,1966年出生,高级工程师,主要从事气候变化与预测方面的研究。E-mail: wjie@mail.iap.ac.cn

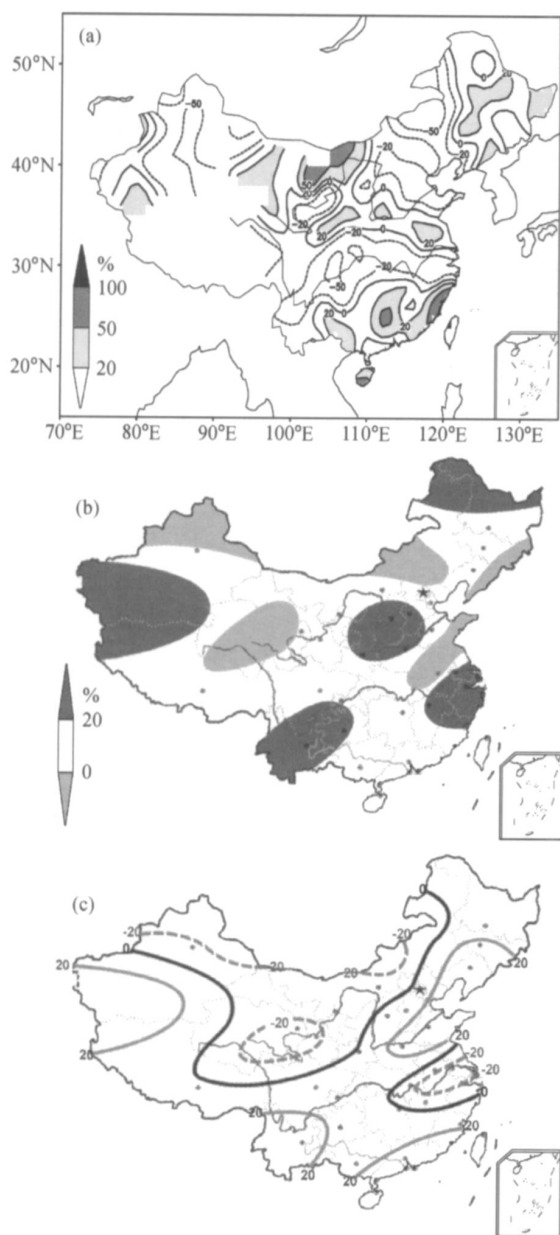


图1 2006年夏季我国降水距平百分率(单位:%): (a) 实况; (b) 3月集成预测; (c) 6月集成预测

Fig. 1 The percentage anomalies of precipitation (%): (a) observed precipitation anomaly; (b) the ensemble prediction in Mar; (c) the ensemble prediction in Jun

严重洪涝均未预报出来。

2 2006年夏季华南的洪水灾害

图2是2006年6~8月华南地区降水过程与天气系统配置。2006年汛期(6~8月)对流层中

下层的气旋性扰动集中在6月上旬与7月中下旬至8月上旬两个时段影响华南地区(图2a)。前一时段产生了闽江流域的强降水,后一时段对应着相继在中国南部大陆登陆的3个台风产生的强降水(图2b、d)。2006年夏季南海夏季风于5月第4候出现爆发特征,6月上旬季风涌振荡中向北推进,其北界到达25°N附近,随后一直稳定在该地区直到6月中旬。这期间季风涌携带的大量水汽主要汇集在闽江流域(图2e),同时,中高纬度的冷空气活动较强,其影响的南界到达30°N以南地区(图2c)。冷、暖空气在闽江流域交汇,产生稳定的东西走向的静止锋雨带,使得闽江流域以及福建南部地区出现暴雨洪涝,福建北部的建瓯、南部的龙岩及长汀均出现突发性洪水,长汀河曾决堤36m,其严重程度与1998年6月相似。2006年6月8~10日西太平洋副高一次南撤东退(图2g、h),相应地华南静止锋雨带南压到23.5°N附近(图略),有8个强的中尺度对流系统沿着静止锋向下游(台湾)方向移动,9~10日台湾南部出现一场致洪暴雨,2天累积雨量达1042mm。2006年6月第4旬,西太平洋副高有一次西伸北跳,闽江和华南的暴雨结束;这时副高伸到30°N,使得6月中旬至7月初长江流域梅雨不显著。7月上旬副高有一次南撤,长江流域曾一度出现强降水。7月中旬以后,亚洲上空副热带急流有一次Rossby波的发展,东亚大陆高空出现闭合反气旋。在此期间先后有3个台风在中国南部大陆登陆,造成大量强降水,降雨带主要出现在20~25°N纬度带内。8月以后副高再一次北跳到30°N以北,此时,中国大陆相对少雨,华北的主汛期少雨。

2006年夏季共有7个热带气旋在我国东南沿海登陆,多取西行路径,影响我国江南与华南地区。其中仅强热带风暴“碧利斯”和台风“格美”袭击我国,就造成678人死亡,234人失踪。任福民等^[1]指出在某些地区,台风降水可以在总降水量中占很大比重。图3为2006年夏季扣除“碧利斯”、“格美”与“派力安”这3个登陆台风产生的降水以后夏季降水距平百分率的分布。对比我国夏季降水距平百分率图(图1a),可以看到,这3个登陆台风产生的降水对夏季江南南部与华南地区降水偏多区的形成以及降水异常中心的位置有重要影响。如果没有这3次台风降水,华南地区

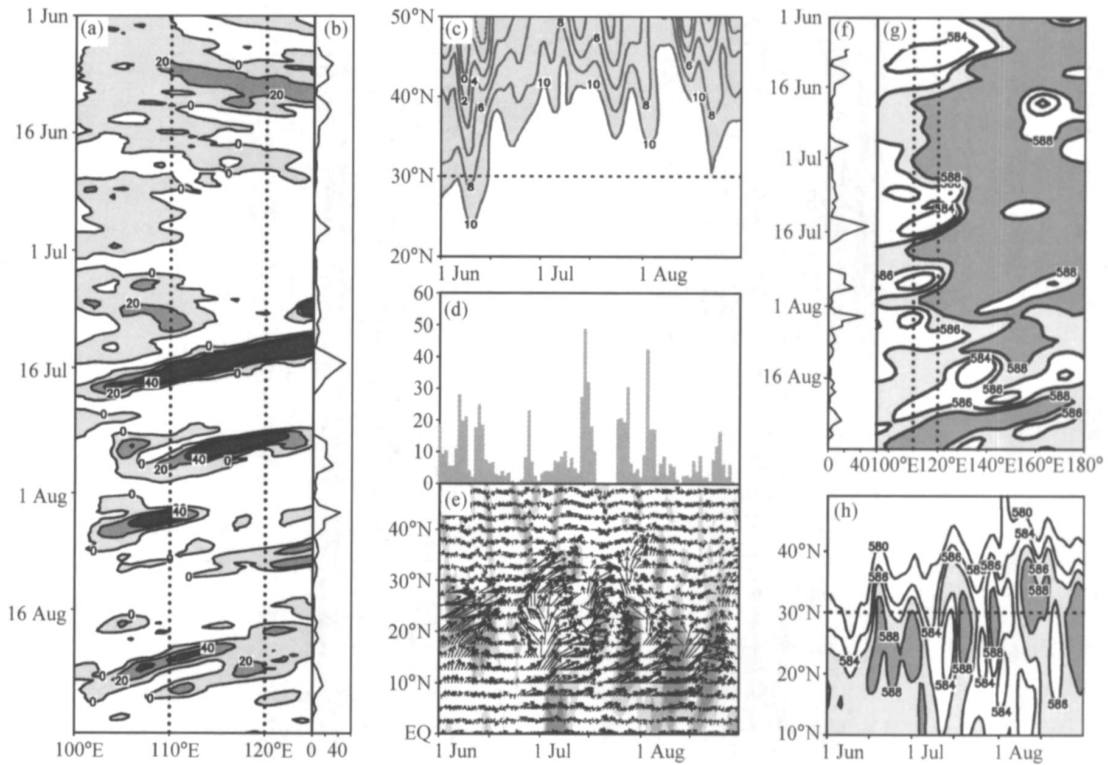


图2 2006年6~8月华南地区降水过程与天气系统配置：(a) 沿22.5~27.5°N的600 hPa相对涡度(单位： $10^{-5} s^{-1}$)时间-经度剖面，阴影区：正相对涡度区；(b)、(d)与(f)华南地区15个代表站平均的逐日降水量(单位：mm)；(c)沿110~120°E的700 hPa温度时间-纬度剖面，阴影区温度 $10^{\circ}C$ ，等值线间隔为 $2^{\circ}C$ ；(e)沿110~120°E平均的整层(地面至300 hPa)积分的水汽通量矢量(单位： $kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$)时间-纬度剖面，阴影区表示OLRA (Outgoing Longwave Radiation Anomaly) $-10 W \cdot m^{-2}$ ；(g)、(h)分别为500 hPa位势高度(单位：dagpm)沿22.5~27.5°N平均的时间-经度剖面和沿110~120°E平均的时间-纬度剖面

Fig. 2 The weather systems of South China in the summer of 2006: (a) the time-longitude section averaged over 22.5 - 27.5°N for 600 hPa relative vorticity ($10^{-5} s^{-1}$), the shaded area is positive relative vorticity region; (b), (d) and (f) the averaged daily precipitation observed by 15 selected stations (mm) in South China; (c) the time-latitude section of the mean temperature over 700 hPa averaged over 110 - 120°E, the shaded area is less than $10^{\circ}C$, the interval of the contour is $2^{\circ}C$; (e) the shaded area is the time evolution averaged over 110 - 120°E for OLRA (Outgoing Longwave Radiation Anomaly) $-10 W \cdot m^{-2}$, with the vectors for vertically integrated moisture transports ($kg \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}$); (g) the time-longitude section over 500 hPa geopotential height (dagpm) along 22.5 - 27.5°N and (h) the time-latitude section along 110 - 120°E

不可能出现如图 1a 所示的华南多雨区域。

3 重庆和四川的严重干旱

2006年7月中旬至9月初，沿30°N出现一条准纬向南北跨度近7个纬距、东西方向延伸近30个经距的少雨带。重庆遭遇百年一遇、四川遭受1951年以来最严重的特大伏旱，并出现持续高温酷暑天气。这样的干旱与高温酷暑现象并不只是出现在东亚地区，2006年7月美国中西部、东北部和南部地区遭遇热浪，一些地区最高温度创

1895年以来之最，欧洲各国也持续遭受热浪侵袭。

在2006年7月16日~8月31日平均的500 hPa高度及其距平场上(图4a)，北大西洋和西北太平洋有异常高压脊发展，西北太平洋副热带高压较常年同期面积显著偏大、强度偏强、脊线位置偏北。在北半球30°N附近的纬度带，基本上为副热带高压控制。北半球7月16日~8月31日平均的500 hPa高度场的正负高度距平区表现有很大的稳定性(持续性)。图4b是2006年7月16日~8月31日500 hPa高度距平持续天数的百分率。在每个网格点上，我们分别求出每天高度距

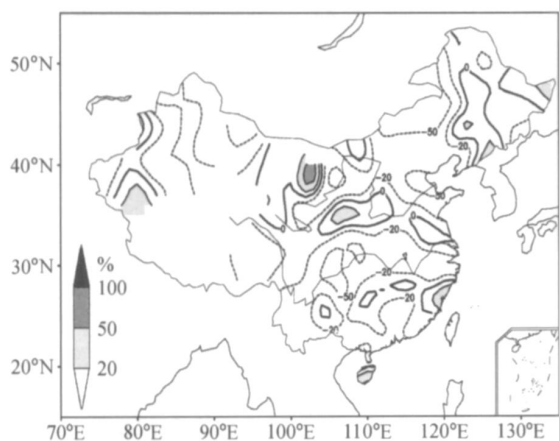


图3 2006年夏季扣除“碧利斯”、“格美”与“派力安”3个登陆台风产生的降水后夏季降水距平百分率

Fig. 3 The percentage anomalies of precipitation, excluding the precipitation due to Bilis, Kaemi and Prapiroon

平大于 15 gpm 以及高度负距平小于 15 gpm 的天数，求出这些天数占 7 月 16 日~8 月 31 日总天数的百分率。可以看出，这些高度距平区的持续性达到 60% 以上，这就是说，亚欧大陆副热带地区有 28 天以上持续为正距平所盘踞。从 2006 年 6~8 月 27.5~32.5 N 范围内平均的 500 hPa 高度场时间-经度剖面图 (图 5) 上可以看出，川渝地区的干旱既受西太平洋副高的影响，还有 500 hPa 来自高原高压带的作用，两者结合组成了副热带地区的高压坝，这个高压坝抑制了来自青藏高原低层的低压扰动。从图 5 看出，7 月 10 日以后到 8 月底，有 5 次大陆副热带高压与西太平洋副高相耦合的过程，在此期间，没有来自高原的低压扰动进入川渝境内。

Namias^[2]指出，在美国夏季的干旱灾害主要出现在高空 (700 hPa 以上) 闭合高气压中心区域，或者在高空急流南侧的高压带内，有时也出现在高空偏北风的气流中，在这 3 个地区出现大尺度的下沉运动。2006 年夏季我国北方地区的严重干旱正是出现在亚洲 45 N 以南的 500 hPa 高度正距平区内，川渝地区的严重干旱正是出现在副热带高压带的高度正距平中心区内。在这里对流层中、上部空气下沉运动甚强，引起对流层中部绝热增温；高压区的低空辐散，抑制水汽通量辐合和锋生过程，这些过程抑制了云和降水的发展。2006 年 8 月重庆地区的降水量只有 30 mm，而正

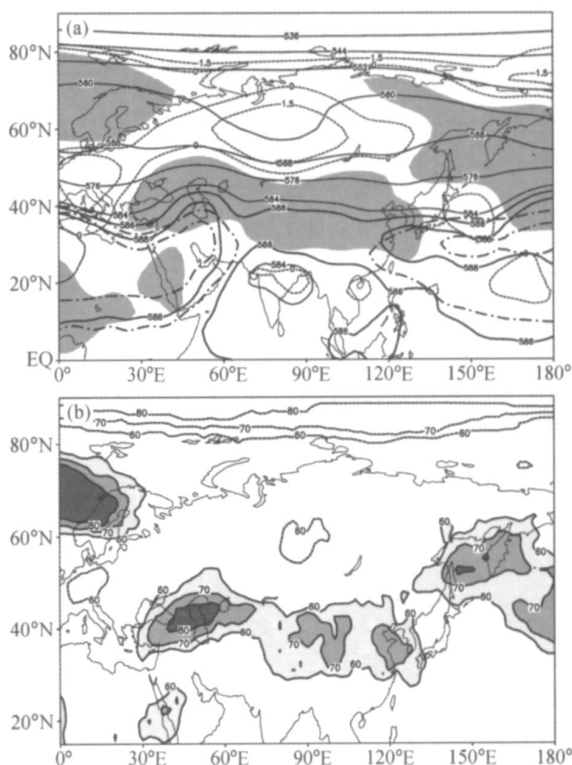


图4 2006年7月16日~8月31日 (a) 平均的 500 hPa 位势高度场 (单位: dagpm, 粗实线为 586 与 588 线, 点划线为气候平均的 586 与 588 线) 及其距平 (阴影区为大于 15 gpm 正距平区; 虚线为距平零线与 -15 gpm 线) 和 (b) 正负异常为 15 gpm 的持续天数的百分比 (单位: %, 阴影区为大于 60% 的区域, 等值线间隔为 10%)

Fig. 4 Northern Hemisphere (a) 500 hPa geopotential height mean (units: dagpm, thick solid line is for 586 and 588 line, dot dashed line is for climate mean 586 and 588 line) and anomalous (shaded area for greater than 15 gpm, dot line for 0 and -15 gpm) and (b) Northern Hemisphere percentage (%) of days in which 500 hPa height anomalies greater than 15 gpm and less than -15 gpm were observed (values greater than 60% are shaded and contour interval is 10%) from 16 Jul to 31 Aug

常年份的 2005 年 8 月有 224 mm, 图 6 与图 7 分别给出重庆 (29 N, 106 E) 这两年 8 月平均的垂直速度廓线和温度及相对湿度廓线。2006 年 8 月, 重庆地区对流层下层 (850 hPa) 和中上层 (500、300 hPa) 均出现下沉运动 (图 6), 与 2005 年 8 月明显不同。这两年的 8 月, 近地面的气温可相差 5 以上。700 hPa 以下的对流层低层, 2006 年 8 月比 2005 年同期相对湿度减少了近 20%, 但相对湿度仍在 56% 以上。

卫捷等^[3]曾研究了 1999~2000 年 7 月北方持

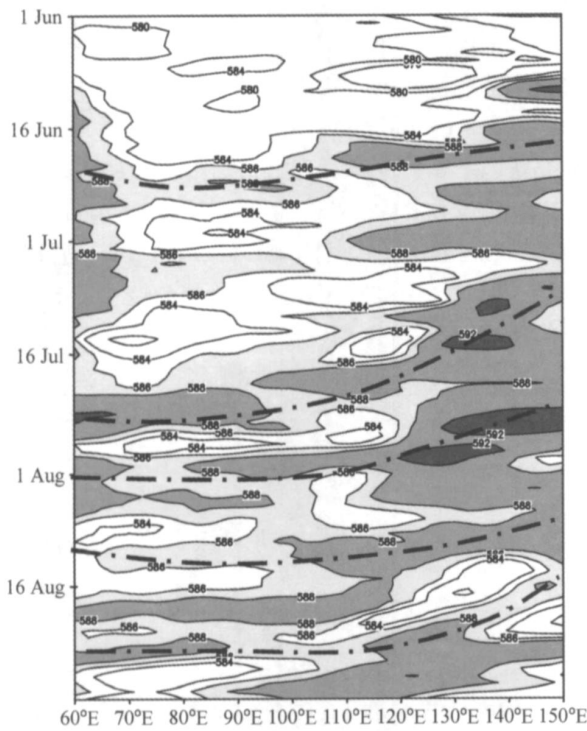


图 5 2006 年 6~8 月 27.5~32.5 N 范围内平均的 500 hPa 高度场时间-经度剖面 (单位: dagpm, 阴影区为位势高度大于 586 dagpm 的区域, 点划线为副热带高压坝)

Fig. 5 Time-longitude sections of 500 hPa geopotential height anomaly during JJA 2006 averaged over the 5 latitude band centered on 30° N (units : dagpm, shaded area for greater than 586 dagpm, dot-dashed line: subtropical high dam)

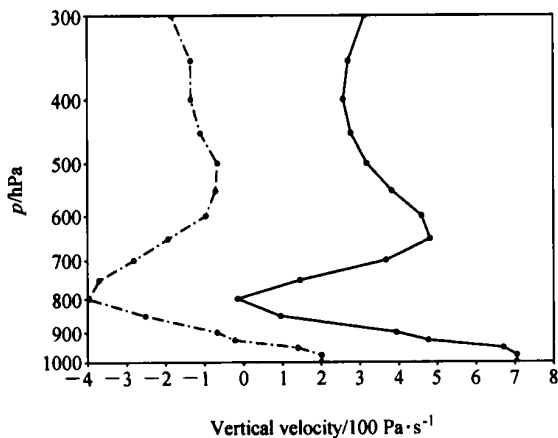


图 6 重庆 (106 E, 29 N) 8 月平均的垂直速度廓线 (实线为 2006 年, 点划线为 2005 年)

Fig. 6 The vertical cross section of vertical velocity in Chongqing averaged for August, 2005 and 2006 respectively (solid line is for 2006, dot-dashed line is for 2005)

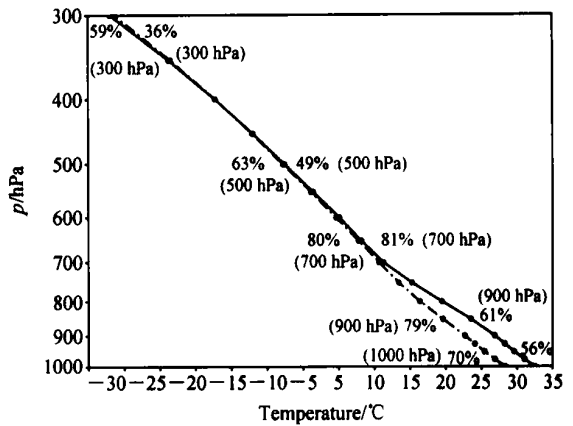


图 7 重庆 (106 E, 29 N) 8 月平均的温度 (单位: °C; 实线为 2006 年, 点划线为 2005 年) 和相对湿度 (单位: %; 曲线右侧数值为 2006 年, 曲线左侧数值为 2005 年) 廓线

Fig. 7 The vertical cross section of temperature (units : °C, solid line is for 2006, dashed line is for 2005) and relative humidities (units : %, right number is for 2006, left number is for 2005) in Chongqing averaged for August, 2005 and 2006 respectively

持续性高温干旱。指出这次高温干旱出现在东亚副热带急流的 Rossby 波列中, 高压中心位于华北上空, 同时, 华北干旱区下垫面的温、湿状况异常也对干旱灾害的加剧起着重要反馈作用。在华北异常干旱维持时期, 由于地表面蒸发大量减少, 下垫面潜热的消耗也大大降低, 这使得近地面感热的加热作用增强, 引起地面高温。2006 年夏季, 在重庆与四川, 虽然地表面土壤的干旱程度为严重干旱, 由于重庆、四川地处湿润气候区, 河流、湖泊纵横交错, 下垫面植被覆盖度很高, 来自地表面的蒸发与植被的蒸腾并不小, 这使得近地面空气相对湿度并不小 (图 7), 天空有少量云的出现 (图略), 造成重庆地区近地面蒸发量并不小。在这些地区, 下垫面温、湿状况对干旱的反馈作用并不明显, 这与华北地区的干旱不同。我们按照大气绝热增温过程, 估算了重庆地区近地面的增温幅度与 NCEP 资料分析结果 (图 7) 一致, 这表明川渝地区的严重干旱是由于在副热带高压的控制下对流层中、上部强烈的下沉运动增温造成的。

4 结论与讨论

近几十年随着对天气和气候物理过程研究的

不断深入,取得了很多成果,但短期气候预测的水平并没有显著提高^[4~6]。本文仅对 2006 年短期气候预测存在的一些问题进行一些讨论。

从 2006 年 La Niña 事件的出现,西太平洋暖池海表面温度异常(SSTA)的演变,以及亚洲冬、夏大气环流演变的实况,我们对可能影响中国夏季降水的热带大气主要物理因子演变特征的分析基本准确,但对于亚洲副热带高压的异常偏强估计不足。对夏季东亚大气环流主要系统的预测比较准确,并不意味着对夏季降水异常的预测也会比较准确。

在气候预测中,一般将天气尺度扰动看作是噪声,经过季度平均后会将这类噪声过滤掉。但在季节内变化比较大的地区,往往由于 2~3 次强天气扰动的作用,能引起季节平均的预报出现较大偏差。2006 年中国华南地区的严重洪涝,主要是两个时段的强降水过程造成的:6 月上旬闽江流域的强降水过程以及 7 月中下旬至 8 月初相继 3 个登陆台风产生的强降水。两次降水过程相隔 45 天左右,这表示华南汛期(6~8 月)降水有明显的周期为 45 天的季节内振荡。这两次强降水过程的出现与夏季风的季节内振荡有关^[7]。如果扣除“碧利斯”、“格美”与“派力安”这 3 个登陆台风产生的降水,夏季南方雨带的位置与强度完全不同。以上说明在短期气候(季度)降水量预测中,怎样考虑季节内变化的作用是个重要问题。

2006 年四川、重庆地区的干旱高温出现在大陆副热带高压区内,大陆副热带高压系统与西太平洋副高的西伸相耦合,造成从青藏高原到中国大陆东部的一条高压带。这种形势在一般年份的夏季是少见的,正常年份夏季,华西地区由于受南亚季风热低压的控制,西太平洋副高一般伸展不到华西地区。2006 年夏季整个北半球副热带地区受副热带高压控制,在南亚季风热低压的范围内出现了高压系统(图 5),这种高压为大陆副热带高压系统。

干旱是四川、重庆地区最严重的一种气象灾害,而我国干旱研究主要集中于北方干旱区与长江中下游地区^[8~11]。四川、重庆地处青藏高原东南麓的长江上游地区,夏季受西伸的西太平洋副热带高压、青藏高原以及中高纬度东移高压的影响,其干旱成因比长江中下游地区复杂,四川、

重庆地区干旱的成因机理值得深入研究。

目前国际上很重视中长期天气预报与短期气候预测的有机结合,陶诗言等^[12]指出中纬度副热带急流中 Rossby 传播过程对夏季西太平洋副高西伸北跳的影响,以及对我国东部雨带的调制作用;同时,陶诗言等^[7]分析出夏季 MJO (Madden Julian Oscillation) 活动的影响可以向北扩展到淮河流域。因此,深入研究亚洲副热带急流中 Rossby 波传播过程与热带 MJO 活动的影响,不仅是中期天气预报的关键,对短期气候预测也有重要意义。

参考文献 (References)

- [1] Ren Fumin, Byron G, David E L. Typhoon impacts on China's precipitation during 1957 - 1996. *Adv. Atmos. Sci.*, 2002, **19**: 943 ~ 952
- [2] Namias J. Some cause of United States drought. *J. Climate Appl. Meteor.*, 1983, **22**: 30 ~ 39
- [3] 卫捷,张庆云,陶诗言. 1999 及 2000 年夏季华北严重干旱的物理成因分析. *大气科学*, 2004, **28**: 125 ~ 137
Wei jie, Zhang Qingyun, Tao Shiyun. Physical causes of the 1999 and 2000 summer severe drought in North China. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (in Chinese), 2004, **28**: 187 ~ 205
- [4] 林朝晖,孙建华,卫捷,等. 2002 年夏季气候与汛期实时预测与检验. *气候与环境研究*, 2003, **8**: 241 ~ 257
Lin Zhaohui, Sun Jianhua, Wei Jie, et al. Realtime weather and seasonal climate predictions for 2002 summer and their verification. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2003, **8**: 241 ~ 257
- [5] 孙建华,卫捷,张小玲,等. 2003 年夏季的异常天气及预测试验. *气候与环境研究*, 2003, **9**: 203 ~ 217
Sun Jianhua, Wei Jie, Zhang Xiaoling, et al. The abnormal weather in the summer 2003 and its real time prediction. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2003, **9**: 203 ~ 217
- [6] 卫捷,张庆云,陶诗言. 2004 年夏季的天气及预测试验. *气候与环境研究*, 2005, **10**: 19 ~ 31
Wei Jie, Zhang Qingyun, Tao Shiyun. The ensemble seasonal climate prediction for 2004 summer and its verification. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2005, **10**: 19 ~ 31
- [7] 陶诗言,卫捷. 夏季中国南方流域性致洪暴雨与季风涌的关系. *气象*, 2007, 待刊
Tao Shiyun, Wei Jie. The correlation between the monsoon surge and the heavy rainfall causing flash - flood in southern China in the summer. *Meteorological Monthly* (in Chi-

- nese), 2007, accepted
- [8] 周连董, 黄荣辉. 中国西北干旱、半干旱区春季地气温差的年代际变化特征及其对华北夏季降水年代际变化的影响. 气候与环境研究, 2006, **11**: 1~13
Zhou Liantong, Huang Ronghui. Characteristics of Interdecadal Variability of the Difference Region of Northwest China and Its Impact on Summer Precipitation in North China. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2006, **11**: 1~13
- [9] 黄刚. 与华北干旱相关联的全球尺度气候变化现象. 气候与环境研究, 2006, **11**: 270~279
Huang Gang. Global Climate Change Phenomenon Associated with the Droughts in North China. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2006, **11**: 270~279
- [10] 林建, 毕宝贵, 何金海. 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. 大气科学, 2005, **29**: 594~599
Lin Jian, Bi Baogui, He Jinhai. Physical Mechanism Responsible for Western Pacific Subtropical High Variation and Hot Wave in Southern China in July 2003. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (in Chinese), 2005, **29**: 594~599
- [11] 杨辉, 李崇银. 2003 年夏季中国江南异常高温的分析研究. 气候与环境研究, 2005, **10**: 80~85
Yang Hui, Li Chongyin. Diagnostic Study of Serious High Temperature over South China in 2003 Summer. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2005, **10**: 80~85
- [12] 陶诗言, 卫捷. 再论夏季西太平洋副高的西伸北跳, 应用气象学报, 2006, **17**: 513~525
Tao Shiyang, Wei Jie. The westward, northward advance of the subtropical high in the West Pacific in summer. *Quarterly Journal of Applied Meteorology* (in Chinese), 2006, **17**: 513~525