

2007年夏季中国大陆85°E以东的异常天气与气候 ——中国科学院大气物理研究所2007年汛期降水预测的总结

卫捷¹ 陶诗言¹ 梁丰^{1,2}

1 中国科学院大气物理研究所, 北京 100029

2 北京市气象局, 北京 100089

摘要 对中国科学院大气物理研究所2007年的夏季(6~8月)降水预测进行检验, 结果表明, 3月底的预测与实况有一定差异, 6月的预测有所改进。简要讨论了2007年夏季的主要降水过程及其成因。2007年夏季华南、长江中下游和淮河流域先后出现梅雨锋强降水, 6月中旬和8月中旬出现两次Rossby波列的下游发展效应, 引起陕甘宁一次强降水以及加强了圣帕台风引起的强降水。7月上中旬出现高压脊发展后, 下游小低槽强烈斜压发展过程引起淮河出现致洪暴雨以及济南暴雨灾害。7月中下旬, 由于阻高南侧的3次高空槽切断过程, 造成重庆地区以及山西和豫西的暴雨灾害。在东亚季风区, 夏季大气季节内振荡很显著, 而且对降水的时空分布有重要影响。由于短期气候预测对夏季风季节内变化的预测还是一个难点, 这给汛期降水的可预报性带来了限制。

关键词 切断过程 下游斜压发展 Rossby波下游效应 高低空系统影响 季节内振荡

文章编号 1006-9585 (2007) 06-0699-14 **中图分类号** P434 **文献标识码** A

The Anomalous Weather and Climate of China in the Summer 2007 ——Verification of Seasonal Climate Predictions of Institute of Atmospheric Physics/Chinese Academy of Sciences

WEI Jie¹, TAO Shi-Yan¹, and LIANG Feng^{1,2}

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

2 *Beijing Municipal Meteorological Bureau, Beijing 100089*

Abstract The prediction of summer rainfall from June to August 2007 by Institute of Atmospheric Physics/Chinese Academy of Sciences is tested. The prediction made in March turned out to deviate from the actual observation by certain degree; while this was improved in the later prediction in June. During the summer 2007, there were Mei-Yu frontal heavy rainfalls appearing successively along the Pearl River, the middle and lower reaches of the Yangtze River, and the Huaihe River valley, the subtropical anticyclone in the West Pacific extended westward and northward for six times. In July there were three cases of cut-off processes of the upper troughs in the inner land of China, leading to severe rainstorms there. In the normal years the cut-off processes are a rare occurrence in this area. Also, in July there were downstream baroclinic development processes in eastern China, bringing about disastrous rainstorms in the Huaihe River valley and severe convective in Shangdong Province. There were two Rossby wave

收稿日期 2007-10-05 收到, 2007-10-15 收到修定稿

资助项目 国家重点基础研究发展规划项目 2006CB403602、中国气象局国家气候中心重点研究项目和国家自然科学基金资助项目 40505010

作者简介 卫捷, 女, 1966年出生, 博士, 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

trains in Eurasia in June and August, causing high impact weather in Shaanxi, Gansu and Ningxia Provinces as well as in South China. In recent years, the Thorpex program, which aims at the improvement of the accuracy of 1 to 14-day high impact forecast, suggests that the downstream development of the Rossby wave trains and the process of the downstream baroclinic development are producers of high impact weather. In this sense, in China the summer of 2007 is the year of the frequent occurrence of high impact weather, it is the year of anomalous weather and climate in China. It is found that in the eastern Asia summer monsoon region, the main feature of monsoon circulation is characterized by the marked intraseasonal oscillation (ISO) of the monsoon rainfall, which account for the 50%–70% of the interannual variability of the seasonal rainfall. Owing to the strong influence of the ISO, the predictability of seasonal monsoon rainfall predictions is limited. In the preparation of the seasonal rainfall predictions in China, how to take into account of the effects of ISO is a challenge to the forecasts.

Key words cut-off process, downstream baroclinic development, Rossby wave downstream development, top-down influence of the cyclone-genesis, intraseasonal oscillation

1 引言

2007 年夏季中国大陆的主雨带位于黄淮地区, 陕、甘、宁、豫等省, 新疆地区, 长江上游的川渝地区以及华南地区。内蒙大部、华北中北部、东北以及长江以南地区为少雨 (图 1a)。

2007 年 3 月底制作汛期降水预报时, 我们根据 2007 年春、夏季海洋 El Niño 事件将处于衰亡阶段的预测, 2006/2007 年青藏高原积雪偏多以及 2006/2007 年冬季东亚季风弱的实况, 又根据 IAP-DCP 和 IAP-9 层气候距平模式关于 2007 年东亚夏季风强度略偏弱, 夏季西太平洋副高偏西的预测, 进一步预测 2007 年夏季中国降水主雨带可能位于长江流域。图 1b 是 2007 年 3 月底做出的 2007 年夏季中国降水距平百分率趋势预测, 图 1b 与图 1a 相比较, 预测与实况有一定差异。

6 月底, 根据 2007 年春季与夏初东亚天气气候特征以及亚洲高、中、低纬中期大气环流形势数值预报, 对汛期降水趋势作了补充订正预测: 夏季中国降水主要雨带位于黄—淮地区, 陕甘宁和四川是另一多雨地区, 并指出 2007 年夏季登陆影响我国的台风偏少。图 1c 是 6 月做出的 2007 年夏季中国降水距平百分率趋势预测, 图 1c 与图 1a 相比较, 订正预测有所改进。

本文对 2007 年夏季中国大陆的降水和干旱过程进行分析, 并提出东亚季风区域短期气候预测中存在的一个问题。

2 2007 年夏季风的推进过程和中国 85°E 以东降水异常的形成分析

2007 年夏季珠江流域、长江中下游和淮河先后出现静止锋 (梅雨锋) 强降水 (图 2)。珠江流域的梅雨锋强降水出现在 6 月 1~16 日, 这期间从印度次大陆和缅甸移过来两个高空低压槽, 引起两次强降水过程; 6 月 7~10 日连续 3 天珠江流域区域平均日降水达到或超过 30 mm 以上, 造成粤东地区出现洪涝。6 月 16 日前后西太平洋副热带高压出现第一次西伸北跳 (图 3), 华南前汛期降水结束, 梅雨锋移到长江中下游。长江中下游的梅雨锋降水期是从 6 月 18 日至 7 月 6 日, 淮河梅雨锋降水时段为 6 月 29 日~7 月 10 日。在江淮梅雨锋降水时期, 副热带高压伸展到长江以南, 其中包括两次西伸过程: 6 月 28 日副高西伸到 120°E, 长江中下游梅雨结束; 7 月初副高西伸到 110°E, 淮河梅雨锋降水处于鼎盛阶段。7 月上旬长江中下游降水结束后, 仍出现多次降水过程, 但都不是静止锋型降水。6 月中旬欧亚上空出现一次 Rossby 波列 (图 4)^[1~3], 从东欧经中亚、中国、日本传播到太平洋。由于 Rossby 波的下游效应, 6 月 15~16 日在东经 90°E 激发一个深厚高空槽发展, 6 月 16~17 日, 陕、甘、宁以及川北出现一条经向型暴雨带。

图 5 是 2007 年 6 月 500 hPa 平均位势高度场及其距平形势。在西伯利亚西部上空出现强的负距平, 而在中国华北和东北出现强的正距平, 这

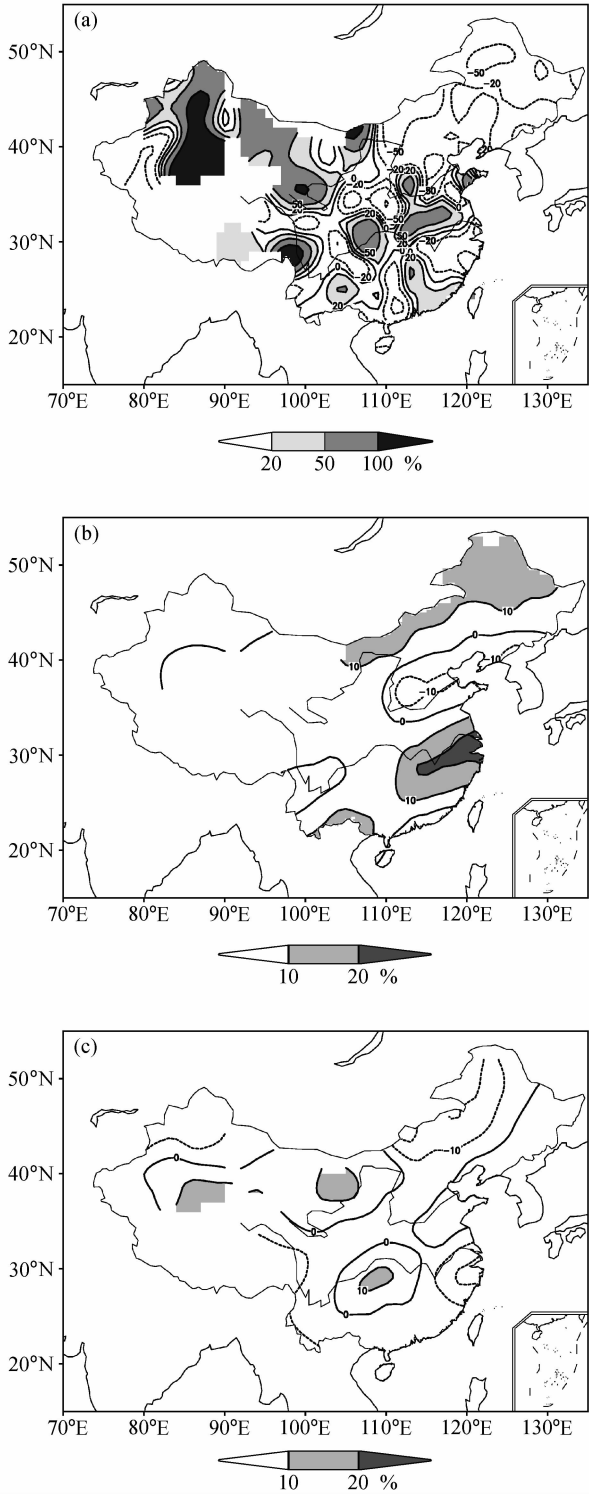


图1 2007年夏季我国降水距平百分率: (a) 实况; (b) 3月集成预测; (c) 6月集成预测

Fig.1 The percentage anomalies of precipitation from Jun to Aug 2007: (a) observed precipitation anomaly; (b) the ensemble prediction in Mar; (c) the ensemble prediction in Jun

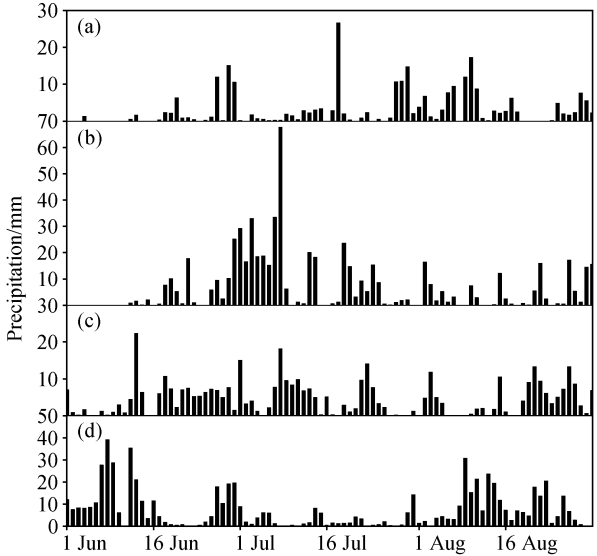


图2 2007年6~8月 (a) 华北、(b) 淮河、(c) 长江以及 (d) 华南代表站平均的逐日降水量

Fig.2 The averaged daily precipitation (units: mm) observed of selected stations from Jun to Aug 2007 in (a) North China, (b) Huaihe River, (c) Yangtze River, and (d) South China

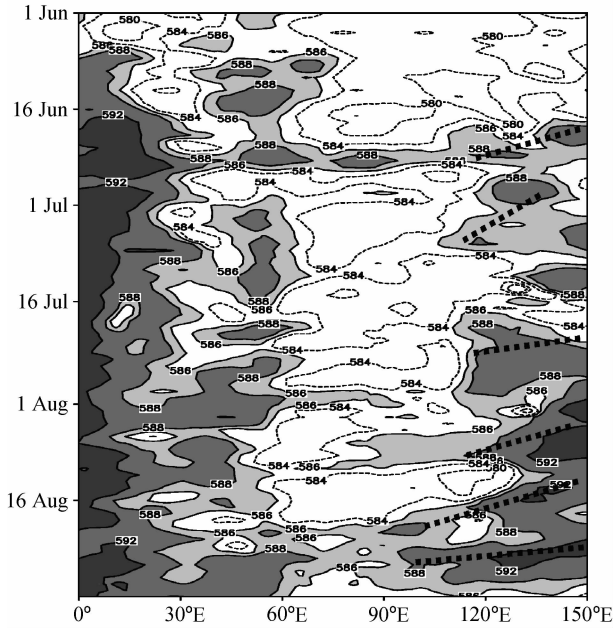


图3 2007年6~8月27.5~32.5°N平均的500 hPa高度场时间-经度剖面(单位: dagpm, 阴影区: 位势高度大于586 dagpm, 粗点线: 副热带高压西伸的轴线)

Fig.3 Time-longitude sections of 500 hPa geopotential height during Jun to Aug 2007 averaged over the 5 latitude band centered on 30°N (units: dagpm, shaded area for greater than 586 dagpm, thick dotted line: the westward advance of the subtropical high)

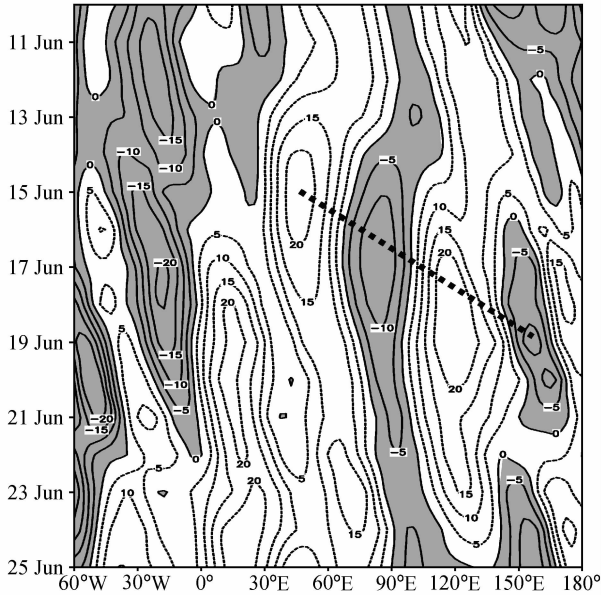


图4 2007年6月10~25日35~45°N平均的200 hPa位势高度距平场时间-经度剖面(单位: dagpm, 阴影区: 位势高度距平<0的区域, 粗点线: Rossby波列的传播)

Fig. 4 Time-longitude sections of 200 hPa geopotential height anomaly averaged over the 10 latitude band centered on 40°N for 10–25 Jun 2007 (units: dagpm, shaded area for less than zero dagpm, thick dotted line indicates the passage of a wave train)

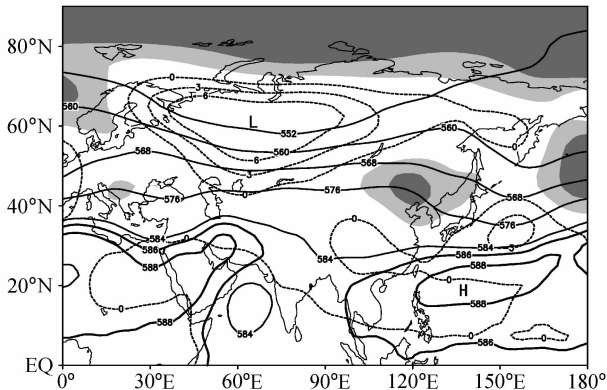


图5 2007年6月平均的500 hPa位势高度场及其距平(单位: dagpm, 浅、深阴影区分别为大于3、6 dagpm正距平区)

Fig. 5 Northern Hemisphere 500hPa geopotential height mean and anomaly for Jun 2007 (units: dagpm, light and dark shaded area for greater than 3 and 6 dagpm, respectively)

个正距平区非常稳定, 持续21天(图略), 使得我国华北和东北6月出现少雨干旱的天气(图2a), 在这个正距平区南侧, 中国大陆出现东西走向的负距平区, 反映华南、长江中下游梅雨锋以及陕甘宁高空槽的活动。

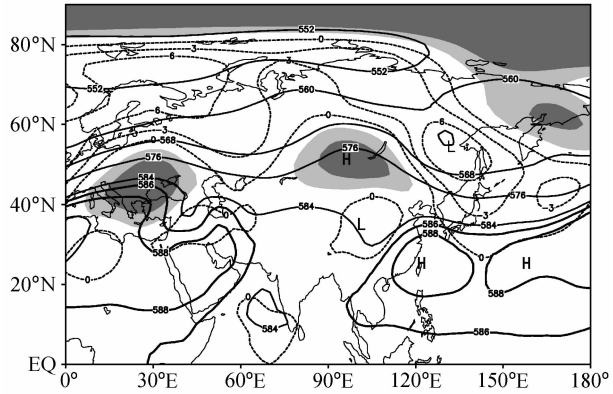


图6 2007年7月16~31日平均的500 hPa位势高度场及其距平(说明同图5)

Fig. 6 As in Fig. 5, but for 16–31 Jul 2007

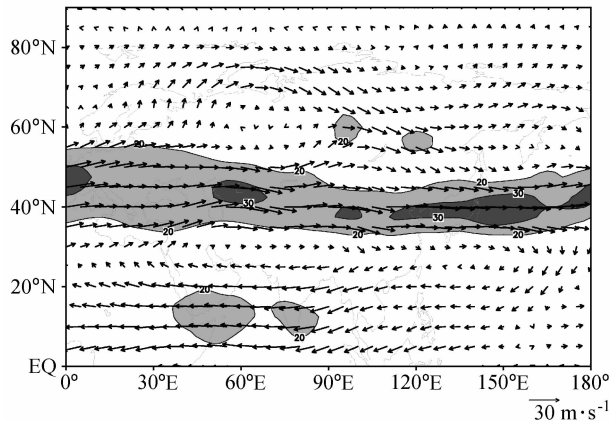


图7 2007年7月平均200 hPa水平风场(阴影区: 全风速大于20 m·s⁻¹)

Fig. 7 The mean wind speed on 200 hPa for Jul 2007 (shaded, greater than 20 m·s⁻¹)

7月亚洲高纬度主要环流系统是贝加尔湖上空的阻塞高压, 这个阻塞系统在7月上旬建立持续到7月底。图6是2007年7月16~31日500 hPa位势高度及其距平。东亚的阻塞形势明显, 在贝加尔湖地区是个高压脊, 而在中国中部上空为低压槽。这个时期的200 hPa上(图7)有南北两支急流。北支急流从北冰洋的新地岛向东南伸展到日本, 南支急流从地中海向东伸向日本。在北支急流中, 先后有两次小槽变大槽的斜压发展过程^[4]。第一次斜压发展过程出现在7月9~10日, 并引起淮河静止锋上出现气旋生成过程和梅雨锋上出现致洪暴雨。在350 K等熵位涡图上(图8a、b), 随着贝加尔湖阻塞高压的建立, 7月8日8时

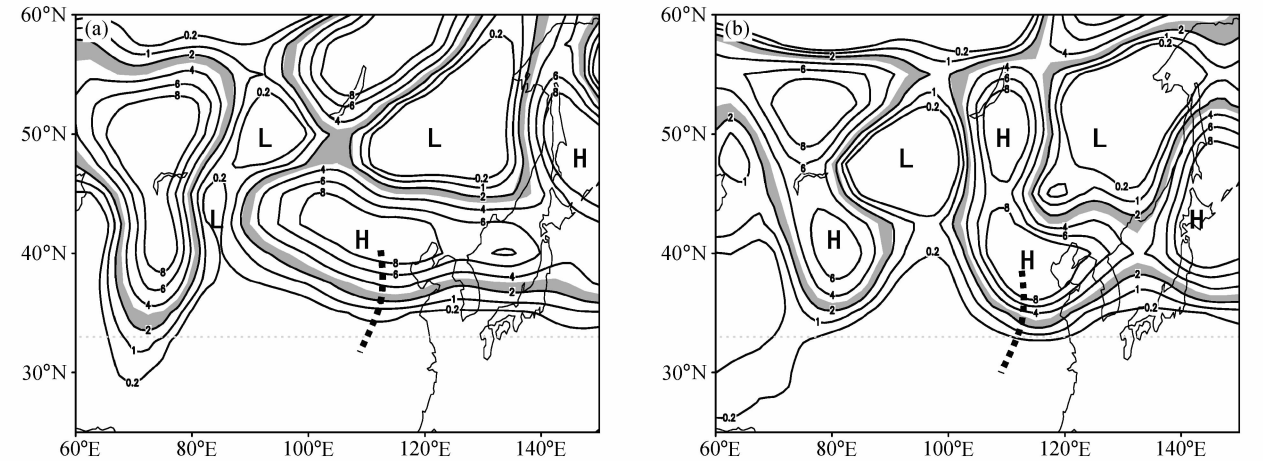


图 8 2007 年 7 月 (a) 8 日 8 时和 (b) 9 日 8 时 350 K 等熵位涡 (单位: $1 \text{ PVU}=10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{K} \cdot \text{kg}^{-1}$, 阴影区: $2 \sim 3 \text{ PVU}$ 区域, 粗点线: 高位涡舌的轴线)

Fig. 8 The potential vorticity on 350 K isentropic surfaces on (a) 8 Jul, (b) 9 Jul 2007 (units: $1 \text{ PVU}=10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{K} \cdot \text{kg}^{-1}$, shaded area is for $\text{PV}=2 \sim 3 \text{ PVU}$, thick dotted line indicates the centre line of a high potential vorticity)

(北京时,下同) 90°E 有低位涡脊发展,这时在低位涡脊的东侧,河套上空的小高位涡舌向东南移动并强烈发展。到 7 月 9 日 8 时已发展成深厚高位涡舌,当高位涡舌伸到梅雨锋上空时,梅雨锋上有气旋生成并引起强暴雨^[5]。第二次过程出现在 7 月 18 日。图 9a、b、c 分别是 7 月 15 日 8 时、17 日 8 时及 18 日 8 时欧亚地区 500 hPa 位势高度形势。随着贝加尔湖上空阻高加强, $90 \sim 100^{\circ}\text{E}$ 上空的小槽强烈发展,到 18 日 8 时 120°E 上空已发展成一个深厚槽,注意在 $40 \sim 45^{\circ}\text{N}$ 的地区,东西走向的等温线密集,反映有一条强的冷锋向南移动。18 日 20 时(图略)强冷锋移过山东济南市。由于在此时段地面没有静止锋,不像 7 月 9 日那样低空有气旋生成,但在冷锋过境时发展出一个深厚强对流系统,引起狂风暴雨,暴雨水洗济南城。这时在华北地区(图 2a) 7 月 18~19 日冷锋过境时区域平均降水量接近 30 mm。图 10 是 2007 年 7 月 1~19 日沿 $110 \sim 120^{\circ}\text{E}$ 平均的 350 K 等熵位涡的时间—经度剖面,在 7 月 8~9 日有一个高位涡舌伸到 35°N ,引起淮河致洪暴雨。在 7 月 17~18 日又有一个强高位涡舌伸到了 30°N 以南,图中 2 PVU 这条等值线对应对流层

顶,表明来自平流层的高位涡空气伸展到 30°N 以南,这在夏季少见,也说明为什么济南会有暴雨灾害出现。杨晓霞等^①曾分析这次济南暴雨的成因。

7 月下半月 500 hPa 形势图(图 6)上,亚洲上空阻塞形势很典型。中国中部上空的低压槽由 3 次高空槽的切断形成。图 11 表示第 1 次切断过程。7 月中旬副高出现 2007 年第 3 次西伸北跳,副高在黄河以南地区持续到 7 月底。7 月 15 日 $90 \sim 120^{\circ}\text{E}$ 之间出现一个东北向南倾斜的高空槽,高空槽的南部由于副高的西伸影响,移动甚慢,但槽的北部迅速东移。7 月 17 日 8 时高空槽的切断已完成,切断下来的低槽在四川境内持续 4 天,在对流层低层表现为静止的“西南涡”(图略),在这次切断过程中重庆及其附近 7 月 15~16 日出现暴雨灾害。杨贵名等^②也曾分析这次暴雨产生的过程。第 2 次切断过程与第 1 次过程类似。第 3 次切断过程出现在 7 月底(图 12),7 月 28 日 8 时中国中部上空的 500 hPa 切断低压是第 2 次切断过程的残余物,注意这时在阻塞高压西面 75°E 附近的低压槽正经历着一次切断过程,7 月 29 日 8 时切断过程已完成。在第 3 次切断过程中,7 月

① 杨晓霞, 王建国, 杨学斌, 等. 2007 年 7 月 18~19 日山东济南短时特大暴雨过程分析. 第四届全国灾害性天气预报技术研讨会论文集, 2007

② 杨贵名, 宗志平, 湛芸, 等. 2007 年 7 月 16~19 日重庆强暴雨过程分析. 第四届全国灾害性天气预报技术研讨会论文集, 2007

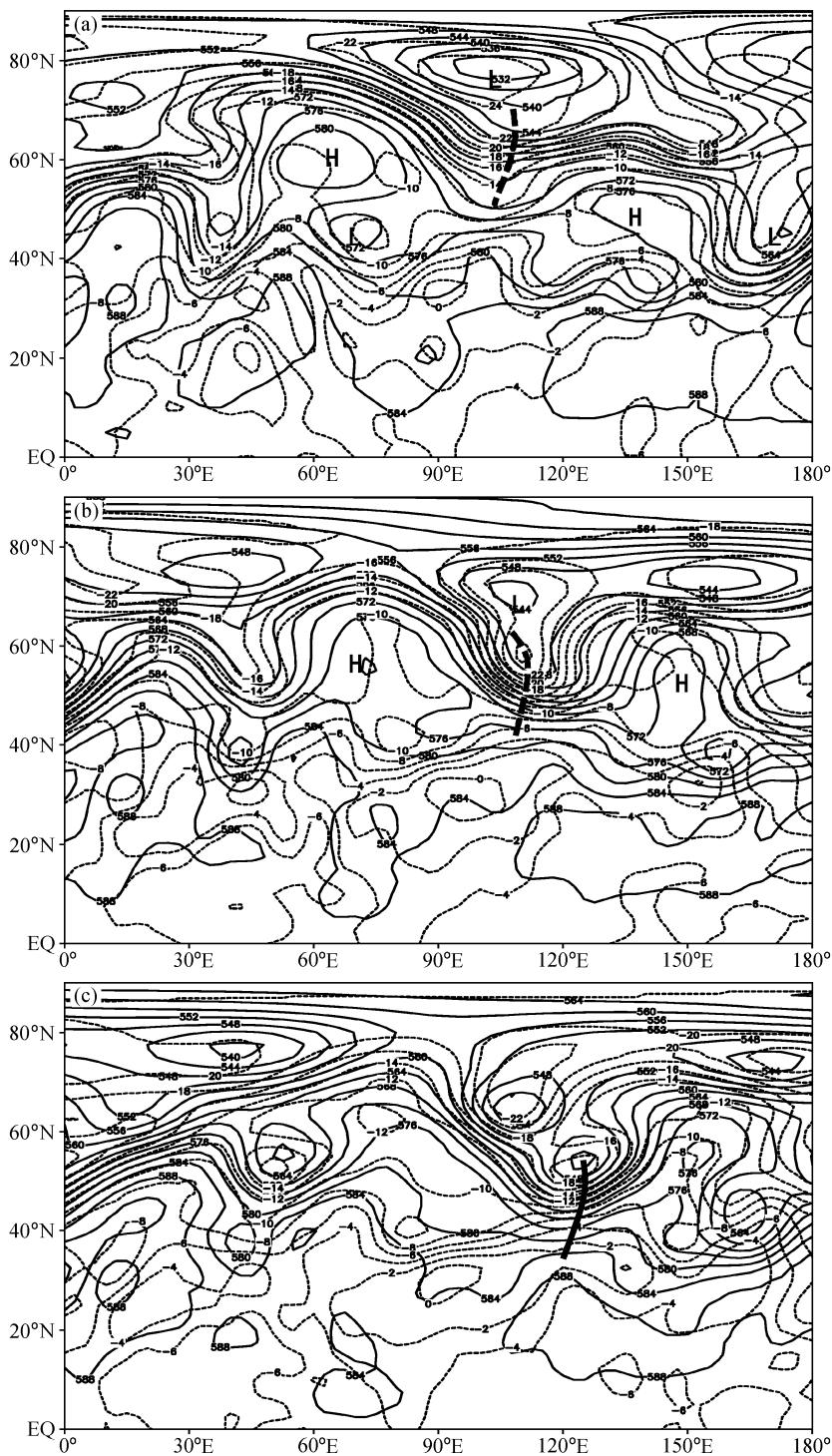


图9 2007年7月 (a) 15日8时、(b) 17日8时和 (c) 18日8时欧亚地区500 hPa环流 (实线为等高线, 单位: dagpm; 虚线为等温线, 单位: °C; 粗虚线表示高空槽的槽线, 粗实线表示高空槽切断过程已完成)

Fig. 9 The Eurasia 500 hPa circulation on (a) 0800 LST 15 Jul, (b) 17 LST Jul (c) 18 LST Jul 2007 (solid line for the geopotential height, units: dagpm; dashed line for temperature line, units: °C; thick dotted line indicates the trough-line, thick solid line indicates the end of a cut-off process)

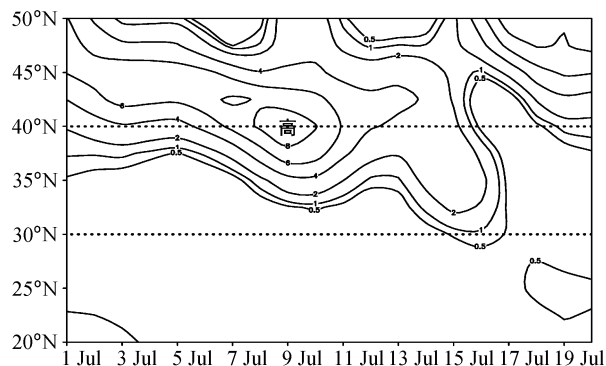


图 10 2007 年 7 月 1~20 日沿 110~120°E 平均的 350 K 等熵位涡时间-纬度剖面 (单位: $1 \text{ PVU} = 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{K} \cdot \text{kg}^{-1}$)

Fig. 10 The time-latitude section of the mean potential vorticity on 350 K isentropic surfaces averaged over 110–120°E for each day in 1–20 Jul 2007 (units: $1 \text{ PVU} = 10^{-6} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{K} \cdot \text{kg}^{-1}$)

28~29 日山西和河南西部出现暴雨灾害^①。中国中部内陆地区夏季出现 3 次高空槽切断过程, 这是很少见的现象。在东亚地区夏季最容易出现切断过程的地区, 是我国东北的辽宁和吉林以及韩国和日本。夏季当鄂霍次克海上空为阻塞高压盘踞时, 这些地区常常出现切断低压。图 13 是取自美国海洋一大气局出版的 2007 年 7 月气候监测公报^[6]上的 2007 年 7 月 700 hPa 高频 (10 天以下) 标准化方差距平的分布。注意在青藏高原北部及其以东地区为正方差距平最大地区, 标准化方差距平达到 $2 \sim 4\sigma$ 以上, 这表示在这个地区瞬变扰动的活动非常活跃。从 6 月底到 7 月底, 长江中下游以南地区一直为副高控制, 闽、赣、湘、粤诸省持续出现干旱高温天气, 图 6 闭合等高线 5880 gpm 表示副高控制江南沿海地区。7 月华北应该是夏季降水最多的月份, 但由于阻高盘踞在贝加尔湖, 华北处于正位势高度距平区域, 华北降水过程虽然不少, 但降水量不大。

8 月 (图 14) 欧亚上空 500 hPa 西风带位置偏北, (60°N , 90°E) 附近为强的负距平区, 而西伯利亚东部以及俄国西部为强的正距平区。在 40°N 以南从日本到中国大陆是一片正距平区域, 这是由于西太平洋副高 3 次向西伸展的结果 (图 3)。8 月华北地区处于副高的北侧, 西风带的南缘, 应该是对流活动活跃的地区, 图 2a 指出 8 月华北降

水过程不少, 但由于处在 500 hPa 位势高度正距平区域内, 不容易出现强暴雨, 造成华北连续 7 年夏季干旱少雨。

8 月有两次台风 (帕布、圣帕) 影响我国南方。帕布台风 8 月上旬登陆, 在其西行过程中引起粤、桂和海南三省强降水, 缓解了这些地区持久的高温干旱天气。8 月中下旬欧亚上空出现第 2 次 Rossby 波列 (图 15), 使得 8 月 18 日前后在 110°E 上空 200 hPa 建立一个闭合反气旋, 随着高空反气旋的建立, 西太平洋副高有一次西伸过程, 此时也正是南海出现第 2 次强季风涌的时期 (图 16), 中国南部上空 500 hPa 出现一条东西走向的低压槽, 圣帕台风在福建登陆以后, 在低压槽中经闽、赣、湘等省进入贵州 (图 17), 圣帕台风缓解了闽、赣、湘的持久干旱和高温, 但引起赣、湘出现暴雨灾害。这次过程与 2006 年 7 月中旬碧利斯台风登陆后的过程完全相似^[7]。叶成志也曾分析这两次登陆台风的水汽场特征。

2007 年夏季南海出现 3 次季风涌加强过程 (图 16), 第 1 次出现在 5 月下旬到 6 月上旬, 对应于华南前汛期暴雨时段; 第 2 次出现在 7 月上旬, 对应江淮梅雨时段; 第 3 次出现在 8 月上中旬, 对应帕布和圣帕台风移动过程的强降水。这 3 次季风涌的出现与南海地区处于 MJO (Madden-Julian Oscillation) 的活跃阶段有关。图 18 是沿赤道 $5 \sim 9$ 月 200 hPa 5 天平均的速度势距平的时间-经度剖面^[8], 6 月初、7 月上旬和 8 月中下旬南海地区 ($110 \sim 120^\circ\text{E}$) 是 MJO 的活跃期。陶诗言等^[9]曾分析南海季风涌与 MJO 的关系, 提出在分析东亚夏季的天气、气候异常时应监视南海 MJO 的活动。

3 东亚季风区汛期短期气候预测中的一个问题

东亚季风区夏季大气环流季节内振荡 (10~50 天) 很显著。以 2007 年夏季为例, 西太平洋副热带高压有 6 次西伸北跳, 静止锋强降水的时间

① 王新敏, 张霞, 何立富, 等. 2007 年 7 月 28~30 日豫西极端暴雨事件分析. 第四届全国灾害性天气预报技术研讨会论文集, 2007

比较短。以华南为例，夏季只出现两次强降水时段，一次是6月1~16日华南静止锋降水，另一次是8月上旬到8月下旬的两次台风（帕布、圣帕）降水。淮河强降水只出现在6月29日~7月

9日时段。6月15~16日陕甘宁为一次深厚高空槽降水。华南、淮河的强降水属于大气季节内振荡，陕甘宁的降水属天气尺度扰动。我们曾经作过这样一个试验，若将这几场降水去掉，则图1a

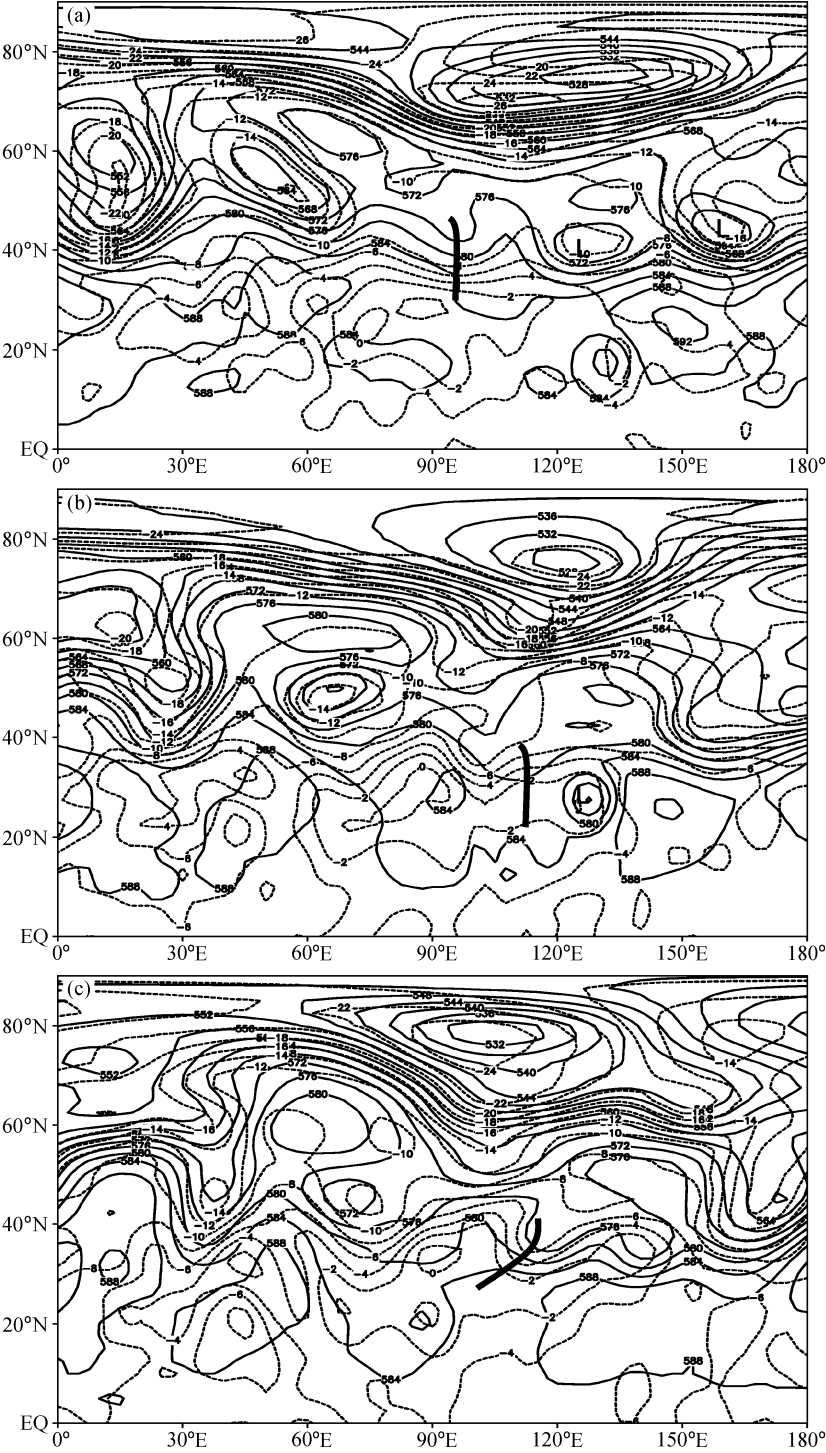


图 11 2007 年 7 月 (a) 11 日 8 时、(b) 13 日 8 时、(c) 15 日 8 时和 (d) 17 日 8 时欧亚地区 500 hPa 环流 (说明同图 9)
Fig. 11 As in Fig. 9, but for (a) 0800 LST 11 Jul, (b) 0800 LST 13 Jul, (c) 0800 LST 15 Jul, and (d) 0800 LST 17 Jul 2007

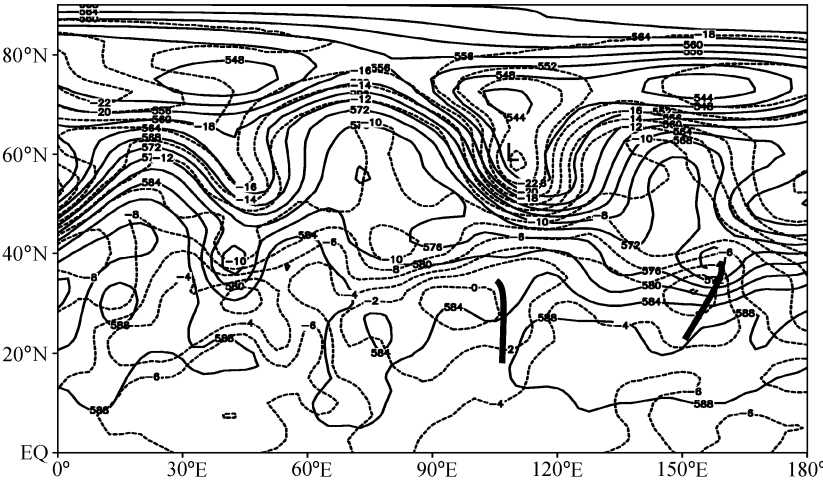


图 11 (续)
Fig. 11 (Continued)

上的降水正距平区便不出现了。

短期气候预测的一个基本思路, 是认为某一地区的气候异常决定于在该地区哪种天气过程(如降水)最为盛行, 又认为一次天气尺度扰动对气候预测而言视为气候噪音。2007 年华南、淮河以及陕甘宁的强降水正距平只决定于 1~2 次强降水过程, 这种现象在其他年份也存在^[9], 这就是说, 大气季节内振荡和天气尺度扰动能影响整个夏季的降水距平分布。

这种现象在印度季风区更加明显。印度夏季风属于热带季风, 在季风季(6~9 月) 2~3 次强的季风活跃期决定整个 6~9 月的降水距平。Goswami^[10]曾分析印度季风区夏季降水量的年际标准差和 10~50 天季节内振荡所引起的降水量的标准差, 发现两者数值很接近, 表明印度季风区的夏季降水主要决定于季风环流季节内振荡(10~50 天)。这也表明在印度季风区外强迫对印度夏季风降水的贡献很小, 这使得印度夏季风降水的可预报性受到限制。

东亚夏季风属于副热带季风, 同时受到热带和中纬度系统的影响, 但季节内振荡也很明显。图 19 给出了中国夏季降水量 1951~2000 年的平均值和标准差及其经过 10~50 天滤波后的平均值和标准差。由图可见, 在长江以南大部地区, 夏季降水的季节内变化部分占总降水量的一半以上, 江南部分地区达到了 70%(图 19a、c 和 e)。在江南地区, 10~50 天滤波后的夏季降水量的标准差

占到夏季降水标准差的 50% 以上, 中国北方的大部地区, 特别是西北东部、内蒙古与东北西部地区季节内变化的标准差也达到了 50%(图 19b、d 和 f)。在中国大部地区, 从 1951~2000 年有 30% 以上的年份, 夏季降水量年际变化都在一个标准差以上, 河套东部、东北南部、江淮流域、长江中游以及江南部分地区其比率高达 40% 以上(图 19g), 这些地区是中国夏季降水年际变化最大的地区之一。同样, 这些地区也是经过 10~50 天滤波后的夏季降水量年际变化较大的地区(图 19h), 说明在这些地区的很多年份里, 夏季降水的季节内变化可能基本上决定了整个夏季降水的异常分布。概括而言, 在东亚季风区夏季降水季节内振荡高值区(低值区)与气候平均降水量的高值区(低值区)对应, 同时, 降水季节内振荡的年际变化与季节平均的年际变化也有明显的对应关系。

上述分析表明, 中国夏季汛期平均降水的可预测性受限于这样一个事实: 降水季节内变化的振幅可能占其年际变化的一半以上。这也表明在某些年份, 外强迫不强时, 季节内振荡比较活跃, 6~8 月降水总量主要决定于由于大气内部动力学不稳定所引起的大气季节内振荡的作用, 这也说明现有短期气候预测模式在季风区域的可预报性比较差。

Shukla 等^[11]曾指出, 在印度季风气候区, 由下垫面异常所引起的外强迫比较弱, 而由于大气内部动力学不稳定所引起的内强迫甚强; 并指出在季

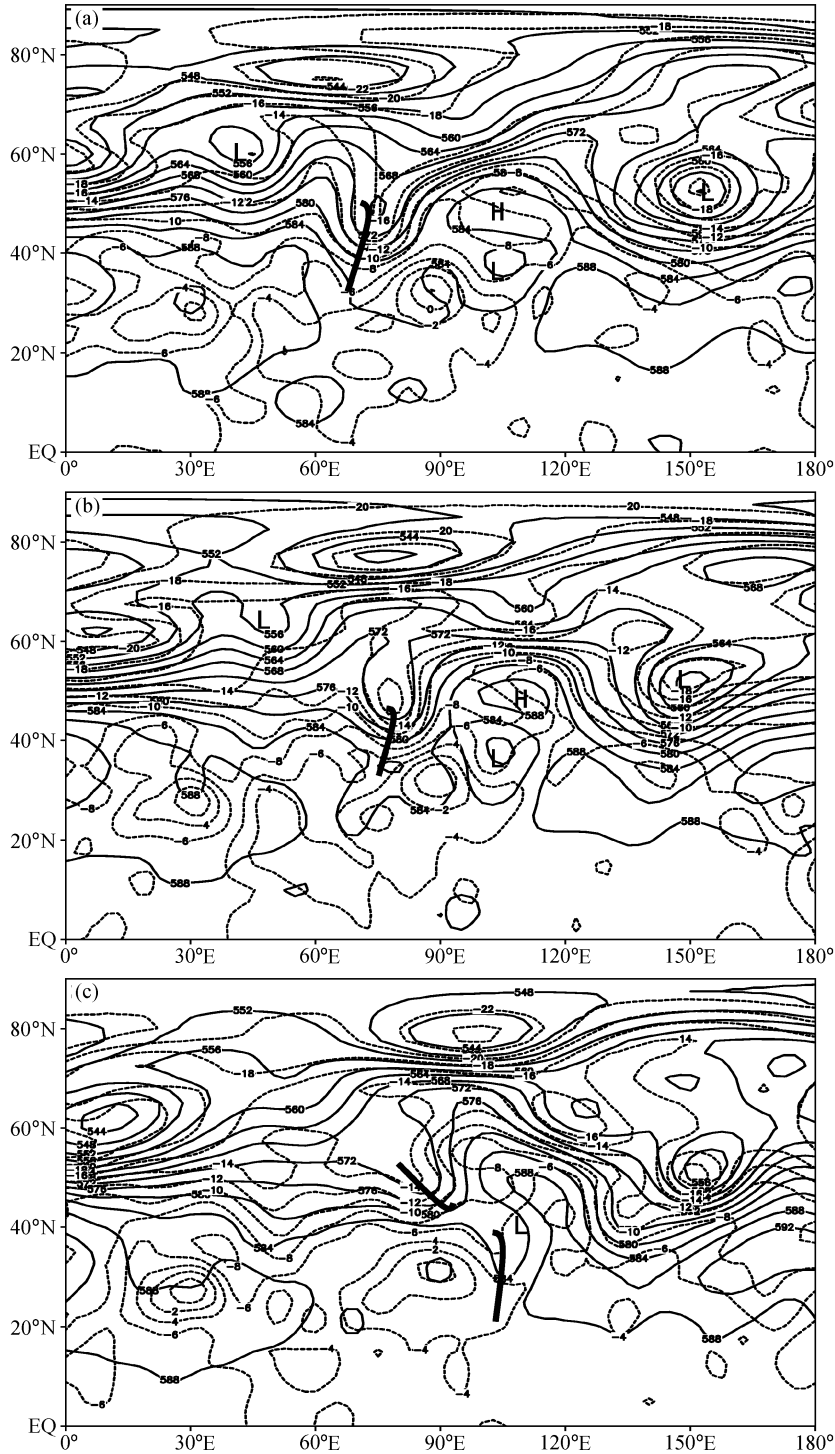


图 12 2007 年 7 月 (a) 27 日 8 时、(b) 28 日 8 时和 (c) 29 日 8 时欧亚地区 500 hPa 环流 (说明同图 9)

Fig. 12 As in Fig. 9, but for (a) 0800 LST 27 Jul, (b) 0800 LST 28 Jul, and (c) 0800 LST 29 Jul 2007

度降水预测中,统计预报方法仍不失为有用的工具之一。对防汛和农业活动讲,更重要的是能预报季节内振荡的强降水时段,近年来 Webster 和 Hoyos^[12]提出印度季风区 20~25 天的季风降水和径

流预报方法,目的在于改进现有季度降水预测方法的缺陷。Webster 等^[13]又提出印度季风降水的 3 步骤重叠的预报方法,即长期 1~6 个月的展望,20~30 天的中期预测,1~10 天短期预报。2006 年,

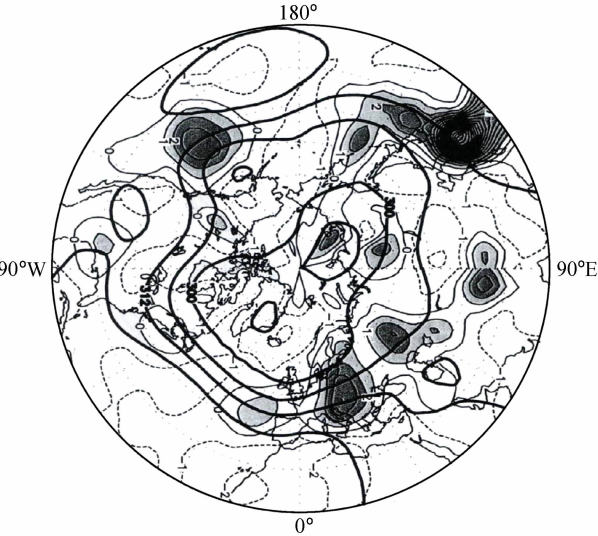


图 13 2007 年 7 月 700 hPa 位势高度场(粗实线, 单位: dag-pm) 及其高频部分(10 天以下)的标准化方差(等值线间隔为 1, 阴影区标准化方差 ≥ 1)分布^[6]

Fig. 13 Northern Hemisphere: 700-hPa heights (units: dag-pm, thick solid line) overlaid with normalized anomalous variance of high-pass filtered (less than 10 days) (Contour interval is 1, and shaded represents standard deviation ≥ 1)^[6]

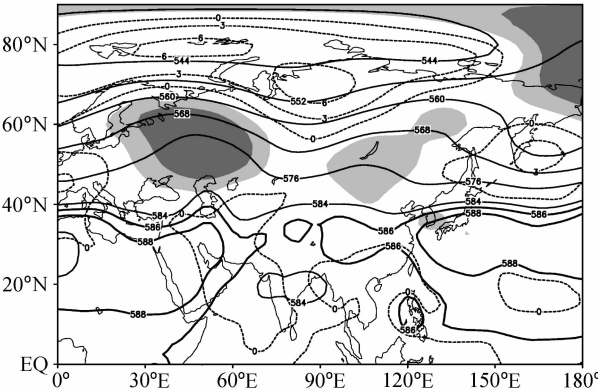


图 14 2007 年 8 月平均的 500 hPa 高度及其距平(说明同图 5)

Fig. 14 As in Fig. 5, but for Aug 2007

Waliser 等^[14]提出 MJO 的预报试验, 目的在于预报未来 1~4 周热带地区云和降水的季节内变化, 以及未来 1~2 周中高纬度的环流形势。在我国的汛期降水预测中, 4 月初的预测由于不确定因素多, 可信度不高。6 月下旬的补充预报由于信息多, 可信度高一些, 预测重点应放在 6 月的预测上。

4 结论

2007 年夏季华南、长江中下游以及淮河流域

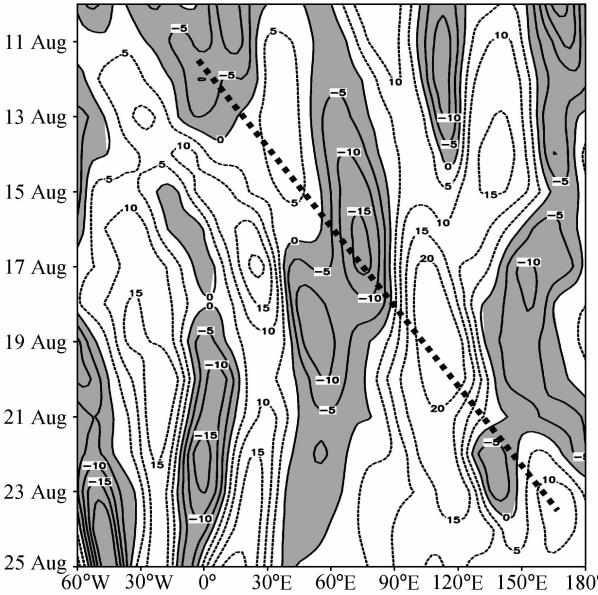


图 15 2007 年 8 月 10~25 日 35~45°N 平均的 200 hPa 位势高度距平时间-经度剖面(说明同图 4)

Fig. 15 Time-longitude sections of 200 hPa geopotential height anomaly averaged over the 10 latitude band centered on 40°N for 10–25 Aug 2007, as the caption of Fig. 4

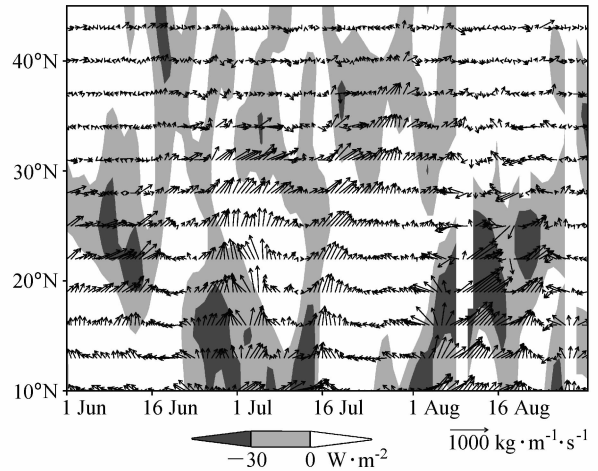


图 16 2007 年 6~8 月沿 110~120°E 平均的整层(地面至 300 hPa)积分的水汽通量矢量时间-纬度剖面(阴影区表示 $OLRA \leq 0$, OLRA: Outgoing Longwave Radiation Anomaly)

Fig. 16 The time-latitude section of the vectors for averaged vertically integrated moisture transports over 110–120°E. Shaded represents $OLRA \leq 0$

先后出现梅雨锋强降水, 西太平洋副热带高压有 6 次西伸北跳过程。7 月中下旬, 中国中部出现 3 次高空槽的切断过程, 造成重庆地区以及山西和豫西等地出现暴雨灾害。夏季东亚地区最多出现切

断低压的地区是我国东北的吉林和辽宁以及韩国和日本。当夏季鄂霍次克海上空出现阻塞高压时，上述地区容易出现高空槽的切断过程，而在中国内陆地区出现切断低压，这在历史上比较少见。7月上、中旬随着贝加尔湖上空阻塞高压的建立，

出现 2 次“高空高压脊强烈发展后，下游小低压槽强烈斜压发展过程”，引起淮河流域出现致洪暴雨以及山东半岛暴雨灾害。6 月和 8 月欧亚地区出现 2 次 Rossby 波列的下游发展过程，引起陕甘宁的一次强降水过程以及台风圣帕深入内陆的强降

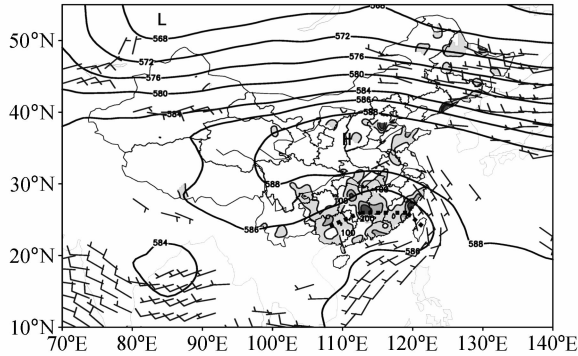


图 17 2007 年 8 月 18~25 日平均的天气形势 [实线为 500 hPa 等高线 (单位: dagpm), 风标为 850 hPa 上风速大于 $6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ 的低空急流, 阴影区为总降雨量大于 100 mm 的降雨区域, 点粗线表示台风圣帕路径]

Fig. 17 The mean circulation for 18–25 Aug 2007 (thick solid lines are geopotential height in dagpm on 500 hPa, barbs represent wind speed exceeding $6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ on 850 hPa, shaded area has precipitation amount more than 100 mm, thick dotted line indicates the route of a Sepat)

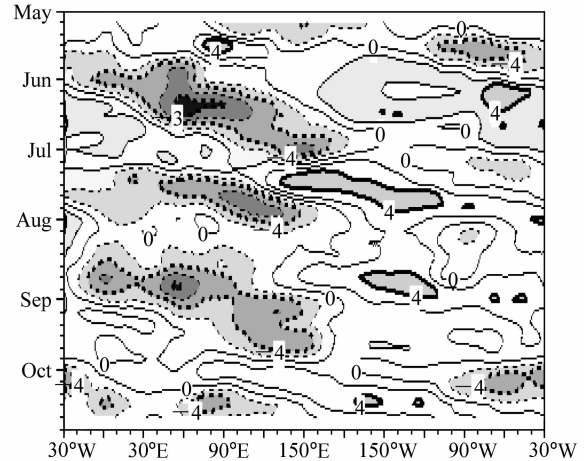


图 18 沿赤道 2007 年 5~9 月 200 hPa 5 天平均的速度势距平时间-经度剖面 (单位: $10^6\text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$, 实线: 正值区, 虚线: 负值区)

Fig. 18 Time-Longitude cross section of 5-day mean 200 hPa velocity potential anomaly during May–Oct 2007 (units: $10^6\text{ m}^2\cdot\text{s}^{-1}$, with positive values shown by solid contours and negative values shown by dashed contours)

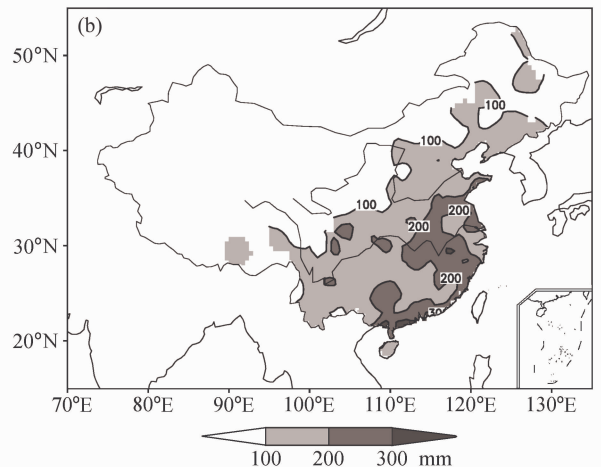
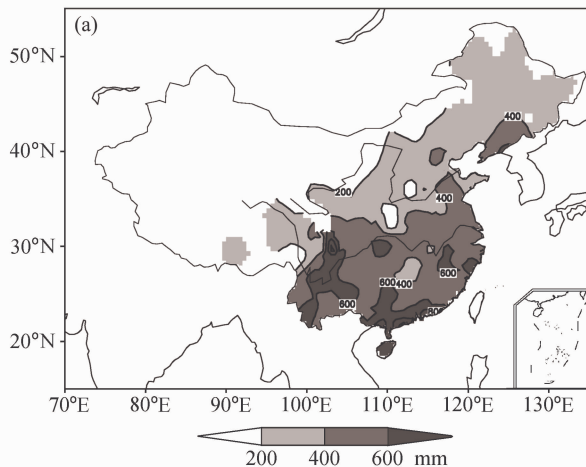


图 19 中国夏季降水量 1951~2000 年的 (a) 平均值和 (b) 标准差; 经过 10~50 天滤波后的 (c) 平均值和 (d) 标准差; (e) 为 (c) 与 (a) 比值; (f) 为 (d) 与 (b) 比值; (g) 标准化变量大于一个标准差的百分比; (h) 经过 10~50 天滤波后的标准化变量大于一个标准差的百分比。

Fig. 19 (a) Climatological mean of Jun to Aug precipitation, and (b) the standard deviation; (c) climatological mean of 10-50 day filtered precipitation between 1 Jun and 31 Aug, and (d) the standard deviation; (e) the ratio of the quantity shown in (c) to the one in (a); (f) the ratio of the quantity shown in (d) to the one in (b); (g) the percentage of standardized variate > 1 standard deviation (σ); (h) after 10–50 day filtered, the percentage of standardized variate $> 1\sigma$. Based on CMA data between 1951 and 2000

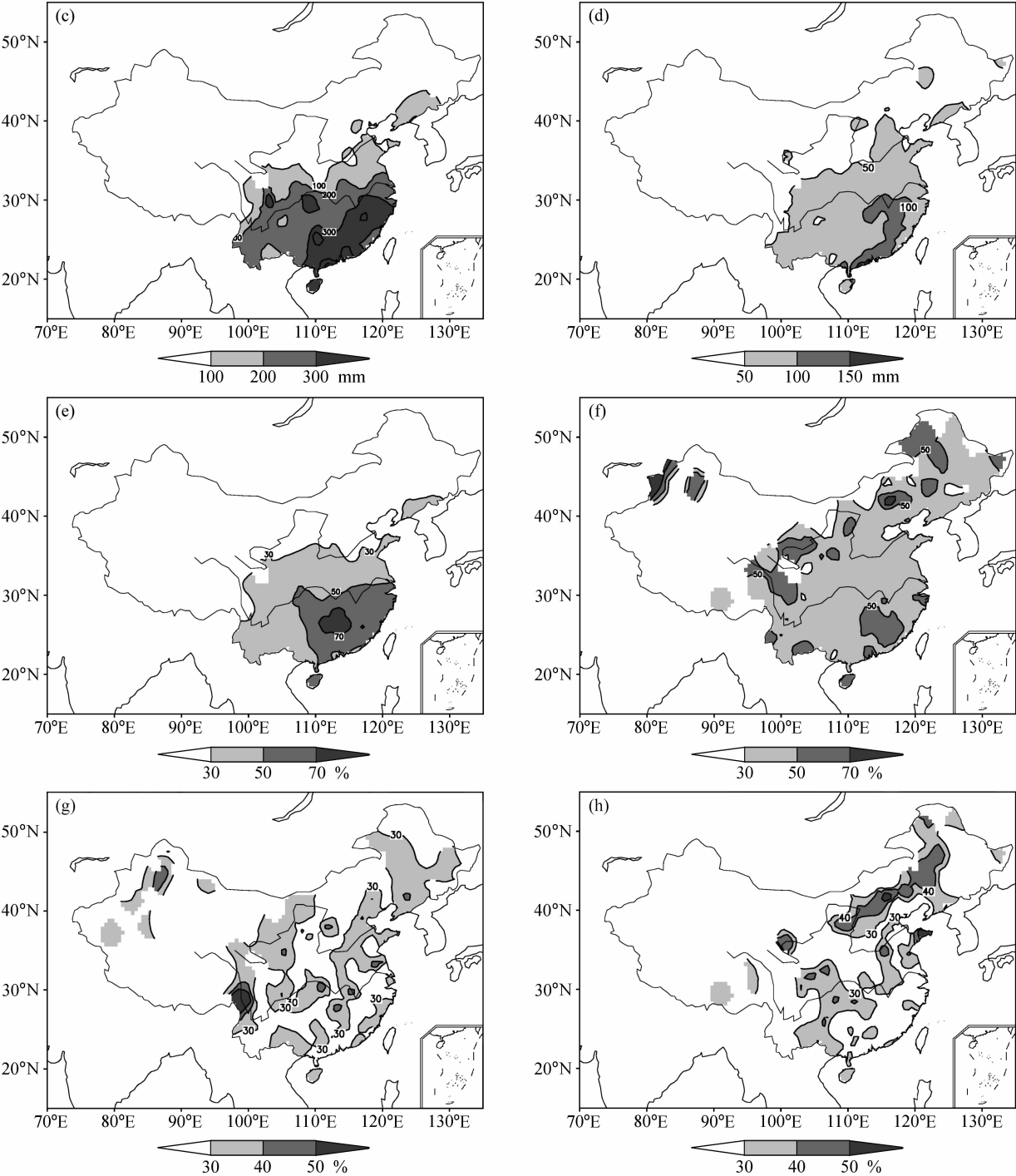


图 19 (续)
Fig. 19 (Continued)

水过程。近年来联合国世界气象组织的全球大气研究计划中的 THORPEX 分计划^[15]，目的在于加速改进 1~14 天强天气（灾害性）的预报水平。这个计划强调了 Rossby 波列的下游发展效应以及

高空高压脊发展下游小槽强烈发展是高影响天气的制造者。在 2007 年夏季这两类过程在中国大陆先后分别出现各两次。2007 年夏季是中国大陆高影响天气频发的年份，也是气候异常的年份。

分析表明,在东亚季风区,夏季大气季节内振荡的振幅甚显著,约占夏季总降水年际变化的50%~70%。由于大气季节内振荡明显,这给汛期降水的可预报性带来了限制。在汛期(6~8月)季度降水预测中,如何考虑大气季节内振荡的作用,这对短期气候预测将是一个挑战。

参考文献 (References)

[1] Cressman G P. On the forecasting of long waves in the upper westerlies. *J. Atmos. Sci.*, 1948, 5: 44~57

[2] Hovmöller E. The trough and ridge diagram. *Tellus*, 1949, 1: 62~66

[3] Wallace J M, Hobbs P V. *Atmospheric Science: An Introductory Survey*. New York: Academic Press, 1977. 1~467

[4] Orlanski I, Sheldon J. A case of downstream baroclinic development over western north America. *Mon. Wea. Rev.*, 1993, 121: 2929~2950

[5] 陶诗言,卫捷,张小玲. 2007 年梅雨锋降水大尺度特征分析. 气象, 2008
Tao Shiyan, Wei Jie, Zhang Xiaoling. Large-scale feature of the Mei-Yu front associated with heavy rainfall in 2007. *Meteorological Monthly* (in Chinese), 2008

[6] Climate Diagnostics Bulletin. July 2007. National Weather Service of NOAA/NCEP http://www.cpc.noaa.gov/products/CDB/CDB_Archive_pdf/pdf_CDB_archive.shtml

[7] 陈红,卫捷,孙建华,等. 2006 年夏季主要天气系统及环流特征分析. 气候与环境研究, 2007, 12 (1): 8~16

Chen Hong, Wei Jie, Sun Jianhua, et al. The weather and its circulation in summer of 2006. *Climatic and Environmental Research* (in Chinese), 2007, 12 (1): 8~16

[8] Monthly Highlights on Climate System (November 2007), Japan Meteorological Agency. <http://ds.data.jma.go.jp/tcc/tcc/products/clisys/highlights/mhcs200711.pdf>

[9] 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, 33 (3): 10~18
Tao Shiyan, Wei Jie. The correlation between the monsoon surge and the heavy rainfall causing flash-flood in southern China in the summer. *Meteorological Monthly* (in Chinese), 2007, 33: 10~18

[10] Goswami B N. South Asian Summer Monsoon: An Overview. The Global Monsoon System: Research and Forecast, WMO/TD No. 1266. 2005, 47~71

[11] Shukla J, Mooley D A. Empirical prediction of the summer monsoon rainfall over India. *Mon. Wea. Rev.*, 1987, 115 (3): 695~704

[12] Webster P J, Hoyos C. Prediction of monsoon rainfall and river discharge on 15-30-day time scales. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 2004, 11: 1745~1765

[13] Webster P J, Chang H-R, Hopson T, et al. Bridging the Gap between Monsoon Research and Applications: Development of Overlapping Three-Tier Prediction Schemes to Facilitate "Useful" Forecasts. The Global Monsoon System: Research and Forecast, WMO/TD No. 1266, 2005, 3~33

[14] Waliser D, Weickmann K, Dole R, et al. The Experimental MJO Prediction Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 2006, 87: 425~431

[15] Shapiro M A, Thorpe A J. Thorpex Internationsl Science Plan. WMO/TD No. 1246, 2004, 1~51