热带与副热带高度异常对长江流域和华北旱涝影响的数值模拟分析*

黄燕燕[1,2] 钱永甫[2] 万齐林[1]

1 中国气象局广州热带海洋气象研究所,广州, 510080
2 南京大学大气科学系,南京, 210093

摘 要

前期南亚高压的异常增强或者减弱,热带、副热带地区 100 hPa 高度的异常增高或者降低,热带西风的异常增强或者减弱,对长江流域和华北地区夏季的降水异常具有预示作用。文中设计了一系列的数值试验进行模拟研究,包括控制试验、敏感试验和 4 组合成试验。合成试验模拟结果表明,前期热带、副热带高度异常分布,能够再现长江流域、华北旱涝情况。前期南亚高压、热带、副热带高度、风异常对长江流域和华北地区夏季降水的异常均有预示作用。100 hPa 叠加高度、风异常的敏感试验结果表明:前期南亚高压、热带与副热带地区 100 hPa 高度场和环流场的异常不仅可以预示、事实上能够引起长江流域和华北夏季降水的异常——前期南亚高压异常增强、热带、副热带地区 100 hPa 高度场异常增高、西风异常增强,易引起长江流域降水偏多、华北降水偏少;反之,则容易引起长江流域降水偏少、华北降水偏多。

关键词: 热带、副热带高度异常,南亚高压,长江流域旱涝,华北旱涝,数值模拟与分析。

1 引 言

长江流域和华北地区的旱涝现象一直倍受中国科学工作者的关注,早期的工作多是与东亚季风的演变[1-6]、西太平洋副热带高压(简称副高)[7-8]和海温[9-13]等的联系。这些因子的影响已被广泛深入地研究,并得到了一系列有用的结论,同时也存在一定的局限和不足。如副高东西向进退和南北向进退的异常对中国夏季雨带的影响已为广大的气象学者所接受,如果能事先对西太平洋副高的脊线位置做出准确的预测,对中国汛期旱涝分布就可较有把握地做出推断。遗憾的是虽然已经对副高做了大量的工作,尚没有找到预测副高脊线季节变化特征的方法。西太平洋副高的强度对华北严重旱涝的影响更是仍未达成一致看法,王丽华等的研究[14]指出,西太平洋副高的强弱对华北地区的严重旱涝没有决定性作用。而孙安健等[15]则认为,夏季西太平洋副高偏强,易引起华北平原地区的严重干旱;夏季西太平洋副高偏弱,则易引起华北平原地区的严重雨涝。这两者结论的不一致或许是由于研究的区域不尽相同,但由此可见,利用西太平洋副高对华北旱涝进行预测尚未成熟,利用其对长江的旱涝进行预测也有其困难之处。影响这两个地区夏季降水异常的因素颇为复杂,彼此又环环相连——如西北太平洋副高脊的南北、东西位移必将影响副热带夏季风的活动,同时又与南海海温密切相关[9];南海海温的高低又与冷空气和台风活动有关——这些因子的不确定性、复杂性以及相互之间的相关性决定了目前长江、华北异常降水预报的难以把握和不确定。那么,能不能找到一个比较"稳定的"、"显著的"、"容易把握"的因子,从而使预报较为简单可行呢?

基于南亚高压是 100 hPa 上"最稳定"、"最显

* 初稿时间:2005 年 3 月 7 日;修改稿时间:2005 年 12 月 20 日。
资助课题:国家重点基础研究发展规划项目"我国重大气候灾害的形成机理和预测理论研究"(1998040900)和国家自然科学基金"南亚高压和亚洲季风相互作用及其机制研究"(40175021)。
作者简介:黄燕燕,硕士,主要从事气候变化、模拟和预测的研究。E-mail: helio3432@hotmail.com

著”的系统，南亚高压中心位置与亚洲热带夏季风爆发时间有较好的对应关系[16]，南亚高压的异常移动和发展经常引起东亚季风活动的异常[17-18]进而影响中国降水异常，所以利用高层南亚高压形势的异常进行预报有可能较“容易把握”。据此，对长江流域和华北降水异常特征与南亚高压的关系进行诊断分析，得到结论[19]：前期南亚高压和热带副热带地区100 hPa高度场、环流场的异常对长江流域和华北夏季降水异常具有预示作用。前期南亚高压异常增强，热带副热带地区100 hPa高度正异常(赤道及低纬地区为最大高度正异常带)、100 hPa东风减弱，易造成长江流域涝、华北地区旱；南亚高压异常减弱，热带副热带地区100 hPa高度负异常(赤道及低纬地区为最大高度负异常带)、100 hPa东风增强，则易造成长江流域旱、华北地区涝。本文将通过数值试验，探讨如下问题：前期南亚高压、热带副热带100 hPa高度异常分布是否可以预示长江流域和华北夏季异常降水(不一定直接影响，可与某些影响因子相联系)；前期南亚高压、热带副热带高度异常是否能够引起长江流域、华北夏季异常降水(即是否影响两地区夏季降水异常的因子之一)。针对第一个问题，将以文献[19]中长江流域和华北旱涝年的合成场分别作为初始场、边界强迫，看数值模拟能否再现两地区旱涝情况；而且考虑到高度场异常经常是上下层之间相互联系、各物理量之间相互匹配的，以两地区旱涝年的合成场作为初始场和边界强迫可能能够更好地再现其旱涝特征。针对第2个问题，将在100 hPa叠加高度、风异常，看此种异常是否导致两地区降水异常。故本文的数值试验包括控制试验，100 hPa叠加高度、风异常的敏感试验和4组(长江涝、长江旱、华北涝、华北旱)合成试验。

2　数值试验的设计

采用 $p-\sigma$ 9层区域气候模式，该模式系统为地气和海气基本耦合的模式系统，大气模式为 $p-\sigma$ 混合坐标原始方程模式。模式区域为10°S—60°N，70°—140°E，包括了整个青藏高原、孟加拉湾、中国邻海以及西太平洋部分海域。模式使用真实地形，青藏高原最高处超过5000 m。模式水平格距为1°×1°，时间积分方案采用1 h欧拉后差和5 h中央差交替进行，时间步长为3 min。控制试验初始场和侧边界强迫由1958—1997年NCEP 40年再分析资料月平均场提供，该资料的空间分辨率为2.5°×2.5°，垂直方向有17层：1000，925，850，700，600，500，400，300，250，200，150，100，70，50，30，20，10 hPa，包括温度场、风场、高度场和比湿场，用双线性插值将此资料插成1°×1°。逐月表层海温(SST)是1948—1999年的资料。

诊断分析的结果发现[19-20]，秋冬春季南亚高压尚在海上，热带副热带地区100 hPa高度场已经出现明显异常，且此种异常常与夏季南亚高压的异常相伴随。将前期100 hPa高度异常与两地区夏季降水距平求相关，发现前期秋季两者的相关系数总体而言较冬季为高，相关稳定。各试验的积分时间均从前年10月15日至次年8月。由于模式计算前几天的结果受初始场影响很大，因此试验从10月15日开始积分，从第16天(11月)开始保存资料。表1给出各组数值试验所用的初始场、海温场及边界强迫。

表1　各组数值试验的初始场与海温

Table 1　Initial fields and sea temperature of numerical experiments

试验名称	初始场和边界强迫	海温场
CNTL	多年平均气象场	多年平均海温场
EPR-ZV	100 hPa上叠加异常高度与风距平	多年平均海温场
EPR-CF	长江典型涝年合成场	长江典型涝年合成场
EPR-CD	长江典型旱年合成场	长江典型旱年合成场
EPR-HF	华北典型涝年合成场	华北典型涝年合成场
EPR-HD	华北典型旱年合成场	华北典型旱年合成场

注：试验EPR-ZV从10月起至次年5月每月在100 hPa上2个区域(热带地区10°S—10°N，50°—140°E和高原上15°—40°N，50°—120°E)叠加异常，异常值的大小根据诊断分析的结果高度场取50—70 gpm，风场为6 m/s的西风异常和1 m/s的南风异常。

模式中叠加的初始场异常主要是大气的异常，边界强迫所传递的异常信号能在多大程度上影响模拟结果尚难以确定，而大气的记忆时间是远远短于积分时间(10个月)的，那么大气中的异常信号如何对模式结果产生影响，影响机制为何？这将另文讨论。

3　数值试验模拟结果分析

3.1　控制试验及模式模拟能力检验

在用9层区域模式模拟典型旱涝年的降水之前，需要对模式模拟降水的能力作一检验，以确知模式能否模拟出长江流域和华北地区降水的异常。图1给出控制试验夏季平均降水的空间分布和9层区域模式模拟多年降水的标准差。

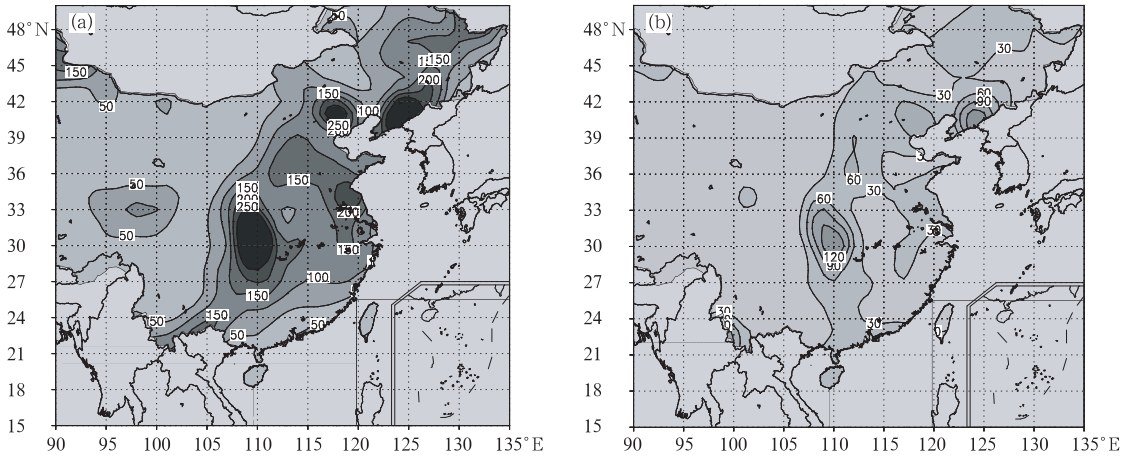

图 1 控制试验夏季降水分布和模式模拟多年降水的标准差

(a. 夏季降水,b. 降水标准差;单位:mm)

Fig. 1 Summer precipitation of EPR-CNTL in East China and standard deviation in precipitation of Reg. Model

(a. Prcipitation of summer, b. Standard deviation in precipitation; unit: mm)

由图 1a 可以看出,控制试验对雨区形状的模拟不好,未模拟出南北分布特征,而是东西向带状,但是就南北部降水对比、东西部降水对比来讲,基本模拟出夏季降水南部较多、北部相对较少,东部较多、西部相对较少的分布,降水主要位于东南部地区;图 1b 为模式模拟多年降水的标准差分布,最大值中心位于长江中上游,长江下游和华北的降水变率也较大,可知,模式能够反映长江和华北降水的年际异常,能够模拟出两地区夏季降水偏多或偏少的情况。

同时,9 层区域气候模式对 100 hPa 南亚高压系统具备较好的模拟能力[21],张琼[21]研究南亚高压的机制及其对区域气候的影响时曾就区域气候模式对南亚高压模拟能力作了较详尽的讨论验证,此不再赘述。

以下将分别比较各个数值试验与控制试验的结果,探讨分析不同初始场对模拟结果的影响和不同因素对长江流域、华北地区夏季旱涝的影响。

3.2 合成初始场模拟试验结果分析

以下对比分析合成试验(EPR-CF, EPR-CD, EPR-HF, EPR-HD)的模拟结果,讨论前期热带副热带高度异常分布能否预示长江流域、华北夏季降水异常。该组试验中热带副热带高度异常与其他系统相联系(合成场)考虑综合作用,着重分析其对中国长江中下游和华北地区降水的影响。图 2 为 4 个合成试验模拟的夏季降水异常分布(相对于控制试验,以下变量的异常若未说明均是相对控制试验而言),图中浅色阴影为降水负距平,深色阴影为降水正距平。

EPR-CF 和 EPR-CD 试验(图 2a, 2b)模拟的夏季降水在长江中下游地区差异并不明显,但在长江以北、华北以南的 32°—36°N 地区差异较为显著,EPR-CF 试验为大范围的降水正距平,均大于100 mm,降水偏多;EPR-CD 则为负距平,降水偏少。此外,两试验的降水分布形势在华北及以北地区差别显著,EPR-CF 试验中为大范围、大值负距平区,华北偏旱;EPR-CD 试验中为大范围、大值正距平区,华北偏涝。两个试验中华北的降水很好地表现出正、负反相的特征,但长江中下游地区的旱、涝对比却不显著,降水异常的差异主要体现在长江以北(32°—36°N)的地区。是何原因导致降水异常显著的区域不在长江流域而落在其北部? 有可能模式模拟的雨带位置稍有偏移。

EPR-HF 和 EPR-HD 试验(图 2c, 2d)模拟的华北及其以北地区降水形成十分鲜明的对比,前者华北及以北地区为主要降水区,中心值达到200 mm;后者华北及以北地区则呈现出干旱的趋势,为大片连续的降水负距平区,中心值超过−100 mm。两试验很好地模拟出对应华北偏涝和偏旱的降水分布,表明具有南亚高压的异常、热带地区高度和环流的异常的 100 hPa 高度场、环流场能够预示华北夏季降水异常。

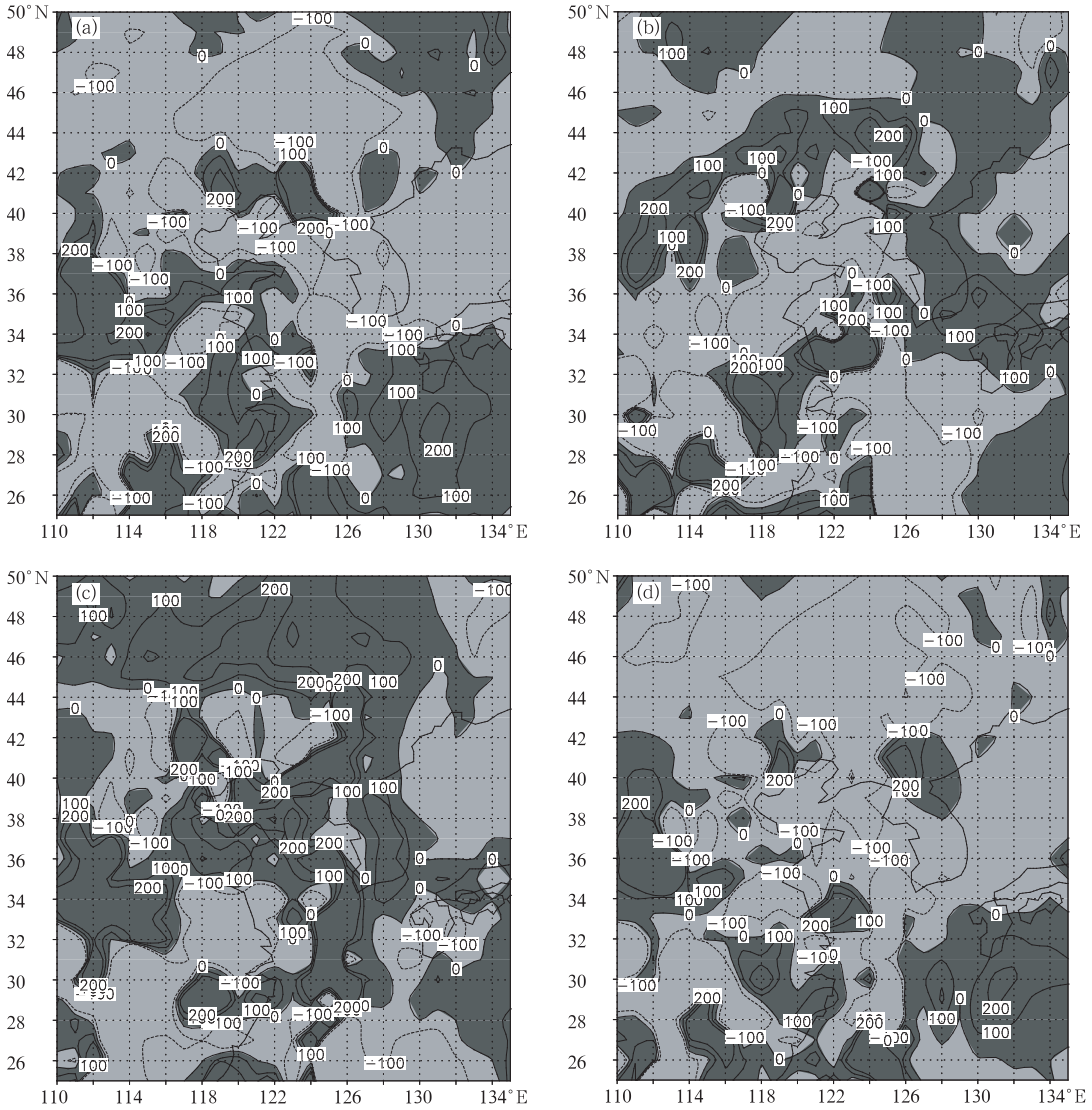

图 2　合成试验模拟的长江中下游、华北地区夏季降水距平分布(单位：mm)

(a. 长江涝，b. 长江旱，c. 华北涝，d. 华北旱)

Fig. 2　Precipitation anomalies of composite experiments in the mid to lower valleys of the Yangtze River and North China(unit：mm)

(a. EPR-CF，b. EPR-CD，c. EPR-HF，d. EPR-HD)

为进一步分析合成试验中导致长江中下游和华北降水偏多或偏少的原因和机制，以下分析该组试验中水汽通量散度和大气层结异常状况。图 3 为合成试验模拟 42 候 850 hPa 水汽通量散度距平分布。

EPR-CF 和 EPR-CD 试验(图 3a，3b)长江流域 42 候水汽通量散度的距平有正有负，其差别不十分显著，但前者长江流域主要为负距平，水汽通量辐合加强；后者长江流域正距平占优，水汽通量的辐合减弱(或辐散增强)占优。两试验中水汽通量散度距平差异明显的区域同图 2a，2b，位于长江以北、华北以南的 32°—36°N 地区，EPR-CF 试验中该地区为负距平，水汽辐合增强；EPR-CD 试验中该地区为正距平，水汽辐合减弱(或辐散增强)。从以上合成试验水汽条件的分析看，模拟结果与诊断分析的结论一致，分别有利于长江流域降水偏多和偏少(虽然长江流域不为差异最显著区)。

由图 3c，3d，EPR-HF 试验 42 候华北地区主要为水汽通量散度的负距平，水汽辐合增强，EPR-HD 试验华北主要为正距平，水汽辐合减弱(或辐散增强)，分别有利于华北地区降水的偏多和偏少。同图 2c，2d，华北以北地区水汽通量散度距平的差异也较为显著。

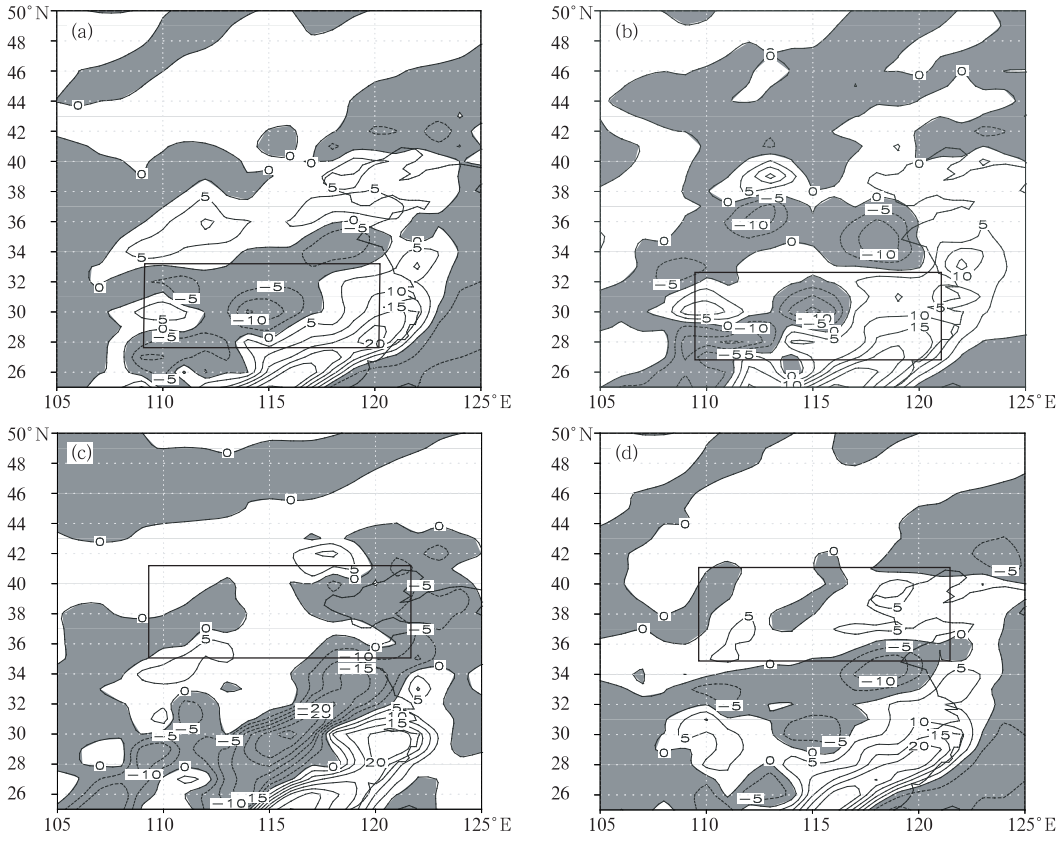

图 3 合成试验模拟 42 候 850 hPa 水汽通量散度距平分布(单位:10^{-9} kg/(m^2 · s))

(a. 长江涝,b. 长江旱,c. 华北涝,d. 华北旱)

Fig. 3 Divergence anomalies of humility fluxes in the mid to lower valleys of the Yangtze River and North China (unit:10^{-9} kg/(m^2 · s))

(a. EPR-CF, b. EPR-CD, c. EPR-HF, d. EPR-HD)

图 4 为 6 月 850—700 hPa,700—500 hPa 假相当位温梯度距平。EPR-CF 试验中,6 月长江中下游假相当位温梯度距平从 850 hPa 到 500 hPa 均大于零,中低层大气不稳定性增强;EPR-CD 试验假相当位温梯度距平在长江中下游基本为负值,中低层大气稳定性增强、不稳定性减弱。而华北涝(EPR-HF)和华北旱(EPR-HD)试验中,华北地区 850—700 hPa,700—500 hPa 的假相当位温梯度距平却不是中低层一致的距平值为正或负,如 EPR-HF 试验 850—700 hPa 之间距平值为负,大气稳定性增强,700—500 hPa 之间为正,大气不稳定性增强,EPR-HD 试验反之。结合长江流域的两个试验可知,华北偏涝、偏旱大气层结的稳定性不似长江中下游为中低层一致的不稳定性增强或减弱,而是不同层次稳定性趋势并不一致,具体造成华北降水偏多或偏少,则决定于哪一层次的作用更为显著。

以上 4 组试验的结果表明,分别以长江典型涝年、旱年和华北典型涝年、旱年的合成场作为模式模拟的初始场和边界强迫条件,所引起的大气环流的异常确实可以促使或者阻抑对应地区降水的相应增多或者减少。

3.3 试验 EPR-ZV 模拟结果与控制试验的比较

在 100 hPa 高度场和风场异常的情况下,从中国夏季(6,7,8 月平均)月平均降水距平分布(图 5)可看出模拟的夏季降水总体情况,长江中下游地区为大范围的降水正距平区,偏涝;而华北地区为大片连续的降水负距平区,偏旱;在 25°N 附近及以南的华南地区也为负降水距平区。这与一般情况下,长江中下游和华北的夏季降水呈反位相变化,而华北和华南地区的降水呈同位相变化的规律一致。6,7 和 8

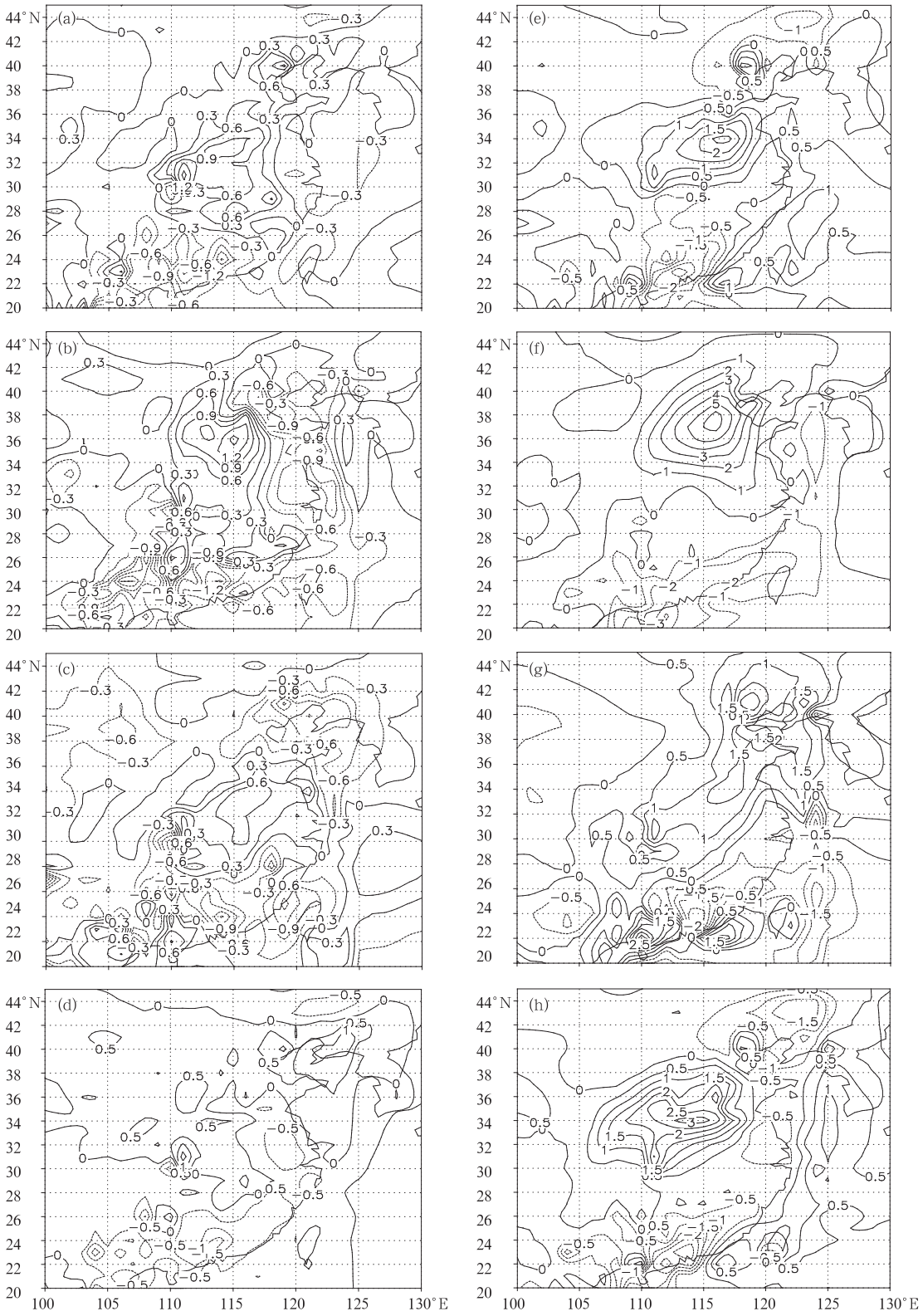

图 4　合成试验 6 月 850—700 hPa(a,b,c,d)和 700—500 hPh(e,f,g,h)假相当位温梯度的距平分布
(单位:K/Pa)(a,e. 长江涝,b,f. 长江旱,c,g. 华北涝,d,h. 华北旱)

Fig. 4　Anomalies of pseudoequivalent potential temperature gradient of composite experiments in 850—700 hPa (a,b,c,d) and 700—500 hPa(e,f,g,h)in June (unit:K/Pa)
(a,e. EPR-CF, b,f. EPR-CD, c,g. EPR-HF, d,h. EPR-HD)

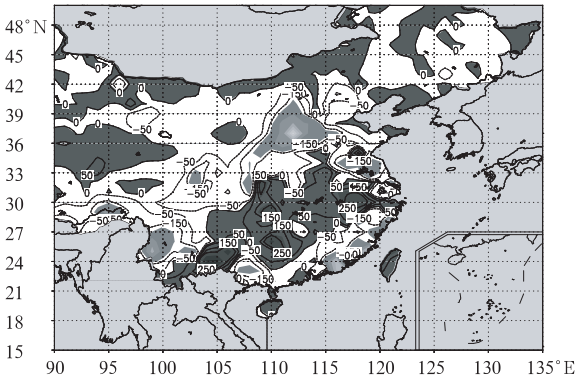

图 5 100 hPa 高度、风场异常试验(EPR-ZV)与控制试验的夏季降水差值(单位:mm)

Fig. 5 Differnces of summer precipitation between EPR-ZV and EPR-CNTL (unit:mm)

月逐月的降水距平分布不再给出，基本上是长江中下游为降水的正距平区、华北为降水的负距平区，但表现出雨带北移、范围扩大和距平绝对值增加的特征。

试验 EPR-ZV 的模拟结果表明，前期 100 hPa 高度场和风场的异常对次年夏季长江流域和华北地区的降水不仅具有预示性，且是其影响因子之一：100 hPa高度场偏强，风场中西南风增强，则容易导致次年夏季长江流域的偏涝和华北地区的偏旱。以下分析 100 hPa 高度异常和风场异常对大气环流的影响。EPR-ZV 试验 6，7，8 月的 100 hPa 高度场上(图略)，南亚高压的位置均比控制试验偏东、偏南，7，8 月更为明显；南亚高压的范围较控制试验偏大，强度偏强。图 6 给出 EPR-ZV 试验 7 月份的 850 hPa 水平风场、水汽分布与垂直速度。由图可见，EPR-ZV 试验 7 月中国东南部包括长江中下游地区 850 hPa 上盛行西南风，长江以北转为东南、偏南风。水汽大值区在 30°N 以南，最大值中心在长江以南、110°—115°E，而 30°N 以北包括华北地区则水汽较少。由图 6a 可知，7 月 850 hPa 上有充足的水汽向长江中下游地区输送。图 6b 为 7 月 850 hPa 垂直速度分布，正值表示气流上升。由图可知，长江中下游地区均为正值，气流上升，

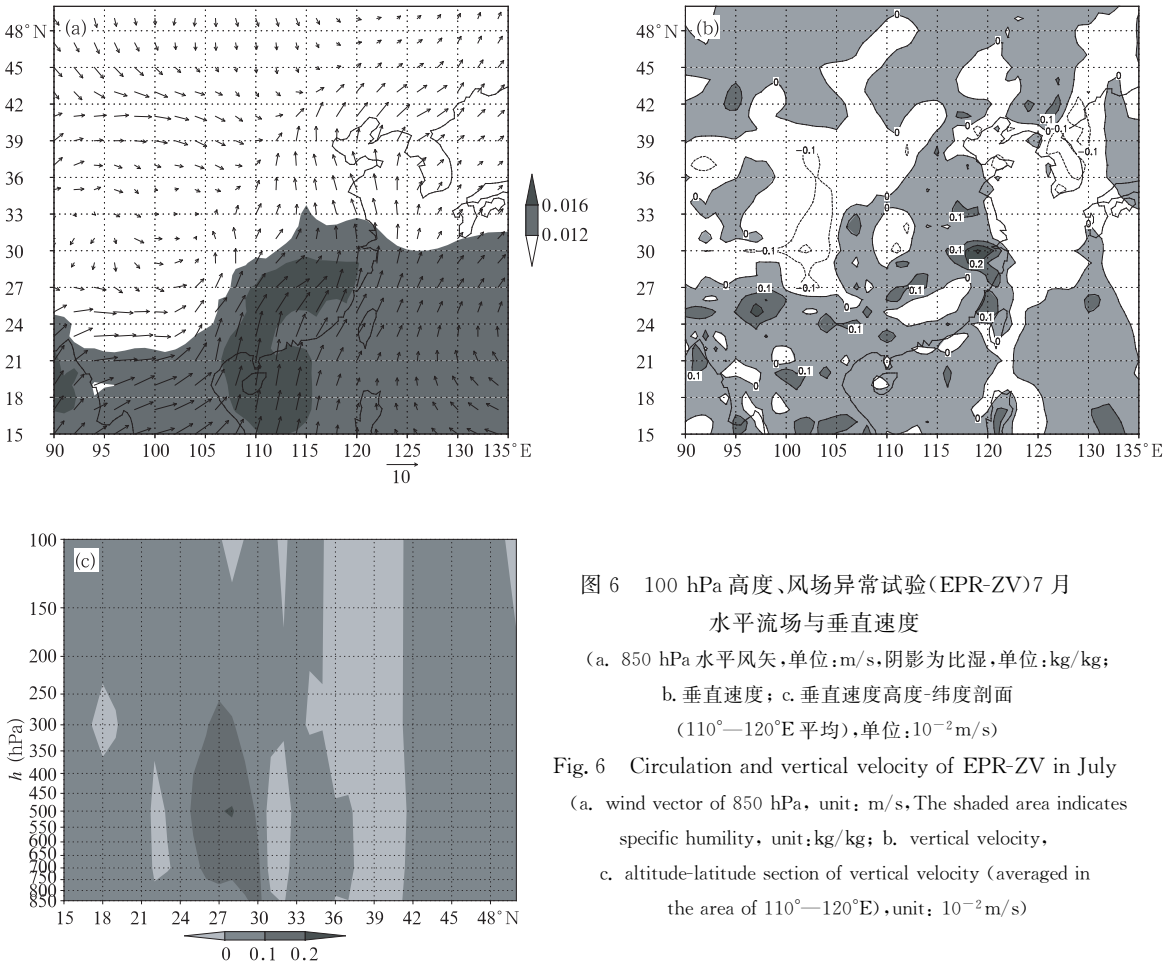

图 6 100 hPa 高度、风场异常试验(EPR-ZV)7 月水平流场与垂直速度

(a. 850 hPa 水平风矢，单位：m/s，阴影为比湿，单位：kg/kg；b. 垂直速度；c. 垂直速度高度-纬度剖面(110°—120°E 平均)，单位：10^{-2}m/s)

Fig. 6 Circulation and vertical velocity of EPR-ZV in July

(a. wind vector of 850 hPa, unit: m/s, The shaded area indicates specific humility, unit: kg/kg; b. vertical velocity, c. altitude-latitude section of vertical velocity (averaged in the area of 110°—120°E), unit: 10^{-2}m/s)

下游地区有一大值中心，气流上升最强。6 月和 8 月长江中下游均为气流强上升区(图略)。图 6c 为 7 月垂直速度的高度－纬度剖面，在 110°—120°E 作了区域平均。可见，强的气流上升区位于 26°—31°N，亦即强上升区位于长江中下游，且 300 hPa 以下气流上升较强；36°N 以北的华北地区则垂直速度为负值，气流下沉。由以上分析，对 100 hPa 高度场、风场进行异常强迫后，使夏季长江中下游地区低层西南风盛行，气流上升；这种流场形势与水汽条件相配合，将南部的水汽向长江中下游地区输送，有利于形成长江中下游地区的降水。为更清楚讨论 EPR-ZV 试验中长江中下游地区的水汽条件，图 7 给出 6—8 月 850 hPa 水汽通量散度分布和水汽通量散度的纬度-时间剖面。由图 7 可见，6—8 月长江中下游及其以南为水汽通量的强辐合区，6 月水汽辐合主要在长江中下游以南，7 月和 8 月水汽通量的强辐合区逐渐北移，到达长江中下游；6，7 月华北地区有微弱的水汽辐合，8 月华北有部分地区(东部、南部)由微弱水汽辐合转为水汽辐散。由水汽通量散度的纬度－时间剖面(图 7d)可以清楚地看到水汽输送的特点，从 5 月开始，水汽主要集中在 27°N 以南的地区，之后水汽通量的大值辐合区北移，水汽向北输送；但这条水汽输送带未能到达华北，8 月水汽输送带只到达 30°N 的长江中下游。故华北地区虽有水汽通量的微弱辐合，但其水汽通量的汇聚远少于长江中下游，结合图 6，长江中下游为气流上升，华北地区气流下沉，所以 EPR-ZV 试验中夏季大气形势有利于长江中下游降水，而华北地区不论从水汽条件或垂直速度看，均不易形成降水。

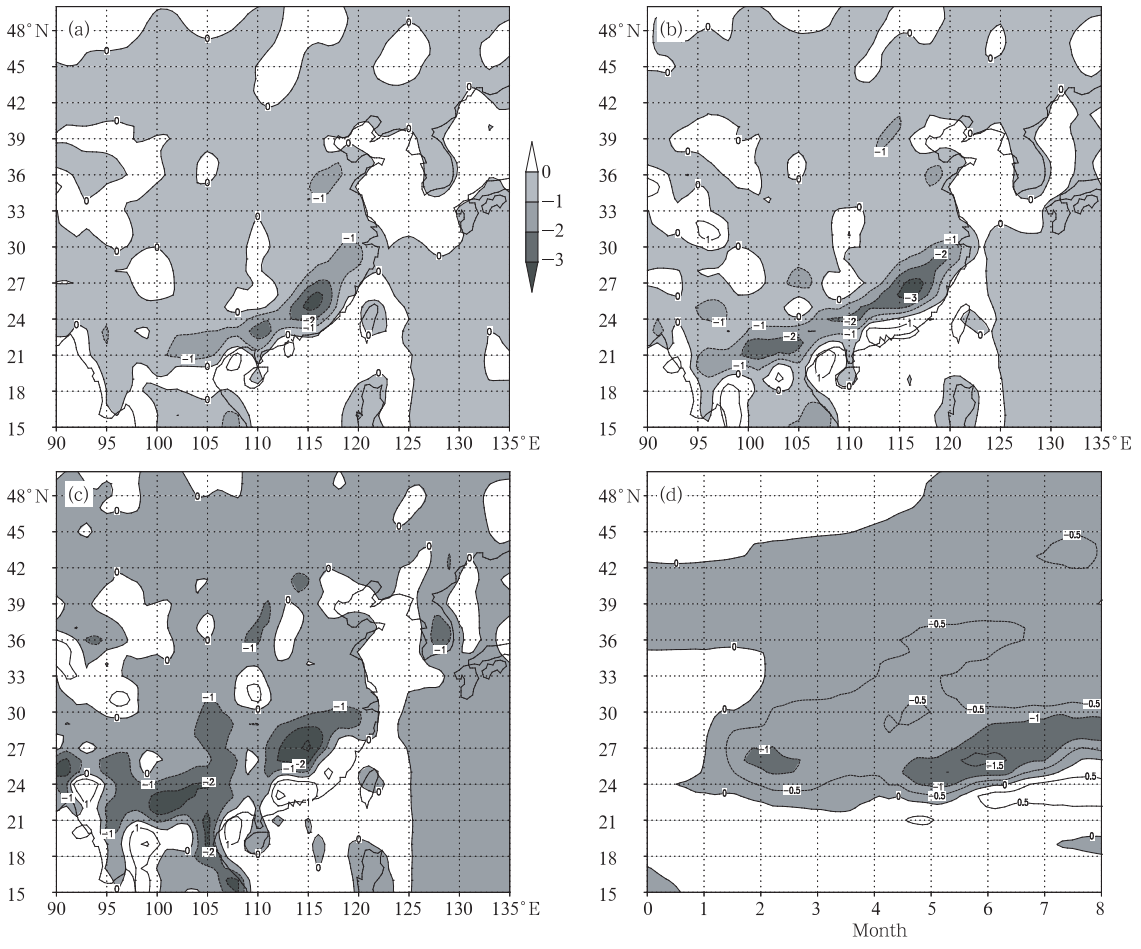

图 7　100 hPa 高度、风场异常试验(EPR-ZV)水汽通量散度分布

(a. 6 月，b. 7 月，c. 8 月，d. 时间-纬度剖面(110°—120°E 平均)，单位：10^{-8} kg/(m^2 · s))

Fig. 7　Divergence of humility fluxes of EPR-ZV

(a. June, b. July, c. August, d. Latitude-time section of divergerce of humility fluxes (averaged in the area of 110°—120°E, from Jan to Aug), unit: 10^{-8} kg/(m^2 · s))

现将该试验模拟结果与控制试验比较，分析100 hPa叠加高度、风场异常情况下如何使长江中下游地区降水偏多。图8给出两试验中1—8月长江中下游和华北地区850 hPa水汽通量散度和垂直速度的差值，经度方向取110°—120°E平均，长江中下游取29°N剖面，华北取39°N剖面。EPR-ZV试验夏季6，7月(图8a)长江中下游的水汽通量散度与控制试验的差值最大，为负值，表明长江中下游水汽通量的辐合加强，有利于降水增多；8月水汽通量散度差值为正，水汽通量辐合减弱(或辐散加强)，由于长江中下游地区降水主要集中在6，7月，故影响不大。华北地区水汽通量散度与控制试验的差值都较小，7月水汽通量辐合有微弱加强，8月辐合减弱(或辐散加强)，由水汽条件看，不利于华北的降水。长江中下游垂直速度异常比华北地区明显(图8b)，7月异常值最大，气流上升加强，6月气流无明显上升，有微弱下沉趋势。华北地区7月和8月初气流有微弱上升趋势。结合图8a，夏季长江中下游水汽通量辐合增强，气流上升增强，有利于降水增多；华北夏季水汽通量的辐合无明显增强或减弱，8月水汽通量的辐合有所减弱，气流上升有微弱增强，华北最终降水偏少可能很大程度上要归因于水汽的不足。

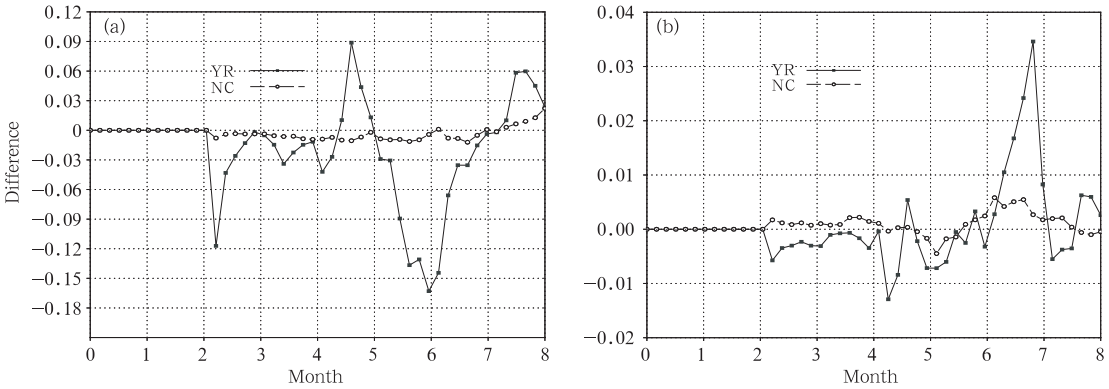

图8 EPR-ZV试验与控制试验1—8月两地区水汽通量散度
(a.单位：10^{-8}kg/(m^2·s))和垂直速度(b.单位：10^{-2}m/s)的差值曲线(YR表示长江中下游，NC表示华北)

Fig. 8 Difference curves of divergence of humility fluxes (a, unit: 10^{-8}kg/(m^2·s)) and vertical velocity (b. unit: 10^{-2}m/s) between EPR-CONTROL (YR indicates the Yangtze River Valleys, NC indicates North China)

综上所述，在100 hPa高度场叠加异常高度和异常风场后，引起长江中下游地区夏季低层大气上升增强，同时有水汽通量的辐合增强，由此引起长江中下游的降水偏多；华北地区夏季低层大气无明显上升异常或下沉异常，然而水汽汇聚的不足使华北地区不易产生降水，故导致华北降水的偏少。EPR-ZV试验模拟的结果表明，前期南亚高压、热带副热带高度异常能够引起长江流域、华北夏季降水的异常。

4 结 论

(1) 合成试验(EPR-CF，EPR-CD，EPR-HF，EPR-HD)模拟的结果表明，前期南亚高压、热带地区100 hPa高度场和风场的异常，对长江流域和华北夏季降水异常确实具有预示作用。

(2) EPR-ZV试验的结果表明，前期100 hPa高度场和风场的异常能够引起次年长江流域和华北地区夏季降水的异常。

本文从气候学的角度出发，研究高层南亚高压及热带副热带高度、风异常与长江流域、华北夏季降水的关系，寻找长江中下游、华北地区夏季降水异常在大气中的强信号，发现前期南亚高压、热带副热带100 hPa高度场和风场的异常可预示夏季两个地区降水的异常状况。利用以上结论，可根据高层形势来预报异常降水，为长江流域和华北地区旱涝预测提供新的思路。

参考文献

[1] 何金海，丁一汇，陈隆勋. 亚洲季风研究的新进展. 北京：气象出版社，1996. 246pp
He Jinhai, Ding Yihui, Chen Longxun. Advanced Develop-

ments of Research on the Asian Monsoon. Beijing:China Meteorological Press, 1996. 246pp

[2] 陶诗言等. 东亚季风与我国洪涝灾害. 中国减灾,1997,7(4):17-20
Tao Shiyan, et al. The East Asian monsoon and floods/droughts in China. Disaster Reduction In China (in Chinese), 1997, 7(4): 17-20

[3] 黄荣辉,徐予红,周连童. 我国夏季降水的年代际变化及华北干旱化趋势. 高原气象,1999,18(4):465-477
Huang Ronghui, Xu Yuhong, Zhou Liantong. The interdecadal variation of summer precipitations in China and the drought trend in North China. Pleteau Meteor (in Chinese), 1999, 18(4): 465-477

[4] 陈辉,施能,王永波. 长江中下游气候的长期变化及基本态特征. 气象科学,2001,21(1):44-54
Chen Hui, Shi Neng, Wang Yongbo. Climate secular change and base state over the mid-lower reaches of Yangtze River. Scientia Meteor Sinica (in Chinese) , 2001, 21(1): 44-54

[5] 朱乾根,徐国强. 1998 年夏季中国南部低频降水特征与南海低频夏季风活动. 气象科学,2000,20(3):239-249
Zhu Qiangen, Xu Guoqiang. The features of LFP in South China with SCS LF summer monsoon activity in the summer of 1998. Scientia Meteor Sinica (in Chinese), 2000, 20(3): 239-249

[6] 丁一汇,胡国权. 1998 年中国大洪水时期的水汽收支研究. 气象学报,2003,61(2):129-145
Ding Yihui, Hu Guoquan. A study on water vapor budget over China during the 1998 severe flood periods. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 2003, 61(2): 129-145

[7] 谭桂容. 西太平洋副高与华北旱涝的关系. 热带气象学报,2004,20(2): 206-211
Tan Guirong. Relationship of subtropical high and summertime floods/droughts over North China. J Tropical Meteor (in Chinese), 2004,20(2): 206-211

[8] 孙淑清. 西太平洋副热带高压异常及其与 1998 年长江流域洪涝过程关系的研究. 气象学报,2001,59(6):719-729
Sun Shuqing. A study on the relationship between the anomaly of Subtropical High over the western Pacific and the heavy flooding in Yangtze River Valley in 1998. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 2001, 59(6): 719-729

[9] 罗绍华,金祖辉. 南海海温变化与初夏西太平洋副高活动及长江中下游汛期降水关系的分析. 大气科学,1986,10(4): 409-418
Luo Shaohua, Jin Zuhui. Statistical analysis for sea surface temperature over th e South China Sea, behavior of Subtropical High over the west Pacific and monthly rainfall over the Changjiang middle and lower reaches. Chinese J Atmos Sci (in Chinese), 1986, 10(4): 409-418

[10] 符淙斌. 厄尔尼诺/南方涛动现象与年际气候变化. 大气科学,1987,11(2):209-220
Fu Congbin. A review of study on El Nino / Southern Oscillation with the interannual climate variability. Chinese J Atmos Sci (in Chinese), 1987, 11(2): 209-220

[11] 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影响及其物理机制. 大气科学,1988,12(特刊): 107-116
Huang Ronghui, Li Weijing. The influence of the summer heat source anomaly over the tropical western Pacific on the Subtropical High in east Asia and its physical mechanism. Chinese J Atmos Sci (in Chinese), 1988, 12(Supp):107-116

[12] 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气候异常的影响. 大气科学,1994,18(2): 141-151
Huang Ronghui, Sun Fengying. Impacts of the thermal state and the convective activities in the tropical western warm pool on the summer climate anomalies in east Asia. Chinese J Atmos Sci (in Chinese), 1994, 18(2): 141-151

[13] Wu Y F, Huang R H. A possible approach to increasing the accuracy of long-range weather forecast. Annual Report of Institute of Atmospheric Physics, Chinese Academic Science, 1998, 7: 137-143

[14] 王丽华,陈乾金. 华北雨季不同时段严重旱涝特征的诊断研究. 自然灾害学报,2000,9 (4):86-93
Wang Lihua, Chen Qianjin. Diagnostic analysis of serious flood and drought features for every month in rainy season in the North China. J Natural Disasters(in Chinese), 2000, 9(4): 86-93

[15] 孙安健,高波. 华北平原地区夏季严重旱涝特征诊断分析. 大气科学,2000,24(3):393-402
Sun Anjian, Gao Bo. A diagnostic analyses of serious flood/drought during summer season over the North China Plane. Chinese J Atmos Sci (in Chinese), 2000, 24(3): 393-402

[16] 钱永甫,江静,张艳等. 亚洲热带夏季风的首发地区和机理研究. 气象学报,2004,62(2):129-139
Qian Yongfu, Jiang Jing, Zhang Yan, et al. The earliest onset area of the tropical Asian summer monsoon and its mechanism. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 2004, 62(2): 129-139

[17] 黄荣辉. 夏季青藏高原上空热源异常对北半球大气环流异常的作用. 气象学报,1985,43(2):208-219
Huang Ronghui. The influence of the heat source anomaly over Tibetan Plateau on the northern hemispheric circulation anomalies. Acta Meteor Sinica (in Chinese), 1985, 43(2): 208-219

[18] 杨辉,宋正山,朱抱真. 1979 年 5 月东南亚夏季风的建立和青藏高原的作用. 大气科学,1998,22(6):858-866
Yang Hui, Song Zhengshan, Zhu Baozhen. Onset of the Asia southeast summer monsoon and the effect of the Tibetan Plateau. Chinese J Atmos Sci (in Chinese), 1998, 22(6): 858-866

[19] 黄燕燕,钱永甫. 长江流域、华北地区降水特征与南亚高压的关系分析. 高原气象,2004,23(1): 68-74

Huang Yanyan, Qian Yongfu. Relationship between South Asian High and characteristic of precipitation in mid-and lower- reaches of Yangtze River and North China. Pleteau Meteor (in Chinese), 2004, 23(1): 68-74

[20] Qian Yongfu, Zhang Yan, Huang Yanyan, et al. The effects of the termal anomalies over the Tibetan Plateau and its vicinities on climate variability in China. Adv Atmos Sci, 2004, 21(3): 369-381

[21] 张琼. 南亚高压的演变规律、机制及其对区域气候的影响: [博士论文]. 南京: 南京大学, 1999. 14-40
Zhang Qiong. Mechanism and variation rules of South Asia High and its effect on regional climate: [D]. Nanjing: Nanjing University, 1999. 14-40

SIMULATION AND ANALYSIS ABOUT THE EFFECTS OF GEOPOTENTIAL HEIGHT ANOMALY IN TROPICAL AND SUBTROPICAL REGION ON DROUGHTS OR FLOODS IN THE YANGTZE RIVER VALLEY AND NORTH CHINA

Huang Yanyan[1,2] Qian Yongfu[2] Wan Qilin[1]

1 *Institute of Tropical and Marine Meteorology, CMA, Guangzhou* 510080

2 *Department of Atmospheric Sciences, Nanjing University, Nanjing* 210093

Abstract

Previous study comes to the conclusion: based on the anomalies of the South Asian High (SAH), anomaly of 100 hPa geopotential height and 100 hPa circulation over tropical and subtropical region in previous year, we can predict precipitation anomaly in the Yangtze River Valley and North China. To test its validity, a series of experiments have been designed and operated. The experiments include controlled experiment, sensitive experiment (which has added anomalies into 100 hPa geopotential height and wind field) and four composite experiments. Experiments based on the composed initial field such as EPR-CF, EPR-CD, EPR-HF, and EPR-HD, can reproduce the floods or droughts in the Yangtze River Valley and North China. It suggests that anomalies of South Asian High, 100 hPa geopotential height and circulation over tropical and subtropical region can probably imply summer precipitation anomalies in the two regions. Sensible experiment results show that anomalies of the SAH, 100 hPa geopotential height and wind field in previous period is a signal of floods or droughts the following summer in the Yangtze River Valley and North China. And it is also one of the factors that have impact on summer precipitation anomaly in the two regions. Positive anomaly of 100 hPa geopotential height and the anomalous intensifying of the SAH and southwest flow will induce floods in the Yangtze River Valley and droughts in North China; while negative anomaly of 100 hPa geopotential height and anomalous weakening of the SAH and southwest flow will induce droughts in the Yangtze River Valley and floods in North China.

Key words: Geopotential height anomalies, Tropical and subtropical region, South Asian High, Droughts and floods, Yangtze River Valley, North China, Simulation and analysis.