

青藏高原地面热力异常对夏季江淮流域持续暴雨形成作用的数值试验

章基嘉 徐祥德

(中国气象科学研究院, 北京 100081)

苗峻峰

(天津市气象局, 天津 100081)

提 要

本文采用 OSU-AGCM 大气环流模式, 对青藏高原下垫面热力异常与夏季江淮流域暴雨形成的关系进行了数值试验。模拟结果表明, 青藏高原下垫面热力状况的异常对东亚环流形势及云量分布异常的影响是形成 1991 年夏季江淮流域持续性降水的重要原因之一。青藏高原异常热力强迫还可以引起大范围云量的异常分布和云量异常区类似于二维 Rossby 波列没大圆路径传播的特征。

关键词: 青藏高原; 热力异常; 江淮暴雨; 数值试验。

一、引 言

梅雨期造成某地区特大洪涝灾害往往与暴雨过程在某一时空尺度范围内连续发生这一特点有关。例如 1991 年 6、7 月江淮地区暴雨成灾, 梅雨期主要降雨大致可分为三个阶段: 5 月 19—26 日、6 月 2—20 日、6 月 29—7 月 13 日, 而且雨量是一段比一段强, 尤其第三阶段江淮流域等地连降暴雨或大暴雨, 这段时间降雨强度比第二阶段还要大, 总降雨量普遍有 300—500 mm; 比同期偏多 6 倍至 10 倍。安徽、江苏、湖北、河南南部、浙江北部、上海、湖南北部等地均先后发生了洪涝灾害。这阶段持续性暴雨时空集中的特征又与当年相对稳定、持续的梅雨期环流形势密切相关。

青藏高原由于地势高耸, 范围广大, 其热力状况直接关系到对流层中的加热。叶笃正、高由禧、Nitta、罗会邦与 Yanai 的研究都表明, 北半球夏季最大热源位于青藏高原上空^[1—3]。Flohn 及 Rieh 认为凸出于对流层中部的青藏高原加热作用是夏季风建立和维持的主要机理。有关研究结果表明, 青藏高原陆面与海洋洋面对激发大气低频振荡可能存在某些相似的机制, 这是因为夏半年青藏高原上空大气的物理属性与赤道低纬地区有许多相似之处, 如青藏高原地区是低涡、切变线产生的源地; 存在强烈发展的对流活动, 对流的频数及平均云量比邻近的印度北部平原更高、更多; 有热力混合层和超干绝热率现象等^[4]。本文则着重讨论青藏高原前期下垫面状况异常与后期江淮暴雨环流、季风异常以及暴雨雨带持久或稳定的关联问题。

1992 年 8 月 24 日收到, 1993 年 3 月 26 日收到修改稿。

* 国家自然科学基金资助项目。

二、青藏高原冷热源强度季节变化以及数值试验方案的设计

图 1 为青藏高原逐月冷热源强度的变化曲线^[1]。由图 1 可见, 青藏高原地区冷、热源强度季节变化显著, 由冬至夏热源强度逐月递增, 但其最大值并不出现在盛夏, 而是在初夏 5、6 月。在高原进入雨季之前, 其西部是一稳定少变的感热加热区。

观测事实表明, 1991 年 3 月起高原南部、95°E 以西(拉萨等站)地面温度连续 5 个月均出现 2°C 左右的正距平。这说明, 春—夏期间高原的地面增温不仅开始较常年早, 而且持续稳定。本文数值试验考虑了 1991 年高原春—夏地面温度异常与图 1 热源强度季节特征(热源强度最大值出现在初夏 5、6 月), 采用 OSU-AGCM 大气环流模式作为试验模式, 利用全球气候平均资料, 选取 4 月 30 日 24 时模式计算结果作为初始场, 在 M-770 计算机上积分 4 个月(即 5 月 1 日—8 月 31 日), 取 6 月 16 日至 7 月 15 日的积分结果做平均, 对江淮流域夏季暴雨进行研究。为此, 本文采用在

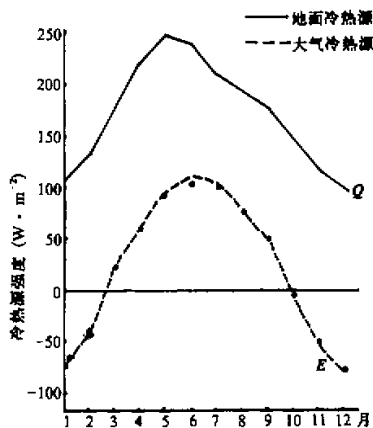


图 1 青藏高原地区逐月冷热源强度及其月际变化

青藏高原地区改变地面温度的三类试验方案, 研究青藏高原地面热力异常对夏季江淮流域持续暴雨形成作用的机理。

方案 1: 模式中不改变青藏高原地面温度, 作为对比的控制试验。

方案 2: 模式中青藏高原区域在初始场中使地面均匀增温 5°C, 作为大面积强加热试验。

方案 3: 模式中只在青藏高原南(95°E 以西)在初始场中使地面增温 2°C, 作为模拟 1991 年春夏期间高原南部加热试验, 如图 2 所示。

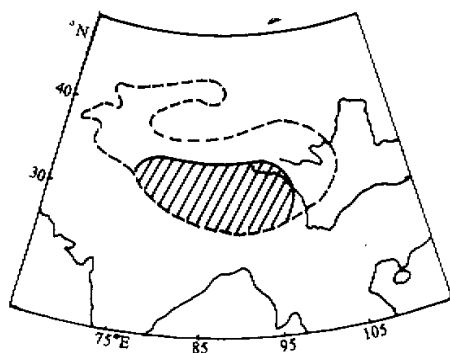


图 2 青藏高原地表热状况(加热区域)
阴影区域为模式 $T_g + \Delta T_g$ 范围

三、数值试验结果的分析

1. 青藏高原地面增温对东亚梅雨带及其暴雨中心分布特征的影响

近年来, 不少研究表明, 某区域下垫面热力状况的异常可引起其他区域, 甚至另一

半球大气环流特征的显著变化。本文数值试验结果表明, 东亚大气环流异常对面积大, 而且直接影响对流层中层热力状况的青藏高原地面温度变化十分敏感。

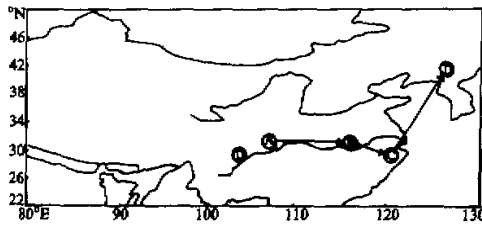


图3 长江流域方案3减去方案1模拟雨量
差值场暴雨中心的位移

(a) 6月中旬; (b) 6月下旬; (c) 7月上旬; (d) 7月中旬

移至东北地区; 同时, 在长江上游形成另一暴雨区。方案3与方案1模拟偏差场特征与1991年江淮持续稳定暴雨过程及雨带季节性北跳十分相似。

2. 东亚环流型对高原热力强迫差异的响应特征

江淮流域特大洪涝的1954年和1991年梅雨期, 贝加尔湖和鄂霍茨克海地区均出现持久的阻塞高压脊, 且在两者之间形成显著低压槽, 我国东北地区及其北部维持着大范围较强的切断冷涡, 在冷涡后部不断有冷空气南侵, 加强了梅雨锋系的温度对比, 或者使西来低槽东移路径偏南, 这有利于江淮持续性暴雨的形成。因此, 探讨东亚梅雨环流型成因已成为长期预报研究中引人注目的课题。

由1951—1990年40年江淮夏季降水量与北半球海平面气压的相关场可知, 青藏高原地区为北半球上述两要素的高相关区之一(图略)。值得注意的是夏季江淮旱涝与前期青藏高原地面温度存在较显著的相关关系, 如图4所示, 江淮夏季降水与前期3月份地面气温在中国东部呈负相关, 尤其长江中下游更显著; 而中国西部则呈正相关, 尤其中国西南或青藏高原南侧更为显著。

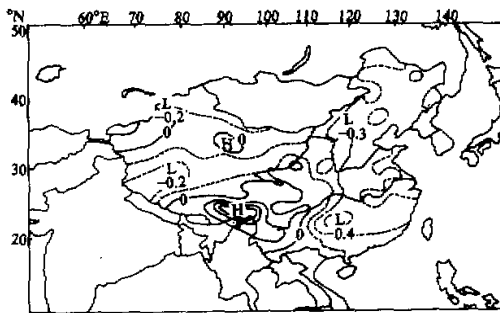


图4 江淮流域6—8月降水量与3月份中国
160个站地面气温的相关分布

图3为长江流域梅雨期6月中旬—7月中旬试验方案3减去方案1模拟雨量差值场暴雨中心逐旬位移。由图3可见, 青藏高原地表按类似1991年增温实况(增温部位与量值, $\Delta T_g = 2^\circ\text{C}$)将有利于梅雨带维持在长江流域, 其间暴雨中心逐旬自西向东移动, 但在7月中旬随雨带北跳, 暴雨中心位移亦出现不连续地向北跳跃变化, 反映出7月中旬长江流域出梅后, 暴雨区突然

前面已经指出, 1991年梅雨前期高原南部、95°E以西地区出现了持续升温现象。为了证实前期高原这种热力异常状况对东亚梅雨期环流型形成的作用, 我们将方案2和3分别减去方案1可得到两类加热方案与控制试验的模拟流场偏差图(图5a、b)。由图5b可见, 在方案3中青藏高原下垫面的适度增温有利于贝加尔湖—河套地区阻塞的加强(与控制试验相比), 且鄂

霍茨克海高压脊(指西太平洋副高北部向北拱起的高压脊)亦加强, 形成双阻型环流背景, 江淮流域处于两阻高压脊之间的低槽底部, 槽后冷空气与副高西侧的暖空气在江淮地区交汇(如图中箭头所示), 造成江淮持续暴雨的有利形势。

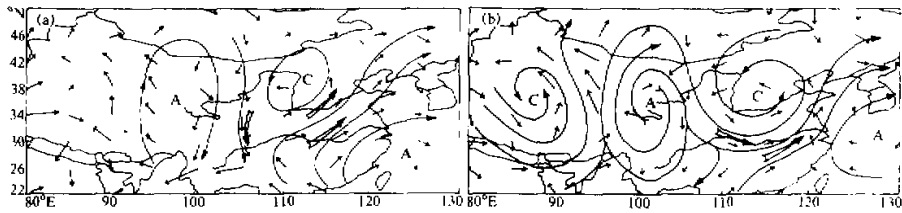


图5 东亚地区两类高原加热方案与控制试验方案的模拟流场(800 hPa)偏差分布

(a) 方案2-方案1; (b) 方案3-方案1

值得注意的是, 青藏高原下垫面热力状况除季节变化外, 同一季节还存在着年际变化。此类高原热力状况的年际差异, 亦可导致东亚大气环流不同特征。本文试验方案2与3的区别代表着高原热力状况的年际差异, 对比它们的模拟流场(图5a与5b)可发现, 相应于两类高原地表增温方案, 东亚环流型确有明显差异: 在方案3中双阻塞型显著。而地表增温强、面积大的方案2中贝加尔湖—河套阻高环流明显减弱, 副热带高压则明显西伸, 两脊之间低槽亦减弱, 江淮地区处于副高脊西侧单一—西南气流控制之下, 冷暖气流的交汇发生于长江上游地区, 不利于江淮地区形成持久稳定的雨带。以上模拟结果表明, 高原加热强、面积大, 反而导致梅雨期典型环流的削弱, 甚至破坏, 将不利于江淮流域洪涝灾害的发生。

3. 高原下垫面热力状况差异与后期江淮地区梅雨的相关

观测事实表明, 1991年江淮流域持续性暴雨过程高原东移云团对江淮地区暴雨有明显的作用, 即云团主要来自高原东部, 它因来自孟加拉湾和中南半岛的季风上高原而形成。云团移出高原后, 在四川上空又与中纬云团合并, 再到达江淮地区。以上现象揭示出江淮地区雨带或云团状况与青藏高原云团的发生、发展有关的事实。

图6a、b分别为方案2和方案3与方案1模拟云量的差值分布。对比图6a与6b, 可发现, 高原下垫面热力状况的差异可导致江淮地区梅雨期云量分布特征有显著的区别, 即高原适度加热(方案3)可引起梅雨期江淮地区、长江流域构成明显的云量增大的

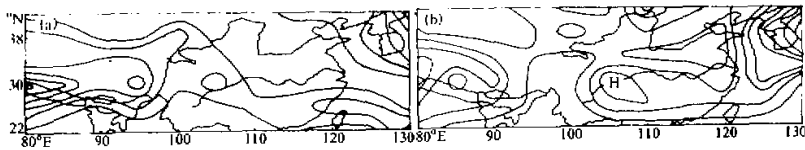


图6 东亚地区两类高原加热方案与控制试验方案的模拟云量偏差分布

(a) 方案2-方案1; (b) 方案3-方案1

带状区域(图 6b); 高原加热强、面积大(方案 2)则相反, 梅雨期江淮地区云量偏少, 且长江中、下游均为云量偏低区域(图 6a)。

由上述两类高原加热方案与控制方案模拟的降水量偏差分布图(图 7)可知, 与云量模拟结果相对应, 高原南部适度加热(方案 3), 将有利于梅雨期长江流域、江淮地区雨带的形成(图 7b); 高原加热强, 且面积大(方案 2), 则不利于江淮地区梅雨期雨带的维持, 即长江流域、江淮地区雨量偏少(图 7a)。以上模拟结果表明, 高原加热程度及其加热影响范围的差异可引起东亚梅雨期平均云量及其雨带分布特征的明显不同。

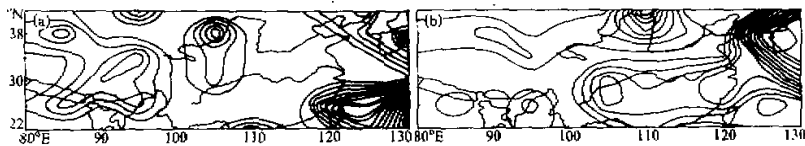


图 7 东亚地区两类高原加热方案与控制试验方案的模拟降水量偏差分布(hPa/d)

(a) 方案 2-方案 1; (b) 方案 3-方案 1

4. 高原异常热力状况与云量变化的相关型

邹晓蕾、叶笃正、吴国雄^[5]曾指出, 北美与东亚相关型差异与两区域地形准定常波在不同纬向波中传播的差异有关。有的研究还指出, 地形强迫涡度分量波列可向东北、向南传播, 地形扰源激发的经向波列路径呈抛物型, 且两支波列均遵循着大圆路径的基本规律^[6]。



图 8 北半球高原加热方案 3 与控制试验方案 1 模拟云量的偏差分布

如前所述, 本文数值试验表明, 青藏高原下垫面热力状况的差异对东亚梅雨期环流型及其云量分布均有显著影响。Yasunari^[7]通过云量分布研究了印度季风的爆发、活跃与中断的循环。本文也着重探讨了高原加热异常与云量分布异常的相关关系, 并进而揭示了高原加热激发出云量扰动相关链的特征。

图 8 为方案 3 与方案 1 模拟的云量偏差分布。由图 8 可见, 夏季高原的非绝热加热可以通过云量的异常形式影响到北半球其他地区。高原加热异常不仅可导致高原地区对流活动加强, 而且还可引起北半球云量异常偏差区呈现近似大圆路径的经向相关链形式。

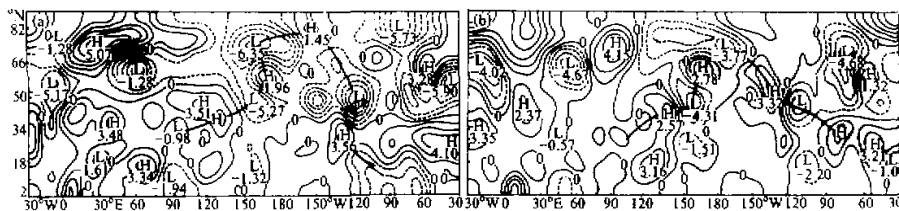


图9 北半球两类高原加热方案与控制试验方案的模拟云量偏差分布

(a) 方案2-方案1; (b) 方案3-方案1

图9为北半球两类高原加热方案2和3与控制试验方案1模拟的云量偏差分布。

对比图9a与9b可见,高原下垫面热力状况的差异,亦可导致北半球云量异常分布均呈类似大圆的路径,但它们的特征仍有区别。对于方案2(即高原加热面积大、增温值高)相应的经向相关链,扰动振幅明显,且相关链可达较偏北位置(约 80°N),而方案3模拟相关链的反射点(转向点)较方案2纬度偏低些。由图9还可以看到,高原加热,对北半球其他地区云量分布的影响,亦呈遥相关的特征。

四、结 论

本文数值试验结果表明,东亚大气环流异常与青藏高原下垫面热力状况变化存在显著的相关关系。高原适度增温(包括增温面积及增温量)将有利于东亚梅雨期环流型的形成与维持;高原加热过强或面积过大反而导致东亚梅雨期典型环流的削弱,甚至破坏。青藏高原垂直尺度大、范围广,且其地面温度可直接影响对流中层热力状况。因此,高原下垫面热力状况的异常可能是造成夏季江淮流域持续性暴雨的重要因素之一。青藏高原异常热力强迫可导致梅雨期江淮、长江流域东西向雨带的形成,且可引起大范围云量的异常分布,这类云量异常区呈类似二维 Rossby 波列路径特征。

参 考 文 献

- [1] 叶笃正、高由禧, 1979, 青藏高原气象学, 科学出版社。
- [2] Nitta, Ts., 1983, Observational study of heat source over the eastern Tibetan Plateau during the summer monsoon, *J. Meteor. Soc. Japan*, **61**, 590—605.
- [3] Luo, H.B. and Yanai, M., 1984, The large-scale circulation and heat source over the Tibetan Plateau and surrounding areas during the early summer of 1979, *Mon. Wea. Rev.*, **112**, 966—989.
- [4] 章基嘉、孙国武、陈葆德, 1991, 青藏高原大气低频变化的研究, 气象出版社。
- [5] 邹晓蕾、叶笃正、吴国雄, 1991, 北半球两大地形下游冬季环流的动力分析, *气象学报*, **49**, 257—268.
- [6] 徐祥德, 1991, 波射线变形及其影响因子的探讨, *气象学报*, **49**, No.3, 288—299.
- [7] Yasunari, T., 1980, A quasi-stationary appearance of 30—40 day period in the cloudiness fluctuation during the summer monsoon over India, *J. Meteor. Soc. Japan*, **58**, 225—229.

A Numerical Experiment of the Effect of Anomalous Thermal Forcing of Tibetan Plateau Ground Surface on the Formation of Persistent Heavy Rain in Summer over the Yangtze-Huaihe Basin

Zhang Jijia and Xu Xiangde

(Chinese Academy of Meteorological Sciences, Beijing 100081)

Miao Junfeng

(Tianjin Meteorological Bureau, Tianjin 300074)

Abstract

Based on the atmospheric general circulation model (OSU-AGCM), the relationship between the anomalous thermal forcing of the Tibetan Plateau ground surface and formation of heavy rain in the Yangtze-Huaihe basin is studied by the numerical experiments described in this paper. The results show that the effect of the anomalous thermal regime of the Tibetan Plateau ground surface on general circulation in East Asia and anomalous distribution of cloud amount is one of important reasons of persistent rainfall in the Yangtze-Huaihe basin during the summer of 1991 similar to the character of the dimension Rossby wave along great circle route, anomalous thermal forcing of the Tibetan Plateau can result in distribution of anomalous cloud amount.

Key words: Tibetan Plateau; anomalous thermal forcing; heavy rain in Jianghuai basin; numerical experiment; distribution of anomalous cloud amount.