

春季青藏高原感热异常对长江中下游 夏季降水影响的初步研究*

柏晶瑜^{1)**} 徐祥德¹⁾ 周玉淑²⁾ 张雪金¹⁾

¹⁾(中国气象科学研究院,北京100081)

²⁾(中国科学院大气物理研究所,北京100029)

摘 要

探讨了春季青藏高原感热的分布特征,对高原地区地-气温差与感热的合成分析表明,长江中下游地区旱涝年春季高原近地层热力结构分布呈显著差异;统计分析与数值模拟试验也证实了春季高原下垫面感热南北非均匀异常分布,对长江中下游地区夏季降水存在着显著影响,即春季高原下垫面感热非均匀异常分布特征可能是长江中下游地区夏季旱涝的“强信号”之一。

关键词:青藏高原 感热 长江中下游 夏季降水

引 言

青藏高原对大气环流和天气的影响不仅限于周围大气,其影响可以波及到整个北半球,甚至南半球,而这种影响主要是通过高原对大气的加热作用来实现的。丁一汇等^[1]发现季风爆发前的3~5个月,高原地表感热由冬季的最小值很快上升到最大值。第1次青藏高原科学试验后,气象学家们对夏季青藏高原热源各个分量的时频响应特征及其高度场对热源扰动的滞后响应现象进行了讨论,发现高度场对地表与土壤中热交换有一个时间长达41天的特征响应周期,这一结果在一定程度上说明了高原陆面过程对长期天气预报的重要性。土壤作为一个天气变化的能量调节器,它的能量储放可以对长期天气变化产生重要影响^[2]。

本文重点研究了春季高原感热非均匀异常分布对长江中下游地区夏季降水的影响。

1 资料和方法

本文使用的资料包括1961~1995年全国范围600多个站0 cm地温资料,1998年高原及周边地区95个站0 cm地温资料;1951~1998年全国160个站点降水及气温资料;NCEP/NCAR 1970~1997年全球月平均再分析感热资料(约为 $1.875^{\circ} \times 1.875^{\circ}$)^[3]。

* 本研究得到科技部基础研究重大项目前期研究专项“东亚季风科学试验预研究”(2001CCB00400)的资助。

** 系南京气象学院与中国气象科学研究院联合培养博士研究生。

2002-04-05收到,2003-01-27收到修改稿。

资料的客观分析使用了 Cressman 逐步订正法^[4],将 0 cm 地温和气温的站点资料插值到 75.9° ~ 137.7° E, 20.9° ~ 51.6° N 范围内的 CCM3 模式所需要的 T42 经纬网格上(约为 2.8125° × 2.8125°)。

2 春季高原下垫面热力作用合成分析

不同的气候带和不同的气候时段,相应地都有土壤温度和湿度的一定分布,因此也可以说土壤的温度和湿度是气候状态的属性之一^[5]。土壤热容量比空气大得多。土壤的温度变化可以直接影响地-气间的感热通量。

长江中下游旱涝年春季中国区域地温异常的高方差数值区分布于高原及其周边东部地区,旱涝年方差特征十分类似;这表明,高原地温可能对长江中下游旱涝存在显著影响^[6]。

在研究中,我们选取了长江中下游地区旱年为 1961、1966、1967、1978 和 1985,涝年为 1969、1980、1983、1991 和 1993 年。

2.1 高原地区地气温差分析

根据地表面感热通量的计算公式^[7]

$$F_0 = c_p \rho C_d (T_s - T_a) |V_s| \tag{1}$$

其中 c_p 为空气的定压比热, ρ 为空气密度, C_d 为阻力系数, T_s 为 0 cm 地温, T_a 为近地面气温, $|V_s|$ 为地表附近的风速标量。可知,同一地区、同一季节的地气之间的感热与地气温差成正比。

长江中下游地区夏季旱涝年春季高原地区的地气温差距平(0 cm 地温与气温偏差)曲线表现出了相反的特征(图 1),即长江中下游地区为涝年时,春季高原地区感热通量沿 90°E 呈现“南高北低”距平变化趋势;而当长江中下游地区为旱年时,春季高原地区的感热通量沿 90°E 呈现“北高南低”距平变化趋势。1998 年春季高原地区地气温差距平同样也表现出了“南高北低”的分布特征(图略)。

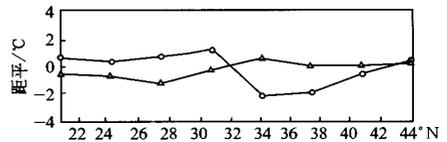


图 1 长江中下游地区旱涝年春季高原地区气温差距平沿 90°E 的南北变化曲线
(-○-: 涝年, -△-: 旱年)

由于高原 0 cm 地温与气温存在温度偏差,那么高原下垫面与大气之间一定存在热传递。地面增温结果,使感热通量从地面向大气释放一部分剩余热量^[8];相反,地面温度降低也必然使大气向地面释放一部分热量。

2.2 春季高原感热分析

高原地区感热从 1 月开始逐渐增加,5 月达到最大值,然后逐月减少,12 月为最低值(图 2)。

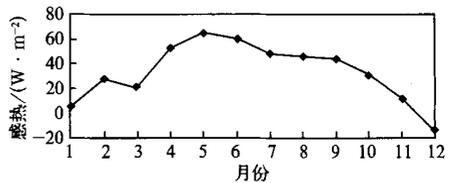


图 2 青藏高原感热月平均状况
(1970 ~ 1997 年)

计算春季高原感热与长江中下游地区(武汉、长沙、南京、合肥、上海等 17 个站)夏季降水的相关场(图略)表明,长江中下游地

区夏季降水与高原南部地区的相关系数达到 0.10 的置信度,南部的部分地区(90°E 附近)还达到了 0.05(相关系数临界值为 0.38)的置信度,即春季高原南部地区的感热异常分布对长江中下游地区夏季降水影响显著。

长江中下游地区旱涝年春季高原地区沿 90°E 感热偏差的变化曲线(图 3)表明,当长江中下游地区为涝年时,春季高原地区的感热与其为旱年时相比,南部偏高,北部偏低。也就是说,春季高原地区的南北感热非均匀异常分布通过引起大气热力、动力结构改变及调整对夏季长江中下游地区的降水产生重要影响。

对 1970~1995 年高原春季感热距平分布与长江中下游地区夏季降水距平分析表明,当高原沿 90°E 的感热距平分布为“南高北低”时,长江中下游地区降水偏多的一致率为 90%;当高原沿 90°E 的感热距平为“北高南低”时,长江中下游地区降水距平为负值完全一致。即高原春季感热距平南北非均匀分布是长江中下游地区降水异常的“强信号”之一。

3 数值试验

叶笃正等^[9]研究指出,东亚大气环流的季节变化在 5~6 月具有突变的特征。吴国雄等^[10]成功地模拟了高原感热“气泵”对副高轴变化的影响,高原感热“气泵”关闭掉,在试验中副高轴从 5 月位于 10°N 附近到 7 月份达到最北的 20°N 左右,历时近两个月,变化非常缓慢。由此看到,高原感热“气泵”是导致高原附近大气环流在季节转化中发生突变的重要原因。

统计分析揭示了长江中下游地区旱、涝年春季高原下垫面南北感热非均匀异常分布的情况,这种南北感热异常分布反映出类似文献^[10]提出的“气泵”效应。为了进一步证实春季高原感热南北异常分布对夏季长江中下游区域性降水的影响,采用 CCM3 气候模式对春季高原下垫面感热异常分布对降水的影响进行数值模拟,以研究其对长江中下游地区旱涝的影响。

(1) 控制试验:将模式从 9 月 1 日积分至第 2 年 8 月 31 日,获取气候模式计算结果。作为控制试验背景场。

(2) 敏感性试验:根据前面地气温差和感热的诊断结果,在试验中,高原感热异常的范围为 $81.5^{\circ}\text{E} \sim 101^{\circ}\text{E}$, $26.5^{\circ}\text{N} \sim 40^{\circ}\text{N}$,以 32°N 为南北分界,加入高原地区的春季感热异常 ($\pm 5 \text{ W}/\text{m}^2$)。

在控制试验计算得到的第 2 年 2 月地气感热的基础上,上述范围内,在模式的陆面过程中,分别采用“南高北低”(S1)与“北高南低”(S2)的感热距平,作为高原陆面热力强迫。将模式从 3 月 1 日积分到 5 月 31 日,即为高原地区春季感热异常阶段;其后模式从 6 月 1 日积分到 8 月 31 日。

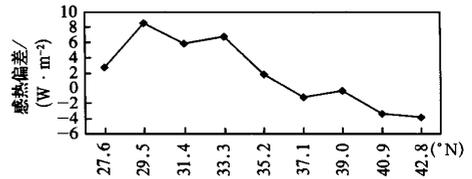


图 3 长江中下游地区涝年与旱年春季高原感热偏差沿 90°E 的南北变化曲线

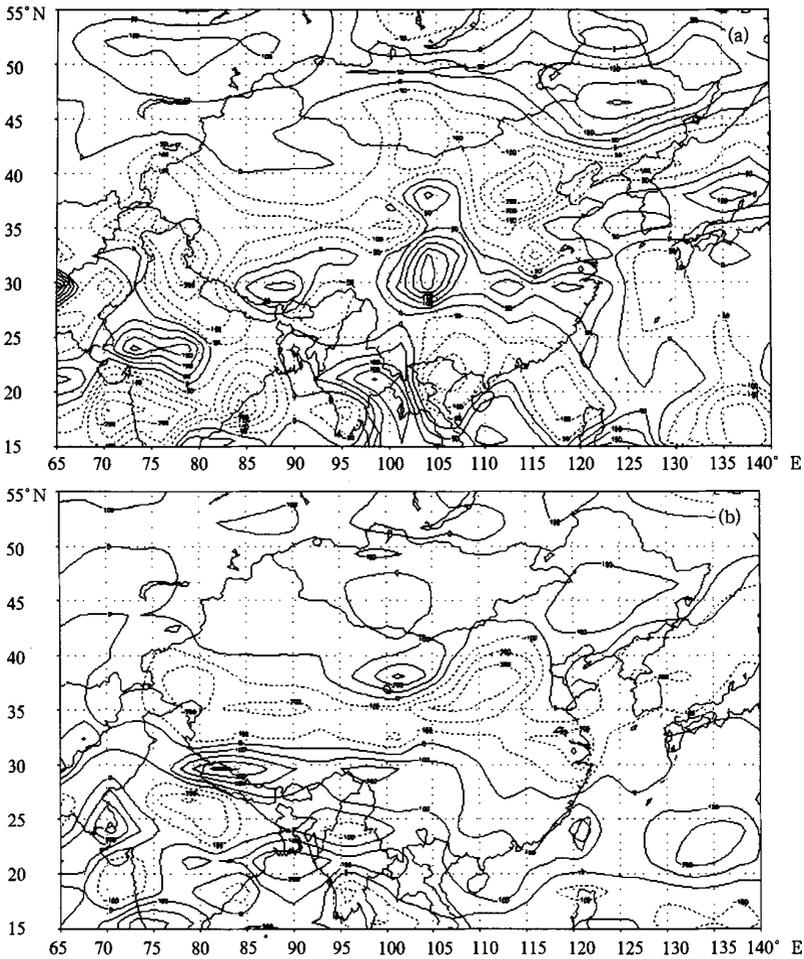


图4 夏季降水偏差场(敏感性试验-控制试验)

(a) S1 (b) S2

我们分别求取了敏感性试验 S1, S2 夏季降水距平。可以看到,春季高原地区采用“南高北低”的感热距平分布后,模拟出了长江中下游地区夏季降水偏多的趋势,还模拟东北部分地区降水偏多的趋势(图 4a);春季高原地区采用“北高南低”的感热距平分布后,模拟出了长江中下游地区夏季降水偏少的趋势(图 4b)。

章基嘉、徐祥德等^[11]关于春夏季高原南部(95°E 以西)地面增温的数值试验表明,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高原地面温度变化十分敏感,即高原下垫面的热力作用对东亚大气环流有重要影响。

敏感性试验 S1 和 S2 夏季 200 hPa 和 850 hPa 与控制试验流场偏差场也表明(图略),春季高原地区“南高北低”的感热距平分布引起了后期夏季大尺度流场的扰动偏差,即长江中下游地区低层辐合、高层辐散,有利于该地区降水增加;同样,春季高原地区“北高南低”的感热距平分布也引起了后期夏季大尺度流场的扰动偏差,即长江中下游地区低层辐

散,高层辐合,为下沉气流。也就是说,高原感热非均匀分布可显著影响夏季长江流域大尺度环流型,且在春季高原互为“反向”的感热南北梯度影响下,具有相反的三维结构特征。

由此可知,春季高原感热异常,可能改变其南北热力结构,影响高原大气热源及其对流状况。春季高原感热南北非均匀分布状况及热源结构异常,通过季尺度低频波的传播,影响下游气候及降水,即春季高原下垫面感热非均匀异常分布是导致长江中下游地区夏季旱涝的强信号之一。

4 结论与讨论

(1) 高原地区春季地气温差与感热合成分析表明,长江流域旱涝前期高原近地层热力结构分布呈显著差异,长江中下游地区涝年春季高原地气温差分布呈“南高北低”的特征,与旱年春季高原地区地气温差分布情况相反;

(2) 春季高原地区感热统计分析和模拟试验表明,春季高原下垫面感热南北非均匀异常分布,对长江中下游夏季降水有显著影响;

(3) 数值模拟结果亦表明,春季高原下垫面感热非均匀异常分布是长江中下游地区夏季旱涝的强信号之一。

由于高原地区的资料匮乏,研究高原陆面过程的热力作用有很大的局限性;同时,高原感热对长江中下游夏季降水异常的影响是通过垂直方向的对流活动,还是通过水汽和能量的水平输送造成的,还需要进一步研究。

参 考 文 献

- 1 丁一汇,张勒,贾鹏群. 青藏高原地表通量季节变化的研究. 见:陈隆勋,丁一汇,村上胜人,等主编. 亚洲季风机制研究新进展. 北京:气象出版社,1999. 99.
- 2 戴加洗. 青藏高原气候. 北京:气象出版社,1990. 142~158.
- 3 Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, et al. The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 1996, **77**(3):437~471.
- 4 廖洞贤,王两铭. 数值天气预报原理及其应用. 北京:气象出版社,1986. 358~361.
- 5 李崇银. 气候动力学引论. 北京:气象出版社,1995. 290~310.
- 6 柏晶瑜. 青藏高原春季地温异常对长江中下游夏季旱涝影响的研究:[硕士学位论文]. 北京:北京大学,1999.
- 7 丁一汇. 天气动力学中的诊断分析方法. 北京:中国科技大学研究生院,1993. 137.
- 8 Stull R B. 边界层气象学导论. 北京:气象出版社,1991. 1~738.
- 9 Ye T Z, Tao S Y, Li M C. The abrupt change of circulation over the Northern Hemisphere during June and October. *Atmosphere and the Sea in Motion*, 1959. 249~267.
- 10 吴国雄,李伟平,郭华,等. 青藏高原感热气泵和亚洲夏季风. 赵九章纪念文集. 北京:科学出版社,1997. 116~126.
- 11 章基嘉,徐祥德,苗俊峰. 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. *大气科学*, 1995, **19**(3):270~276.

PRELIMINARY RESEARCH ON INHOMOGENEOUS DISTRIBUTION OF TIBETAN PLATEAU SENSIBLE HEAT FLUXES IN SPRING

Bai Jingyu¹⁾ Xu Xiangde¹⁾ Zhou Yushu²⁾ Zhang Xuejin¹⁾

¹⁾ (Chinese Academy of Meteorological Sciences , Beijing 100081)

²⁾ (Institute of Atmospheric Physics , Beijing 100029)

Abstract

Study is undertaken of Tibetan sensible heat flux features in spring prior to the summer flood/ drought in the middle and lower reaches of the Yangtze River (hereafter referred as MLRY). Analysis of the difference of atmospheric temperatures and 0 cm soil temperatures indicates that the Tibetan thermodynamic structure displays noticeable discrepancy preceding flood/ drought in MLRY: there exists an air-ground temperature difference pattern of “ high in South and low in North ” in spring before the flood and “ high in North and low in South ” before the drought . Sensible heat fluxes on Tibetan Plateau show that the spring flux difference (of flood and drought in MLRY) in the target regions takes on a “ high in South and low in North ” manner . Outcome of simulations suggests that Tibetan plateau sensible heat fluxes in spring on a south-north inhomogeneous basis lead to the summer precipitation abnormality in MLRY , that is , the Tibetan sensible heat flux anomaly is one of the “ strong signals ” which contribute to the flood/ drought in MLRY .

Key words : Tibetan Plateau Sensible heat fluxes Middle and lower reaches of the Yangtze River Summer precipitation