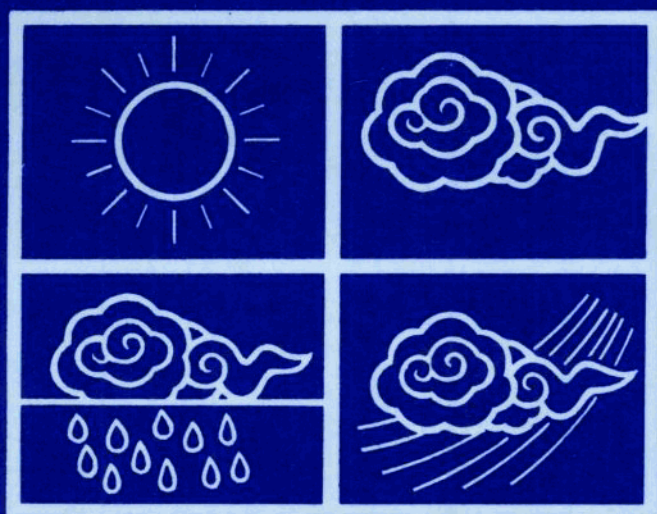


中国科学院
兰州高原大气物理研究所青年气候室论文集刊
(1993—1994)

中国西部区域气候变化 及其相关问题的研究

刘晓东 主编



兰州大学出版社

序 言

气候变化及其对人类生存环境和社会发展的影响已越来越受到科学家、社会公众和各国政府的关注。特别是自工业革命以来,随着工农业生产的发展和人口的增长,大气中的 CO_2 等温室气体含量急剧增加,由此可能导致全球变暖,并引起威胁地球自然环境和人类社会的一系列“全球变化”问题。鉴于气候变化问题的重要性及其相关研究的迫切性,八十年代以来世界气象组织(WMO)和国际科联(ICSU)已在组织实施“世界气候研究计划”(WCRP)和“国际地圈生物圈计划”(IGBP)等以气候变化为核心的全球性多学科的综合研究计划,从而把气候变化研究推上了一个新的高度。

全球变化是各个地区变化的集合,而区域性气候变化既是全球气候变化的具体表现又包含着许多局地变化的特点。中国西部包括青藏高原及其北部及东部边缘,地形复杂,气候多变,其中大部分地区的气候变化直接受青藏高原季风的控制,同时也受到东南季风和西南季风的影响。季风系统的发展不仅与全球变化相联系,而且在相当程度上还取决于局地的地理和地形特征。特别是在中国的西北和青藏高原地区,复杂的地理地形条件造成了许多独特的天气气候现象,例如高原地区的云与辐射特征,干旱地区绿洲的边界层效应,干旱、寒潮与沙尘暴,高原季风等等,从而使这里的气候变化异常复杂。加上西部观测资料稀少,也给研究工作带来了极大的困难。因此,迄今为止关于西部气候变化的研究仍有许多空白。这些困难既是挑战,同时也为我们探索大自然提供了机会。随着中国经济战略向西转移,这一地区的气候变化及其对社会经济发展影响的研究无疑是不可缺少的。

自1993年以来,在中国科学院兰州高原大气物理研究所所长基金支持下建立了以本所为基地的青年气候室,旨在扩大青年气象科技工作者之间的学术交流,促进人才成长,提高科研水平。其近期的主要研究目标正是我国西部,尤其是西北干旱地区和青藏高原地区的气候变化。本集刊汇集了该室1993—1994年的大部分工作,其中不少论文富有特色和创新,当然有些工作还有待深入。本集刊的大多数作者是35岁以下的年轻人,且多已具有中、高级职称,或为在读的博士、硕士生,他们是一支充满生机的研究力量,并在通过不懈的科研实践而逐步走向成熟。在目前许多人纷纷涌入经济大潮时,有这样一批年轻的科学工作者仍默默地在基础研究领域里辛勤耕耘,这种奉献精神是难能可贵的。相信本集刊的出版将有助于推动中国西部气候变化及其相关问题的研究。

高由禧

1995年3月

目 录

末次冰期以来高原季风变化的数值模拟研究	刘卫东、韦志刚(1)
最近 15 万年黄土高原夏季气候变迁的初步研究	孙东怀(11)
中国西北地区年平均气温的气候特征及异常研究	李栋梁(18)
近 44 年中国西部夏季降水和气温变化特征及其与太平洋海温变动的相关分析	顾润源、田 良、谢考宪(27)
蒙古乌布苏诺尔湖水位与青海湖水位变化的对比分析	高晓清(35)
卫星遥感在区域陆面过程参数化中的应用研究	马耀明(41)
西部干旱环境与绿洲的相互作用及其与大气环流的关系	张 强(50)
形状因子对气溶胶粒子辐射特性影响的研究	刘黎平(57)
辐射参数化方案的对比及验证	魏 丽(63)
沙尘气溶胶的辐射气候效应	文 军(74)
“93.5.5”黑风暴期间中尺度低涡发生发展的涡源诊断及热源分析	惠小英、马 艳(83)
中国地温、降水分布与地震和火山分布关系初步分析	胡泽勇(91)
六盘山地形对平凉降水和雷暴天气影响的气候分析	张鸿发(97)
Influences of increase in surface albedo of Tibetan Plateau on Asian summer Monsoon	Liu Xiaodong, Wei Zhigang and Ma Zhuguo(107)
Numerical forecasting and simulating experiments on a summer vortex process over the Tibetan Plateau	Chen Bomin, Hui Xiaoying and Chen Yuchun(116)
Longwave cloud radiative forcing over the Qinghai-Xizang Plateau	Wang Keli and Hou Ping(125)

短 论

近三十年来青海湖冰厚度变化及其与湖区气温的关系	新立亚(133)
甘肃省中东部地区最近 520 年旱涝长期演变中的突变现象	韦志刚(137)
中国西北 4—10 月降水的时空变化特征	周亚军、俞亚勤、朱 姝(143)
中国西北部 1 月和 7 月降水、气温与赤道东太平洋海温的遥相关	范新岗(149)
我国西北地区及蒙古国四十年来降水时空特征的初步分析	马晓波(156)
甘肃定西地区降水特征及人工影响天气的潜力分析	周筠君(161)

Studies in the Regional Climate Variation of the Western China and Its Relevant Problems

Edited by Liu Xiaodong

Articles

- Numerical simulation of the change of Tibetan Plateau monsoon since the last glacial maximum *Liu Xiaodong and Wei Zhigang*(11)
- Preliminary study on the last 150 ka summer monsoon variation over the Chinese Loess Plateau *Sun Donghuai*(11)
- A study on climatic features and anomalies of the annual mean temperature in Northwest China *Li Dongliang*(18)
- The variation characteristics of summer precipitation and temperature in the western China during the last 44 years and their correlations with Pacific SST variation *Gu Runyuan, Tian Liang and Xie Kaixian*(27)
- A comparative analysis on the changes of Ubsa Nor Lake level and Qinghai Lake level *Gao Xiaoqing*(35)
- Application study of satellite remote sensing in the parameterization of regional land surface processes *Ma Yaoming*(41)
- The interaction of arid region and the oases and their relationships with atmospheric circulation in the western China *Zhang Qiang*(50)
- The influence of shape on the radiative characteristics of aerosol *Liu Liping*(57)
- Comparison and evaluation of a radiative parameterization scheme *Wei Li*(63)
- Radiative climatic effects of dust aerosol *Wen Jun*(74)
- The vortex source and heat source for formation and development of mesoscale vortex during "93.5.5" dustdevil *Hui Xiaoying and Ma Yan*(83)
- A preliminary analysis on the relationship between the soil temperature, precipita-

- tion, earthquakes and volcanoes in China *Hu Zeyong*(91)
- A climatological analysis of effects of Liupan Mountain on precipitation and
thunderstorms in Pingliang, Gansu *Zhang Hongfa*(97)
- Influences of increase in surface albedo of the Tibetan Plateau on Asian summer
monsoon *Liu Xiaodong, Wei Zhigang and Ma Zhuguo*(107)
- Numerical forecasting and simulating experiments on a summer vortex process over
the Tibetan Plateau *Chen Bomin, Hui Xiaoying and Chen Yuchun*(116)
- Longwave cloud radiative forcing over the Qinghai-Xizang Plateau
..... *Wang Keli and Hou Ping*(125)

Short contributions

- The variation of ice depth of the Qinghai Lake in recent 30 years and its correlation
with air temperature near the Lake *Jin Liya*(133)
- Climate jump of the drought / flood evolution in the central and eastern Gansu
Province for the last 520 years *Wei Zhigang and Wang Baoling*(137)
- The spatial-temporal variation features of precipitation in Northwest China from
April to October *Zhou Yajun, Yu Yaxun and Zhu Shu*(143)
- Teleconnection between SST of tropical eastern Pacific and precipitation and air tem-
perature of Northwest China in January and July *Fan Xingang*(149)
- Spatial and temporal characteristics of precipitation in Northwest China and
Mongolia in the last 40 years *Ma Xiaobo*(156)
- A analysis on the characteristics of precipitation and the potential of the weather
modification in Dingxi District of Gansu *Zhou Yunjun*(161)

末次冰期以来高原季风变化的数值模拟研究^①

刘晓东^② 韦志刚

(中国科学院兰州高原大气物理研究所, 甘肃省兰州市 730000)

提 要: 利用美国大气研究中心公用气候模式(CCM₀)的模拟结果, 分析了青藏高原及其邻近地区最近 18 ka 每间隔 3 ka 共 7 个时期冬(1 月)、夏(7 月)大气环流状况, 发现自 18 ka B.P. 起高原季风逐渐增强, 至 12 ka B.P. 达到最强, 此后开始减弱, 现代的高原季风最弱。在此基础上以高原季风最强的 12 ka B.P. 为例, 着重分析了高原季风强盛时期与现代环流的差异以及由此引起的高原周边地区的气候变化。分析表明, 高原季风加强是高原大气冬季冷源和夏季热源作用增强的结果, 高原夏季风增强使高原东、南侧的偏南风或偏西风加大、降水增多, 而高原冬季风增强则使高原西北侧的偏南风加大、降水增多。这些模拟结果与高原及其邻近地区地质证据所反映的气候变化基本吻合。

关键词: 高原季风; 古气候; 数值模拟。

1 引 言

末次冰期以来, 全球气候从寒冷的盛冰期到全新世高温期, 最后进入相对温和的现代, 在大约 2 万年的时间内经历了巨大的变化。大量地质证据和数值模拟结果均表明, 随着地球轨道参数和全球冰量的改变, 从冰期到间冰期南亚季风及东亚季风气候的变动尤为显著^(1, 2)。青藏高原(以下简称高原)季风作为一个相对独立的大气环流体系, 不仅在很大程度上决定了高原及其周边地区的气候, 而且其变动还控制着影响区域内不同时间尺度上的气候与环境变化^(3, 4)。那么从冰期到间冰期高原季风的变化究竟如何? 高原周围相应的气候变化有多大? 本文拟通过一系列数值模拟结果的分析来探讨高原季风的变迁和由此引起的气候变化, 以期对高原及其邻近地区气候变化的特征与规律有更全面的认识和理解。

2 现代高原区域气候的模拟结果

利用美国大气研究中心的公用气候模式(CCM₀)⁽⁵⁾ 对最近 18 ka 每间隔 3 ka 共 7 个时期冬(1 月)、夏(7 月)气候的模拟结果, 本文着重分析高原邻近地区的环流和气候变

①本文系国家攀登计划项目“青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统研究”的成果。

②第一作者简介: 刘晓东, 男, 31 岁, 副研究员, 在职博士生。

化。在这些数值模拟试验中,地球轨道参数和地球上的冰雪分布等主要的气候外强迫条件随各个地质时期的情况而指定。有关数值试验的设计及其在全球尺度上的模拟结果见文献[6]。

在具体分析高原季风的变化之前,我们首先应检验一下模式对现代高原大气环流的模拟能力。从模拟的海平面气压场看,冬季(图 1a)高原东北方向存在亚洲大陆上最稳定的大气活动中心——蒙古高压,其位置和强度都与实况(图略)非常接近。从高压中心有一高压脊向西偏南方向伸展,在帕米尔高原附近形成一个次高压中心。高原南侧是相对的低压区。等压线自西向东穿过高原后在高原东侧向南散开,使聚积在蒙古的冷空气不断南下,带来高原东侧的冬季风。而高原以西,由气压梯度方向决定的偏南气流把海上的水汽向北输送,所以与高原东侧的寒冷干燥气候相反,冬季中亚至西亚一带反而是相对多雨的。图 1a 中的粗断线是模拟的 7 月降水与 1 月降水差的零线,以西差值为负,以东差值为正,即这条线可以近似地看成高原以西的冬雨区(冬季降水比夏季多)与高原上及其以东的夏雨区(夏季降水比冬季多)的分界线。

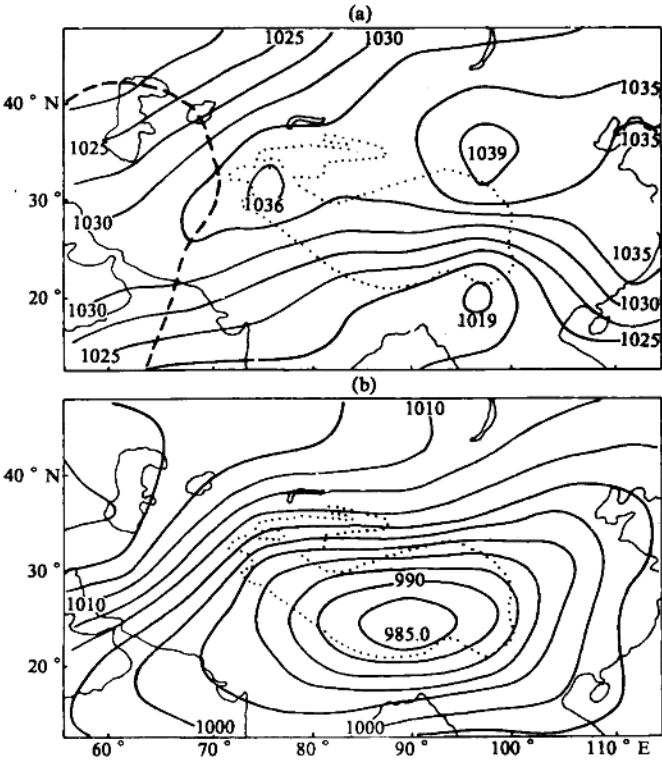


图 1 模拟的现代冬、夏海平面气压场(hPa), (a)1 月, (b)7 月
图中粗断线表示 7 月与 1 月降水差值的零线, 点线表示青藏高原地形廓线

夏季海平面气压分布(图 1b)的主要特征是以高原为中心的大陆低压。从地面风场看(图 2a), 环绕低压中心为强气旋式环流, 高原南侧有很强的西南风, 东侧主要为东南

风，它们是形成高原夏季风降水的基本气流。但高原北侧为东北风，西侧为西北风，偏北风正是造成高原以西及以北地区夏季干燥的重要原因。在对流层高层，也很好模拟出了夏季的青藏高压(图 2b)。

总的来看，模拟的高原区域内冬、夏海平面气压场及高、低空环流的主要特征都与气候平均状态相符。冬、夏对流层低层气压和环流分布形势以及高原周围的风向几乎是相反的，这种现象就是高原季风。而且高原季风的还存在使高原东、西两侧的气候产生了巨大的差异。虽然这是一个低分辨率的气候模式，但对高原季风现象的模拟还是相当成功的。

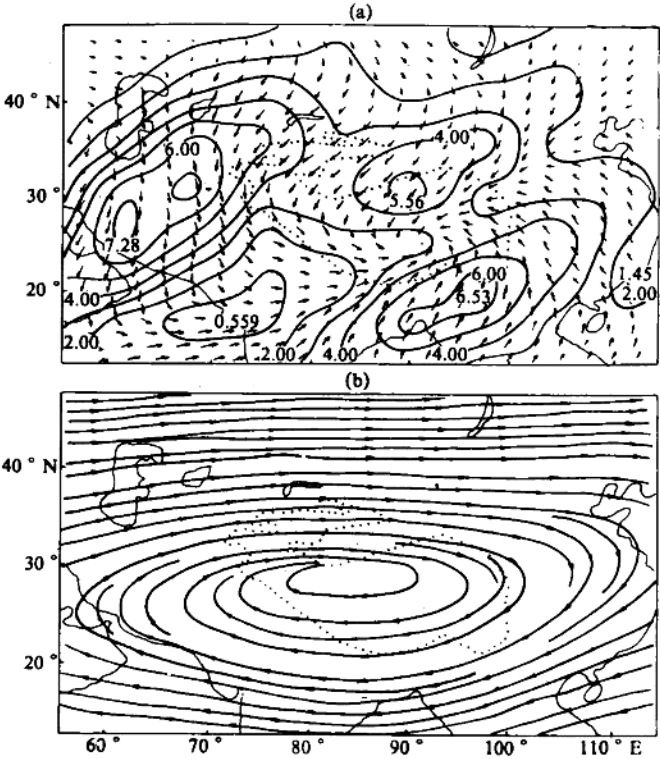


图 2 模拟的现代 7 月地面风场(a)与 200 hPa 流场(b)
图 a 中的实线为等风速线(m / s)

3 最近 18ka 年高原季风强度的变化

高原季风现象是大气环流对高原与其周围平原地区热力差异季节性改变的响应，所以一切能够引起这一热力对比变化的因子都能造成高原季风变动。末次冰期以来，地球轨道参数和冰雪变化极大地影响了高原冷、热源作用和高原与四周间的热力对比。为了定量地反映高原季风强度的变化，我们分别定义了高原季风强度指数 TP_M 和高原夏季风强度指数 TP_{SM} ，前者以模式中高原中心点(33° N, 90° E)冬、夏之间的海平面气压

差表示；而后者则以夏季高原外围四点(33° N、75° E, 33° N、105° E, 42° N、90° E, 24° N、90° E)平均与高原中心点间的海平面气压差表示。TP_M 反映了高原上冬、夏冷热源的交换，故该值越大，则高原季风越强；而 TP_{SM} 表示夏季高原中心的热低压相对于周围大气的强度，所以该值越大则高原夏季风越强。现将由模拟结果计算的各时期 TP_M 和 TP_{SM} 的值列于表 1。

表 1 最近 18ka 年来各时期高原季风强度指数 TP_M 和高原夏季风强度指数 TP_{SM}
(单位: hPa, TP_M 和 TP_{SM} 的定义见正文)

年代(kaB.P.)	18	15	12	9	6	3	0
TP _M	50.3	55.6	63.8	55.1	55.7	49.6	45.0
TP _{SM}	17.6	20.4	21.5	18.6	19.0	14.8	13.9

从表 1 可以看出，自 18 kaB.P.以来高原季风逐渐增强，至 12 kaB.P.达到最强，此后开始减弱，现代高原季风最弱。高原季风变化的原因显然与近 2 万年来因岁差变动引起的日射变化^[6]有关，即当北半球冬季日射减少和夏季日射增加时，高原热源的季节差异变大，故高原季风增强。但近 2 万年中大约在 9 kaB.P.前后冬、夏季北半球入射太阳辐射差异最大，以前的工作表明^[2]东亚夏季风也在 9 kaB.P.时最强，可为什么高原季风最强盛的时期却出现在 12 kaB.P.，而且表 1 中所反映的现代高原季风比盛冰期(18 kaB.P.)时还弱是否合理可信？这些问题本文都难于回答，有待于今后进一步研究。但无论如何，在地球轨道强迫和气候系统内部过程的共同作用下，冰后期高原季风一度曾变得极为强盛是肯定的。以下我们以模拟的高原季风最强盛的 12 kaB.P.为例来讨论强高原季风时期大气环流和气候的空间变化特征。

4 12 kaB.P.与现代高原季风的对比

图 3 给出了两个时期 1 月与 7 月地面风矢量差的绝对值大于 12 m/s 的范围。可见最显著的高原季风区出现在高原北侧，而且在 12 kaB.P.时其范围比现代扩大了一倍以上。仔细分析冬、夏季高原周围地面风的变化(图 4)，12 kaB.P.与现代相比，冬季高原东南侧的东北风和高原西北侧的偏南风明显增大；而夏季高原东北侧的东南风和高原西南侧的偏西风显著增加。不仅如此，12 kaB.P.时期对流层低层冬季的反气旋式环流和夏季环绕高原的气旋式气流都增强了，这些正是高原冬、夏季风均增强的表现。

为了说明高原季风变化的原因，即需要了解高原相对于四周热力对比的变化，为此我们绘制了离高原地面较接近的 500 hPa 冬、夏季 12 kaB.P.与现代的气温差图。

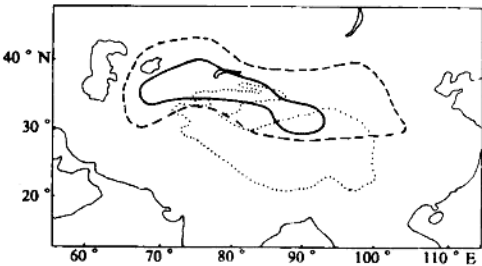


图 3 12 kaB.P.(虚线)和现代(实线)1 月与 7 月地面风矢量差的绝对值大于 12 m/s 的范围

12 kaB.P.冬季高原上空大部分地区比现代冷, 500 hPa 上变冷中心比现代低 2.88°C , 且偏高原西南侧(图 5a); 而夏季高原上空比现代暖, 位于高原东北部的 500 hPa 变暖中心比现代高 2.28°C (图 5b)。可见高原大气冬季的冷源作用和夏季的热源作用均加强是造成高原季风增强的直接原因。

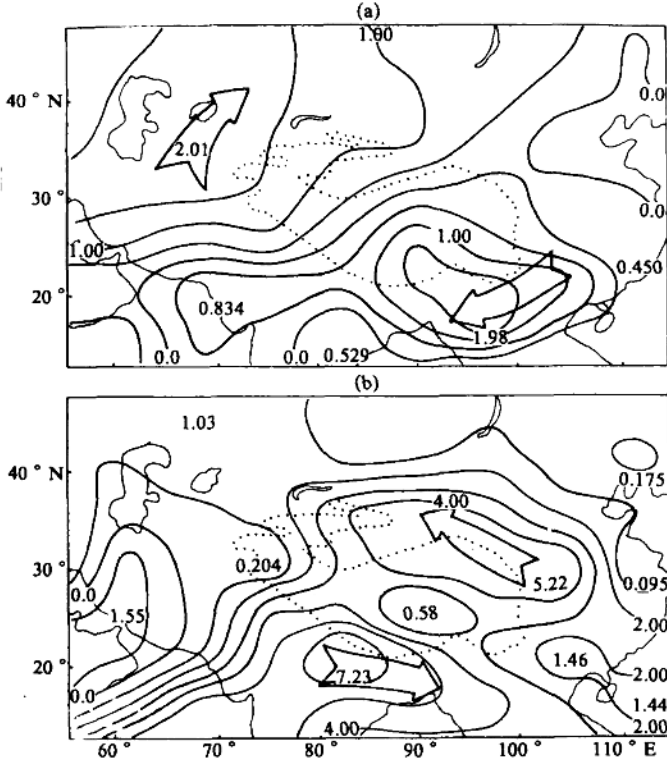


图 4 冬(a)、夏(b)12 kaB.P.与现代地面合成风速差的绝对值(m/s)分布
图中箭头指示相应的风矢量的差值方向

5 强高原季风时期地面气温与降水的变化

在 12 kaB.P.与现代的地面气温差图上, 冬季(图 6a)整个亚洲大陆上大约 45°N 以南的广大地区 12 kaB.P.普遍比现代寒冷, 而且越往东南方向气温降低得越多, 这是因为 12 kaB.P.时冬季低纬日射的减少比高纬多。我们还注意到, 高原东侧和南侧的等温差线分别向南和向西北方向凸出, 这显然与强冬季风使环绕高原的反气旋式环流增强有关。夏季(图 6b)大致以 30°N 为界, 12 kaB.P.北方比现代温暖, 南方比现代寒冷, 因为当时夏季高纬的日射增加比低纬大。此外, 夏季风强盛使高原东侧的等温差线向北凸出。以各个地质时期冬、夏季相对全年的长短为权重, 可以根据 1, 7 月的气象要素值近似地估算其年平均值⁽⁶⁾。由于冬季的温度变化远比夏季剧烈, 所以就全年而言亚洲大部分地区 12 kaB.P.时比现代冷, 且南方的温差大于北方(图 6c)。可见高原季风强盛时期高原及其周围的年平均温度反而较低。这种现象是否具有普遍性也值得深入探讨。

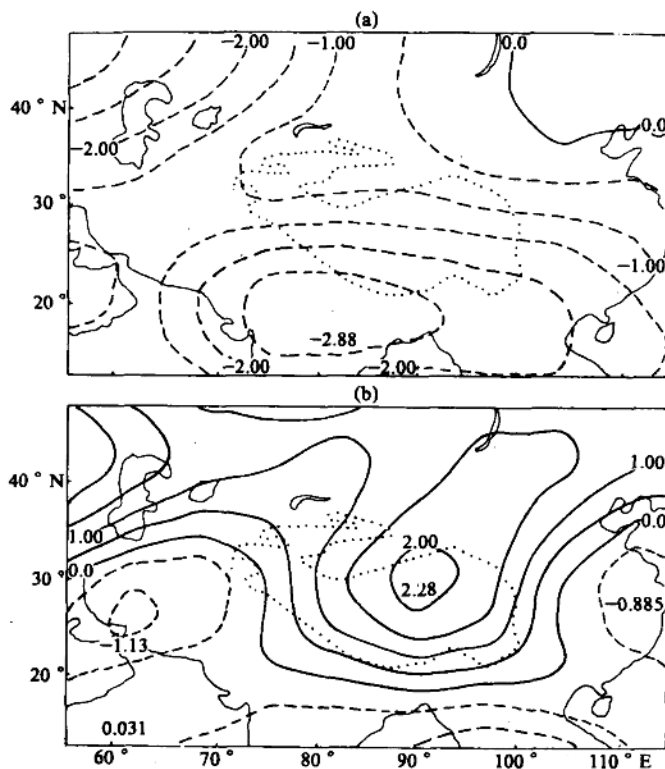


图 5 12 kaB.P.与现代 500 hPa 气温差(℃)

(a) 1 月, (b) 7 月, 负值用虚线表示

从降水变化(图 7)来看, 12 kaB.P.与现代相比, 冬季高原西北侧, 特别是从土兰平原至北疆地区降水增多, 而高原南侧孟加拉湾附近降水减少; 夏季从孟加拉湾至高原东侧、东北侧一带的降水大大增加。仔细分析发现, 高原邻近地区的降水变化与高原季风的变化(图 4)密切相关。强高原冬季风使高原西北侧的偏南风增强; 而高原夏季风加强使高原南侧的偏西风及高原东侧的偏南风, 特别是东北侧的东南风均增强。有利的水汽条件正是造成这些地区降水增多的物理基础。一个值得注意的现象是, 高原夏季风加强引起降水增加的区域一直可以向北扩展到天山附近, 但在 110°E 以东的中国东部地区, 基本上只影响到长江以南。这意味着高原夏季风变化对我国西部气候的影响比东部更强烈、更广阔。此外, 在高原以南 100°E 附近, 有一个降水增加的极小值带, 似乎可以把高原夏季风增强引起的降水增加划成两部分, 高原南侧的强偏西风和高原东南侧的强东南风分别与两部分降水的增多相对应。在由 1, 7 月降水估算的年降水量差图上(图 7c), 存在两个降水增加的区域, 显然它们分别是由冬季风增强和夏季风增强造成的。而在这两个区域之间冬、夏季风增强都无助于增加降水的地区, 降水变化不大, 或略有减少。

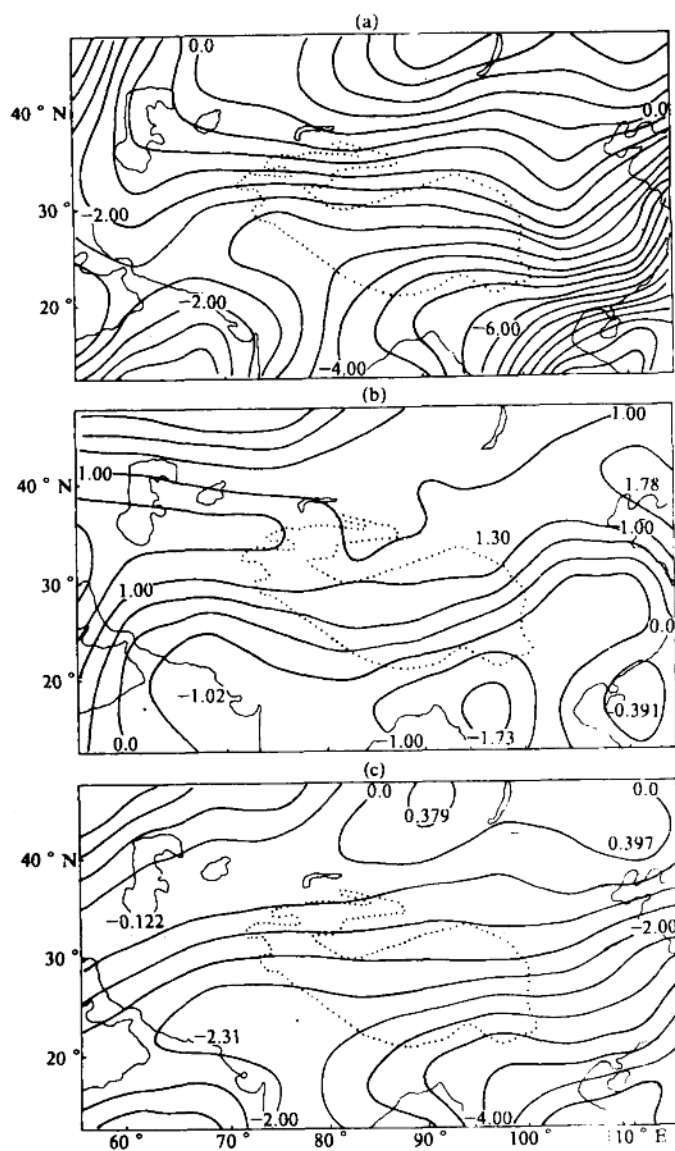


图 6 12 kaB.P.与现代地面气温差(单位: $^{\circ}\text{C}$)
(a) 1月, (b) 7月, (c) 年平均, 图中等温线的间隔为 0.5°C

由此可见, 12 kaB.P.时期高原及其周边地区的气候变化不仅与轨道强迫及地表冰量等引起的全球变化有关, 而且受到高原季风增强的巨大影响。因而造成高原不同方向上气候变化趋势和幅度的差异, 表现出区域气候变化对轨道强迫的一种非线性响应。

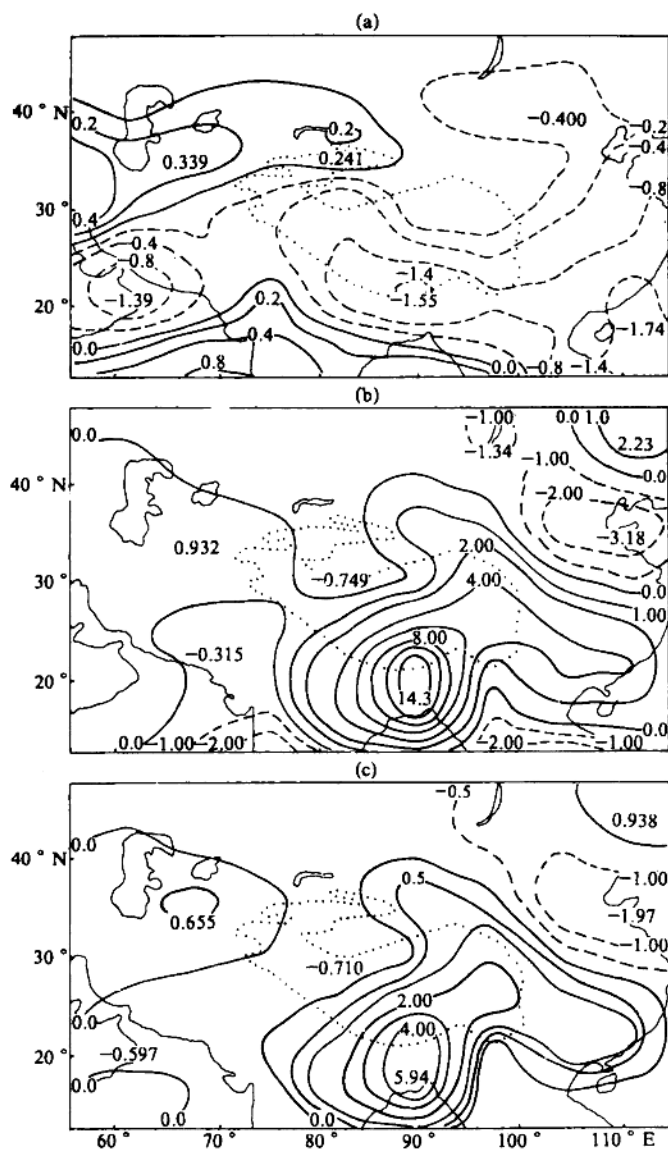


图 7 12 kaB.P.与现代降水差(mm/day)

图中虚线表示负值。(a) 1 月, 图中给出 0, ± 0.2 , ± 0.4 , -0.8 和 -1.4 的等值线; (b) 7 月, 等值线为 0, ± 1 , ± 2 , 4, 6, 8, 10, 12; (c) 年平均, 等值线为 0, ± 0.5 , ± 1 , 2, 3 和 4

6 地质气候记录中的高原季风变化

如果以上数值模拟结果可靠的话, 那么高原季风的显著变化必然在其影响范围内的地质气候记录中有所反映。我们通过对过去发表的高原邻近地区湖泊、孢粉和黄土等各种序列所指示的气候变化信息的初步分析表明, 冰后期 12 kaB.P.前后高原周围的气温

普遍开始回升,但全新世以前的气候仍比现代寒冷;位于高原西北方向的里海当时是高湖面^[7],中亚西南部不及现代干旱,哈萨克斯坦的孢粉成份反映了约从12 kaB.P.开始出现温和气候的特征^[8],新疆西北地区也相对湿润^[9, 10]。同时高原南侧和东侧的降水显著增多,如我国云南滇池有高湖面记录^[11],甚至在黄土高原西部开始发育有古土壤层^[12]。这些地质记录正是12 kaB.P.前后冬、夏季高原季风都增强的良好佐证。因为如前所述,强高原冬季风使高原西北侧降水增多,而强高原夏季风则使高原东、南侧降水增多,但冬、夏季高原季风的增强都不利于高原西南侧的降水。所以在同一地质时期高原不同方向上气候变化趋势不一致的现象,可以从高原季风变化的角度给予合理的解释。

7 结 论

数值模拟表明末次冰期以来青藏高原季风经历了显著的变化。最近18ka年间大约以12 kaB.P.时期的高原季风为最强。高原冬季的冷源和夏季的热源加强分别是高原冬季风和高原夏季风增强的直接原因。强盛的高原冬季风使高原西北侧的偏南风加大、降水增多;而强夏季风则使高原东、南侧的偏南风或偏西风增大、降水增加。高原季风变化的这些特征得到了高原邻近地区地质气候记录的佐证。

致谢:本工作得到安芷生先生和汤懋苍先生的指导,王苏明先生、董光荣先生提供并帮助翻译了俄文文献,罗四维先生审阅了全文,在此一并表示衷心的感谢。

参 考 文 献

- (1) Prell, W. L. and J. E. Kutzbach, Sensitivity of the Indian monsoon to forcing parameters and implications for its evolution, *Nature*, 1992, 360, P. 647—652.
- (2) 刘晓东、安芷生、J. Kutzbach、李小强,最近18000年中国夏季风气候变迁的数值模拟研究,黄土·第四纪地质·全球变化,第四集,北京:科学出版社,1995年(待发表)。
- (3) 汤懋苍,高原季风研究的若干进展,高原气象,1993年,第12卷,第1期,95—101页。
- (4) 汤懋苍、刘晓东,一个新的划分第四纪的标志——高原季风演变的地质环境后果,第四纪研究,1995年,第1期,82—88页。
- (5) Pitchen, E. J. et al., January and July simulations with a spectral general circulation model, *J. Atmos. Sci.*, 1983, 40, P. 580—604.
- (6) Kutzbach, J. E. and Guetter, P. J., The influence of changing orbital parameters and surface boundary conditions on climate simulations for the past 18000 years, *J. Atmos. Sci.*, 1986, 43(6), P. 1726—1759.
- (7) Карпычев, Ю. А., Изменение уровня касимийского моря в голоцене по радиоуглеродным данным водных ресурсов, 1989, No. 5—19.
- (8) Кременецкий, К. В. и Тарасов, П. Е., Палинологические исследования голоцена Казахстана. *NAUKA*, 1994, 151—159.
- (9) 文君忠、乔玉楼,新疆地区13000年来的气候序列初探,第四纪研究,1990年,第4期,363—371页。
- (10) 韩淑媛、瞿章,北疆巴里坤湖内陆型全新世气候特征,中国科学(B辑),1992年,第11期,1201—1209页。
- (11) 孙湘君、吴玉书,云南滇池地区全新世以来植被及环境变迁历史,中澳第四纪学术讨论会论文集,中国科学院中澳第四纪合作研究组编,北京:科学出版社,1987年,28—41页。
- (12) 安芷生等,末次间冰期以来中国古季风气候与环境变迁,黄土·第四纪地质·全球变化,第三集,北京:科学出版社,1992年,14—30页。

NUMERICAL SIMULATION OF THE CHANGE OF TIBETAN PLATEAU MONSOON SINCE THE LAST GLACIAL MAXIMUM

Liu Xiaodong Wei Zhigang

(Lanzhou Institute of Plateau Atmospheric Physics, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou, Gansu 730000)

Abstract: By analyzing January and July general circulation in Tibetan plateau and its neighborhood for seven periods in the last 18 ka at 3 ka-year intervals, which was simulated with the Community Climate Model(CCM₀) of the National Center for Atmospheric Research(NCAR), we find that the plateau monsoon has undergone marked variation. The plateau monsoon began to strengthen from 18 kaB.P., getting the strongest at 12 kaB.P., but has been reducing from then on. On the basis of the above variation of plateau monsoon intensity, we take 12 kaB.P. as an example and explore the spatial distribution of the climatic variation due to strengthening of the plateau monsoon. When the plateau winter monsoon is reinforced, the southerly wind and precipitation to the northeast of the plateau are enhanced. When the plateau summer monsoon is intensified, however, the southerly wind to the east of the plateau and the westerly wind to the south of the plateau increase that the climate there gets wetter. These characteristics of the plateau monsoon variations are in agreement with the geological evidence surrounding the plateau.

Key words: Tibetan Plateau monsoon; Paleoclimate; Numerical simulation.

最近 15 万年黄土高原夏季风气候变迁的初步研究

孙东怀^①

(中国科学院西安黄土与第四纪地质研究室, 陕西省西安市 710061)

提 要: 黄土和古土壤的磁化率主要取决于其成壤程度, 指示了当时地表的古气候状况, 特别是降水量的大小, 因而是夏季风强度的良好指标。通过最近 150 ka 三个高分辨率剖面的磁化率测量及相应年代标尺的建立, 重建了这一时期黄土高原夏季风气候变迁的历史。以现代地表磁化与年均降水量的相关分析为基础, 建立年降水量的计算方程, 从而为定量研究古气候提供了一种可行的方法, 由此获得了洛川剖面最近 150 ka 年降水量的变化序列。

关键词: 黄土; 磁化率; 降水量; 古季风。

发育于中国黄土高原的黄土-古土壤序列, 是进行过去全球变化研究的良好陆相沉积记录。它不仅记录了中国北方及亚洲过去气候的变迁历史, 而且在很大程度上保存着北半球乃至全球气候变迁的信息, 与指示全球冰量变化的深海氧同位素曲线具有良好的对比关系^[1]。进一步的研究表明, 黄土是偏北的冬季风搬运的粉尘堆积物, 它也经受了由相对较弱的夏季风所导致的成壤作用的改造; 与之相间的古土壤则发育于夏季风环境效应占优势的气候期。同时, 冬季风带来的粉尘加积作用并没有停止, 因而形成加积型的古土壤。所以, 中国的黄土-古土壤序列记录了最近 2.5 Ma 东亚冬、夏季风变迁的历史^[2]。

1 最近 150 ka 黄土-古土壤地层序列

最近 150 ka 黄土高原的地层序列由末次间冰期的古土壤 S1、末次冰期的黄土 L1 及全新世古土壤 S0 组成。S1 由三层复合的古土壤组成, 其间夹两层弱成壤的黄土层, 它的成壤程度由黄土高原西北向东南加深。L1 黄土在黄土高原的分布最为广泛, 它的中部有两层弱成壤的干草原型古土壤, 这两层古土壤在南部的剖面上较为明显。全新世黑垆土位于马兰黄土的顶部, 呈灰黑色, 厚度 0.5—2 m 不等。位于黄土高原北部的薛塬剖面(36° 55' N, 107° 00' E)、中部的洛川剖面(35° 45' N, 109° 25' E)及南部的西安剖面(34° 12' N, 108° 55' E)分别从不同的地理位置以不同沉积速率记录了黄土高原季风气候的变迁历史。

^①作者简介: 孙东怀, 男, 32岁, 副研究员, 中科院西安黄土与第四纪地质研究室在职博士生。

图 2 给出了分别代表黄土高原不同部位的最近 15 万年的黄土-古土壤地层序列。薛塬剖面位于环县西北约 50 km 的长梁中部, 剖面全厚 24 m, 其中全新垆土及全新世黄土厚 1.6 m, 黑垆土为浅灰色, 厚 1.6 m。L1 黄土为粉砂原黄土, 厚 17 m, 其中在 8 m 和 10 m 处有两层发育极弱的古土壤层。在大薛塬剖面上 S1 为三层古土壤的复合体, 总厚 4.5 m, 其中三层古土壤厚分别为 0.5, 0.8 和 0.7 m, 夹于其间的两层黄土厚分别为 1.3 m 和 1.2 m。

洛川剖面和西安剖面上黄土和古土壤的成壤程度较薛塬剖面上相应的层位都深, 但剖面的厚度较后者薄, 分别为 12 和 10 m。在野外实测剖面的同时以 10 cm 为间距测量了三个剖面的磁化率值。为了保证测量的可靠性, 测量时每一深度取 10 个读数, 取其平均值作为该深度的磁化率值。图 2 给出了各剖面的磁化率曲线。

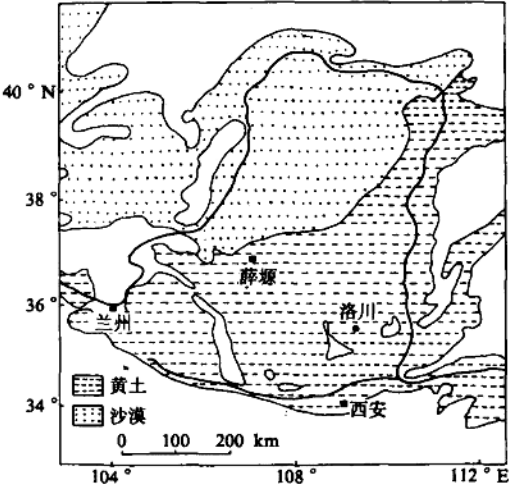


图 1 剖面地理位置

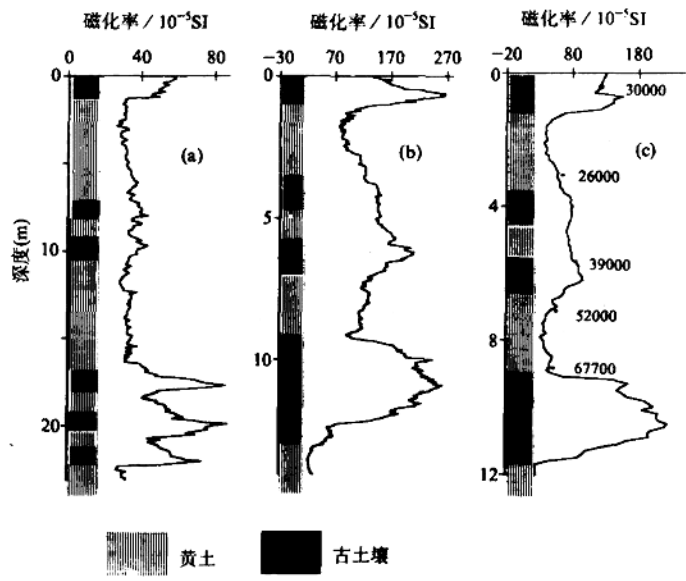


图 2 薛塬剖面(a)、三爻剖面(b)及洛川剖面(c)的地层序列及磁化率曲线
图中的数据为热释光年龄

2 黄土和古土壤磁化率的气候意义

物质的磁化率是指当该物质处于外加磁场中时, 所产生的磁化强度与外加磁场的磁