

文章编号: 1000-2022(2006)05-0591-08

夏季欧亚阻塞活动的年代际变化 及其与我国降水的可能联系

王妍¹, 钱明², 朱伟军¹

(1 南京信息工程大学 江苏省气象灾害重点实验室, 江苏 南京 210044 2 南通市气象局, 江苏 南通 226300)

摘 要: 利用 1952—2004 年 6—8 月 NCEP/NCAR 逐日 500 hPa 高度资料及中国 160 站降水资料, 对夏季欧亚地区阻塞活动的年代际变化特征及其与我国降水年代际变化的可能联系进行了分析。结果表明: 夏季欧亚地区的阻塞活动存在明显的年代际变化特征, 在年代际尺度上, 夏季鄂霍茨克海地区阻塞活动偏多(少)与我国汉水和渭水流域夏季的旱(涝)密切相关, 夏季贝加尔湖地区阻塞活动偏多(少)与我国黄淮、江淮地区夏季的涝(旱)密切相关, 夏季乌拉尔山地区阻塞活动偏多(少)则与我国江南、华南大部分地区夏季的旱(涝)密切相关。

关键词: 阻塞高压; 中国降水; 年代际变化

中图分类号: P434 **文献标识码:** A

Decadal Characteristics of Summer Eurasian Blockings and Its Possible Relation to Precipitation over China

WANG Yan¹, QIAN Ming², ZHU Weijun¹

(1. Jiangsu Key Laboratory of Meteorological Disaster, NUIST, Nanjing 210044, China;

2. Tongzhou Meteorological Observatory, Nantong 226300, China)

Abstract Using daily NCEP/NCAR height data at 500 hPa and Precipitation of 160 station in China from June to August in 1952—2004, investigation is conducted on the decadal characteristics of summer Eurasian blockings and its possible relation to precipitation over China. Evidences suggest that the summer Eurasian blockings exist pronounced decadal variation. On the decadal timescale, the more (less) summer blockings over the Okhotsk, Ural and Baikal regions are in close relation to the summer droughts (floodings) over the Hanchui River basin, and the Wei River basin, the summer droughts (floodings) over the south of the Yangtze River, and most of South China, and the summer floodings (droughts) over the Huanghe-Huaihe River basin, and the Changjiang-Huaihe River basin, respectively.

Key words blockings; precipitation in China; decadal variation

收稿日期: 2005-10-07; 改回日期: 2006-01-05

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40331010); 江苏省气象灾害重点实验室资助项目(KIME050202); 江苏省普通高等学校“青蓝工程”中青年学术带头人资助项目

作者简介: 王妍(1979-), 女, 吉林吉林人, 硕士, 研究方向: 大气环流异常及短期气候预测, wangyan2003y@nuist.edu.cn 朱伟军(通信作者), 男, 江西安福人, 博士生导师, 研究方向: 大气环流异常及短期气候预测、气候变化及数值模拟, weijun@nuist.edu.cn

0 引言

研究表明,东亚季风及其相关的环流系统、中高纬度西风带扰动系统以及高原和海洋的热力状况等的异常都是影响我国长江、黄河流域旱涝的重要大尺度环流背景^[1]。阻塞形势是导致大气环流持续性异常,严重影响长期天气和短期气候的重要问题。国内外在阻塞形势的动力学机制研究方面有许多重要进展,如多平衡态与共振理论^[2-6]、孤立波与偶极子理论^[7-10]、强迫耗散 KDV 动力学^[11-13]、以及天气尺度扰动的激发^[14-16]等各种非线性理论的提出,为深入理解阻塞形势的建立、维持和崩溃机制提供了重要帮助。由于欧亚中高纬阻塞形势的异常在冬季直接影响到我国寒潮爆发的频数和强度,在夏季与南面的环流系统相配合,又对我国梅雨期暴雨的维持和强度具有重要影响,这种中高纬环流的影响是东亚季风区别于南亚季风的重要特征之一,因此国内很多学者,从 20 世纪 50 年代就开始对亚洲中高纬阻塞形势的异常对我国天气气候影响的研究给予了高度重视,并得到了很多非常有意义的结果。文献[17-19]的个例分析和文献[20-25]的统计分析得出阻塞高压对中国降水可能有重要影响。

由此可见,研究欧亚中高纬阻塞形势的异常对我国夏季旱涝的影响是阻塞形势研究中不可缺少的一环,但目前从年代际变化的背景下来研究这两者可能存在的联系尚不多见。本文将利用观测资料,对欧亚地区阻塞高压活动的年代际变化及其与我国降水年代际变化之间的可能联系作初步探讨。

1 资料和方法

本文采用 1952—2004 年 6—8 月 NCEP/NCAR 逐日 500 hPa 高度场再分析资料及中国国家气象中心整编的全国 160 站降水资料。分析方法为小波分析、9 点二次滑动、相关、合成方法。

本文把欧亚地区分为 3 个区:120~160°E 区域代表鄂霍茨克海阻高区;80~120°E 代表贝加尔湖阻高区;50~80°E 代表乌拉尔山阻高区。参照文献[26]定义阻塞高压:高压中心位于 50~160°E,40~80°N 之间;在 500 hPa 位势高度场上有闭合高压中心存在;高压中心的移速每天不超过 7.5 个格距;维持时间不少于 3 d。从结果中随机抽取记录与当日的 500 hPa 天气图核对,结果一致,由此表明此种查找阻塞高压的方法符合实际,切实可行。

图 1 给出了用上述方法得到的 1952—2004 年

53 个夏季 3 个阻塞区域内阻塞活动累计天数与阻塞活动累计次数的年际变化曲线。由图 1 可见,3 个阻塞区域的阻塞活动都具有明显的年际变化。其中,鄂霍茨克海地区(图 1a)阻塞活动累计天数为平均每年 19.06 d 最多在 1998 年,累计天数为 48 d 最少在 1979 年,无阻高发生。20 世纪 50 年代中期到末期阻塞活动偏少,60 年代初到 70 年代中后期,阻塞活动频繁,70 年代后期到 80 年代中后期,阻塞活动偏少,80 年代后期以后只有 1988、1989、1992、1997、1998、1999 年阻塞活动频繁,其他年份阻塞活动偏少,但是在 1998 年达到了 53 a 中的最大值(48 d)。这里定义阻塞活动累计次数:对维持时间超过 3 d 的阻塞活动,作为一次阻塞活动事件。由图可见,鄂霍茨克海地区阻塞活动累计次数的变化趋势和阻塞活动累计天数基本上一致,在 1971 年和 1974 年达到峰值(9 次),其次是 1998 年(8 次),最少在 1979 年(0 次)。

对贝加尔湖地区(图 1b),阻塞活动累计天数为平均每年 15.28 d 最多在 1986 年,累计天数为 39 d 最少在 1960、1989、1996、1997 年,无阻高发生。20 世纪 70 年代前基本上呈波浪形上下浮动,1972 年到 1978 年阻塞活动偏少,在 80 年代中期出现了一段阻塞活动频繁期,为 1984、1985、1986 年,且 1986 年达到了最大峰值年,80 年代中期后,阻塞活动基本较少,到 2001 年又有上升趋势。阻塞活动累计次数的变化趋势和阻塞活动累计天数基本上一致,在 1986 年达到峰值(7 次),最少也出现在 1960、1989、1996、1997 年(0 次)。

乌拉尔山地区(图 1c)阻塞活动累计天数为平均每年 16.40 d 最多在 1991 年,累计天数为 52 d 最少在 1971、1980、1994 年,无阻高发生。1980 年之前阻塞活动无明显偏多偏少现象,1981—1984 年、1987—1991 年阻塞活动频繁,1992 年以后阻塞活动有下降趋势。阻塞活动累计次数的变化趋势和阻塞活动累计天数基本上一致,在 1988 年达到峰值(8 次),最少也出现在 1971、1980、1994 年(0 次)。

2 结果分析

2.1 夏季欧亚地区阻塞活动的年代际变化

为了更清楚地反映欧亚地区 3 个阻塞区域阻塞活动的长期演变特征,采用 9 点二次平滑方法和线性倾向估计、以及小波分析的方法对阻塞活动累计天数序列进行了进一步分析(图 2 3 和 4)。

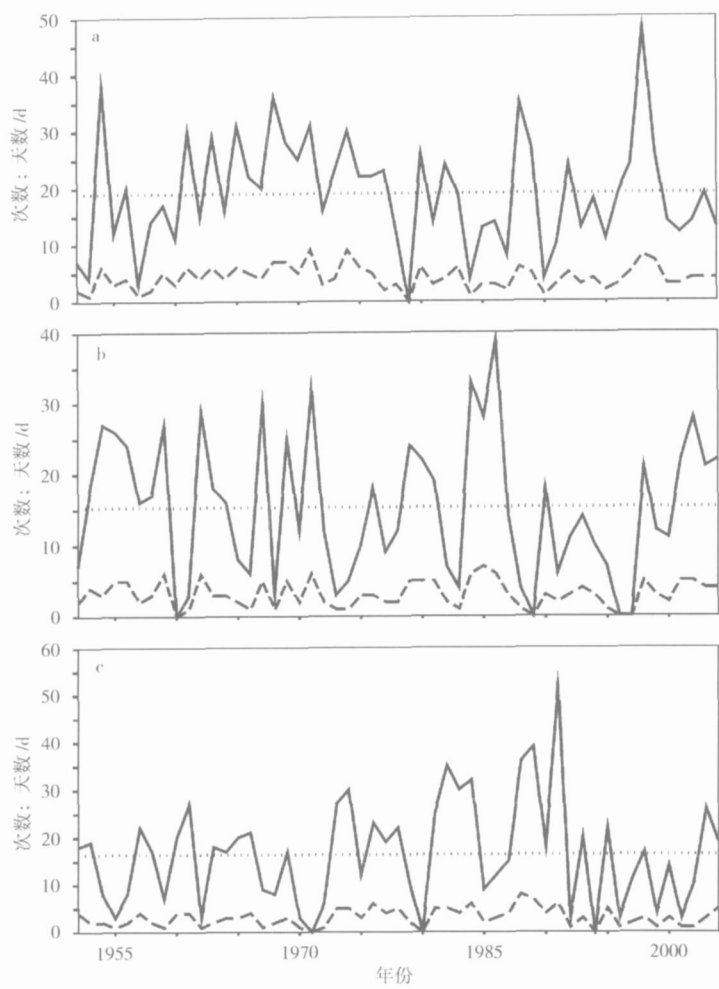


图 1 夏季阻塞活动累计天数(实线)与阻塞活动累计次数(虚线)的年际变化
a 鄂霍茨克海地区; b 贝加尔湖地区; c 乌拉尔山地区
Fig. 1 Yearly variation of accumulative days(solid line)
and times of blocking high(dashed line) through out summers of 1952—2004
a Okhotsk region; b Baikal region; c Ural region

(1)鄂霍茨克海地区

从滑动曲线(图 2a)上可以看到,鄂霍茨克海地区的阻塞活动累计天数 50 年代初偏少,到末期持续增加,60 年代初到 70 年代中期一直维持偏多状态,1975 年以后虽有小振幅波动但维持偏少,1995 年以后增加,1998 年达到 53 a 来的最高点。结合小波分析的结果(图 2b)表明,鄂霍茨克海地区的阻塞活动存在明显的 22 a 左右周期的年代际变化。从图 2a 还可以看到鄂霍茨克海地区阻塞活动的长期演变趋势没有明显上升或下降趋势。

(2)贝加尔湖地区

对贝加尔湖地区,从其滑动曲线(图 3a)上可以看出,阻塞活动累计天数在 20 世纪 50 年代偏多,1960—1975 年呈现偏少—偏多—偏少的波动,且振幅变化很大,1976 年开始持续偏多,到 1986 年达到

53 a 中的最大值,然后持续偏少,到 1996 年降到谷底,1997 年后持续偏多。结合小波分析的结果(图 3b)表明,贝加尔湖地区的阻塞活动明显存在 12 a 左右和 18 a 左右的年代际变化。从图 3a 还可以看到贝加尔湖地区阻塞活动的长期演变趋势存在微弱的下降趋势。

(3)乌拉尔山地区

对乌拉尔山地区,从图 4a 上可以看到,其阻塞活动累计天数在 1952 年到 1970 年明显偏少,1971 年以后虽有波动,但维持增加,1990 年以后又有减少趋势。结合小波分析的结果(图 4b)表明,乌拉尔山地区的阻塞活动明显存在 11 a 左右周期的年代际变化。从图 4a 还可以看到乌拉尔山地区阻塞活动的长期演变趋势存在微弱的上升趋势。

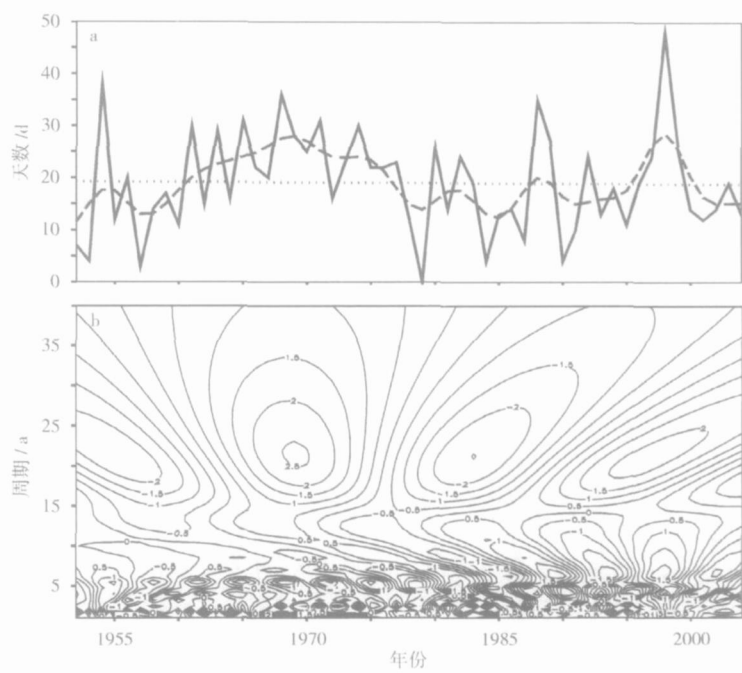


图 2 夏季鄂霍茨克海地区阻塞活动累计天数的逐年演变 (实线) 和 9点二次平滑曲线 (虚线) (a 点线为线性趋势) 及阻塞活动累计天数序列的小波系数实数分布 (b)

Fig 2 Yearly variation of summer accumulative days of blocking high over the Okhotsk region (solid line accumulative days dashed line smoothed accumulative days dotted line the long-term linear trend) (a) and its real part of wavelet coefficients(b)

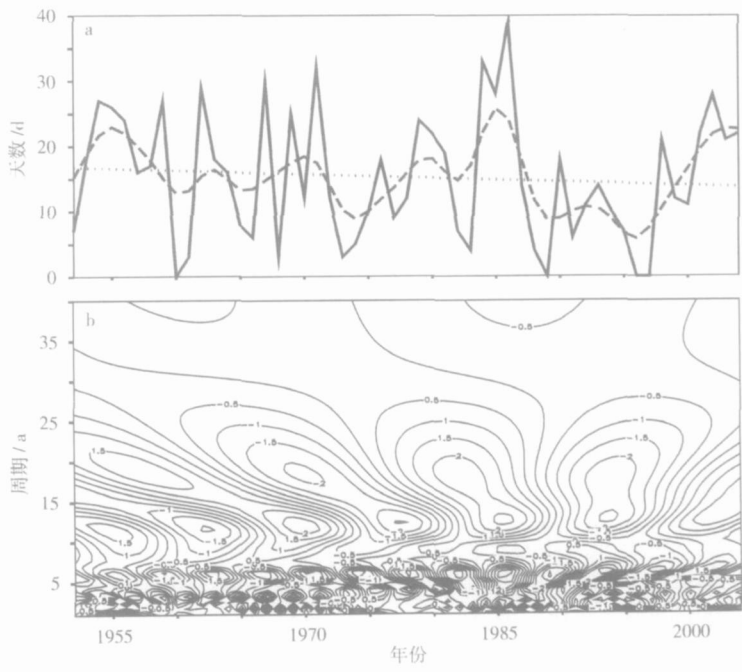


图 3 夏季贝加尔湖地区阻塞活动累计天数的逐年演变 (实线) 和 9点二次平滑曲线 (虚线) (a 点线为线性趋势) 及阻塞活动累计天数序列的小波系数实数分布 (b)

Fig 3 Yearly variation of summer accumulative days of blocking high over the Baikal region (solid line accumulative days dashed line smoothed accumulative days dotted line the long-term linear trend) (a) and its real part of wavelet coefficients(b)

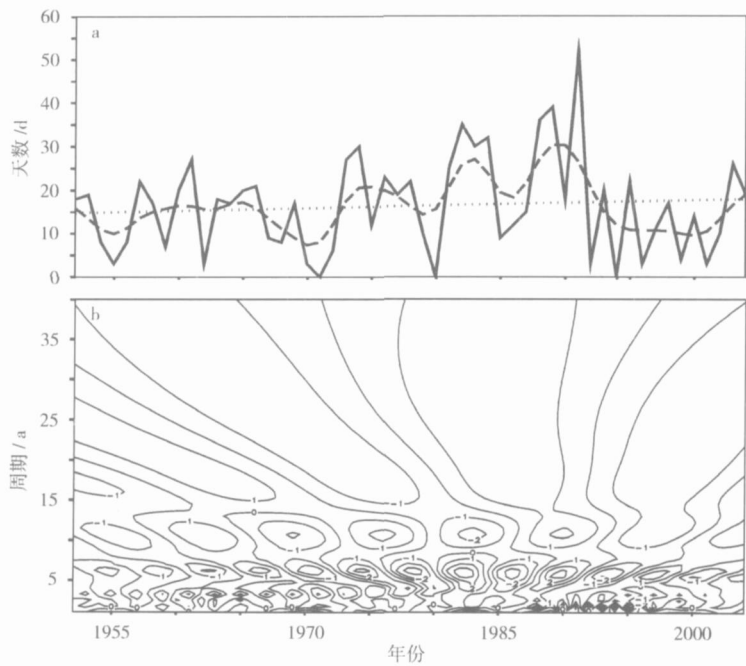


图 4 夏季乌拉尔山地区阻塞活动累计天数的逐年演变(实线)和 9 点二次平滑曲线(虚线)(a 点线为线性趋势)及阻塞活动累计天数序列的小波系数实数分布(b)

Fig 4 Y early variation of summer accumulative days of blocking high over the Ural region (solid line accumulative days dashed line smoothed accumulative days dotted line the long-term linear trend) (a) and its real part of wavelet coefficients(b)

2 2 夏季欧亚地区阻塞活动的年代际变化
与中国夏季降水的可能联系

以上研究表明,夏季欧亚地区各区域的阻塞活动都存在着明显年代际变化特征,但其周期的长短、变化的振幅却各不相同。下面分别就夏季欧亚地区各区域的阻塞活动的年代际变化与中国夏季降水的年代际变化之间的可能联系进行分析。

(1) 鄂霍茨克海地区

从相关系数图 5a 上可以看到,长江以南地区是正相关区,相关系数达到 0.3 其中西南部分地区的 相关系数达到 0.4。长江以北主要为负相关分布,其中汉水和渭水流域相关系数达到 -0.5。这表明,夏季鄂霍茨克海地区阻塞活动偏多(少)时,长江以南地区降水可能偏多(少),汉水和渭水一带降水可能偏少(多),这与廖荃荪等^[27]定义的我国夏季降水距平图中对应的第 3 类雨型分布特征相似。阻塞活动偏多年(1961—1977 年)与偏少年(1978—1995 年) 500 hPa 位势高度和我国降水的差值合成图(图 5b, 5c)显示,汉水和渭水流域通过了显著性水平为 0.05 的总体平均值差异的显著性 t 检验,这表明在年代际尺度上,夏季鄂霍茨克海地区阻塞活动偏多(少)与我国汉水和渭水流域夏季的旱(涝)密切相

关。
(2) 贝加尔湖地区

从贝加尔湖地区的相关系数图 6a 上可以看出,黄淮、江淮一带是正相关区,呈带状分布,相关系数都达到 0.3 其中武汉、河南一带相关系数达到 0.4 长江以南和黄河以北基本是负相关区,也呈带状分布,相关系数达到 -0.3。这表明,夏季贝加尔湖地区阻塞活动偏多(少)时,黄淮、江淮地区降水可能偏多(少),华南和华北一带降水可能偏少(多),这与廖荃荪等^[27]定义的我国夏季降水距平图中对应的第 2 类雨型分布特征相似。阻塞活动偏多年(1954, 1955, 1956, 1957, 1958, 1959, 1962, 1963, 1964, 1976, 1979, 1980, 1981, 1984, 1985, 1986, 1998, 2001, 2002 年)与偏少年(1965, 1966, 1968, 1970, 1972, 1973, 1974, 1975, 1988, 1989, 1991, 1992, 1993, 1994, 1995, 1996, 1997 年) 500 hPa 位势高度和我国降水的差值合成图(图 6b, 6c)显示,黄淮、江淮一带通过了显著性水平为 0.05 的总体平均值差异的显著性 t 检验,这表明在年代际尺度上,夏季贝加尔湖地区阻塞活动偏多(少)与我国黄淮、江淮地区夏季的涝(旱)密切相关。

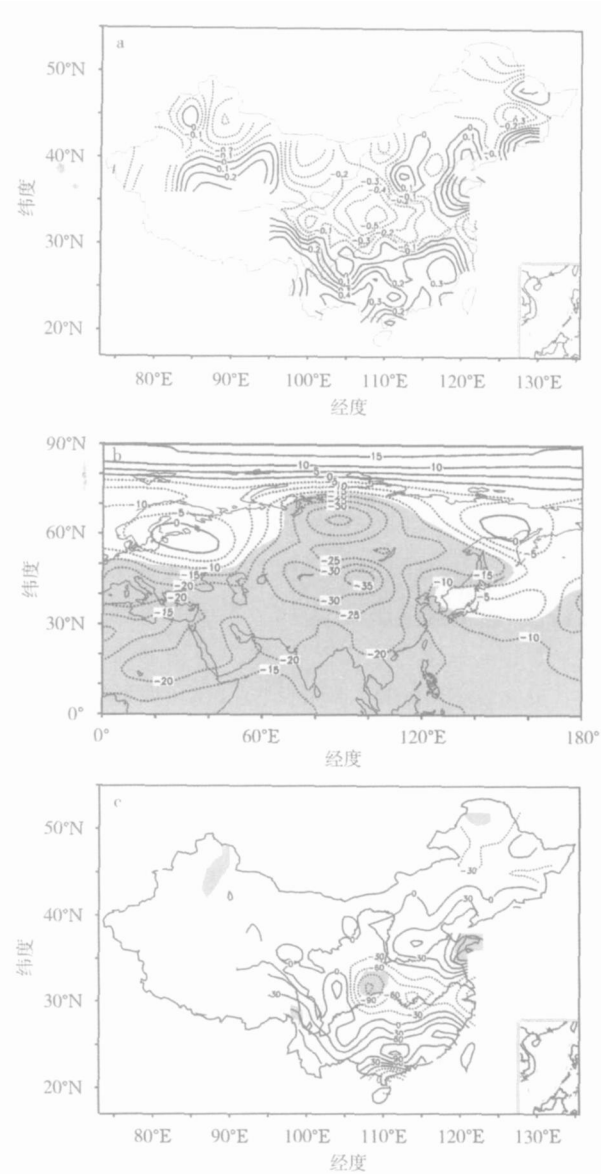


图 5 夏季鄂霍茨克海地区阻塞活动累计天数
经 9 点二次平滑后的年代际变化
与同期中国 160 站降水经 9 点二次平滑
后的年代际变化的相关系数 (a)
及阻塞活动偏多年与偏少年 500 hPa 位势高度
(h 单位: gpm) 和我国降水 (c 单位: mm) 的差值合成
(阴影区通过 0.05 显著性水平检验)

Fig 5 Decadal correlation coefficients
between summer accumulative days of blocking high
over the Okhotsk region and summer precipitation
at 160 stations in China (a) and composites
for 500 hPa geopotential height (h units gpm)
and summer precipitation (c units mm) differences
over China between more and less blocking years
(shaded areas denote the areas passing the 0.05
significance level of significance test)

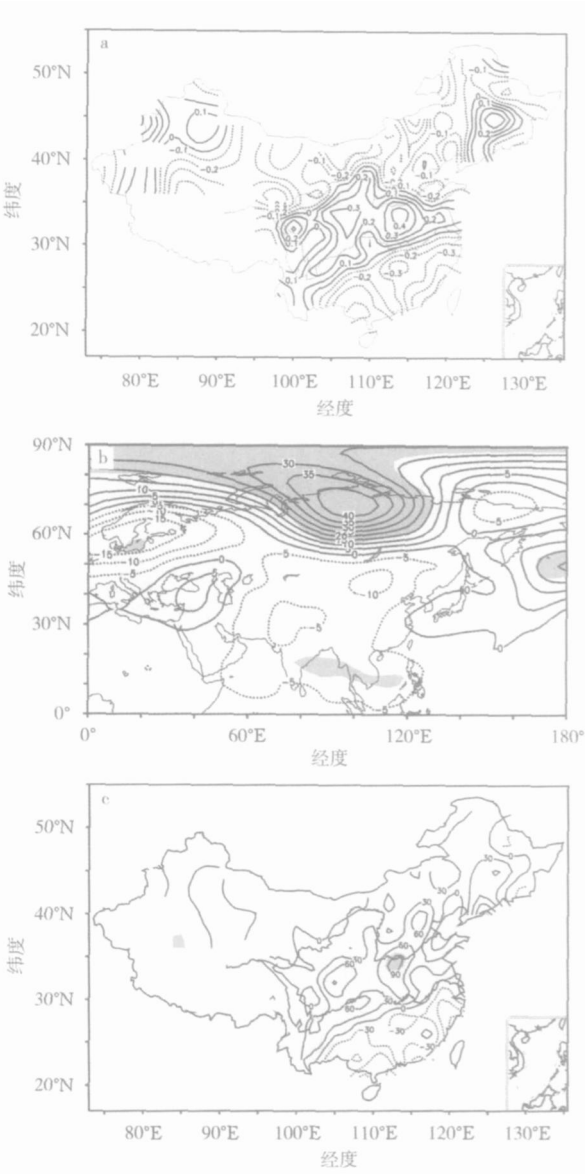


图 6 夏季贝加尔湖地区阻塞活动累计天数
经 9 点二次平滑后的年代际变化
与同期中国 160 站降水经 9 点二次平滑
后的年代际变化的相关系数 (a)
及阻塞活动偏多年与偏少年 500 hPa 位势高度
(h 单位: gpm) 和我国降水 (c 单位: mm) 的差值合成
(阴影区通过 0.05 显著性水平检验)

Fig 6 Decadal correlation coefficients
between summer accumulative days of blocking high
over the Baikal region and summer precipitation
at 160 stations in China (a) and composites
for 500 hPa geopotential height (h units gpm)
and summer precipitation (c units mm) differences
over China between more and less blocking years
(shaded areas denote the areas passing the 0.05
significance level of significance test)

(3) 乌拉尔山地区

从乌拉尔山地区的相关系数图 7a 上可以看出, 渭水和内蒙古东北部是正相关区, 相关系数达到 0.3。长江以南一带是负相关区, 相关系数达到 -0.4。在华南部分地区相关系数甚至达到 -0.6。这表明, 夏季乌拉尔山地区阻塞活动偏多(少)时, 江南、华南大部分地区降水可能偏少(多)。阻塞活

动偏多年(1981—1991 年)与偏少年(1992—2002 年) 500 hPa 位势高度和我国降水的差值合成图(图 7b、7c)显示, 江南、华南大部分地区通过了显著性水平为 0.05 的总体平均值差异的显著性 *t* 检验, 这表明在年代际尺度上, 夏季乌拉尔山地区阻塞活动偏多(少)与我国江南、华南大部分地区夏季的旱(涝)密切相关。

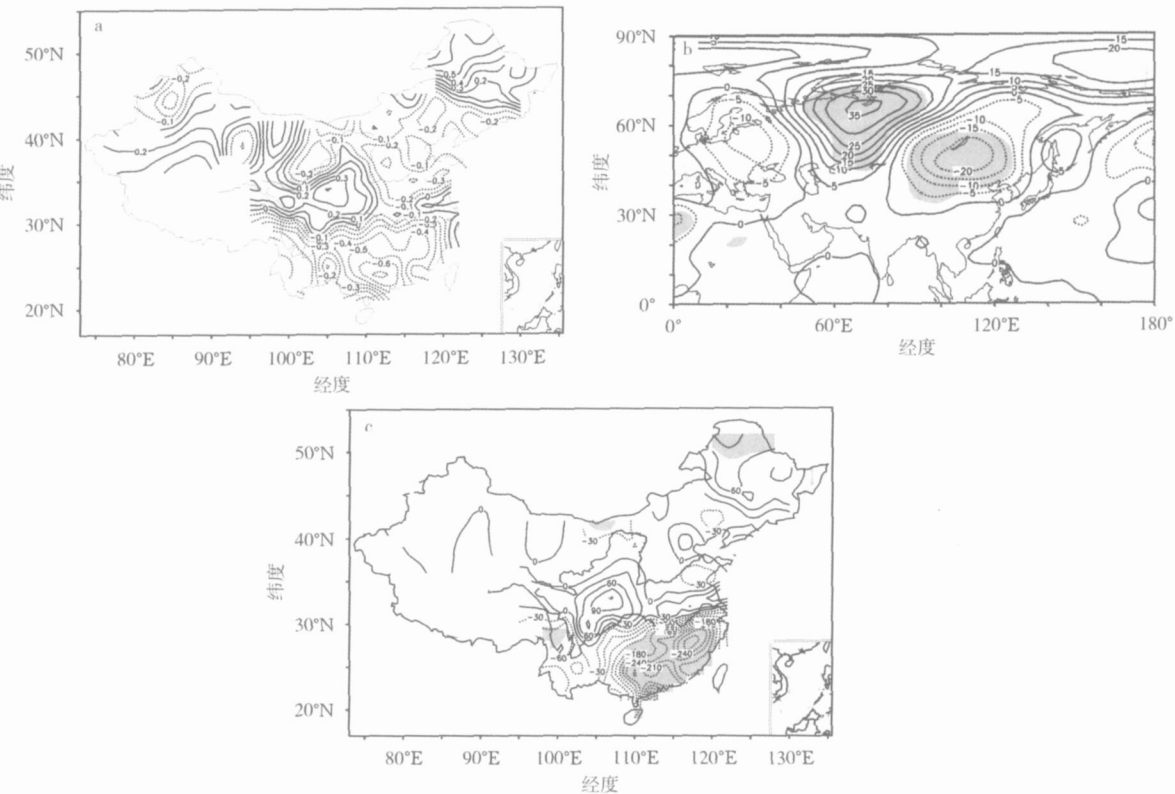


图 7 夏季乌拉尔山地区阻塞活动累计天数经 9 点二次平滑后的年代际变化
与同期中国 160 站降水经 9 点二次平滑后的年代际变化的相关系数 (a) 及阻塞活动偏多年与偏少年
500 hPa 位势高度 (b 单位: gpm) 和我国降水 (c 单位: mm) 的差值合成 (阴影区通过 0.05 显著性水平检验)

Fig 7 Decadal correlation coefficients between summer accumulative days of blocking high over the Ural region
and summer precipitation at 160 stations in China (a) and composites for 500 hPa geopotential height (b units gpm)
and summer precipitation (c units mm) differences over China between more and less blocking years
(shaded areas denote the areas passing the 0.05 significance level of significance test)

3 结论与讨论

(1) 夏季欧亚地区的阻塞活动存在明显的年代际变化特征: 鄂霍茨克海地区的阻塞活动存在明显的 22 a 左右的年代际变化周期; 贝加尔湖地区的阻塞活动明显存在两个周期的年代际变化, 一个是 12 a 左右的周期振荡, 另一个是 18 a 左右的周期振荡; 乌拉尔山地区的阻塞活动明显存在 11 a 左右周期的年代际变化。三者的长期变化趋势都不明显。

(2) 夏季欧亚地区阻塞活动的年代际变化与我

国夏季降水的年代际变化有密切相关关系: 夏季鄂霍茨克海地区阻塞活动偏多(少)与我国汉水和渭水流域夏季的旱(涝)密切相关, 夏季贝加尔湖地区阻塞活动偏多(少)与我国黄淮、江淮地区夏季的涝(旱)密切相关, 夏季乌拉尔山地区阻塞活动偏多(少)则与我国江南、华南大部分地区夏季的旱(涝)密切相关。

应该指出, 影响中国夏季降水的因素很多, 欧亚地区的阻塞活动只是其中的一个重要因素, 需要把季风、西太平洋副高、北半球极涡、北半球海温以及

ENSO 事件等多种因素联系在一起才能决定中国夏季的降水。

参考文献:

[1] 叶笃正,黄荣辉. 长江黄河 流域旱涝 规律和成因 研究 [M]. 济 南: 山东科学技术出版社, 1996.

[2] Chamey J G, Devore J G. Multiple flow equilibria in the atmos-
phere and blocking[J]. J A mos Sci 1979 36(7): 1205-1216.

[3] Roads J O. Stable and unstable near-resonant states in multilevel
severely truncated quasigeostrophic models[J]. J A mos Sci
1982 39(2): 203-224

[4] Fjortoft R. On the changes in spectral distribution of kinetic energy
for two-dimensional nondivergent flow[J]. Tellus 1953(5): 225-
237

[5] 伍荣生. 正压大气中波动共振与能量变化 [J]. 中国科学: B
辑, 1979(2): 195-203

[6] 陆维松. 正压大气波动准共振与中纬低频振荡 [J]. 中国科学:
B 辑, 1991(1): 102-112

[7] Long R R. Solitary waves in the westerlies[J]. J A mos Sci 1964,
21(2): 197-200.

[8] Wam T, Brasnett B The amplification and capture of atmospheric
solitons by topography: A theory of the onset of regional blocking
[J]. J A mos Sci 1983 40(1): 28-38

[9] Haines K. Baroclinic modons as prototypes for atmospheric block-
ing[J]. JA mos Sci 1989 46(2): 3202-3218

[10] 罗德海, 纪立人. 大气中阻塞形成的一个理论 [J]. 中国科学:
B 辑, 1989(1): 103-112

[11] Patone A, Wam T. The interaction of long quasi-stationary baro-
clinic waves with topography[J]. J Atmos Sci 1982 39(5):
1018-1025

[12] Wam T, Brasnett B The amplification and capture of atmospheric
solitons by topography: A theory of the onset of regional blocking
[J] . JA mos Sci 1983, 40(1): 28-38.

[13] 罗哲贤. 阻塞高压形成机制的数值研究 [J]. 中国科学: B 辑,

1989(6): 665-672

[14] Green J S A. The weather during July 1976 some dynamical con-
siderations of the drought[J]. Weather 1977 32(4): 120-128

[15] 毕慕莹, 丁一汇. 1980 年夏季华北干旱时期东亚阻塞形势的
位涡分析 [J]. 应用气象学报, 1992, 3(2): 145-156.

[16] 吴国雄, 刘辉, 陈飞, 等. 瞬变扰动涡动输送和阻塞高压形
成——1980 年夏我国的持续异常天气 [J]. 气象学报, 1994
52(3): 308-320

[17] 陈汉耀. 1954 年长江淮河流域洪水时期的环流特征 [J]. 气象
学报, 1957 28(1): 1-12

[18] 汤懋苍. 亚洲东部的阻塞形势及其对天气气候的影响 [J]. 气
象学报, 1957 28(4): 282-293

[19] 陶诗言, 赵煜佳, 陈晓敏. 东亚的梅雨期与亚洲上空大气环流
季节变化的关系 [J]. 气象学报, 1958, 29(2): 119-134.

[20] 赵汉光, 陈雪珍. 北半球阻高的统计分析 [J]. 气象, 1990 16
(3): 3-7.

[21] 廖荃荪, 赵振国. 东亚阻塞形势与西太平洋副热带高压的关
系及其对我国降水的影响 [C] / 长期天气预报论文集. 北京:
气象出版社, 1990 125-135

[22] Wang Y. Effects of blocking anticyclones in Eurasia in the rainy
season (meiyu/bain season) [J]. Meteor Soc Japan 1992, 70
929-951

[23] 张庆云, 陶诗言. 亚洲中高纬度环流对东亚夏季降水的影响
[J]. 气象学报, 1998 56(2): 199-211

[24] 朱伟军, 孙照渤, 倪东鸿, 等. 夏季欧亚阻塞高压逐日演变的
定量化分析 [J]. 南京气象学院学报, 2000, 23(4): 514-518.

[25] 李春, 孙照渤, 陈海山. 华北夏季降水的年代际变化及其与东
亚地区大气环流的联系 [J]. 南京气象学院学报, 2002, 25
(4): 455-462

[26] 王霄. 中高纬阻塞活动的气候特征、演变规律及其与我国夏
季降水、气温异常的可能联系 [D]. 南京: 南京气象学院大气
科学系, 2001

[27] 廖荃荪, 陈桂英, 陈国珍. 北半球西风带环流和我国夏季降水
[C] / 长期天气预报文集. 北京: 气象出版社, 1982 103-114