

徐桂玉, 杨修群, 孙旭光. 华北降水年代际、年际变化特征与北半球大气环流的联系. 地球物理学报, 2005, 48(3): 511 ~ 518
Xu G Y, Yang X Q, Sun X G. Interdecadal and interannual variation characteristics of rainfall in north china and its relation with the northern hemisphere atmospheric circulations. *Chinese J. Geophys.* (in Chinese), 2005, 48(3): 511 ~ 518

华北降水年代际、年际变化特征与 北半球大气环流的联系

徐桂玉, 杨修群, 孙旭光

南京大学灾害性天气气候研究所, 南京 210093

摘 要 利用美国 NCEP 再分析月平均资料及我国华北地区 26 个测站月降水资料, 采用奇异值分解(SVD)方法, 研究了华北降水的年代际和年际变化特征与北半球大气环流的联系. 结果表明, 首先对降水和大气变量资料作相应时间尺度的分离是非常必要的, 否则所得到的 SVD 结果不能反映年代际变化特征而只能反映年际变化特征; 华北降水年代际和年际变化对应的大气环流异常有明显的差异; 对应发生在 20 世纪 70 年代后期华北降水的一次年代际跃变, 环流场均存在明显的跃变, 而且有一个从地面向对流层上层传播的过程.

关键词 华北降水, 年代际变化, 年际变化, 奇异值分解(SVD)

文章编号 0001 - 5733(2005)03 - 0511 - 08 **中图分类号** P426 **收稿日期** 2003 - 12 - 10, 2004 - 10 - 12 收修定稿

Interdecadal and interannual variation characteristics of rainfall in North China and its relation with the northern hemisphere atmospheric circulations

XU Gui-Yu, YANG Xiur-Qun, SUN Xu-Guang

Institute of Severe Weather and Climate, Nanjing University, Nanjing 210093, China

Abstract With the data of monthly precipitation of 26 stations in North China and American NCAR/NCEP monthly reanalysis atmosphere variables, by method of Singular Value Decomposition (SVD), we have investigated the variation features of precipitation in North China at interdecadal and interannual time scales, and also its relation with the atmospheric circulations in the Northern Hemisphere. The results show that it's necessary to do time scale separations to precipitation and atmosphere variables, otherwise, the outcomes of SVD reflect only the characteristics of interannual time scale without interdecadal time scale. Corresponding to interdecadal and interannual time scales of precipitation in North China, there exist significant differences in the anomalies of atmospheric circulations. In connection with the remarkable interdecadal shift of precipitation occurring in the late 1970s in North China, all the atmospheric circulations have the same shift as well, together with a propagation process from ground surface to the upper troposphere.

Key words Rainfall in North China, Interdecadal variation, Interannual variation, Singular value decomposition (SVD)

基金项目 国家重点自然科学基金项目(40233028)资助.

作者简介 徐桂玉,女,1945年生,副教授,1969年毕业于南京大学气象学系,主要从事短期气候变化的诊断研究. E-mail :xugy2 @163.com

1 引言

华北地区是我国水资源十分贫乏的地区之一, 干旱化问题已经严重影响到国民经济的发展, 因此华北地区降水变化规律及其成因的研究, 已经成为我国气候变化研究的重点课题之一, 特别是 20 世纪 80~90 年代华北发生严重干旱以来研究工作显得越来越活跃. 许多研究表明, 华北地区降水具有显著的年代际和年际两种不同时间尺度的气候变率^[1~9]. 针对这两种气候变化的物理成因也做了多方面的探讨, 尤其在大气环流的演变方面^[10~14]. 一般来说, 不同时间尺度降水的异常, 应该对应相应时间尺度大气环流的异常. 也就是说, 在研究华北地区旱涝, 特别是干旱形成的原因时, 考虑是否首先将降水和相应大气变量场中包含的不同时间尺度进行分离, 然后再分析各自的特征会更有利于揭示不同时间尺度降水形成的物理原因. 最近, 陆日宇^[15]对夏季华北降水量变化中存在的年际和年代际时间尺度进行分离, 分别研究在这两种不同的时间尺度上与华北夏季旱涝相关联的大气环流的异常. 结果表明, 两者具有不同的表现, 说明影响这两种不同时间尺度的物理原因可能是不同的. Xu Jianjun^[16]在讨论中国冬季降水与海平面气压场时也将年际和年代际时间尺度变化分开研究, 同样得到了不同的结论, 这说明了尺度分离的重要性. 不过上述研究工作仅对降水进行了年际和年代际的分离, 而对相应的大气变量资料并未作分离. 本文将首先对华北地区降水量和气压场及各层高度场进行年代际和年际时间尺度的滤波, 然后分别用奇异值分解 (SVD) 方法, 研究华北地区降水特征及其与大气环流的联系, 特别注意发生华北干旱时大气环流异常在年代际和年际尺度上的差异.

2 资料与方法

本文所用的降水量资料取自国家气象中心分析整理的中国 160 个站月平均降水量资料, 从 1951 年 1 月~1999 年 12 月共 49 年 588 个月. 华北地区降水选取 26 个代表测站, 详见文献[1].

大气变量资料采用美国 NCEP/NCAR 再分析的月平均资料, 从 1951 年 1 月到 1999 年 12 月, 共 49 年, 分辨率为 $2.5^\circ \times 2.5^\circ$. 本文分析涉及的大气变量包括海平面气压 (简称 SLP)、850hPa 位势高度 (简称

H85)、500hPa 位势高度 (简称 H50) 和 200hPa 位势高度 (简称 H20).

本文对华北地区月降水距平及北半球大气各变量月距平分别作年际 (8 年以下) 时间尺度和年代际 (8 年以上) 时间尺度的带通滤波, 利用滤波后的资料作奇异值分解, 分析它们各自的特征以及两者的联系, 同时与未作滤波处理的距平资料 SVD 结果相比较.

奇异值分解 (SVD) 方法详见文献[17], 在本文中, 左、右资料场 X 、 Y 分别对应大气变量场和华北降水量场; 左、右奇异向量场为 U 、 V , 对应的时间系数分别为 u_t 和 v_t , 它们之间的相关系数为 R ; 同时还计算了左资料场 X 与 v_t 的异性相关系数场, 以揭示降水与大气变量场之间的相关性.

3 SVD 计算结果分析

通过对华北降水与 SLP、H85、H50、H20 环流场滤波后的资料作 SVD 分解, 第一模态对应降水的奇异向量场都是同符号的, 由于重点是了解整个华北地区降水的年代际和年际变化特征, 因此本文只分析 SVD 分解的第一模态 (SVD1) 的情况. SVD1 的耦合协方差比 (SCF) 和两个奇异向量场对应时间系数之间的相关系数 R 见表 1.

表 1 SVD1 的协方差比 (SCF) 和相关系数 R
Table 1 The SCFs and correlation coefficients for the leading SVD mode

	年代际尺度		年际尺度	
	SCF	R	SCF	R
SLP	72.67	0.8245	58.42	0.3514
H85	78.31	0.8711	58.39	0.3851
H50	80.90	0.8983	44.77	0.3839
H20	81.96	0.7997	46.46	0.4455

图 1(a, b) 分别为海平面气压年代际和年际时间尺度的异性相关场. 首先, 我们与不作滤波处理的降水距平和 SLP 距平的 SVD 作比较. 图 1c 为距平的异性相关场, 非常明显, 其结果与图 1b 相似, 也就是说, 如果大气变量资料不进行尺度分离, 所得到的 SVD 结果主要反映的是年际变化的情况, 而年代际变化的特征基本上没有反映. 其他大气变量场均有类似的结果, 这说明了在研究降水不同时间尺度的气候特征时, 资料进行尺度分离的必要性.

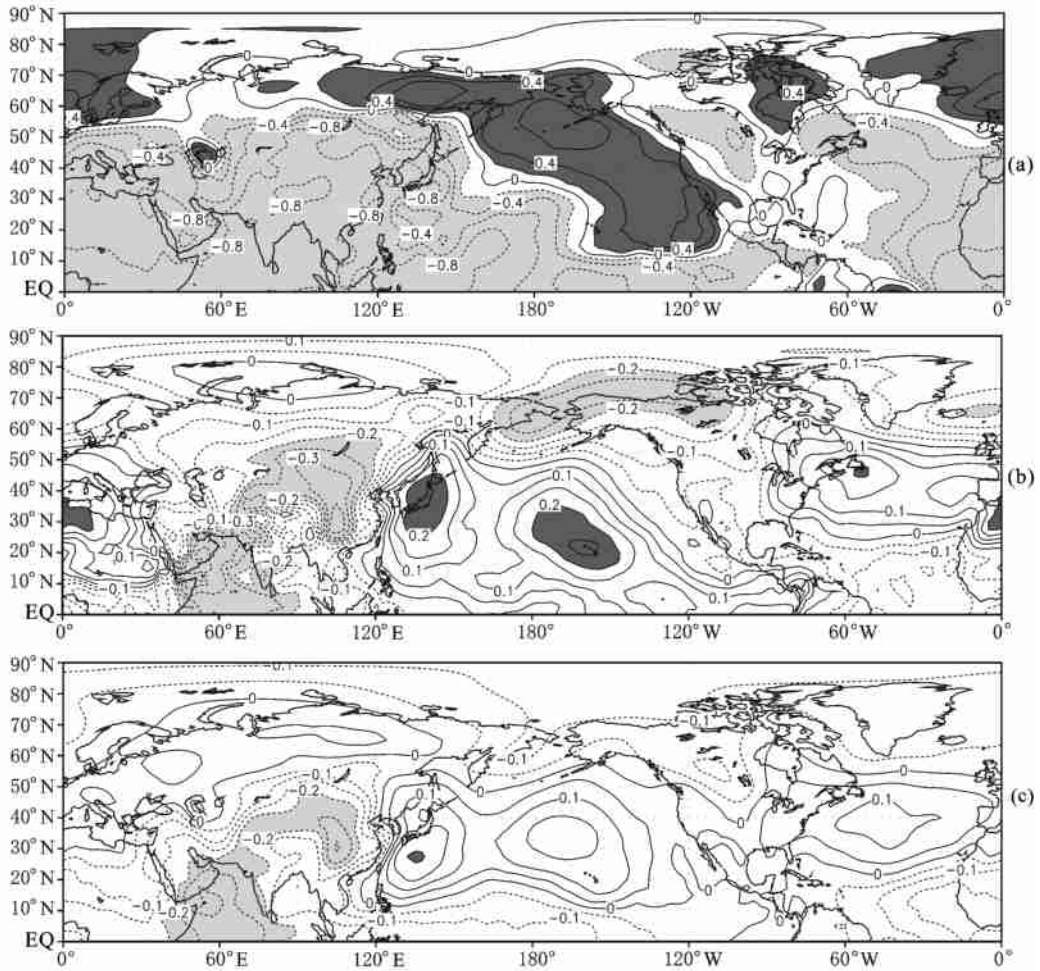


图 1 华北降水与海平面气压场(SLP)SVD 第一模态的 SLP 异性相关场

(a) 年代际尺度; (b) 年际尺度; (c) 距平场。

Fig. 1 Heterogeneous correlation patterns of sea level pressure (SLP) for the leading SVD mode of rainfall in North China and SLP in (a) interdecadal, (b) interannual time scales and (c) SLP anomalies

3.1 海平面气压场(SLP)相关特征

由 SLP 年代际时间尺度异性相关场图 1a 可见,主要的正相关区位于北太平洋的东北部、欧亚大陆的北部、北美大陆东北部至冰岛及以东地区。60°N 以南的欧亚大陆 - 北非、北太平洋的西南部以及北大西洋为负相关区。对照 SLP 的多年平均图(图略)可知,当阿留申低压加强和太平洋高压偏强时(主要是西南太平洋高压增强而东南部副高偏弱,太平洋高压偏西),即北太平洋涛动(NPO)偏强时华北易出现年代际干旱。同样当冰岛低压偏强和北大西洋副热带高压增强,即北大西洋涛动(NAO)偏强时华北易出现年代际干旱。此外当西伯利亚高压和北美高压偏强、印度低压偏弱、北太平洋中、东部副热带高压(常年平均位置)减弱以及赤道辐合带减弱时,华北年代际降水偏少。

比较图 1a 与图 1b,可以发现年际尺度与年代际

尺度异性相关场的差异非常明显。注意符号相异的区域,如阿留申地区、北太平洋的西南部、北大西洋中部以及格陵兰 - 冰岛一带。这些地区的气压场变化对华北年代际、年际尺度降水的贡献是不同的,当 NPO 和 NAO 偏弱时,华北年际降水偏少。由此可见,西太平洋副热带高压的加强将导致华北年代际降水偏少,而年际降水偏多。

值得注意的是,图 1(a, b)中相关符号相同的区域,因为这些区域相同的物理原因可能会造成华北年代际和年际干旱同时出现,从而使旱情加重。我们先看一下华北降水距平的年际变化曲线(图 2a),华北降水偏少的年份大部分出现在年代际降水偏少的阶段(图 2b),如 1951、1968、1980、1981、1986、1997 年和 1999 年。其中 20 世纪 80 年代就是华北年代际、年际降水同位相偏少,干旱较为严重的时段。图 1(a, b)中符号相同的区域主要有欧亚大陆和北美大

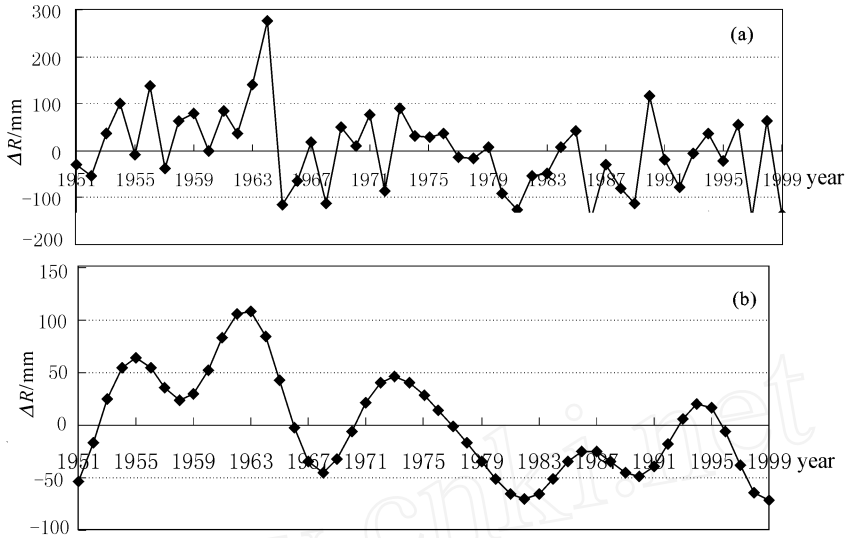


图 2 华北降水距平时间序列 (R 为降水距平)

(a) 平均年降水距平; (b) 年代际 (8 年以上) 低通滤波后.

Fig. 2 Time series of the anomalies of (a) the annually averaged and (b) interdecadal (above 8-year) low-pass filtered rainfall in North China

陆的西部、北太平洋的中、东部以及 $60^{\circ}\text{E} \sim 120^{\circ}\text{E}$ 的低纬度地区. 当欧亚大陆和北美西部大陆的气压为正距平时, 即西伯利亚高压和北美大陆高压偏强, 印度低压偏弱、北太平洋中、东部副高 (常年平均位置) 偏弱、印度洋 - 孟加拉湾 - 南海一带高度偏高, 赤道辐合带偏弱时, 华北年代际、年际尺度降水同位相减少, 易出现严重干旱.

3.2 850hPa 和 500hPa 高度场相关特征

850hPa 和 500hPa 高度场的年代际和年际尺度异性相关场形势与 SLP 形势相似, 不同的是正相关区有所缩小. 图 3 (a, b) 分别为 500hPa 年代际和年际时间尺度的异性相关场. 由于年际尺度 SVD 中降水奇异向量场全为负值, 因此与图 3a 作比较时应乘以 -1. 所以 500hPa 图上两者相关场符号相异处 (乘

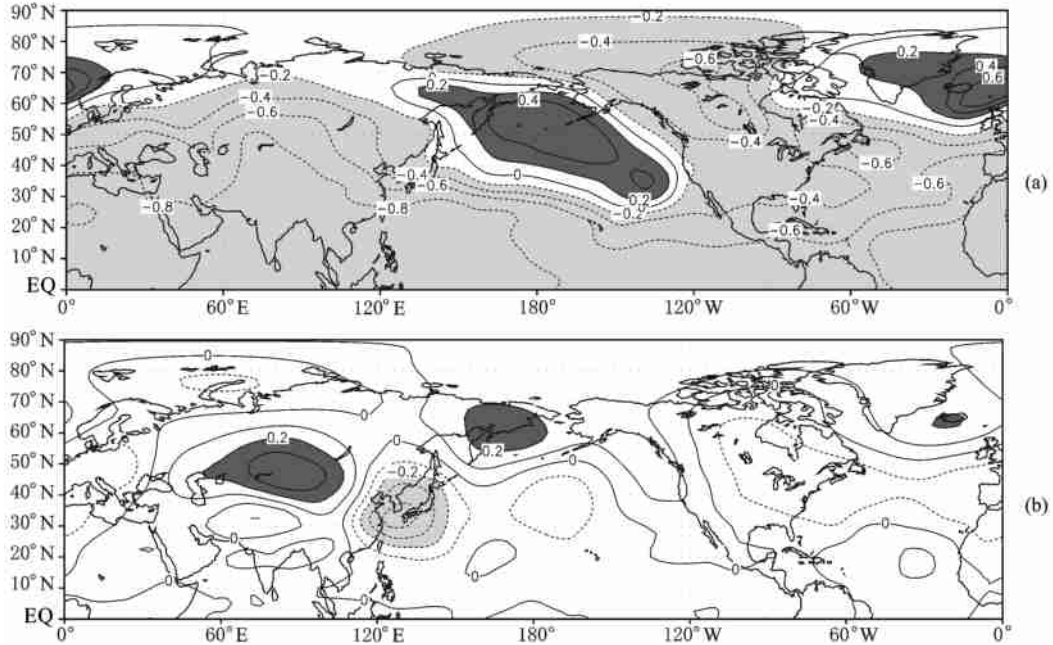


图 3 华北降水与 500hPa 位势高度 SVD 第一模态的 500hPa 高度异性相关场

(a) 年代际尺度; (b) 年际尺度.

Fig. 3 Same as Fig. 1 but for 500hPa in (a) interdecadal and (b) interannual time scales

以 - 1 以后) 有阿留申地区、北太平洋的西部及 25°N 以南地区、北大西洋中部及北美大陆 - 格陵兰 - 冰岛附近. 由此可知, 当对流层中层 500hPa 阿留申低压槽加深, 东亚沿海槽减弱, 西太平洋高压偏强, 赤道辐合带偏弱以及冰岛附近低压槽增强, 北美沿海槽偏弱, 大西洋高压偏强时华北年代际降水减少, 而年际尺度降水增多. 这也表明, 华北降水年代际振荡与太平洋地区 PNA 遥相关型^[18] 有联系, 即 PNA 呈高指数时年代际降水减少, 低指数时年代际降水偏多, 而年际尺度不存在这种关系. 北美地区 PNA 遥相关型对于华北年代际、年际尺度降水都没有类似的对应关系.

据研究, 太平洋上空大气异常表现为 PNA 结构时, 与太平洋年代际振荡 PDO (Pacific Decadal Oscillation) 现象关系密切^[19,20]. 在 PDO 暖位相时, 热带中东太平洋异常暖, 北太平洋中部异常冷, 而沿北美西岸却异常暖; 反之, 则为 PDO 冷位相. 结合上面的分析可知, 当太平洋地区 PNA 呈高指数、PDO 暖位相、NPO 偏强时, 华北年代际降水减少而年际尺度降水增多; 当太平洋地区 PNA 呈低指数、PDO 冷位相、NPO 偏弱时, 华北年代际降水增多, 而年际尺度降水减少.

同样, 500hPa 年代际和年际尺度异性相关场符号相同的区域有欧亚大陆、北美西部大陆、北太平洋

中部及大西洋南部地区. 即当乌拉尔山、巴尔喀什湖 - 贝加尔湖附近高压脊加强, 太平洋中部低压槽加深时, 华北年代际、年际尺度降水同位相减少.

以上事实表明, 就太平洋副高而言, 西太平洋副高强度的变动对华北年代际、年际尺度降水的贡献是不同的, 而中、东太平洋副高的贡献相同.

3.3 200hPa 相关特征

200hPa 的异性相关场如图 4 所示. 在年代际尺度上(图 4a) 与中、低层相关场相比, 太平洋上正相关区明显北缩, 而我国长江以北地区由负相关区转为正相关区. 同样, 与 500hPa 类似, 由于年际尺度 SVD 中降水奇异向量场全为负值, 为了与图 4a 作比较, 年际尺度图 4b 亦要乘以 - 1, 所以图 4(a, b) 中大部分地区符号相反(乘以 - 1 以后), 说明相应的环流场对华北年代际、年际尺度降水的贡献是相反的. 主要是当热带太平洋和热带大西洋上的洋中槽偏弱、热带欧亚大陆和北美大陆东岸高压脊加强以及中高纬度北美大陆西岸高压脊加强和东岸低压槽减弱时, 华北年代际降水减少而年际降水增多.

与对流层中、低层不同的是, 我国长江以北至西伯利亚由负相关区转为正相关区, 该正相关区对华北年代际、年际尺度降水的贡献是相同的. 即当 200hPa 华北至东西伯利亚高度偏低时, 华北降水偏少. 同时由图 4 还可看出, 自贝加尔湖以西至巴尔喀

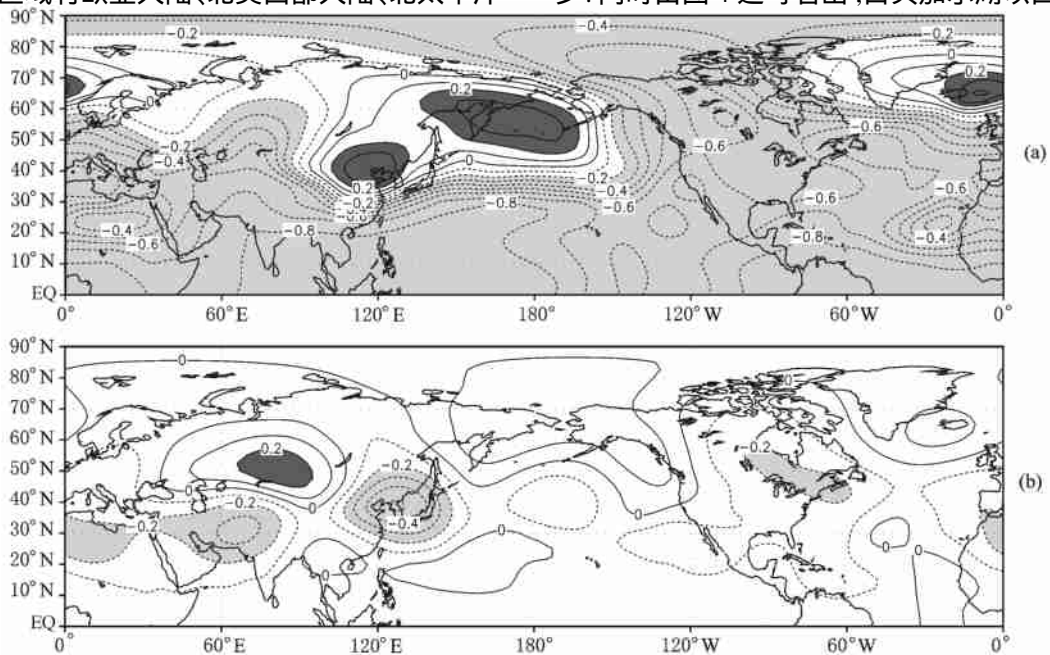


图 4 华北降水与 200hPa 位势高度 SVD 第一模态的 200hPa 高度异性相关场 (a) 年代际尺度; (b) 年际尺度.

Fig. 4 Same as Fig. 1 but for 200hPa in (a) interdecadal and (b) interannual time scales

什湖以北的西西伯利亚地区,高度场与华北年代际、年际尺度降水有相同贡献的是负相关区,即当西西伯利亚高度偏高时,华北降水偏少.由此可见,对流层上层,长江以北至整个西伯利亚地区高度场的变化是华北出现干旱的主要关键区.

上述分析结果与文献[15]采用合成差值图分析结果类似.而卫捷^[21]、于润玲^[22]等用距平资料分析时所得结论只对对应年际尺度降水异常时的环流特征,赵声蓉等^[12]结论中则包含了不同尺度降水异常的环流特征.

4 华北降水年代际变化与各层环流演变的时滞性

由图 2b 可见,近 50 年来,华北降水在 20 世纪 60 年代和 20 世纪 70 年代分别发生了两次年代际异常,其中 70 年代后期的 76/77 年是最重要的一次跃变,此后降水持续减少,出现严重干旱现象.该跃变过程在 SVD 第一模态的结果中反映非常清楚. SVD 第一模态对应华北降水场时间系数 $vr1$ 的跃变过程,在 SLP、H85、H50、H20 场对应的时间系数序列

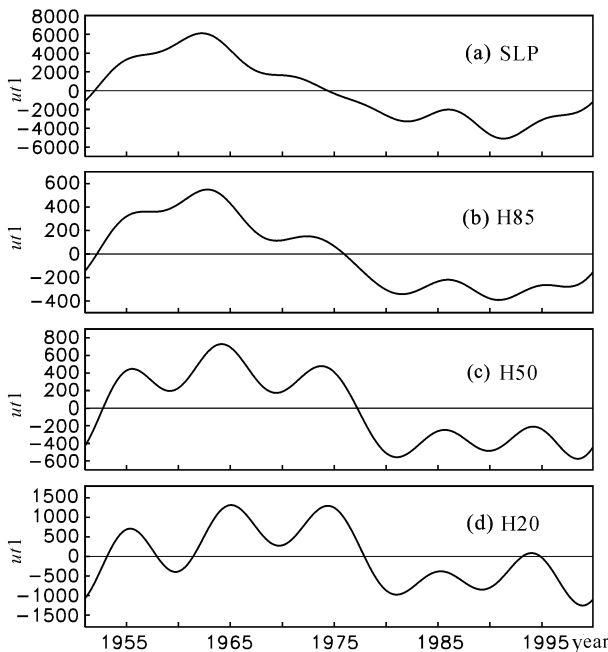


图 5 华北降水与大气变量场年代际尺度 SVD 第一模态的时间系数 $vr1$

(a) SLP; (b) H85; (c) H50; (d) H20.

Fig. 5 Time series of the expansion coefficients for the leading SVD mode of rainfall in North China and the atmospheric variable components

(a) SLP, (b) H85, (c) H50 and (d) H20 in interdecadal time scale.

$vr1$ 中都可以看出存在一次明显的跃变(图 5). 其中 SLP 的跃变超前降水 30 个月左右, H85 超前降水 6 个月左右, H50 滞后 7 个月左右, 而 H20 则滞后于华北降水 14 个月左右. 这表明, 对应华北年代际降水跃变过程, 环流场跃变有一个从地面对流层上层传播的过程. 最先出现变化的是 SLP, 与降水年代际变化呈同期变化关系的层次应该在 850 ~ 500hPa 之间的对流层中下层. 陆日宇^[15]认为, 年代际变化主要反映在中下层, 这可能是由于中下层呈同期变化关系, 因此反映的特征比较明显.

5 结 论

(1) 在研究华北降水的年代际和年际尺度变化特征及其与大气环流的联系时, 进行相应尺度分离是必要的, 如果资料不进行尺度分离, 所得到的 SVD 结果主要反映年际变化特征而不能反映年代际变化特征.

(2) 对应华北年代际和年际尺度降水异常的大气环流异常特征具有非常明显的差异. 海平面气压场上, 当 NPO 和 NAO 偏强、对流层中部太平洋地区 PNA 呈高指数、PDO 暖位相, 对流层中、低层阿留申低压槽和冰岛附近低压槽加深、东亚沿海槽和北美沿海槽偏弱、西太平洋高压和大西洋高压偏强、赤道辐合带偏弱, 对流层上层, 热带太平洋和热带大西洋上的洋中槽偏弱、热带欧亚大陆和北美大陆东岸高压脊加强以及中高纬度北美大陆西岸高压脊加强和东岸低压槽减弱时, 华北年代际降水减少而年际尺度降水增多. 西太平洋副高强度的变动对华北年代际、年际尺度降水的贡献是不同的.

(3) 华北年代际、年际降水同位相减少, 出现严重干旱时大气环流异常的主要关键区是: 海平面气压场和对流层中低层的欧亚大陆和北美大陆西部、北太平洋中、东部、以及 60°E ~ 120°E 的低纬度地区; 对流层上层为长江以北至整个西伯利亚地区. 当 SLP 上西伯利亚高压和北美大陆高压偏强、印度低压偏弱、北太平洋中、东部副高(常年平均位置)偏弱、印度洋 - 孟加拉湾 - 南海一带高度偏高、赤道辐合带偏弱时; 500hPa 上乌拉尔山和巴尔喀什湖至贝加尔湖附近高压脊加强、太平洋中部低压槽加深时; 200hPa 华北 - 东西伯利亚地区高度偏低、西西伯利亚高度偏高时; 华北可能出现严重干旱.

(4) 华北降水最重要的一次年代际跃变发生在 20 世纪 70 年代后期的 76/77 年, 对应这次跃变过

程,环流场均存在明显的跃变,而且有一个从地面向对流层上层传播的过程。最先出现变化的是海平面气压场,超前降水 30 个月左右,200hPa 则滞后于华北降水 14 个月左右,与降水年代际变化呈同期变化关系的层次在 850~500hPa 之间的对流层中下层。

参考文献 (References)

- [1] 黄荣辉,徐予红,周连董. 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):465~476
Huang R H, Xu Y H, Zhou L T. The interdecadal variation of summer precipitations in China and the drought trend in North China. *Plateau Meteorology* (in Chinese), 1999, 18(4):465~476
- [2] 李崇银,李桂龙,龙振夏. 中国气候年代际变化的大气环流形势对比分析. 应用气象学报,1999,10(增刊):1~8
Li C Y, Li G L, Long Z X. Comparison analyses of atmospheric circulation for interdecadal climate variation in China. *Quarterly Journal of Applied Meteorology* (in Chinese), 1999, 10(Suppl.):1~8
- [3] 杨修群,郭燕娟,徐桂玉等. 年际和年代际气候变化的全球时空特征比较. 南京大学学报,2002,38(3):308~317
Yang X Q, Guo Y J, Xu G Y, et al. Comparison of global spatio-temporal structures of interannual and interdecadal climate variations. *Journal of Nanjing University (Natural Sciences)* (in Chinese), 2002, 38(3):308~317
- [4] 陈烈庭. 华北各区夏季降水年际和年代际变化的地域性特征. 高原气象,1999,18(4):477~485
Chen L T. Regional features of interannual and interdecadal variations in summer precipitation anomalies over North China. *Plateau Meteorology* (in Chinese), 1999, 18(4):477~485
- [5] 孙淑清. 近五十年来华北地区旱涝特征与全球变化的研究及对未来趋势的探讨. 高原气象,1999,18(4):541~551
Sun S Q. A study of the features of drought and flood in North China in recent 50 years and the relations between them and global changes. *Plateau Meteorology* (in Chinese), 1999, 18(4):541~551
- [6] 陆日宇. 华北夏季不同月份降水的年代际变化. 高原气象,1999,18(4):509~519
Lu R Y. Interdecadal variations of precipitations in various months of summer in North China. *Plateau Meteorology* (in Chinese), 1999, 18(4):509~519
- [7] 严中伟. 华北降水年代际振荡及其与全球温度变化的联系. 应用气象学报,1999,10(增刊):16~22
Yan Z W. Interdecadal oscillations of precipitation in North China and its relation with global temperature change. *Quarterly Journal of Applied Meteorology* (in Chinese), 1999, 10(Suppl.):16~22
- [8] 王群英,龚道溢. 华北降水资源的变化及其与厄尔尼诺的关系. 自然资源学报,1999,14(2):103~108
Wang Q Y, Gong D Y. Variation of rainfall over North China and its possible connection to El Niño. *Journal of Natural Resources* (in Chinese), 1999, 14(2):103~108
- [9] 杨广基. 华北地区的降水特征及趋势估计. 高原气象,1999,18(4):668~677
Yang G J. The characteristics of rainfall and its tendency estimate over North China. *Plateau Meteorology* (in Chinese), 1999, 18(4):668~677
- [10] 毕慕莹. 近 40 年来华北干旱的特点及其成因. 见:旱涝气候研究进展. 北京:气象出版社,1990
Bi M Y. The Characteristics of drought over North China in recent 40 years and its causes. In: *Advances of Climate Research in Drought and Flood* (in Chinese). Beijing: Meteorological Press, 1990
- [11] 张庆云. 1880 年以来华北降水及水资源的变化. 高原气象,1999,18(4):486~495
Zhang Q Y. The variations of the precipitation and water resources in North China since 1880. *Plateau Meteorology* (in Chinese), 1999, 18(4):486~495
- [12] 赵声蓉,宋正山. 华北汛期旱涝与中高纬大气环流异常. 高原气象,1999,18(4):535~540
Zhao S R, Song Z S. Floods and droughts in northern China and general circulation anomalies over mid- and high-latitude. *Plateau Meteorology* (in Chinese), 1999, 18(4):535~540
- [13] 赵声蓉,宋正山,纪立人. 华北汛期降水与亚洲季风异常关系的研究. 气象学报,2002,60(1):68~75
Zhao S R, Song Z S, Ji L R. Study of relationship between the anomalies of rainfall over North China and the Asian monsoon anomalies. *Acta Meteorologica Sinica* (in Chinese), 2002, 60(1):68~75
- [14] Wang H J. The weakening of the Asian monsoon circulation after the end of 1970's. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2001, 18(3):376~386
- [15] 陆日宇. 华北汛期降水量变化中年代际和年际尺度的分离. 大气科学,2002,26(5):611~624
LU R Y. Separation of interannual and interdecadal variations of rainfall in North China. *Chinese Journal of Atmospheric Sciences* (in Chinese), 2002, 26(5):611~624
- [16] XU Jianjun, Johnny C L. Interannual and interdecadal variability of winter precipitation over China in relation to global sea level pressure anomalies. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2002, 19(5):915~926
- [17] 施能. 气象科研与预报中的多元分析方法. 北京:气象出版社,1995. 229~237
Shi N. *Multivariate Analysis Method for Meteorological Research and Forecast* (in Chinese). Beijing: Meteorological Press, 1995. 229~237
- [18] Wallace J M, Gutzler D S. Teleconnection in the geopotential height field during the northern hemisphere winter. *Mon. Wea. Rev.*, 1981, 109(4):785~812
- [19] Zhu Yimin, Yang Xiuqun. Joint propagating patterns of SST and SLP anomalies in the North Pacific on bidecadal and pentadecadal timescales. *Advances in Atmospheric Sciences*, 2003, 20(5):694~710
- [20] 赵珊珊,杨修群. 中等复杂程度全球热带海洋模式模拟的热带印度洋海表温度变率. 南京大学学报,2003,39(3):358~369
Zhao S S, Yang X Q. SST Variability in the tropical Indian ocean simulated by an intermediate tropical global ocean model. *Journal of Nanjing University (Natural Sciences)* (in Chinese), 2003, 39(3):358~369

- [21] 卫捷,张庆云,陶诗言. 近 20 年华北地区干旱期大气环流异常特征. 应用气象学报, 1999, 14(2): 140~151
Wei J, Zhang Q Y, Tao S Y. Characteristics of atmospheric circulation anomalies during persistent droughts in North China for last two decades. *Journal of Applied Meteorological Science* (in Chinese), 1999, 14(2): 140~151
- 平洋海温关系的初步分析. 南京气象学院学报, 2002, 25(5): 578~586
Yu R L, Sun Z B, Chen H S. Relationship between North China rainfall and north hemisphere circulation and North Pacific sea surface temperature. *Journal of Nanjing Institute of Meteorology* (in Chinese), 2002, 25(5): 578~586
- [22] 于润玲,孙照渤,陈海山. 华北夏季降水与北半球环流及北太

《地球物理学报》稿约

《地球物理学报》创刊于 1948 年,是中国科学院地质与地球物理研究所、中国地球物理学会联合主办的有关地球物理科学的综合性学术刊物. 主要刊载固体地球物理、应用地球物理、地磁和空间物理、大气和海洋地球物理,以及与地球物理密切相关的交叉学科研究成果的高质量论文. 中文版为双月刊,在国内外发行,并由美国地球物理学家联合会(简称 AGU)同步发行英文网络版. 作者和读者对象主要为从事地球物理学、地球科学及其他相关学科的国内外科技工作者和大专院校师生.

《地球物理学报》荣获首届国家期刊奖和中国科学院优秀期刊特等奖,2001 年进入“中国期刊方阵”被评为“双高期刊”. 2002 年底荣获第二届国家期刊奖. 本刊为中国科技信息研究所信息分析中心、中国科学院引文数据库等的统计源期刊和 SCI 等国际检索系统的源期刊.

1 主要栏目

- 1.1 学术论文 报道我国以及国际地球物理各分支学科及相关边缘、交叉学科的重要研究成果,包括具有创新性的基础研究和应用基础研究成果,以及具有重大应用价值的研究成果. 一般不超过 6000 字. 附中、英文摘要约 300 字,关键词 3~8 个.
- 1.2 综述或评述 介绍国内外地球物理学和相关交叉学科在某一领域或某一专题的最新研究进展或评述. 6000 字以内,其余要求同 1.1.
- 1.3 研究短论 快捷报道地球物理学领域和相关交叉学科某项研究的重要阶段性成果,或主要结论,或重要发现. 3000 字左右.
- 1.4 科学论坛 开展对地球物理学和相关交叉学科以及对本刊文章某一学术观点的讨论,一般 3500 字以内.
- 1.5 学术动态 国内外有关地球物理学学术活动的报道. 一般 800 字以内.“1.2”~“1.5”为不定期栏目.

2 稿件要求

- 2.1 文稿观点明确,论据可靠,层次分明,论述精练,语言准确,符合规范,求真反伪,文责自负.
- 2.2 量、符号和单位采用国家标准《量和单位》. 量符号、代表变动性数字的符号以及坐标轴的符号均排斜体;矢量、张量排黑斜体;量符号的下标,凡用以上符号者排斜体,其他情况排正体. 量符号在文中首次出现时,必须给出其量名称及单位. 单位一律采用国际符号,排正体. 地球物理学中常用的数学符号(自然对数的底 e , 圆周率 π , 转置 T , 虚数 i , d 中的 dx 中的 d , ∂x 中的 ∂ 等)均排正体. 外文缩写词必须符合国际规范,在文中第一次出现时要说明中文含义.
- 2.3 图件 附最必要的图,一般不超过 6 幅,每幅注明图号. 要求图件具科学性,符合规范,清晰美观,能直接用于制版. 坐标轴标目的书写以规范形式“量符号/单位”表示,如 f/Hz , $v/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$. 图中内容要中、英文并列给出. 对于涉及国界的图件,必须绘制在地图出版社出版的最新地图上,或通过 www.sbsm.gov.cn 下载. 最好提供能用 Coreldraw 编辑的图件. 在正文中标示图的位置(画框示意),框的下方写明图号、图题(中、英文并列)和图注.
- 2.4 表格 采用三线表,必要时加辅线. 表号和表题置于表的上方(中、英文并列). 表中量和单位的标示形式同图. 表直接列于文中,勿另置. 注意表与图的内容勿重复.
- 2.5 参考文献 遵循著作权法,凡引用他人资料、数据、方法、图表以及结果、结论的,必须注明出处,列出文献,涉及版权事宜作者自负. 参考文献的著录格式本刊采用“顺序编码制”,著录格式详见“《地球物理学报》文后参考文献著录格式”.
- 2.6 提交文稿研究工作的基金来源(批准号),以及 100 字以内的第一作者简介.

3 注意事项

- 3.1 来稿一式两份,计算机打印.
- 3.2 投稿者可建议 3~5 名评审者(请注明学位、职称、研究领域、单位和通讯处),以及要求回避的评审者. 供编辑部参考.
- 3.3 来稿如不符合以上要求,将退作者修改后再投. 自留稿件底稿,刊用与否恕不退稿. 作者收到本刊回执后 3 个月未接到录用通知时,可自行处理,并请告之编辑部,双方有约定者除外,勿一稿多投.
- 3.4 来稿一经发表,酌寄稿酬并酌收版面费. 赠送抽印本 20 份及样刊.

来稿请寄:北京 9825 信箱《地球物理学报》编辑部 邮 编:100029

电 话:010-62007700,62007709,62007696 E-mail:actageop@mail.igcas.ac.cn