

太阳活动与黄河流域降水关系分析^①

李春晖 杨志峰

(北京师范大学环境学院 水环境模拟国家重点实验室, 北京 100875)

提 要

太阳活动对黄河流域降水有一定影响。引用 Morlet 小波分析技术,对黄河流域近 50 年来的降水与太阳黑子的小波系数变化进行分析,表明在 1951~1997 年期间,黄河流域年降水与太阳黑子在 9 年时间尺度上呈一定的负相关关系,且降水有 1~2 年的滞后现象。

关键词: 太阳黑子 降水 黄河流域

引 言

太阳黑子是反映太阳辐射变化的重要指标,一般用太阳黑子相对数表示。研究表明太阳活动对降水有一定的影响。韩照宇等发现上年 12 月和同年 2 月的太阳黑子数与山西省夏半年降水有一定的负相关关系,发生涝年的同年 2 月太阳黑子数在相应年份则出现了极小值或小值;旱年对应较涝年差一些,但也能反映出相反趋势,如早年的同年 2 月太阳黑子数是极大值或大值^[1]。董安祥等研究表明对于西北四省区(陕、甘、宁、青)而言,在黑子谷年容易出现旱年,大旱年大多出现在黑子谷年,而多雨年在各个位相均可能出现。太阳黑子数与西北区东部春季降水量在长周期(4.2~3.5a)有较好的同位相正相关,在短周期(3.2~2.0a)有较好的同位相负相关,两者在 2.6a 周期段凝聚值最高^[2]。徐小红等则认为太阳黑子与陕西夏季降水有一定的相关性,太阳黑子峰值,夏季降水偏多几率偏大,谷值偏少几率偏大^[3]。显然,研究方法和研究区域不同,得到的结论也不完全一致。

从目前的研究方法看,主要采用频率统计分析方法,即统计两个系列峰(谷)值出现一致的频率来判断二者的相关关系。这种研究方法的前提便认为降水的峰谷波动全部是由太阳活动引起的。事实上降水除了受太阳

活动影响外,还受到海-气相互作用、局地气候等多种因素影响,出现 3 年、6~7 年、9~11 年等多种变化周期,如果仅根据降水与太阳黑子变化的相关分析,则把其它因素影响也归为太阳活动的影响,这种方法是不合理的。还有部分研究采用交叉谱分析和小波分析方法,消除了其它因素的影响,如 Daubechies 正交小波,但是对短时间尺度分析效果不是很好^[4]。

太阳活动存在相对固定的主要变化周期,那么其对降水也应该具有相同周期影响。本文根据 1951~1997 年黄河流域与兰州以上区域面平均年降水量和同期太阳黑子相对数数据,基于 Morlet 小波分析方法,先分析近 50 年来太阳黑子的主要变化周期,然后分析在这周期下的降水变化,从而可以清楚地认识太阳活动对黄河流域降水的可能影响。

1 数据来源与方法

1.1 数据来源

以黄河兰州以上区域(32~38°N、96~104°E)、整个黄河流域为例,研究年降水与太阳黑子变化的相关性,时间尺度为 1951~1997 年。

黄河流域降水数据来源:选取黄河流域内 699 个降水站的降水数据,为了提高边界区域降水的精确性,另外选取流域周边的

① 基金项目:国家重点基础研究规划项目(G1999043605);中国博士后科学基金项目(2004036209)

128个降水站点,共827个降水测站的1951~1997年逐月监测数据。在ARCVIEW空间分析模块支持下,采用Kriging球函数法插值模块得到黄河流域逐月降水量Grid图,并利用空间统计分析模块得到黄河兰州以上区域和黄河流域逐年面平均降水量。

太阳黑子数据来源:根据美国地理学会历年公布资料。

1.2 分析方法

关于小波分析的文献很多,作为成熟的数学分析工具,在地震、气候和水文等领域取得丰硕的成果^[5~8]。本研究采用Morlet小波函数进行分析。Morlet函数有多种形式,这里应用Math Works公司的数学软件Matlab6.1提供的Morlet小波函数,其形式为

$$\Psi(t) = Ce^{-\frac{t^2}{2}} \cos(5t) \quad (1)$$

式中, $\Psi(t)$ 为基本小波或母小波, t 为时间, C 为常数。

2 黄河流域太阳黑子与年降水量关系

2.1 太阳黑子与年降水量的关系

图1是1951~1997年太阳黑子和黄河兰州以上区域、黄河流域的年降水变化特征。从图中可以看出黄河兰州以上区域、黄河流域的年降水变化趋势基本一致,而且这些降水的峰值(较大值)出现在太阳黑子不同变化阶段:太阳黑子的峰值,如1957、1989年等;太阳黑子的下降阶段,如1961、1973和1983年等;太阳黑子的上升阶段,如1967年、1979年等;太阳黑子的谷值,如1954年、1964年、1975年和1996年等。显然二者之间的相关性不很明显,这是因为降水受多种因素影响,变化比较复杂,而太阳黑子则是明显的周期性变化。

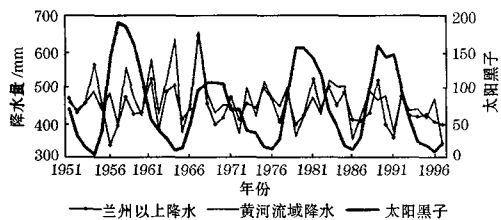


图1 黄河流域太阳黑子与年降水量的关系

2.2 太阳黑子与年降水量小波系数的关系

图2a~c是太阳黑子和黄河兰州以上区

域、黄河流域降水量Morlet小波系数二维等值线图,横轴对应时间位移,纵轴对应时间尺度(1~20年),可以看出每一年时间尺度下变化特征。从图2a中可以看出近50年来太阳黑子存在明显的9年周期变化特征,而黄河兰州以上区域、黄河流域降水系列在3年、6年和11年等时间尺度下出现周期变化,与太阳黑子变化趋势并不完全相同。

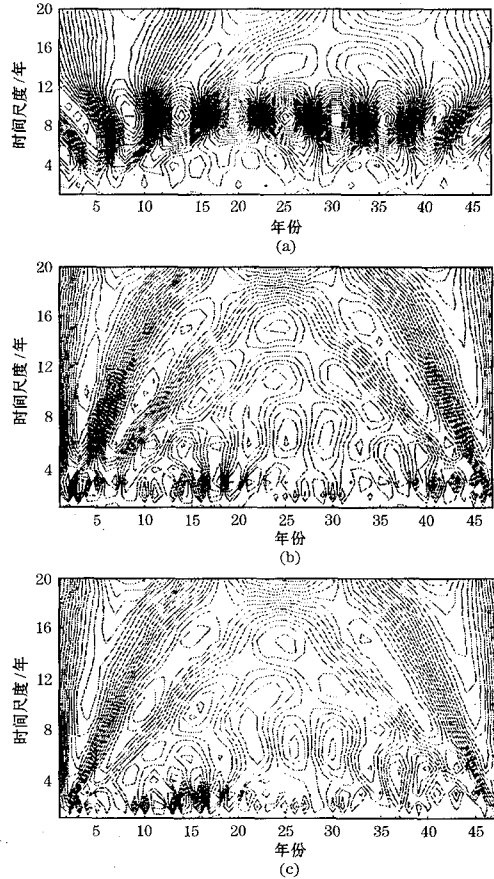


图2 1951~1997年黄河流域降水量太阳黑子小波系数等值线图

a 太阳黑子; b 黄河兰州以上区域降水; c 黄河流域降水

为了消除降水短周期变化的影响,更清楚地观测降水量与太阳黑子的相关关系,本文提取9年太阳黑子和黄河兰州以上区域、黄河流域降水量系列的小波系数进行分析。图3是1951~1997年太阳黑子和黄河兰州以上区域、黄河流域降水量Morlet小波系数9年变化图。从图3a可知,在9年时间尺度上,1951~1997年太阳黑子与黄河兰州以上

区域、黄河流域降水量表现为明显的负相关,而且大部分降水峰(谷)比太阳黑子谷(峰)滞后1~2年。

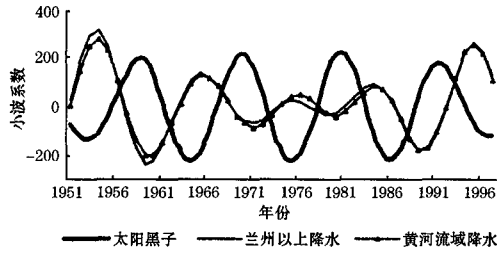


图3 黄河流域降水量、太阳黑子
9年尺度小波系数变化

研究表明太阳黑子对不同区域降水影响不同,在太阳黑子的峰值,低纬度($\pm 20^\circ$)降水较多,中纬度降水较少($20^\circ \sim 40^\circ$),高纬度($>40^\circ$)较多^[10]。李可军等以韩国江汉和我国长江流域两个中纬度地区洪水为例进行分析,得出太阳黑子与降水呈负相关关系^[11]。黄河流域处于中纬度地区,降水与太阳黑子也有一定的负相关关系。研究表明,太阳黑子周期与夏季西太平洋副热带高压的南北位置存在着较好的对应关系。一般在太阳黑子低值期,夏季西太平洋副热带高压位置往往偏北,对应中国夏季主要雨带也偏北;相反,在太阳黑子高值期,夏季西太平洋副热带高压位置偏南,中国夏季主要雨带也偏南。这可能是黄河流域降水与太阳黑子负相关的主要原因。

3 结语

太阳活动是影响黄河流域降水的重要因

素之一。引用 Morlet 小波分析技术,利用与太阳黑子相同变化周期下降水与太阳黑子小波系数变化关系,分析太阳活动对黄河流域降水的影响,发现太阳活动对黄河流域的降水有一定的影响,在9年时间尺度上它们与太阳黑子呈一定的负相关关系,且降水有一定的滞后现象。

参考文献

- 1 韩照宇,刘荣,王振华等.山西省降水与环流特征量及 El Nino 的关系.山西气象,2001,(2):22~25.
- 2 董安祥,祝小妮,郭慧.太阳活动与西北地区降水.甘肃科学学报,1999,11(4):14~17.
- 3 徐小红,张宏平,李兆元.太阳黑子、厄尔尼诺与陕西夏季降水.陕西气象,1998(1):23~25.
- 4 韩敏,席剑辉,许士国.太阳黑子对黄河年径流量影响的初步研究.水科学进展,2003,14(增刊):9~14.
- 5 Morlet, J.. Sampling Theory and Wave Propagation. Proc. 51st Ann. Meeting of the Soc. of Explor. Geophys, Los Angeles, USA. 1981.
- 6 Torrence, C. and G. P. Compo. A practical guide to wavelet analysis. Bull. Amer. meteor. Soc. 1998, 79(1): 61~78.
- 7 姚建群.连续小波变换在上海近100年降水分析中的应用.气象,2001,27(2):20~24.
- 8 丁峰,周顺武.近50年青岛夏季降水变化趋势及其可能原因.气象,2004,30(5):3~7.
- 9 刘增基,邹燕,吴滨.福州市百年强降水频数的统计特征.气象,2002,28(2):46~50.
- 10 John R Herman, Richard A. Gordberg. Sun, Weather and Climate Scientific and Technical Information. NASA 1978. 1.
- 11 李可军,向福元,李建勇等.中纬度地区的洪水与太阳活动关系的研究.云南天文台台刊,2000,(2):34~35.

Relationship between Solar Activities and Precipitation in the Yellow River Basin

Li Chunhui Yang Zhifeng

(State Key Laboratory of Water Environment Simulation, School of Environment, Beijing Normal University 100875)

Abstract

The solar activities might affect precipitation in the Yellow River Basin. The Morlet wavelet method is applied to analyze the changes of wavelet coefficients of precipitation and sunspots at same time scales. The research shows that there are negative correlations between precipitation and sunspots and they are most obvious in 9-year time scale. Furthermore, the precipitation lagged behind the sunspots by 1—2 years.

Key Words: sunspots precipitation Morlet wavelet