

锡林郭勒草原不同生态地理区降水 周期变化特征的小波分析

王海梅^{1,2}, 李政海², 阎军¹, 乌兰¹

(1. 内蒙古自治区气象科学研究所, 内蒙古呼和浩特 010051; 2. 大连民族学院 生命科学学院, 辽宁 大连 116600)

摘要: 以锡林郭勒盟及其周边地区 17 个气象站点 1960 年以来的月降水量数据为基础, 利用气象学与生态学的学科交叉知识, 按气象站点所在地区生态地理区划分割, 在 Matlab 等软件的支持下, 用小波分析的方法, 研究各生态地理区年降水量的周期性变化规律及各区之间的异同点。研究表明, 在 25~32 a 时间尺度上, 4 个区的降水均有较明显的周期信号, 降水丰缺均交替出现, 但交替年份存在区域差异; 根据周期变化的特点可以推断, 2007 年以后的 15 a 左右时间, 锡林郭勒盟及其周边地区降水偏少, 气候有进一步旱化的趋势。

关键词: 锡林郭勒草原; 生态地理区; 气候变化; 小波分析; 周期性

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2010)05-0046-04

中图分类号: P467

Wavelet Analysis on Cycle Regularity of Precipitation in Different Eco-geographical Zones of Xilinguole Steppe

WANG Hai-mei^{1,2}, LI Zheng-hai², YAN Jun¹, WU Lan¹

(1. Inner Mongolia Meteorological Institute, Hohhot, Inner Mongolia 010051, China;

2. Life Science Department, Dalian Nationalities University, Dalian, Liaoning 116600, China)

Abstract: This study was based on the precipitation data since 1960 from 17 weather stations in Xilinguole League and related areas. The interdisciplinary knowledge between meteorology and ecology was used and eco-geographical regions were divided according to the meteorological stations. The cycle regularity of precipitation and the difference among the eco-geographical zones were discussed with the aid of wavelet analysis method and Matlab software. Results showed that there was obvious cyclical change of precipitation sequence in Xilinguole League at the inter-annual scale from 1960 to 2007. There was an obvious signal of 25~32 year cycle of annual precipitation in 4 eco-geographical zones, but the periods of lack and abundance precipitation were different among the zones. According to the cycle characteristics, we can infer that in the next 15 years after 2007, Xilinguole League and related areas are in a state of persistent drought.

Keywords: Xilinguole steppe; eco-geographical zone; climate change; wavelet analysis; cycle regularity

锡林郭勒盟总面积 $2.03 \times 10^5 \text{ km}^2$, 是我国最典型的草原分布区, 也是国家西部大开发中的重点治理与保护建设区域, 构成我国北方强有力的生态安全屏障。但由于锡林郭勒草原地处大陆性干旱半干旱季风气候区, 气候条件比较严酷, 在全球气候变化背景下, 再加上日益增强的人类活动的干扰作用, 区内气候的波动性较大, 因而直接影响到草原植被的生长状况及其生态系统服务功能。

气候变化是指气候平均状态和离差(距平)两者中的一个或两者一起出现了统计意义上的显著变化^[1]。1974 年世界气象组织(WMO)和世界科学联合会(ICSU)在瑞典的斯德哥尔摩召开了题为“气候物理基础的气候模拟”的国际会议, 这次会议确认了人类活动(温室气体排放量增加)对气候的影响, 为以后研究全球气候变化制定了十分重要的理论框架。我国 20 世纪 80 年代中期开始气候变化方面的研究,

收稿日期: 2010-01-12

修回日期: 2010-05-05

资助项目: 国家自然科学基金项目“气象灾害分布格局与内蒙古草原荒漠化耦合关系研究”(40765006); “气候旱化与放牧压力作用下草原退化机制及其空间分异规律研究”(30970494)

作者简介: 王海梅(1976—), 女(汉族), 内蒙古赤峰市人, 博士, 高级工程师, 主要从事气候变化与草地生态研究。E-mail: wanghmhube@126.com。

通信作者: 李政海(1962—), 男(汉族), 河北省秦皇岛市人, 博士, 教授, 主要从事区域生态学研究。E-mail: li-lzh@263.net。

1987年成立了国家气候委员会,1990年国家科学技术委员会发表了《气候》蓝皮书,之后,气候变化问题受到越来越多的关注^[2-3]。中国草原区气候变化的研究也较多,在气候变化的年内规律、气候暖干化趋势等方面取得了一系列的研究成果^[4-5]。国内外关于气候变化周期性研究较多,常用的分析方法有移动平均、微分法、小波分析方法等,大多数研究结果认为降水变化的平均周期长度为36 a,最短为26 a,最长为45 a。在亚洲、欧洲有多位气候学家根据气候资料、冰川的进退增消、海平面变化等也都发现气候变化存在平均约为35 a的周期变化,最短为26 a,最长可到52 a^[6-8]。小波分析方法在气象上的应用越来越普遍,并取得了一系列进展^[9-11]。

众多的研究表明,在不同的区域范围内,气候变化的具体表现也不尽相同^[12-14]。在锡林郭勒盟这样的中等尺度区域内,分析区域内部气候变化的空间差异和气象要素变化的周期性规律,在深入研究的基础上进行区域气候预测,具有重要的理论意义与实践价值。

1 数据与方法

1.1 数据

本文数据采用的是内蒙古气象局整编的1960—2007年锡林郭勒盟及其周边17个气象观测站点降水量的月统计数据。

1.2 研究方法

1.2.1 小波分析 本文采用小波分析方法,分析多年降水量序列的周期性变化规律,并对不同生态地理区之间的异同点进行对比研究。小波分析(Wavelet Analysis)是一种信号的时间—尺度(频率)分析方法,由Morlet于20世纪80年代提出,小波分析是一种窗口大小固定不变但其形状可以改变的时频局部化分析方法,是傅立叶分析、样条理论、数值分析等多个学科相互交叉的结果,具有多分辨率分析的特点,可以对信号进行多尺度细化分析,得到各个频率随时间的变化及不同频率之间的关系,是分析非平稳信号的有力工具^[10-15]。小波分析作为一种统计分析方法,同时具有数学意义上严格的突变点诊断能力,所以近年来被广泛应用于天气气候的多尺度统计分析^[7-8,16]。

通过小波变换,将一维要素降水序列变换成了以 t 和 a 为坐标的二维波幅 w 的图形。在波幅 w 的图形中,等值线的闭合中心对应于气象要素变化中心(正值表示气候指标升高,负值表示降低),小波系数

的零点对应于气象要素突变点。通过对二维 w 图像的分析得到降水随时间坐标、周期坐标而变的局部变化特征^[17]。通过编程计算得到一系列墨西哥小波系数,然后绘制降水序列的二维空间波幅等值线图,最后与Matlab 6.5中的小波分析工具箱分析的结果做比较来验证分析的正确性^[18]。

1.2.2 生态地理区划分 锡林郭勒盟东西跨度大,自然地理条件的区域差异导致锡林郭勒盟由东向西跨越3个地带性植被类型(草甸草原、典型草原、荒漠草原)和一个隐域性沙地植被类型(沙地草原)^[19]。为了分析不同生态地理区气候变化的异同点,参照内蒙古自治区资源系列地图——草场类型图^[20]中对内蒙古自治区生态分区的结果,并综合考虑气象站点的具体分布情况等,将锡林郭勒盟及其附近的站点归为不同生态地理区——荒漠草原区、典型草原区、草甸草原区和一个农牧交错区4类。荒漠草原区气象站点包括:朱日和、苏尼特左旗、二连浩特市和苏尼特右旗;典型草原区气象站点包括:锡林浩特市、阿巴嘎旗、东乌珠穆沁旗、镶黄旗、西乌珠穆沁旗和那仁宝力格;草甸草原区气象站点包括:乌拉盖、林西县和克什克腾旗;农牧交错区气象站点包括:正蓝旗、正镶白旗、太仆寺旗和多伦县。

2 结果与分析

2.1 降水序列的距平变化特征分析

锡林郭勒盟4个生态地理区年降水量的多年平均值分别为荒漠草原区176.71 mm,典型草原区262.72 mm,草甸草原区357.63 mm,农牧交错区371.15 mm。通过对降水量距平5 a滑动平均值的对比分析,4个生态地理区的年降水量变化特征不尽相同。荒漠草原区、典型草原区和草甸草原区降水的变化特征比较相似,基本上是偏干期和偏湿润期交替出现。图1的分析表明,荒漠草原区多年的年降水量呈现波动变化,偏湿润期主要集中在1960—1966年、1971—1982年、1994—2001年,偏干早期主要集中在1967—1970年、1983—1993年和2002—2007年;而典型草原区1960—2000年间,大部分时段内降水高于多年平均值,仅在1965—1970年、1984—1987年、2001—2007年降水偏少,1971—1983年和1988—2000年,降水均高于多年平均值(见图2);草甸草原区在1985—2001年属于降水丰沛期,其余时间段降水偏少(见图3)。农牧交错区的情况与以上3个区有较大区别,降水量年际波动较大,无明显的持续时间变化特征(见图4)。

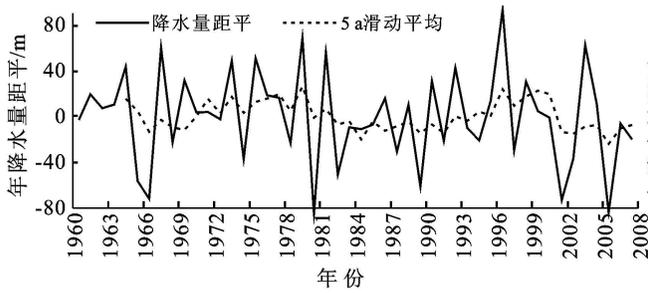


图 1 荒漠草原区降水量距平

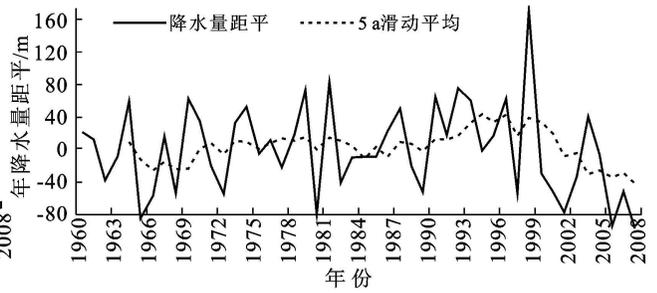


图 2 典型草原区降水量距平

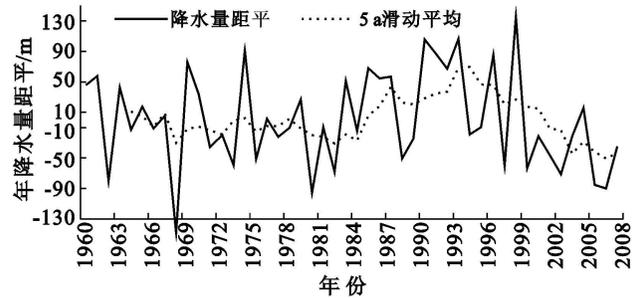


图 3 草甸草原区降水量距平

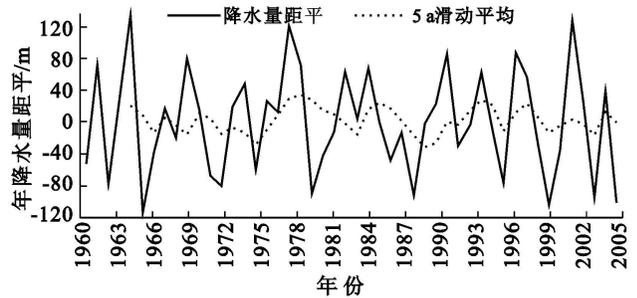


图 4 农牧交错区降水量距平

2.2 降水序列周期变化规律的小波分析

本文以生态地理区为单元,对比分析了各区降水序列的周期变化规律。由各区的小波分析图(图 5—8)可见,1960—2007 年随着时间的推移,4 个区降水序列均呈现明显的周期变化。在年际尺度上,25~32 a 时间尺度上有较明显的周期信号,形成正负相间的

震荡中心,但中心强度 4 个区有明显差异,荒漠草原区为 2 000,典型草原区和草甸草原区为 3 000,农牧交错区为 4 000。4 个区的降水丰缺均交替出现,且对应年份基本一致,多雨年份均出现在 1964—1966 年和 1998—2000 年左右,少雨年份出现在 1983—1985 年左右。

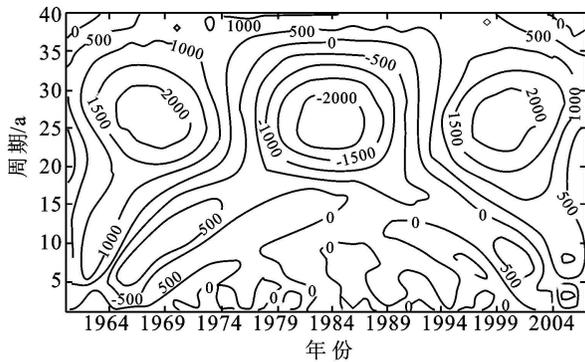


图 5 荒漠草原区年降水量(单位为 0.1 m)小波分析

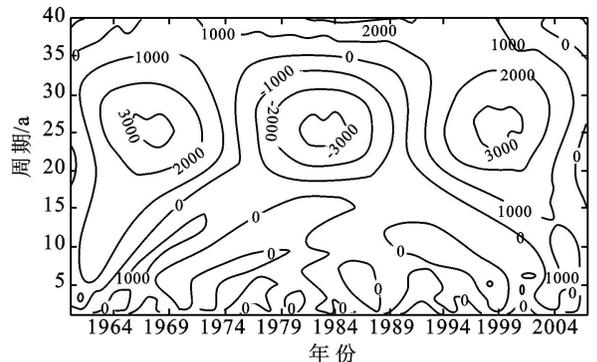


图 6 典型草原区年降水量(单位为 0.1 m)小波分析

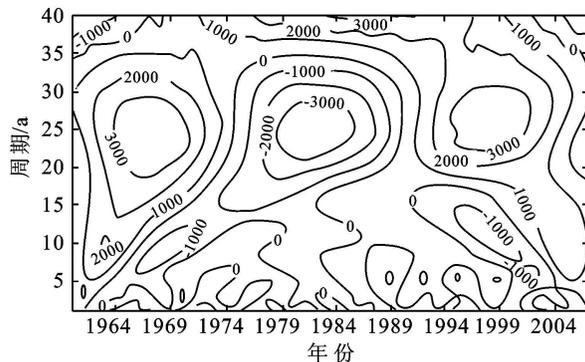


图 7 草甸草原区年降水量(单位为 0.1 m)小波分析

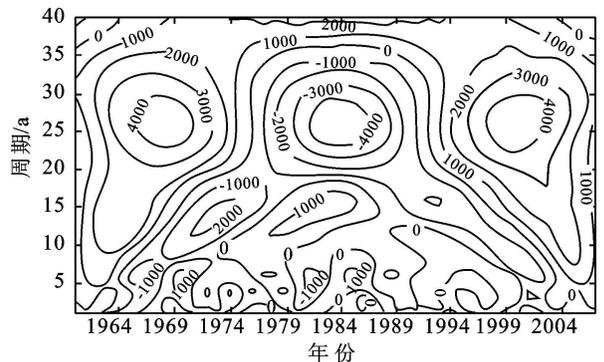


图 8 农牧交错区年降水量(单位为 0.1 m)小波分析

在 25~32 a 时间周期的尺度上, 典型草原区和草甸草原区的小波系数零点分别出现在 1960 年、1976 年、1991 年及 2007 年附近。以此为界, 以上 2 个区均经历了 3 个显著的交替变化时期: 1960—1976 年左右的偏湿润期, 1976—1991 年左右的偏干早期, 1991—2007 年左右的偏湿润期; 荒漠草原区和农牧交错区还未出现第 3 个小波系数零点, 说明该区 2007 年左右仍处在偏湿润期, 还未向偏干早期转换。

根据以上分析结果, 4 个区的年降水量具有 25~32 a 的际年变化周期, 根据周期变化的特点可以推断, 2007 年以后的 15 a 左右时间, 4 个区将表现为旱化现象加重的趋势, 即未来 15 a 左右的时间, 整个锡林郭勒盟降水量偏少。

3 结论

(1) 从 4 个区年降水量的距平变化来看, 荒漠草原区、典型草原区和草甸草原区降水的变化特征比较相似, 基本上是偏干期和偏湿润期交替出现, 而农牧交错区的情况与以上 3 个区有较大区别, 降水量年际波动较大, 无明显的持续时间变化特征。

(2) 1960—2007 年, 4 个生态地理区降水序列均呈现明显的周期变化, 在 25~32 a 时间尺度上有较明显的周期信号, 形成正负相间的震荡中心。

(3) 根据 4 个生态地理区降水序列的周期变化特点可以推断, 2007 年以后的 15 a 左右时间, 4 个区将呈现降水量偏少的趋势。

[参 考 文 献]

- [1] 李博. 气候变化对内蒙古温带草原地上生物量的潜在影响模拟[M] // 林而达, 张厚瑄, 王京华, 等. 全球气候变化对中国农业影响的模拟. 北京: 中国农业科技出版社, 1997: 92-97.
- [2] 邢旗. 内蒙古草地资源及其利用现状评价[M] // 内蒙古草原荒漠化问题及其防治对策研究. 内蒙古: 内蒙古大学出版社, 2002: 45.
- [3] 李政海, 王伟, 刘钟龄. 退化草原围封恢复过程中草场质量动态的研究[J]. 内蒙古大学学报: 自然科学版, 1995, 26(3): 334-338.
- [4] 李镇清, 刘振国, 陈佐忠, 等. 中国典型草原区气候变化及其对生产力的影响[J]. 草业学报, 2003, 12(1): 4-10.
- [5] 赵慧颖. 气候变化对典型草原区牧草气候生产潜力的影响[J]. 中国农业气象, 2007, 28(3): 281-284.
- [6] 李占玲, 陈飞星. 呼和浩特市 80 余年气温序列的小波分析[J]. 内蒙古师范大学学报: 自然科学(汉文)版, 2004, 33(1): 81-85.
- [7] Clemen T. The use of scale information for integrating simulation models into environmental information system[J]. Ecological Modeling, 1998, 108: 107-113.
- [8] 林振耀, 赵昕奕. 青藏高原气温降水变化的空间特征[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 1996, 26(4): 354-358.
- [9] 姜晓艳, 刘树华, 马明敏, 等. 中国东北地区近百年气温序列的小波分析[J]. 气候变化研究进展, 2008, 4(2): 122-125.
- [10] 许月卿, 李双成, 蔡云龙. 基于小波分析的河北平原降水变化规律研究[J]. 中国科学 D 辑: 地球科学, 2004, 34(12): 1176-1183.
- [11] 郝立生, 毕宝贵. 1951—2005 年燕山南麓夏季降水变化特征[J]. 气候变化研究进展, 2007, 3(1): 31-35.
- [12] 李霞, 李晓兵, 王宏, 等. 气候变化对中国北方温带草原植被的影响[J]. 北京师范大学学报: 自然科学版, 2006, 42(6): 618-623.
- [13] 李晓兵, 陈云浩, 张云霞, 等. 气候变化对中国北方荒漠草原植被的影响[J]. 地球科学进展, 2002, 17(2): 254-261.
- [14] 陈佐忠, 杨宗贵. 中国典型草原区气候变化及其对生产力的影响[J]. 草业学报, 2003, 12(1): 4-10.
- [15] 李占玲, 陈飞星. 呼和浩特市 80 余年气温序列的小波分析[J]. 内蒙古师范大学学报: 自然科学(汉文)版, 2004, 33(1): 81-85.
- [16] 谢庄, 曹鸿兴, 李慧, 等. 近百余年北京气候变化的小波特征[J]. 气象学报, 2000, 58(3): 362-369.
- [17] 闫军, 尤莉. 呼和浩特近 40 年降水的小波特征[J]. 内蒙古气象, 2006(1): 61-81.
- [18] Pham V L, Wong K P. Antidistortion method for wavelet transform filter banks and nonstationary power system waveform harmonic analysis[J]. IEE Proceedings. On Generation, Transmission and Distribution, 2001, 148(2): 177-182.
- [19] 张连义, 宝路如, 尔敦扎玛, 等. 锡林郭勒盟草地植被生物量遥感监测模型的研究[J]. 中国草地学报, 2008, 30(1): 6-14.
- [20] 李博, 雍世鹏, 崔海亭. 内蒙古自治区资源系列地图[M]. 北京: 科学出版社, 1991.