

文章编号: 1008-2786-(2010)6-680-07

元谋干热河谷近 50 年降水变化的多时间尺度分析

张斌^{1,2}, 雷金蓉², 刘刚才¹, 艾南山³, 覃发超², 刘祖涵²

(1. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041; 2. 西华师范大学国土资源学院, 四川 南充 637009

3. 四川大学建筑与环境学院, 四川 成都 610065)

摘要: 水热矛盾是元谋干热河谷生态系统的主要限制因子, 降水变化对农业发展和生态系统的恢复具有重要影响。以 Morlet 为连续小波基, 对元谋干热河谷近 50 年降水的变化进行多时间尺度变换, 结果表明: 年降水和分季节降水量呈波动性增长之势, 夏季增长趋势明显; 旱季降水变化率显著高于雨季。在不同时间尺度上, 全年降水与各季节降水量的变化具有多尺度波动的特点, 且夏季和秋季降水量的变化在全年降水的变化中占有重要地位; 夏季降水丰枯年际转化的速率快, 而其他季节相对较慢。干热河谷降水的多尺度变化既与全球气候变化的背景相关, 又与下垫面覆被变化相关。降水多尺度变化规律表明, 未来短期降水总体具有减少趋势, 会对反季节蔬菜和旱作农业的生产造成不利影响。

关键词: 降水量; 多尺度; 干热河谷; 小波变换

中图分类号: P426.6

文献标识码: A

在全球变化的背景下, 不同区域的降水时间序列往往具有不同的变化特征。降水量是干旱地区生态系统的重要限制性因子, 多年降水变化既反映了其对全球变化的响应, 又是降水预测研究的基础, 从而对区域生态系统的发展产生重要影响。在降水变化(时间尺度)的区域研究方面, 已经对太湖流域上游^[1]、东北地区^[2]、华北地区^[3]、长江中下游地区^[4]、塔里木河流域^[5]、关中地区^[6]、长江上游亚高山地区^[7]、西北中东部及内蒙古西部^[8]、天山西部^[9]等进行了研究。降水变化的研究方法主要有消除趋势波动分析法(DFA)^[10-11]、主成份分析法^[12]、Markov链分析^[13]、X-11法^[14]、相关分析与合成分析法^[15]、旋转主成份分析^[16]、回归分析法^[17]、毛毛虫—谱分析^[6]、聚类分析^[18]等。近年来已有学者应用混沌、分形、谱分析等非线性方法, 如关联维、最小嵌入维、最大 Lyapunov 指数以及 Kolmogorov 熵等特征量^[19], 自相关谱分析法^[20]等。20 世纪 80 年代初发展起来的小波分析不仅能够反映

时间序列的局部变化特征, 对信号进行多尺度细化分析, 而且还具有数学意义上严格的突变点诊断能力^[21-22]。尽管我国各地降水变化的研究成果已较为丰富, 但对干旱区在全球气候变化背景下的多年降水变化特征研究还相对较少。本文采用连续 Morlet 小波变换法, 对元谋干热河谷地区的降水变化规律进行多时间尺度分析, 揭示年降水的周期特征和旱涝变化趋势, 以期理解局地在全球变化背景下的气候过程响应特征。

1 研究区概况

元谋干热河谷位于滇中高原北部, 金沙江中游一级支流龙川江下游, 地理位置介于 101°35'~102°06'E, 25°23'~26°06'N 间。中部元谋盆地为断陷盆地, 海拔 980~1 400 m; 龙川江由南向北纵贯盆地; 东部山地高出盆地 1 200~1 400 m, 由山顶至盆地间呈梯状下降; 西部多山冈和丘陵, 长垄状山脊平行

收稿日期(Received date): 2010-02-11; 改回日期(Accepted): 2010-06-20.

基金项目(Foundation item): 国家十一五科技支撑计划项目(2006BAC01A11)。[Supported by the National Key Technologies Research and Development Program in the Eleventh Five-Year Plan of China(2006BAC01A11).]

作者简介(Biography): 张斌(1975-), 男, 四川南部县人, 博士, 副教授, 主要从事自然地理的相关研究。[Zhang Bin: Male, born in 1975 in Nanbu County, Sichuan Province. Doctor, associate professor. Majors on Physical Geography.] E-mail: envgec@163.com

©1994-2014 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

排列, 山顶海拔 1 300 ~ 1 500 m; 南部山地海拔 1 400 ~ 2 600 m; 北部山地海拔 1 800 m 以上。境内元谋组地层广泛分布, 分为 4 段 28 层, 为河流相、湖沼相或河流交替相沉积, 表现为砂、粉砂、粘土、亚粘土及砂砾互层, 岩性松散, 易侵蚀。该区气候炎热, 干湿季分明, 年均温为 21.9℃, 最冷月 (12 月) 均温 14.9℃, 最热月 (5 月) 均温 27.1℃; 多年年均降水量 642.9 mm, 雨季 (5 ~ 10 月) 降水量占全年的 90% 以上; 年均潜在蒸发量 3 640.5 mm, 为年均降水量的 5.9 倍; 年均相对湿度为 53%。海拔 1 600 m 以下主要为稀树灌丛草原, 草本占大部分, 覆盖率 > 90%, 灌木稀少, 乔木更少见; 1 600 m 以上主要为灌丛草地, 片状森林分布。区内地带性土壤为燥红土和红壤。由于特殊的自然地理环境和人类活动的干扰, 干热河谷生态退化严重。

2 数据与方法

小波分析方法

小波变换是时间—频率的局域变换, 能有效地从信号中提取信息, 并通过伸缩和平移等运算功能对函数或信号进行多尺度细化分析。在实际应用中, 绝大多数信号是非稳定的, 小波分析正是适用于非稳定信号的处理工具。小波分析相对于传统时频分析的优势, 在于可以在任意时频分辨率上将信号分解, 具有良好的时、频多分辨率功能和自适应性特点, 可以聚焦到任意细节, 从而观察到不同时间尺度上的变化情况。

如果 $\Psi(\eta) \in L^2(\mathbb{R})$ 满足允许性条件

$$C_{\Psi} = \int_{\mathbb{R}} \frac{|\hat{\Psi}(\omega)|^2}{|\omega|} d\omega < \infty$$

那么 $\Psi(\eta)$ 叫做可允许小波或基小波, $\hat{\Psi}(\omega)$ 是 $\Psi(\eta)$ 的 Fourier 变换。由基小波函数 $\Psi(\eta)$ 进行伸缩和平移, 得到连续小波

$$\Psi_{a,b}(\eta) = |a|^{-1/2} \Psi\left(\frac{1-\eta}{a}\right)$$

式中 $a, b \in \mathbb{R}, a > 0$ 。对任意函数 $f(\eta) \in L^2(\mathbb{R})$, 其可允许小波函数 $\Psi_{a,b}(\eta)$ 的连续小波变换为

$$W_f(a,b) = \{f(\eta) \Psi_{a,b}(\eta)\} = |a|^{-1/2} \int_{\mathbb{R}} f(\eta) \Psi\left(\frac{1-\eta}{a}\right) d\eta$$

式中 a 是伸缩尺度因子, b 为平移尺度因子, $W_f(a,b)$ 称为小波系数。

选择适当的小波函数是进行时间序列分析的科学前提^[24]。实际选取小波主要依据自相似原则、判

别函数、支集长度等。Morlet 小波在时间序列的研究中应用非常广泛^[22-26, 27], 因为它能清楚辨识随机波动和周期性^[25]。其解析形式为

$$\Psi(\eta) = C e^{-\eta^2/2} \cos(5\eta)$$

式中 C 为常数。

为了判断序列的主周期, 进行小波方差检验

$$WP(a) = \int_{\mathbb{R}} |W_f(a,b)|^2 db$$

式中 $WP(a)$ 为小波方差, 反映了能量随尺度 a 的分布。

数据来源

根据元谋县气象站的降水资料, 数据起止时间段为 1956 ~ 2006 年。其中, 季节划分为: 春季 (3 ~ 5 月)、夏季 (6 ~ 8 月)、秋季 (9 ~ 11 月)、冬季 (12 ~ 2 月)。

3 研究结果

降水量的季节分配

从图 1 可知, 元谋干热河谷的降水季节分配不均。年均降水量 642.9 mm, 春、夏、秋、冬降水量分别为 21.9 mm, 303.8 mm, 281.7 mm 和 34.88 mm, 分别占全年的 3.4%、47.3%、43.8% 和 5.5%。年均降水量最高 916.3 mm (2001 年), 最少 287.4 mm (1960 年); 冬春季节在某些年份甚至降水量为 0, 因而具有非常典型的干湿季节分明的特点, 夏季和秋季的降水远远高于冬春两季; 全年和分季节降水量均具有明显的波动性, 且降水量越贫乏的季节其变率越大; 春、夏、秋和冬季的年降水量变差系数分别为 0.89、0.33、0.32 和 0.97。用最小二乘法对全年与春、夏、秋和冬季的年水量进行拟合, 可得拟合后直线的斜率分别为 1.93、0.18、1.41、0.07、0.33。这表明全年与分季节的降水量总体上均呈增长趋势, 夏季降水的增加趋势明显, 其他三个季节具有微弱增长之势。气候变化包含有各种时间尺度的多层次演变特性^[25], 总体趋势分析不能揭示其更精细的变化结构。

降水量变化的多时间尺度分析

元谋干热河谷近 50 年的年降水量及分季节降水量, 具有在不同时间尺度上周期震荡的多尺度特征 (图 2)。图 2 中信号的强弱通过小波系数等值线的大小来表示, 等值线为正表示降水偏多, 等值线为负表示降水偏少 (相对于均值, 下同); 不同时间尺度所对应的降水结构是不同的, 小尺度的多少变化

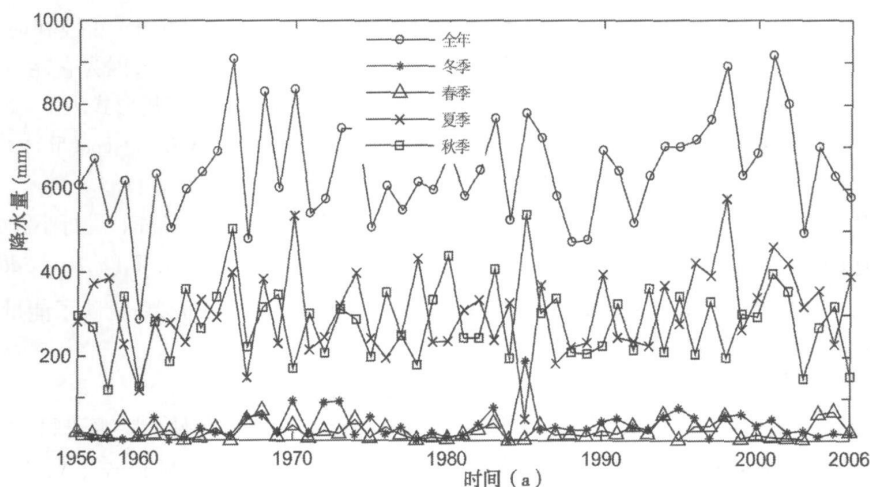


图 1 元谋干热河谷近 50 a 全年和分季节降水量

Fig. 1 Time series of annual and seasonal precipitation in the Yuarmou Dry-hot Valley during 1956–2006

表现为嵌套在较大尺度下的较为复杂的结构。

图 2 a 可见, 年降水量在 10 ~ 16 a 的较长时间尺度上, 在 1980 年以前的震荡并不明显; 但 1980 年代以来震荡明显, 越到后期表明越显著, 1980 年代中期和 2000 年代初期为降水相对较丰的两个时期, 而 1990 年代初期降水相对较低, 目前处于该时间尺度上降水相对较少的时期。在 5 ~ 9 a 的中时间尺度上, 表现出初期震荡强烈, 而后期震荡较弱的特征; 在 1960 年代初期具有明显的降水低值区, 而 1950 年代末期和 1960 年代末期是降水相对较丰的时间, 之后进入平稳变化的阶段, 振幅较小, 波动不显著, 但越到后期波动略具增强之势。在 1 ~ 4 a 的较短时间尺度上, 表现出降水“偏多—偏少”的反复交替变化。

春季降水量的变化 (图 2 b), 在 11 ~ 16 a 的较长时间尺度上表现出周期不等长的震荡现象, 具有“高→低→高→低→高→低→高”的交替, 1960 年代中期、1980 年代初期和 2000 年代初期是降水相对偏少的时期。在 5 ~ 10 a 的中时间尺度上, 时间尺度越大, 后期周期性波动越显著, 而前期波动越弱; 时间尺度偏小时, 变化规律则相反, 前期周期性波动越显著, 而后期波动越弱。在 1 ~ 4 a 的短时间尺度上, “高→低”震荡交替明显。

夏季降水量小波系数图 (图 2 c) 表明, 在 10 ~ 16 a 的较长时间尺度和 5 ~ 9 a 的中时间尺度上, 呈现出与全年该时间尺度极相似的变化特征, 这也表明夏季降水的变化在全年降水中占有决定性的地位。在 1 ~ 3 a 的短时间尺度上, “高→低”反复交替, 波

动性极强, 年际变化大。

秋季降水量在 10 ~ 16 a 的较长时间尺度上, 表现出“低→高→低→高→低→高→低”的震荡特征, 越到后期振幅越大; 降水相对较丰富的年代大致出现在 1960 年代中期、1980 年代中期和 2000 年代初期, 而 1970 年代中期和 1990 年代中期是降水相对较少的时期, 这与云贵高原北坡兴文县石漠化地区秋季在该时间尺度上的变化特征相同。在 5 ~ 9 a 的中时间尺度上, 表现出前 15 a 和后 15 a 波动明显, 而中间 20 a 震荡较弱。在 2 ~ 4 a 的较短时间尺度上, 1990 年以前波动显著, 而之后震荡微弱 (图 2 d)。

冬季降水量的变化具有明显不同于其他季节的特征 (图 2 e)。在 6 ~ 15 a 的较长时间尺度上, 1970 年代初期至 1990 年代中期降水的波动强烈, 具有以 1980 年代中期为轴对称的特征, 表明 1985 年前后在干热河谷降水的变化过程中具有特殊性; 而之后与之前的波动均较弱。在 1 ~ 5 a 的较短时间尺度上, 降水具有较强的波动性, “高→低”震荡明显。

小波方差

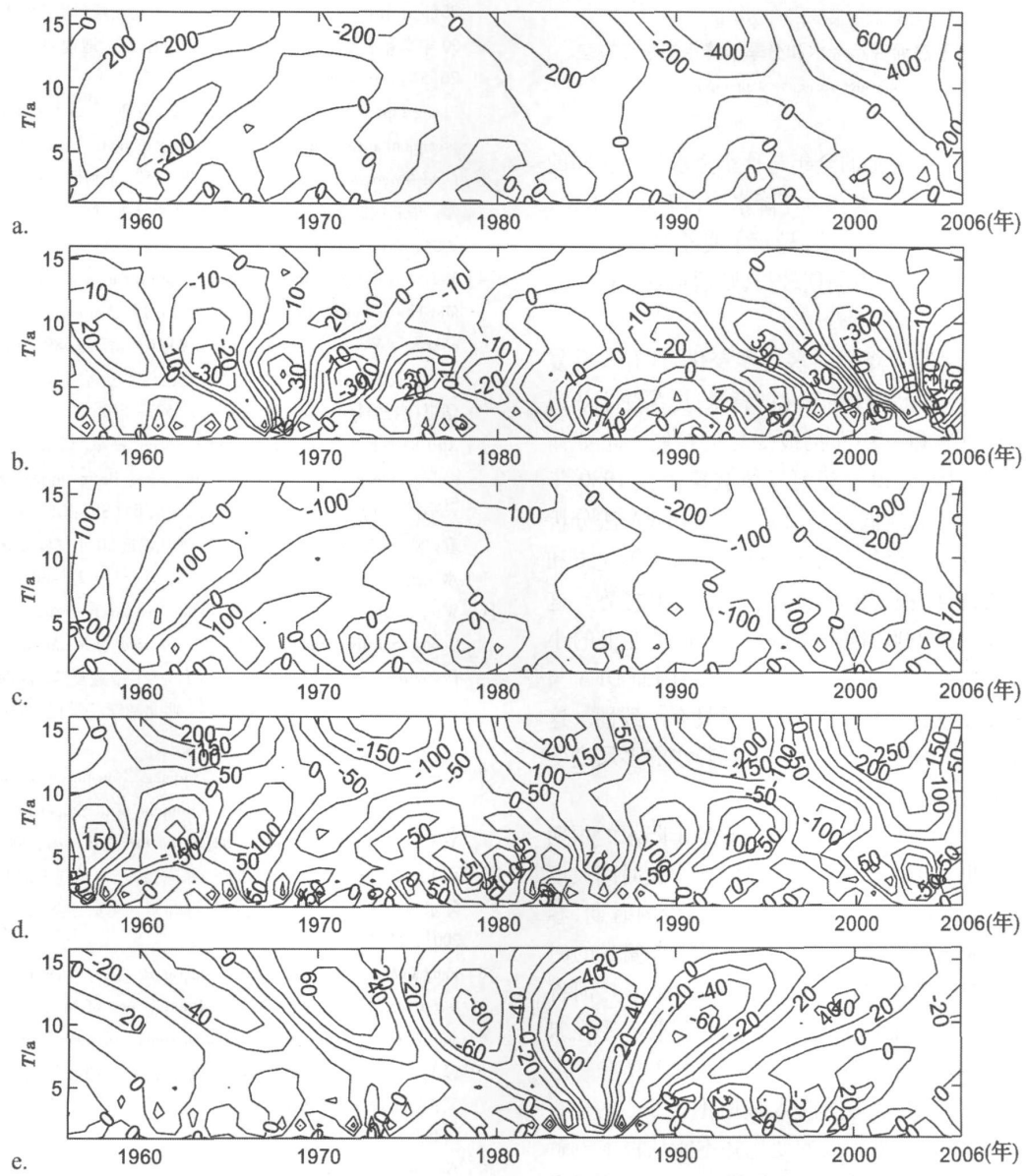
小波方差检验可以判断降水量变化的主要周期。在一定尺度下, 小波方差表示时间序列中该尺度 (周期) 波动的强弱 (能量大小); 小波方差图能反映时间序列中所包含的各种尺度的波动及其强弱 (能量大小) 随尺度变化的特性, 因而能方便的查找一个时间序列中起主要作用的尺度^[28]。引入小波方差是估测格局和过程的尺度参数^[29], 可以确定时间序列中各种尺度扰动的相对强度, 对应峰值处的

尺度称为该序列的主要周期^[21]。利用小波方差可以更准确地诊断出振动最强的周期长短。

图 3 表明, 元谋干热河谷全年具有 7 年的主周期和 3 年的次周期; 春季降水具有 6 年的主周期和 3 年的次周期; 夏季具有 3 年的主周期和 6 年的次周期; 秋季具有 7 年的主周期和 2 年的次周期; 冬季的降水量具有 11 年和 2 年的次周期。夏季降水以 3 年为主周期表明, 夏季降水具有年际变化明显的特征; 而全年降水与秋季降水具有相同的主周期, 在一定程度上也表明秋季降水在全年降水中的重要地位。

4 结论与讨论

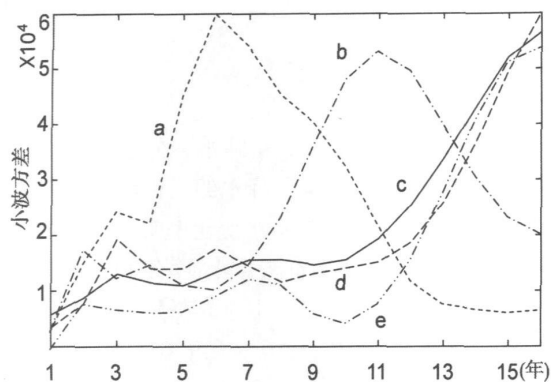
元谋干热河谷近 50 年降水和分季节降水量均呈波动性增长之势, 夏季降水的增长趋势最为显著; 旱季(春季和冬季)的降水变化率明显高于雨季(夏季和秋季)。在各时间尺度上, 全年和四季降水量均具有不同的变化特征, 但全年降水与夏季降水在相同时间尺度上具有相似的变化规律, 在一定程度上揭示了夏季降水在全年降水中的决定性意义。



注: a, b, c, d, e 分别代表全年、春季、夏季、秋季、冬季。横轴代表年份, 纵轴表示时间尺度, 以年为单位

注: a, b, c, d, e 分别代表全年、春季、夏季、秋季、冬季。横轴代表年份, 纵轴表示时间尺度, 以年为单位

图 2 元谋干热河谷近 50 年降水和分季节降水量的小波系数



注: a、b、c、d、e 图分别代表春季、冬季、全年、夏季、秋季。

横轴表示尺度, 以年为单位

图 3 元谋干热河谷年降水和分季节降水的小波方差

Fig 3 Wavelet variance of Precipitation

然而小波方差所揭示的全年与秋季降水具有相同的主周期, 表明秋季降水在全年降水中占有重要地位; 夏季降水以 3^a为主周期, 显示了夏季降水丰枯转化的频率快; 而秋季主周期较长, 则预示着丰枯转换的速度较慢。

元谋干热河谷降水的多尺度变化, 具有非常复杂的原因, 既有全球气候变化的背景, 更深受干热河谷特殊的地形和下垫面覆被变化的控制。正如作者^{[10][11]}的分析, 元谋干热河谷植被覆盖在 1980 年代中期处于历史最低点 (5.2%), 根据 DFA 法分析的降水效应则是全年和夏季降水在 1980 年代末和 1990 年代初期的长期动力学行为的减少之势。这与图 2 a 2 中 1990 年前后在较长时间尺度上的小波系数低值中心具有很好的对应关系, 因而 DFA 与小波变换两种不同方法分析的结果具有一致性。这也表明从下垫面覆被的变化来解释降水的多尺度变化行为应该具有可行性和合理性。

降水的多尺度变化研究可以服务于降水的短期预测。21 世纪第一个 10^a的末期, 在中长时间尺度上, 全年、夏季和秋季的降水均处于偏少的时期; 春季处于降水偏多的时期; 冬季则处于降水偏少的时期。不同季节降水的未来短期变化, 对于干热河谷农业生产具有较强的现实指导意义。尽管春季在未来短期处于降水偏多的阶段, 对农业生产具有一定的积极意义, 但由于春季降水量原本极少 (在有些年份甚至为 0), 这种积极的变化并不能从根本上解决春耕生产的需水问题, 因而仅能持谨慎的乐观态度。秋冬两季降水偏少, 对于干热河谷热坝区的反季节蔬菜的生产会造成不利的影响; 夏季降水偏少,

对于无灌溉设施的旱地生产具有较大的负面影响, 因而需要作好节水与保水的措施。

参考文献 (References)

- [1] Luo Liancong, Qin Boqiang, Zhu Guangwei. Precipitation characteristics in the upper area of Taihu Lake [J]. Scientia Geographica Sinica, 2004, 24(4): 472~476 [罗淑强, 秦伯强, 朱广伟. 太湖流域上游降水特征分析 [J]. 地理科学, 2004, 24(4): 472~476]
- [2] Zhang Yaocun, Zhang Lujun. Precipitation and temperature probability characteristics in climatic and ecological transition zone of Northeast China in recent 50 years [J]. Geographica Sinica, 2005, 25(5): 561~566 [张耀存, 张录军. 东北气候和生态过渡区近 50 年来降水和温度概率分布特征变化 [J]. 地理科学, 2005, 25(5): 561~566]
- [3] Zhang Liping, Zhu Cunwei, Xia Jun. Analysis on the change of precipitation in multiple temporal scales in north China [J]. Arid Land Geography, 2004, 27(4): 548~552 [张利平, 朱存稳, 夏军. 华北地区降水变化的多时间尺度分析 [J]. 干旱区地理, 2004, 27(4): 548~552]
- [4] Mei Wei, Yang Xueqiong. Trends of precipitation variations in the Mid-Lower Yangtze River valley of China [J]. Journal of Nanjing University (Natural Sciences), 2005, 41(6): 577~589 [梅伟, 杨修群. 我国长江中下游地区降水变化趋势分析 [J]. 南京大学学报 (自然科学版), 2005, 41(6): 577~589]
- [5] Xu Changchun, Chen Yaning, Li Weibong, et al. Climatic change and hydrologic response in the Tarim River Basin during past 50 years [J]. Chinese Science Bulletin, 2006, 51(S1): 21~30 [徐长春, 陈亚宁, 李卫红, 等. 塔里木河流域近 50 年气候变化及其水文过程响应 [J]. 科学通报, 2006, 51(S1): 21~30]
- [6] Wang Jinhui, Dai Xiaoyan. Prediction trend of precipitation in the Central Shaanxi from May to June [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2005, 20(4): 39~43 [王经民, 戴夏燕. 陕西关中未来 5~6 月份降水趋势预测 [J]. 西北林学院学报, 2005, 20(4): 39~43]
- [7] Zhao Yutao, Yu Xinxiao, Zhang Zhifang. Non-linear characteristics of precipitation and runoff in sub-alpine of the upper reaches of Yangtze River [J]. Journal of Beijing Forestry University, 2002, 24(4): 72~74 [赵玉涛, 余新晓, 张志强, 等. 长江上游亚高山降水与径流时间序列的非线性特征 [J]. 北京林业大学学报, 2002, 24(4): 72~74]
- [8] Feng Jianmin, Liang Xu, Zhang Zhi, et al. Analysis on multi-scale features of precipitation in east and middle part of Northwest China and West Mongolia [J]. Scientia Meteorologica Sinica, 2005, 25(5): 474~483 [冯建民, 梁旭, 张智, 等. “西北”中东部及内蒙古西部降水的多尺度特征 [J]. 气象科学, 2005, 25(5): 474~483]
- [9] Gao Weidong, Wei Wenshou, Zhang Lixu. Climate changes and seasonal snow cover variability in the Western Tianshan Mountains, Xinjiang in 1967~2000 [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2005, 27(1): 68~73 [高卫东, 魏文寿, 张丽旭. 近 30 a

- 来天山西部积雪与气候变化——以天山积雪雪崩研究站为例 [J]. 冰川冻土, 2005, 27(1): 68~73]
- [10] Zhang B, Shi Kai, Liu Chunlong, et al. Changes of Seasonal Precipitation of Yuamou Dry-hot Valley in Recent 50 Years Based on method of DFA [J]. Geographica Sinica, 2009, 29(4): 561~566 [张斌, 史凯, 刘春琼, 等. 元谋干热河谷近 50 年分季节降水变化的 DFA 分析 [J]. 地理科学, 2009, 29(4): 561~566]
 - [11] Shi Kai, Zhang B, Ai Nanshan, et al. Detrended fluctuation analysis of precipitation time series in Yuamou Dry-hot Basin over the last 50 years [J]. Journal of Mountain Science, 2008, 26(5): 553~559 [史凯, 张斌, 艾南山, 等. 元谋干热河谷近 50 年降水量时间序列的 DFA 分析 [J]. 山地学报, 2008, 26(5): 553~559]
 - [12] Cui M, Lian S, Yang D. Coast sea level and Asian monsoon system: a downscaling exercise for Chinese coast. Chin J Oceanol Limnol, 1998, 16(2): 108~121
 - [13] Zhang Yaocun, Ding Weiguo. Statistical characteristics of daily rainfall series at five representative stations in Eastern China [J]. Journal of Nanjing Institute of Meteorology, 1990, 13(2): 194~204 [张耀存, 丁裕国. 我国东部地区几个代表站逐日降水序列统计分布特征 [J]. 南京气象学院学报, 1990, 13(2): 194~204]
 - [14] Wang Ziyuan, Cai Xianju. An approach to the delimitation of drought/flood during flood seasons and the application of X-11 assay to the precipitation sequence [J]. Scientia Meteorologica Sinica, 1996, 16(2): 151~157 [王子缘, 蔡娴茹. 汛期旱涝划分的探讨和降水序列 X-11 方法应用 [J]. 气象科学, 1996, 16(2): 151~157]
 - [15] Li Yan, Wang Ya-fei, Wei Dong. Effects of anomalous SST in tropical Indian ocean and Pacific ocean on next June rainfall over the Yangtze River Basin and South of the Basin [J]. Acta Meteorologica Sinica, 2007, 65(3): 393~405 [李琰, 王亚非, 魏东. 前期热带太平洋、印度洋海温异常对长江流域及以南地区 6 月降水的影响 [J]. 气象学报, 2007, 65(3): 393~405]
 - [16] Su Buda, Wang Guojie, Jiang Tong. Spatial and temporal variations and scaling of precipitation over Northwest China during 1960~2004 [J]. Journal of Glaciology and Geocryology, 2007, 29(2): 176~182 [苏布达, 王国杰, 姜彤. 西北地区 45 年来降水异常的时空变化及其标度特征 [J]. 冰川冻土, 2007, 29(2): 176~182]
 - [17] Lian Lishu, Li Weihua, Zhu Pingsheng. Analysis of climate change in Shandong Province since 1961 [J]. Meteorological Science and Technology, 2006, 34(1): 57~61 [廉丽姝, 李为华, 朱平盛. 山东省近 40 年气候变化特征 [J]. 气象科技, 2006, 34(1): 57~61]
 - [18] Wang Yongxian, Zhan Yihui, Zhang Shaohong. Clustering analysis and prediction for precipitation time series [J]. Systems Engineering—Theory & Practice, 1994, 11: 67~71 [王永县, 詹一辉, 张少. 降水时间序列的聚类分析和预测 [J]. 系统工程理论与实践, 1994, 11: 67~71]
 - [19] Men Baohui, Zhao Xiejing, Liang Chuan. Chaos analysis on precipitation time series in Sichuan middle region of Yangtze River upper reaches [J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2004, 21(1): 43~46 [门宝辉, 赵婕京, 梁川. 长江上游川中地区降水时间序列的混沌分析 [J]. 长江科学院院报, 2004, 21(1): 43~46]
 - [20] Hamann H, Becker S, King L. Quasi-periodicities in Chinese precipitation time series [J]. Theoretical and Applied Climatology, 2008, 92(3~4): 155~163
 - [21] Xu Yueqing, Li Shuangcheng, Cai Yunlong. Precipitation variations in Hebei Plain based on wavelet analysis [J]. Science in China (Ser D), 2004, 34(12): 1176~1183 [许月卿, 李双成, 蔡运龙. 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, 2004, 34(12): 1176~1183]
 - [22] Zhang B, Shu Chengqiang, Shui Wei, et al. Fluctuation of precipitation in the Rocky deserted northern slope of the Yunnan Guizhou Plateau in recent 50 years [J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2009, 18(12): 1156~1161 [张斌, 舒成强, 税伟, 等. 云贵高原北坡石漠化地区近 50 年降水波动分析——以四川省兴文县为例 [J]. 长江流域资源与环境, 2009, 18(12): 1156~1161]
 - [23] Gao Zhi, Yu Xiaohai. Wavelet in Matlab [M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2007, 1~28 [高志, 余啸海. Matlab 小波分析与应用 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2007, 1~28]
 - [24] Xu Jianhua. Mathematics in Modern Geography [M]. Beijing: Higher Education Press, 2002, 418~435 [徐建华. 现代地理学中的数学方法 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2002, 418~435]
 - [25] You Weihong, Duan Xu, Qi Minhui. Continuous wavelet transforms and their applications to surface air temperature and yearly precipitation variations in Yunnan during last one hundred years [J]. 1999, 18(1): 47~54 [尤卫红, 段旭, 杞明辉. 连续小波变换在云南近百年气温和降水变化分析中的应用 [J]. Plateau Meteorology, 高原气象, 1999, 18(1): 47~54]
 - [26] Andreo B, Jimenez P, Dugan JJ, et al. Climatic and hydrological variations during the last 117~166 years in the south of the Iberian peninsula from spectral and correlation analyses and wavelet continuous analyses [J]. Journal of Hydrology, 2006, 324: 24~39
 - [27] Domingues M, Mendes Jr Q, Mendes CA. On wavelet techniques in atmospheric sciences [J]. Advances in Space Research, 2005, 35(5): 831~842
 - [28] Cheng Kelong, Li Shuangcheng, Zhou Qiaoli, et al. Multi-scale study on climate change for recent 50 years in Daxi County in the source regions of the Yangtze and Yellow rivers [J]. Geographical Research, 2007, 26(3): 526~532 [陈克龙, 李双成, 周巧富, 等. 江河源区达日县近 50 年气候变化的多尺度分析 [J]. 地理研究, 2007, 26(3): 526~532]
 - [29] Percival DB, Walden AT. Wavelet methods for time series analysis [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2000, 325~380

Multiple Scales Variations of Precipitation in Yuamou Dry-hot Valley in the Past 50 Years

ZHANG Bit², LEI Jinrong¹, LIU Gangcai¹, AI Nanshan³, QN Fachao³, LIU Zuhai²

(1. Institute of Mountain Hazards and Environment, CAS, Chengdu 610041, China;

2. School of Land and Resources, China West Normal University, Nanchong 637002, China;

3. School of Architecture and Environment, Sichuan University, Chengdu 610065)

Abstract: The water resource is a main limited factor of ecosystem in the Yuamou Dry-hot Valley; the precipitation change has important influence on the agricultural development and ecosystem restoration. Based on the multiscale transformation of Morlet wavelet to the precipitation of the Yuamou Dry-hot Valley in the recent 50 years, the result shows: annual and seasonal precipitation tend to increase in fluctuation and the growth trend is obvious in summer; the variability of precipitation in the dry season is notably higher than in rainy season; annual and seasonal precipitation have the characteristics of multiscale fluctuation at diverse time scale, and the precipitation in Summer and Autumn is of great importance to annual variation; the summer precipitation has a rapid switch in high and low flow, and other seasons are slow in comparison. Under the conditions of global climatic change, the multiscale variations of precipitation are related to the coverage changes. According to the multiscale changes, short term precipitation tends to decrease, which will affect productions of anti-seasonal vegetables and dry farming adversely.

Key words: precipitation; multiple scale; Dry-hot Valley; wavelet transformation

中国西部地区地学、生命与环境科学留德校友研讨会

由德意志学术交流中心驻北京办事处 (DAAD) 资助、中国科学院成都山地灾害与环境研究所和国际生态安全保护组织成都代表处支持, 2010年 7月 9~10日在中科院成都山地所举行了中国西部地区地学、生命与环境科学 DAAD留德校友研讨会。会议的议题是冰川、水资源和生态环境——在全球变暖的大趋势下, 如何面对生态环境的变化? 怎样评估冰川和水资源这些与人类生活密切相关的资源? 如何预测预报极端天气和气候反常造成的气象和地质灾害以保护人民的生命财产安全?

近 30位校友和有关专家学者参会, 他们分别来自新、甘、陕、滇、湘、粤、川等省区。会上, 著名冰川学家、欧亚科学院院士谢自楚教授作了“冰川与环境”, 程根伟研究员作了“河流的梯级开发及其对环境的影响”, 尹光彩博士作了“酸雨与森林的影响”的学术报告。

与会者对报告进行了热烈讨论, 提出了及时进行生态调查、提高预测预报自然灾害的准确性和采取预防措施的必要性和迫切性, 探讨了在不同省区建设生态安全保护示范区的可行性及其影响。与会者认为, 保护生态安全已是人类必须面对的现实问题, 必须立即行动起来, 从我做起, 不以事小而不为, 要以纳百川终成大海的博大胸怀, 做保护生态安全的先锋。

(中科院成都山地所科技处)