

内江市近 40 年气温和降水变化趋势分析

周 丽¹, 范志华², 刘术良², 谢贤健¹

(1. 内江师范学院资源与环境科学学院, 内江 641112; 2. 内江市气象局, 内江 641100)

摘 要: 气温和降水是诸多气候要素中的主要因子, 二者的变化直接影响气候变化, 是气候变化的主导因素。采用二阶拟合分析方法和 R/S 方法相结合, 对四川盆地丘陵区的典型城市内江市的 4 个台站年均气温和年降水量的变化趋势进行分析。结果表明, 该市气温和年降水量的变化特征不尽相同。气温在过去近 40 a 间呈先下降后上升的趋势, 同时 Hurst 指数为 0.402 4, 说明当地未来气温增加的趋势可能具有反持续性; 过去近 40 a 的年降水量呈现减少趋势, 但降水量的 Hurst 指数为 0.339 3, 说明当地年降水量减少的趋势也具有反持续性。

关键词: 气温; 年降水量; 二阶拟合; R/S; 趋势

中图分类号: P467

文献标识码: A

文章编号: 1672-352X(2012)01-0107-04

Change trend of temperature and precipitation in Neijiang in recent 40 years

ZHOU Li¹, FAN Zhi-hua², LIU Shu-liang², XIE Xian-jian¹

(1. College of Resources and Environment Science, Neijiang Normal University, Neijiang 641112;

2. Neijiang Meteorological Bureau, Neijiang 641100)

Abstract: Temperature and precipitation are the main factors which affect the climate directly. By using methods of Fitting of a second degree parabola and Rescaled range analysis(R/S), the change characteristics of the annual average temperature and the annual precipitation in Neijiang city, which is located in the Central Hilly Region of Sichuan Basin, were analyzed. The results showed that changes of the temperature and annual precipitation were not in the same trend entirely in recent 40 years. The temperature decreased firstly and then increased afterwards, while the Hurst index was 0.402 4, which indicated that there might exist the Hurst phenomenon in the future. Although the annual precipitation presented a declining trend in recent 40 years, but the Hurst index of the precipitation was 0.339 3, which meant that the annual precipitation in the future would be likely to ascend.

Key words: temperature; annual precipitation; fitting of a second degree parabola; R/S; trend

近些年, 气候变化成为人们最为关心的问题之一。其中, 气温和降水是气候变化的主导因素。许多研究人员对大区域、大城市的气温和降水变化特征进行了研究并得出了很多有意义的研究成果^[1]。这些研究目标区域主要是在大范围内进行, 但是对小区域范围的研究相对缺乏, 而这些小区域的温度和降水变化对农业生产也有极其重要的影响^[2-3]。

内江与自贡、泸州、宜宾、德阳、遂宁、南充 7 个地区共同构成四川盆地中丘陵区总体, 是四川盆地中丘陵分布最集中的地区。它是一个典型的以农业为主导产业的地区, 为四川省主要的粮、棉、油农产区。但区内农业气象灾害严重, 灾害性天气多, 主

要粮经作物的产量低而不稳, 严重制约了川中丘陵区农业的可持续发展^[4]。内江市位于四川盆地中部偏西南位置, 地跨东经 104°16'~105°26'、北纬 29°11'~30°24', 主要地形区海拔 300~500 m, 属典型的川中丘陵区地貌, 也是典型的丘陵无灌溉条件农业区。在此背景下, 研究该市的气温和降水变化特征, 对全面了解该市气候特点, 进一步研究该市降水形成机理, 气温变化对农业用水的影响以及加强生态环境建设等都有重要意义。

收稿日期: 2010-12-13

基金项目: 四川省教育厅青年基金项目(10ZB011)和四川省教育厅青年基金项目(09ZB035)共同资助。

作者简介: 周 丽, 女, 讲师。E-mail: yumeng9949@sohu.com

1 材料与方 法

1.1 站点与资料情况

选取内江市 4 个气象观察站观测的气温和降水量数据(内江、资中、威远、隆昌, 其中内江为一级站, 其余为二级站)。年均气温序列和年降水量序列均为 1971~2009 年。数据资料均来源于内江市气象局。

1.2 滑动平均变化趋势

采用 N 年滑动平均值, 对于分析某个地区气温和降水周期性有其方便之处。经过滑动平均处理的系列可以把小于 N 年的小波消除, 把大于 N 年的周期性明显地表示出来^[5]。本文分别计算出年均气温和年降水量 5 a 滑动平均值系列, 再运用二阶拟合分析方法分析其变化趋势。

1.3 R / S 计算方法

Hurst 于 1965 年在总结尼罗河的多年水文观测资料时提出了 R / S(重标度)分析方法, 该方法属于非参数分析法, 不必假定潜在的分布式高斯分布, 只要独立就可以, 是目前计算 Hurst 指数中应用最广泛的分析方法^[6]。Mandelbrot 和 Wallis 又在理论上对该方法进行补充和完善^[7-8]。其基本原理是: 对于时间序列 {x(t)}, t=1, 2, ..., n, 对于任意正整数 τ ≥ 1 定义均值序列:

$$x_{\tau} = \frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^{\tau} x(i) \quad \tau=1,2, \dots, n \quad (1)$$

累积离差:

$$x(t, \tau) = \sum_{i=1}^t [x(i) - x_{\tau}] \quad 1 \leq t \leq \tau \quad (2)$$

极差序列:

$$R(\tau) = \max X(t, \tau) - \min X(t, \tau) \quad (3)$$

标准差序列:

$$S(\tau) = \sqrt{\frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^{\tau} [x(i) - x_{\tau}]^2} \quad (4)$$

对于比值 $R(\tau) / S(\tau) \equiv R/S$, 如果存在如下关系:

$$R/S \propto \tau^H \quad (5)$$

则说明时间序列 {x(t)}, t=1, 2, ..., n, 存在 Hurst 现象, H 称为 Hurst 指数, Hurst 指数值可根据计算出的(τ, R / S)的值, 在双对数坐标系[lnτ, ln(R / S)]中用最小二乘法拟合得到 (其中 τ 为任意正整数, R 为极差系列, S 为标准差系列)。一般 0<H<1, 根据 H 值可以判断该时间序列是完全随机的或是存在趋势性成分, 在趋势性成分中表现为持

续性(persistence)还是反持续性(anti-persistence)^[9]。H=0.5, 说明气候过程独立, 气候变化是随机的。0.5<H<1, 表明时间序列具有长期相关的特征, 即说明过程具有持续性, 未来的气候整体变化将与过去的变化趋势一致, 如过去整体升温的趋势预示将来的整体趋势还是升温, 且 H 值越接近 1, 持续性就越强。0<H<0.5, 表明时间序列具有长期相关性, 但将来的总体趋势可能与过去相反, 过去的增暖趋势预示着未来有可能变冷^[1]。

2 结果与分析

2.1 气候变化的 5 a 滑动平均分析

2.1.1 气温 采用 5 a 滑动平均值系列得到 1971~2009 年内江市年平均气温变化图, 从图 1 中可以看出, 内江市年平均气温在过去近 40 a 间呈明显的先下降后上升的趋势。通过 1971~2009 年气温距平分析可见(图 2), 该市年平均气温经历了 3 个时期, 以 1980 年和 1996 年为界, 1980 年之前偏暖, 之后偏冷; 1996 年之前偏冷, 之后偏暖, 偏冷期负距平的频率为 91.9% (图 2)。1992 年为分析期内平均气温最低年, 自 1996 年起该市气温开始变暖, 2006 年达到最高。通过图 2, 还可以明显地看出极端气温发生的频率在增多, 极值在增大, 不断地突破原有尺度。10 a 分段统计结果表明, 本世纪初平均气温为全系列最高时段, 不同时段间差异达到显著水平。从图 1、图 2 均可看出, 年平均气温波动性显著, 1971~2009 年期间存在一个周期约 30 年的波, 2009 年后可能有一个下行的趋势, 持续的时间尺度在 10 a 左右。

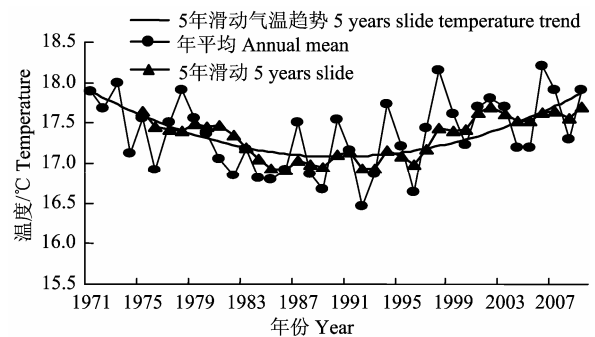


图 1 1971-2009 年内江市年平均气温变化
Figure 1 Annual temperature change in Neijiang from 1971 to 2009

2.1.2 降水量 由表 1 可见, 1971~2009 年, 内江市降水量的年际间变化很大, 最大年份 (1983 年) 与最小年份 (1977 年) 相差近 3 倍, 年变异系数达

22.3%。其中, 1981~1990 年的年平均降水量比 1971~1980 年平均增加约 190 mm, 增加 21.3%, 2001~2009 年的年平均降水量比 1971~1980 年平均增加约 25 mm, 增加 2.9%, 而 1981~1990 年年均比整个分析期的平均年降水量高近 2 倍。1991 年以后, 各时段平均年降水量均低于多年平均值。从表 1 中每 10 a 的平均值看, 从 1981 年开始, 具有明显的减少趋势。但是, 从 1971~2009 年内江市年降水量 5 a 滑动降水量变化趋势看(图 3), 其减少的趋势并不明显。

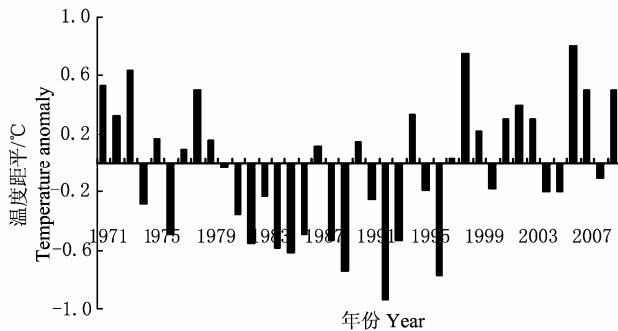


图 2 1971-2009 年内江市年平均气温距平

Figure 2 Annual temperature anomaly in Neijiang from 1971 to 2009

表 1 各时段平均降水量统计分析

项目	1971	1981	1991	2001	1971
Item	-1980	-1990	-2000	-2009	-2009
年平均/mm	890.5	1080.0	949.2	915.9	960.0
Annual mean					
平均变化率/%		+21.3	+6.6	+2.9	+7.8
Average change rate					

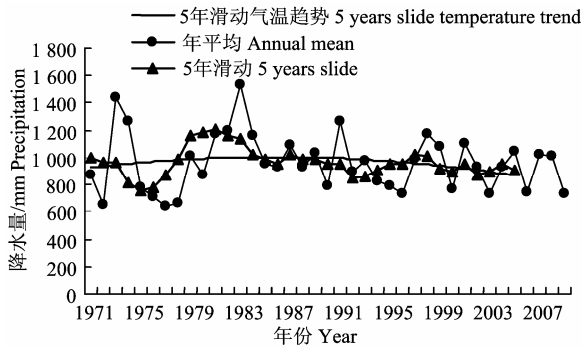


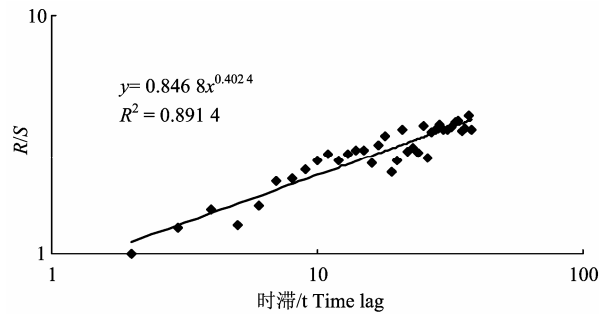
图 3 1971-2009 年内江市降水量变化趋势

Figure 3 Annual precipitation change in Neijiang from 1971 to 2009

2.2 气候变化的 R / S 分析

用 R / S 法分析内江市气温和年降水量系列的

H 指数, 计算结果见图 4 和图 5。由图 4 可以看出, 内江市年平均气温呈 Hurst 现象, Hurst 指数为 0.402 4, 决定系数为 0.89, 由于 $0 < H < 0.5$, 即时间序列的变化前后负相关, 说明该市年平均气温的变化具有反持久性, 其时间序列具有长期相关的特征: 气温将在未来 10 a 左右呈下降趋势。由图 5 可以得出, 内江市降水量呈较明显的 Hurst 现象, Hurst 指数为 0.339 3, 决定系数为 0.88, 由于 $0 < H < 0.5$, 说明该市未来 10 a 左右降水量变化呈与目前相反的缓慢上升趋势。



t 为任意正整数, R 为极差系列, S 为标准差系列。下同 t means random positive integer, R means range series, and s means standard error series. The same below

图 4 内江市气温的 Hurst 指数(对数刻度)

Figure 4 Hurst index of temperature in Neijiang

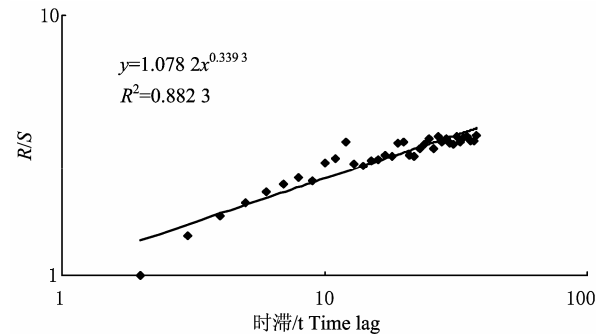


图 5 内江市降水量的 Hurst 指数(对数刻度)

Figure 5 Hurst index of precipitation in Neijiang

3 结论

内江市年平均气温在过去近 40 a 间呈明显的先下降后上升的趋势, 1971~2009 年期间存在一个周期约 30 a 的波, 2009 年后可能有一个下行的趋势, 持续的时间尺度推测在 10 a 左右。而且气温变化存在 Hurst 现象, Hurst 指数为 0.402 4, 决定系数为 0.89, 进一步说明未来 10 年左右有降温趋势。由于气温下降将直接造成空气饱和水汽压下降, 田间蒸

发将比现在稍有缓慢。因此,从农业灌溉用水这个角度来看是有利于农田用水的节约的。但是极端气温发生的频率在增多,极值在增大,不断地突破原有尺度,这又为农业生产造成不利。

内江市近 40 年来平均年降水量为 960.0 mm,从每 10 年的平均值看,具有明显的减少趋势,但是,5 a 滑动二阶拟合变化趋势并不明显。降水量的 Hurst 指数为 0.3393,说明该市未来年降水量的变化呈与目前相反的上升趋势。该市农作物主要靠自然降水,灌溉为辅,所以降水量的充足与否直接关系到农作物的长势和收成。目前,为应对极端气候的出现,包括内江在内的四川盆地中丘陵区已经在新农村建设期间新修了许多蓄水池来解决短期农业缺水问题,但是事实表明,投入的力度还不够,还不能解决真正意义上的缺水问题,必须采取更有效的措施为农业生产服务。

内江市气温和降水量系列的 Hurst 指数相近,但并不能表明气温和降水量间是绝对对应的关系,即温度的升高不是降水量减少的直接原因。实际上,该市的降水状况本身受到季风气候、大气环流和气压场等多种因素的影响。因此,在降水变化特征研究清楚的基础上,应进一步研究本市降水形成、变化机理和降水情势预报,对农业抗旱防涝和地区用水策略有更深层次的意义。

参考文献:

- [1] 龚宇,邢开成,王璞. 沧州地区近 40 年来气温和降水量的变化趋势分析[J]. 中国农业气象, 2008, 29(2): 143-145.
- [2] 张强,杨贤为,黄朝迎. 近 30 年气候变化对黄土高原地区玉米生产潜力的影响[J]. 中国农业气象, 1995, 16(6): 19-23.
- [3] 马晓群,张爱民,陈晓艺. 气候变化对安徽省淮河流域旱涝灾害的影响[J]. 中国农业气象, 2002, 23(4): 1-4.
- [4] 许武成,周旭,徐邓耀. 近 50 年川中丘陵区气候变化及与 ENSO 关系研究[J]. 高原山地气象研究, 2008, 28(1): 52-56.
- [5] 陈艳芳,丘蔚天. 韶关市 1918~2004 年降水量系列代表分析[J]. 广东水文与水环境, 2006, 24(2): 46-51.
- [6] 江田汉,邓莲堂. Hurst 指数估计中存在的若干问题[J]. 地理科学, 2004, 24(2): 177-181.
- [7] Mandelbrot B B, Wallis J R. Some long run properties of geophysical records[J]. Water Resource Research, 1969, 5(2): 321-340.
- [8] Mandelbrot B B, Wallis J R. Robustness of the rescaled ranged R/S in the measurement of non-cyclic long run statistical dependence[J]. Water Resource Research, 1969, 5(5): 967-988.
- [9] 张晓伟,沈冰,孟彩侠. 和田绿洲水文气候要素分析特征与 R/S 分析[J]. 中国农业气象, 2008, 29(1): 12-15.