

郑州市近 60 年来降水变化特征及突变分析

刘德林

(河南理工大学 应急管理学院, 河南 焦作 454000)

摘要:利用郑州市 1951—2008 年降水资料,采用线性倾向估计和 Mann-Kendall 变点检测法,对郑州市降水的年季变化趋势、年内分配特征及突变性进行了分析。结果表明:(1)近 60 年来,郑州市年降水量总体呈上升趋势,降水倾向率为 14.19 mm/10 a;各季降水量与年降水量变化趋势基本相似,整体亦呈增加趋势,但增加的幅度均明显小于年降水量。(2)郑州市降水量年内分配十分不均,主要集中在 6—9 月。(3)郑州市年降水量在 1953 年、1958 年、1964 年和 1997 年共发生 4 次突变,春季和秋季分别发生 3 次,夏季和冬季相对较少,分别发生 2 次和 1 次突变。

关键词:郑州市;气候变化;变点分析;Mann-kendall

中图分类号:P332.1

文献标识码:A

文章编号:1005-3409(2011)05-0236-03

Variation Characteristics and Abrupt Change Analysis of Precipitation in Zhengzhou City over the Last 60 Years

LIU De-lin

(Emergency Management School, He'nan Polytechnic University, Jiaozuo, He'nan 454000, China)

Abstract: Based on the daily and monthly precipitation data (1951—2008) of Zhengzhou City, the yearly and seasonal change characteristics and abrupt change of precipitation were analyzed by using the linear trend estimate and Mann-Kendall methods. The results showed that: (1) the annual precipitation had an increasing trend in recent 60 years, and the trend rate was 14.19 mm/10 a. The precipitation change trend in each season was similar to that of annual, but the increased scope was obviously lower than the annual precipitation; (2) annual distribution of precipitation in Zhengzhou City was very uneventful, the precipitation mainly occurred from June to September; (3) annual precipitation abrupt change took place in 1953, 1958, 1964 and 1997, the precipitation abrupt change in spring and autumn took place three times, respectively, and that in summer and winter took place twice and once, respectively.

Key words: Zhengzhou City; climate change; abrupt analysis; Mann-Kendall method

水资源短缺已成为制约区域经济发展的“瓶颈”,然而,全球变暖和人类自身改造自然能力的不断提高,使水资源循环要素的质和量在时空上均发生了很大变化^[1-2]。地处中华腹地的郑州市是中国严重缺水的城市之一,全市人均水资源量仅为 198 m³,不足河南人均的 1/2 及全国人均的 1/10。据统计,郑州市年需水量为 17.2 亿 m³,正常降水年份的可利用水量仅能满足 85% 的用水需求,而干旱年份缺口达到 6.2 亿 m³,缺水率高达 33.6%。然而,郑州市降水的年际及年内分配却极其不均(如 1987 年 8 月 10 日的日降水量高达 289 mm,暴雨最大强度达 110 mm/h,而 1997 年

的年降水量仅有 354.9 mm),这加剧了郑州市的水资源危机。因此,研究郑州市降水的长期变化及突变特征,无论是对该区水资源的合理开发利用还是旱涝灾害的防治都具有重要的意义。本文以郑州气象站和《河南统计年鉴》的降水资料为基础,采用线性趋势法和 Mann-Kendall 变点检测法对其年季的长期变化趋势、年内分配特征及其突变性进行分析。

1 数据源与研究方法

1.1 数据来源与处理

本文所用数据来源于中国地面气候资料国际交

换站郑州气象站(34°43'N、113°39'E,海拔98 m) 1951—2005年的日降水资料和《河南统计年鉴》2006—2008年的月降水资料,并据此计算各季及逐年降水量。其中,春、夏、秋、冬四季划分为3—5月、6—8月、9—11月和12月—次年2月^[3]。

1.2 研究方法

(1) 线性趋势法。降水的趋势变化可用一次线性回归方程表示^[4],即

$$y=at+b \quad (1)$$

式中: a, b ——经验常数,可由最小二乘法求得; y ——降水的预测值; t ——观测时间。将 $a \times 10$ 称为降水倾向率,单位为mm/10 a, a 值的符号反映气候要素随时间上升或下降的变化趋势,绝对值的大小度量其演变趋势上升、下降的程度。

(2) Mann-Kendall法。M-K法是以气候要素时间序列平稳为前提,遵从正态分布且各样本间相对独立^[5-6]。

假设 H_0 :气候要素时间序列平稳的前提下,设气候要素序列为 $x_1, x_2, \dots, x_N, m_i$ 表示第 i 个样本 x_i 大于前面样本的累计数,表示为

$$d_k = \sum_{i=1}^k m_i \quad (2 \leq k \leq N) \quad (2)$$

在原序列随机、独立和平稳的假定下, d_k 的均值和方差可用下式表示:

$$\begin{cases} E_{(dk)} = \frac{k(k-1)}{4} \\ \text{var}_{(dk)} = \frac{k(k-1)(2k+5)}{72} \end{cases} \quad (2 \leq k \leq N) \quad (3)$$

将新建序列 d_k 标准化得:

$$U_{dk} = \frac{[d_k - E_{(dk)}]}{\sqrt{\text{var}_{(dk)}}} \quad (4)$$

其中, $U_{(dk)}$ 为标准分布,若概率分布为 $\alpha_1 = \text{prob}(|U| > |U_{(dk)}|)$,给定一定显著水平 α_0 ,如果 $\alpha_1 > \alpha_0$,接受原假设 H_0 ,若 $\alpha_1 < \alpha_0$,则拒绝原假设 H_0 ,这说明该序列存在明显的变化趋势。

将上述方法应用到反序列中, \bar{m}_i 表示第 i 个样本 x_i 大于后面样本的累计数,设 $j = N + 1 - i$,令 $\bar{m}_i = m_j$,则反序列的 $\bar{u}_{(di)}$ 由下式计算:

$$\begin{cases} \bar{u}_{(di)} = -u(d_j) \\ j = N + 1 - i \end{cases} \quad (i, j = 1, 2, \dots, N) \quad (5)$$

给出 $U_{(dk)}$ 和 $\bar{u}_{(di)}$ 随时间变化曲线图(分别以 U_f 和 U_b 表示),如果曲线 U_f 和 U_b 的交点位于信度区间之内,这点便是降水突变点。

2 结果分析

2.1 降水的趋势分析

从郑州市近60年来的年降水变化曲线(图1)可知,郑州市年降水量总体呈上升趋势,降水倾向率为

14.19 mm/10 a,这与1951—1989年全国年平均递减率(-12.66 mm/10 a)变化趋势相反^[1]。郑州市降水在1950s明显偏少,为枯水期,年代降水距平值为43.89 mm,最小降水量仅有358 mm(1960年);1960s,1970s,1980s和1990s为平水期,年代降水距平值分别为9.77, -3.57, -6.14, 12.60 mm;降水量在2000s明显增多,为丰水期,年代降水距平值高达70.67 mm,其中2003年降水量超过1 000 mm,为多年平均降水量(614.90 mm)的1.64倍。从年降水拟合曲线可以看出,郑州市近60年来的降水经历了增多—减少—增多(即枯水期—平水期—丰水期)的历史演变过程。对郑州市近60年来各季降水资料的统计分析表明,各季降水量与年降水量变化趋势基本相似,整体亦呈增加趋势,但增加的幅度均明显小于年降水量(图2a—d)。总的来说,冬季和夏季降水增加趋势较快,春季较慢,秋季增加不大,其降水倾向率分别为7.75, 4.80, 1.88和0.08 mm/10 a。对各季降水的二次多项式拟合曲线进一步分析发现,近60年来,郑州市春季和秋季降水呈现一个“少—多—少”变化趋势,而夏季降水变化趋势则与其相反,呈现“多—少—多”,冬季降水一直呈增多趋势。对各季降水与年降水量的相关分析表明,夏季降水与全年降水关系最为密切($R^2 = 0.737, \alpha = 0.01$),其次为春季($R^2 = 0.528, \alpha = 0.01$),冬季相关性最差。

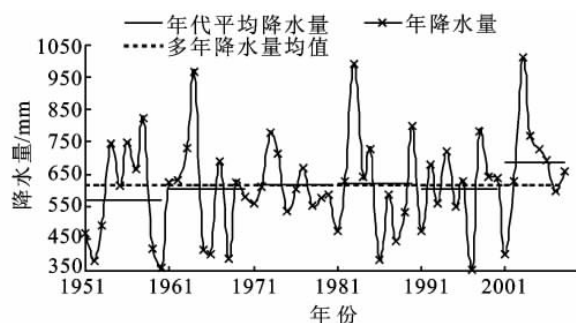


图1 1951—2008年郑州市年降水量变化

2.2 降水的年内分配特征

由郑州市各年代平均降水量的年内分配特征(图3)可明显看出,郑州市降水量年内分配十分不均,主要集中在6—9月(7月所占比重最大),10月至次年5月所占比重不大。其中,1970s和2000s降水分布更为集中,仅6—8月的降雨量就占到全年降水量的60%以上。虽然1980s和1990s降水的年内分配相对均匀,但6—8月和6—9月的降水量也分别占到全年降水量的50%和60%以上。对降水数据的进一步统计分析可知,各年代6—8月降水量占该年代年均降水量百分比的变化范围为49.72%~65.75%,6—9月降水所占比重变化范围为62.01%~71.27%。

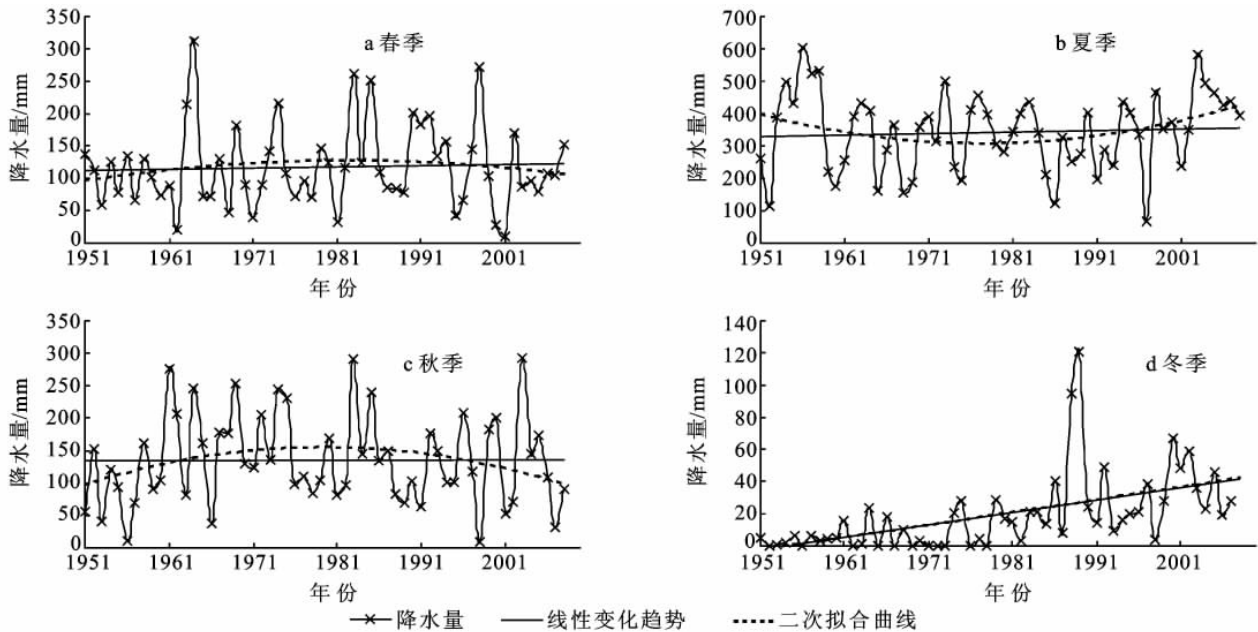


图 2 近 60 年来郑州市春、夏、秋、冬各季降水量变化

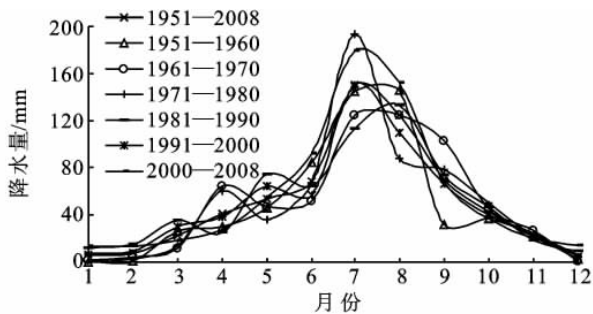


图 3 郑州市降水量不同年份年内分配特征

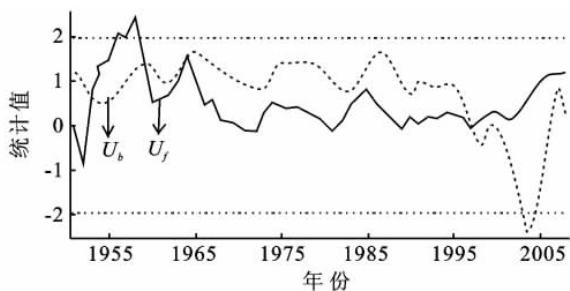


图 4 郑州市年降水序列的 M-K 突变检测

2.3 降水突变分析

由图 4 可以看出,郑州市近 60 年的年降水序列分别在 1953 年、1958 年、1964 年和 1997 年发生突变。正向序列曲线(U_f) 在 1953 年发生突变后呈快速上升趋势,且通过 1.96 置信度临界值,表明 1953 年后降水有显著增多的趋势;降水序列在 1964 年发生突变后 U_f 呈波动趋势,表明 1964 年后降水呈现波动变化;降水序列在 1997 年发生突变后, U_f 呈上升趋势,但始终没有通过 1.96 置信度临界值,说明 1997 年后年降水增多,但增多趋势不显著。对春夏秋冬四季的 M-K 变点检测发现:春季降水量在 1964 年、1999 年和 2002 年共发生 3 次突变,夏季在 1953 年和 2002 年共

发生 2 次突变,秋季在 1952 年、1954 年和 2007 年共发生 3 次突变,冬季仅在 1981 年发生 1 次突变。

3 结论

(1)近 60 年来郑州市年降水量总体呈上升趋势,降水倾向率为 14.19 mm/10 a,这与 1951—1989 年全国年平均递减率(-12.66 mm/10 a)变化趋势相反。从降水的拟合曲线发现,郑州市近 60 年来的降水经历了增多—减少—增多的历史演变过程;春季和秋季降水呈现一个“少—多—少”变化趋势,而夏季降水变化趋势则与其相反,呈现“多—少—多”,冬季降水一直呈增多趋势。(2)郑州市降水量年内分配十分不均,主要集中在 6—9 月(7 月所占比重最大),10 月至次年 5 月所占比重不大。(3)Mann-kendall 方法检测发现,郑州市年降水量在 1953 年、1958 年、1964 年和 1997 年共发生 4 次突变,春夏秋冬各季分别发生了 3 次、2 次、3 次和 1 次突变。

参考文献:

- [1] 林学椿,于淑秋. 近 40 年我国气候趋势[J]. 气象,1990,16(10):16-22.
- [2] 刘晓东,安芷生,方建刚,等. 全球气候变暖条件下黄河流域降水的可能变化[J]. 地理科学,2002,22(5):513-519.
- [3] 杨达源,姜彤. 全球变化与区域响应[M]. 北京:化学工业出版社,2005.
- [4] 项静恬,史久恩. 非线性系统中数据处理的统计方法[M]. 北京:科学出版社,1997.
- [5] 刘德林,刘贤赵,刘健利,等. 胶东半岛丘陵区典型流域气温—降水的变化特征及突变分析[J]. 中国农村水利水电,2007(10):13-17.
- [6] 符淙斌,王强. 气候突变的定义和检测方法[J]. 大气科学,1992,16(4):482-493.