

运东闸站多年降水量特性分析

黄璐, 朱文彪, 王鼎, 韩阳

(江苏省灌溉总渠管理处, 江苏 淮安 223200)

摘要: 本文根据运东闸站 1964 ~ 2015 年降水量资料, 分析降水年内、年际变化规律, 采用游程理论分析连丰连枯规律并利用 Mann-Kendall 检验法对降水发展趋势作出预测。结果表明, 运东闸站降水量年内分配不均且主要集中在汛期, 年降水量变化幅度大, 丰、枯交替出现, 年降水量呈现增加趋势, 但趋势并不明显。

关键词: 泵站; 降水量; 特性分析

中图分类号: TV125 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839 (2016) 10-0046-04

Analysis of precipitation characteristics of Yundong sluice station

HUANG Lu, ZHU Wenbiao, WANG Ding, HAN Yang

(Main Irrigation Channel Management Division of Jiangsu Province, Huaian 223200, Jiangsu)

Abstract: Based on the precipitation data from Yundong sluice station in 1964–2015, the annual and inter-annual variation regularities of annual precipitation are analyzed. The runoff theory is used to analyze the high low regularity and the trend of precipitation is predicted by Mann-Kendall test. The results show that the annual precipitation of Yundong sluice station is uneven and mainly concentrates in the flood season, the annual precipitation change is large, the precipitation is alternated, the annual precipitation is increasing, but the trend is not obvious.

Key words: pumping station; precipitation; characteristic analysis

运东闸位于江苏省淮安市淮安区境内, 于 1952 年建成, 是苏北灌溉总渠第二级控制枢纽。运东闸水文站于 1953 年设立, 属国家重点水文站, 同时也是中央报汛站, 观测项目有水位、流量、降水量、蒸发量等, 是灌溉总渠分水控制站, 收集基本水文信息, 掌握灌溉、排洪、航运等水情, 为工程管理、水量分配提供资料。现有 1964 ~ 2015 年降水量观测资料, 资料系列长达 52 年, 资料质量好, 系列较长。本文通过对运东闸站多年降水量的计算分析, 可得到该地区降水量的变化特性, 对今后水文预报、防汛防旱、水资源管理等工作具有重要意义。

1 降水量的年内分配

受季风气候的影响, 淮安四季分明, 雨量集中, 夏季气温最高的时候, 也是降雨量最大、最集中的时期。运东闸站降水量年内分配不均匀, 全年降水量主要集中在汛期 5 ~ 9 月, 历年汛期降水量达 35422.8mm (历年总降水量 49188mm), 占年降水量的 72.0%。其中 6、7、8 月份降水量占全年降水量的 55.0%, 7 月份降水量最大, 占年降水量的 24.2%。运东闸站历年降水量年内分配见图 1。

2 降水量的年际变化

收稿日期: 2016-06-07

作者简介: 黄璐 (1985-), 女, 硕士, 工程师, 主要从事水利工程管理工作。

通过对运东闸站 1964 ~ 2015 年降水系列进行皮尔逊 - III 型频率适线分析计算, 得出多年平均年降水量为 945.9mm, 变差系数 C_v 为 0.26, C_s/C_v 为 1.5。运东闸站降水量年际变化较大, 最大年降水量为 1540.4mm, 出现在 1991 年; 最小年降水量 506.6mm, 出现在 1978 年; 最大年降水量是最小年降水量的 3.04 倍。

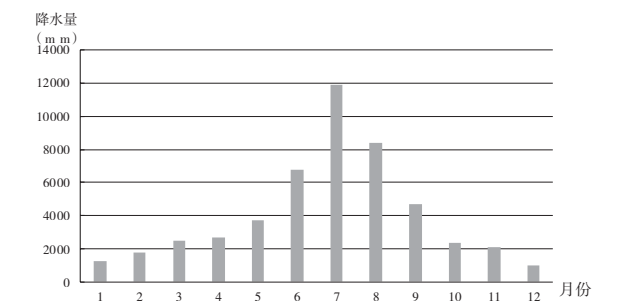


图 1 运东闸站历年 (1964 ~ 2015) 各月总降水量柱状图

2.1 丰水期与枯水期分析

降水量模比系数差积曲线能较好地反映降水的丰、枯变化情况, 当某一段时间内曲线总的趋势是下降的, 说明此时期为枯水期; 当某一段时间内曲线总的趋势是上升的, 说明此时期为丰水期^[1]。通过运东闸站年降水量模比系数差积曲线 (图 2) 可以看出, 运东闸站 1964 ~ 2015 年降水过程大致出现过 4 段 (1968 ~ 1972 年、1989 ~ 1991 年、2003 ~ 2008 年、2014 ~ 2015 年) 多雨期和 4 段 (1966 ~ 1968 年、1973 ~ 1984 年、1992 ~ 2002 年、2009 ~ 2013 年) 少雨期。差积曲线上升段共 14 年, 占总年数的 26.9%; 下降段共 31 年, 占总年数的 59.6%。

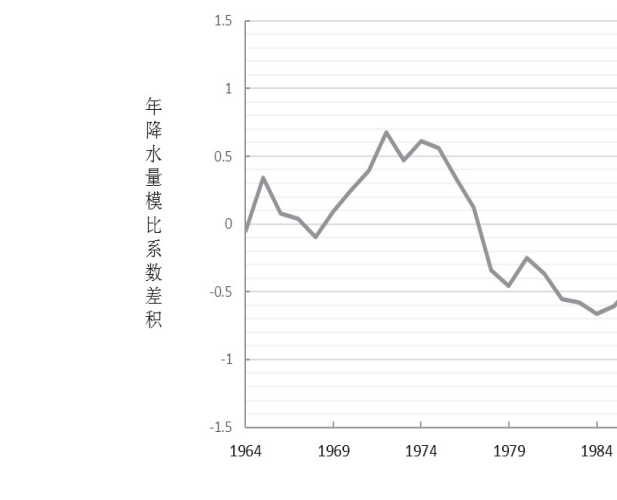


图 2 运东闸站年降水量模比系数差积曲线图

2.2 连丰、连枯期分析

连丰、连枯的程度对水资源规划与调节有重要意义。本文采用游程理论分析降水连丰、连枯变化。游程理论是值在连续出现的同类事件中, 在它的前后是另外一类事件, 如连续丰枯交替出现。可将降水资料视为离散序列, 选择多年平均降雨量 Q_0 为标准量, Q_i 为各年降水量, σ 为标准差, 凡 $Q_i - Q_0 > 0.33\sigma$, 则具有正变差, 属丰水年; $Q_i - Q_0 < -0.33\sigma$, 则具有负变差, 属枯水年^[2]; 如果有一个负变差居先, 后跟连续 k 个正变差项, 即表示有一个长度为 k 的正游程。正游程表示连续丰水的年数, 负游程表示连续枯水的年数。连丰、连枯年段发生的概率采用公式 $p = q^{k-1}(1-q)$, $0 < q < 1$, p 为连续 k 年丰水或枯水发生的概率。 q 为模型分布参数, 利用公式 $q = (s - s_1) / s$ 计算, s 为统计资料系列中丰水 (枯水) 年累计年频次, s_1 为统计时期中各种统计长度的连丰 (连枯) 年发生的累计频次。用游程理论对运东闸站降水量系列分析结果见表 1。从表 1 可以看出, 前一年为丰水条件下, 继续出现丰水的概率为 0.409, 连续 2 年、3 年、4 年出现丰水年的概率分别是: 24.2%、9.9%、4.0%; 前一年为枯水条件下继续出现枯水的概率为 0.458, 出现枯水年的概率分别是: 24.8%、11.4%、5.2%。

表 1 运东闸站连丰和连枯年段发生概率统计				
	分布参数	不同历时连丰概率 (%)		
	q	2 年	3 年	4 年
连丰	0.409	24.2	9.9	4.0
连枯	0.458	24.8	11.4	5.2

2.3 周期性分析

利用滑动平均值法分析某个站点降水的周期性,可以把小于 n 年的波动消除,把大于 n 年的周期性明显地表示出来^[3]。绘制运东闸站年降水量 5 年滑动均值过程线(图 3),从图 3 可以看出,运东闸站年降水量大概 15 年左右为一个周期,在图上 52 年年降水量系列中有 3 个明显的周期。

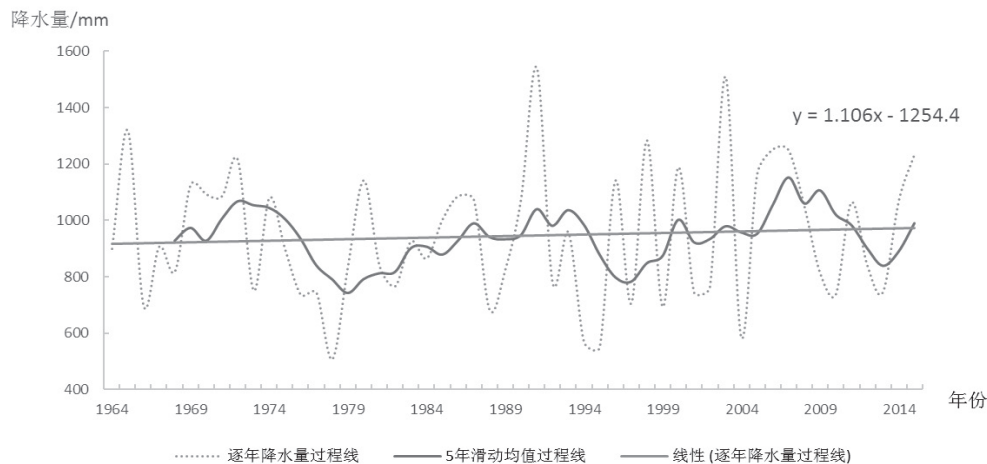


图3 运东闸站逐年降水量及 5 年滑动均值过程线图

3 降水量变化趋势分析

时间序列是指对事物某一个统计指标采集不同时刻上的各个数值,按时间先后顺序排列而形成的序列,反映某一事物、现象等随时间的变化状态或程度。检测趋势与突变的方法有多种,其中 Mann-Kendall (M-K) 检验法是判断时间序列趋势性与突变常用的方法,被广泛用于分析降水、径流、气温等^[4-6]。

在 M-K 检验中,原假设 H_0 为时间序列数据 (x_1, x_2, \dots, x_n) 是 n 个独立的、随机变量同分布的样本;备择假设 H_1 是双边检验,对于所有的 $k, j \leq n$, 且 $k \neq j, x_k$ 和 x_j 的分布是不相同的,检验的统计变量 S 计算式如下:

$$S = \sum_{k=1}^{n-1} \sum_{j=k+1}^n \text{Sgn}(x_j - x_k)$$

$$\text{其中,} \quad \text{Sgn}(x_j - x_k) = \begin{cases} +1, (x_j - x_k) > 0 \\ 0, (x_j - x_k) = 0 \\ -1, (x_j - x_k) < 0 \end{cases}$$

式中: S 为正态分布,其均值为 0, 方差 $\text{Var}(S) = n(n-1)(2n+5)/18$ 。

当 $n > 10$ 时,标准的正态统计量通过下式计

算:

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, S > 0 \\ 0, S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}, S < 0 \end{cases}$$

在双边的趋势检验中,在给定的 α 置信水平上,

如果 $|Z| \geq Z_{1-\alpha/2}$, 则原假设是不可接受的,即在置信水平上,时间序列数据存在明显的上升或下降趋势。当统计量 $Z > 0$ 时,是上升趋势,当 $Z < 0$ 时是下降趋势。 Z 的绝对值在大于等于 1.28、1.64 和 2.32 时,分别表示通过信度 90%、95% 和 99% 的显著性检验。

当 M-K 检验进一步用于检验序列突变时,检验统计量与上述 Z 有所不同,通过构造一秩序列:

$$S_k = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{i-1} \partial_{ij} \quad (k=2, 3, 4, \dots, n)$$

其中,

$$\partial_{ij} = \begin{cases} 1, x_i > x_j \\ 0, x_i \leq x_j \end{cases} \quad 1 \leq j \leq i$$

统计变量:

$$UF_k = \frac{|S_k - E(S_k)|}{\sqrt{\text{var}(S_k)}} \quad (k=1, 2, \dots, n)$$

式中:

$$E(S_k) = k(k-1)/4$$

$$\text{var}(S_k) = k(k-1)(2k+5)/72$$

UF_i 为标准正态分布,给定显著性水平 α ,若, $|UF_i| > U_{\alpha/2}$ 则表明序列存在明显的趋势变化,将时间

序列 x 按逆序排列,再按照上式计算,同时使:

$$\begin{cases} UB_k = -UF_k \\ k = n+1-i \end{cases} \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

通过分析统计序列 UF_k 和 UB_k 可以进一步分析序列 x 的趋势变化,而且可以明确突变的时间,指出突变的区域。若 UF_k 值大于 0,则表明序列呈上升趋势;小于 0 则表明呈下降趋势;当它超过临界值线时,表明上升或下降趋势显著。如果 UF_k 和 UB_k 这两条线出现交点,且交点在临界值线之间,那么交点对应的时刻就是突变开始的时刻。

经计算,运东闸站 1964 ~ 2015 年年降水量

4 结语

通过对运东闸站 1964 ~ 2015 年年降水量资料的研究,分析降水量的年内、年际变化规律及降水量的变化趋势,得出运东闸站降水量年内分配不均,降水主要集中在汛期,汛期降水量占全年降水量的 72.0%,年降水量变化幅度较大,最大年降水量是最小年降水量的 3.04 倍,丰、枯交替出现,丰枯变化频繁,年降水量变化周期约为 15 年,年降水量呈现增加趋势,但没有通过置信度 90% 的显著性检验,所以增加趋势并不明显。

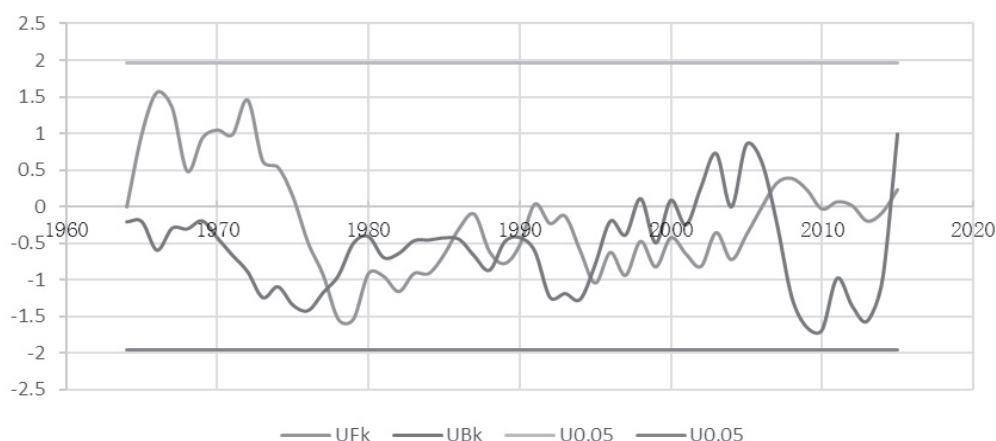


图4 运东闸站年降水量突变检验曲线图

系列 S 值为 26, $\text{Var}(S)$ 值为 16059, 由于 $S > 0$, 且 $n > 10$, 所以得 Z 值为 $0.20 < 1.28$, 所以运东闸站 52 年来降水量呈上升趋势, 由于小于 1.28, 所以没有通过置信度 90% 的显著性检验, 说明运东闸站的年降水量增加趋势不明显。通过图 3 逐年降水量过程线线性趋势分析, 其线性回归方程为: $y = 1.106x - 1254.4$, 式中 x 代表年份, y 为第 x 年的降水量, 由此可以推断, 52 年来运东闸站降水量存在缓慢上升的线性趋势, 与 M-K 趋势检验结果一致。

M-K 检验进一步用于检验序列突变时, 检验统计量与 Z 有所不同, 在此不作具体介绍, 经计算得运东闸站年降水量系列的 UF_k 值和 UB_k 值, 并绘制成图(图 4)。从图上可以看出运东闸站年降水量在 1964 ~ 1975、1991、2006 ~ 2009、2011、2015 年呈增加趋势, 其余年份为减少趋势, 但都没有通过 0.05 显著性检验($U_{0.05} = 1.96$), 趋势均不明显, 根据 UF_k 和 UB_k 曲线交点的位置, 运东闸站年降水量在 1977、1985、1988、1990、1994、2007、2014 年存在突变。

参考文献:

- [1] 野大君, 宋晶. 东辽河辽源站年降水量变化特性分析[J]. 吉林水利, 2008(10): 57-58.
- [2] 马蕴芬. 江苏省若干代表站年降水量的多年变化和系列代表分析[J]. 水文, 2003, 23(3): 45-51.
- [3] 袁晓燕, 管华, 王珊珊, 孙继勇. 盐城站降水量的统计分析[J]. 淮阴师范学院学报(自然科学版), 2008, 5(3): 246-248.
- [4] Sheng Yue, Paul Pilon, George Cavadiash. Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series[J]. Journal of Hydrology, 2002, 259(1-4): 254-271.
- [5] 曹洁萍, 迟道才, 武立强, 等. Mann-Kendall 检验方法在降水趋势分析中的应用研究[J]. 农业科技与装备, 2008(5): 35-40.
- [6] 简虹, 骆云中, 谢德体. 基于 Mann-Kendall 法和小波分析的降水变化特征研究[J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2011, 36(4): 217-222.

(责任编辑: 徐丽娜)