

河川径流年内分配不均匀性的量化研究

冯国章¹, 李 瑛², 李佩成³

(1 西北农林科技大学水利与建筑工程学院, 陕西杨陵 712100)

(2 西安市水电局渭泾河管理处, 西安 710016)

(3 西安工程学院水文地质与工程地质系, 西安 710054)

P333.1
TV121.4

[摘 要] 提出了一种河川径流年内分配不均匀性的定量化方法。该方法以年内各时段平均流量的均方差与年平均流量的比值作为径流年内分配的不均匀系数, 用标准的统计量定量描述径流年内分配的不均匀性; 通过实例分析了不均匀系数的变化规律; 探讨了将不均匀系数作为水资源决策指标的可能性。

[关键词] 河川径流; 年内分配; 不均匀性; 不均匀系数 . 水资源

[中图分类号] P333.1 **[文献标识码]** A

河川径流的年内分配是不均匀的, 不同的河流及同一河流的不同年份, 径流年内分配的不均匀程度不同, 这一径流变化特征直接影响着水利工程的规模与水资源的合理配置^[1~3]。同其他径流特征如极限水位干旱历时、旱涝规律、枯水径流变化规律及其定量方法^[4~7]一样, 河川径流的年内分配也是水资源水文学研究的重要内容。然而, 对径流年内分配的这一重要径流特性的定量研究还相当薄弱。目前常见的径流年内分配不均匀性的定量指标, 多为年内丰、枯水期或季节或某些特定时段的径流量占年径流量的比例, 而且多以月为时段^[8,9], 难以全面反映径流年内分配的不均匀性。汤奇成等^[10]曾将年内时段平均流量大于年平均流量的部分之和与各月流量之和的比值作为描述径流年内分配不均匀性的定量指标。这是一种进步, 但这种方法只考虑时段平均流量大于年平均流量部分对径流年内分配不均匀性的影响, 而未考虑时段平均流量小于年平均流量时对不均匀性的贡献, 因此, 难以全面反映径流年内分配的不均匀性。本研究拟根据径流的年内变化特点与水资源决策的需要, 提出一种能够同时反映丰、枯径流对其年内分配不均匀性影响的定量方法。

1 方 法

设某年径流序列 $Q_i (i=1, 2, \dots, N)$ 中任 1 年 t 的径流量分配在年内 n 个时段内, 计为 $Q_{ni} (i=1, 2, \dots, N; i=1, 2, \dots, n)$, 则 t 年内径流的分配可用不均匀系数定量表示为

$$C_{\alpha} = \frac{1}{Q_{\alpha}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{ni} - Q_{\alpha})^2}{n}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_{ni} - 1)^2}{n}} \quad (1)$$

[收稿日期] 1999-03-31

[基金项目] 国家“九五”科技攻关项目(96-912-05-02)

[作者简介] 冯国章(1950—), 男, 副教授, 博士

式中, Q_{ω} 表示 t 年的年平均流量 (m^3/s); $Q_{\omega i}$ 表示 t 年内时段 i 的时段平均流量 (m^3/s); $K_{\omega i} = Q_{\omega i}/Q_{\omega}$; n 表示径流的年内划分时段数, 对于月径流 $n=12$, 旬径流 $n=36$, 其余类推。

式(1)实际上相当于水文学中常用的变差系数, 是一个标准的统计参数, 用它来表示径流年内分配的不均匀性, 具有概念明确, 通用性强的特点。

同样, 可以计算出 C_{ω} 的多年平均值及方差等参数, 以反映径流年内分配的多年变化特征, 用 C_{ω} 表示 C_{ω} 的多年平均值, 则其计算公式为

$$C_{\omega} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N C_{\omega t} = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \left[\frac{1}{Q_{\omega}} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Q_{\omega i} - Q_{\omega})^2}{n}} \right] = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^N \left[\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (K_{\omega i} - 1)^2}{n}} \right] \quad (2)$$

式中, N 为总年数。

2 应用

将本方法用于秦岭北麓部分河流河川径流年内分配的不均匀性分析。不均匀系数采用各研究河流的水文站实测的 1970~1997 年共 28 年逐日流量资料, 分日、候、旬、月 4 种时段计算。表 1 是灞河马渡王、罗李村水文站和黑河黑峪口水文站 4 种时段不均匀系数 C_{ω} 的多年平均值 C_{ω} 及其均方差 σ , 以及不均匀系数的最大、最小值及其变幅。

表 1 径流年内分配不均匀系数的主要统计量

水文站	时段	C_{ω}	σ	$C_{\omega \max}$	$C_{\omega \min}$	ΔC_{ω}
灞河马渡王	日	2.073	0.374	2.792	1.471	1.321
	候	1.516	0.289	2.067	1.070	0.997
	旬	1.279	0.240	1.834	0.877	0.957
	月	0.903	0.210	1.454	0.528	0.926
灞河罗李村	日	2.117	0.359	2.932	1.504	1.428
	候	1.536	0.281	2.260	1.135	1.125
	旬	1.305	0.261	2.100	0.911	1.189
	月	0.921	0.208	1.470	0.575	0.895
黑河黑峪口	日	1.983	0.530	3.299	1.136	2.163
	候	1.539	0.401	2.660	1.070	1.590
	旬	1.325	0.348	2.457	0.877	1.580
	月	0.960	0.205	1.474	0.528	0.946

注: ΔC_{ω} 表示 C_{ω} 的最大、最小值间的变幅, 即 $\Delta C_{\omega} = C_{\omega \max} - C_{\omega \min}$ 。

计算结果显示, 随着时段的缩短, 不均匀系数增大, 不均匀系数的变幅也增大(表 1 和图 1)。在计算的时段范围内, 不均匀系数的多年平均值和均方差具有显著的统计规律(图 2), 表现为与时段长 T 良好的对数相关关系。

上述 3 水文站的 C_{ω} 与均方差 σ 的回归方程分别为

$$\begin{aligned} C_{\omega m} &= -0.3440 \ln T + 2.0717, R^2 = 1.0000 & \sigma_m &= -0.0438 \ln T + 0.3574, R^2 = 0.9945 \\ C_{\omega l} &= -0.3511 \ln T + 2.1118, R^2 = 0.9998 & \sigma_l &= -0.0500 \ln T + 0.3698, R^2 = 0.9998 \\ C_{\omega h} &= -0.3711 \ln T + 2.3695, R^2 = 0.9992 & \sigma_h &= -0.0932 \ln T + 0.5415, R^2 = 0.9804 \end{aligned} \quad (3) \quad (4)$$

式中, C_{ω} 和 σ 的下标 m, l 和 h 分别代表马渡王、罗李村和黑峪口; T 为时段长, 以 d 计, 对于日序列, $T=1$, 候序列统一取 $T=5$, 旬序列 $T=10$, 月序列 $T=30$; R 是回归方程的相关系数。

利用上述公式可方便地计算出 $T \leq 30$ d 的任何时段的多年平均不均匀系数。

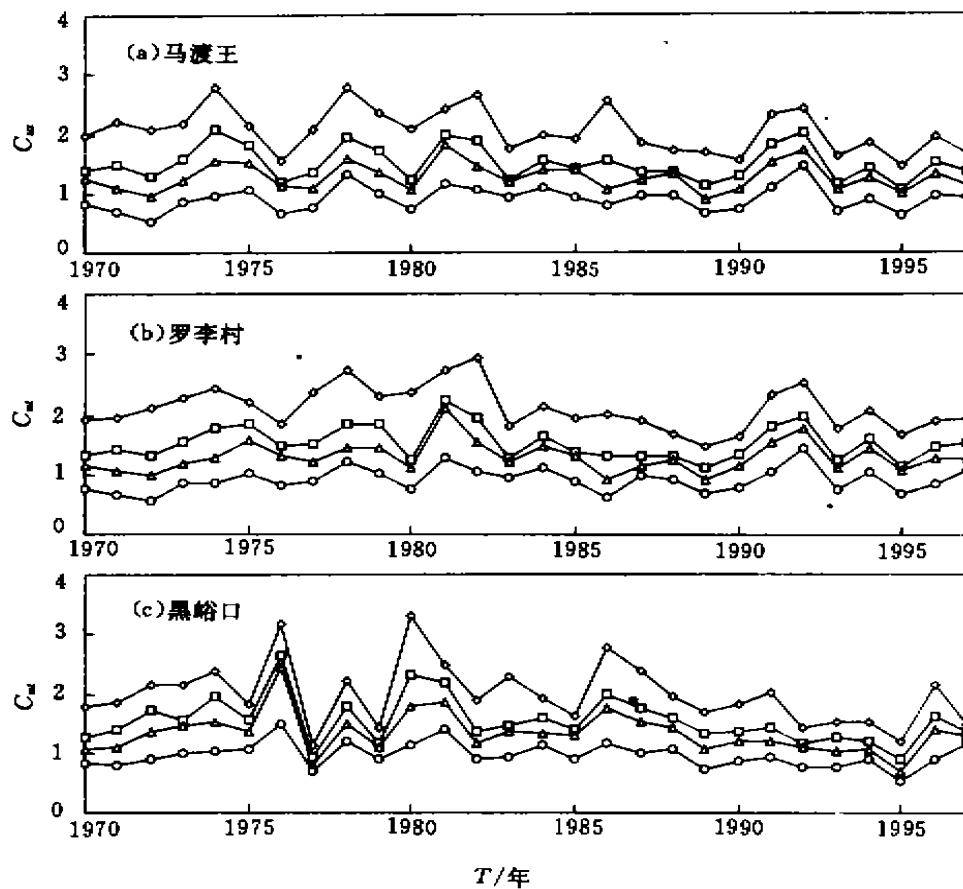
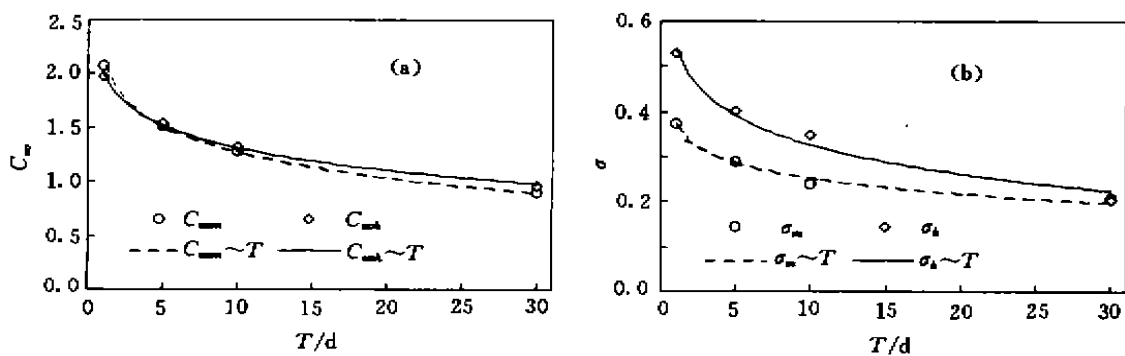


图 1 径流年内分配不均匀系数的逐年变化过程

—□—日, —△—月, —◇—季, —○—年

图 2 代表站的 $C_u \sim T$ 和 $\sigma \sim T$ 关系图a. $C_u \sim T$ 曲线, b. $\sigma \sim T$ 曲线(图例中的下标 m 和 h 分别代表渭河马渡王和黑河黑峪口)

从表1,图1和图2可以看出,同一条河流的不同断面,径流的不均匀系数很接近,变化规律相似,例如灞河的马渡王和罗李村水文站(前者在灞河下游,控制流域面积1601 km²,后者在灞河中游,控制流域面积754 km²);不同河流径流的不均匀性有一定差异,但变化规律相似,如灞河马渡王和黑河黑峪口。

径流年内分配不均匀系数反映了对径流调控的难易程度。时段 T 相同时, C_{ω} 越大,表示径流年内分配越不均匀,对其进行调控的难度也越大。如在需水量相同时, C_{ω} 越大,供水工程(水库)的规模也越大。不均匀系数的均方差 σ 越大,则表示径流不均匀性的年际变化越大,对径流进行多年调节的水库则需要较大的多年调节库容。因此,不均匀系数的大小直接影响着水利工程的规模,对它进行深入研究是水资源科学决策的需要。

3 结 论

1)提出的反映河川径流不均匀性的定量指标——不均匀系数是一个标准统计量,能够充分反映径流年内分配的不均匀性,应将其作为基本水文参数进行深入研究。

2)河川径流的不均匀性直接影响着水利工程的规模,可将其作为水资源决策的依据。

3)提出的不均匀系数也适用于其他水文、气象等要素年内分配不均匀的定量描述。

【参考文献】

- [1] 施嘉场. 水资源综合利用[M]. 北京:中国水利电力出版社,1995.
- [2] 冯国章,王双银. 河流枯水流量特征研究[J]. 自然资源学报,1995,10(2):127~135.
- [3] 冯国章. 关中地区河流水文干旱特征分析[J]. 西北农业大学学报,1994,22(增刊):75~84.
- [4] 冯国章,王双银. 泾河流域枯水资源的概率统计特征分析[J]. 西北农业大学学报,1994,22(增刊):68~74.
- [5] 冯国章,曹红霞. 陕晋两省旱涝规律分析与预报[J]. 西北农业大学学报,1995,23(3):176~180.
- [6] 冯国章,王双银,王学斌. 自激励门限自回归模型在河流枯水径流预报中的应用[J]. 西北农业大学学报,1995,23(4):78~83.
- [7] 冯国章. 最优模糊划分自激励门限自回归模型在枯水径流预报中的应用[J]. 西北农业大学学报,1997,25(2):21~26.
- [8] 水利电力部水文局. 中国水资源评价[M]. 北京:水利电力出版社,1987.
- [9] 水利电力部水利电力规划设计院. 中国水资源利用[M]. 北京:水利电力出版社,1989.
- [10] 汤奇成,曲耀光,周聿超. 中国干旱区水文及水资源利用[M]. 北京:科学出版社,1992.

Quantification of nonuniformity in annual distribution of stream flows

FENG Guo-zhang¹, LI Ying², LI Pei-cheng³

(1 Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry, Yangling, Shuanxi 712100, China)

(2 Water Resources and Hydropower Bureau of Xi'an, Xi'an 710016, China)

(3 Department of Hydrology and Engineering, Xi'an Institute of Engineering, Xi'an, Shaanxi 710054, China)

Abstract: In this paper a nonuniform coefficient for quantifying the nonuniformity in annual distribution of stream flows is proposed. The nonuniform coefficient is defined as the ratio of mean square deviation of mean interval discharges in a year to mean annual discharge of the year and it is a standard statistics. Variations of the coefficients are analyzed through some measured stream flow data. The possibility of the nonuniform coefficients to be recognized as an index in water resources decision-making is described.

Key words: stream flow; annual distribution; nonuniformity; nonuniform coefficient