

流域站年、月径流系列 随机生成模型及应用*

吴泽宁 丁大发

王振华

(郑州工学院水环系 450002)

(西峡县水利局 474500 南阳)

摘 要: 本文从研究流域水资源出发, 阐述了流域多站年、月径流随机生成模型建立的方法步骤, 并用实例验证了模型的可靠性。

关键词: 水资源 随机模型 径流

中图分类号: P333.6

在研究流域水资源问题时, 必涉及流域内各站的径流量大小。一般流域内有几个或十几个水文站, 各站分别具有一定系统的实测历史径流资料, 它是对流域径流进行分析的重要依据。但流域历史径流资料系列一般较短, 它仅是径流长期变化过程中的一个片段, 由于径流的随机性, 历史径流系列在未来既不可能简单地重复出现, 更不能充分反映流域径流在未来时空上的各种组合⁽²⁾。

研究流域水资料问题时, 仅以历史径流系列作为输入, 难以对各种可能的运行结果作出充分的估计, 存在着一定的局限性, 因此需要根据实测径流系列的统计特性建立随机生成模型, 生成长系列的流域径流随机资料, 以获得更加可靠的水资源研究成果。

1 多站年径流随机模型

多站年径流随机模型可采用多站一阶自回归模型⁽²⁾, 其模型表达式为:

$$Z_t = AZ_{t-1} + B\varepsilon_t \quad (1)$$

式中, Z_t, Z_{t-1} ——分别为第 $t, t-1$ 年 n 个站标准化后的年径流随机向量, 即

$$\left. \begin{aligned} Z_t &= (Z_{1,t}, Z_{2,t}, \dots, Z_{n,t})^T \\ Z_{t-1} &= (Z_{1,t-1}, Z_{2,t-1}, \dots, Z_{n,t-1})^T \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

ε_t ——第 t 年相应的 n 维相互独立的标准正态随机向量, 即:

$$\varepsilon_t = (\varepsilon_{1,t}, \varepsilon_{2,t}, \dots, \varepsilon_{n,t})^T \quad (3)$$

* 河南省自然科学基金资助项目 项目编号: 9403217

收稿日期: 1995-08-22

A, B —— $n \times n$ 维的参数矩阵, 分别表示为:

$$A = M_1 M_0^{-1} \quad (4)$$

$$BB^T = M_0 - M_1 M_0^{-1} M_1^T \quad (5)$$

式中,

$$M_0 = \begin{vmatrix} \rho_0^{11} & \rho_0^{12} & \cdots & \rho_0^{1n} \\ \rho_0^{21} & \rho_0^{22} & \cdots & \rho_0^{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \rho_0^{n1} & \rho_0^{n2} & \cdots & \rho_0^{nn} \end{vmatrix} \quad (6) \quad M_1 = \begin{vmatrix} \rho_0^{11} & \rho_0^{12} & \cdots & \rho_0^{1n} \\ \rho_1^{21} & \rho_1^{22} & \cdots & \rho_1^{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ \rho_1^{n1} & \rho_1^{n2} & \cdots & \rho_1^{nn} \end{vmatrix} \quad (7)$$

式中, ρ_0^{ij} ——同年第 i 站与 j 站年径流滞时为零的相关系数;

ρ_1^{ij} ——第 i 站第 t 年与第 j 站第 $t-1$ 年的年径流相关系数, 即滞时为 1 的相关系数。

ρ_0^{ij}, ρ_1^{ij} 均可由标准化变换后的实测径流系列来推求^[1]。

矩阵 B 可用 Young 方法分解。设

$$BB^T = M_0 - M_1 M_0^{-1} M_1^T = \begin{vmatrix} C_{11} & C_{12} & \cdots & C_{1n} \\ C_{21} & C_{22} & \cdots & C_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ C_{n1} & C_{n2} & \cdots & C_{nn} \end{vmatrix} = C \quad (8)$$

使 B 为三角矩阵, 于是有

$$B = \begin{vmatrix} b_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdots & b_{nn} \end{vmatrix} \quad (9)$$

则

$$BB^T = \begin{vmatrix} b_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdots & b_{nn} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} b_{11} & b_{12} & \cdots & b_{1n} \\ 0 & b_{22} & \cdots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & b_{nn} \end{vmatrix}$$

$$= \begin{vmatrix} b_{11}^2 & b_{11}b_{21} & \cdots & b_{11}b_{n1} \\ b_{21}b_{11} & b_{21}^2 + b_{22}^2 & \cdots & b_{21}b_{n1} + b_{22}b_{n2} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ b_{n1}b_{11} & b_{n1}b_{21} + b_{n2}b_{22} & \cdots & b_{n1}^2 + b_{n2}^2 + \cdots + b_{nn}^2 \end{vmatrix} \quad (10)$$

对照式(8)和式(10)有:

$$\begin{cases} b_{11} = \sqrt{c_{11}}, b_{21} = c_{21}/b_{11}, b_{22} = \sqrt{c_{22} - b_{21}^2} \\ b_{ij} = \sqrt{c_{ii} - \sum_{k=1}^{i-1} b_{ik}^2} \\ b_{ij} = (c_{ij} - \sum_{k=1}^{i-1} b_{ik} \cdot b_{jk})/b_{ij} \quad (i > j) \end{cases} \quad (11)$$

由式(6)~(8)计算得矩阵 C 的各元素, 再由式(11)求矩阵 B 的各元素, 由(4)式计算得矩阵 A 的各元素。

将矩阵 A, B 的值代入到模型式(1)中, 得:

$$\begin{vmatrix} Z_{1,t} \\ Z_{2,t} \\ \vdots \\ Z_{n,t} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} Z_{1,t-1} \\ Z_{2,t-1} \\ \vdots \\ Z_{n,t-1} \end{vmatrix} + \begin{vmatrix} b_{11} & 0 & \cdots & 0 \\ b_{21} & b_{22} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \cdots & b_{nn} \end{vmatrix} \cdot \begin{vmatrix} \varepsilon_{1,t} \\ \varepsilon_{2,t} \\ \vdots \\ \varepsilon_{n,t} \end{vmatrix} \quad (12)$$

式中: $a_{ij} (i, j = 1, 2, \cdots, n)$ 表示矩阵 A 中的元素。

用乘同余法^[1]生成标准正态分布随机系列 ε_t , 就可使用式(12)生成 n 个新的标准正态分布径流系列。若各站的实测系列具有一定的偏态特性, 可将用式(12)生成的 n 个站的标准化正态分布系列, 变换为各站原偏态分布的各站径流系列。

2 多站月径流系列生成的年分配模型

研究水资源问题, 仅有年径流系列是不能满足要求的, 因此, 要进一步研究月径流系列生成模型。月径流年分配模型表示为:

$$Q_{ij} = \eta_{ij} Q_{ii}$$

式中, Q_{ii} ——生成的第 i 站第 t 年径流量; Q_{ij} ——生成的第 i 站第 t 年第 j 月的径流量;

η_{ij} ——生成的第 i 站第 t 年年径流量 Q_{ii} 相对应的实际年的第 j 月的径流分配系数。

由于径流年内分配的情势和年径流量的大小存在一定的相关关系, 故可根据各年的年径流量 Q_{ii} , 在实测资料中合理选定月分配系数 η_{ij} 。为此, 将 m 年实测样本资料按年径流量大小递减排列, 组成新样本系列, 再将此新样本系列分为 m 级。其中第一级年径流的上限为无穷大, 第 m 级年径流量的下限为 0, 中间各级的上、下限是新系列样本的相邻年径流量的平均值, 对每一级相应的实测年份, 计算月径流分配系数 η_{ij} 。由于各生

成站位于同一气候区, 相邻年年流量的径流年内分配也比较接近, 因此, 先根据生成的各站第 t 年径流量级找到相应的实际年份, 然后将各站年流量 Q_{it} 乘以相应的实际年份的年内分配系数 η_{ij} , 求得 n 个站的人工生成年、月径流系列。

3 模型检验

为了检验所选用的模型及其参数是否有效地反映径流系列的基本统计特征, 在实例中要对各站生成的年、月径流系列的统计参数: 均值 \bar{Z} 、均方差 S 、离差系数 C_v 和偏态系数 C_s , 与实测系列的统计参数进行拟合检验。检验合理后, 新建立的模型即可应用。

4 应用实例

4.1 基本情况

研究对象为黄河上游相邻支流大通河和湟水流域, 前者区域内有三个水文站, 后者区域内有七个水文站 (详见表 1, 表 2), 各站均有 1956~1990 年 34 年实测系列的年、月径流量资料 (因资料太多, 此处略)。

4.2 模型及检验

根据各站 34 年实测年、月径流量资料, 用前述方法即可建立两流域的各站年、月径流随机生成模型, 并分别生成 300 年的随机径流系列 (略), 两流域实测系列与生成系列的统计参数比较见表 1, 表 2。

表 1 大通河流域各站实测系列与生成系列统计参数比较表

统计参数	均值(万 m ³)		均方差(万 m ³)		C _v		C _s	
水文站	实测	生成	实测	生成	实测	生成	实测	生成
享 堂	55154.05	58445.04	18411.81	17506.49	0.300	0.300	0.206	0.256
天堂寺	87530.82	85871.45	19593.15	20566.90	0.224	0.240	0.670	0.473
尕大滩	162021.10	160154.20	40309.66	38791.39	0.249	0.242	0.642	0.255

表 2 湟水干流区各站实测系列与生成系列统计参数比较表

统计参数	均值(万 m ³)		均方差(万 m ³)		C _v		C _s	
水文站	实测	生成	实测	生成	实测	生成	实测	生成
海 晏	13102.41	13150.01	2879.09	3057.33	0.220	0.232	1.612	1.061
湟 源	18095.42	18096.19	6711.44	6946.91	0.371	0.384	1.174	1.536
大石门	1112.72	1172.38	571.18	570.94	0.513	0.487	1.026	1.119
桥 头	70833.20	69803.17	17089.54	17649.17	0.241	0.253	0.510	0.682
西门峡	4729.96	4685.16	1178.00	1235.32	0.249	0.264	0.909	0.834
红崖子	6377.41	6227.53	1959.97	2036.70	0.307	0.327	0.830	0.528
民和南	9000.01	8719.48	3736.33	3855.14	0.415	0.442	0.553	0.152

由表 1, 表 2 对比分析可见, 用多站年、月径流模型生成的随机系列和实测系列的统计参数拟合较好, 说明模型是可靠的, 生成系列可用于两流域的水资源调度和规划。

(下转第 35 页)

Synthetical Analysis of Finite Element—Optimizing of Hybrid Bearing with shallow recesses, Oiled from Circle Direction

Cen Shaoqi Li Wei Hua Shaojie Li Rueizhen Xia Hengqing

(Zhengzhou Institute of Technology)

Abstract: In this paper, a new typical structure of hybrid bearing is advanced in which the shallow recesses act only as restrictor. Comprehensive finite element analysis and optimizing calculation are presented for this. The computation model and computer programme of finite element optimization iteration process are also established. The optimized results of main design parameters are drawn by computer. This paper can serve as reference for designing and manufacturing this new type of bearing.

Keywords: Journal bearing Complex method Hybrid Bearing

(上接第 10 页)

参 考 文 献

- 1 丁晶, 邓育仁, 随机水文学, 成都科技大学出版社, 1988年10月.
- 2 徐光先, 吴泽宁, 王博, 水资源系统分析理论与实践, 气象出版社, 1994年8月.

Stochastic Models and It's Application to Multi-station Run off in a Basin

Wu Zening Ding Dafa

Wang Zhenghua

(Zhengzhou Institute of Technology) (Hydrotechnic Bureau of Xi Xa County)

Abstract: In this paper, proceeding from the study of water resources utilization of a basin, the methods and steps of establishing the stochastic models of multi-station run off are expounded, and the reliability of the models is verified in an example.

Key Words: water resources, stochastic model, run off.