

用直接模糊统计试验确定汛期相对隶属函数的研究

陈守煜¹, 王淑英¹, 王高英², 耿乃立², 许文选³, 冷爱华³

(1. 大连理工大学土木水利学院, 辽宁 大连 116023; 2. 陕西省水利厅, 陕西 西安 710000;
3. 宝鸡市水利局, 陕西 宝鸡 720000)

摘要:根据陈守煜建立的模糊水文学原理, 提出用直接模糊统计试验确定汛期相对隶属函数, 对我国北方和西北缺水地区龙凤山水库、冯家山水库进行了汛期直接模糊统计试验, 得到汛期相对隶属函数, 并进行了稳定性分析. 在稳定性论证的基础上, 得到当资料年限足够长时, 汛期相对隶属函数可近似地作为汛期绝对隶属函数, 为研究水库不同设计洪水标准下汛限水位的动态控制提供理论依据.

关键词:水文统计; 直接模糊统计试验; 汛期; 相对隶属函数

中图分类号:TV697.1⁺1 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-7647(2003)01-0005-03

1 概 述

当前, 水资源紧缺已成为制约我国经济发展的重要因素, 尤其是北方和西北地区. 缓解或解决水资源紧缺的矛盾, 可以有多种途径, 其中之一便是改变“要么是汛期, 要么不是”的普通集合论传统概念, 建立识别与描述汛期的模糊集理论. 因为硬性规定汛期的起讫时间的传统描述方式, 是造成我国众多水库汛期不敢蓄水, 汛期过后又蓄不上水, 防洪与兴利之间矛盾尖锐, 有限、紧缺的水资源未能有效利用的一个重要原因. 陈守煜建立的模糊水文学关于汛期的描述与表达, 突破了硬性划分汛期起讫时间的传统水文学观点, 从而为提高水资源的可利用量, 缓解水库兴利与防洪之间的矛盾提供了理论依据与新的研究途径^[1,2]. 在国内外水资源紧缺的问题异常突出的情况下, 具有重要的理论与现实意义.

我国已建有 8 万多座水库, 如应用描述汛期的模糊集合论观点^[3], 使其中部分水库在汛后多蓄百分之几的水量, 其总和将是一个很可观的水资源量, 对缓解我国水资源紧缺的现状有重要意义.

2 汛期相对隶属函数的确定

现以龙凤山水库汛期相对隶属函数的确定为例进行阐述. 龙凤山水库位于拉林河的支流牯牛河上游, 在黑龙江省五常县城东南约 50 km 蔡家街附近, 是一座以防洪、灌溉为主, 兼顾发电、养鱼等综合利

用的大型水利枢纽工程. 水库控制流域面积为 1 740 km², 总库容为 2.77 亿 m³.

从天气系统来分析, 龙凤山水库流域 6~9 月产生暴雨的天气系统主要有台风、南来气旋、河套低压、高空槽和低压槽等, 不同天气系统所产生的降雨强度、分布和走向各不相同. 不同时期各种天气系统出现的频率和组合情况也不一样. 龙凤山水库流域 6 月份形成暴雨的天气系统主要是高空槽; 7 月份主要是纬向型河套低压、冷涡低压和对流天气; 8 月份主要是经向型河套气旋和台风, 致使该流域的暴雨多发生在 7 月中、下旬到 8 月上旬, 8 月上旬以后形成暴雨的天气系统又逐渐减少.

台风和南来气旋是造成该流域大范围大暴雨的主要天气系统之一. 据统计, 台风影响出现最早时间是 7 月 16 日, 最迟时间是 9 月 17 日, 出现最多月份是 8 月, 占台风总次数的 50% 左右. 台风中的消失类对本流域暴雨影响较大.

表 1 为龙凤山水库以上流域多年平均降水量统计, 由表中数据可知, 6~9 月份是本流域的汛期.

表 1 龙凤山水库以上流域多年平均降水量统计 mm

1~2 月	3~5 月	6~9 月	11~12 月	全年
23.0	131.7	526.7	93.9	775.3

由表 2 可见龙凤山水库日雨量 $Q \geq 45$ mm 的时间集中在 7 月下旬与 8 月上旬 (占总天数的 58.3%), 日雨量 $Q \geq 60$ mm 的时间分布在 7 月中旬至 8 月下旬,

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(50024040); 水利部科技创新项目(SCX2000-38)
作者简介: 陈守煜(1930—), 男, 浙江宁波人, 教授, 博士生导师, 从事水文水资源及工程模糊集理论与应用研究.

其中7月下旬到8月上旬占总天数的66.7%.

表 2 龙凤山水库 1960~1987 年暴雨日数及分配率

时 间	暴雨日数/d		分配率/%	
	$Q \geq 45 \text{ mm}$	$Q \geq 60 \text{ mm}$	$Q \geq 45 \text{ mm}$	$Q \geq 60 \text{ mm}$
6 月	上旬			
	中旬	13	4.17	
	下旬	27	8.33	
7 月	上旬	13	4.17	
	中旬	27	13	16.67
	下旬	120	26	33.33
8 月	上旬	67	26	20.84
	中旬	13	4.17	33.33
	下旬	40	13	12.50
合计		320	78	100.0

由此可见,龙凤山水库的汛期发生在6~9月份,主汛期大致出现在7月下旬至8月上旬.

由于汛期直接由降雨形成,故以龙凤山水库以上流域面平均日降雨量作为确定汛期相对隶属函数的物理成因参数.首先选择整个流域内的8个雨量站1960~1987年资料,采用加权平均法计算面平均日降雨量,各雨量站权重见表3.

表 3 龙凤山水库流域各雨量站权重

站名	冲河	四平山	香磨	教学村	三道冲河	东升	七林杨	小东山
权重	0.06	0.13	0.10	0.09	0.11	0.22	0.07	0.22

然后对龙凤山水库的流域平均日降雨量资料进行直接模糊统计试验.根据降雨资料分析并确定非汛期向主汛期、主汛期向非汛期的过渡区间.考虑6个流域平均日降雨量的区间为 $(a_1 \sim a_2)$:10~20 mm,10~18 mm,9~16 mm,12~18 mm,10~14 mm.分别由此区间值确定非汛期过渡到主汛期的区间 $t_1 \sim t_2$;主汛期过渡到非汛期的区间 $t_3 \sim t_4$.

经过选择比较分析,确定采用区间值10~14 mm的统计试验成果,现将区间10~14 mm的直接模糊统计试验的有效数据列于表4.其它略^[4].

将每年汛期中试验数据大于或等于14 mm出现时间的隶属度取为1,小于10 mm出现的隶属度取为0,在10~14 mm之间出现的隶属度为(0,1)之间的线性内插值.

下面应用直接模糊统计试验确定相对隶属函数.

将龙凤山水库各区间模糊试验进行分区分段统计计算:

$$M(\mu_j) = \sum_{i=1}^m \frac{\mu_{ij}}{m} \quad (1)$$

即计算 m 次试验 μ_j 对汛期 A 的隶属度的平均值.从1960年开始至1987年份9个区间计算平均隶属度 $M(\mu_j)$,选用区间10~14 mm,对直接模糊统计试验成果——隶属度的期望值 $M(\mu_j)$ 进行稳定性分析,

表 4 指标区间10~14 mm的直接模糊统计试验基础数据

序号	年份	日 期			
		t_1	t_2	t_3	t_4
1	1960	05-04	06-21	09-24	09-24
2	1961	05-17	06-19	09-23	09-28
3	1962	07-09	07-09	09-02	09-02
4	1963	05-18	06-19	09-30	09-30
5	1964	05-21	05-31	09-11	09-12
6	1965	06-25	06-25	09-04	09-06
7	1966	05-06	07-14	08-30	09-20
8	1967	05-31	07-10	08-14	09-20
9	1968	05-19	06-22	09-20	09-20
10	1969	05-21	05-21	10-01	10-01
11	1970	05-09	05-26	09-07	09-07
12	1971	05-28	05-28	10-10	10-10
13	1972	05-14	05-28	10-04	10-09
14	1973	05-07	05-07	09-03	09-03
15	1974	05-31	06-11	09-14	09-29
16	1975	05-13	05-13	09-20	09-20
17	1976	05-03	05-11	09-05	09-05
18	1977	05-05	05-13	08-07	10-05
19	1978	05-23	05-25	08-27	08-27
20	1979	06-09	06-09	08-16	08-27
21	1980	05-03	05-03	10-06	10-06
22	1981	05-02	05-10	08-02	09-11
23	1982	05-04	07-10	08-28	08-29
24	1983	05-10	05-12	09-24	09-24
25	1984	05-31	06-05	09-10	10-02
26	1985	05-04	05-04	09-11	09-28
27	1986	05-12	05-12	09-05	09-26
28	1987	05-24	06-29	10-01	10-01

绘制不同时间区间的平均 $M(\mu_j) \sim t$ 的过程图(见图1),从图1可以明显地看到随着样本数量的增大, $M(\mu_j) \sim t$ 关系图的差异变得越来越小,并逐渐呈现出稳定趋势.图1(i)给出了龙凤山水库流域1960~1987年汛期平均相对隶属函数近似图形,揭示了水文现象汛期的模糊性.

对西北地区冯家山水库采用同样的研究方法得出一致的稳定性结果,见图2.

3 结 论

通过对北方龙凤山水库和西北冯家山水库的直接模糊统计试验结果总结,可以得到以下结论:

a. 当入汛、出汛物理成因指标区间一定时,资料年限足够长,汛期的相对隶属函数呈现出稳定性^[5].

b. 指标区间有相应的变化,汛期相对隶属函数也有相应的变化,但变化后的汛期相对隶属函数,仍呈现出稳定性.

c. 稳定的汛期相对隶属函数具有相对性,是相对于一定的入汛、出汛指标的区间值.

d. 当年限资料足够长时,汛期相对隶属函数可作为汛期绝对隶属函数的近似值.后者为研究水库不同设计洪水标准下汛限水位的动态控制提供理论依据.

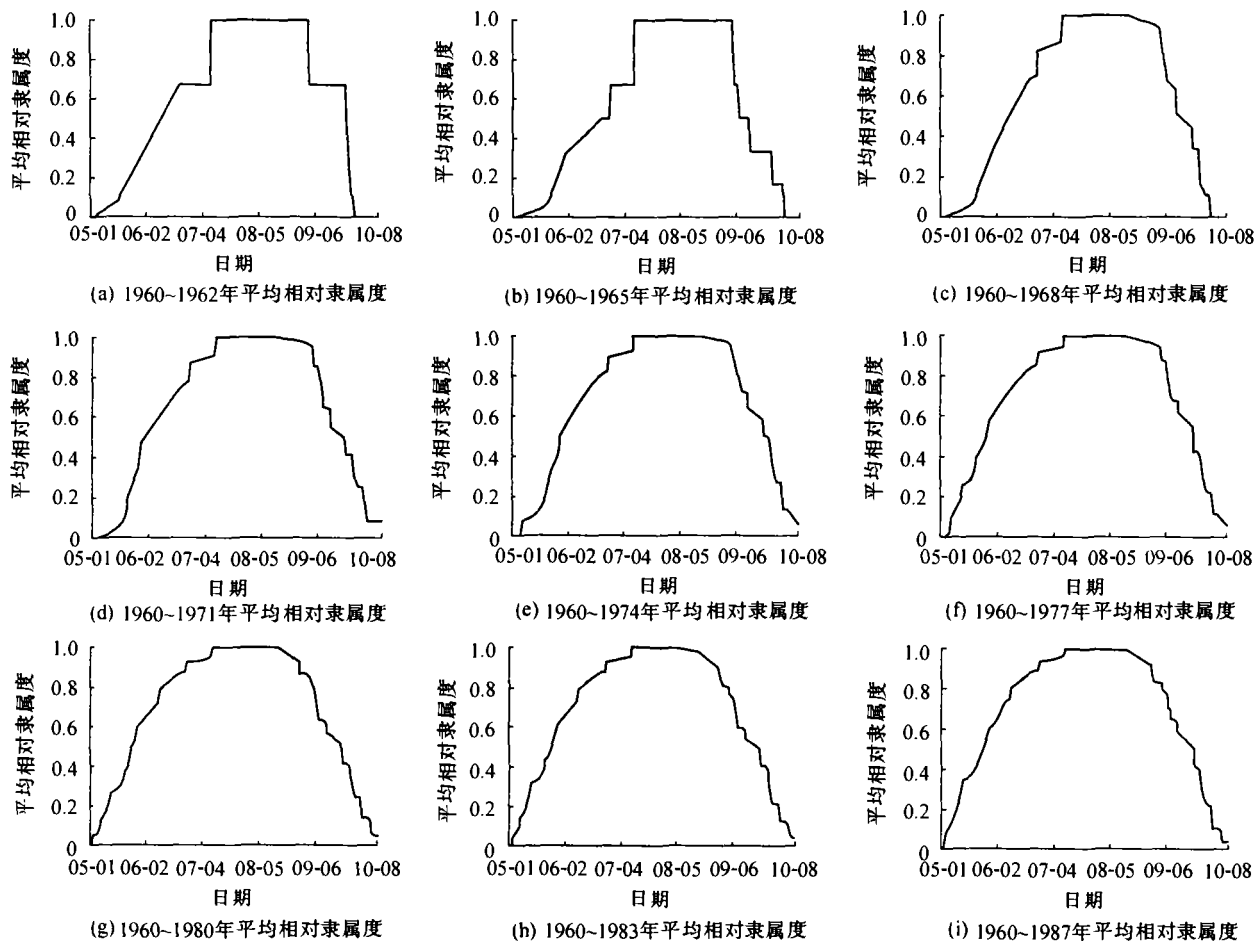


图1 龙凤山水库降雨量指标区间 10~14 mm 平均相对隶属度

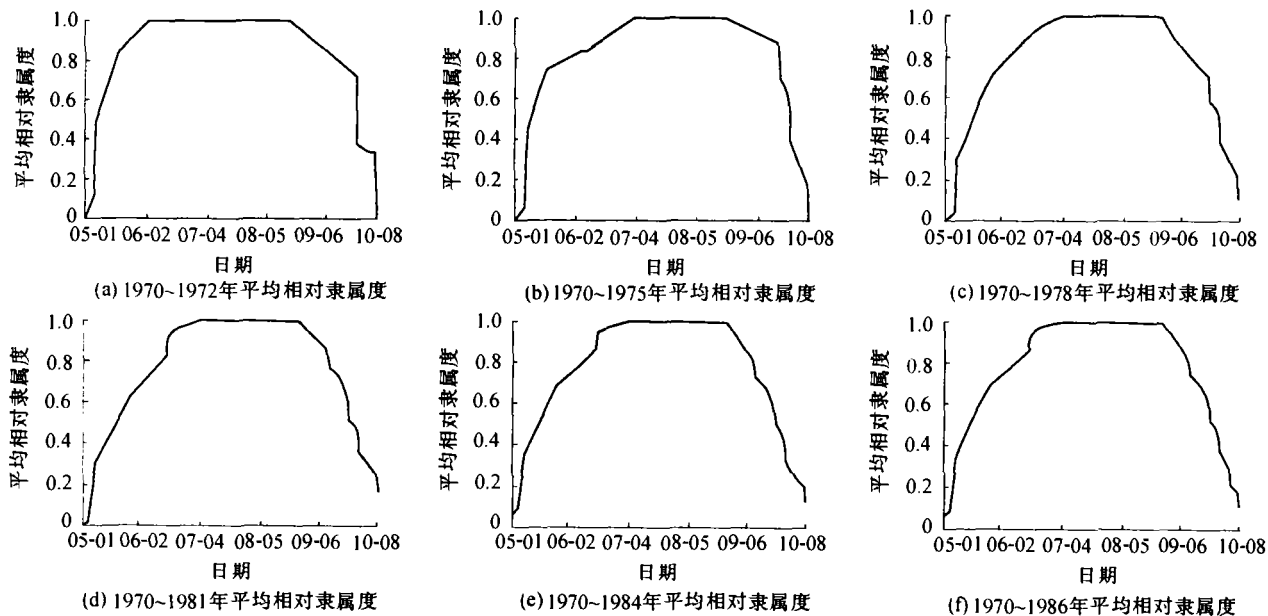


图2 冯家山水库降雨量指标区间 6~13 mm 平均相对隶属度

参考文献:

- [1] 陈守煜. 模糊水文学与水资源系统模糊优化原理[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 1990.
- [2] 陈守煜. 工程水文水资源系统模糊集分析理论与实践[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 1998.
- [3] 陈守煜. 从研究汛期描述论水文系统模糊集分析的方法论[J]. 水科学进展, 1995(2): 133~138.
- [4] 王淑英. 汛期模糊集分析及防洪限制水位的确定与应用[D]. 大连: 大连理工大学, 2001.
- [5] 陈守煜. 复杂水资源系统优化模糊识别理论与应用[M]. 长春: 吉林大学出版社, 2002.

(收稿日期: 2002-07-16 编辑: 熊水斌)