

# 新疆开垦河枯季退水曲线分析与预报

琪美格

新疆维吾尔自治区水文分析计算中心 新疆乌鲁木齐 830000

**摘要:** 开垦河发源于新疆东天山博格达山脉北坡, 开垦河水文站是其水量控制站。本文选用开垦河水文站2000 ~ 2019年10月至次年2月月平均流量为退水过程, 用历年开始消退值三分位数分组法在SPSS上计算了枯季退水曲线系数, 并对2020年11月至次年2月月平均流量进行了预报, 结果令人满意。

**关键词:** 开垦河; 枯季退水曲线分析

## 引言:

新疆枯季降雨稀少, 河川径流主要由流域河网蓄水和地下水混合补给, 在由退水公式预报控制断面退水期出流量时, 退水曲线系数的取值是影响预报精度的关键因素: 用历年平均退水曲线系数, 则因过度概化影响预报精度; 用与开始消退流量相近年份的退水曲线系数, 则因样本代表性差影响预报精度; 用历年开始消退值多年变幅分组法计得的相近分组退水曲线系数, 则因样本代表性不一致而影响预报精度; 而用历年开始消退值三分位数分组法计得的相近分组退水曲线系数, 不存在样本过度概化和代表性差的问题, 因各组样本容量相同或接近, 保证了样本代表性的一致, 从而有效提高预报精度。

## 1 基本思路

开垦河水文站控制断面枯季流量过程一般呈稳定退水态势, 可用退水公式表示为:

$$Q_t = Q_0 * \exp(-t/K_t)$$

式中:  $t$ 是退水时段(退水开始起顺次取0、1、2、...);  $Q_t$ 是退水时段 $t$ 的流量;  $Q_0$ 是开始消退流量;  $K_t$ 是时段 $t$

的退水曲线系数。

确定了 $Q_0$ 和 $K_t$ 值, 便可由退水公式计算退水期任意时段 $t$ 的出流量 $Q_t$ 。对于历年实测退水过程, 可根据各年的实测 $Q_t$ 和 $Q_0$ , 由退水公式反推相应时段的 $K_t$ 值。但是, 当用实测 $Q_0$ 值来预报未知的 $Q_t$ 时,  $K_t$ 应取何值呢? 用历年开始消退值三分位数分组法:

将历年同期开始消退流量 $Q_0$ 排序, 再用2个点将样本分为容量相同的三等份, 与2个点对应的 $Q_0$ 值称为第一、第二三分位数, 分别记为 $W_1$ 、 $W_2$ , 且 $W_1 < W_2$ 。如果 $Q_0 \leq W_1$ 则对应的退水过程属于第一组, 位于 $W_1$ 与 $W_2$ 之间的属于第二组,  $Q_0 \geq W_2$ 的属于第三组; 接着计算各组不同退水时段 $t$ 的组平均值 $K_t$ ; 最后判断用于预报的 $Q_0$ 的组别, 并取该组相应的组均值 $K_t$ 来预报 $Q_t$ 值, 称之为历年开始消退值三分位数分组法<sup>[1]</sup>。

## 2 枯季退水曲线分析计算

### 2.1 计算历年逐时段枯季退水曲线系数

开垦河水文站2000 ~ 2019年10月至次年2月月平均流量SPSS数据文件见表1中的1 ~ 6列, 可由SPSS生成对应的逐年退水曲线系数序列:

表1 逐年退水月平均流量、退水曲线系数与分组变量序列

序号	年份	十月平均流量	十一月平均流量	十二月平均流量	次年一月平均流量	次年二月平均流量	K1	K2	K3	K4	分组变量
1	2000	2.40	1.76	1.52	1.29	1.06	3.2242	4.3787	4.8323	4.8948	1
2	2001	1.85	1.20	1.13	0.85	0.79	2.3102	4.0571	3.8575	4.7009	1
3	2002	1.62	1.20	1.00	0.91	0.82	3.3322	4.1457	5.2017	5.8748	1
4	2003	3.70	1.98	1.51	1.25	1.00	1.5994	2.2316	2.7645	3.0573	3
5	2004	1.95	1.37	1.36	0.96	0.89	2.8327	5.5502	4.2334	5.0997	1
6	2005	2.64	1.81	1.24	1.01	0.98	2.6493	2.6467	3.1223	4.0531	2
7	2006	1.63	1.23	0.98	0.78	0.77	3.5516	3.9310	4.0988	5.2878	1
8	2007	3.44	2.20	1.60	2.17	1.57	2.2371	2.6128	6.5112	5.0995	3

序号	年份	十月平均流量	十一月平均流量	十二月平均流量	次年一月平均流量	次年二月平均流量	K1	K2	K3	K4	分组变量
9	2008	3.90	2.15	1.66	1.09	0.81	1.6792	2.3415	2.3533	2.5490	3
10	2009	2.90	1.70	1.37	1.01	1.15	1.8724	2.6670	2.8442	4.3246	2
11	2010	1.89	1.34	1.18	0.89	1.01	2.9078	4.2457	3.9835	6.3834	1
12	2011	2.06	1.48	1.18	0.90	0.70	3.0242	3.5894	3.6229	3.7156	1
13	2012	2.12	1.13	1.04	1.02	0.98	2.5397	2.8082	4.1005	5.1839	1
14	2013	2.49	2.02	1.73	1.28	1.19	4.7805	5.4921	3.5084	5.4176	2
15	2014	2.87	1.72	1.31	1.17	1.27	1.9532	2.5501	3.3433	4.9062	2
16	2015	4.01	2.81	2.15	1.46	1.33	2.8121	3.2086	2.9693	3.6245	3
17	2016	2.62	1.95	1.54	1.55	1.64	3.3859	3.7637	5.7152	8.5383	2
18	2017	2.07	1.62	1.22	1.33	1.26	4.0796	3.7829	6.7817	8.0574	1
19	2018	2.53	2.07	1.78	1.39	1.09	4.9833	5.6882	5.0091	4.7504	2
20	2019	2.99	1.63	1.38	1.42	1.40	1.6483	2.5867	4.0289	5.2715	2

1: 打开SPSS数据文件, 依次单击菜单“转换→计算变量”, 在弹出的对话框目标变量框内输入“K<sub>1</sub>”, 在数字表达式框内输入“1/(LN(十月月平均流量)-LN(十一月月平均流量))”, 单击“确定”按钮, 生成对应11月月平均流量的退水曲线系数序列, 见图1、图2“K<sub>1</sub>”列。

2: 同理, 将目标变量依次改为“K<sub>2</sub>”、“K<sub>3</sub>”、“K<sub>4</sub>”, 将数字表达式中“1”依次改为“2”、“3”、“4”, 将“十一月月平均流量”改为“十二月月平均流量”、“次年一月月平均流量”、“次年二月月平均流量”, 分别单击“确定”按钮, 生成对应12月、次年1月、次年2月月平均流量的退水曲线系数序列, 见图1、图2“K<sub>2</sub>”、“K<sub>3</sub>”、“K<sub>4</sub>”列<sup>[2]</sup>。

### 2.2 构建分组变量

可由SPSS计得历年开始消退流量Q<sub>0</sub>的第一三分位数W<sub>1</sub>和第二三分位数W<sub>2</sub>:

(1) 在图1中依次单击菜单“分析→描述统计→频率”, 从弹出的对话框左侧框中选择“十月月平均流量”, 移入右侧变量框。

(2) 单击“统计量”按钮, 从弹出的对话框中选择“割点”, 在其右侧框内输入“3”, 单击“继续”按钮, 返回原对话框, 取消“显示频率表格”选项, 单击“确定”按钮, 得到W<sub>1</sub>、W<sub>2</sub>统计描述结果: W<sub>1</sub>=2.45m<sup>3</sup>/s, W<sub>2</sub>=3.01m<sup>3</sup>/s。

根据前文约定的分组组别判断标准, 可得到具体的组别判断标准: Q<sub>0</sub> ≤ 2.45m<sup>3</sup>/s时, 对应的退水过程属于第一组; 2.45m<sup>3</sup>/s < Q<sub>0</sub> < 3.01m<sup>3</sup>/s时, 属于第二组;

Q<sub>0</sub> ≥ 3.01m<sup>3</sup>/s时, 属于第三组。据此标准, 可由SPSS生成分组变量:

1) 在图1中依次单击菜单“转换→重新编码为不同变量”, 从弹出的对话框左侧框中选择“十月月平均流量”, 移入输入变量→输出变量框, 在右侧名称框内输入“分组变量”, 单击“旧值和新值”按钮, 弹出旧值和新值对话框。

2) 在旧值选钮组中选择“范围, 从最低到值”, 在其下侧框内输入“2.45”, 在新值选钮组中选择“值”, 在其右侧框内输入“1”, 单击“添加”按钮。同理, 在旧值选钮组中选择“范围”, 在其下侧两个框中分别输入“2.45”和“3.01”, 在新值选钮组中选择“值”, 在其右侧框内输入“2”, 单击“添加”按钮。同理, 在旧值选钮组中选择“范围, 从值到最高”, 在其下侧框中输入“3.01”, 在新值选钮组中选择“值”, 在其右侧框内输入“3”, 单击“添加”按钮。

3) 单击“继续”按钮, 在返回的对话框中单击“更改”按钮, 再单击激活的“确定”按钮, 生成分组变量, 见图1、图2的“分组变量”列。

### 2.3 计算各组退水曲线系数组均值K<sub>i</sub>

可由SPSS生成各组不同时段t的退水曲线系数组均值K<sub>i</sub>:

1: 在图1中依次单击菜单“分析→报告→个案汇总”, 从弹出的对话框左侧框中选择“K<sub>1</sub>”、“K<sub>2</sub>”、“K<sub>3</sub>”、“K<sub>4</sub>”, 移入右侧变量框, 选择“分组变量”移入分组变量框, 取消“显示个案”选项<sup>[3]</sup>。

2: 单击“统计量”按钮, 从弹出的对话框左侧框中

选择“均值”，移入右侧框，单击“继续”按钮，返回原对话框，单击“确定”按钮，生成各组不同时段退水曲线系数组均值 $K_i$ ，可见具有如下特点：

(1) 各组 $K_i$ 值均非负，且总体均匀递增，说明退水期水量呈递减态势。

(2)  $K_i$ 反映了流域河网蓄水和地下水混合补给枯季径流的汇流特性，其中，地下水补给权重大时，因补给源稳定， $K_i$ 递增率小。由表1计得组1、2、3的 $K_i$ 递增率为30%、47%、41%，说明在补给源中，组1地下水补给权重大，组2小，组3居中。

(3) 各组样本容量相同或接近，保证了样本代表性的一致。

### 3 预报2020年11月至次年2月月平均流量 $Q_t$

开垦河水文站2020年10月月平均流量是 $2.84\text{m}^3/\text{s}$  (即 $Q_0$ )，根据组别判断标准，该值在 $2.45\text{m}^3/\text{s}$ 和 $3.01\text{m}^3/\text{s}$ 之间，所以对应的退水过程属于第二组， $K_i$ 值见表1，依次为2.9192、3.2210、3.5909、4.2962。

将 $Q_0$ 和 $K_i$ 值代入退水公式即可进行预报：取时段 $t$ 为1、2、3和4，得2020年11月至次年2月月平均流量是2.02、1.53、1.23和 $1.12\text{m}^3/\text{s}$ ，实况是1.90、1.32、1.22和 $1.21\text{m}^3/\text{s}$ ，相差6.3%、15.9%、0.82%和-7.43%，若相对误差的绝对值 $\leq 20\%$ 为合格，则合格率为100%，结果令人满意。

### 4 结语

用历年开始消退值三分位数分组法在SPSS上计算枯季退水曲线系数，并对其未来退水期流量过程进行预报，丰富了枯季退水预报方法；详解的SPSS实现步骤，便于在其它同类河流预报中推广使用。

### 参考文献：

- [1] 旦木仁加甫. 中长期水文预报与SPSS应用. 郑州：黄河水利出版社，2011
- [2] 新疆水资源及可持续利用[M]. 中国水利水电出版社，邓铭江[等]编著，2005
- [3] 新疆统计年鉴[M]. 中国统计出版社，新疆维吾尔自治区统计局，2015