

优选多项式法拟合堰闸流量系数的应用

⑬

江行久 张国辉 付洪涛

P 332.4

407-48.16° (辽宁省水文水资源勘测局阜新分局 辽宁阜新 123000)

摘要 应用三次多项式拟合出石门子站堰流流量系数,得出该站应用水工建筑物法推流的公式,据此推流精度可靠,取得了一定的经济效益和社会效益,可在防汛工作中发挥作用。

关键词 堰流 流量系数 多项式 流量测量

1 测站情况简介

石门子站位于辽宁省柳河上游,集水面积 2405 km²,属二类站,是柳河上游重要控制站。基本水尺设在石门子公路桥墩上,桥下是一座拦沙堰,堰顶高程 197.00 m(大连基面),堰上过水宽度 105 m,堰下有 6 个输沙洞(见图 1,每个桥墩厚 1.40 m)。

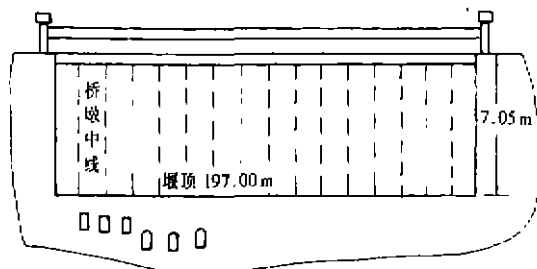


图 1 石门子堰示意图

由于 1970~1972 年扩建石门子桥,测站控制也随之改变;1984 年又有 4 个输沙洞完全堵死,另有一洞堵一半;1984 年至今测站情况没有变化,资料亦成三个系列,故本文分析时采用 1984~1995 年的资料系列,共 52 个实测点,见表 1。

2 堰流流量系数分析

该站堰型为实用堰,中高水时水位流量

关系比较稳定,低水时由于受洞口泥沙冲淤及测验误差的影响,关系紊乱。根据《水工建筑物测流规范》,选用自由堰流公式

$$Q = Ke'cnb \sqrt{2gH^{3/2}} \quad (1)$$

表 1 石门子站原始数据资料

序号	流量编号	水位/m	流量/(m ³ ·s ⁻¹)	序号	流量编号	水位/m	流量/(m ³ ·s ⁻¹)
1	94142	197.60	93.7	27	94113	198.40	249
2	91075	197.60	94.7	28	91077	198.40	284
3	95075	197.60	102	29	90221	198.60	331
4	91137	197.61	99.5	30	89201	198.60	338
5	91180	197.63	97.6	31	91135	198.60	339
6	89188	197.71	111	32	84192	198.64	318
7	90167	197.74	116	33	91078	198.65	347
8	91098	197.77	125	34	90170	198.69	364
9	90222	197.78	131	35	94120	198.70	334
10	94150	197.80	121	36	90220	198.83	396
11	91182	197.80	134	37	89186	198.88	451
12	91237	197.81	134	38	84194	199.06	455
13	94122	197.90	134	39	90219	199.06	498
14	91188	197.90	158	40	89185	199.15	546
15	84152	197.96	162	41	94107	199.15	548
16	91097	198.00	183	42	85203	199.30	584
17	89202	198.01	157	43	84149	199.30	609
18	91134	198.02	172	44	90168	199.48	679
19	91181	198.15	221	45	90169	199.65	776
20	91238	198.20	231	46	85204	199.78	853
21	85205	198.25	237	47	94110	199.79	844
22	91136	198.28	242	48	84151	199.90	867
23	94106	198.29	223	49	94121	200.00	935
24	94176	198.30	232	50	94108	200.39	1110
25	90172	198.30	244	51	94109	201.40	1620
26	90218	198.32	253	52	84150	201.60	1680

第一作者简介:江行久,男,助理工程师,从事水文数据电算化的研究,曾发表《水工建筑物法测流在柳河的应用》等论文。

对该站水位 197.60 m 以上的水位流量关系进行了率定分析,具体分析过程如下:

对式(1)作如下变动:

$$Q = MB \sqrt{2gH^{3/2}} \quad (2)$$

式中 Q 为流量, m^3/s ; $M = Ke'c$, 为综合流量系数, 包含侧向收缩、进口流态等各水力因素的黑匣子系数; $B = nb$ 为堰上各自由出流孔总宽度, 等于 105 m; $H = Z - 197.00m$, 为堰上水头, Z 为水位。根据式(2)和实测流量点反推出相应的实测综合流量系数序列, 点绘堰上水头 ~ 综合流量系数关系图(见图 2)。从图中可以看出, 水头在 0.60 ~ 2.55 m (水位在 197.60 ~ 199.55 m) 时, 数据点分布呈一反曲带状, 接近三次曲线线型; 水头在 2.55 ~ 4.60 m (水位在 199.55 ~ 201.60 m, 历年最高洪水位) 时, 系数基本为一常数。

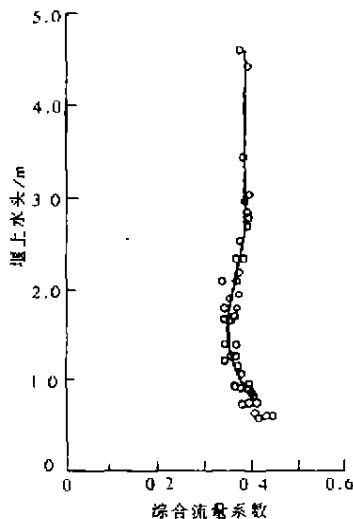


图 2 堰上水头 ~ 综合流量系数关系

设函数 $M = P(H) = a_0 + a_1H + a_2H^2 + a_3H^3$, 若使该函数与堰上水头 ~ 实测综合流量系数关系点 (H_j, m_j) 拟合得最好, 即函数 $\Phi(a_k) = \sum [P(H_j) - m_j]^2$ 最小, 对 a_k 求偏导 ($k = 0, 1, 2, 3$)

$$\frac{\partial \Phi}{\partial a_k} = 2 \left[\sum_{j=1}^n \sum_{i=0}^3 a_i H_j^{i+k} - \sum_{j=1}^n m_j H_j^k \right]$$

令上式为 0, 则

$$\sum_{i=0}^3 a_i \sum_{j=1}^n H_j^{i+k} = \sum_{j=1}^n m_j H_j^k$$

$$\text{令 } \sum_{j=1}^n H_j^{i+k} = S_k, \sum_{j=1}^n m_j H_j^k = T_k, \text{ 得正规方程组:}$$

$$\sum_{i=0}^3 a_i S_{k+i} = T_k \quad (3)$$

根据上式及相应实测资料得正规方程组:

$$\begin{cases} 49a_0 + 71.94a_1 + 128.4391a_2 + 265.2888a_3 = 18.35037 \\ 71.94a_0 + 128.4391a_1 + 265.2888a_2 + 605.0757a_3 = 26.59731 \\ 128.4391a_0 + 265.2888a_1 + 605.0757a_2 + 1474.327a_3 = 47.46648 \\ 265.2888a_0 + 605.0757a_1 + 1474.327a_2 + 3756.539a_3 = 98.65778 \end{cases} \quad (4)$$

解此方程组得: $a_0 = 0.6463$, $a_1 = -0.4862$, $a_2 = 0.2477$, $a_3 = -0.0383$, 即当水位在 197.60 ~ 199.55 m 时, 综合流量系数为

$$M = 0.6463 - 0.4862H + 0.2477H^2 - 0.0383H^3 \quad (5)$$

当水位在 199.55 ~ 201.60 m 时, 关系稳定, 取

$$M = 0.382 \quad (6)$$

3 误差评定

从图 2 中可以看出, 两段曲线恰好衔接。对率定的综合流量系数曲线作三种检验及标准差计算, 其结果如表 2 所示。

表 2 三种检验及标准差计算

检验类型	统计量值	临界值	结论	显著水平
符号检验	$u = 0.97$	$u_{1-\alpha/2} = 1.15$	$ u < u_{1-\alpha/2}$ 合理	0.25
逐线检验	$u = -0.84$	$u_{1-\alpha} = 1.28$	$ u < u_{1-\alpha}$ 合理	0.10
偏离数值检验	$t = 0.01$	$t_{1-\alpha/2} = 1.70$	$ t < t_{1-\alpha/2}$ 合理	0.10
标准差计算: $S_e = 4.64$, $S_e(5\%) = 4.348$, $S_e(8\%) = 6.957$				

根据式(2), (5), (6)即可推出该站的水位流量关系曲线, 从整体来看, 曲线基本上通过点群中心, 线型比较合理, 两曲线衔接处吻合, 不需处理(见图 3)。低水部分只有一个点

(下转第 60 页)

一个动态过程,并不断根据有关实际执行情况的信息反馈,进行调整和滚动,使得本系统始终处于最优化的状态。

c. 可控性好。网络系统和应用程序自行设计,具有良好的可控性。

d. 易于操作。网络设计中把图示和数学方法结合在一起,各种数学方法及语言所实现的算法功能通过与网络技术有机结合,经济简单,稳定可靠,具有一定的可扩充性和开放性,用户界面友好,容易掌握运用,有利于普及推广。

3 网络系统的应用

3.1 库房管理系统

该系统是潘家口水库网络系统应用程序之一,其核心是用 FOXBASE 建立起来的数据库管理系统。主要分两部分:一为前台业务,主要和用户打交道,如领料出库、入库、库房查询等;另一为后台业务,即管理员本身的工作,如财务会计统计报表、年终汇总等。它是一个完整的管理信息系统,可在每台终端上处理业务。

3.2 气象卫星云图接收系统

为了给调度决策人员提供准确的天气变化资料,通过网络将现场接收的日本静轨卫星云图及时准确地传输给防汛调度中心,在中心可作单幅静止画面的显示及一天之中的 11 幅云图的连续动画显示,生动地再现了潘家口水库地区的温度、云的转向及强度等参数对天气状况的影响,使调度决策者手中又多了一份第一手资料。

3.3 译电系统

为了解决需立即通讯而电话或电台线路不通的问题,安装了自动收发报机(微机),可传输从河北省迁西邮电线路上往来的水情电报,不仅能在本机上立即显示或打印,还可进入网络系统,在网络服务器上存放实时性的水雨情资料,为建立各种大型的水雨情数据库奠定了基础,使调度者实时跟踪天气、水雨情的动态变化,促使他们在防洪度汛中作出更准确及时的调度方案。

3.4 水库调度系统

引滦工程供水实时优化调度系统详细描述了五大水库(潘家口、大黑汀、于桥、陡河、邱庄)的特征参数。用静态模型可根据五大水库现有的水位、蓄水量、预报自产水量、蒸发量、渗透量作出科学的计算,得出几天后的短期和长期调度方案。用动态规划模型可从最优化的角度,统一协调五大水库之间的关系,调度中心据此作出合理调度。各网络终端均可得到最优化的调度方案。

3.5 数据库管理系统

网络上运行着 FOXPRO2.5 数据库应用系统。网络用户目录用于存放用户编制的各种微机应用程序,目前此目录中存放着 1949 年以来历年的水文站和雨量站的水位、流量、12 个站降雨量、36 个站的蒸发量及水库站的特征水位、库容、发电量的数据库,操作者可动态地查询过去某一天的特殊水情并显示或打印成表。

3.6 图形显示

各种坝体分布图、流域图、洪水过程、水位-库容曲线及各种直方图均可传输到网络,节省了各单机的硬盘资源,避免了冗余和浪费,使决策者和网络各用户对水情发展趋势一目了然。

4 结 语

潘家口水库网络系统在防洪度汛中发挥了很好的作用,社会效益和经济效益都是显著的,仅 1993 年风险错峰及超汛限水位蓄水就创经济效益近百万元。此系统的建立为该局将来各种微机联网和开展网络控制应用创造了有利条件,对潘家口水库今后的办公自动化、水库优化调度及防洪度汛也有极大的促进作用。

(收稿日期:1997-04-01 编辑:马敬峰)

(上接第 48 页)

偏离曲线 -11.5%,其余均小于 $\pm 10\%$;中高水部分测点偏差均小于 $\pm 8\%$ 。对该水位流量关系曲线作三种检验及标准差计算均符合规范要求。

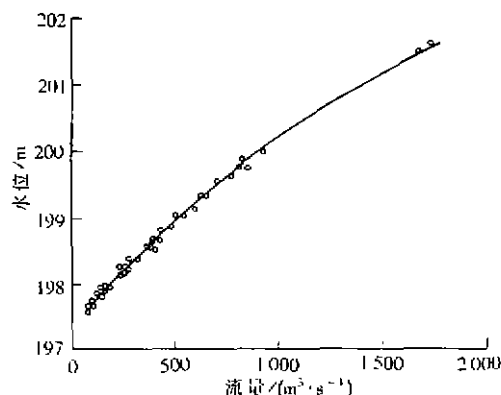


图3 石门子站水位~流量关系

4 结 语

a. 用三次多项式拟合流量系数曲线精度较高,故该站可以应用堰流公式在所分析的范围内进行测流。该测流方法已被辽宁省水文水资源勘测局批准正式应用。

b. 应用此法可以大大减少人员开支、设备维护等费用支出,同时也减轻了工作强度,提高了测流的精度,并可及时向下游传递水情,为下游防汛决策赢得宝贵时间。

(收稿时间:1997-07-23 编辑:熊水斌)