

DOI: 10.19364/j.1674-9405.2021.01.009

典型站流量软在线的实现

许莎莎

(安徽省交通勘察设计院有限公司, 安徽 合肥 230011)

摘要: 聚焦新形势下水资源监测预警、生态流量监测等“水利行业强监管”的要求, 以及实时流量监测的迫切需要, 在总结传统推流方法的基础上, 基于影响流量的内在水力要素关联, 通过对典型水文站共性的提取, 建立流量转换模型, 利用已有的实时要素监测信息, 构建流量实时计算的通用算法, 实现流量软在线, 通过代表站分析验证, 软在线成果效果较好, 满足水文监测预报对流量的精度要求。依据在线成果与实测流量对比, 证明参数自动识别是软在线思路的改进方向。

关键词: 实时要素; 流量; 软在线

中图分类号: P332.4

文献标识码: A

文章编号: 1674-9405(2021)01-0040-04

0 引言

径流信息是水文循环的核心要素, 是流域产汇流规律研究的基础, 传统流量监测成果为测验时段内均值, 随着水文自动化的发展, 瞬时流量监测已成为趋势, 其实现方式一般是哨兵式监测, 如水平(或垂线)声学多普勒超声波流速仪法^[1-5]、超声波时差法^[6]和雷达水面波流速法^[7-8]等, 通过有限垂线或有限水层实测代表流速(或部分单元流速), 计算出实测虚流量, 进而通过比测, 建立实/虚关系, 完成流量在线, 即通过传感在线加模型的在线推流方法, 本研究称之为硬在线。断面瞬时流量的另一种获取方式是依据有限测次的监测成果在资料整编阶段以推流方法获取, 核心是通过可以获取的瞬时信息(例如水位), 采用单值化手段推算瞬时流量。事实上, 国家基本水文站已有数10 a的资料积累, 已经形成了相对成熟的推流方法, 特别是在工程参数(堰闸)、河道断面比较稳定的条件下, 推流精度及参数都是相对稳定的。将整编阶段的推流方法前置, 固化于软件中, 实现流量监测软在线, 在理论和技术上都是可行的。

1 推流方法与软在线实现

根据整编规范^[9]中关于流量整编方法的规定, 常用推流方法主要有: 河道单一曲线法、河道落差指数法、校正因素法、本站水位后移法、连时序

法、实测流量过程线法、堰闸定线(过水平均流速法、经验公式法)等推流, 但应用较为广泛的是单一曲线法、落差指数法和堰闸经验公式法推流, 这几种计算方法尽管繁简不一, 但均可按照通用模式进行概化:

$$Q = m \times A \times C,$$

式中: m 为广义流量系数, 与水力因数相关, 可建立水力相关因数与流量系数的关系曲线, 相关因子多数是水位或水位之间相关的水头等; A 为关联参数, 当为堰闸类时, 具有面积量纲; C 为关联参数, 当为堰闸类和落差指数法时, 具有水位量纲。 m, A, C 三要素概化如表1所示。

通过上述处理, 流量算法已经具备共性架构, 再与工况基础信息(包括堰顶高程、闸门孔数、孔宽等)一同存储于指定信息库表, 基此设计信息系统的流量计算模块, 形成“方法+静态信息+实时信息”三者关联的流量自动监测模块。具体实现时, 各站依托界面选择计算方法, 录入与计算方法关联的流量系数成果, 信息系统在接收到断面实时水位及实时变化工况信息时, 自动调用流量系数, 匹配形成流量在线成果。同步调用实测流量上报信息, 实时显示软在线成果与实测成果的契合度, 据此评价在线成果精度。

2 典型代表站验证

分别选取单一水位-流量关系站的月潭站、落差

收稿日期: 2020-06-18

作者简介: 许莎莎(1987-), 女, 安徽合肥人, 工程师, 主要从事水利工程项目管理相关工作。E-mail: 66311080@qq.com

表 1 流量计算公式三要素概化表

推流方法	流量计算公式	出流状态	类型	相关关系	m	A	C
单一曲线类	$Q=f(Z)$		河道	$Z-Q$	$Q=f(Z)$	1	1
落差指数类	$Q=q\Delta Z^\beta$		河道	$Z-q$	$q=f(Z)$	1	ΔZ^β
堰闸公式类	$Q=C_1 B h_u^{3/2}$	自由堰流	一般堰闸	h_u-C_1	$C_1=f(h_u)$	$B h_u$	$h_u^{1/2}$
	$Q=\sigma C_1 B h_u^{3/2}$	淹没堰流	一般堰闸	$\Delta Z/h_u-\sigma C_1$	$\sigma C_1=f(\Delta Z/h_u)$	$B h_u$	$h_u^{1/2}$
	$Q=C_2 B h_1 \Delta Z^{1/2}$	淹没堰流	平底闸、宽顶堰闸	h_1-C_2	$C_2=f(h_1)$	$B h_1$	$\Delta Z^{1/2}$
	$Q=M_1 B e (h_u-h_c)^{1/2}$	自由孔流	平底闸、宽顶堰闸、平板及弧形闸	e/h_u-M_1	$M_1=f(e/h_u)$	$B e$	$(h_u-h_c)^{1/2}$
	$Q=M_1 B e h_u^{1/2}$	自由孔流	实用堰、跌水壁闸、平底闸	e/h_u-M_1	$M_1=f(e/h_u)$	$B e$	$h_u^{1/2}$
	$Q=M_2 B e \Delta Z^{1/2}$	淹没孔流	一般堰闸	$\Delta Z/e-M_2$	$M_2=f(\Delta Z/e)$	$B e$	$\Delta Z^{1/2}$
.....							

注： Q 为流量； q 为校正流量； Z_u 为上游水位； Z_d 为下游水位； Z_a 为闸底或堰顶高程； h_c 为收缩断面处水深； h_u 为上游水头， $h_u=Z_u-Z_a$ ； h_d 为下游水头， $h_d=Z_d-Z_a$ ； ΔZ 为上下游水位差， $\Delta Z=Z_u-Z_d$ ； e 为闸门开启高度； B 为闸门总宽或开启净宽； C_1, C_2 分别为自由、淹没堰流流量系数； M_1, M_2 分别为自由、淹没孔流流量系数； σ 为淹没系数； β 为落差指数法指数。

指数法定线推流的吴家渡站、综合类闸门的杨桥闸站为典型站进行 3 类推流方式的典型分析。

2.1 月潭站

月潭站位于山区型河道，测验河段比较稳定，测站控制良好，水位流量呈单一曲线，水位流量关系如图 1 所示，按照统计模式架构为 $Q=m \times A \times C=f(Z) \times 1 \times 1=f(Z)$ 。

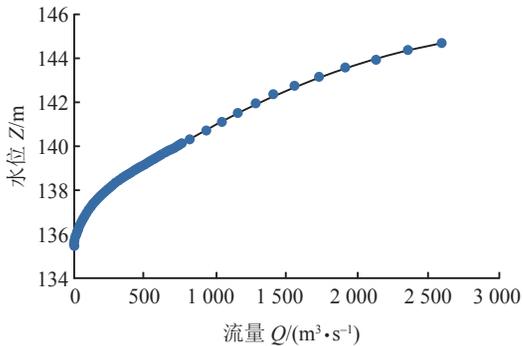


图 1 月潭站水位流量关系图

月潭站 2017 年 6 月的流量过程线如图 2 所示，推流成果与实测值拟合度较好，10 个推流流量与实测流量的相对误差平均值为 3.3%，且均在 5% 范围内，月潭站推流流量与实测流量误差分析统计如图 3 所示。

2.2 吴家渡站

吴家渡站为淮河干流控制站，受上游蚌埠闸工况及下游水位影响较大，在闸门开启条件下，通过单值化分析建立了该站落差指数推流公式为 $Q=m \times A \times C=q \times 1 \times \Delta Z^\beta=q \times \Delta Z^\beta$ ，其中落差 ΔZ 是蚌埠闸闸下水位-吴家渡水位。

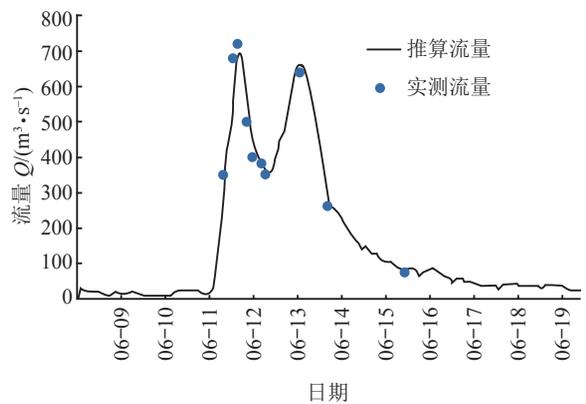


图 2 月潭站 2017 年 6 月流量过程线图

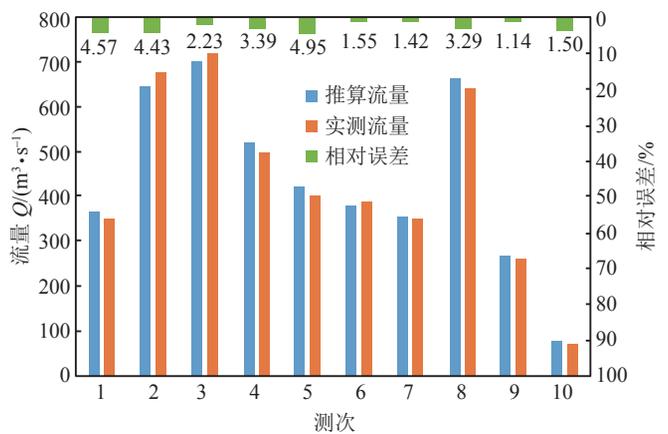


图 3 月潭站推流（软在线成果）流量与实测流量误差分析统计图

由于该站测验断面的滩地较宽，高中水与中低水的水位流量关系不一致，故分高中水与中低水分别建立 $Z-q$ 关系。当吴家渡水位 < 14.90 m 时， β 为 0.68，水位 ≥ 14.90 m 时， β 为 0.56， $Z-q$ 关系

如图4所示,在线推流按照 $Q=q\Delta Z^\beta$ 计算。吴家渡站2018年8—9月实测流量与推流(软在线成果)过程线图如图5所示。由图5可知,本次洪水过程高水段,推流成果与实测流量拟合较好。8—9月22个实测点与推流成果的相对误差均值为4.9%,且全部控制在10%以内,高水段的相对误差均在5%以内,精度较高,推流流量与实测流量误差分析统计如图6所示。

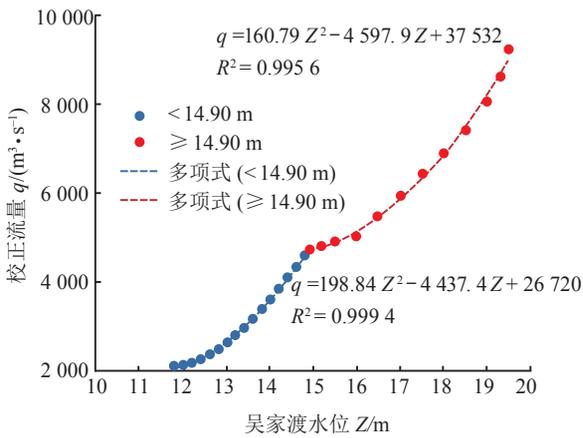


图4 吴家渡水位与流量关系图

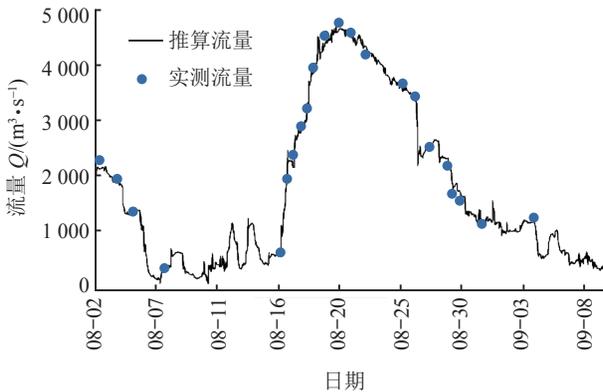


图5 吴家渡站2018年8—9月流量过程线图

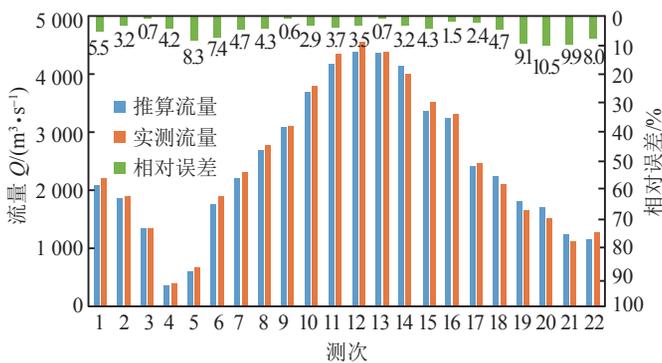


图6 吴家渡站推流(软在线成果)流量与实测流量误差分析统计图

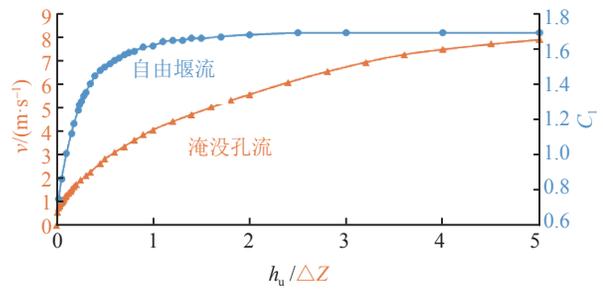
2.3 杨桥闸站

杨桥闸站为综合类堰闸站,有新闸和老闸,各闸不同流态下 m, A, C 配置如表2所示,各流态的单值化成果如图7所示,2017年10月份推出的流量过程与实测流量过程对比如图8所示,20个实测点与推流成果的相对误差均值为5.2%,且均在10%以内,杨桥站推流流量与实测流量误差分析统计如图9所示。

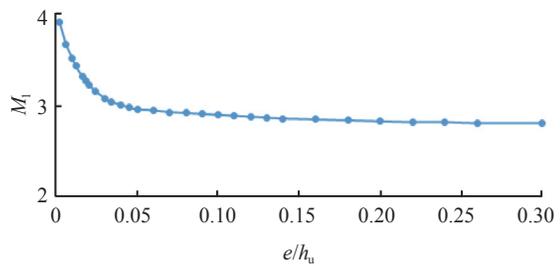
表2 杨桥站推流公式

过流设备	流态	推流公式	系数相关因子	m	A	C
新闸	淹没孔流	$Q = vBe$	ΔZ	$v = f(\Delta Z)$	Be	1
老闸	自由孔流	$Q = M_1 Be (h_u - h_c)^{1/2}$	e/h_u	$M_1 = f(e/h_u)$	Be	$(h_u - h_c)^{1/2}$
	自由堰流	$Q = C_1 B h_u^{3/2}$	h_u	$C_1 = f(h_u)$	$B h_u$	$h_u^{1/2}$

注: v 为流速。



a 新闸淹没孔流和老闸自由堰流关系曲线



b 老闸自由孔流关系曲线

图7 流量系数关系曲线

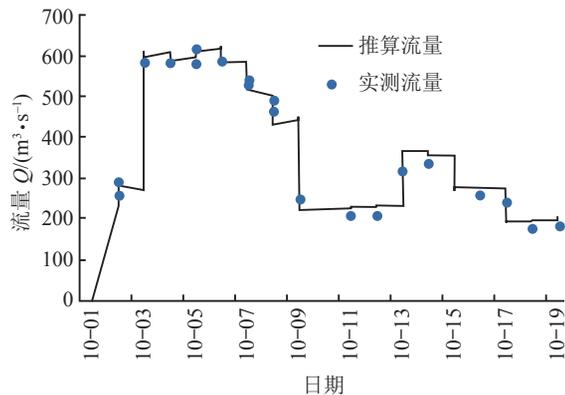


图8 杨桥闸站2017年10月流量过程线图

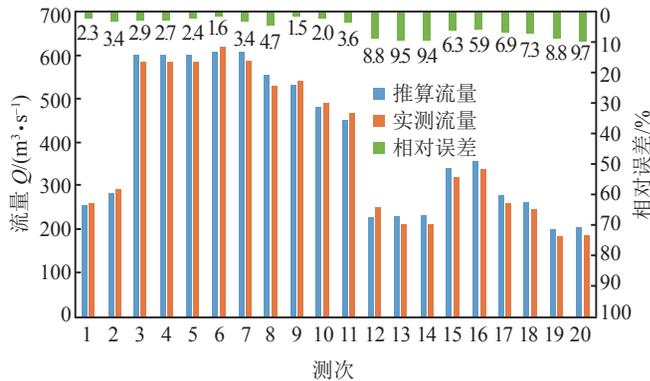


图 9 杨桥站推流(软在线成果)流量与实测流量误差分析统计图

3 结语

本研究基于国家基本水文站点单值化的历史积累及现有实时信息采集条件,融合信息化手段,提出了流量软在线的架构,成果在安徽普遍应用。本研究的实践路径对其他具备单值化成果的站点实现流量在线监测具有借鉴意义。

根据典型站的误差统计,相对误差均控制在10%以内,推流成果满足水文监测、预报对流量应用的精度要求。

新建站点硬在线监测成果应该及时总结提炼,有条件时应演化提升为软在线成果,为流量监测增加备用手段。

软在线来源于河道流量水力学理论基础,是测站控制的效应显现,建议新一轮站网规划与建设将“依控制条件设站”改为“设站后人为增加控制条件”。山溪性河流新建站点可考虑人为制造控制条

件;非山溪性河流新建站点不仅要考虑断面控制,而且更多地要考虑河段控制,增设水位参证断面,依托自动测报技术获取实时落差为流量软在线奠定基础。

本研究仅限于既有单值化成果的在线实现。依据在线成果与实测流量对比,证明参数自动识别是软在线思路的改进的方向。

参考文献:

- [1] 马富明. 水文流量监测新技术设备运用现状与改进方法——以福建省为例[J]. 水文, 2020, 40 (2): 66-71.
- [2] 韦立新, 曹贯中, 蔡磊. 不同方法在感潮河段 ADCP 在线测流系统中应用的比较分析[J]. 水文, 2019, 39 (6): 64-68.
- [3] 梁后军, 刘小虎, 蔡国成, 等. 二垂线式 ADCP 流量测量系统[J]. 水利信息化, 2013 (4): 26-29.
- [4] 赵新智. 宽带 ADCP 在河流流量测验中的实用性研究[J]. 中国农村水利水电, 2007 (6): 27-28.
- [5] LEE K, HO H C, MARIAN M, et al. Uncertainty in open channel discharge measurement acquired with StreamPro ADCP[J]. Journal of Hydrology, 2014, 509: 101-114.
- [6] 朱小华, 江田憲彰, 吴清松, 等. 一种浅水河道声学测流仪[J]. 电子测量技术, 2009, 21 (2): 166-169.
- [7] 杨志红, 张春林, 王汉卿. 雷达波流速仪流量测验水面流速系数分析研究[J]. 农业科技与信息, 2015 (4): 97-99.
- [8] 秦福清. 雷达波流速仪在中小河流流量测验中的应用分析[J]. 水利信息化, 2012 (4): 42-48.
- [9] 水利部水文局. 水文资料整编规范: SL 247—2012[S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2012: 24-43.

Soft on-line flow realization of typical hydrologic stations

XU Shasha

(Anhui Provincial Communications Survey and Design Institute, Hefei 230011, China)

Abstract: Focusing on the requirements of “Strong supervision of water conservancy industry” such as water resources monitoring and early warning and ecological flow monitoring under the new situation, as well as the urgent need of real-time flow monitoring, on the basis of summarizing the traditional push methods and based on the correlation of internal hydraulic factors affecting flow, through the extraction of the commonness of typical hydrological stations, the article constructs a flow conversion model, and a general algorithm for real-time flow calculation by using the existing real-time factor monitoring information, realizes the flow Soft Online. Through the analysis of typical hydrologic stations, the soft on-line results are good, which can meet the precision requirement of hydrological monitoring and forecasting. According to the comparison between on-line results and measured flow, the realization of automatic parameter identification is the improvement direction of soft on-line.

Key words: real time element; flow; soft on-line