

H-ADCP 流量数据分析处理系统的设计与应用

曹小洁¹, 张永兵²

(1. 江苏南水科技有限公司, 江苏 南京 210012; 2. 水利部南京水利水文自动化研究所, 江苏 南京 210012)

摘要:随着 H-ADCP 在水文在线测流中的广泛应用, 对其测量数据的质量评估和流量计算的精度提高变得愈加重要。将 H-ADCP 实时数据采集处理、数据质量评估分析、指标流速率定分析以及流量计算等功能有机结合在一起, 研制出一套 H-ADCP 流量数据分析处理系统。通过分析处理测流原始数据, 评估出每组 H-ADCP 测流数据质量的量化指标。通过持续录入人工实测流量数据, 自动通过回归分析方法不断计算优化指标流速关系, 通过优化后的关系式重新计算历史流量数据, 持续提高测流精度。

关键词: H-ADCP; 数据分析; 指标流速; 关系率定

中图分类号: TV131.4 **文献标识码:** B **文章编号:** 1007-7839(2021)04-0054-04

Design and application of H-ADCP flow data analysis and processing system

CAO Xiaojie¹, ZHANG Yongbing²

(1. Jiangsu Naiwuch Corporation, Nanjing 210012, China; 2. Nanjing Automation Institute of Water Resources and Hydrology, Ministry of Water Resources, Nanjing 210012, China)

Abstract: With the wide application of H-ADCP in hydrological on-line flow measurement, the quality evaluation of measured data and the accuracy improvement of flow calculation have become increasingly important. The H-ADCP real-time data acquisition and processing, data quality assessment and analysis, indicator flow rate analysis and flow calculation are organically combined to develop a set of H-ADCP flow data analysis and processing system. By analyzing and processing the original data of flow measurement, quantitative indicators of the quality of each group of H-ADCP flow measurement data were evaluated. Through continuous input of manually measured flow data, the optimized index velocity relationship was automatically calculated through regression analysis method, and the historical flow data was recalculated through the optimized relationship formula to continuously improve the accuracy of flow measurement.

Key words: H-ADCP; data quality analysis; index velocity; relationship calculation

水文监测项目中, 流量测量一直是水文监测的重要任务之一。以往的测流方法包括人工船测量、浮标测量、缆道测量等, 测量结果虽然准确但耗时耗力, 实时性不高, 随着水利现代化建设的不断推

进, 传统的仪器和方法已无法完全满足新时代信息平台的需求, 更多的新技术、更多的新设备被引进。在近几年国内引进的测流新设备中, 水平声学多普勒剖面流速仪(H-ADCP)应用最为广泛, 它利用多

收稿日期: 2020-10-12

作者简介: 曹小洁(1983—), 女, 工程师, 本科, 主要从事水利信息化研究工作。E-mail: 68120796@qq.com

普勒效应原理进行流速测量,通过测量断面部分层流速进而推算得到断面流量。但由于 H-ADCP 安装位置、水上漂浮物、行船等因素会对测流有影响,后期需要对测量断面回波强度的衰减率、单元流速的跳变量、相邻测次流速的变化率等数据进行分析,再结合预定的阈值对每组 H-ADCP 的测流数据评估出量化的数据质量指标,进而得到有效的指标流速与人工实测流量数据进行比测,通过回归分析方法不断计算优化指标流速关系,再通过优化后的关系式重新计算历史流量数据,最终提高测流精度,为水文资料整编提供更为准确的流量数据^[1-3]。

为满足水文资料的测验和整编以及应用中的实际需要,需要设计一款集原始数据分析处理、数据质量分析评估、流速关系率定分析以及流量计算的 H-ADCP 流量后处理软件^[4]。

1 需求分析

1.1 功能需求

H-ADCP 流量数据分析处理系统需具有以下几方面功能:

- (1) H-ADCP 原始数据的实时分析过滤和处理。
- (2) 指标流速、断面平均流速的计算。
- (3) 断面面积、断面流量的计算。
- (4) 对预定的阈值进行可疑数据的筛选。
- (5) 测站参数的配置,断面数据导入和编辑,关系式的添加和编辑。
- (6) 历史测流数据的检索。
- (7) 水位过程线、流速过程线、流量过程线。
- (8) 每组测流数据的回波强度分布图及流速向量分布图。
- (9) 指标流速关系式的回归分析并进行曲线拟合。
- (10) 标准报表的导出。

1.2 可靠性需求

由于本系统运行在 Web 服务器上,实时 24 h 原始数据解析和 H-ADCP 所有数据实时分析查询功能,要求本系统能 24 h 连续不间断运行,因此本系统应运行稳定可靠,并具有运行出错处理机制,以保证系统能正常运行。

2 设计框架

在需求分析的基础上,将系统整体结构划分为 H-ADCP 原始数据解析软件和 H-ADCP 流量后

处理软件。

H-ADCP 原始数据解析软件由 C/S 模式开发用以实时解析 H-ADCP 的原始数据以及计算指标流速、断面面积和流量等功能。

H-ADCP 流量后处理软件由 B/S 模式开发包含数据查询、数据分析、关系式率定、参数配置、报表查询 5 个模块。数据查询包含测站的实时数据和历史数据,数据分析包含流速分析处理、图形分析处理、流量成果管理等,关系式率定用来拟合 H-ADCP 指标流速和人工实测流速的关系式,参数配置包含测站信息管理、测站参数管理、用户管理,报表查询包含逐日流量年报表、逐日水位年报表、导出南方片格式。

本系统使用 C/S 和 B/S 结合开发,可连接多种类型数据库,如 SqlServer、MySQL 等。设计框图如图 1 所示。

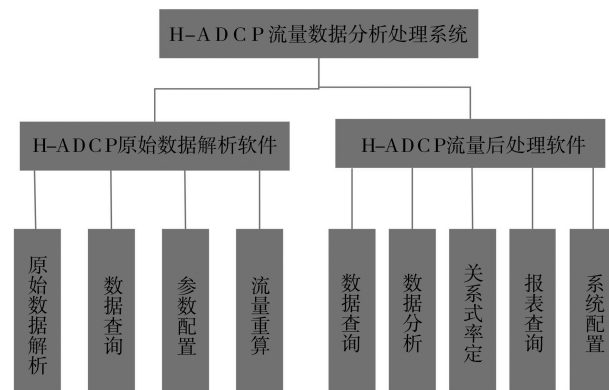


图 1 系统总体框架

3 功能实现

3.1 H-ADCP 原始数据解析软件

实时对 H-ADCP 原始报文数据进行分析处理,解析出报文内的单元流速、回波强度等参数数据,过滤掉无效的单元流速数据,再根据配置的计算范围计算指标流速,根据关系式计算出断面平均流速,根据大断面数据和水位计算断面面积,最后计算流量,此功能还包含实时日志查看、解析失败查询、参数配置、测站管理、流量重计算功能。

3.2 H-ADCP 流量后处理软件

3.2.1 数据查询

数据查询功能默认显示所有测站最新一条数据,包含水位、指标流速、平均流速、实测流速、计算流量、实测流量、最后通讯时间等数据,点击水位可查询历史数据和过程图。

3.2.2 数据分析

(1) 流速分析处理

根据时间查询解析后的原始报文如时间、水位、单元数量、单元长度、横摇、纵摆、X 向平均流速、Y 向平均流速、回波最大变幅、波差等数据。页面会根据设定好的阈值显示可疑数据列表,并用黄色标识整行数据用于提示。点击数据详细按钮可查看每个单元格的数据信息以及流速分布图和回波强度趋势图,用户可根据以上提示的信息自行选择是否剔除数据。

(2) 图形分析处理

页面按小时来显示数据,如发报间隔是 10 min,所以这里是每小时 6 条线,如果线重叠在一起表示数据大致趋势是正常,如果有哪条突出的判断当时是否流过漂浮物或者其它原因,可根据具体情况判断是否要剔除此条数据。

(3) 流量成果管理

经过流速或者图形分析处理过后,如果更改关系式后可以在这里重新计算任意时间段的流量并保存数据,后面的报表导出可以使用此处保存过后的数据生成。

3.2.3 关系式率定

实测的流速通常只能作为推算断面平均流速的中间环节,而其相关性需要较长系列的实测资料进行对比率定。关系率定功能是整个软件的核心之处,一般测站至少每年率定 1 次,操作需要按规定的步骤执行。

软件可同时拟合多种类型的回归分析公式,如一元线性、二元线性、二次多项式、指数函数、幂函数等,并计算相对误差、标准差、相关系数、系统偏差、随机不确定度,同时还进行三线检验并在页面上显示检验结果。回归方程函数关系见表 1。

表 1 回归方程函数关系

回归方程名称	函数关系
一元线性	$V = b_1 \times V_i$
二元线性	$V = b_1 + (b_2 + b_3 H) \times V_i$
二次多项式	$V = b_1 + b_2 \times V_i + b_3 V_i^2$
幂函数	$V = b_1 \times V_i^{b_2}$
指数函数	$V = b_1 \times b_2^{V_i}$

根据分析后的结果和定线图判断是否满足要

求,如不满足要求,需要剔除一部分数据,然后重新拟合关系式,以此循环直至得到合适的关系式。剔除数据可通过设定条件自动剔除数据,也可点击列表数据或定线图上的点来选择手动剔除数据。直到所有指标值都在水文测流规范的范围内,所显示的公式才符合要求。

3.2.4 系统配置

(1) 测站信息管理:添加、编辑、删除测站的基本信息。

(2) 测站参数管理:可编辑测站相关 H-ADCP 的配置参数、测站的断面数据、测站的关系式数据。

(3) 用户权限管理:添加和编辑用户,并赋予用户操作权限。

3.2.5 报表查询

(1) 逐日流量年报表:选择时间可查询单站的流量年报表,并可按规范导出 Excel。

(2) 逐日水位年报表:选择时间可查询单站的水位年报表,并可按规范导出 Excel。

(3) 南方片格式导出:选择时间和参数可导出南方片整编软件格式的 txt 文件。

3.3 数据库设计

3.3.1 数据库设计依据

H-ADCP 率定软件可不连接数据库进行率定,也可以连接监测数据库读取数据进行率定。监测数据库设计主要依据《实时雨水情数据库表结构与标识符标准》(SL323—2011)执行。

3.3.2 数据库内容设计

(1) 站点信息数据:存储已建 H-ADCP 站的站点信息,包含站号、站名、ADCP 单元数、盲区等信息。

(2) 原始数据:存储 H-ADCP 解析后的所有单元格里的具体实测数据,如单元长度、单元数量、X 向流速、Y 向回波强度等。

(3) 水情数据:存储测站上传的实时水位、流速、流量数据。

(4) 断面数据:存储测站实测的大断面的数据,用于计算断面面积和流量。

4 应用实例

2017 年 11 月,流量数据分析处理系统首次在福建中小河项目中试运行,5 个区一共 15 个 H-ADCP 监测站接入系统,运行初期设备上传的流量数据与实际测流的数据相差较大,经过流量后处理软件的分析,发现一些 H-ADCP 监测站回波强度

最大变幅值超标,再经过历史数据筛查,发现多组测流数据的回波强度曲线波形跳动厉害,显示河底有多个障碍物,大大影响了测流的精度。回波强度是指声学脉冲被水中悬浮物质反射回来的信号大小,会随着反射声波被吸收。正常情况下,回波强度曲线应该随距离呈缓慢下降的趋势,如果长时间回波强度的曲线中间出现同一位置的跳跃,说明河底有障碍物,再经过人工勘察到一些H-ADCP安装地点多是山区,有时暴雨冲刷后,一些地势高的地方小岩石会随着河水流到下流,造成了河底障碍物的慢慢堆起,随后项目组提出相应的方案,如河底清理或者更换H-ADCP安装位置。

2019年3月,流量数据分析处理系统在太湖预警项目中投入运行,软件通过对ADCP横摇纵摆、回波图、流速向量图等原始数据的解析及智能分析,协助安装人员现场及时确定安装位置及流速计算参数,保证了现场设备的可靠安装。在设备比测率定过程中,软件可自动调取历史指标流速,结合实时人工测流数据,完成设备的比测率定,并能根据更新后的率定关系进行资料整编。经过近一年的运行,软件运行稳定、响应快速、操作便捷、维护方便、数据安全可靠,在设备安装、率定、后期维护、数据整编等方面提供有力支撑,有效保证了设备的可

靠运行。

5 结 语

H-ADCP流量数据分析处理系统能够及时有效地分析和展示观测区域内所有H-ADCP测站的实时监测数据,提供用户多种数据形式来判断流速数据的可靠性,再通过人工流速和指标流速进行比测,使用回归分析方法不断计算优化指标流速关系,最后计算出精确的流量数据。随着H-ADCP的广泛应用,本系统已投入到多个项目中运行,如太湖预警项目、福建省中小河流项目,运行效果良好,对其测量数据的质量评估和流量计算的精度提高起到了非常重要的作用。

参考文献:

- [1] 中华人民共和国水利部. SL 247—2012 水文资料整编规范[S]. 北京:中国水利水电出版社, 2012.
 - [2] 中华人民共和国水利部. SL337—2006 声学多普勒流量测验规范[S]. 上海:复旦大学出版社, 2006.
 - [3] 中华人民共和国水利部. GB 50179—2015 河流流量测验规范[S]. 北京:中国计划出版社, 2015.
 - [4] 林祚顶, 朱春龙, 余达征, 等. 水文现代化与水文新技术[M]. 北京:中国水利水电出版社, 2008.
-
- (上接第53页)
- [2] 刘娟, 刘宏, 张岱峰. 长江镇扬河段近期河床演变趋势分析[J]. 长江科学院院报, 2003(8):18-20.
 - [3] 毛野, 黄才安, 陈建华, 等. 长江镇江段河道采砂的影响及其控制利用的试验研究[J]. 泥沙研究, 2004(6):41-45.
 - [4] 董冠营, 赵文宾. 淮河盱眙段河道造床流量的计算[J]. 中国水运, 2013(8):164-165.
 - [5] 陈鸥, 杨树梅, 徐永波, 等. 江苏省淮河行蓄洪区及三滩居民迁建规划研究[J]. 江苏水利, 2019(6):19-23.
 - [6] 李昌华, 张定邦. 河道类型与港址选择[J]. 泥沙研究, 1982(12):1-12.
 - [7] 于兴修, 申洪源. 沂河中游现代河床演变趋势及整治对策[J]. 山东师大学报(自然科学版), 2002(3):58-60.
 - [8] 贾运岗. 沂河下游滩地稳定性分析及防护措施[J]. 治淮, 2016(10):26-27.