

走航式 ADCP 数据成果转换技术研究

钱伟忠¹,任晓东¹,陈霞²,程颖¹,周强²

(1. 江苏省水文水资源勘测局苏州分局,江苏 苏州 215129;

2. 江苏省水土保持生态环境监测总站,江苏 南京 210012)

摘要:提出一种走航式 ADCP 数据的转换方案,通过开发软件可自动提取走航式 ADCP 原始观测数据,经系统过滤或人工选择后,按测回结果的平均值误差不超过 $\pm 5\%$ 的规范要求,自动判断流量测验成果中测次的有效性。同时,根据 GB 50179—2015《河流流量测验规范》自动筛选有效测次结果,并写入多普勒流速仪流量测验记载表,有效解决走航式 ADCP 测验成果与平台系统的衔接问题。

关键词:水文测验;走航式 ADCP;数据转换;流量测验记载表

中图分类号:X171.4

文献标识码:B

文章编号:1007-7839(2023)01-0032-0004

Research on the vessel-mounted ADCP data result conversion technology

QIAN Weizhong¹, REN Xiaodong¹, CHEN Xia², CHENG Ying¹, ZHOU Qiang²

(1. Suzhou Branch of Jiangsu Province Hydrology and Water Resources Investigation Bureau,

Suzhou 215129, China; 2. Soil and Water Conservation Ecological Environment Monitoring Station of Jiangsu Province, Nanjing 210012, China)

Abstract: A conversion scheme of vessel-mounted ADCP data is proposed. The original observation data of vessel-mounted ADCP can be automatically extracted through the developed software. After system filtering or manual selection, the validity of the measurement times in the flow measurement results can be automatically judged according to the standard requirement that the average error of the measured results does not exceed $\pm 5\%$. At the same time, effective measurement results are automatically screened according to the GB 50179—2015 Code for river flow measurement, and written into the Doppler current meter flow measurement record table, effectively solving the problem of connection between the vessel-mounted ADCP test results and the platform system.

Key words: hydrological test; vessel-mounted ADCP; data conversion; discharge measurement record sheet

ADCP 是利用多普勒效应原理进行流速测量^[1]。它突破传统的以机械转动为基础的传感流速仪,用声波换能器作为传感器,换能器发射声脉冲波,声脉冲波通过水体中不均匀分布的泥沙颗粒、浮游生物等反散射体反散射,由换能器接收信号,经测定多普勒频移而测算出流速。

近 20 年来,随着 ADCP 在河流流量测验中的广泛应用,流量测验的方式也发生了巨大改变。其中,水平式、坐底式 ADCP 等在线测流系统的应用较为广泛,这类系统的测流原理通常是利用代表流速法进行数据率定,通过建立稳定的层流速与断面平均流速的关系来求得断面流量,优点是能够实现站

收稿日期:2022-09-15

基金项目:江苏水利科技项目(2020063)

作者简介:钱伟忠(1968—),男,高级工程师,主要从事水文水资源工作。E-mail:273249798@qq.com

点流量的在线监测,但设备对安装环境要求较高,需要提前进行断面测量并经过不同水位条件下的流量比测率定才能投入使用。

而走航式 ADCP 测流因具有底跟踪的模式,不需提前进行断面施测即可测流,另外对测流的条件要求也较为宽松,近年来逐步成为水文流量巡测的重要手段^[2-3]。但不同于水平式和坐底式 ADCP 测流系统已在线化,走航式 ADCP 设备目前没有软件可将结果数据进行分析验证、归档及上传^[4-5]。

1 走航式 ADCP 巡测存在的问题

走航式 ADCP 测流与人工船测、桥测、缆道测流等采用传统流速仪法测流的基本方法一样,都是在测流断面上布设垂线,多点测量,取平均流速。传统的流速仪法测流在测流断面上布设的垂线较少,每条垂线不同水深的测点也较少;而 ADCP 测流时垂线可以有数百上千条,每个测点根据水深分多层测流,以得到不同深度的流速值,所以 ADCP 测流得到的数据量及数据格式与传统流速仪法测流存在较大的差异。

目前,走航式 ADCP 测流多采用厂家的 ADCP 计算软件,而该软件往往无二次开发接口或者数据输出接口,无法自动生成标准的多普勒流量记载表,只能人工将测流数据导出,再按照规范要求的数据进行评定计算,后将数据以短信或电话的方式上报。在提取数据填写到计算软件或者手工计算过程中,则可能出现数据转移错误、计算错误、效率不高及不能实时传输等问题。

为解决以上问题,本研究提出一种走航式 ADCP 数据转换技术的方案,可以实现自动提取测流数据,形成标准流量记载表并实时上传^[6]。

2 走航式 ADCP 数据成果转换整体方案

2.1 技术总体结构

以读取 ADCP 数据文件的方法取得测流中相关数据,按 GB 50179—2015《河流流量测验规范》自动将有效测次结果写入多普勒流速仪流量测验记载表,通过通信网络传输到数据中心,形成规范的多普勒流量记载表。主要创新点是走航式 ADCP 数据集中处理和数据传输技术。该方案技术路线为文件解译、多普勒流量记载表生成、数据校验、平台数据接入等过程。技术总体结构包括数据采集、数据转换处理、数据校验和数据存储传输4个部分。

2.2 业务流程

以某系列 ADCP 为例,简要介绍原始文件解译(数据采集)、数据校验(数据校验)、多普勒流量记载表生成(数据转换处理)及数据集中归档(数据存储传输)的过程。

2.2.1 文件解译

通过对某系列走航式 ADCP 自带的 WinRiver II 数据处理软件所生成的原始 mmt、PD0 格式文件解译,可以得到包含各测次的所有测流数据,主要包括水深、底跟踪流速、相对流速及位置信息等。输出文件结构如图1所示。

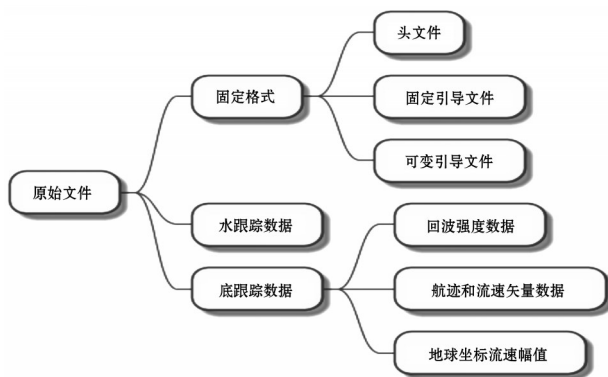


图1 输出文件总体结构

2.2.2 数据校验

为满足 SL 337—2006《声学多普勒流量测验规范》要求,需对按原测回结果的平均值误差由原来的人工计算改为使用软件计算,按规范要求进行数据自动判断和筛选(亦可由人工干预进行数据筛选)。如果平均值误差超出阈值范围,可选择自动数据筛选及校验计算。

数据校验步骤如下:(1)按设定测量阈值去除不在测量范围内的异常单元流速数据;(2)计算相邻单元的流速变化比率,对超出设定变比阈值的数据进行去除或平滑处理;(3)按筛选后的数据计算设定垂线的平均流速,并计算标准差;(4)对原始数据文件提供设定垂线的单元回波强度数据进行筛选,并计算标准差;(5)对比垂线流速与回波强度的标准差,若超出设定阈值则置异常,由人工进行判断处理。

各类阈值的判断与数据的筛选计算均由软件自动完成,同时提供阈值的设定功能和人工筛选与计算的功能。

2.2.3 多普勒流量记载表生成

为满足 GB50179—2015《河流流量测验规范》要

求生成多普勒流量记载表,需取得以下数据并生成多普勒流量记载表:(1)读取测流设备基本信息、测量时间、测量参数等,人工录入天气等其他相关信息;(2)计算平均流速、断面面积、平均流量等数据,计算测回结果的平均值误差;(3)按多普勒流量记载表格式填入所有测量信息并显示,人工确认后保存。

2.2.4 数据集中归档

对于计算出的数据先在本地进行保存,存储后利用通信网络上传至服务端数据库,如果网络条件确实不具备,待有通信条件时再实现成果补录,且支持成果的批量同步功能。

2.2.5 业务流程

传统的业务流程为数据采集、人工计算、人工校验、人工上报、人工录入。本方案业务流程修改为数据采集、数据分析、数据校验、数据上报、数据生成、数据归档。

2.3 通信网络

完成数据校验后,在公网移动基站信号没有覆盖且无法接入有线通信线路的偏远地区,可以通过天通卫星进行数据的上传和下载,无法传输时数据已经保存在本地,待网络恢复后,进行数据批量的补传。相应的通信网络拓扑图如图2所示。

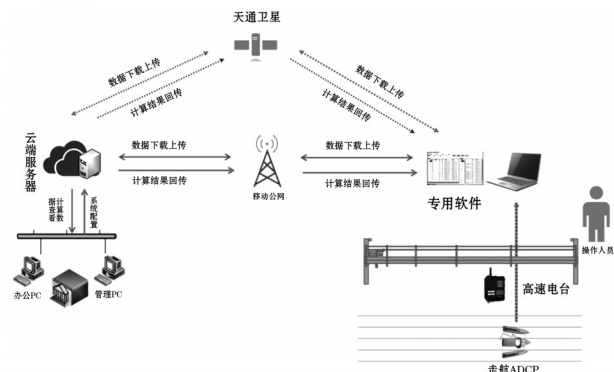


图2 通信网络拓扑

2.4 数据流程

本研究的核心是数据,从数据采集、数据转换处理、数据校验和数据存储,其中数据校验部分包括人工校验和系统批量自动校验。走航式ADCP数据处理状态图如图3所示。

3 实例验证

为了验证本研究数据上传方案的有效性与可行性,以大朱砂港桥测流断面为例,使用走航式

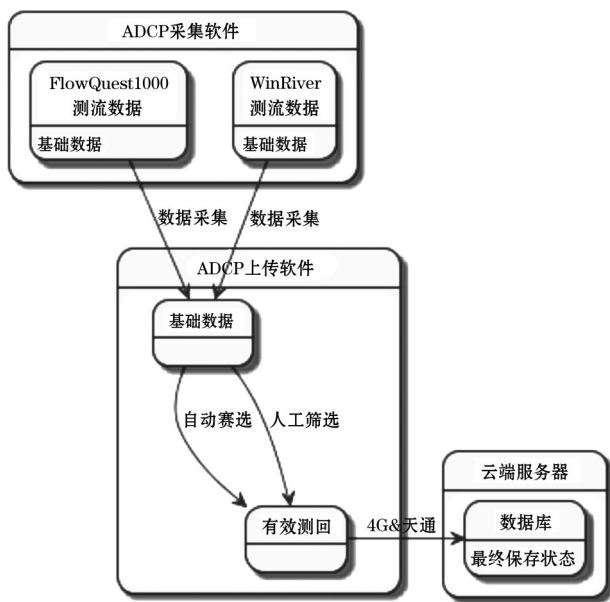


图3 走航式ADCP数据处理状态

ADCP数据上传软件和ADCP自带的软件对其进行测试验证。走航式ADCP数据传输软件界面如图4所示。

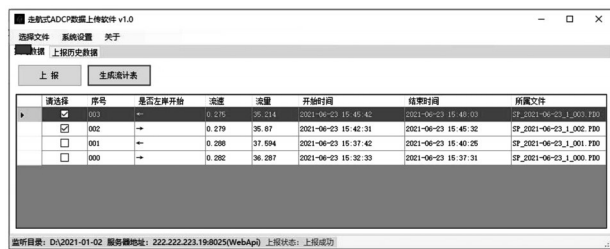


图4 走航式ADCP数据传输软件界面

当选择完测流原始文件后,根据当前测流断面的实际环境情况,确定测点位置、天气和风力等基本信息。点击数据写入按钮后,软件将本次走航式ADCP测流数据自动生成本地声学多普勒流速仪流量记载表,同时将数据上传至服务端数据库供Web端平台查阅和展示。

4 结 语

对用户常用走航式ADCP设备的原始数据,实现了数据提取、数据分析校验、数据整理、多普勒流量记载表自动生成、归档上传全过程,并用实例证明了该方案的可行性。

本研究可以将ADCP测流软件所生成的原始文件解译获得测验各项数据,生成标准多普勒流速仪流量记载表,并将结果实时上传至服务端数据库,

省去了内业中数据计算判断和录入步骤,同时根据需求可随时通过网络查阅巡测数据或将数据发送到相关部门,为决策部门实时提供实测流量数据,提高决策的时效性。下一步,需制定采集设备输入输出格式的国家标准,让这类设备可以真正融入到水文测流行业中来。

参考文献:

- [1] 刘彦祥. ADCP 技术发展及其应用综述[J]. 海洋测绘, 2016, 36(2): 45-49.

- [2] 韩晓彤. 走航式 ADCP 的初步探讨和实际应用[J]. 河北水利, 2018(9): 46-47.
- [3] 吴志勇, 徐梁, 唐运忆, 等. 水文站流量在线监测方法研究进展[J]. 水资源保护, 2020, 36(4): 1-7.
- [4] 阮聪, 胡春杰, 杨洋, 等. 基于云平台的德宏州中小河流雨情监测系统设计与实践[J]. 电子设计工程, 2020, 28(15): 70-73, 78.
- [5] 章树安, 张留柱, 梁家志. 美国水文要素采集与传输技术简介及几点认识[J]. 水文, 2000, 20(1): 62-63, 61.
- [6] 高超, 邓瑶, 张小潭, 等. 多普勒流速仪测量数据挖掘与二次开发研究[J]. 水力发电, 2019, 45(7): 108-110.

(上接第 31 页)

植被覆盖度介于 66.55%~77.72%, 平均为 73.77%, 逐年植被覆盖度有随年份先下降后升高的趋势($R^2=0.26$)。同时, 根据图 2(d) 土地利用类型提取结果, 2001—2020 年南京市建设用地面积占比从 10.68% 上升到了 20.85%, 面积增长约 95%, 表示南京市内开发建设活动不断加剧。随着生态为基发展方针的确立, 南京市开展了矿山生态修复、环境整治等工程, 增大了绿化面积, 提高了区域植被覆盖度, 水土保持工作取得一定成效。因此, 2008—2020 年, 低山丘陵岗地区域植被覆盖度随年份有增大趋势($R^2=0.54$)。

2001—2020 年, 南京市水土流失面积与降水量及降雨侵蚀力大小关系较为密切($R^2=0.49$), 与逐年植被覆盖度有一定的负相关关系($R^2=0.16$), 相较而言, 降雨侵蚀力是驱动年际水土流失面积变化的主要因素。

3 结 论

基于卫星遥感降雨数据的年降雨侵蚀力计算方法精度较高, 可为无雨量站降雨资料区提供土壤侵蚀强度监测思路和方法。

2001—2020 年, 南京市轻度及以上水土流失面积平均值为 350.08 km², 但时空差异大, 布局分散。近 10 年南京市水土保持工作取得一定成效, 水土流失面积下降超过了 20%, 区域生态环境明显改善。南京市水土流失防治面临自然和人为双重压力, 但降雨侵蚀力是驱动年际水土流失面积变化的关键因素。随着南京市城市化进程不断加剧, 要更加注意防范人为水土流失。

参考文献:

- [1] 陈朝良, 赵广举, 穆兴民, 等. 基于 RUSLE 模型的湟水流域土壤侵蚀时空变化[J]. 水土保持学报, 2021, 35(4): 73-79.
- [2] 陈羽璇, 杨勤科, 刘宝元, 等. 基于 CSLE 模型的珠江流域土壤侵蚀强度评价[J]. 中国水土保持科学(中英文), 2021, 19(6): 86-93.
- [3] 梁文广, 钱钧, 高士佩, 等. 基于“3S”技术的南京市水土流失定量监测及分析[J]. 长江科学院院报, 2018, 35(7): 51-56.
- [4] 马力, 卜兆宏, 梁文广, 等. 基于 USLE 原理和 3S 技术的水土流失定量监测方法及其应用研究[J]. 土壤学报, 2019, 56(3): 602-614.
- [5] 邵方泽, 张慧, 缪旭波. 基于 RUSLE 模型的南京市 2006—2014 年水土侵蚀时空分布特征[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(17): 264-269.
- [6] 郭赓, 丁鸣鸣, 钱洲, 等. 1986—2013 年南京市土地利用变化对土壤侵蚀的影响[J]. 水土保持研究, 2022, 29(5): 108-116.
- [7] 杨德菲, 潘洁, 杨存建, 等. 基于 Landsat 遥感卫星影像的南京市植被动态变化研究[J]. 生态科学, 2021, 40(4): 177-183.
- [8] 林杰, 董波, 潘颖, 等. 南京市植被覆盖管理措施因子的时空格局动态变化[J]. 生态与农村环境学报, 2019, 35(5): 617-626.
- [9] 高歌, 殷水清, 陈涛, 等. 长江流域降雨侵蚀力时空变化及成因分析[J]. 农业工程学报, 2022, 38(3): 84-92.
- [10] 余寒, 杨凯, 闵俊杰, 等. 近 50 年江苏省降雨侵蚀力的时空变化[J]. 江西农业学报, 2018, 30(10): 106-111.
- [11] 刘宝元, 郭索彦, 李智广, 等. 中国水力侵蚀抽样调查[J]. 中国水土保持, 2013(10): 26-34.