

DOI: 10.19797/j.cnki.1000-0852.20200188

# 智能水文缆道研制与创新发

李连云<sup>1</sup>, 岳利军<sup>2</sup>, 张东安<sup>1</sup>, 王振兴<sup>1</sup>

(1.河南省安阳水文水资源勘测局,河南 安阳 455000;2.河南省水文水资源局,河南 郑州 450003)

**摘要:**水文缆道是水文测验的主要渡河设施之一,在总结多年水文缆道自动化工作实践的基础上,水文缆道测流系统以互联网+为依托,与常用的流速仪法和非接触式雷达波法相融合,提高了流量测验成果的可靠性和时效性,为各级水行政主管部门科学调度决策提供了及时准确的信息。为水文缆道现代化建设提供了示范案例。

**关键词:**智能水文缆道; PLC 控制器; 流量监测

**中图分类号:** TP29

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1000-0852(2020)06-0051-04

截止 2019 年,我国设立国家基本水文站 3 210 个,专用水文站 4 435 个。据统计,国家先后建设了近 3 500 座水文缆道采用转子式流速仪法进行河流流量测验,3 000 余座水文缆道采用吊船、搭载 ADCP、电波流速仪(雷达)等实施流量测验。可见水文缆道是我国水文测验最主要的渡河搭载平台。随着我国互联网技术的飞速发展、工业自动化水平的不断提高,我国的水文缆道自动测流技术也有了一定的提高,自动化率达到 55%。

近年来,为贯彻落实“水利工程补短板、水利行业强监管”水利改革发展总基调,要求“增强水文测报和信息服务能力,加快推进水文现代化建设”的呼声越来越高。如何进一步提升水文缆道的自动化水平、提高水文缆道的智能化水平,成为广大水文科研工作者需要迫切研究解决的问题。本文介绍一种以“互联网+”为依托全自动智能水文缆道测流系统(转子式流速仪法),同时兼容雷达、电磁流速仪和 H-ADCP 测流等功能,在无人值守状态下,自动完成天然河流流量测验的测、整、报全过程,达到中小河流水文站各级洪水数据能“监测到、报得出、报的准确、报的及时”的目标要求。

## 1 智能水文缆道测流系统构成

智能水文缆道自动测流系统<sup>[1-3]</sup>如图 1 所示。该系统主要由缆道驱动、信号采集传输、控制及信息处理三

部分组成。其中,缆道驱动主要由水文绞车、变频器、编码器、两台异步电机与配套的滑轮组件组成,用来驱动测流吊箱沿水平方向、铅鱼垂直方向运行。在水文绞车转动轴上安装有增量式光电编码器,用以精确计算每条测深、测速垂线位置、起点距和垂线水深。测流吊箱内有 PLC 控制器<sup>[4]</sup>、信号处理芯片、红外监控、供电电源。PLC 控制器、信号处理芯片用于水面、河底、流速信号的识别分拣、上传,信号采用双信道传输,以防止信号丢失。测流铅鱼上安装有流速仪、水面和河底信号传感器;三个传感器输出均为数字信号,

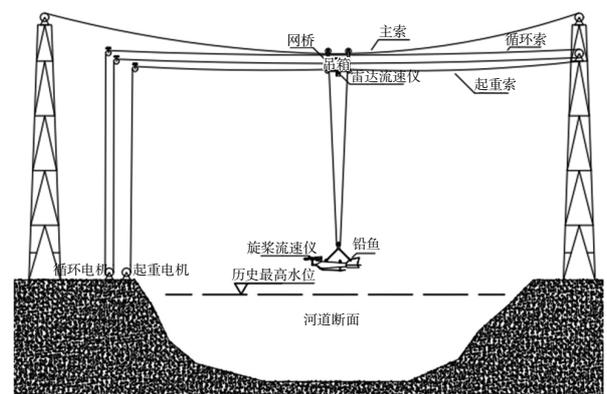


图 1 智能水文缆道自动测流系统原理  
Fig.1 The principle of the automatic flow measurement system for intelligent hydrological cableway

收稿日期:2020-06-02

作者简介:李连云(1963-),女,河北涉县人,本科,高级工程师,主要从事水情报预报、水文测验新技术应用方面的工作。

E-mail: 1204063595@qq.com

输出信号与信号处理芯片采用有线连接；红外监控设备监控测流断面上游河流状况,监视测流状态、保护流速仪安全。岸上 PLC 控制器接收处理水面、河底、流速信号,计算每条垂线测点水深、流速、起点距<sup>④</sup>。PC 机以及配套电气控制柜主要完成水文缆道测流的远程自动控制 and 数据处理。无线路由器通过局域网上传至云台人数据库保存。

智能水文缆道自动测流系统主要拓扑结构如图 2 所示。测流操作为任意一台 PC 机。局域网的建立,实现了“测站控制”与“分中心”远程控制相结合。将“互联网+”应用于水文监测,实现了流量监测远程自动化控制与数据存储信息化管理。

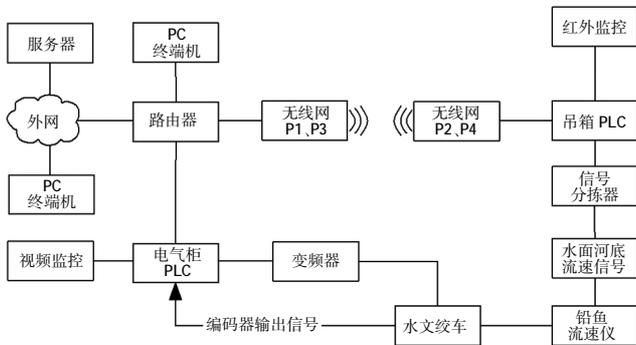


图 2 智能水文缆道自动测流系统主要拓扑结构

Fig.2 The main topological structure of the automatic flow measurement system for intelligent hydrological cableway

### 1.1 PC 终端机监控界面设计

本系统界面设计简单、功能齐全,可以自动、手动测流转换。界面分为五个区:手动操作区、测量操作区、工艺模拟区、视频控制区、视频监视区(见图 3)。

手动操作区:选择手动、自动测流方式。在手动状

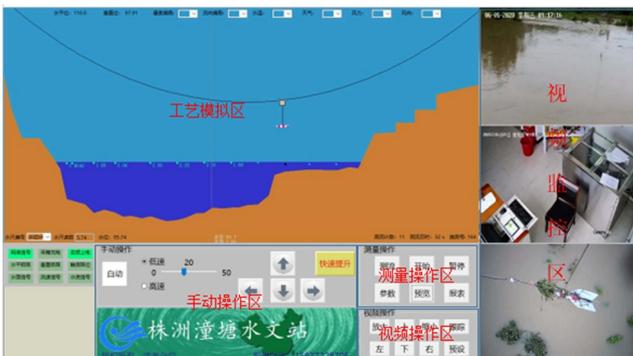


图 3 远程终端机测流操作分区

Fig.3 The flow measurement operation partition of remote terminal appliance

态下,手动控制变频器高、低速运转和铅鱼运行方向。

测量操作区:根据实测水位修改系统内部参数,自动生成左、右水边,测流垂线数及相应的测量方法。

工艺模拟区:动态模拟缆道全断面整个测流过程。包括实时显示铅鱼在测流断面位置、各测点位置、测点完成情况及测点流速,实时显示测流过程中关键数据。

视频监视区:监视视频监控区内的三个视频监控窗口,在遇到漂浮物、缆道故障等紧急情况时,可进行“一键处置”。

视频控制区:带云台的摄像机上下左右转动,监视测流全断面、电动绞车驱动状态和测流断面上游状况。

测量结束后点击“实时预览”→“报表记录”→“保存”,画面弹出“保存成功”。

### 1.2 PLC 控制器程序设计

PLC 控制器程序分两部分设计:缆道房控制柜 PLC 程序工作流程如图 4 所示;吊箱 PLC 程序工作流程如图 5 所示。

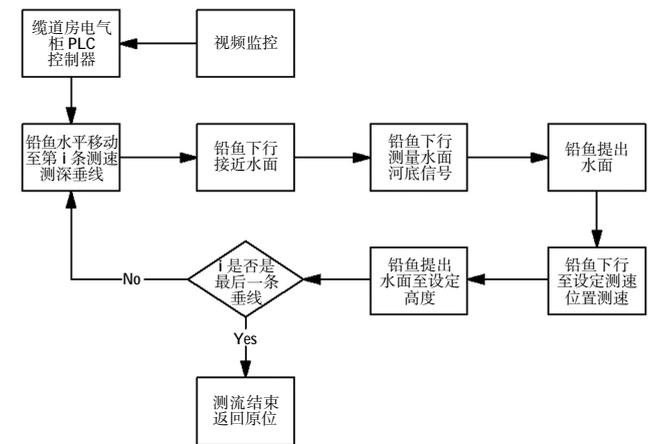


图 4 控制室电气柜 PLC 工作流程

Fig.4 PLC work flow of the electric cabinet in control room

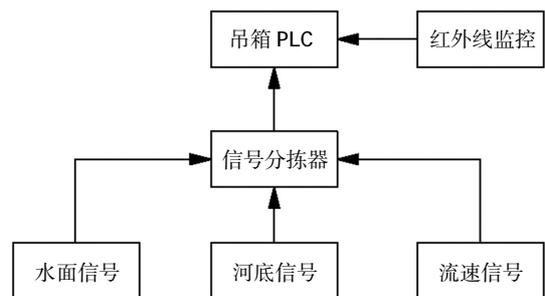


图 5 吊箱内 PLC 工作流程

Fig.5 PLC work flow inside the hanging box

缆道房 PLC 控制器程序设计:计算起点距、每条垂线水深、测点深,控制铅鱼水平、垂直方向运行;监控测流全断面、电动绞车驱动状态和测流断面上游状况;接收吊箱 PLC 发送的水面、河底、流速信号。

吊箱 PLC 控制器程序设计:接收分拣器发送的水面、河底、流速信号,上传到缆道房 PLC。

通过无线构建高频、低频通信网络实现上传。

## 2 关键技术与创新发

### 2.1 信号传输与抗干扰能力

许多学者采用半工单音频、双音频信号作为各种测流信号的传输通道,但因为水体作为导体,存在着稳定性差、容易受到外界干扰的缺陷。另外,将各种测流电信号转换成音频信号传输,在转换时会造成信号丢失。为了提高系统的抗干扰能力和稳定性,本系统采用了如下两种方法:单片机与测流装置间采用屏蔽导线直连方式,提高了抗干扰能力;两个 PLC 之间在软件上设置了心跳包程序,在线检测通讯状态,测流状态下,下位 PLC 定时向岸上电气柜 PLC 发送在线检测数据,检测在线状态。在信道传输上,设计了高、低频信号传输信道,使得信号传输更加可靠。

### 2.2 主索垂度修正

缆道主索受自身重力和测流吊箱铅鱼等设备的影响存在一定的垂度;由于钢丝绳受气温影响会发生热胀冷缩变化,造成起点距的计数不准确。因此,本测流系统引进了垂度修正模型实时修正钢丝绳长度,提高起点距的计数精度。

### 2.3 电池供电

传统的水文缆道信号传输采用干电池供电,需要频繁更换电池;另外,干电池很难保证长时间处于密封绝缘状态。本系统设计了蓄电池供电、太阳能板充电装置,满足了蓄电池全天候的补电需求。由于南方地区梅雨季节连续降雨、冬季连续阴天,会出现蓄电池充电不足现象。供电方面改用大容量、小体积、轻质量的锂电池供电,更好地满足了南方地区的工作需求。另外,在缆道初始位设计了自动充电桩,测流结束在太阳充足条件下,太阳能优先充电;阴雨天气时使用市电备用充电,确保了锂电池时刻处于高电位状态。

### 2.4 智能测流功能

测流人员在全国互联网覆盖范围内任何地方,即可通过计算机完成单站、多站远程“一键测流”功能。接入自记水位信息,即可实现定时、定水位(涨率)自动测

流功能。预置测流时间或测流水位、测流方法,系统在设定的时间或水位时,测流系统自动启动,按照预置要求(精测法、常测法、简测法)完成整个测流全过程,自动生成某水文站测深、测速记载及流量计算表。按照《水情信息编码标准》(SL330-2005),自动生成某站实测流量报文,发送至相应水情分中心<sup>[6]</sup>。

## 2.5 多方案测流融合与切换

流量监测的方法很多,其中流速面积法是 ISO 标准中最基本的方法,转子式流速仪积点测流方法又是其他测流方法的率定依据。天然河流洪水期涨水段常常采用浮标法测流,需要多人合作完成,工作环境恶劣,测验精度低,该方法已与社会发展需求不相匹配。随着新技术新装备的不断推广,雷达、ADCP 等测流新设备已得到广泛应用,本系统具备了雷达、转子式流速仪同步测流的功能。另外,本系统使用铅鱼测深、雷达测速,更好地解决了洪水期漂浮物和断面冲淤变化影响测流精度的问题。

该系统软件新增了 ADCP 测流功能,终端机植入 ADCP 测流软件,借助智能水文缆道测流系统,可以完成 ADCP 的测流。

## 3 结论与展望

### 3.1 结论

(1)近几年全自动水文缆道在全国多地安装运行,2019年8月超强台风“利奇马”登陆山东半岛时,山东省潍坊市黄山水文站使用新建智能水文缆道测流系统完成洪水全过程38次测流,其中转子式流速仪测流22次,雷达测流16次,实测洪峰流量 $2\,210\text{m}^3/\text{s}$ ,为建站以来最大;郭家屯水文站使用新建智能水文缆道测流系统实测洪峰流量 $801\text{m}^3/\text{s}$ 。实践证明,该系统性能稳定、抗干扰能力强,智能化程度高,计算结果符合国家标准《河流流量测验规范》(GB50179-2015)的相关要求<sup>[7]</sup>,达到了智能远程自动测流的目标,实现了“互联网+”在水文行业的发展。云存储和实测流量自动上报为水文数据资源共享提供了技术上的支撑,同时也为无人值守水文站建设奠定了基础。智能水文缆道雷达测流,解决了山区性河流洪水暴涨暴落抢测洪峰的难题,已具备在全国范围内适合使用条件的中小河流水文站应用推广的条件。形成区域化管理,为各级防汛抗旱部门调度指挥、水利程程度汛提供决策依据。

(2)本系统流速仪、雷达同步测流、ADCP 测流功能,为水文站单站流速仪、雷达、ADCP 比测分析提供

了技术上的支撑。

### 3.2 展望

下一步可选择不同区域代表站进行单站转子式流速仪、雷达、ADCP 多方法测流比测分析,为有关标准编制提供技术依据。进一步扩展系统的应用范围,根据行业需求,搭建计量公共平台,为跨流域调水、工业用水计量、水费结算提供科学依据,同时为缺水地区科学配置水资源提供技术支持<sup>④</sup>。

#### 参考文献:

- [1] SL622-2014,水文缆道设计规范[S].(SL622-2014, Specification of Hydrometric Cableway Design[S]. (in Chinese))
- [2] 吴锦生,王剑平.智能铅鱼水文信息测量系统的研制[J].长江科学院院报,2017,34(5):146-150.(WU Jinsheng, WANG Jianping. Research and development of an intelligent system of lead fish hydrological information measurement [J]. Journal of Yangtze River Scientific Research Institute, 2017,34(5):146-150. (in Chinese))
- [3] 王世伟.那家渡灌区缆道式测流系统的设计与应用[D]. 济南:济南大学,2017.(WANG Shiwei. Design and Application of Cableway Flow Measurement System in Xingjiadu Irrigation District [D]. Jinan:Jinan University,2017. (in Chinese))
- [4] 刘许锋.基于 PLC 技术在电气工程自动化控制中的应用分析[J].电子测试,2020,(6).(LIU Xufeng. Application analysis of electrical engineering automation control based on PLC technology [J]. Electronic Test, 2020,(6). (in Chinese))
- [5] 朱晓原,张留柱,姚永熙.水文测验实用手册[M].北京:中国水利水电出版社,2013:187-190.(ZHU Xiaoyuan, ZHANG Liuzhu, YAO Yongxi. Practical Handbook of Hydrological Survey [M]. Beijing: China Water & Power Press, 2013: 187-190. (in Chinese))
- [6] SL330-2005,水情信息编码标准[S].(SL330-2005, Standard for Hydrological Information Code[S]. (in Chinese))
- [7] GB50179-2015,河流流量测验规范[S].(GB50179-2015, Code for Liquid Flow Measurement in Open Channels[S]. (in Chinese))
- [8] 王振兴.全自动精准测流系统在跨流域调水计量中的应用[J].河南水利与南水北调,2016,10:66-67.(WANG Zhenxing. Application of automatic accurate flow measurement system in interbasin water transfer metering [J]. Henan Water Resources & South-to-North Water Diversion, 2016,10:66-67. (in Chinese))

## Research and Innovation Development on Intelligent Hydrological Cableway

LI Liyun<sup>1</sup>, YUE Lijun<sup>2</sup>, ZHANG Dongan<sup>1</sup>, WANG Zhenxing<sup>1</sup>

(1. Anyang Hydrology and Water Resources Survey Bureau of Henan Province, Anyang 455000, China;

2. Henan Provincial Hydrology and Water Resources Bureau, Zhengzhou 450003, China)

Abstract: Hydrological cableway is one of the main river-crossing facilities for hydrometric technique. On the basis of summarizing experiences on prompting the automation of hydrological cableway over the years, this paper proposed the hydrological cableway flow measurement system relying on "Internet +" and integrated the frequently-used current meter method as well as the non-contact radar wave method, which had enhanced the reliability and timeliness concerning flow test results. It could provide the scientific scheduling decision-making for the departments of water administration at all levels with the timely and accurate information. Meanwhile, it has provided demonstration case for the modernization construction of hydrological cableway.

Key words: intelligent hydrological cableway; PLC controller; flow monitoring

## 《水文》编辑部严正声明

近期,我们发现一些组织或个人盗用本刊刊名、刊号,冒充《水文》编辑部在网上征稿,向作者发送稿件录用通知并收费,影响恶劣,严重损害本刊声誉,给部分作者造成损失。

为维护本刊的合法权益,避免作者上当受骗,本刊严正声明如下:

1. 本刊刊名为“水文”,不带有任何期刊、杂志等附加名称;本刊由中华人民共和国水利部主管、水利部信息中心主办;本刊编辑部为“水利部《水文》编辑部”,设在水利部信息中心。

2. 本刊从未委托任何组织或个人代为征稿或进行广告经营等活动。

3. 作者投稿本刊采用以下两种方式:①使用本刊投稿系统:<http://sw.allmaga.net/ch/index.aspx>,②邮件投稿:[j.hyd@mwr.gov.cn](mailto:j.hyd@mwr.gov.cn);

《水文稿件录用函》发布唯一邮箱:[kongdong@mwr.gov.cn](mailto:kongdong@mwr.gov.cn);

其他组织或个人通过网站、邮件等形式发布的《水文》征稿及录用信息,均与本刊无关。

4. 本刊警告相关组织或个人,立即停止损害本刊声誉的侵权行为,同时本刊保留追究有关组织或个人法律责任的权利。

5. 本刊通讯地址:北京市西城区白广路二条2号,邮编:100053,联系电话:010-63202029,63203269。