

# 沭阳站 LXD-1 型水文缆道 全自动测流系统原理及其应用

邓 围, 邱福琼, 叶 文

(江苏省水文水资源勘测局宿迁分局, 江苏 宿迁 223800)

**摘要:** 本文从 LXD-1 型水文缆道全自动测流系统的构成及工作原理入手, 阐述了系统在沭阳水文站的实际应用情况, 通过分析系统的测验精度、稳定性、可靠性, 说明了 LXD-1 型水文缆道全自动测流系统在水文测验应用中具有自动化程度高, 测验精度高, 操作简便, 安全可靠, 运行稳定的特点, 并探讨了测验中存在的问题及改进建议。

**关键词:** 水文缆道; 全自动测流; 应用分析; 测验精度

**中图分类号:** [TV123]      **文献标识码:** B      **文章编号:** 1007-7839 (2017) 01-0064-04

## Principle and application of LXD-1 hydrological cableway automatic flow measurement system in Shuyang hydrological station

DENG Wei, QIU Fuqiong, YE Wen

(*Suqian Hydrology and Water Resources Investigation Bureau of Jiangsu Province, Suqian 223800, Jiangsu*)

**Abstract:** The composition and working principle of LXD-1 hydrological cableway automatic flow measurement system is introduced in this paper. Practical application of the system in Shuyang hydrological station is expounded. By analyzing the test accuracy, stability and reliability of the system, the results show that the characteristics of the system are with high degree of automation and test accuracy, easy operation, safety and reliability. The existing problems and suggestions for improvement in test are discussed.

**Key words:** hydrological cableway; automatic flow measurement; application and analysis; test accuracy

### 1 概述

沭阳水文站位于沂河水系新沂河中游, 设立于 1950 年 7 月, 现址坐落于宿迁市沭阳县沭城镇境内, 东经  $118^{\circ} 45' 43''$ , 北纬  $36^{\circ} 08' 37''$ , 属中央级报汛站、国家重要水文站, 是新沂河上唯一的水情控制站。集水面积  $5.8 \text{ 万 km}^2$ , 测流断面宽达 1300m, 实测历史最大流量为  $6900 \text{ m}^3/\text{s}$ , 开展测验

项目有水位、流量、泥沙、雨量、蒸发量、水质等。主要任务是收集、分析、整理新沂河流域基本水文水资源信息, 为骆马湖水系防洪调度、调控分淮入沂水量、苏北供水、蔷薇河送清水工程服务, 为区域水资源优化配置和社会经济建设提供技术支撑。沭阳站于 2014 年引进了 LXD-1 型水文缆道全自动测流系统, 以改进水文测验方式, 提高测验精度及测验效率, 从而进一步提升水文测报自动化水平。

收稿日期: 2016-11-07

作者简介: 邓围 (1987-), 男, 助理工程师, 主要从事水文水资源监测工作。

2 系统构成及工作原理

2.1 系统组成

LXD-1 型水文缆道全自动测流系统由硬件系统和软件系统组成。硬件系统由缆道行车装置、测控系统、避雷系统、水文绞车、测流铅鱼、流速仪、计算机、打印机组成, 软件系统为具备智能测控及报表输出功能的全自动测流软件系统。

2.2 工作原理

测流人员通过全自动测流软件系统采用全自动或手动方式实施测流, 初始运行时输入断面数据及设置测验参数, 启动测流测深程序, 软件系统将严格按照程序进行各垂线及各测点的测流任务, 水下仪器设备所采集起点距、水深、流速等数据将通过信号传输系统实时反馈显示于操作界面, 并可以实现现场分析、计算、自动生成数据(相应水位、水面宽、断面面积、断面流量)及打印生成图形、报表等功能。系统工作原理如图 1, 软件操作界面如图 2。

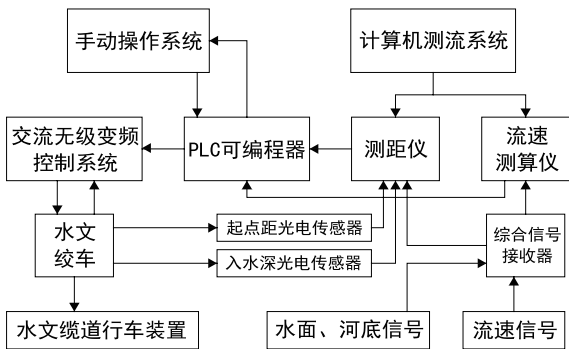


图 1 系统工作原理结构图

3 对策和建议

沭阳水文站于 2014 年 11 月引进 LXD-1 型水文缆道全自动测流系统, 运行至今已测流 2900 多次, 通过对测距、测深、流量数据的比测分析, 并进行成果精度评定, 符合《河流流量测验规范》(GB 50179-2015) 要求。

3.1 测验精度分析

3.1.1 测距比测及分析

系统测距采用测定循环索运行长度法, 测距仪具有对计数轮不准确性和循环索、起重索垂弧度的自动修正计算的功能, 次测量回零误差小于河宽的 1%。比测采用标定分段系数对缆道弧度进行修正<sup>[1]</sup>。

沭阳站新沂河测量断面由南北偏泓及中间滩地组成, 当水位高于 8.50 米时, 南北泓合并推流。根据

大断面测量成果分析, 确定本站起点距比测采用南偏泓断面, 河宽 B=230 m, 比测垂线 24 根, 且均匀分布于断面。采用全站仪(索佳 SET2X)交汇法测定垂线起点距与自动测流系统分段系数配置中的数值进行比测分析, 如表 1。

通过上表分析得出, LXD-1 型水文缆道全自动测流系统实测结果偏大, 绝对误差最大为 0.35 m, 小于 1 m, 垂线的定位误差未超过河宽的 0.5%, 实测铅鱼回零误差控制在 0.10 ~ 0.20 m 之间, 满足《河流流量测验规范》的精度要求。

3.1.2 测深比测及分析

新沂河沭阳站河道测验断面水深比测取用南偏泓流速仪测流断面, 水位为 5.50 m 时断面内起点距 1070.0 ~ 1220.0 m 为主河槽, 河底比较平整, 含沙量较小, 断面平均流速在 0.30 m/s ~ 0.35 m/s 之间, 可采用超声波测深仪(中海达 HD ~ 370)与系统测深

表 1 全站仪定位与自动测流系统  
测距比测分析成果表单位(m)

垂线编号	全站仪定位	系统测距	差值
垂 1	1020.00	1020.00	0.00
垂 2	1030.00	1030.00	0.00
垂 3	1040.00	1040.00	0.00
垂 4	1050.00	1050.13	0.13
垂 5	1060.00	1060.16	0.16
垂 6	1070.00	1070.17	0.17
垂 7	1080.00	1080.24	0.24
垂 8	1090.00	1090.28	0.28
垂 9	1100.00	1100.32	0.32
垂 10	1110.00	1110.29	0.29
垂 11	1120.00	1120.31	0.31
垂 12	1130.00	1130.35	0.35
垂 13	1140.00	1140.32	0.32
垂 14	1150.00	1150.29	0.29
垂 15	1160.00	1160.27	0.27
垂 16	1170.00	1170.23	0.23
垂 17	1180.00	1180.18	0.18
垂 18	1190.00	1190.15	0.15
垂 19	1200.00	1200.13	0.13
垂 20	1210.00	1210.16	0.16
垂 21	1220.00	1220.12	0.12
垂 22	1230.00	1230.15	0.15
垂 23	1240.00	1240.11	0.11
垂 24	1250.00	1250.08	0.08



图 2 软件测流测深界面图

表 2 超声波测深仪与自动测流系统  
测深比测分析成果表单位 (m)

起点距	超声波测深仪水深	系统测深	绝对误差	相对误差
1070.0	0.91	0.90	-0.01	-1.10%
1072.0	0.99	0.98	-0.01	-1.01%
1080.0	1.27	1.29	0.02	1.57%
1090.0	1.36	1.36	0.00	0.00%
1100.0	1.49	1.48	-0.01	-0.67%
1110.0	1.47	1.45	-0.02	-1.36%
1120.0	1.48	1.49	0.01	0.68%
1130.0	1.44	1.41	-0.03	-2.08%
1140.0	1.38	1.37	-0.01	-0.72%
1150.0	1.53	1.53	0.00	0.00%
1160.0	1.55	1.57	0.02	1.29%
1170.0	1.75	1.76	0.01	0.57%
1180.0	1.77	1.75	-0.02	-1.13%
1190.0	1.84	1.85	0.01	0.54%
1200.0	1.90	1.93	0.03	1.58%
1210.0	1.78	1.78	0.00	0.00%
1215.0	1.57	1.54	-0.03	-1.91%
1216.0	1.22	1.23	0.01	0.82%
1218.0	0.99	0.98	-0.01	-1.01%
1220.0	0.45	0.44	-0.01	-2.22%
平均	1.41	1.40	-0.01	-0.31%

仪进行比测分析,水深比测范围在 0.45 m ~ 1.90 m 之间,以超声波测深仪测得水深为标准值,将系统测深仪测得水深与之计算绝对误差和相对误差,分析成果见表 2。

从表 2 可得,比测结果中绝对误差最大值为 0.03 m,平均为 -0.01 m,绝对误差在 -0.03 ~ 0.03 m 之间,相对误差最大值为 -2.22%,相对系统误差为 -0.31%,满足流量测验规范测深系统允许误差 -2% ~ 1% 要求。对于系统测深在比测过程中产生的误差可通过软件参数设置模块手动修改缆道测深参数及偏角系数进行修正。

3.1.3 实测流量比测及分析

流量比测断面取用南偏泓测流断面,在同一断面,相同水位条件下,使用声学多普勒流速剖面仪 (FlowQuest2000) 与系统测流设备同时施测,在 2016 年 5 ~ 8 月期间分别取高、中、低水位级各 5 个水位值进行比测,计算单次流量总随机不确定度及系统误差,分析成果见表 3。

新沂河沭阳站汇水面积达 5.8 万 km<sup>2</sup>,测站主要任务是收集探索水文特征值在时间上和沿河长的变化规律所需长系列样本和经济社会所需要的资料,故沭阳站测验精度确定为一类精度站。从表 3 可得, LXD-1 型水文缆道全自动测流系统与走航式 ADCP 所测流量值的比测单次流量最大相对误

表 3 走航式 ADCP 与自动测流系统  
实测流量比测分析成果表

测次	水位 (m)	ADCP 测流 (m <sup>3</sup> /s)	系统测流 (m <sup>3</sup> /s)	相对误差
高 1	7.60	412	419	1.7%
高 2	7.58	379	387	2.1%
高 3	7.16	528	520	-1.5%
高 4	7.03	309	312	1.0%
高 5	6.99	253	258	2.0%
中 1	6.45	195	197	1.0%
中 2	6.30	179	182	1.7%
中 3	6.18	159	160	0.6%
中 4	5.96	125	124	-0.8%
中 5	5.74	136	135	-0.7%
低 1	5.48	96.9	97.2	0.3%
低 2	5.36	94.3	94.9	0.6%
低 3	5.18	73.9	74.4	0.7%
低 4	4.98	48.7	48.3	-0.8%
低 5	4.76	25.3	25.6	1.2%

差  $|\delta| = 2.1\%$ , 系统误差为 0.6%, 均满足流量测验规范测流允许误差要求。

#### 4 系统稳定性及可靠性

LXD-1 型水文缆道全自动测流系统采用 PLC (可编程逻辑控制器) 替代了原有大部分的继电器, 实现逻辑控制, 降低了硬件故障发生率<sup>[2]</sup>。采用集成的模块化数据采集主机, 用光电测速仪替代原有的机械式测速仪, 提高了铅鱼定位精度和流速仪计数精度。采用交流无级变频控制系统, 实现自动加速或减速, 速度平滑稳定, 具备水平、垂直限位等应急处理功能, 减轻缆道设备损坏, 提高测验精度。

该系统不仅能高效精准完成测验任务, 而且能够有效应对测流过程中的多种突发情况。具备流速不正常时的重测, 遇流速仪损坏, 更换流速仪并继续测量的功能; 测量过程中遇意外情况下, 自动测控系统不能正常运行需中断返回或自动转入人工处理的功能; 自动测量中断时, 测量数据自动备

份功能; 软件系统实现大断面图线、流速分布曲线、垂线流速的实时对比及合理性分析功能<sup>[3]</sup>。采用综合型信号传输系统, 对河底、水面、流速等信号能精确采集并利用台电发收装置实现无线传输, 抗干扰能力强, 测控可靠、准确, 传输效率高。

#### 5 实际应用存在问题及改进建议

本系统采用交流调频信号传输, 以解决流速、水面、河底等多信号接受及信号干扰问题, 但在实际测验过程中发现当综合信号接收器入水超过 2 m 后, 由于水压加强, 信号接触灵敏度降低, 建议增强信号传输发射功率, 定期检测水下信号源的密封状况, 保证信号的接收、放大和有效性采集处理。

#### 6 结语

LXD-1 型水文缆道全自动测流系统以全自动测控软件系统为核心, 并通过对硬件系统的技术改造升级, 实现了现场随测、随算、随整理、随分析, 可靠采集水位、起点距、水深、流速等数据信号自动计算水面宽、断面流量等水文要素, 满足原始数据的校正、修正, 并可输出与规范整编程序相衔接的流量成果数据<sup>[4]</sup>。在满足流量测验规范要求的前提下, 缩短了测验历时, 减轻了劳动强度, 降低了人为操作误差及硬件故障发生率, 提高了沭阳站水文测验的稳定性及可靠性, 对基层水文测站的测报方式改革及水文现代化建设有一定的促进作用。

#### 参考文献:

- [1] 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.
- [2] 楚恩国. 三河闸全自动水文缆道测流系统及其应用 [J]. 水利水电技术, 2008, 39 (1): 32-35.
- [3] 韩新庆, 李东俊, 王琳菲. 水文缆道全自动测流系统原理及应用 [J]. 治淮, 2002 (5): 19-21.
- [4] 林祚顶. 水文现代化与水文新技术 [M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2008.

(责任编辑: 华智睿)