

# Research and Application of Hydrological Intellectual Online Monitoring System in Shandong Yellow River

Zhao Yang Jingying Li

Shandong Bureau of Hydrology and Water Resources, Yellow River Conservancy Commission, Jinan, Shandong, 250100, China

## Abstract

The difficulty of online monitoring in the hydrological survey area of the Yellow River in Shandong lies in the online monitoring of flow, and the focus is on improving the ability of automatic early warning and prediction to assist in manual problems detection, the goal is to realize automatic flood reporting of water level and flow. The Shandong Yellow River hydrological intelligent online monitoring system is developed to realize real-time, reliable, on-demand transmission of telemetry data and automatic calculation of flow, timely and accurate intelligent early warning and prediction, and automatic flood reporting under manual intervention. By building a database of basic hydrological elements, connecting hydrological surveying, flood reporting, and data processing, the water level-flow relationship digitized to a dedicated network, the flood reporting mode in which the telemetry unit can directly reach the data center realized, traditional reporting code discarded, an all-in-one online monitoring system is built with all needed elements. The research results of this project filled the technical gap in the field of Shandong Yellow River hydrological online monitoring.

## Keywords

Yellow River; online monitoring; database; automatic flood reporting

## 山东黄河水文智能在线监测系统研发及应用

杨钊 李晶莹

黄河水利委员会山东水文水资源局, 中国·山东 济南 250100

## 摘要

山东黄河水文测区水文在线监测的难点在于流量的在线监测, 重点在于提高自动预警预判能力协助人工发现问题, 落脚点在于实现水位流量的自动报汛。开发山东黄河水文智能在线监测系统, 实现遥测数据的实时、可靠、按需传输与流量的自动推算, 及时准确进行智能预警预判, 实现人工干预下的水情自动报汛。通过搭建基本水文要素数据库, 串联基本水文测验、报汛、整编工作, 将水位—流量关系定线数字化到专用网络, 实现遥测采集单元直达数据中心的报汛模式, 弃用传统报汛, 为全要素打造一站式在线监测系统。本项目研究成果填补了山东黄河水文在线监测领域的技术空白。

## 关键词

黄河; 在线监测; 数据库; 自动报汛

## 1 引言

随着科技的发展与水文信息化的建设, 移动互联网、专线互联网已经覆盖了大多数水文站点用于水文监测工作, 但存在以下问题: ①原有水文监测系统与水情分中心软件自动化程度低, 功能分散; ②水情报文编报、解报环节多需优化; ③缺乏异常水情监测分析智能判别能力。为此, 黄委山东水文水资源局开发了山东黄河水文智能在线监测系统, 实现遥测数据的实时、可靠、按需传输, 流量基于人工干预水位—流量关系线的自动推算, 及时准确进行智能预警预判, 实现人工干预下的水情自动报汛, 串联基本水文测验、报汛、

整编工作, 实现水文在线监测。掌握仪器设备运行情况, 智能判别异常水情提示人工干预, 从而指导水文测验, 启动应急监测响应<sup>[1]</sup>。

## 2 软件系统设计

系统采用 B/S 架构, Go、C++、JavaScript 编程语言, SVG、HTML5 标记语言, RESTful 接口技术, PostgreSQL 开源数据库技术, B 样条曲线等计算机图形技术, 基于鼠标、键盘、触摸屏的人机交互技术, 界面友好, 操作方便, 精度达到规范要求。

### 2.1 基本水文要素数据库

系统建设过程全面贯彻软件正版化的要求, 选用了开源、先进、标准化程度高的数据库引擎, 覆盖了遥测要素、实测要素、人工定线、人工观测摘录等多类。要素包含所有

【作者简介】杨钊(1989–), 男, 中国山东济南人, 工程师, 从事水文信息化与水文情报研究。

监测要素,包括水位、流量、含沙量、风向风力、水温、气温等<sup>[2]</sup>。在此基础上实现从测验到报讯,再到整编输出的一体化数据库处理环境。

## 2.2 实现水位—流量关系定线数字化

将水位—流量关系数字化,通过鼠标、键盘、触摸屏等方式人机交互定线,比在纸上操作更灵活,修改更方便。报讯时电脑自动根据遥测水位查线推流,省去了人工查线、读数、编报等耗时、容易出错的环节,极大提高了工作效率。山东测区水沙情势和冲淤变化复杂,水位—流量关系变动频繁,需要经常调整,定线修线工作要求一定的工作经验,并且应由技术专家审核。通过实现网上定线,关系线存储在数据中心数据库中,可在水文站之间互相审查,促进工作质量提升;管理部门可随时查看、修改,进行业务指导。

## 2.3 遥测采集直达数据中心的报讯模式

系统充分考虑到水文站供电、现有网络设施、计算机维护存在较大的稳定性问题,为避免测站条件影响自动报讯开展,系统设计为从遥测采集直接通过4G/5G网络发送到水情中心,软件全部采用服务器/客户端模式,报讯数据处理工作在分中心自动完成,符合测控中心远程作业模式,水文站可以通过客户端进行干预,如调整报讯等级、填报实测成果、修改关系线等操作。同时为避免单点故障隐患,遥测采集单元同时发送数据到测站,以备发生极端情况时使用。

## 2.4 表单与数据交换代替报文传输数据

水情报文存在只能报不易删改、容易出错、译电入库处理速度慢等诸多弊端,已经不符合新时代水情工作实际。山东测区除水位、流量等已实现自动报讯的要素外,还有大量需要人工填报的数据,如凌情、闸门启闭及过流情况等,本系统一并纳入,通过填写表单的形式,表单处理后直接入库,省去了编报、译电环节,提高了工作效率,杜绝了错报。

## 2.5 实现一站式在线监测

水位计、水温计、气象场等设备以1次/min的采集频率,数据源源不断地传输到系统中,通过水位—流量关系实时推算流量,实现了基于水位—流量关系的流量在线监测。同时研发了自动预警短信告警系统,发生遥测设备缺测、断电、断网、数据突变时及时通知测站及运维人员。实现了定点式ADCP数据接入功能,通过与走航式ADCP测验成果率定合成更精准的在线流量数值。

# 3 关键技术

## 3.1 智能识别预警技术

为了实现全天候在线监测,及时发现设备运行问题并及时修复,研发了智能识别预警技术,对遥测设备缺测、断电、断网、数据突变进行智能识别,及时提醒运维人员。设计了数据变幅预警、脱水预警、缺测和网络中断预警、电压不足预警等预警。通过短信预警模块,用户可以订阅预警信息,水文站值班人员与上级管理单位人员可以自选订阅指定

的信息,从而获取短信告警。例如,水文站人员订阅全部信息,水情中心值班人员订阅橙色以上预警,分管领导及带班领导订阅红色预警。

## 3.2 一站式网站平台架构技术

为了实现方便、高效的在线监测数据及设备管理,开发了一站式网站平台,部署在数据中心机房,通过主流浏览器即可实现访问和管理功能。一站式网站平台由网站前端、网站后端、采集服务端及一系列辅助模块组成<sup>[3]</sup>。

### 3.2.1 网站前端

以主流的HTML5框架为主进行开发。以前端技术为主,选用React/ES6/TypeScript等主流技术,兼容主流浏览器和Electron等桌面框架,为今后进一步开发移动客户端、微信小程序等预留兼容性。

### 3.2.2 网站后端

采用Go语言开发,以微服务形式提供,为前端网站提供的各种功能提供服务端处理计算。在满足本系统使用的同时,可用于扩展开发电脑客户端、手机客户端等程序。

### 3.2.3 采集服务端

采用C++语言开发,作为后台程序运行,监听固定端口,以规约通信协议通信,保持与采集设备的心跳连接,确保通信畅通,实时数据立时可取。同时对采集设备下发一站式管理平台设置的参数,如发报间隔、校对时间等。

## 3.3 分级权限管理技术

为落实水情数据责任制,用户每人一个账户密码,需要登录方能进行数据管理,不登陆只能浏览,无增加、修改、删除数据的任何权限<sup>[4]</sup>。用户属于单位,单位根据树形结构实现上下级管理关系。

### 3.3.1 权限管理

采用分级权限管理,水情单位之间有隶属关系,人员从属于部门。每个值班员一个账户。角色可设定为系统管理员、水情单位管理员、值班员,不分别设置水情中心、水文站、水位站的值班员角色。分级授权管理后,上级单位可审查所辖单位的水情,直接变更所辖单位数据,替所辖单位发报等。所有操作均有记录可查。

### 3.3.2 用户注册分级管理

规定每个值班人员一个账号,用户量较大,需要分级管理。每个单位的管理员维护本单位人员。登记手机号码后,用户通过动态验证码注册并登录。

# 4 应用效果

系统的应用显著缩短了水情上报耗时、提高了准确率,杜绝了水情编码错误等错报、漏报、早报等问题<sup>[5]</sup>。提供了异常水情监测分析智能判别。水情上报耗时指实际水情上报到有关部门与水情信息的数据时间之差。人工编写报文报讯的耗时较高,人工报讯后还需要进行“报文翻译入库”,环节较多,通过本系统自动报讯显著缩减了耗时。根据系统试

运行前一年与运行后一年(2018年3月—2020年2月)济南水情分中心转发的全部数据,每年分三个时期,统计启用前后上报时间与数据时间的差值,上报时间以数据库中的修改时间戳为准。数据库服务器定期与授时中心校对。主汛期、水量调度关键期统计的自动报汛的要素为水位、流量,凌汛期在此基础上增加了气温和水温。未统计降水量。

#### 4.1 主汛期报汛上报耗时比较

主汛期干流站点按照报汛任务书要求,以流量等级划

分报汛等级。如表1所示,主汛期自动报汛比人工报汛平均节约86.9%的时间。

#### 4.2 凌汛期上报耗时比较

凌汛期由于拍报的监测要素较多,人工报汛编报、校核报文耗时明显增长,自动报汛要等待水位、水温、气温三个数据源的数据,耗时也有少量增长,如表2所示,凌汛期自动报汛比人工报汛平均节约88.4%的时间。

由此统计可知,采用本系统均显著节约了上报耗时。

表1 主汛期报汛上报耗时统计表(单位:秒)

站点	人工报汛平均耗时	自动报汛平均耗时
高村	303	39.2
孙口	252	33.5
艾山	259	32.1
涑口	259	36.9
利津	304	38.4
平均	275	36.0

表2 凌汛期上报耗时统计表(单位:秒)

站点	人工报汛平均耗时	自动报汛平均耗时
高村	337	44.5
孙口	325	46.1
艾山	424	45.2
涑口	392	44.2
利津	495	48.6
平均	395	45.7

## 5 结论

该系统大幅提高了该局的信息化和现代化水平,提升了该局水文测报能力,减少了人工查线的环节及编写报文、校核、翻译报文环节,减轻了水情合理性分析与资料整编的工作量,变革了数据管理模式,提高了水文测站管理能力,及时掌握设备运行情况,提高了应急管理能力。该系统在黄河调水调沙、水量调度等重要时期应用效果明显,尤其在2021年度秋汛洪水期间每日水情会商工作中起到了关键作用。系统生成在线监测数据服务于山东黄河区域水资源管理与调度及水旱灾害防御工作,效果优异。

### 参考文献

[1] 中华人民共和国水利部.SL61—2015 水文自动测报系统技术规

范[S].北京:中国水利水电出版社,2015.

- [2] 中华人民共和国水利部.SL323—2011 实时雨水情数据库表结构与标识符[S].北京:中国水利水电出版社,2011.
- [3] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T8567—2006 计算机软件文档编制规范[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [4] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T11457—2006 信息技术软件工程术语[S].北京:中国标准出版社,2006.
- [5] 中华人民共和国水利部.SL330—2011 水情信息编码[S].北京:中国水利水电出版社,2011.