

论水文巡测工作中水文遥测水位系统的运用

葛伟光

阿勒泰水文勘测中心

DOI:10.32629/hwr.v10i2.6843

[摘要] 水文巡测是获取河流水文特征数据的基础性工作,传统人工观测模式在时效性、连续性和安全性方面存在明显局限。基于此,本文以基什克奈青格里河为研究对象,系统分析水文遥测水位系统的技术架构及其在水文巡测中的运用路径。研究表明,水文遥测水位系统通过数据采集、传输、处理与运用的一体化设计,能够有效提升水文巡测的自动化水平和应急响应能力,但在高寒山区环境适应性、数据质量控制等方面仍面临挑战。本文提出优化系统配置、完善维护机制、加强数据融合等对策建议,为类似内陆河流的水文巡测现代化建设提供参考。

[关键词] 水文巡测; 水文遥测; 水位监测; 基什克奈青格里河; 自动化系统

中图分类号: P336 文献标识码: A

Application Analysis of Hydrological Telemetry Water Level System in Hydrological Patrol Surveys

Weiguang Ge

Altay Hydrological Survey Center

[Abstract] Hydrological patrol surveys are fundamental work for obtaining river hydrological characteristic data. The traditional manual observation model has significant limitations in terms of timeliness, continuity, and safety. This paper takes the Qinggeli River as the research object and systematically analyzes the technical architecture of the hydrological telemetry water level system and its application pathways in hydrological patrol surveys. Research shows that the hydrological telemetry water level system, through the integrated design of data collection, transmission, processing, and application, can effectively enhance the automation level and emergency response capability of hydrological patrol surveys. However, challenges remain in terms of environmental adaptability in high-cold mountainous areas and data quality control. This paper proposes countermeasures and suggestions such as optimizing system configuration, improving maintenance mechanisms, and strengthening data fusion, providing references for the modernization of hydrological patrol surveys in similar inland rivers.

[Key words] hydrological patrol survey; hydrological telemetry; water level monitoring; Qinggeli River; automation system

引言

水文巡测是水利基础工作的重要组成部分,通过定期或不定期地对河流水位、流量、泥沙等要素进行观测,为水资源管理、防洪抗旱、水利工程建设等提供基础数据支撑。传统水文巡测主要依赖人工观测,不仅劳动强度大、工作效率低,而且难以获取连续、实时的水文过程信息,尤其在突发性洪水等特殊水文事件面前,人工观测往往难以及时捕捉水位突变过程。近年来,随着传感器技术、通信技术和计算机技术的快速发展,水文遥测系统在水文巡测工作中得到日益广泛的运用,这类系统能够实现水文数据的自动采集、远程传输和实时处理,显著提升了水文监

测的现代化水平。基什克奈青格里河位于新疆维吾尔自治区准噶尔盆地东北边缘、阿勒泰山东南麓,是乌伦古河的重要源流之一。该河流域地处内陆干旱区,水文过程受高山冰雪融水和降水共同影响,具有典型的季节性变化特征和洪水突发性特点。近年来,基什克奈青格里河青河县段多次发生洪水事件,对当地防洪安全构成威胁,加强该河流的水文巡测工作,提升监测预警能力,具有重要的现实意义。

1 水文遥测水位系统的技术架构与工作原理

1.1 系统的构成要素

水文遥测水位系统是一个集数据采集、传输、处理与运用

于一体的综合性技术系统,其基本构成包括前端感知子系统、数据传输子系统和中心处理子系统三个主要部分。(1)前端感知子系统由部署在河流监测断面的各类传感器组成,其中核心设备是水位计。根据工作原理的不同,水位计可分为压力式、气泡式、超声波式和雷达式等多种类型。压力式水位计通过测量水体压力换算水位,适用于静水环境;超声波和雷达式水位计利用声波或电磁波反射原理实现非接触测量,适合含沙量较大或有漂浮物的河流。此外,前端系统通常还配备数据采集器,负责传感器信号的采集、转换和暂存,以及供电单元和防雷接地装置等辅助设施。(2)数据传输子系统承担着将前端采集的水文数据传送到中心站的通信任务。目前常用的传输方式包括北斗卫星、GPRS/4G/5G移动通信、超短波和有线网络等。不同传输方式各有优劣:卫星通信覆盖范围广、不受地面网络限制,但建设和运行成本较高;移动通信网络建设成本低、传输速率快,但在偏远山区可能存在信号盲区;超短波通信稳定性好,适合中短距离传输,但需要架设中继站。(3)中心处理子系统由数据接收服务器、数据处理软件和存储设备构成,负责接收各监测站点上传的数据,进行解码、纠错、转换和质量控制,生成标准格式的水位过程数据,并通过水文业务运用系统实现数据查询、统计分析、预警预报等功能。

1.2 系统的工作模式与数据流程

水文遥测水位系统通常采用定时自报和增量加报相结合的工作模式。定时自报是指系统按照预设的时间间隔自动采集和发送水位数据,形成连续的水位过程记录;增量加报则是在水位变化超过设定阈值时主动触发加报,确保关键水文过程不被遗漏。数据流程可以概括为五个环节:传感器感知、数据采集与处理、远程传输、中心接收与存储、业务运用。在前端,水位传感器实时感知水位变化,将物理量转换为电信号或数字信号输出;数据采集器按照设定的采样频率读取传感器输出,进行滤波、纠错和换算处理后暂存于内部存储器,并按照设定的报讯策略触发数据发送。在传输环节,数据经编码和组包后通过通信模块发出,经通信网络中转到达中心站接收服务器。中心站接收软件对数据进行解析和校验,存入实时数据库,并通过数据接口向水文业务系统提供数据服务。这一工作模式实现了从人工定时观测到自动连续监测的转变,不仅大幅提高了数据采集的时间分辨率,而且能够实时捕捉水位突变过程,为洪水预警和调度决策提供及时的信息支持。

2 基什克奈青格里河水文特征及其对水文巡测的技术要求

2.1 流域概况与水文特征

基什克奈青格里河发源于新疆青河县北部的阿尔泰山西南麓,整体流向为南,流经青河县城西侧,随后转向西北流。该河作为乌伦古河的西源,在流经青河县境内时先后接纳察罕河、布尔根河两大支流,最终在下游河段更名为乌伦古河。河流全长92.4公里,流域面积1651平方公里,流域平均海拔2371米,最高点海拔3659米。河水补给来源主要包括高山冰雪融水、雨水及泉水,

其中高山冰雪融水占比超过60%。基什克奈青格里河的水文特征表现出以下几个显著特点:其一,径流年际变化较大。根据流域水文资料,青格里河年均径流量为2-3亿立方米,但受降水和高山积雪变化的影响,不同年份之间径流量波动明显。这种不稳定性增加了水资源管理和调度利用的难度,也对水文监测的长期连续性提出了要求。其二,径流季节分配不均。每年4-6月为丰水期,这一时期高山冰雪大量融化,加之降水相对集中,河流来水量占全年总量的绝大部分;枯水期则水量锐减,水位波动幅度可达2.5米。这种“夏丰冬枯”的季节变化特征,要求水文监测系统能够适应大幅度的水位变化范围,在低水位和高水位条件下均能保持测量精度。其三,洪水具有突发性和复合型成因。基什克奈青格里河的洪水主要发生在春末夏初,成因包括暴雨型洪水、融雪型洪水和混合型洪水,其中暴雨融雪混合型洪水最具危害性。这类洪水往往来势迅猛、涨率大、峰量高,对下游防洪安全构成严重威胁。

2.2 遥测系统运用的现实需求

针对基什克奈青格里河的水文特征和现有巡测模式的局限,引入水文遥测水位系统具有明确的现实需求。首先是提升监测时效性的需求。基什克奈青格里河洪水具有突发性强、涨水速度快的特点,要实现有效预警,必须获取实时或准实时的水位数据。遥测系统能够实现分钟级的数据采集和传输,为防汛决策赢得宝贵时间。其次是保障监测连续性的需求。完整记录水文过程,尤其是洪峰过程,对于洪水频率分析、水文模型率定和水工程规划设计具有重要意义。遥测系统的连续监测能力可以有效弥补人工观测在时间上的不连续性。再次是改善作业条件的需求。通过自动化监测替代人工常规观测,可以减轻巡测人员在高寒、偏远环境下的工作强度,降低野外作业安全风险。最后是支撑水资源精细化管理的需求。随着基什克奈青格里河流域经济社会发展和生态环境保护要求的提高,对水资源开发利用的精细化管理需求日益迫切,这需要更高质量、更高时间分辨率的水文数据作为支撑。

3 水文遥测水位系统在基什克奈青格里河巡测中的运用路径

3.1 监测断面优化布局与设备选型

将水文遥测水位系统运用于基什克奈青格里河巡测工作,首先需要科学规划和优化监测断面布局。在现有水文站网基础上,应根据河流水文特征和防洪重点区域,合理增设或调整遥测站点。重点考虑以下三类断面:一是控制性断面,如小青河水文站所在断面,作为流域径流的主要控制节点;二是防洪敏感断面,如青河县城河段、克孜勒萨依村至科克塔斯村段等人口聚居或基础设施重要区域;三是支流汇入口断面,如察罕河、布尔根河汇入前的控制断面,用于掌握支流来水情况。

设备选型需要充分考虑基什克奈青格里河的自然环境特点。该河流域海拔较高、冬季气温低,且河水含沙量较大,设备选型应重点关注以下几点:一是低温适应性,传感器和数据采集器等核心设备应能在-30℃以下的低温环境中正常工作;二是防

冰冻设计, 雷达式或超声波式非接触水位计可避免传感器与水体直接接触, 减少冰冻影响; 三是供电可靠性, 由于站点多位于偏远山区, 市电接入困难, 应采用太阳能板与蓄电池组合的独立供电系统, 并确保连续阴雨天气下的供电保障; 四是防雷接地, 山区雷暴活动频繁, 完善的防雷措施是系统稳定运行的重要保障。

3.2 数据传输组网方案设计

基什克奈青格里河流域地形复杂, 部分站点位于山区, 移动通信信号覆盖可能存在盲区。数据传输组网应根据各站点具体位置采取差异化方案: 靠近城镇、有移动信号覆盖的站点, 可采用4G/5G作为主用通道, 利用现有公网资源降低建设和运行成本; 偏远无信号覆盖的站点, 可考虑北斗卫星短报文通信作为主要传输方式, 确保数据能够实时回传; 重要控制站点, 可配置“移动通信+卫星通信”双通道, 主备自动切换, 提高传输可靠性。

在运行模式设计上, 可采取“定时自报+增量加报+召测”相结合的方式。定时自报周期可根据汛期和非汛期分别设置, 汛期加密至每30分钟或15分钟一次, 非汛期可放宽至每小时一次; 增量加报阈值可根据河流水位变幅特性设定, 如设定5厘米或10厘米的水位变化触发加报; 中心站可根据需要远程召测站点当前数据, 用于应急查询或设备诊断。

3.3 数据采集与处理流程设计

数据采集与处理是遥测系统运行的核心环节。在前端, 数据采集器按照设定的采样频率(如每5分钟一次)读取水位传感器输出, 进行滤波处理消除随机干扰, 通过预设的转换系数将电信号换算为水位值, 并添加时间标签后存入内部缓存。当达到定时报汛时刻或水位变化超过阈值时, 采集器将缓存的数据打包, 添加站点编号、设备状态等信息, 经编码后通过通信模块发送。

在中心站, 接收服务器对上传数据进行解析和校验。校验内容包括数据格式正确性、时间标签合理性、数值范围有效性等。通过校验的数据存入实时数据库, 并触发后续处理流程: 一方面, 实时水位数据通过业务系统界面展示, 供值班人员监视; 另一方面, 系统根据预设的预警规则进行判断, 当水位超过警戒值或上涨速率过快时, 自动生成预警信息并通过短信、平台消息等方式推送至相关人员。每日生成的原始数据文件和水情报表自动归档, 供后续资料整编和分析使用。

4 技术难点与对策建议分析

4.1 运行中的主要技术难点

尽管水文遥测水位系统具有诸多优势, 但在基什克奈青格里河这样的高寒山区河流实际运行中, 仍面临一些技术难点需要解决。一是高寒环境下的设备可靠性问题。基什克奈青格里河流域冬季气温可降至 -30°C 以下, 低温可能导致电池容量下降、液晶显示失效、电子元器件性能漂移等问题, 影响系统稳定运行。同时, 河流冰情变化也可能对水位测量造成干扰, 如冰盖抬升导致水位虚高、冰凌堵塞传感器等。二是供电保障问题。太

阳能供电系统在冬季日照时间短、光照强度弱的情况下, 可能面临充电不足的问题。连续阴雪天气更加剧了供电紧张, 可能导致系统因亏电而停机。三是数据传输稳定性问题。山区复杂地形可能对移动通信信号造成遮挡, 部分沟谷地段存在信号盲区; 北斗卫星通信虽不受地形限制, 但在林冠覆盖较密的河段可能存在通信遮挡, 且报文长度有限、通信频次受限。四是数据质量控制问题。遥测系统长期野外运行, 受环境因素和设备老化的影响, 可能出现数据漂移、异常跳变、通信误码等问题, 如何有效识别和修正这些问题数据, 是保证资料可靠性的关键。

4.2 优化改进的对策建议

针对上述技术难点, 可以从以下几个方面着手优化改进: (1) 加强设备的环境适应性设计。选用工业级甚至军工级芯片和元器件, 确保在宽温度范围内稳定工作; 对户外设备采取保温措施, 如为蓄电池配置保温箱、为电子设备加装加热装置; 针对冰情影响, 可采取双传感器冗余配置, 互为备份和校验。(2) 优化供电系统配置。根据各站点纬度、日照条件和用电负荷, 合理配置太阳能板功率和蓄电池容量, 确保冬季最不利条件下仍有充足供电裕度; 在条件允许的站点可增加小型风力发电机作为补充电源; 在功耗设计上, 进一步优化数据采集和传输策略, 降低系统平均功耗。(3) 完善通信组网方案。对移动信号覆盖薄弱的站点, 可考虑架设小型中继设备增强信号; 对完全无信号覆盖的站点, 以北斗卫星通信为主, 同时配置大容量数据存储设备, 作为通信中断时的数据补抄手段。(4) 建立健全数据质量控制体系。在中心站数据处理软件中嵌入数据有效性检查、合理性检查、突变检测等质量控制算法, 自动标识可疑数据; 定期组织人工比测, 将遥测数据与人工观测数据进行比对, 发现偏差及时校准。

5 结束语

随着传感器技术、物联网技术和人工智能技术的不断发展, 水文遥测系统将向智能化、微型化、低功耗方向持续演进。未来可进一步探索遥感数据同化、多源数据融合、智能预警预报等技术的运用, 为基什克奈青格里河及类似内陆河流的水文巡测和水资源管理提供更加有力的技术支撑。同时, 应加强对基什克奈青格里河流域水文规律的深入研究, 不断优化遥测系统的技术参数和运用模式, 推动水文巡测工作向更高水平发展。

[参考文献]

- [1]新疆阿勒泰地区青河县青格里河克孜勒萨依村至科克塔斯村段中小河流治理项目招标公告[J].水利建设与管理,2022(1):45-48.
- [2]杨川德.乌伦古河径流及布伦托海湖水位多年变化的初步分析[J].新疆地理,1981(1):12-19.
- [3]张建岗,王文科.大青河村段河道治理设计研究[J].水利规划与设计,2020(7):56-60.

作者简介:

葛伟光(1983--),男,汉族,山东日照五莲县人,大学本科,初级工程师,研究方向为水文。