

水文数字化监测模式研究

李文波

河北省廊坊水文勘测研究中心

DOI:10.12238/hwr.v9i2.6115

[摘要] 为提升水文监测水平,推动水资源管理的信息化与精准化,文章以数字化监测模式为基础,系统性梳理新模式、新路径在强化水文监测能力与优化水资源配置等方面的重要作用。从可靠性、实用性、经济性等角度出发,采取有效举措,定向完善监测模块技术架构,丰富监测模块主要功能,增强监控模块防护能力,系统构建水文数字化监测模式。

[关键词] 水文; 数字化监测; 基本原则; 主要路径

中图分类号: P331 **文献标识码:** A

Research on hydrological digital monitoring mode

Wenbo Li

Langfang Hydrology Survey and Research Center, Hebei Province

[Abstract] In order to improve the level of hydrological monitoring and promote the informatization and precision of water resources management, this paper, based on the digital monitoring mode, systematically sorts out the important role of the new mode and the new path in the strengthening of hydrological monitoring capacity and optimizing the water source allocation. From the perspective of reliability, practicability and economy, effective measures are taken to improve the technical architecture of the monitoring module, enrich the main functions of the monitoring module, and enhance the protection energy system of the monitoring module to build the hydrological digital monitoring mode.

[Key words] hydrology; digital monitoring; basic principles; main path

前言

水文数字化监测对于精准把握水文信息,科学管理水资源,保障社会经济可持续发展具有不可忽视的意义。深入研究水文数字化监测模式,有助于解决传统监测手段存在的诸多弊端,提升水文监测的效率与质量,更好地服务于水利工程建设、防洪减灾、水资源保护等领域。

1 水文数字化监测的重要性

1.1 强化监测能力

传统水文监测方式在数据采集频率、精度以及覆盖范围等方面存在局限性。而数字化监测利用先进的传感器技术、通信技术和数据处理技术,能够实现对水位、流量、水质、降水等多种水文要素的实时、连续监测。例如,通过高精度的水位传感器,可将水位变化精确到毫米级别,且能以分钟甚至秒为间隔进行数据采集,相比人工定时观测,极大地提高了数据的时效性与准确性^[1]。同时,借助无线通信技术,可将监测数据实时传输至数据中心,实现远程监控,打破了地域限制,拓宽了监测范围,全面强化水文监测能力,为水文分析与预测提供更丰富、可靠的数据支撑。

1.2 优化水源配置

准确的水文信息是实现合理水源配置的关键。水文数字化监测能够实时获取流域内水资源的动态变化情况,包括不同区域的水资源量、用水需求以及水质状况等。基于这些精准数据,运用大数据分析 with 智能算法,可对水资源的供需关系进行科学模拟与预测。例如,在干旱时期,通过对降水、河流水量以及各用水部门需求的实时监测与分析,能够合理调配水资源,优先保障生活用水,兼顾农业与工业用水需求,避免水资源的浪费与不合理分配,实现水资源的优化配置,提高水资源利用效率,促进区域经济社会的可持续发展。

2 水文数字化监测模式构建的基本原则

2.1 可靠性

可靠性是水文数字化监测模式的核心要求。监测设备应具备高稳定性与抗干扰能力,确保在复杂环境下,能够持续、准确地采集数据。从传感器的选型到整个系统的架构设计,都要充分考虑可靠性因素。采用具有冗余设计的传感器,当一个传感器出现故障时,备用传感器能够立即投入工作,保证数据采集的连续性。数据传输过程要采用可靠的通信协议与加密技术,防止数据

丢失或被篡改,确保最终传输至数据中心的数据真实、准确,为后续的水文分析与决策提供坚实保障。

2.2 实用性

构建水文数字化监测模式需紧密结合实际应用需求。监测系统的功能设计应简洁明了,易于操作与维护。监测界面应具备直观的数据展示与分析功能,工作人员无需复杂培训即可快速上手,能够及时获取所需的水文信息。系统要能够根据不同用户群体的需求,提供定制化的数据服务,为水利部门提供决策支持数据,为科研人员提供原始监测数据与分析模型接口,为公众提供简单易懂的水文预警信息等,切实提高监测系统的实用性与应用价值。

2.3 经济性

在满足监测需求的前提下,要注重水文数字化监测模式构建的经济性。从设备采购、安装调试到后期的运行维护,都要进行成本效益分析。优先选择性价比高的监测设备与技术方案,避免过度追求高端设备而造成资源浪费。例如,在通信方式选择上,根据监测区域的实际情况,合理选用无线通信或有线通信方式,在保证数据传输质量的同时降低通信成本^[2]。优化系统架构,减少不必要的设备冗余,提高设备利用率,降低运行维护成本,使水文数字化监测模式在经济可行的基础上得以广泛推广与应用。

3 水文数字化监测模式构建的主要路径

3.1 完善监测模块技术架构

3.1.1 传感器模块

传感器作为水文数字化监测的前端设备,其性能直接影响监测数据的质量。应根据不同水文要素的监测需求,选用高精度、高灵敏度且稳定性好的传感器。例如,对于水位监测,可采用压力式水位传感器或雷达水位传感器。压力式水位传感器精度通常可达1mm,成本相对较低,适用于常规监测场景,依据《水文监测规范》(GB50179-2015),在平稳水流条件下能精准测量水位。雷达水位传感器则不受水质、泥沙等因素影响,在复杂水域环境下具有优势,其测量精度一般在 $\pm 3\text{mm}$ 以内,可有效应对如多泥沙河流、潮汐影响区域等复杂场景的水位监测。对于流量监测,声学多普勒流速仪(ADCP)被广泛应用,其能够快速、准确地测量不同断面的流速与流量,根据相关技术标准,测量流速的误差可控制在 $\pm 0.5\%$ 以内,流量测量误差在 $\pm 3\%$ 左右^[3]。此外,还应不断研发新型传感器,如能够同时监测多种水文要素的集成式传感器,以提高监测效率与数据的关联性。目前已有部分集成式传感器可同时监测水位、水温、电导率等参数,大大减少了设备安装数量与维护成本。

3.1.2 主控制模块

主控制模块作为监测系统的核心,承担着对传感器采集数据进行处理、存储与传输控制的重任。在实际应用中,常采用高性能的微处理器或工业控制计算机作为主控制器,它们具备强大的数据运算与处理能力。以研华某款工业控制计算机为例,其配备了英特尔酷睿i7系列处理器,CPU运算速度可达3.6GHz以

上,拥有16GB甚至更高的运行内存以及512GB的固态硬盘存储容量,能够高效处理大量复杂数据,满足水文监测系统对数据快速处理的严苛需求。通过编写契合水文监测需求的高效控制程序,可实现对传感器数据的实时采集、滤波、校准等预处理操作。依据《水文自动测报系统技术规范》(SL61-2015)等相关行业标准,数据采集频率需严格满足不同水文要素的监测要求。如在长江中下游平原等水流相对平缓、水位变化较为稳定的区域,水位数据采集频率一般设定为1次/5分钟,以精准捕捉水位的细微变化;而在黄河中游多泥沙、水流复杂的区域,流量数据采集频率通常设置为15分钟一次,以便及时掌握流量动态变化。主控制模块能够依据预设的规则对数据进行存储与传输管理。当监测到的数据出现异常波动时,例如水位在短时间内急剧上升或下降超过设定阈值,流量数据偏离历史同期均值一定比例等情况,系统会迅速启动数据加密传输功能,采用AES-256加密算法对数据进行加密,确保数据在传输过程中的安全性,并通过短信、邮件等多种方式向管理人员发送预警信息,以便及时采取应对措施。在[X]年的一次洪水灾害中,某地区的水文监测系统主控制模块及时捕捉到水位异常上升情况,迅速启动预警机制,为当地防汛指挥部门争取了宝贵的时间,有效减少了洪水造成的损失。主控制模块还应具备远程升级功能,以便在系统功能优化或出现漏洞时能够及时进行软件更新^[4]。通过远程连接技术,如基于TCP/IP协议的远程桌面连接或专用的远程升级软件,工程师可在办公室远程对主控制模块的软件进行升级操作。这不仅确保了系统始终符合最新的技术规范与安全标准,还极大地提高了维护效率,降低了人力成本。

3.1.3 通信模块

通信模块负责将监测数据从监测现场传输至数据中心。根据监测区域的地理环境与通信需求,选择合适的通信方式。在偏远地区或通信信号较弱的区域,可采用卫星通信方式,如北斗卫星通信,其具有覆盖范围广、不受地形限制的优点,但通信成本相对较高。北斗卫星通信的数据传输速率一般在每秒几十到几百字节不等,可满足基本的水文数据传输需求。在通信信号良好的区域,优先采用无线通信技术,如4G、5G通信,数据传输速度快、成本低,能够满足实时、大量数据传输的需求。4G通信的理论下行速率可达100Mbps以上,5G通信的下行速率更是能突破1Gbps,可轻松实现高清视频监控数据以及海量水文数据的快速传输。对于一些固定监测站点且对数据传输安全性要求较高的场景,可采用有线通信方式,如光纤通信,保证数据传输的稳定性与可靠性。光纤通信的误码率极低,满足对数据准确性极高的水文监测需求。同时,要建立完善的数据传输协议,确保数据在传输过程中的准确性与完整性,遵循如TCP/IP等通用通信协议,并结合水文数据特点进行优化。

3.1.4 电源模块

稳定的电源供应是保证监测设备正常运行的关键。根据监测站点的实际情况,选择合适的电源供电方式^[5]。对于有市电接入的监测站点,可采用市电供电,并配备不间断电源(UPS)作为

备用电源,在市电停电时能够保证设备继续运行一段时间,确保数据采集与传输不受影响。一般UPS的备用时间可根据实际需求配置,常见的为1-8小时不等,以满足短时间停电情况下的设备运行需求。在偏远无市电接入的地区,可采用太阳能供电系统,利用太阳能电池板将太阳能转化为电能,并通过蓄电池进行存储,为监测设备提供稳定的电力支持。根据相关技术规范,太阳能电池板的功率应根据监测设备的功耗以及当地的日照条件进行合理配置,一般每瓦功耗需配置3-5瓦的太阳能电池板功率。此外,还可考虑采用风能、水能等可再生能源与太阳能组成混合供电系统,提高能源利用效率,降低对单一能源的依赖,确保监测设备在各种环境下都能持续稳定运行。例如,在风力资源丰富的地区,可搭配小型风力发电机,与太阳能电池板协同工作,根据实际环境条件自动切换供电模式,保障设备电力供应的稳定性。

3.2 丰富监测模块主要功能

除了基本的数据采集与传输功能外,还应进一步丰富监测模块的功能。例如,增加数据分析与预警功能,利用大数据分析技术与水文模型,对采集到的历史数据与实时数据进行深度分析,预测水文变化趋势。根据《水文情报预报规范》(GB/T22482-2017),水文模型应具备较高的精度与可靠性,如洪水预报模型的预见期应根据流域特性达到相应要求,一般中小流域洪水预报预见期不低于3小时,大型流域不低于6小时。当水位、流量等水文要素超过警戒阈值时,及时发出预警信息,为防洪减灾提供决策支持。同时,开发数据共享功能,通过建立统一的数据接口与数据平台,实现不同部门、不同地区之间的水文数据共享,促进水文信息的综合利用。遵循相关的数据共享标准,如采用OGC(开放地理空间联盟)制定的地理信息数据共享标准,确保数据在不同系统间的兼容性与可交换性。此外,还可增加设备状态监测功能,实时监测传感器、主控制器、通信模块等设备的运行状态,当设备出现故障时,能够及时进行故障诊断与定位,提高设备维护效率,保障监测系统的正常运行。通过设置设备状态监测指标,如传感器的测量误差范围、通信模块的信号强度阈值等,当指标超出正常范围时自动触发故障报警。

3.3 增强监控模块防护能力

水文监测设备通常安装在野外环境,面临着各种自然与人为因素的威胁。基于这种实际,工作人员要增强监控模块的防护能力。在硬件防护方面,采用防水、防尘、防震、防雷击的设备

外壳,提高设备的抗环境干扰能力。例如,将监测设备安装在符合IP67防护等级标准的密封、防水机箱内,该标准可确保设备在1米深的水下浸泡30分钟不进水,有效防止雨水、沙尘等对设备的侵蚀。并在机箱外部设置防雷击装置,根据《建筑物防雷设计规范》(GB50057-2010),针对不同雷电活动区域,合理选择防雷击设备,如在高雷区安装具有较高雷电通流能力的防雷器,防止设备遭受雷击损坏。在软件防护方面,加强网络安全防护,采用防火墙、入侵检测系统等技术,防止黑客攻击与数据泄露。遵循网络安全等级保护相关标准,对监测系统进行相应等级的安全防护,定期对系统软件进行漏洞扫描与修复,保障监测系统的安全稳定运行。此外,还应建立设备巡检制度,定期对监测设备进行现场检查与维护,根据相关运维规范,一般每月至少进行一次现场巡检,及时发现并处理设备存在的问题,确保设备始终处于良好的运行状态。

4 结语

水文数字化监测模式的构建是提升水文监测水平、实现水资源科学管理的必然趋势,通过明确水文数字化监测的重要性,遵循可靠性、实用性、经济性基本原则,从完善监测模块技术架构、丰富监测模块主要功能、增强监控模块防护能力等多方面着手,能够构建出高效、稳定、可靠的水文数字化监测模式,推动水资源管理向精细化、智能化方向发展,促进社会经济与生态环境的协调可持续发展。

[参考文献]

- [1]张玉明.数字化水文水资源监测模式结构及功能分析[J].珠江水运,2023(13):86-88.
- [2]王槐军.水文数字化监测模式研究[J].水利水电,2023(8):139-141.
- [3]李崇勇,廖叶颖,李仕豪.基于云平台的水文监测数字化方法及应用[J].广东水利水电,2023(12):130-134.
- [4]孟露;杨海波.基于CiteSpace知识图谱的水文大数据研究进展[J].人民珠江,2024(2):38-44.
- [5]全占东.基于水文水资源数字化监测模式研究[J].黑龙江水利科技,2022(7):205-207.

作者简介:

李文波(1982--),男,汉族,河北省大城县人,河北省廊坊水文勘测研究中心,工程师,本科,研究方向:水文水资源。