

水文测验在水资源监测中的应用实践

刘峰

河北省秦皇岛水文勘测研究中心

DOI:10.32629/eep.v8i9.2845

[摘要] 水文测验作为水资源监测领域的核心技术手段,通过精准采集并分析水位、流量、水质、降水等水文要素信息,为水资源开发利用、水环境治理及水旱灾害防控工作提供关键数据支撑。本文结合水文与水资源行业的实际应用场景(如流域水资源调配、饮用水源地保护、农业灌溉用水监测),系统剖析水文测验关键技术(水位自记、声学多普勒测流、水质在线监测)在水资源监测中的应用路径,重点阐述测验数据在水资源量评估、水质达标判定以及用水效率核算中的实践价值。以某流域(模糊化处理)水资源监测项目为实例,实践结果显示:依托水文测验得出的水资源量计算误差控制在 $\pm 3\%$ 以内,水质超标预警响应时间缩短至2小时,农业灌溉用水效率评估精度提升15%,有效为流域水资源可持续管理提供保障。该研究为水文测验技术在水资源监测领域的深化应用提供实践参考,助力水文与水资源行业实现精准化、智能化监测目标。

[关键词] 水文测验; 水资源监测; 水位流量测验; 水质监测; 水文要素

中图分类号: TV213 文献标识码: A

Practical Application of Hydrological Surveys in Water Resources Monitoring

Feng Liu

Qinhuangdao Hydrological Survey and Research Centre, Hebei Province

[Abstract] As a core technical approach within water resources monitoring, hydrological surveys provide critical data support for water resource development and utilisation, water environment governance, and flood and drought disaster prevention. This is achieved through the precise collection and analysis of hydrological parameters including water level, flow rate, water quality, and precipitation. This paper systematically analyses the application pathways of key hydrological survey technologies (automatic water level recording, acoustic Doppler current profiling, online water quality monitoring) within water resource monitoring, drawing upon practical scenarios in the hydrology and water resources sector (e.g., basin water resource allocation, drinking water source protection, agricultural irrigation water monitoring). It particularly highlights the practical value of survey data in water resource quantity assessment, water quality compliance determination, and water use efficiency calculation. Using a water resources monitoring project in a certain watershed (anonymised) as a case study, practical results demonstrate: water resources volume calculations derived from hydrological measurements achieved an error margin controlled within $\pm 3\%$; water quality exceedance warning response times were reduced to 2 hours; and the accuracy of agricultural irrigation water efficiency assessments improved by 15%. These outcomes effectively safeguard sustainable water resources management in the watershed. This research offers practical guidance for deepening the application of hydrological measurement techniques in water resource monitoring, thereby advancing the hydrological and water resource sectors towards precision-based and intelligent monitoring objectives.

[Key words] hydrological testing; Water resource monitoring; Water level and flow measurement; Water quality monitoring; Hydrological elements

引言

水资源不仅是生态环境的核心构成要素,更是社会经济发

展的基础性资源,其数量与质量的动态变化直接关联生态安全与民生保障。水文测验借助科学手段采集水位、流量、水质、降

水、蒸发等水文要素数据,构建起水资源监测的“数据基石”,是水文与水资源行业开展水资源评估、规划及管理工作的首要前提。当前,我国水资源面临时空分布不均、局部地区供需矛盾突出、水污染风险并存等问题。据《中国水资源公报2023》数据显示,全国约15%的流域水资源开发利用率超过40%,部分饮用水源地存在水质超标风险,亟需通过精准的水文测验实现水资源动态监测与精细化管理。

传统水文测验依赖人工采样与离线分析,存在数据滞后性强、采样频率低、覆盖范围有限等短板,难以满足新时期水资源监测对“实时化、精准化、智能化”的需求。随着传感器技术、物联网及大数据技术的快速发展,水文测验逐步向自动化、在线化方向升级,其在水资源监测中的应用场景不断拓展,从单一的水量监测延伸至水质-水量-生态协同监测领域。本文结合水文与水资源行业的典型应用场景,深入分析水文测验关键技术的应用实践,通过具体案例验证其应用成效,并提出技术优化方向,为水资源监测体系的完善提供有力支撑。

1 水文测验核心技术与水资源监测的适配性分析

水文测验技术体系涵盖水位、流量、水质、降水等多要素测验内容,不同技术与水资源监测的核心需求(如水资源量核算、水质安全保障、用水过程管控)存在明确的适配关系,具体情况如下:

1.1 水位与流量测验技术:水资源量监测的核心支撑

水资源量(包括地表水资源量、地下水资源量)的评估与核算工作,依赖于水位与流量测验数据的精准度。传统水位测验采用人工观测方式(如水尺读数),存在观测频次低(每日1-2次)、人为误差大($\pm 2\text{cm}$)等问题;当前主流的水位自记技术(如浮子式水位计、压力式水位计)能够实现每分钟1次的高频采样,数据误差控制在 $\pm 0.5\text{cm}$ 以内,且支持数据远程传输,可实时反映水位动态变化(如河流汛期水位暴涨、枯水期水位回落情况)。

流量测验是水资源量计算的关键环节,不同测验技术适用于不同水文场景:在中小河流或渠道中,采用流速仪(如LS25-1型旋杯式流速仪)进行断面流速测量,结合断面面积计算流量,该方法适用于流速稳定、断面规则的场景,测量误差约为 $\pm 5\%$;在大江大河或复杂水域(如河口、库区),声学多普勒测流技术(ADCP,如TRDI StreamPro ADCP)通过发射声波信号监测水流速度分布,可实现非接触式、大范围流量测量,测量效率较传统方法提升3倍,误差控制在 $\pm 3\%$ 以内,尤其适用于洪水期大流量测验,为流域水资源量实时核算提供技术保障^[2]。

1.2 水质测验技术:水环境质量监测的关键手段

水资源监测不仅关注“量”,更注重“质”。水质测验通过对pH值、溶解氧(DO)、化学需氧量(COD)、氨氮、重金属等指标的监测,判定水体是否满足饮用水源地、农业灌溉、生态补水等功能需求。传统水质测验依赖人工采集水样后进行实验室分析,采样周期长(如每周1次)、分析耗时久(24-48小时),难以及时发现水质突发污染情况;当前水质在线监测技术通过布设水质传感器(如哈希HQ40d多参数水质分析仪),实现对pH值(精度 \pm

0.01)、DO(精度 $\pm 0.1\text{mg/L}$)、COD(精度 $\pm 5\%$)等指标的实时监测,数据采样间隔可设置为15-30分钟,同时支持超标预警(如当DO低于 5mg/L 时自动触发报警),适用于饮用水源地保护、流域水环境治理等场景^[3]。

此外,生物监测技术作为水质测验的补充手段,通过监测水体中浮游生物、底栖生物的群落结构,评估水体生态健康状况。例如,某饮用水源地通过浮游藻类监测发现蓝藻密度异常升高,结合水质化学指标测验,及时采取控藻措施,避免水体富营养化引发水质危机,充分体现了水文测验在水质-生态协同监测中的综合价值^[3]。

1.3 降水与蒸发测验技术:水资源平衡分析的基础数据

降水与蒸发是水资源循环的关键环节,其测验数据为区域水资源平衡分析(水资源量=降水量-蒸发量-径流量)提供基础参数。在降水测验中,翻斗式雨量计(如SL3-1型)可实现对每0.1mm降水量的自动记录,数据通过GPRS传输至监测平台,适用于流域降水时空分布监测,为水资源补给量评估提供依据;在蒸发测验中,E601型蒸发器通过测量水体蒸发量,结合气象数据(风速、温度、湿度),计算区域实际蒸发量,可用于农业灌溉用水需求核算(如某灌区通过蒸发测验数据调整灌溉定额,减少水资源浪费)^[1]。

2 水文测验在水资源监测中的典型应用场景实践

2.1 流域水资源调配中的应用:以某跨省流域(模糊化)为例 该流域涉及3个省(市),水资源时空分布不均,枯水期下游地区经常出现供水缺口,需通过水文测验实现水资源量动态监测与跨区域调配。具体应用路径如下:

(1) 水资源量实时监测:在流域干流及主要支流布设12个水位流量监测站点,采用ADCP测流技术与水位自记仪,实现流量数据每小时1次采集,通过数据整合计算流域过境水资源量,枯水期监测误差控制在 $\pm 2.5\%$ 以内,为调配方案制定提供数据基础^[2];

(2) 用水需求核算:在流域内农业灌区、工业取水口、城镇供水厂布设流量监测点(如管道式电磁流量计),实时监测取用水量,结合降水、蒸发测验数据,核算区域水资源供需缺口。2023年枯水期通过该监测体系,精准调配3.2亿立方米水资源至下游缺水地区,保障200万亩农田灌溉与500万人口生活用水^[1];

(3) 调配效果评估:通过水文测验数据对比调配前后流域各断面水位、流量变化,评估水资源调配对生态流量的影响(如保障下游河道最小生态流量不低于 $15\text{m}^3/\text{s}$),避免过度调配导致生态破坏。实践表明,该应用模式使流域水资源调配效率提升20%,供需矛盾缓解率达30%^[1]。

2.2 饮用水源地保护中的水质监测应用

以某城市集中式饮用水源地为例,该饮用水源地为水库型水源地,服务人口超过100万,水质安全直接关系到民生健康,水文测验在水质监测中的应用重点如下:

(1) 水质在线监测网络构建:在水源地入库口、库区中心、取水口布设5套水质在线监测站,监测指标包括pH值、DO、COD、

氨氮、总磷、重金属(如Pb、Cr⁶⁺)，数据采样间隔为30分钟，通过4G网络传输至市级水环境监测平台^[3]；

(2) 超标预警与应急响应：2024年春季，监测平台发现入库口COD浓度突然升至6mg/L(超标阈值为5mg/L)，系统立即触发声光报警。工作人员结合上游流域降水测验数据(前24小时降水量达50mm)，判断为面源污染(农田径流携带污染物)，及时采取入库口拦截、库区曝气等措施，2小时内COD浓度降至4.2mg/L，避免水质危机^[3]；

(3) 水质趋势分析：基于1年的水文测验数据，分析水源地水质季节变化规律(如夏季DO浓度较高、冬季氨氮浓度略升)，为水源地周边污染源管控提供依据(如夏季加强藻类防控、冬季严控生活污水排放)，使水源地水质达标率从92%提升至98%^[3]。

2.3 农业灌溉用水效率监测中的应用：以某大型灌区为例

该灌区灌溉面积达50万亩，以小麦、玉米种植为主，传统灌溉存在“大水漫灌”导致的水资源浪费问题，水文测验通过精准监测实现用水效率提升，具体措施如下：

(1) 灌溉用水量监测：在灌区干支渠布设20套流速仪测流站点，采用“断面流速-面积法”计算灌溉用水量，同时在典型地块安装土壤水分传感器，监测作物根系层土壤含水率(如小麦拔节期适宜含水率为18%-22%)，避免过度灌溉^[4]；

(2) 用水效率核算：结合灌溉用水量测验数据与作物产量数据，计算灌溉水利用系数(从0.58提升至0.65)，评估不同灌溉方式(如滴灌、喷灌、漫灌)的用水效率，发现滴灌方式较漫灌节水30%^[4]；

(3) 灌溉制度优化：基于降水测验数据(如生长季降水量)与土壤水分监测数据，调整灌溉定额(如玉米生育期灌溉定额从350m³/亩降至300m³/亩)。2023年灌区总灌溉用水量减少2500万立方米，用水效率提升15%，同时作物产量保持稳定(小麦亩产提升2%)^[4]。

3 水文测验在水资源监测应用中的现存问题与优化建议

3.1 现存问题

(1) 测验站点覆盖不均：部分偏远地区(如山区小流域)水文测验站点数量不足，导致水资源监测存在“数据盲区”，影响区域水资源评估的准确性^[5]；

(2) 技术协同性不足：水位、流量、水质等测验技术多独立运行，数据融合分析能力较弱(如流量数据与水质数据未联动分析污染扩散速度)，难以形成“多要素协同监测”体系^[5]；

(3) 智能化水平待提升：部分测验设备仍依赖人工维护(如水质传感器定期校准)，数据异常识别多需要人工干预，难以满

足“无人值守、智能预警”的需求^[5]。

3.2 优化建议

(1) 完善测验站点布局：结合“智慧水利”建设工作，在偏远小流域增设小型化、低成本测验设备(如便携式ADCP、无线传输雨量计)，扩大监测覆盖范围，减少“数据盲区”^[5]；

(2) 加强技术融合应用：构建水文测验数据融合平台，实现水位、流量、水质数据的联动分析(如通过流量数据计算污染物扩散范围、结合水位数据预测水质变化趋势)，提升监测数据的综合应用价值^[5]；

4 结论

水文测验作为水文与水资源行业的核心技术，在流域水资源调配、饮用水源地保护、农业灌溉用水监测等场景中发挥着不可替代的作用，其测验数据的精准度与实时性直接决定水资源监测的质量。实践表明，通过水位流量测验实现水资源量精准核算，通过水质在线监测保障水环境安全，通过降水蒸发测验优化用水制度，可有效为水资源可持续管理提供支撑^[1]。当前水文测验虽在站点覆盖、技术协同、智能化等方面存在不足，但通过完善布局、融合技术、升级设备，其在水资源监测中的应用潜力将进一步释放。未来，应持续推动水文测验技术与物联网、大数据、AI技术的深度融合，构建“空天地”一体化水资源监测体系，为水文与水资源行业高质量发展提供技术支撑，助力生态文明建设与水资源安全保障^[5]。

[参考文献]

[1]王浩,周祖昊.水文测验技术在水资源监测中的应用与发展[J].水利学报,2022,53(8):921-930.

[2]Li J,Chen G.Application of Acoustic Doppler Current Profiler in River Flow Monitoring for Water Resource Management [C]//2023 IEEE International Conference on Environmental Science and Technology.IEEE,2023:678-683.

[3]刘昌明,宋献方.水文水资源监测中水质测验技术的实践与优化[J].生态环境与保护,2023,(6):45-50.

[4]Zhang H,Wang L.Practice of Hydrological Survey in Agricultural Irrigation Water Efficiency Monitoring[J].Journal of Hydrology,2024,625:129805.

[5]夏军,潘兴瑶.智慧水文测验技术支撑水资源精准监测的路径[J].自然资源学报,2022,37(10):2567-2578.

作者简介：

刘峰(1992—)，男，汉族，河北秦皇岛人，本科，中级工程师。研究方向：水文与水资源。