

水文水资源管理中的水文站网监测技术应用与优化

孔靖薇¹ 徐嘉琪²

1. 黄河水利委员会上游水文水资源局 甘肃 兰州 730030

2. 黄河水文勘察测绘局 河南 郑州 450003

摘要：水文站网监测技术通过传统与现代手段融合，实现流域水文要素全覆盖与动态响应。传统监测以水位、流量、降水等标准化观测为基础，构建有线-无线双线传输体系；现代技术引入遥感、无人机、物联网与人工智能，推动多源数据融合与实时分析。技术应用聚焦水资源动态评估、水灾害预警及水生态监测，优化路径涵盖站网布局自适应调整、多源数据协同处理及动态效能评估，为水资源管理提供全链条技术支撑。

关键词：水文站网；监测技术；应用场景；优化路径；水资源管理

引言：水文站网作为获取水文信息的核心手段，在水资源管理、防洪减灾和生态保护中发挥着不可替代的作用。随着经济社会发展和气候变化影响加剧，传统监测方式面临覆盖不足、响应滞后等问题，亟需引入现代化技术提升监测能力。当前，水文站网正朝着多源融合、智能高效、动态适应的方向发展，逐步构建起立体化、全过程的监测体系。研究水文站网监测技术的应用与优化，对提升水文服务能力和保障水安全具有重要意义。

1 水文站网监测技术体系

1.1 传统监测技术

站点布设技术遵循流域代表性原则，在江河湖泊关键节点构建监测网络。依据地形地貌差异，平原地区以较疏密度覆盖广阔区域，山区则结合等高线走向加密站点，确保空间密度与地形适配性。每个站点需综合考量周边水系分布、汇流特性，通过水文模型推演，使站点布局既能反映区域整体水文特征，又能捕捉局部特殊变化^[1]。水文要素观测方法围绕水位、流量、降水、蒸发等核心参数建立标准化流程。水位监测借助水尺与浮子式水位计，依据水体涨落实时记录刻度变化；流量测量采用流速仪法，通过测量断面流速与过水面积计算流量；降水观测依赖雨量器，以固定时段收集降水并换算成降水量；蒸发量测定运用蒸发器，模拟自然水面蒸发过程获取数据。这些观测设备与方法经长期实践验证，形成稳定可靠的采集体系。数据传输与存储构建双线并行模式。有线传输通过专用通信电缆或光纤，将监测数据稳定传输至中心站，适合距离较近、环境稳定区域；无线传输利用超短波、卫星通信技术，突破地理限制，实现偏远地区数据实时回传。接收数据后，通过标准化格式存储于关系型数据库，构建起结构化存储系统，便于后续查询、分析与管理。

1.2 现代监测技术进展

遥感与卫星技术实现流域尺度水文参数反演。利用多光谱、微波遥感数据，可获取土壤湿度、积雪覆盖等关键信息。卫星搭载的雷达与光学传感器，周期性扫描地球表面，通过算法反演土壤含水量变化，绘制积雪消融动态图谱，为大范围水文分析提供宏观视角。无人机与雷达技术革新地形测绘与流量监测手段。无人机搭载激光雷达与高清相机，低空飞行采集地形数据，生成高精度数字高程模型，厘米级分辨率可清晰呈现河道断面形态。雷达测流技术通过多普勒效应，实时捕捉水体流速分布，结合断面信息计算瞬时流量，尤其适用于洪水期快速监测。物联网与智能传感器构建实时动态监测网络。智能传感器集成多种监测功能，部署于河流、水库各点位，自动感知水位升降、流速变化等物理量。借助物联网通信协议，监测节点自组网形成数据传输链路，依据水文变化自动调整采样频率，高动态过程采用高频采样，稳定状态下降低频次，实现资源优化配置。大数据与人工智能深度介入水文分析。通过融合多源异构监测信息，建立水文特征知识库，运用机器学习算法挖掘数据内在关联。在异常检测环节，人工智能模型基于历史数据训练，精准识别水位骤变、流量异常波动等突发情况；在趋势预测方面，结合气象预报数据，预测未来时段水文变化趋势，为防汛抗旱、水资源调度提供决策依据。

2 水文站网监测技术应用场景

2.1 水资源动态评估

水文站网构建的立体监测网络，是解析流域水资源量时空分布规律的基础。在大型流域，从上游源头至下游入海口的众多站点，持续采集水位、流量等数据。经长期观测积累，运用数学模型剖析不同季节与年份的

水资源分布状况。山区受地形影响，迎风坡与背风坡降水存在差异，站网精准捕捉降水空间分布特征，进而分析地表、地下径流转化规律，绘制流域水资源空间分布图。时间维度上，以月、季度、年度为周期统计水资源变化趋势，直观展现丰水年与枯水年水资源量波动，为水资源宏观管理提供数据支撑^[2]。枯水期与丰水期水资源可利用性评价是水资源动态评估核心。枯水期时，水文站网监测河流最低水位、最小流量，判断生态基流保障情况，分析各取水口工农业用水与生态用水矛盾，评估可调配水资源量。丰水期则关注洪水过程水量变化，结合水库调蓄能力，确定可拦蓄洪水资源量及其转化潜力。依据不同区域用水需求，综合考量城乡生活、农业灌溉、工业生产等领域的水资源分配比例。如长江流域通过分析多年枯丰水期数据，合理规划三峡水库调度方案，保障中下游水资源稳定供给。

2.2 水灾害预警与应急响应

暴雨洪水实时监测与传播路径模拟依赖水文站网的实时数据采集与传输能力。当强降雨发生，分布在流域内的雨量站迅速感知降雨强度与累计雨量，水位站实时监测河道水位变化，流量站同步获取流量数据。这些信息通过快速传输通道汇集到数据中心，利用水动力学模型对洪水演进过程进行模拟。模型根据河道地形、糙率等参数，计算洪水的传播速度与淹没范围，生成洪水传播路径图。提前数小时甚至数天向可能受影响区域发布预警，让相关部门和民众有充足时间采取应对措施，如转移人员、加固堤防等。干旱事件早期识别与影响范围评估也是水文站网的重要功能。在干旱发展初期，土壤湿度监测站通过感应土壤含水量变化，率先捕捉到干旱迹象。结合降水监测数据、蒸发量数据，分析水分收支平衡状况。利用遥感技术监测植被生长状况，判断干旱对农作物的影响程度。随着干旱的发展，水文站网持续监测河流、湖泊水位下降情况，评估干旱对水资源供给的影响范围，为制定抗旱措施、调配应急水源提供数据支持，最大程度减少干旱造成的损失。在一些干旱频发地区，通过长期监测干旱发展规律，提前建设应急供水工程，有效缓解了干旱带来的用水危机。

2.3 水生态与水环境监测

水质参数（如溶解氧、pH）与生态流量关联分析在水生态与水环境监测中占据重要地位。水文站网中部署的水质监测设备，持续监测水体溶解氧、pH值等关键参数。生态流量是维持河流生态系统健康的基本水量，当生态流量不足时，水体自净能力下降，溶解氧含量降低，影响水生生物生存。通过对不同流量条件下水质参

数的监测与分析，建立两者之间的量化关系，明确维持良好水生态环境所需的最小生态流量，为水资源调度提供生态约束条件，保障河流生态系统稳定。人类活动干扰（如水库调度）对水文过程的响应同样是监测重点。水库的蓄水、放水操作改变了天然河道的水文节律，水文站网在水库上下游布设监测点，实时监测水位、流量变化。通过长期监测数据，分析水库调度对下游河道径流过程、泥沙输送的影响。例如，水库蓄水导致下游河道枯水期延长、流量减少，改变了水生生物的栖息环境；放水过程可能引发短时间的洪水脉冲，影响河道岸坡稳定。在黄河流域，通过监测小浪底水库的调度对下游河道的影响，不断优化水库运行方案，改善了下游河道的生态环境。这些监测信息为优化水库调度方案、减轻人类活动对水文生态系统的负面影响提供科学依据。

3 水文站网监测技术优化路径

3.1 站网布局优化

空间优化需构建基于地形、气候与人类活动的自适应布点模型。在地形复杂区域，模型根据等高线与河网分布，优先在河道断面突变处、汇流节点设置监测站点，确保山区径流变化能被精准捕捉。气候差异显著地区，依据降水等值线与蒸发带划分监测区域，在干旱半干旱区加密土壤湿度监测点，在多雨地带增加雨量与水位监测设施^[3]。针对人类活动密集区域，模型自动识别城市、灌区等用水集中区，在取水口、排污口周边布局监测站点，实时掌握水资源开发利用与污染排放情况，实现监测站点空间分布的动态自适应调整。功能整合强调多目标监测的站点复用。同一监测站点通过搭载多种监测设备，服务于防洪、供水、生态等不同需求。防洪方面，实时监测水位与流量变化，为洪水预警提供数据；供水监测时，关注取水口水位与水质参数，保障城市与农业用水安全；生态监测中，记录生态流量与水质指标，评估河流生态健康状况。通过对站点功能的整合，减少重复建设，提升监测资源利用效率，以最小化的站点投入实现多样化监测目标。

3.2 技术集成与升级

多源数据融合实现地面观测、遥感与模型模拟的协同应用。地面监测站点获取水位、流量、水质等实时数据，遥感技术从宏观层面获取流域尺度的植被覆盖、积雪消融、土壤湿度等信息，模型模拟则基于前两者数据，结合地形、气候等参数，预测水文过程变化。将三类数据输入融合算法，消除数据间的时空差异与误差，形成全面反映流域水文状况的数据集。例如在洪水模拟中，地面监测数据校准模型参数，遥感数据提供大范围

洪水淹没信息，模型模拟结果则辅助预测洪水演进趋势，三者协同提升水文监测的准确性与时效性。自动化与智能化依托无人值守监测站与AI驱动的数据处理。无人值守监测站配备太阳能供电系统与无线通信模块，可在偏远地区长期稳定运行，自动采集各类水文数据并实时传输。AI技术应用于数据处理环节，通过机器学习算法对海量数据进行分类、清洗，自动识别异常数据。例如，利用深度学习模型分析水位变化曲线，快速判断是否存在异常涨落；通过神经网络算法对水质参数进行关联分析，提前预警水质恶化趋势，大幅提升数据处理效率与分析精度。

3.3 质量控制与标准化

数据质量保障依赖多级校验机制与误差溯源技术。设置原始数据校验、传输过程校验、入库前校验三级校验流程。原始数据校验由监测设备内置算法完成，剔除因设备故障或环境干扰产生的错误数据；传输过程校验通过冗余编码与数据加密技术，确保数据在传输中不丢失、不被篡改；入库前校验利用统计学方法，对比历史数据与同类型站点数据，识别并修正异常值。当发现数据异常时，误差溯源技术通过分析设备运行日志、环境参数变化，定位误差产生的源头，从根本上保障数据质量。技术标准统一涵盖设备选型、安装规范与数据格式标准化。在设备选型方面，制定不同监测参数的设备性能指标，确保各站点设备测量精度、响应时间等参数一致^[4]。安装规范明确各类监测设备的安装位置、深度、角度等要求，如水位计安装需垂直于水面且底部固定于河床稳定处。数据格式标准化规定所有监测数据的存储、传输格式，采用统一的编码规则与元数据描述，使不同站点、不同类型的数据能够无缝对接，便于数据的整合与共享。

3.4 动态调整机制

站点效能评估依据监测需求与成本效益制定站点增减策略。定期评估各站点的监测数据有效性与利用率，

对数据重复冗余、监测价值低的站点进行合并或撤销；针对新出现的监测需求，如新兴工业园区用水监测、生态保护区水质监测，及时增设站点。通过成本效益分析，对比站点建设、运维成本与监测数据带来的社会效益，确保站网布局在满足监测需求的同时实现资源最优配置。响应式调整聚焦极端事件后站网功能的快速重构能力。洪水、干旱等极端事件发生后，第一时间评估受损站点情况，启动备用监测设备或临时增设应急监测点，保障关键区域监测数据不间断。根据极端事件暴露出的监测薄弱环节，调整站网布局与监测重点。例如洪水过后，在河道冲刷严重、易发生决口的地段增设水位与流速监测点；干旱事件后，加强对地下水水位与土壤墒情的监测，使站网功能快速适应环境变化，提升监测体系的韧性。

结束语

水文站网监测技术在水文水资源管理中发挥着关键作用。从传统技术到现代技术，其不断发展为各应用场景提供了有力支撑。通过站网布局优化、技术集成升级、质量控制标准化以及动态调整机制等优化路径，可进一步提升监测效能。未来，应持续关注技术发展趋势，结合实际需求，不断完善监测体系，以更好地应对水资源管理中的各种挑战，推动水文水资源管理事业迈向新高度。

参考文献

- [1]张志林,王少千.遥感技术在水文水资源勘测中的创新应用研究[J].水上安全,2025,(02):196-198.
- [2]梁克,靳春寒.基于水文水资源标准化管理在水利工程中的实践研究[J].水上安全,2024,(13):32-34.
- [3]席嘉琦,折永华,刘雪颖.浅谈水文水资源信息化建设管理[J].内蒙古水利,2024,(11):85-86.
- [4]张冬,赵彦龙.简析信息技术在水文水资源领域的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(27):166-168.