

水利工程对水文站水文测验的影响

王 颖

新疆维吾尔自治区伊犁水文勘测中心 新疆 伊宁 835000

摘要: 水利工程对水文站水文测验影响显著。本文剖析常见水利工程类型及特点, 阐述对水位、流量、泥沙、水质等测验要素, 以及测验设施布局、设备性能的影响。提出加强前期规划协调、推动技术创新与设备升级、完善人才培养机制、强化数据管理与应用服务等应对策略, 为提升水利工程影响下水文测验的准确性与可靠性提供参考。

关键词: 水利工程; 水文测验; 测验要素; 设施设备; 应对策略

引言: 水利工程作为调控水资源、防洪减灾的关键设施, 在经济社会中作用重大。其建设与运行改变了天然河道的水文情势, 对水文站的水文测验工作带来诸多挑战。水位、流量等要素的规律被重塑, 测验设施布局与设备性能也需相应调整。深入剖析水利工程对水文测验的影响, 探索有效的应对策略, 对保障水文测验质量、服务水利事业发展具有重要意义。

1 水利工程类型及特点概述

1.1 常见水利工程类型

挡水工程以大坝与水闸为核心构筑物, 通过重力坝、拱坝等结构拦截水流形成人工蓄水体。大坝多横跨河谷建造, 利用自身重量或结构强度抵抗水压力, 其功能包括蓄积雨洪、调节河道水位、抵御超标洪水。水闸则通过闸门启闭控制水流, 汛期可关闭挡洪, 枯水期开启引水灌溉, 部分还兼具通航功能。泄水工程包含溢洪道与泄洪洞两类关键设施^[1]。溢洪道多建于坝顶或岸坡, 当水库水位超过设计洪水时, 水流经此下泄以确保大坝安全。泄洪洞则通过隧洞将洪水引入下游, 其布置需考虑地形地质, 常采用有压接无压形式, 在保障泄流能力的同时避免高速水流引发空蚀破坏。引水工程通过人工渠道或管道实现水资源空间调配。引水渠多沿等高线开挖, 采用自流或梯级提水方式输水, 如古代都江堰通过鱼嘴分水堤、飞沙堰和宝瓶口完成系统灌溉。现代工程则多采用管道输水, 如埋设预应力钢筒混凝土管, 实现跨流域长距离调水。提水工程依托泵站设施提升水位以克服地形限制。泵站由进水池、泵房及出水池构成, 通过离心泵、轴流泵等机电设备将低处水体提升至高处, 常用于平原灌溉或跨流域调水。部分泵站配备变频调速装置, 可根据用水需求动态调整提水流量。

1.2 水利工程特点分析

不同类型水利工程在规模尺度、建设目标及运行机制上呈现显著差异。挡水工程规模宏大, 建设周期长,

需兼顾防洪、发电、航运等综合效益, 其运行涉及复杂的水库调度方案, 对下游河道水文情势产生深远影响。泄水工程以安全泄洪为核心目标, 设计流量常达数千立方米每秒量级, 运行过程中需实时监测水流状态, 防止空蚀、振动等水力现象对结构造成破坏。引水工程具有线状分布特征, 穿越地形地质条件复杂区域, 建设需解决隧洞掘进、管道铺设等技术难题, 其运行改变区域水资源空间分布格局, 要求水文站重新评估控制面积与代表性。提水工程以能源消耗为代价实现水位提升, 运行成本与扬程高度密切相关, 需通过优化泵站效率、采用智能控制系统等措施降低能耗。这些特点要求水文测验工作调整监测断面布局、更新测验设备技术、优化数据处理方法, 以准确捕捉水利工程影响下的水文要素变化规律。

2 水利工程对水文站水文测验要素的影响

2.1 水位要素

水利工程建成后, 天然河道水位变化规律显著改变。水库蓄水阶段, 上游水位随库容增加持续抬升, 形成稳定的高水位平台, 改变了原有的季节性波动特征。例如某水库蓄水后, 上游水位平均抬升15米, 使原本3至5米的季节性波动趋于平缓。泄洪期间, 溢洪道或泄洪洞开启导致下游水位骤升, 洪峰传播加速, 水位涨落幅度较天然状态明显增大。如某水库泄洪时, 下游水位2小时内上涨8米, 而自然条件下同等涨幅常需10小时。引水工程运行后, 取水口下游因流量减少而水位持续下降, 形成与上游水位相反的变化趋势^[2]。这些改变使水位波动频率增加, 非汛期日变幅可能超过汛期, 传统模型难以准确刻画其规律。水利工程设施对水位观测也带来多方面影响。大坝建设常淹没原有观测断面, 新设站点可能因库区水流平缓而失去代表性。水闸启闭引发局部水位快速波动, 固定观测设备难以捕捉瞬时变化, 需借助移动设备加密观测。例如某水闸运行时, 局部水位10分钟内

波动达2米,需采用移动式水位计记录瞬时状态。闸墩等建筑物遮挡导致非接触式设备数据失真,浮子式水位计则可能因水流紊乱出现卡滞。枢纽工程形成的回水区也使水位观测与实际流态存在偏差,需通过水位-流量关系模型修正以提升精度。

2.2 流量要素

水利工程对天然河流量过程具有深刻的调节作用。水库蓄洪将集中来流分散储存,显著削减下游洪峰。例如某水库调节后,下游洪峰流量从5000立方米每秒降至2000立方米每秒,洪峰出现时间推迟8小时。削峰后的流量过程趋于平缓,中水流历时延长,低水流频率增加。引水工程通过取水口分流改变流量空间分布,导致干流流量减少、支流增加,部分河段甚至断流,要求流量测验断面需重新布局,加强对分流节点与汇流区的监测。传统流量测验方法面临适应性挑战。流速仪法在闸门局部开启形成的强紊流区误差显著,可改用声学多普勒流速剖面仪进行走航测量。例如某水闸强紊流区流速仪误差达30%,而声学设备可将误差控制在5%以内。浮标法在回水区因流速减缓易滞留,可采用GPS定位浮标提升追踪精度。枢纽工程形成的异重流现象使垂线流速分布上稀下密,传统单点测速难以反映真实情况,需增加垂线测点密度或采用分层测流装置。如在异重流区域,垂线测点需从3个增至7个,才能准确刻画流速分布。

2.3 泥沙要素

水利工程显著改变河流泥沙运动规律。水库拦沙作用使入库泥沙在库区沉积,下游河道含沙量锐减,部分水库拦沙效率超过90%。这种改变导致下游河床冲刷下切,形成新的冲淤平衡体系。引水工程取水口因流速降低引发泥沙淤积,需定期清淤维护,而取水口下游则因流量减少出现冲刷加剧。部分水电站尾水排放形成的冲刷坑,深度可达数十米,对河床稳定性构成威胁。泥沙测验体系需相应调整。含沙量测验需增加库区入库断面和取水口断面的监测频次,以捕捉泥沙淤积规律。输沙率测验需延长测流历时,以准确计算低含沙量条件下的输沙总量。颗粒分析项目需增加细颗粒泥沙组测定,以评估水库淤积对泥沙级配的影响。部分受冲刷影响严重的河段,需增设床沙测验断面,监测河床组成变化。

2.4 水质要素

水利工程引发水质成分系统性改变。水库蓄水后水流速度减缓,水体自净能力下降,氮磷等营养盐浓度升高,易引发藻类暴发性繁殖,导致水体富营养化。例如,某水库蓄水后,水体中总磷浓度从原来的0.02毫克每升高至0.1毫克每升,总氮浓度从原来的1毫克每升高

至3毫克每升,藻类数量大幅增加。引水工程穿越城镇或工业区时,可能引入重金属、有机污染物等外来物质,改变水体化学组成。部分枢纽工程形成的温排水,使下游水温升高,影响水生生物生存环境。例如,某水电站温排水使下游水温升高了3-5摄氏度。水质监测体系需优化升级。监测指标应增加总磷、总氮、叶绿素a等富营养化相关参数,以及重金属、持久性有机污染物等特征指标。监测站点需向库湾、取水口、温排水排放口等敏感区域倾斜,同时增加垂直剖面监测,以捕捉水温分层对水质垂直分布的影响^[3]。例如,在库湾区域增加3个监测站点,在取水口区域增加2个监测站点。部分受工程影响显著的河段,需建立水质预警系统,实现实时监测与动态评估。

3 水利工程对水文站水文测验设施与设备的影响

3.1 测验设施布局调整

水利工程建设常迫使水文测验站点空间迁移。大坝建成后,原下游站点可能被库区淹没,需向上游寻找新位置。此时需评估新站点的水文代表性,确保其能准确反映天然水流特征。水闸枢纽工程引发的局部水流紊乱,要求站点避开回水区与急流区,选择水流平稳、能反映整体变化的区域。安全性也是选址的关键因素,需避开地质灾害易发地段,保障人员与设备在极端条件下的安全。便利性则涉及交通可达性与电力供应稳定性,以利于设备运输、维护和数据传输。测验断面设置需因工程影响动态调整。水库蓄水后,原河道断面可能被淹没或形态改变,需重新测量并绘制新断面图,以准确反映库区水流特性。引水工程导致的流量分流,要求在分流节点上下游增设辅助断面,以量化流量变化。闸门启闭引起的水位骤变,需加密垂线布设,提高流速测量精度。部分枢纽形成的异重流现象,需在垂线上增加测点深度,捕捉密度分层对流速的影响。断面宽度调整需考虑设备测程,确保一次测量覆盖整个断面,避免分段带来的数据误差。

3.2 测验设备更新与改进

水利工程形成的复杂水流条件对测验设备提出更高要求。流速仪需增强抗振能力,以适应紊流区的高频振动;水位计需提高采样频率,准确捕捉波浪区水位瞬时变化;泥沙采样器需优化进沙口设计,防止大颗粒泥沙堵塞。设备稳定性成为关键,需通过结构加固、算法优化降低故障率,保障长期连续观测^[4]。抗干扰能力涉及电磁兼容与环境适应性,如ADCP需屏蔽金属结构物附近的电磁干扰,遥感设备需增强恶劣天气的信号穿透力。新型测验设备与技术应用日趋重要。声学多普勒流速剖面

仪凭借全断面测量能力,在异重流与紊流监测中展现优势,可同步获取多层次流速数据。遥感技术通过卫星或无人机搭载多光谱传感器,实现大范围水质参数反演,弥补传统点位监测的局限。激光粒度分析仪能快速测定泥沙级配,为河床演变提供精细数据。部分枢纽试点应用智能浮标系统,集成多种传感器实时传输水位、流速、水温等参数,提升数据时效性。这些技术推动水文测验向自动化、智能化转型。

4 应对水利工程影响的水文测验策略与建议

4.1 加强前期规划与协调

水利工程前期规划协调是减少测站测验影响的关键。水文测站需提前介入工程规划阶段,与建设部门建立联动机制,将测验需求纳入工程设计。水文部门应基于测站长期观测数据,提出站点布局、设施建设等具体要求,明确测验断面位置、保护范围及配套条件。通过科学论证确定站点代表性,确保工程建成后测站能持续开展有效测验。建立信息共享平台,工程建设进度、调度方案等信息及时同步至测站,测站提前制定应对预案,避免工程运行对测验造成突发影响。这种前期协同可从源头减少不利影响,为测站工作顺利开展提供保障。

4.2 持续技术创新与设备升级

技术创新与设备升级是提升水文测站测验能力的核心。相关部门应加大对测站技术研发的资金投入,设立专项基金支持测站与科研机构联合攻关。针对测站实际需求,研发适应复杂工况的低成本、高可靠测验设备,对创新成果给予奖励以激发活力。及时引进国际先进设备与技术,结合测站实际消化吸收再创新,如为偏远测站配备太阳能供电的全自动监测设备,提升极端条件下的测验能力。利用大数据、人工智能技术对测站测验数据进行深度分析,建立水利工程影响下的水文要素预测模型,优化测站测验频次与方案,通过技术赋能提升测站测验的自动化与智能化水平。

4.3 完善人才培养机制

完善人才培养机制是保障水文测站持续发展的基础。高校应优化专业课程设置,增加水利工程与水文测验交叉内容,定向培养适应基层测站工作的复合型人才。加强测站在职人员培训,定期组织业务轮训、学术

交流,邀请专家围绕新型设备操作、数据处理等内容授课。建立测站“传帮带”机制,由经验丰富的老测验员指导新人,提升实操能力。鼓励测站人员参与实际科研项目,在解决工程影响等实际问题中积累经验,培养一批既懂理论又通实操的基层测验骨干,为测站发展提供人才支撑。

4.4 强化数据管理与应用服务

强化数据管理与应用服务是水文测站的核心职能。构建统一的测站数据管理平台,实现数据集中存储、管理与共享,确保测站测验数据全流程可追溯。建立严格的数据审核机制,测站实行“双人审核”制度,通过逻辑校验、历史比对等方式保障数据准确完整。强化数据安全保障,采用加密传输、权限管控等技术防止数据泄露篡改^[5]。深入挖掘测站数据价值,为水利工程调度、水资源保护、防洪减灾等提供精准数据服务,建立数据产品推送机制,针对不同需求提供定制化服务,提升测站数据的应用效能。

结束语

水利工程对水文站水文测验的影响广泛而深刻,涉及测验要素、设施设备等多个方面。通过加强前期规划协调,可减少不利影响;持续技术创新与设备升级,能提升测验精度;完善人才培养机制,为事业发展提供人才支撑;强化数据管理与应用服务,可挖掘数据价值。多管齐下,能保障水文测验准确反映水利工程影响下的水文特征,为水利事业发展筑牢根基。

参考文献

- [1]马继贤.水库工程对水文测验的影响和补救思路研究[J].治淮,2024(1):57-58.
- [2]邱朔.水利工程建设对水文测验工作的影响分析[J].工程技术研究,2023,5(1):4-6.
- [3]郭英.水利工程建设对水文测验工作的影响及对策[J].水利科学与寒区工程,2022,5(10):44-46.
- [4]黄新平,黄方志,李研.水利工程建设对水文测验工作的影响及应对策略[J].科学与财富,2023(26):113-115.
- [5]苏国臣.农村水利工程对水文站水文测验的影响分析[J].江西农业,2022(22):54-56.