

水利工程对下游水文情势的影响研究

梁晓敏

包头水文水资源分中心

DOI:10.12238/etd.v6i8.17151

[摘要] 水利工程在发挥重要作用的同时,也对下游水文情势产生了多方面影响。在具体影响上,涉及水位、流量、流速和水质。水位方面,蓄水与泄洪会使下游水位有升有降;流量的时空分布因工程调节而改变;流速在不同工况下有减缓或突变;水质则有改善与恶化的不同表现。为调控这些影响,可采取工程优化调控、生态修复与保护、监测与管理强化以及技术创新与应用等措施,以保障下游水文情势稳定,实现水资源的可持续利用。

[关键词] 水利工程; 下游水文情势; 影响

中图分类号: TV213.4 文献标识码: A

Study on the Impact of Hydraulic Engineering on Downstream Hydrological Regime

Xiaomin Liang

Baotou Hydrology and Water Resources Sub-center

[Abstract] While hydraulic engineering plays a significant role, it also exerts multifaceted impacts on the downstream hydrological regime. Specific effects include changes in water level, flow rate, flow velocity, and water quality. In terms of water level, water storage and flood discharge can cause fluctuations in downstream water levels. The spatiotemporal distribution of flow is altered due to engineering regulation. Flow velocity may either slow down or change abruptly under different operational conditions. Water quality may exhibit both improvements and deteriorations. To mitigate these impacts, measures such as optimized engineering regulation, ecological restoration and protection, enhanced monitoring and management, and technological innovation and application can be implemented. These efforts aim to ensure the stability of the downstream hydrological regime and achieve sustainable utilization of water resources.

[Key words] Hydraulic Engineering; Downstream Hydrological Regime; Impact

引言

随着社会经济的快速发展,水利工程建设数量不断增多、规模日益扩大。水利工程在防洪、发电、灌溉、供水等方面发挥着举足轻重的作用,极大地推动了人类社会的进步。下游水文情势作为区域生态系统和社会经济发展的重要基础,涵盖水位、流量、流速、水质等要素,对维持生态平衡、保障用水安全意义重大。深入研究水利工程与下游水文情势的关系,有助于全面了解水利工程在水资源调控中的作用机制,为科学规划和管理水利工程提供依据,促进水资源的可持续利用和生态环境的保护。

1 水利工程与下游水文情势概述

水利工程作为人类改造自然、调控水资源的重要手段,在社会经济发展中扮演着关键角色。它是指为了控制、调节和利用自然界的地表水和地下水,以达到除害兴利目的而修建的各类工程设施,常见类型包括水库、大坝、灌溉工程、防洪堤以及跨流域调水工程等。这些工程设施凭借其独特的功能,在防洪、发

电、灌溉、供水、航运等多个领域发挥着不可替代的作用,有力地推动了地区经济的发展和社会的稳定。下游水文情势是指河流下游区域内各种水文要素的状态和变化规律,主要涵盖水位、流量、流速、泥沙含量、水温以及水质等方面。这些要素相互作用、相互影响,共同构成了复杂的水文系统。水位的高低直接关系到周边地区的防洪安全和水资源的可利用程度;流量的大小决定了河流的生态需水量和供水能力;流速影响着河道的冲淤变化和水生生物的生存环境;泥沙含量不仅影响水质,还对河道的稳定性和水库的使用寿命产生重要影响;水温的变化会影响水生生物的生长、繁殖和生态系统的结构;水质则直接关系到人类的生活用水安全和生态环境的健康。下游水文情势受到多种因素的综合影响,其中自然因素如降水、蒸发、地形地貌、土壤植被等起着基础性作用。降水的时空分布不均会导致流量的季节性变化和年际变化;地形地貌的差异会影响水流的速度和方向;土壤植被的覆盖状况会影响地表水的下渗和径流的形

成^[1]。此外,人类活动如水利工程建设、水资源开发利用、土地利用变化等也对下游水文情势产生了深远的影响。水利工程的建设改变了河流的自然水流状态,使得下游水文情势发生了显著变化。深入了解水利工程和下游水文情势的基本概念和特点,对于合理规划和建设水利工程、科学管理水资源、保护生态环境以及保障社会经济的可持续发展具有至关重要的意义。只有充分认识到水利工程与下游水文情势之间的相互关系,才能在水利工程的建设和运行过程中,实现水资源的优化配置和合理利用,最大限度地发挥水利工程的综合效益。

2 水利工程对下游水文情势的具体影响

2.1 对水位的影响

水利工程的建设与运行,会在多个维度对下游水位产生复杂且显著的影响。(1)水位抬升效应:在枯水期,水利工程可通过调节水库蓄水,向下游释放一定水量,使下游水位升高,保障沿岸居民生活用水、农业灌溉及工业生产的基本需求。(2)水位削减作用:洪水期时,水利工程能拦截部分洪水,削减洪峰流量,从而降低下游水位上涨幅度,减轻洪水对下游地区的淹没风险和防洪压力。(3)改变水位节律:长期来看,水利工程会打破下游水位原有的季节性变化规律,使水位波动变得更加人为可控但也相对复杂,这可能影响依赖自然水位节律生存的水生生物。(4)水位波动风险:若水库调度不合理,可能导致下游水位频繁大幅波动,对河岸稳定性、航运安全以及沿岸基础设施造成不利影响。(5)区域差异影响:不同规模、类型和地理位置的水利工程,对下游水位的影响范围和程度存在差异,且下游河道地形地貌等因素也会进一步放大或减小这种影响。

2.2 对流量的影响

水利工程以多样的方式重塑着下游的流量特征,对整个水文环境产生了深远影响。(1)流量时空分布调整:水利工程能够根据实际需求,改变下游流量在时间和空间上的分布。在时间上,将丰水期的部分水量存储起来,在枯水期释放,平衡各时段的流量;在空间上,通过渠道、管道等设施,将水输送到不同区域,满足特定地区的用水需求。(2)流量稳定性增强:通过对流量的调控,水利工程使下游流量的波动幅度减小,提高了流量的稳定性。这有助于减少因流量大幅变化带来的不利影响,如洪水灾害和干旱缺水等情况的发生频率和严重程度。(3)流量峰值削减:在洪水期间,水利工程可以拦截洪水,降低下游流量的峰值。这减轻了下游河道的行洪压力,保护了沿岸的基础设施和居民生命财产安全,避免了洪水泛滥造成的大损失。(4)生态流量保障难度:尽管水利工程旨在合理调配水资源,但在实际运行中,可能难以精准保障下游的生态流量。生态系统对流量有特定的需求,若流量不能满足这些需求,可能导致水生生物栖息地破坏、生物多样性减少等生态问题。(5)流量变化的累积效应:长期来看,水利工程引起的下游流量变化会产生累积效应。这种效应可能逐渐改变下游的地貌、土壤、植被等环境要素,进而影响整个生态系统的结构和功能,其影响可能在未来很长时间内持续显现。

2.3 对流速的影响

水利工程对下游流速有着多方面具体影响。在蓄水期,水库拦截水流,下游流量减少,流速减缓。这使得泥沙易淤积,河道变浅变宽,影响水生生物生存,一些依赖快速水流的生物可能减少。同时,水流自净能力下降,污染物扩散变慢。泄洪时,大量水短时间下泄,下游流速急剧增大。高速水流强烈冲刷河道两岸,引发坍塌、水土流失等问题,威胁沿岸安全。还打乱水生生物生活节奏,对航运安全构成挑战,船只操控难度大增。水利工程会造成下游局部流速差异,如建筑物附近,水流受阻挡形成漩涡、紊流,流速和流向多变。局部流速差异影响泥沙输移和沉积,改变河道形态。而且,工程运行的季节性调整导致下游流速季节性变化,干扰水生生物的迁徙和繁殖规律,长期来看还可能使下游平均流速呈降低趋势,影响生态系统结构和功能。

2.4 对水质的影响

水利工程对下游水质的影响具有多面性。在积极方面,水利工程可改善水质。水库蓄水后,水流速度减缓,泥沙等颗粒物沉淀,使下游水体的浑浊度降低。同时,水体停留时间增加,有利于微生物对污染物进行分解,降低部分污染物浓度。例如水库能拦截农业面源污染中的氮、磷等营养物质,减少下游水体富营养化风险。然而,也存在不利影响。水库蓄水可能导致水温分层,底层水温低、溶解氧少,下泄的低温水会影响下游水体的溶解氧含量和水生生物的生存环境^[2]。并且,水库蓄水后,水流的移流和紊动扩散强度降低,水体中污染物浓度稀释扩散能力变弱,水汽界面气体交换速度下降,导致水体自净能力降低。另外,若清库不彻底,库底有机物分解会产生有害物质,影响下游水质。此外,水利工程改变下游水文情势,可能破坏原有生态平衡,影响水生生物多样性,间接对水质产生负面影响。

3 水利工程对下游水文情势影响的调控措施

3.1 工程优化调控

通过工程优化调控可有效减轻水利工程对下游水文情势的不利影响,保障下游生态与用水需求。(1)科学规划选址:在水利工程规划阶段,充分考虑地形、地质、水文等因素,选择最优的建设地址,减少对下游水文自然状态的破坏,避免因选址不当加剧下游水文情势的恶化。(2)合理设计结构:优化水利工程的结构设计,如调整大坝高度、泄洪孔尺寸和位置等,使水流能够更自然地通过工程设施,降低对下游水流流态的干扰,维持下游河道的生态流量。(3)精准调度运行:建立完善的水库调度方案,根据下游用水需求、生态需水和防洪要求,精准控制水库的蓄泄水过程,实现水资源的合理分配,保障下游水位、流量和流速的相对稳定。(4)生态友好改造:对已建水利工程进行生态友好型改造,如建设鱼道、人工湿地等生态设施,改善水生生物的洄游和栖息环境,促进生态系统的恢复和平衡。(5)多工程联合调控:对于流域内多个水利工程,实施联合调度,统筹考虑各工程的功能和作用,协同调节下游水文情势,提高水资源的综合利用效率和调控效果。

3.2 生态修复与保护

生态修复与保护是调控水利工程对下游水文情势影响的重要举措,可从多方面入手改善生态环境。在水生生物保护方面,建设鱼道、鱼梯等过鱼设施,为洄游性鱼类提供通道,保障其正常的繁殖和迁徙。同时,开展人工增殖放流,补充鱼类种群数量,维护生物多样性。对于河岸带生态修复,种植本土的乔木、灌木和草本植物,稳固河岸,减少水土流失。这些植被还能为生物提供栖息地,增强河岸带的生态功能。此外,恢复河岸带的自然形态,如营造蜿蜒的河道,增加水流的多样性和生态系统的复杂性。湿地生态系统也至关重要,通过合理调控水位,恢复湿地的水文过程,促进湿地植被的生长和发育。湿地具有净化水质、调节径流等功能,能有效改善下游水文情势。还可以建立湿地自然保护区,加强对湿地的保护和管理,防止人类活动的破坏。通过这些生态修复与保护措施,逐步恢复下游生态系统的平衡,减轻水利工程对水文情势的负面影响。

3.3 监测与管理强化

强化监测与管理是有效调控水利工程对下游水文情势影响的关键,可从多方面着手提升应对能力。(1)完善监测体系:构建全面且密集的下游水文监测网络,涵盖水位、流量、水质、水温等关键指标,确保数据的实时性和准确性,为科学决策提供坚实依据。(2)数据深度分析:运用先进的数据分析技术,对监测数据进行深入挖掘和分析,及时发现水文情势的变化趋势和潜在问题,以便提前采取应对措施。(3)多部门协同合作:加强水利、环保、农业、渔业等多部门之间的沟通与协作,打破信息壁垒,实现数据共享和联合执法,形成工作合力。(4)动态管理机制:建立健全水利工程的动态管理机制,根据下游水文情势的变化及时调整工程运行方案,确保工程的运行符合生态和社会需求。(5)公众参与监督:鼓励公众参与水利工程的监测和管理,通过信息公开、公众听证等方式,增强公众的环保意识和责任感,形成全社会共同参与的良好氛围。

3.4 技术创新与应用

技术创新与应用在调控水利工程对下游水文情势影响方面

意义重大,能提供强有力的支撑。在监测领域,卫星遥感和无人机等先进设备发挥着关键作用。卫星遥感可大范围、快速地获取水位、水质等信息,而无人机能对局部区域进行详细探测,二者结合弥补了传统监测手段的不足,实现了对下游水文要素高精度、实时的监测。通过构建水动力模型、生态模型等,能精准模拟水利工程对下游水文情势的影响过程^[3]。基于模拟结果,可提前预判可能出现的问题,并制定出有针对性的调控方案。新型的生态流量泄放装置能精确控制下泄流量和流速,保障下游生态用水需求;人工湿地净化技术则可有效去除水中污染物,改善水质。大数据和人工智能技术能对海量监测数据进行深度分析,挖掘数据背后的规律,为水利工程的科学调度和管理提供智能决策支持。借助这些技术创新,能更高效地调控水利工程对下游水文情势的影响,实现水资源的合理利用和生态环境的保护。

4 结语

未来,持续深入研究水利工程与下游水文生态环境间的相互作用机制迫在眉睫。随着气候变化与人类活动影响加剧,两者关系更为复杂多变。需运用多学科交叉方法,结合长期监测数据与先进模拟技术,精准把握影响规律。在此基础上,不断完善调控措施,如优化工程设计与调度方案、加强生态修复技术创新、提升监测管理效能等。如此,方能实现水利工程建设与下游水文生态环境的协调发展,保障水资源得以可持续利用,维护生态系统的稳定健康,为人类社会的长远发展筑牢生态根基。

【参考文献】

- [1]林伟平.水利工程影响下锦江流域水文情势变化研究[J].广东水利水电,2022(2):1-6.
- [2]朱万妮.水利枢纽对下游河道水文情势影响研究[J].水利科技与经济,2022,28(11):95-99.
- [3]张钰,崔萌,唐梅英,等.不同调水方式对调水河流水文情势影响评估[J].南水北调与水利科技(中英文),2025,23(3):651-659.