

水库调度对下游水文情势影响的综合分析

王帅强 陈志远

黄河水利委员会河南水文水资源局 河南 济源 454650

摘要: 水库调度作为水资源管理的重要手段,对下游水文情势产生深远影响。本文旨在综合分析水库调度对下游水文情势的多方面影响,探讨其影响机制,并提出相应的管理策略。通过梳理水库调度的基本原理、影响因素及下游水文情势的变化特征,本文旨在为水库调度优化及下游生态环境保护提供理论支持。

关键词: 水库调度;下游水文情势;影响分析;生态环境;管理策略

引言

水库作为重要的水利设施,在防洪、灌溉、供水、发电等方面发挥着关键作用。然而,水库调度过程中不可避免地会对下游水文情势产生影响,进而对生态环境、社会经济等方面产生连锁反应。因此,深入分析水库调度对下游水文情势的影响,对于促进水资源可持续利用、维护生态平衡具有重要意义。

1 水库调度基本原理

水库调度,作为水资源管理的重要环节,其核心在于根据水库的特定功能、所面临的水文环境以及社会经济的实际需求,精准调控水库的蓄水和放水流程,力求实现水资源的最大化利用与优化配置。水量平衡原理构成了水库调度的基石。它要求在水库的每一次蓄放过程中,都必须严格计算并控制水量的流入与流出,确保水库水量的动态平衡,防止因过度蓄水或放水而引发的安全问题。水库兴利调度原理,则是在确保防洪安全这一大前提下,积极探索如何通过科学调度,使水库在灌溉、发电、供水等多个方面发挥最大的兴利效益,为经济社会发展提供有力支撑。而水库防洪调度原理,则聚焦于洪水期间的特殊需求,通过精心规划水库的调度方案,有效减轻下游地区的防洪压力,确保人民群众的生命财产安全。

2 水库调度对下游水文情势的影响

2.1 水量变化

水库调度,作为水资源管理的核心手段,其每一次的蓄水与放水操作,都直接且显著地改变着下游河道的水量分配格局。在蓄水期,水库如同一位严谨的守门员,精准地拦截并储存着上游滚滚而来的水流。这一过程中,下游河道的水量明显减少,原本潺潺流动的河水可能变得细若游丝,甚至在某些极端情况下可能出现断流现象。这种水量的减少,不仅影响了下游生态系统的水分供应,导致湿地萎缩、植被退化等生态问题,还可

能对河流的自净能力造成负面影响,使得水质恶化,影响下游居民的生产生活用水安全。而到了放水期,水库则化身为慷慨的赠予者,将蓄积已久的水资源缓缓释放至下游河道^[1]。此时,下游河道的水量显著增加,河流重新焕发生机,生态系统得到滋润,水质也得以改善。然而,若放水过猛或时机不当,也可能导致下游河道水位骤升,引发洪水等自然灾害,对下游地区的人民生命财产安全构成威胁。因此,水库调度在调控下游河道水量变化的同时,也需充分考虑其对下游生态系统、水质以及防洪安全等多方面的综合影响,力求在保障水资源有效利用的同时,维护下游地区的生态平衡与人民福祉。

2.2 水位变化

水库调度不仅调控着水量的分配,更直接地引发了下游河道水位的波动,这一变化对河流生态系统及人类社会活动产生了深远的影响。蓄水期间,水库如同一个巨大的吸水海绵,大量吸纳上游来水,导致下游河道的水量锐减,进而引发水位的明显下降。这种水位的降低,对于河流的通航条件来说,无疑是一个严峻的挑战。水位过低可能导致航道变浅,船只通行困难,甚至引发搁浅等安全事故,严重影响河流的运输功能。同时,水位的下降还会改变河岸带的生态环境,湿地减少、土壤干燥化,对依赖特定水位环境的生物种群构成威胁,破坏生态平衡。而到了放水期,水库则如开闸放水,大量水流涌入下游河道,导致水位迅速上升。虽然这在一定程度上改善了河流的通航条件,使得船只能够顺畅通行,但过高的水位也可能带来新的问题。河岸带可能因水位骤升而遭受淹没,导致植被破坏、土壤侵蚀,甚至引发河岸崩塌等地质灾害。此外,水位的大幅波动还可能对河流的水质产生影响,影响下游地区的用水安全。因此,水库调度在调控水位变化时,必须充分考虑其对河流通航条件、河岸带生态系统以及水质等多方面的综合影响,通过科学合理的调度策略,实现水资

源的优化配置与生态保护的双重目标。

2.3 水质变化

水库调度不仅调控着水量与水位，更在无形中塑造着下游水质的变化，其影响主要体现在两个方面，既涉及水体滞留带来的水质自然演变，也关乎放水过程中污染物的迁移与扩散。一方面，当水库进入蓄水期，水体在库内的滞留时间显著延长。这虽然为水资源的蓄积提供了便利，但同时也为水质的自然恶化埋下了隐患。在长时间的静态存储中，水体中的溶解氧逐渐消耗，而有机物却在微生物的作用下不断分解，释放出氮、磷等营养物质，这些物质在缺乏有效循环的情况下，可能导致水体富营养化，进而引发藻类大量繁殖，影响水质清澈度，甚至可能形成“水华”等有害现象，对下游用水安全构成威胁。另一方面，水库放水时，随着库底沉积物的搅动，其中蕴含的污染物如重金属、有机污染物等可能被重新释放到水体中，并随着水流进入下游河道^[2]。这些污染物不仅可能直接恶化下游水质，还可能对水生生物造成毒害，破坏河流生态系统的稳定性。特别是在干旱季节或水库水位较低时，沉积物中的污染物浓度往往更高，放水对下游水质的影响也更为显著。因此，水库调度在平衡水资源利用与生态保护之间，必须充分考虑其对下游水质可能产生的双重影响，通过实施科学的水质监测与调度策略，确保水质安全，维护河流生态系统的健康与稳定。

2.4 水温变化

水库调度不仅在水量、水位和水质方面对下游产生显著影响，其对下游水温的调控同样不容忽视。水体温度作为水生生态系统的重要环境因子，其变化直接影响着水生生物的生存与繁衍。水库蓄水后，由于水体深度增加，太阳辐射难以穿透至深水层，导致水体温度出现明显的分层现象。表层水体受太阳直射而温度较高，形成温跃层；而深层水体则因光照不足而温度较低。这种温度分层现象在深水水库中尤为显著，且随着蓄水时间的延长而加剧。当水库进行放水操作时，这种温度分层的水体被释放到下游河道中，可能导致下游水温的异常波动。特别是在夏季，当水库放出的是深层低温水时，下游河道的水温会突然下降，这种急剧的水温变化对水生生物来说无疑是一场灾难。它可能打乱水生生物的生长节奏，影响它们的繁殖与孵化，甚至导致某些对水温敏感的物种死亡。此外，水温的波动还可能影响水体的溶解氧含量，进一步影响水生生物的呼吸与生存。因此，在水库调度过程中，必须充分考虑其对下游水温的可能影响，通过合理的放水策略与生态调度措施，尽量

减小水温波动对水生生态系统的干扰，确保水生生物的多样性与生态平衡。这要求水库管理者不仅要关注水资源的有效利用，更要重视生态保护的重要性，实现水资源开发与生态保护的和谐共生。

3 水库调度对下游水文情势的影响机制分析

水库调度作为水资源管理的重要手段，其对下游水文情势的影响机制错综复杂，涉及多个方面的因素，共同作用于下游水环境的演变。首先，水库调度方式的改变是影响下游水文情势最直接且显著的因素。不同的调度策略，如蓄水期与放水期的时长、放水流量的大小等，都会直接改变下游河道的水量分配与水位波动，进而影响河流的通航条件、水质状况及水生生态系统的稳定性。其次，水库库容的变化也是影响下游水文情势的关键因素。库容的大小决定了水库对上游来水的拦截与存储能力。当库容增大时，水库能够拦截更多的上游来水，减少下游河道的水量；反之，当库容减小时，下游河道的水量则会相应增加。这种库容的变化，不仅影响着下游水量的多少，还间接改变了下游河道的水文过程。再者，下游河道特性的差异也导致了水库调度对下游水文情势影响的空间异质性。不同河道的坡度、底质、植被覆盖等特性，都会影响水流的速度、方向及水质的演化，从而使得水库调度对下游不同河段的影响产生显著差异。最后，气候变化作为外部驱动力，通过影响降水、蒸发等水文过程，间接作用于水库调度对下游水文情势的影响。气候变暖可能导致降水模式的改变，进而影响水库的蓄水量与放水策略；同时，蒸发量的增加也可能改变水库水体的温度与水质，从而对下游水文情势产生连锁反应。

4 管理策略建议

4.1 加强水库调度的科学规划与管理

水库调度的科学规划与管理是减少其对下游水文情势不利影响的关键。首先，应基于详细的水文、气象及社会经济数据，运用先进的数学模型与预测技术，对水库的蓄水、放水过程进行精细化模拟与优化。通过模拟不同调度方案下的下游水文响应，评估其对水资源利用、防洪安全、生态环境等多方面的综合影响，从而确定最优的蓄水、放水计划^[3]。在实施过程中，应建立严格的水库调度管理制度，明确调度责任与权限，确保调度指令的准确传达与执行。同时，加强水库调度的实时监测与反馈机制，根据下游水文情势的实际变化，及时调整调度策略，实现动态管理。此外，还应加强水库调度人员的专业培训与技能提升，提高其应对突发事件的能力，确保水库调度的安全、高效运行。

4.2 加强水库与下游河道的生态联系研究, 建立生态调度机制

水库与下游河道之间的生态联系是维系下游生态系统健康的重要保障。因此, 应加强对水库与下游河道生态联系的研究, 深入了解水库调度对下游生态系统的影响机制与规律。在此基础上, 建立生态调度机制, 将生态保护理念融入水库调度的全过程。生态调度机制应充分考虑下游生态系统的水分需求与生态安全, 确保水库放水能够维持下游河道的生态流量, 保障水生生物的生存与繁衍。同时, 应关注水库放水对下游湿地、河岸带等生态系统的影响, 通过合理的调度策略, 促进生态系统的恢复与重建。此外, 还可以结合生态修复工程, 如人工湿地、生态堤岸等, 进一步增强下游生态系统的稳定性与抵抗力。

4.3 加强水质监测与管理, 防止水库放水对下游水质造成污染

水库放水对下游水质的影响不容忽视。为确保下游水质的安全, 应加强水库与下游河道的水质监测与管理。首先, 应建立完善的水质监测网络, 对水库入库、出库及下游河道的水质进行定期监测与分析, 及时掌握水质状况及变化趋势。在水库调度过程中, 应严格控制放水水质, 防止库底沉积物中的污染物随水流进入下游河道。对于水质不达标的水库, 应采取有效的治理措施, 如底泥清淤、生态修复等, 改善水库水质。同时, 加强水库周边的环境管理, 防止外部污染源对水库水质的污染^[4]。此外, 还应建立水质应急响应机制, 一旦发生水质污染事件, 能够迅速采取应对措施, 减轻对下游水质的影响。通过加强水质监测与管理, 确保水库放水对下游水质的影响控制在安全范围内。

4.4 加强气候变化对水库调度影响的研究, 提高水库调度的适应性和灵活性

气候变化对水库调度的影响日益显著。为应对气候变化带来的挑战, 应加强气候变化对水库调度影响的研究, 深入了解气候变化对水文过程、水资源分配及生态

系统的影响机制。通过构建气候变化下的水文模型与预测系统, 评估气候变化对水库调度效果的影响, 为制定适应性的调度策略提供科学依据。在提高水库调度的适应性方面, 应关注气候变化对水库蓄水、放水计划的影响, 根据气候预测结果, 及时调整调度方案, 确保水库在极端气候条件下的安全运行与有效供水。同时, 加强水库与周边地区的水资源调配与共享, 构建区域水资源安全保障体系, 提高水资源利用的灵活性与可靠性。在提高水库调度的灵活性方面, 应探索多元化的调度模式与策略, 如结合雨水集蓄、跨流域调水等措施, 增强水库对气候变化及极端天气事件的应对能力。同时, 加强水库调度技术的研发与创新, 运用智能算法、大数据等先进技术, 提升水库调度的智能化水平与决策效率。

结语

水库调度对下游水文情势产生多方面影响, 包括水量、水位、水质和水温等方面。这些影响不仅关系到下游生态系统的健康稳定, 还直接影响到社会经济的可持续发展。因此, 加强水库调度的科学规划与管理、建立生态调度机制、加强水质监测与管理以及提高水库调度的适应性和灵活性等措施对于促进水资源可持续利用、维护生态平衡具有重要意义。

参考文献

- [1]尚文绣,靖娟,尚奔.小浪底水库调度对黄河下游水文情势的影响[J].中国农村水利水电,2022,(10):91-95+104.
- [2]吕静.水库调度运行对下游河道生态流量的影响及调控技术研究[J].水上安全,2024,(14):85-87.
- [3]刘昀,赵妍,高坚,等.小浪底水库调度对黄河下游生态环境的影响[C]//中国水利学会.中国水利学会2019学术年会论文集第二分册.黄河水利委员会山东水文水资源局,2019:4.
- [4]马喜荣,范文战,吕祥思,等.瀑布水库调度方式优化对下游防洪影响研究[J].东北水利水电,2024,42(09):46-49+72.