

水库生态调度对下游河流生态系统结构与功能的影响

蒋坤¹ 蒋润²

1. 南京水科院瑞迪科技集团有限公司 江苏 南京 210003

2. 江苏淮阴水利建设有限公司 江苏 淮安 223001

摘要: 水库生态调度通过合理调节水库运行,旨在减轻对下游河流生态系统的负面影响。本文探讨了水库生态调度的概念,深入分析了其对下游河流生态系统结构与功能的具体影响,包括水文环境、水质环境、河岸带生态系统、生物多样性和生物产量等方面。同时,文章还讨论了水库生态调度的实施策略与挑战,并强调了水库生态调度在促进河流生态系统健康与可持续发展中的重要作用。

关键词: 水库生态调度; 河流生态系统; 结构与功能; 生物多样性

引言

水库作为一种重要的水资源利用和调控设施,在防洪、发电、灌溉、供水等方面发挥着不可替代的作用。然而,水库的建设和运行往往会对下游河流生态系统产生深远的影响。传统的水库调度方式主要聚焦于防洪和兴利,而忽视了河流生态系统的需求,导致下游河流生态系统的结构和功能受到不同程度的破坏。为了减缓或改善这种影响,水库生态调度应运而生。本文旨在深入探讨水库生态调度对下游河流生态系统结构与功能的影响,以为水库的可持续管理和河流生态系统的保护提供科学依据。

1 水库生态调度的概念

水库生态调度是一种以降低大坝的建设和运行对下游河流生态系统负面影响为目标的调度方式。它通过将生态因素纳入到水利工程调度中,并根据具体的工程特点制定相应的生态调度方案,旨在恢复或维持河流生态系统的健康状态。水库生态调度不仅关注水库的经济效益和社会效益,还充分考虑河流生态系统的需求,力求在发挥水库多种功能的同时,实现生态效益的最大化。

2 水库生态调度对下游河流生态系统结构与功能的影响

2.1 对水文环境的影响

2.1.1 改变水流模式

水库通过调节水流,会显著改变下游河流的自然径流模式。传统调度方式下,水库在枯水期蓄水、洪水期放水,导致下游河流的季节性洪水和枯水期的水量发生明显变化。这种变化对水生生物的繁殖和生存环境产生了深远影响。例如,一些鱼类需要在特定的水流条件下进行繁殖和迁徙。以鲑鱼为例,它们在繁殖季节需要洄游到上游的产卵场,而水库的调节可能改变河流的水

流速度和流向,阻碍鲑鱼的洄游通道,影响其繁殖成功率。此外,水流模式的改变还可能导致下游河道的冲淤平衡被打破,影响河道的形态和稳定性^[1]。水库生态调度则通过合理调节水库蓄水量和放水时间,尽量模拟自然水流模式,减少对下游河流生态系统的干扰。例如,在鱼类繁殖期,水库可以适当放水,为鱼类提供适宜的水流条件,促进鱼类的繁殖和迁徙。同时,生态调度还可以根据河流的生态需水要求,在枯水期适当放水,保障下游河流的生态基流,维持河流生态系统的正常功能。

2.1.2 影响水温

水库的深层水温度较低,当放水时可能会改变下游河流的水温。水温是影响水生生物生长和繁殖的重要因素之一。不同种类的水生生物对水温有特定的要求,水温过高或过低都可能影响它们的生存和繁衍。例如,一些冷水性鱼类适宜在较低的水温环境中生长和繁殖,而水库放出的低温水可能会使下游河流水温降低,影响这些鱼类的生长速度和繁殖能力。此外,水温的变化还可能影响水生生物的新陈代谢和生理活动,导致生物群落结构发生改变。水库生态调度可以通过合理调节放水时间和放水量,尽量减小对下游河流水温的影响。例如,在夏季高温时段,水库可以适当减少放水量,避免将低温水直接排入下游河流;在冬季低温时段,水库可以适当增加放水量,提高下游河流的水温。同时,还可以采用分层取水等措施,减少低温水对下游河流的影响。

2.2 对水质环境的影响

2.2.1 改变泥沙含量

水库拦截了大量的泥沙,减少了下游河流的泥沙含量。泥沙是河流生态系统的重要组成部分,它对于维持河岸的稳定性、湿地的形成和海洋生态系统都具有重要作用。泥沙含量的减少可能导致一系列生态问题。例

如, 河岸侵蚀加剧, 因为泥沙的减少使得河岸缺乏足够的保护, 容易受到水流的冲刷; 湿地退化, 泥沙是湿地形成和发展的重要物质基础, 泥沙减少会影响湿地的生态功能和生物多样性; 海洋生态系统的平衡也可能受到影响, 因为河流携带的泥沙是海洋营养物质的重要来源之一^[2]。水库生态调度可以通过合理调节水库蓄水量和放水时间, 控制下游河流的泥沙含量。例如, 在洪水期, 水库可以适当蓄水, 减少下游河流的泥沙冲刷; 在枯水期, 水库可以适当放水, 携带一定量的泥沙进入下游河流, 维持下游河流的泥沙平衡。此外, 还可以采用泥沙调度等措施, 将水库中的泥沙有计划地排放到下游河流, 以补充下游河流的泥沙含量。

2.2.2 影响营养物质循环

水库蓄水后, 水中的营养物质会在水库中积累。当放水时, 这些营养物质可能会被带到下游河流中, 增加下游河流的富营养化风险。富营养化会导致水体中藻类大量繁殖, 消耗水中的氧气, 形成缺氧环境, 影响水生生物的生存。例如, 蓝藻的大量繁殖会产生毒素, 对鱼类和其他水生生物造成毒害; 缺氧环境会导致鱼类等水生生物窒息死亡, 破坏河流生态系统的平衡。水库生态调度可以通过合理调节水库蓄水量和放水时间, 控制下游河流的营养物质含量。例如, 在水库蓄水期间, 可以通过定期排污等方式减少水库中的营养物质积累; 在放水时, 也可以适当控制放水量和放水时间, 避免将过多的营养物质带入下游河流。

2.3 对河岸带生态系统的影响

2.3.1 改变湿地生态系统

水库调节水位会导致下游河岸带的面积和类型发生变化, 进而影响河岸带湿地的生态系统。湿地是河流生态系统的重要组成部分, 它对于维持生物多样性、净化水质、调节气候等方面都具有重要作用。当水库水位上升时, 可能会淹没部分河岸带湿地, 导致湿地面积减少; 当水库水位下降时, 河岸带湿地可能会暴露出来, 受到干旱和风化的影响。湿地面积和类型的变化会影响湿地植被和水生生物的生长和繁殖。例如, 一些湿地植物对水位有特定的要求, 水位过高或过低都可能影响它们的生长和分布; 湿地水位的变化也会影响水生生物的栖息地和繁殖场所。水库生态调度可以通过合理调节水库水位变化幅度, 维护下游河岸带湿地的稳定性。例如, 在枯水期, 水库可以适当放水, 保持下游河岸带湿地的水位和面积; 在洪水期, 水库可以适当蓄水, 避免对下游河岸带湿地造成过大的冲刷和破坏。

2.3.2 影响森林生态系统

水库减少了洪水的频率和强度, 可能会导致河岸带的森林生态系统退化。洪水是森林生态系统的重要生态过程之一, 它可以促进种子的传播和幼苗的更新。洪水带来的泥沙和营养物质可以为森林植物的生长提供养分, 洪水的水流还可以帮助种子传播到更远的地方。洪水的减少可能导致森林生态系统的物种组成和结构发生变化, 一些依赖洪水过程的树种可能会逐渐减少, 森林的生物多样性也会受到影响。水库生态调度可以通过模拟自然洪水过程, 促进河岸带森林生态系统的恢复和健康发展^[3]。例如, 在洪水期, 水库可以适当放水, 模拟自然洪水过程, 为河岸带森林生态系统提供适宜的水文条件。同时, 还可以采用森林保护和恢复等措施, 加强对河岸带森林生态系统的管理和保护。

2.4 对生物多样性和生物产量的影响

2.4.1 影响水生生物栖息地

水库运行会改变下游河流的水流、水温、泥沙等因素, 进而导致水生生物的栖息地发生改变。栖息地的改变可能影响鱼类的迁徙、繁殖和生存。例如, 一些鱼类需要在特定的水流速度和底质条件下进行繁殖和觅食, 栖息地的改变可能导致它们无法找到合适的繁殖和觅食场所。此外, 栖息地的破碎化也会影响水生生物的交流 and 基因流动, 降低生物多样性。水库生态调度可以通过合理调节水库运行, 尽量维持下游河流的栖息地环境。例如, 在鱼类繁殖期, 水库可以适当放水, 为鱼类提供适宜的水流速度和底质条件; 在枯水期, 水库也可以适当放水, 保障下游河流的生态需水量, 维持水生生物的栖息地环境。同时, 还可以采用栖息地修复等措施, 改善水生生物的栖息地质量。

2.4.2 影响生物多样性和生物产量

水库运行对下游河流生态系统的干扰可能导致生物多样性和生物产量下降。生物多样性和生物产量是河流生态系统健康的重要指标之一。生物多样性的降低会影响河流生态系统的稳定性和抗干扰能力, 生物产量的下降会影响河流生态系统的生产力和服务功能。例如, 一些珍稀濒危物种可能会因为栖息地的破坏和食物资源的减少而面临灭绝的危险, 河流生态系统的渔业资源也会受到影响。水库生态调度通过减轻对河流生态系统的干扰, 有助于促进生物多样性和生物产量的恢复和提高。例如, 通过合理调节水库运行, 可以维持下游河流的水质环境、栖息地环境和食物链结构, 为水生生物提供适宜的生存和繁衍条件。

3 水库生态调度的实施策略与挑战

3.1 实施策略

3.1.1 制定科学的生态调度方案

根据河流生态系统的特点和需求,制定科学的生态调度方案是实施水库生态调度的关键。生态调度方案应充分考虑水库的经济效益、社会效益和生态效益,实现三者的协调统一。在制定生态调度方案时,需要对河流生态系统的结构和功能进行深入研究和分析,明确关键生态因子和生态过程。同时,还需要考虑水库的运行特点和调度能力,制定合理的调度规则和措施。

3.1.2 加强监测和评估

加强对下游河流生态系统的监测和评估是实施水库生态调度的重要保障。通过监测和评估,可以及时了解水库生态调度的效果和问题,为调整和优化调度方案提供依据。监测内容应包括水流、水温、水质、泥沙、生物多样性和生物产量等方面的指标^[4]。评估方法可以采用定量分析和定性分析相结合的方法,对水库生态调度的生态效益进行综合评价。

3.1.3 加强技术研发和应用

随着科技的不断进步,水库生态调度技术也在不断发展。加强技术研发和应用是提高水库生态调度水平的重要途径。例如,可以研发面向实时调度需求的生态调度规则智能提取技术和基于深度学习算法的实时生态调度方案决策模型等先进技术,提高水库生态调度的科学性和准确性。同时,还可以借鉴国内外的先进经验和技术成果,不断完善和优化水库生态调度方案。

3.2 面临的挑战

3.2.1 生态调度目标的确定

生态调度目标的确定是一个复杂而困难的问题。河流生态系统是一个复杂、开放、动态、非平衡和非线性系统,其结构和功能受到多种因素的影响。因此,如何确定合理的生态调度目标是一个需要深入研究的问题。在确定生态调度目标时,需要充分考虑河流生态系统的特点和需求,以及水库的运行特点和调度能力。同时,还需要考虑社会经济发展的需求和利益相关者的诉求,实现生态效益、经济效益和社会效益的协调统一。

3.2.2 生态调度技术的研发和应用

生态调度技术的研发和应用是实施水库生态调度的

关键。然而,目前生态调度技术还存在一些不足和挑战。例如,如何准确模拟和预测河流生态系统的变化过程、如何制定科学合理的生态调度规则等问题还需要进一步研究和解决。此外,生态调度技术的研发和应用还需要考虑成本效益问题。一些先进的生态调度技术可能需要较高的研发和应用成本,如何在保证生态效益的同时降低成本是一个需要权衡的问题。

3.2.3 利益相关者的协调与合作

水库生态调度涉及多个利益相关者的利益诉求和协调合作。例如,水库管理部门需要关注水库的安全运行和经济效益;环保部门需要关注河流生态系统的保护和恢复;渔业部门需要关注水生生物的保护和合理利用等。因此,在实施水库生态调度时,需要加强各利益相关者之间的协调与合作,形成共识和合力。同时,还需要建立有效的沟通机制和利益协调机制,解决可能出现的利益冲突和问题。

结语

水库生态调度作为一种积极的应对措施,对于减轻水库运行对下游河流生态系统的负面影响、促进河流生态系统的恢复和健康发展具有重要意义。通过合理调节水库运行,水库生态调度可以改变下游河流的水文环境、水质环境、河岸带生态系统以及生物多样性和生物产量等方面的影响。然而,在实施水库生态调度时也面临着一些挑战和问题,如生态调度目标的确定、生态调度技术的研发和应用以及利益相关者的协调与合作等。

参考文献

- [1]杨峰.大型水库运行对下游河流生态的影响研究[J].水上安全,2024,(16):151-153.
- [2]郭文献,三峡水库下游河流生态需水与生态调控研究.河南省,华北水利水电学院,2011-08-21.
- [3]金可,卢阳,张乾柱,等.金沙江下游流域水库消落带生态修复模式探讨[J].三峡生态环境监测,2025,10(01):25-33.
- [4]苏柳,韦诗涛,尚文绣.小浪底水库对黄河下游水沙过程的影响[J].南水北调与水利科技(中英文),2024,22(06):1129-1136.