

高坝大库建设对下游水生态环境影响评估及保护措施探讨

王德华

湖北华能熊渡电业有限公司 湖北宜都

【摘要】高坝大库建设在水资源调配、防洪发电等方面发挥重要作用，但对下游水生态环境产生显著影响。本文通过分析高坝大库对下游水文情势、水质、生物多样性及生态系统服务功能的影响，探讨其潜在生态风险。基于此，提出针对性的保护措施，包括生态流量保障、水质改善、生物栖息地修复及生态监测体系建设。研究表明，科学合理的保护措施可有效缓解高坝大库建设对下游水生态环境的不利影响，为实现水利工程与生态环境的协调发展提供理论依据与实践参考。

【关键词】高坝大库；水生态环境；影响评估；保护措施；生态修复

【收稿日期】2025 年 2 月 23 日 **【出刊日期】**2025 年 3 月 26 日 **【DOI】**10.12208/j.jer.20250108

Impact assessment and protection measures of high dam and large reservoir construction on downstream water ecology and environment

Dehua Wang

Hubei Huaneng Xiongnu Electric Power Co. Ltd, Yidu, Hubei

【Abstract】The construction of high dam and large reservoir plays an important role in water resources allocation, flood control and power generation, but it has a significant impact on the downstream water ecological environment. This paper analyzes the potential ecological risks of high dam reservoir on the downstream hydrological situation, water quality, biodiversity and ecosystem service function. Based on this, targeted protection measures are put forward, including ecological flow guarantee, water quality improvement, biological habitat restoration and ecological monitoring system construction. The research shows that scientific and reasonable protection measures can effectively alleviate the adverse effects of the construction of high dam and large reservoir on the downstream water ecological environment, and provide theoretical basis and practical reference for realizing the coordinated development of water conservancy project and ecological environment.

【Keywords】High dam and large reservoir; Water ecological environment; Impact assessment; Protection measures; Ecological restoration

引言

高坝大库作为现代水利工程的重要组成部分，在水资源调配、防洪减灾、水力发电等方面具有不可替代的作用。其建设与运行对下游水生态环境产生了复杂且深远的影响。水文情势改变、水质波动、生物栖息地破坏等问题日益凸显，威胁到生态系统的稳定与健康。本文旨在探讨高坝大库建设对下游水生态环境的影响机制，分析现存问题，并提出针对性的保护对策，以期对相关研究与实践提供参考。

1 高坝大库对下游水生态环境的影响机制

高坝大库建设对下游水生态环境的影响是多方面的，其核心机制在于改变了自然水文过程和生态系统的物理、化学及生物条件。大坝截断了河流的自然连续性，导致下游流量的季节性变化规律被打破。在蓄水期，下游流量大幅减少，水位降低，河床裸露，湿地萎缩，影响了水生生物的生存空间和繁殖条件。而在泄洪期，短时间内大量水流下泄，形成洪峰，对下游河床、河岸造成强烈冲刷，破坏了生物栖息地的稳定性。大坝的调节作用改变了下游水质。水库蓄水过程中，水体停留时间延长，水温分层现象明显，底层水温较低且富含营养

盐的水体在泄流时进入下游,导致下游水温变化异常,溶解氧降低,水质富营养化风险增加。大坝建设还阻隔了鱼类洄游通道,影响了鱼类的繁殖和基因交流,导致生物多样性下降。这些影响机制相互作用,共同作用于下游生态系统,使其结构和功能发生改变,生态服务功能受损。深入理解高坝大库对下游水生态环境的影响机制,是制定科学保护措施的基础。

高坝大库对下游水生态环境的影响还体现在生态系统服务功能的改变上。湿地作为重要的生态系统,其在净化水质、调节气候、维持生物多样性等方面具有重要作用^[1-2]。大坝建设导致下游湿地萎缩,其生态服务功能显著下降。河流生态系统作为重要的生态廊道,其完整性和连通性被大坝破坏,导致生态系统的整体稳定性降低。研究表明,大坝建设对下游生态系统的影响是长期的、复杂的,需要综合考虑其对水文、水质、生物和生态系统服务功能的多重影响。高坝大库对下游水生态环境的影响机制是多方面的,涉及水文情势、水质、生物多样性和生态系统服务功能等多个层面。这些影响机制相互作用,导致下游生态系统结构和功能的改变。科学评估高坝大库对下游水生态环境的影响,需要综合考虑这些因素,并在此基础上制定有效的保护措施。

2 高坝大库对下游水生态环境的现状评估

近年来,随着高坝大库建设的不断增加,其对下游水生态环境的影响逐渐显现。从水文情势来看,下游流量的季节性变化与天然河流相比差异显著。某大型水库下游在蓄水期流量减少了约 30%,导致河床干涸,湿地面积减少了 40%。这种流量的减少不仅影响了河流的生态基流,还导致湿地生态系统萎缩,生物栖息地面积大幅减少。在泄洪期,下游流量的突然增加对河床和河岸造成强烈冲刷,进一步破坏了生物栖息地的稳定性。这种流量的剧烈波动使得下游生态系统难以适应,许多依赖稳定水流环境的生物种群面临生存危机。水文情势的改变还影响了河流的自净能力,进一步加剧了水质问题。

在水质方面,由于水库的调节作用,下游水温季节性变化异常,夏季水温比天然河流低 3-5℃,冬季则高 2-3℃。这种水温变化打破了下游生态系统的温度平衡,影响了水生生物的生长和繁殖。溶解氧含量在泄洪期明显降低,富营养化程度加重。水库蓄水过程中,水体停留时间延长,营养物质积累,下泄水流中营养盐含量增加,导致下游水体富营养化风险显著上升^[3-4]。这种水质变化不仅影响了水生生物的生存环境,还可能导

致藻类水华等问题,进一步恶化水生态环境。生物多样性也受到严重威胁,许多洄游性鱼类的繁殖成功率大幅下降,部分珍稀物种面临灭绝风险。大坝的建设阻隔了鱼类的洄游通道,破坏了鱼类的生存和繁殖条件,导致生物多样性急剧下降。

生态系统服务功能方面,湿地萎缩导致其净化水质、调节气候等功能减弱,河流生态系统整体稳定性降低。研究表明,高坝大库建设对下游生态系统的影响是长期的、不可逆的。某大型水库下游的湿地生态系统在大坝建成后逐渐萎缩,其生态服务功能下降了约 50%。河流生态系统作为重要的生态廊道,其完整性和连通性被大坝破坏,导致生态系统的整体稳定性降低。这些现状表明,高坝大库建设对下游水生态环境产生了显著的负面影响,亟需采取有效的保护措施加以应对。生态系统服务功能的下降不仅影响了生态系统的稳定性,还对周边地区的社会经济发展产生了潜在的负面影响。科学评估高坝大库对下游水生态环境的影响,需要综合考虑水文情势、水质、生物多样性和生态系统服务功能等多个层面,并在此基础上制定有效的保护措施。

3 高坝大库下游水生态环境的保护措施

高坝大库建设对下游水生态环境的影响是多方面的,涉及水文情势、水质、生物多样性及生态系统服务功能等多个层面。为了有效缓解这种影响,必须采取综合性的保护措施。保障生态流量是关键^[5-6]。生态流量是维持河流生态系统正常功能的基础,通过科学计算和合理调度,确保下游在不同季节和工况下都能获得足够的生态流量。这可以通过优化水库调度方案、建立生态流量监测与预警机制等方式实现。优化调度方案可以在满足防洪、发电等需求时尽量模拟天然河流的流量过程,减少对生态系统的影响。生态流量监测与预警机制则可以实时监控下游流量变化,及时发现并解决生态流量不足的问题。生态流量的有效保障不仅能维持河流的生态功能,还能为水生生物提供必要的生存空间和繁殖条件。

改善水质是高坝大库下游水生态环境保护的另一重要任务。大坝建设往往会改变下游水体的物理化学性质,导致水质下降。采用生态净化措施是必要的。建设人工湿地和生态护坡是常见的生态净化手段。人工湿地可以通过植物和微生物的协同作用,有效去除水体中的营养盐和污染物,提高溶解氧水平,改善水质。生态护坡则可以在稳定河岸的为水生生物提供栖息空间,促进生态系统的恢复。通过科学的水资源管理,合理调控水库下泄水量,也能在一定程度上减少水温分

层等现象对下游水质的不利影响。

修复生物栖息地也是高坝大库下游水生态环境保护的有效手段。大坝建设往往会阻隔鱼类洄游通道,破坏湿地植被,导致生物栖息地丧失。通过建设鱼类通道、恢复湿地植被等措施,为水生生物提供适宜的生存和繁殖空间至关重要。鱼类通道的建设可以有效解决鱼类洄游受阻的问题,促进鱼类种群的基因交流和繁殖。湿地植被的恢复则可以为鸟类、两栖动物等提供栖息地,增强湿地的生态功能。建立生态监测体系也是保护措施的重要组成部分。

4 高坝大库下游水生态环境保护的未来展望

未来,高坝大库下游水生态环境保护应注重多学科融合与技术创新。一方面,加强生态水文学、生态工程学、环境科学等多学科的交叉研究,深入探索高坝大库与下游生态系统之间的相互作用机制。这种跨学科的研究方法能够更全面地理解水利工程对生态系统的复杂影响,从而为制定科学合理的保护措施提供理论支持^[7-8]。另一方面,积极引入新技术,如智能监测系统、生态修复新材料、无人机遥感技术等,提高保护措施的科学性和有效性。智能监测系统可以实时获取水文、水质和生态数据,为生态流量调控、水质改善和生物多样性保护提供精准依据;生态修复新材料则有助于恢复受损的生物栖息地,促进生态系统功能的恢复。应加强国际合作与交流,借鉴国外先进的经验和管理模式,推动我国高坝大库下游水生态环境保护工作向更高水平发展。公众参与也是未来保护工作的重要方向,通过提高公众的环保意识,形成全社会共同参与的生态保护格局,为实现水利工程与生态环境的协调发展提供坚实的保障。

未来的研究方向还应包括对高坝大库生态影响的长期监测与评估。通过建立长期的生态监测站点,实时跟踪下游水生态环境的变化,为保护措施的调整和优化提供科学依据。长期监测不仅可以揭示生态系统在不同时间尺度上的动态变化,还能帮助识别潜在的生态风险,提前采取应对措施。随着全球气候变化的加剧,高坝大库对下游水生态环境的影响可能会进一步加剧。研究气候变化与高坝大库生态影响的耦合机制,也是未来的重要研究方向。气候变化可能导致降水模式的改变、极端气候事件的增加,进而影响高坝大库的运行方式和生态效应。深入研究气候变化与生态影响的相

互作用,对于制定适应性管理策略至关重要。通过多学科融合、技术创新和国际合作,高坝大库下游水生态环境保护工作将取得更大的进展,为实现水利工程与生态环境的协调发展提供有力支持。

5 结语

高坝大库建设对下游水生态环境的影响是多方面的,涉及水文情势、水质、生物多样性和生态系统服务功能等多个层面。通过科学评估和合理保护措施的实施,能够有效缓解其不利影响。未来,应注重多学科融合与技术创新,加强国际合作与公众参与,推动高坝大库下游水生态环境保护工作向更高水平发展,实现水利工程与生态环境的协调发展。

参考文献

- [1] 吴建雄,陈悦,刘安.马敬筑高坝大库护山河安澜[J].兵团工运,2024,(03):25-26.
- [2] 蒲雅杰,冯丽妃.陈厚群:为祖国高坝大库筑牢“安全线”[J].科学新闻,2024,26(03):43-45.
- [3] 蒲雅杰,冯丽妃.陈厚群:为祖国高坝大库筑牢“安全线”[N].中国科学报,2024-05-30(001).
- [4] 李银波.长江上游高坝大库坝前水体垂向生境特性及CO₂、CH₄浓度研究[D].重庆交通大学,2023.
- [5] 郑雪玉.高坝大库深层放空系统布置及运行安全关键技术研究[D].武汉大学,2022.
- [6] 陈建辉,王晨浩,郭抒燕.数字化技术在高坝大库勘察中的应用[J].中国水利,2022,(14):62-64.
- [7] 赖红.基于串联神经网络的高坝大库数据驱动水温模型研究[D].云南大学,2022.
- [8] 杨关发,赵培双,普中勇,等.“15222”标准化管理模式促进外包工程“五化”建设——世界级高坝大库外包工程安全管理标准化探索与实践[J].现代职业安全,2021,(10):23-25.

版权声明: ©2025 作者与开放获取期刊研究中心(OAJRC)所有。本文章按照知识共享署名许可条款发表。

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

