

水利工程对河流生态系统的影响及修复

曾祖苗

浙江富江建设集团有限公司 浙江 温州 325500

摘要: 水利工程在防洪、灌溉、发电、供水等方面发挥着重要作用,但同时也对河流生态系统产生了诸多负面影响。本文深入探讨了水利工程对河流生态系统的水文情势、水生生物、河流形态等方面的影响,分析了这些影响产生的机制,并提出了相应的生态修复策略,旨在为水利工程与河流生态系统的协调发展提供理论支持和实践指导。

关键词: 水利工程; 河流生态系统; 生态影响; 生态修复

1 水利工程对河流生态系统的影响机制

1.1 水文情势改变

水利工程凭借筑坝、建闸、引水等多样化手段,对河流的自然水流过程进行了深度干预。水库作为水利工程的核心组成部分,其蓄水和调节功能犹如一把双刃剑,对下游河流径流量产生了显著且复杂的影响。在枯水期,水库大量放水,使得下游河流径流量大幅增加,改变了原本相对低水位的自然状态;而在洪水期,水库则发挥拦蓄作用,削减洪峰,导致下游径流量锐减。这种人为干预使得河流的流量过程趋于平缓,完全打破了河流原有的生态节律。河流生态系统中的众多生物,尤其是水生生物,经过长期的进化,已经适应了特定的水文节律。例如,许多洄游性鱼类依赖特定的水流条件来完成其生命周期中的关键环节——产卵和育幼。它们对水流速度、水位变化以及水流持续时间等都有着精确的要求。然而,水利工程导致的水文情势改变,使得这些鱼类难以找到适宜的繁殖场所。水流条件的改变可能破坏了它们原本熟悉的产卵场环境,导致鱼卵无法正常孵化,幼鱼生存率降低,最终使得洄游性鱼类种群数量急剧下降,面临严重的生存危机^[1]。

1.2 水质变化

水利工程的建设和运行对河流水质产生了多方面的负面影响。水库蓄水后,水流速度大幅减缓,水体流动性变差。在自然状态下,水体的流动能够促进氧气的溶解和物质的交换,增强水体的自净能力。但水流速度降低后,水体中的污染物难以迅速扩散和稀释,自净能力显著下降,为水体富营养化创造了条件。同时,水库底部沉积了大量的泥沙和有机物。在厌氧环境下,这些沉积物中的微生物会进行一系列复杂的分解作用,释放出大量的氮、磷等营养物质和重金属等有害物质。氮、磷等营养物质的过量释放会导致藻类等浮游植物大量繁殖,形成水华现象,进一步消耗水体中的氧气,使水质

恶化。而重金属等有害物质则会对水生生物产生直接毒害作用,影响其生长、繁殖和生存。此外,水利工程的引水工程也可能成为污染扩散的“帮凶”。在引水过程中,如果上游河流存在污染源,引水工程可能会将这些污染物带入下游,扩大污染范围,使原本未受污染或污染较轻的水域也受到影响,对整个河流生态系统的水质安全构成严重威胁。

1.3 河流形态改变

水利工程的建设和运行对河流的形态和地貌产生了根本性的改变。水库的修建是其中最为显著的影响因素之一。当水库蓄水后,大量的河谷和滩地被淹没,原本蜿蜒曲折的河流形态被改变,河流的纵向和横向连通性遭到严重破坏。大坝作为水利工程的标志性建筑,其阻隔作用将河流分割成不同的段落,形成了一个相对独立的水域。这种分割不仅阻碍了水生生物的洄游,使得它们无法在河流的不同区域之间自由迁徙和交流,还限制了物质的交换和能量的流动。例如,鱼类在洄游过程中需要穿越不同的水域,寻找适宜的栖息地和食物资源,但大坝的存在使得它们的洄游路线受阻,生存空间受到极大限制^[2]。同时,水利工程的调水工程也可能导致河流断流。当大量水资源被调往其他地区时,河流下游的水量急剧减少,甚至出现断流现象。河流断流意味着河流生态系统失去了水源补给,河流形态发生根本性改变。原本生机勃勃的河流生态系统变得干涸荒芜,水生生物失去了生存的基本条件,大量死亡。此外,河流形态的改变还会影响河流的泥沙输移和河床演变。泥沙是河流生态系统的重要组成部分,它不仅为河床提供了物质基础,还为水生生物提供了栖息地和食物资源。水利工程改变了泥沙的输移规律,导致河床淤积或侵蚀加剧,进一步破坏了河流生态系统的稳定性。

2 水利工程对河流生态系统的具体影响

2.1 对水生生物的影响

水利工程对水生生物的影响是多方面且深远的,其中水文情势和水质的改变是主要影响因素。水文情势的变化直接影响了水生生物的栖息地质量和食物资源。河流流量的改变使得水深、流速和水温等环境因子发生变化,一些适应自然河流环境的物种,如某些底栖动物和浮游生物,由于无法适应新的环境条件,其生存空间逐渐缩小,种群数量逐渐减少甚至消失。而水质的变化则对水生生物的生存和繁衍构成了直接威胁。水体富营养化导致的藻类大量繁殖,会消耗水体中的大量氧气,使水生生物面临缺氧的困境。同时,藻类死亡后分解过程中产生的有毒物质,如藻毒素,会对水生生物的肝脏、神经系统等造成损害,影响其生长和繁殖。此外,重金属等有害物质的污染会导致水生生物体内积累大量毒素,引发各种疾病,甚至导致死亡。在这种环境下,一些耐污性强、适应性广的物种,如某些杂食性鱼类和耐污藻类,则可能会逐渐占据优势,导致水生生物的种类组成和数量发生变化,生物多样性降低。水利工程的大坝和闸门等设施进一步加剧了这种影响^[3]。它们阻碍了鱼类的洄游,使得一些洄游性鱼类的种群数量急剧下降。例如,中华鲟、鲟鱼等珍稀洄游性鱼类,由于大坝的阻隔,无法到达传统的产卵场进行繁殖,种群数量日益减少,面临着灭绝的危险。

2.2 对河流湿地生态系统的影响

河流湿地是河流生态系统的重要组成部分,具有涵养水源、净化水质、调节气候、提供栖息地等多种重要生态功能。然而,水利工程建设对河流湿地生态系统造成了严重的破坏。

水利工程改变的河流水文情势,直接影响了河流湿地的水位、面积和生态功能。水库的蓄水会淹没部分河流湿地,使得湿地面积大幅减少。湿地面积的减少意味着其涵养水源、调节洪水等生态功能受到削弱。同时,河流湿地的水文连通性被破坏,物质循环和能量流动受到阻碍。湿地中的水生植物、动物和微生物之间原本存在着复杂的食物链和生态关系,水文连通性的破坏使得这些生物之间的相互作用受到影响,影响了湿地生物的生存和繁衍。

2.3 对河流两岸生态系统的影响

水利工程建设对河流两岸的生态环境产生了广泛而深刻的影响。水库的修建会形成大面积的水域,改变了局部气候。水域面积的增加使得空气湿度增大,气温变化幅度减小,形成了独特的小气候环境。这种小气候环境的变化会影响河流两岸的植被分布和土壤性质。一些原本适应陆地环境的植物可能无法适应新的气候条

件,生长受到抑制甚至死亡。而一些水生植物和湿生植物则可能会在两岸扩散,改变植被的组成和结构。土壤性质也会受到影响,水域的浸泡使得土壤含水量增加,透气性变差,土壤肥力下降。同时,水利工程的施工和运行过程中会产生大量的废弃物和污染物,如建筑垃圾、生活污水、油污等。这些废弃物和污染物如果得不到妥善处理,会直接排入河流或堆积在两岸,对河流两岸的生态环境造成污染和破坏。此外,水利工程建设还可能导致河流两岸的土地利用方式发生改变。为了满足水利工程建设需求和配套设施的发展,农业用地、建设用地可能会不断增加。农业用地的增加可能会导致化肥、农药的大量使用,进一步加剧河流的水污染;建设用地的增加则会破坏原有的自然生态系统,减少生物栖息地,对生物多样性造成威胁^[4]。

3 水利工程影响下河流生态系统的修复策略

3.1 生态调度

生态调度是一种基于河流生态系统需求,合理调整水利工程运行方式的科学管理策略。其核心目标是通过模拟自然河流的洪水脉冲过程,恢复河流的自然水文情势,为水生生物提供适宜的生存环境。在鱼类繁殖季节,生态调度显得尤为重要。鱼类在繁殖过程中对水流条件有着特定的要求,适宜的水流速度、水位变化和水温能够刺激鱼类的繁殖行为,提高繁殖成功率。通过适当增加下游河流的径流量,形成模拟自然洪水的脉冲式水流,可以为鱼类创造适宜的产卵和育幼条件。例如,在一些大坝下游,通过科学合理地控制水库的放水时间和流量,模拟洪水过程,使得水位上升、水流速度加快,为鱼类提供了产卵所需的刺激信号,促进了鱼类的繁殖。同时,合理安排水库的蓄水和放水时间也是生态调度的关键环节。要避免在生态敏感时期,如鱼类繁殖期、鸟类迁徙期等,对河流生态系统造成不利影响。通过建立生态调度模型,结合河流生态系统的监测数据,精确预测不同时段河流生态系统的需求,制定科学合理的调度方案,实现水利工程运行与河流生态系统保护的有机统一。

3.2 生态护坡与护岸

生态护坡与护岸是一种采用生态材料和生态工程技术,对河流两岸的坡面和岸堤进行防护和修复的创新方法。与传统的硬质护坡相比,生态护坡具有更好的生态效益和环境适应性,能够实现工程防护与生态保护的有机结合。植物护坡是生态护坡的常见形式之一。通过在河岸种植适宜的草本植物、灌木和乔木,利用植物根系的固土作用,增强土壤的抗侵蚀能力,防止坡面水土

流失。同时,植物的生长还能够增加河流两岸的植被覆盖度,改善生态环境,为水生生物提供栖息地和食物资源。例如,一些水生植物如芦苇、菖蒲等,不仅能够固土护坡,还能够吸收水体中的营养物质,净化水质,为鱼类、鸟类等提供栖息和繁殖的场所。石笼护岸也是一种有效的生态护岸方式。将石块装入金属网箱中,形成石笼结构,放置在河岸坡面。石笼护岸具有良好的透水性和柔性,能够适应河岸的变形,减少对河流生态系统的干扰。同时,石笼之间的空隙可以为水生生物提供栖息和藏身的地方,促进生物多样性的恢复。此外,生态护坡还可以结合景观设计,改善河流两岸的景观效果,提升河流生态系统的服务功能,为人们提供更加优美的休闲娱乐场所。

3.3 人工湿地建设

人工湿地是一种模拟自然湿地生态系统的人工构建的生态系统,具有净化水质、调节水文、提供栖息地等多种生态功能。在水利工程影响下,通过建设人工湿地可以有效补偿河流湿地生态系统的损失,促进河流生态系统的恢复和重建。人工湿地的设计和建设需要根据当地的气候、土壤、水质等条件,选择合适的植物种类和基质材料。常用的湿地植物有香蒲、芦苇、水葱等,这些植物具有强大的净化能力,能够通过根系吸收水体中的氮、磷等营养物质和重金属等有害物质,同时为微生物提供附着表面,促进微生物对污染物的分解和转化。基质材料则可以选择砾石、砂子、陶粒等,它们具有较大的比表面积,能够吸附水体中的污染物,为植物和微生物提供生长载体。通过物理、化学和生物作用的协同效应,人工湿地能够有效去除水体中的污染物,改善水质。同时,人工湿地还可以为水生生物提供栖息地和繁殖场所,促进生物多样性的恢复。例如,一些鸟类、鱼类和两栖动物可以在人工湿地中觅食、栖息和繁殖,形成了一个相对稳定的生态系统。此外,人工湿地还具有调节水文的功能,能够在洪水期储存洪水,减轻下游地区的洪水压力,在枯水期释放储存的水量,补充河流径流,维持河流生态系统的稳定。

3.4 鱼类通道建设

为了解决水利工程对鱼类洄游的阻碍问题,建设鱼类通道是一种行之有效的措施。鱼类通道是专门为鱼类

设计的过鱼设施,包括鱼道、鱼闸、升鱼机等多种类型。其目的是为鱼类提供安全、便捷的洄游通道,促进鱼类种群的交流和繁衍。在建设鱼类通道时,需要充分考虑鱼类的生物学特性和洄游习性。不同种类的鱼类在体型、游泳能力、洄游路线等方面存在差异,因此鱼类通道的设计应根据目标鱼类的特点进行优化。例如,对于游泳能力较强的鱼类,可以采用鱼道的形式,通过设置合理的坡度、水流速度和休息池,引导鱼类顺利通过大坝;对于游泳能力较弱的鱼类,则可以采用升鱼机的方式,将鱼类从下游提升到上游,确保其能够安全洄游。同时,鱼类通道的建设还需要考虑与周边环境的协调性。通道的位置应选择鱼类洄游的必经之路,并且要与河流的自然形态相契合,减少对河流生态系统的干扰。此外,鱼类通道的运行管理也至关重要,需要定期进行维护和监测,确保通道的畅通和有效性。通过科学合理建设和管理鱼类通道,可以有效缓解水利工程对鱼类洄游的影响,保护鱼类种群的生存和繁衍,维护河流生态系统的生物多样性。

结束语

未来,随着生态学、水文学、水利工程学等多学科的交叉融合,水利工程生态修复技术将不断创新和完善。同时,需要加强对水利工程生态影响的监测和评估,建立科学合理的生态修复指标体系和评估方法,为水利工程生态修复提供更加准确的技术支持和决策依据。此外,还需要加强公众的生态环境保护意识,提高社会对水利工程生态修复的关注度和参与度,共同推动水利工程与河流生态系统的可持续发展。

参考文献

- [1]张金海.基于河流生态系统健康的生态修复技术应用[J].科技经济导刊,2021,29(17):118-119.
- [2]严小菊,王彧,崔小爱,周蕾.基于河流生态系统健康的生态修复技术应用分析[J].节能与环保,2019(12):103-104.
- [3]刘欢,杨少荣,王小明.基于河流生态系统健康的生态修复技术研究进展[J].水生态学杂志,2019,40(02):1-6.
- [4]王富强.河流健康评估及生态系统修复关键技术研究及应用.河南省,华北水利水电学院,2012-12-23.