

水利水电工程对河流生态系统的影响及生态修复策略

田贵敏

宝鸡市冯家山水库管理局 陕西 宝鸡 721000

摘要：水利水电工程在满足人们用水和电力需求、发挥防洪作用的同时，对河流生态系统产生了显著影响，包括改变水文特征、影响水质、导致生物多样性损失等。为减轻这些负面影响，需采取生态修复策略，如合理规划项目布局、构建生态护岸和人工湿地、实施增殖放流、建立生态廊道和生态缓冲区等。同时，加强监管和评估机制，提高生态环境保护意识，确保水利水电工程与河流生态系统的和谐共生。

关键词：水利水电工程；河流生态系统；生态修复；生物多样性

引言

随着经济的快速发展和人口的不断增长，水利水电工程在满足人们用水和电力需求、发挥防洪作用等方面发挥着举足轻重的作用。然而，水利水电工程的建设与运营往往会对河流生态系统产生深远影响。河流生态系统是地球上最复杂、最脆弱的生态系统之一，它不仅为人类提供了丰富的自然资源，还维持着生物多样性和生态平衡。因此，探讨水利水电工程对河流生态系统的影响及生态修复策略，对于实现水利水电事业的可持续发展具有重要意义。

1 水利水电工程对河流生态系统的影响

1.1 改变水文特征

1.1.1 水位变化

水利水电工程的建设，尤其是水库的蓄水作用，会显著改变河流的水位。水库在蓄水期，水位上升，淹没了原有的河流两岸部分区域，导致一些原本位于河岸边的植物和动物栖息地丧失。例如，在一些山区河流上修建水库后，原本生长在河边的湿地植物被淹没，依赖这些湿地植物生存的昆虫、两栖动物等也面临生存危机。在水库放水期，水位下降，河流下游的水量和水位也会发生相应变化。这种水位的不稳定波动会干扰河流中生物的正常生活节律。例如，一些鱼类在繁殖期需要特定的水位条件来筑巢产卵，水位的不稳定可能导致其繁殖成功率下降。

1.1.2 流速变化

水库蓄水使得水体流速减缓。原本在河流中快速流动的水体，在进入水库后流速大大降低。流速的减缓会影响河流中物质的运输和能量的传递。例如，河流中的泥沙原本会随着水流快速向下游输送，流速减缓后，泥沙容易在水库中沉积下来，导致水库库容逐渐减小，影响水库的蓄水和调洪能力。流速的变化还会影响河流中

生物的生存和分布。一些底栖生物，如螺类、蚌类等，它们的生活习性适应了河流中特定的流速环境。流速减缓后，这些底栖生物的生存环境发生改变，可能导致其数量减少或分布范围发生变化。

1.2 影响水质

1.2.1 营养物质积累与水体富营养化

水库的蓄水作用使得水体流速减缓，这有助于悬浮物的沉降，从而在一定程度上改善水质。然而，水库的蓄水也使得水体中的营养物质和污染物更容易积累。河流上游流域内的农田施肥、工业废水排放等带来的氮、磷等营养物质，在进入水库后由于流速减缓而难以快速扩散和稀释。当水体中的营养物质积累到一定程度时，就可能引发水体富营养化。富营养化会导致藻类大量繁殖，藻类在繁殖过程中会消耗水体中的溶解氧，使得水体缺氧。缺氧的水体环境对鱼类等水生生物的生存极为不利，可能导致其窒息死亡^[1]。例如，我国一些大型水库在夏季常常出现藻类爆发的情况，导致水质恶化，影响周边居民的用水安全和生态系统的健康。

1.2.2 水温变化

水库蓄水后，水体深度增加，不同深度的水温会出现分层现象。在夏季，水库表层水温较高，而底层水温较低；在冬季则相反。这种水温分层现象会打破河流原本的水温平衡，对水生生物的生存和繁殖产生影响。一些鱼类对水温有特定的要求，水温的变化可能影响其生理机能和行为习性。例如，某些冷水性鱼类在水温升高后，其生长和繁殖都会受到抑制；而一些温水性鱼类在水温过低时，也可能出现生长缓慢或死亡的情况。

1.3 导致生物多样性损失

1.3.1 植物多样性损失

水利水电工程的建设会改变河流两岸的植被分布。水库蓄水淹没了原有的河岸植被，导致一些植物物种消

失。同时,水库建设过程中的土地开挖、道路修建等活动也会破坏周边的植被,进一步减少植物多样性。植被的破坏还会影响河流生态系统的稳定性。植物在河流生态系统中起着固定土壤、净化水质、为动物提供栖息地等多种作用。植物多样性的减少会削弱这些生态功能,使得河流生态系统变得更加脆弱。

1.3.2 动物多样性损失

水利水电工程对河流中动物的多样性影响更为显著。水库蓄水改变了河流的水文特征和水质,导致一些鱼类、两栖动物、昆虫等动物的生存环境发生变化。例如,一些洄游性鱼类原本需要在河流中完成繁殖、生长和洄游等生活史过程,水库的建设阻断了它们的洄游通道,导致其数量急剧下降。水库蓄水还可能改变河流中食物链和食物网的结构。一些以浮游生物为食的鱼类,由于水库蓄水导致浮游生物数量减少或种类变化,其食物来源受到影响,进而影响其生存和繁殖。这种食物链的断裂会逐级向上传递,最终影响整个河流生态系统的稳定性。

1.4 阻断河流与周边生态系统的物质和能量交换

1.4.1 营养物质和有机物流动受阻

河流是连接陆地生态系统和海洋生态系统的重要通道,它携带着大量的营养物质和有机物在陆地和海洋之间流动。水库的蓄水作用会阻断这种自然的物质流动。原本河流中的营养物质和有机物会随着水流向下游输送,为下游生态系统提供养分。水库蓄水后,这些营养物质和有机物被截留在水库中,导致下游生态系统的养分供应减少。例如,一些河流下游的湿地生态系统依赖河流带来的营养物质维持其生产力^[2]。水库蓄水后,湿地生态系统的养分供应不足,可能导致湿地植被退化、生物多样性下降等问题。

1.4.2 影响下游生态系统的结构和功能

河流与周边生态系统的物质和能量交换受阻,还会影响下游生态系统的结构和功能。下游生态系统的生物群落结构可能会发生改变,一些依赖河流输入物质的生物种群数量减少或消失。同时,下游生态系统的生态功能也会受到影响,如净化水质、调节气候等功能可能减弱。

1.5 对河流沉积环境的影响

1.5.1 泥沙沉积与下游河道侵蚀

水利水电工程的建设会使得河流中的泥沙沉积在水库中,从而减少下游河道的泥沙补给。河流中的泥沙原本在输送过程中会对下游河道进行冲刷和淤积,维持河道的形态和结构。水库蓄水后,泥沙沉积在水库中,下游河道的泥沙补给减少,导致下游河道的侵蚀加剧。例

如,我国黄河上的一些水利工程在蓄水后,下游河道的泥沙补给明显减少,河道侵蚀严重,出现了“悬河”现象,给周边地区的安全带来了严重威胁。

1.5.2 影响下游生态系统的物质循环和能量流动

泥沙是河流生态系统中的重要组成部分,它携带着大量的营养物质和微量元素。水库蓄水后,泥沙沉积在水库中,这些营养物质和微量元素也被截留在水库中,无法向下游输送。这会影响下游生态系统的物质循环和能量流动,导致下游生态系统的生产力下降。

2 生态修复策略

2.1 合理规划项目布局

2.1.1 前期调研与评估

在水利水电工程规划阶段,应进行充分的前期调研与评估。对河流流域的自然环境、生态系统、社会经济状况等进行全面了解,评估工程建设对生态环境可能产生的影响。例如,对河流的水文特征、水质状况、生物多样性等进行详细调查,为工程的合理规划提供依据。通过前期调研与评估,可以选择对生态环境影响较小的工程方案。例如,在一些生态环境敏感区域,可以采用低坝、引水式等开发方式,减少对河流生态系统的干扰。

2.1.2 遵循生态优先原则

在项目布局规划中,应遵循生态优先原则。将生态环境保护放在首要位置,确保工程建设在满足人类需求的同时,最大限度地保护河流生态系统的完整性和稳定性。例如,在规划水库库容时,应充分考虑河流的生态需水量,确保水库蓄水不会对河流生态系统造成不可逆转的损害。

2.2 构建生态护岸和人工湿地

2.2.1 生态护岸

传统的河流护岸多采用硬质材料,如混凝土、石块等,这种护岸方式虽然能够防止河流冲刷,但对河流生态系统造成了破坏。生态护岸采用柔性材料,如植被、木材等,既能够防止河流冲刷,又能够为河流生物提供栖息地^[3]。例如,在一些河流治理工程中,采用植被护岸的方式,在河岸边种植水生植物和草本植物,这些植物的根系能够固定土壤,减少水土流失,同时植物的茎叶为鱼类、昆虫等提供了栖息和繁殖的场所。

2.2.2 人工湿地

人工湿地是一种模拟自然湿地的人工生态系统,它能够有效净化水质、调节水文、提供生物栖息地等多种生态功能。在水利水电工程周边建设人工湿地,可以弥补工程建设对河流生态系统造成的破坏。例如,在水库下游建设人工湿地,可以净化水库放水带来的营养物质

和污染物,防止水体富营养化。同时,人工湿地还可以为鸟类、两栖动物等提供栖息地,增加生物多样性。

2.3 实施增殖放流

2.3.1 恢复水生生物种群

水利水电工程的建设导致一些水生生物种群数量减少或消失,通过增殖放流可以恢复这些生物种群。增殖放流是指将人工繁殖或捕捞的水生生物苗种投放到河流中,以增加其种群数量。例如,针对一些洄游性鱼类数量减少的问题,可以在河流的适宜区域进行人工繁殖,然后将鱼苗投放到河流中,帮助其恢复种群。

2.3.2 促进水生生态系统恢复

增殖放流不仅可以恢复水生生物种群,还可以促进水生生态系统的恢复。水生生物之间存在着复杂的相互关系,一种生物的恢复可能会带动其他生物的恢复。例如,投放鱼类苗种后,鱼类在生长过程中会捕食浮游生物,从而控制浮游生物的数量,防止水体富营养化。同时,鱼类的粪便等排泄物还可以为底栖生物提供养分,促进底栖生物的生长和繁殖。

2.4 建立生态廊道和生态缓冲区

2.4.1 生态廊道

生态廊道是指连接不同生态系统或生态斑块之间的通道,它能够促进生物在不同生态系统之间的迁徙和基因交流。在水利水电工程周边建立生态廊道,可以连接被工程分割的栖息地,保障野生动物的迁徙和基因交流。例如,在一些大型水库周边,可以建立生态廊道,连接水库上游和下游的森林、湿地等生态系统,为野生动物提供迁徙通道。生态廊道的建设可以采用植被恢复、设置野生动物通道等方式。

2.4.2 生态缓冲区

生态缓冲区是指在工程建设区域周边设置的一定宽度的保护区域,它可以减少工程建设对周边生态系统的干扰。在水利水电工程周边设置生态缓冲区,可以保护河流生态系统免受工程建设的直接影响。例如,在水库周边设置一定宽度的生态缓冲区,禁止在缓冲区内进行开发建设活动,保持缓冲区的自然状态。生态缓冲区可以种植本土适生植物,形成稳定的植被群落,提高土壤稳定性和抗侵蚀能力。

2.5 加强监管和评估机制

2.5.1 环境监测

建立完善的环境监测系统,对水利水电工程建设及运营过程中的生态环境影响进行实时监测。环境监测的内容包括水质、水量、生物多样性、土壤环境等多个方

面。例如,在水库周边设置水质监测站点,定期采集水样进行分析,监测水质的变化情况^[4]。同时,还可以采用遥感技术、地理信息系统等手段,对河流生态系统的变化进行宏观监测。

2.5.2 环境影响评估

在水利水电工程建设前,应进行环境影响评估。环境影响评估应全面考虑工程建设对生态环境的潜在影响,包括直接影响和间接影响、短期影响和长期影响等。例如,评估工程建设对河流生态系统的影响时,应考虑水位变化、流速变化、水质变化等多个因素对生物多样性、生态系统结构和功能的影响。根据环境影响评估结果,制定相应的环境保护措施,确保工程建设对生态环境的影响在可接受范围内。

2.5.3 生态补偿机制

建立生态补偿机制,对水利水电工程建设造成的生态环境损失进行补偿。生态补偿可以通过资金补偿、技术补偿、政策补偿等方式进行。例如,对于因工程建设而丧失栖息地的野生动物,可以通过建立自然保护区、野生动物救助站等方式进行补偿。对于因工程建设而导致的水质恶化问题,可以通过建设污水处理设施、人工湿地等方式进行补偿。

结语

水利水电工程对河流生态系统的影响是多方面的,包括改变水文特征、影响水质、导致生物多样性损失、阻断河流与周边生态系统的物质和能量交换以及对河流沉积环境的影响等。为了减轻这些负面影响,需要采取一系列生态修复策略,如合理规划项目布局、构建生态护岸和人工湿地、实施增殖放流、建立生态廊道和生态缓冲区、加强监管和评估机制等。在未来的水利水电工程建设中,应更加注重生态环境保护问题,将生态环境保护理念贯穿于工程规划、设计、建设和运营的全过程。

参考文献

- [1]刘安富,万伟,李政龙,等.河流生态修复技术在水利水电工程中的应用[J].人民黄河,2022,44(S1):69-70.
- [2]王英丽,陈俊昂.水利工程对河流形态生态影响的定量评价方法研究及应用[J].水利规划与设计,2025,(03):39-43.
- [3]刘效军.水利工程建设对水生态环境系统影响分析[J].水上安全,2024,(21):100-102.
- [4]赖丁全.水利工程对河流生态系统的累积影响及对策研究[J].中国水运,2024,(17):63-65.