

水利水电工程对下游河道冲淤变化的影响分析

田贵敏

宝鸡市冯家山水库管理局 陕西 宝鸡 721000

摘要：水利水电工程通过蓄水拦沙、改变水沙条件等方式，对下游河道的冲淤变化产生显著影响。这些变化既可能带来防洪能力提升等积极效应，也可能引发河床下切、水位下降、河道淤积等问题，对防洪、引水、灌溉及沿河城镇建设等构成挑战。本文通过分析水利水电工程对下游河道冲淤变化的影响机制，结合具体案例，探讨其带来的利弊，并提出相应的应对措施。

关键词：水利水电工程；下游河道；冲淤变化；防洪形势；生态环境

引言

水利水电工程作为人类改造自然、利用水资源的重要手段，在防洪、发电、航运、灌溉等方面发挥着巨大作用。然而，水利水电工程建设和运营也深刻地改变了河流的自然状态，特别是对下游河道的冲淤变化产生了显著影响。这种影响不仅关系到河流的生态系统平衡，还直接影响到防洪安全、航运条件、农业灌溉等多个方面^[1]。因此，深入分析水利水电工程对下游河道冲淤变化的影响，对于合理规划和运营水利水电工程、保护河流生态环境、保障社会经济可持续发展具有重要意义。

1 水利水电工程对下游河道冲淤变化的影响机制

1.1 水流条件改变

水利水电工程的建设改变了河流的天然水流状态。水库的调节作用使得下游河道的水流流量、流速和水位等水文要素发生显著变化。在汛期，水库通过拦蓄洪水，削减洪峰流量，使下游河道的水流流速减小；在非汛期，水库通过调节下泄流量，维持下游河道一定的水位，但也可能导致水流流速降低。水流流速的减小使得水流挟沙能力降低，泥沙更容易在河道中淤积。例如，一些大型水库建成后，下游河道水流变得平缓，泥沙淤

积现象明显加剧。

1.2 泥沙输移变化

水利水电工程对泥沙的拦截和调节作用是影响下游河道冲淤变化的关键因素。水库在拦蓄洪水的同时，也拦截了大量的泥沙。大部分较粗的泥沙在水库中淤积，而较细的泥沙则随水流进入下游河道。由于下游河道水流挟沙能力降低，这些细沙更容易在河道中淤积。此外，水库的调度运行方式也会影响泥沙的输移。例如，在水库排沙期间，下游河道可能会出现短期的冲刷现象，但总体上，由于泥沙来源减少和水流挟沙能力降低，下游河道仍呈现淤积趋势。

1.3 河床形态调整

下游河道冲淤变化会导致河床形态的调整。泥沙淤积会使河床抬高，形成淤积体，改变河道的纵剖面 and 横断面形态。河床抬高会降低河道的行洪能力，增加洪水泛滥的风险。同时，河床形态的调整也会影响河道的流态，使水流更加复杂，进一步影响泥沙的输移和淤积。例如，河床淤积形成的浅滩和沙洲会改变水流的流向和流速分布，导致局部区域的冲刷和淤积加剧。



图1 水利水电工程对下游河道冲淤变化的影响机制

2 水利水电工程对下游河道冲淤变化的具体影响

2.1 积极影响

2.1.1 防洪能力提升

水利水电工程通过蓄水拦沙和调度运行，可以有效提高下游河道的防洪能力。以三峡工程为例，其建成后显著提高了长江中下游地区的防洪标准。遇百年一遇及

以下洪水时,通过水库调蓄,可使沙市水位不超过警戒水位,不需启用荆江分洪区;遇更大洪水时,也可配合其他防洪工程措施,有效控制洪水,保障防洪安全。具体来说,三峡水库的防洪库容可以拦蓄大量洪水,减少下游河道的洪峰流量,降低洪水对下游地区的威胁。

2.1.2 生态环境改善(部分方面)

在一定程度上,水利水电工程对下游河道的冲淤变化也有助于改善生态环境(需辩证看待,此处只分析积极方面)。例如,通过水库的调度运行,可以调节下游河道的水量和水质,为水生生物提供适宜的生存环境。同时,河道冲刷还可以减少河床淤积,提高河流的自净能力,有助于改善水质。此外,水库蓄水形成的广阔水面还可以为候鸟提供栖息地,增加生物多样性。

2.2 消极影响

2.2.1 河床下切与水位下降

水利水电工程对下游河道的冲刷作用会导致河床下切和水位下降。这虽然在一定程度上增加了防洪能力,但也带来了一系列问题。水位下降则可能导致沿河取水设施失效,影响农业灌溉和居民生活用水。例如,一些位于低水位的灌溉泵站可能因水位下降而无法正常抽水,导致农田灌溉受到影响。

2.2.2 河道淤积与防洪压力

虽然水利水电工程可以拦截大量泥沙,但仍有部分泥沙会进入下游河道。在特定条件下(如水库调度不当、来水来沙条件变化等),下游河道可能发生淤积。河道淤积会减小河道的过洪能力,增加防洪压力。特别是在遇到大洪水时,河道淤积可能导致洪水漫滩、决堤等灾害性后果。例如,如果水库在防洪调度时未能及时泄洪,导致下游河道泥沙淤积严重,那么在遇到大洪水时,河道可能无法承受巨大的洪峰流量,从而引发洪水灾害。

2.2.3 生态系统破坏

水利水电工程对下游河道的冲淤变化会破坏河流的生态系统平衡。例如,河床下切和水位下降会改变水生生物的栖息环境,导致生物种群数量减少或灭绝^[2]。具体来说,一些适应于特定水深和水流条件的水生生物可能因河床下切和水位下降而失去栖息地,从而面临生存危机。同时,河道淤积也可能影响水生生物的食物链和繁殖条件。此外,水利水电工程还可能阻断鱼类的洄游通道,对鱼类资源造成严重影响。例如,一些洄游性鱼类需要定期洄游到上游产卵繁殖,但水利水电工程的建设可能阻断了它们的洄游路线,导致鱼类资源减少。

2.2.4 沿河设施受损

水利水电工程对下游河道的冲刷作用还可能对沿河设施造成破坏。例如,护岸工程、整治控导工程、桥梁等可能因河床下切和水流冲刷而受损或失效。具体来说,河床下切可能导致护岸工程的基础暴露,使得护岸工程失去稳定性;水流冲刷可能侵蚀整治控导工程的护坡和丁坝等结构,影响其防洪和整治效果;桥梁的桥墩也可能因水流冲刷而受损,威胁桥梁的安全。这不仅会增加维护成本,还可能对沿河地区的安全构成威胁。

2.2.5 社会经济问题

下游河道冲淤变化还会引发一系列社会经济问题。河道淤积会影响农业灌溉和工业生产用水,导致农作物减产和工业生产效率下降。此外,河道淤积还会增加河道清淤的成本,给地方政府和相关部门带来经济压力。同时,下游河道生态环境的恶化也会影响旅游业的发展,减少当地的旅游收入。

3 应对措施与建议

3.1 优化水库调度运行

来水来沙条件具有动态性和不确定性,不同季节、不同气候状况下,来水和含沙量差异显著。防洪需求要求在洪水期间合理拦蓄洪水,削减洪峰,保障下游地区的安全;发电需求则需要根据电网的负荷变化,灵活调节水库水位和下泄流量,以提高发电效率。因此,制定水库调度方案需要综合考虑这些因素,通过合理调节水库水位和下泄流量,实现下游河道的冲淤平衡和生态保护。为了选择最优的调度方案,可以采用数学模型和仿真技术。数学模型能够定量描述水库调度与下游河道冲淤变化之间的关系,通过对不同调度方案进行模拟计算,预测其对下游河道冲淤变化的影响。仿真技术则可以更加直观地展示调度方案的实施效果,帮助决策者更好地理解各种方案的优缺点。例如,通过建立水沙运动数学模型,模拟不同下泄流量和水位组合下,下游河道的冲淤变化情况,从而选择对河道冲淤影响最小、生态效益最好的调度方案。

3.2 加强河道治理与保护

针对下游河道出现的冲刷、淤积等问题,实施河道整治工程是必要的措施。河道冲刷可能导致河岸坍塌、河道变迁,影响沿河设施的安全;修建护岸工程是稳定河势、保护河床形态和沿河设施的重要手段。可以采用护坡、丁坝、顺坝等工程措施。护坡能够防止河岸土壤被水流冲刷,增强河岸的稳定性;丁坝可以挑流、束水,调整水流方向,保护河岸不受直接冲刷;顺坝则能够引导水流,使水流更加顺畅,减少河道的淤积。加强对下游河道生态环境的保护与修复工作同样重要。建设

生态护岸是一种有效的措施,如植物护岸、石笼护岸等。植物护岸利用植物的根系固土护坡,同时植物的生长还能改善河岸的生态环境,为水生生物提供栖息场所;石笼护岸则具有较好的柔韧性和透水性,能够适应河道的变形,同时石笼之间的空隙可以为水生生物提供生存空间。实施水生生物增殖放流,定期向河道放流水生生物苗种,增加生物多样性,促进河流生态系统的恢复与重建。例如,放流一些具有净化水质能力的鱼类和贝类,能够改善河道的水质,提高河流生态系统的稳定性。

3.3 加强政策法规建设与监管

完善水利水电工程建设和运营的相关政策法规体系是保障水利水电工程可持续发展的重要基础。目前,水利水电工程对下游河道冲淤变化的影响评估缺乏明确的标准和要求,生态保护与修复责任也不够清晰。制定专门的水利水电工程生态环境保护条例,明确工程建设和运营过程中的生态环境保护要求和责任。在工程建设前,要求进行严格的环境影响评价,评估工程对下游河道冲淤变化和生态环境的影响,并提出相应的保护和修复措施。在工程运营过程中,规定定期对下游河道进行监测和评估,根据监测结果及时调整运行方案,确保生态环境得到有效保护。加强对水利水电工程建设和运营的监管与执法力度^[3]。建立专门的监管机构,对水利水电工程的建设运营进行全程监管。监管机构要具备专业的技术人员和先进的监测设备,能够对工程建设和运营过程中的各个环节进行严格监督。同时,加强执法队伍建设,提高执法效率和水平。对违反相关政策法规的行为进行严厉处罚,如未按规定进行环境影响评价、未落实生态保护措施等,确保水利水电工程的建设运营符合生态环境保护要求。

3.4 推动科技创新与应用

加强对水利水电工程对下游河道冲淤变化影响机制的研究是推动水利水电工程科学发展的关键。目前,虽然对水利水电工程与下游河道冲淤变化之间的关系有了一定的认识,但还不够深入和全面。开展水沙运动力学、河道演变学等方面的研究,深入了解水利水电工程对下游河道冲淤变化的影响机制。水沙运动力学研究水流和泥沙的运动规律,揭示水利水电工程调度运行对水

流和泥沙输移的影响;河道演变学研究河道的形态变化过程,分析水利水电工程建设和运营对河道演变的影响。通过这些研究,建立更加准确的水库调度与下游河道冲淤变化关系的数学模型,为科学决策提供更加可靠的依据。积极推广新技术在水利水电工程建设和运营中的应用^[4]。采用先进的监测技术,如卫星遥感、无人机监测等,能够实时、全面地监测水库和下游河道的水沙变化。卫星遥感可以获取大范围的河道信息,监测河道的形态变化和泥沙淤积情况;无人机监测则可以更加灵活地获取局部区域的详细信息,为精准调度提供支持。采用智能调度系统,利用大数据、人工智能等技术,对水库调度方案进行优化。智能调度系统可以根据实时监测数据和预测模型,自动生成最优的调度方案,提高调度效率和准确性。

结语

水利水电工程对下游河道冲淤变化的影响是复杂多样的,既存在积极影响也存在消极影响。为了充分发挥水利水电工程的综合效益并减轻其对下游河道的不利影响,需要采取一系列应对措施和建议。通过优化水库调度运行、加强河道治理与保护、完善相关政策法规体系以及推动科技创新与应用等措施的实施,可以实现水利水电工程与下游河道的和谐共生和可持续发展。同时,也需要加强对水利水电工程对下游河道冲淤变化影响的长期监测和研究工作,为科学决策和有效管理提供有力支持。

参考文献

- [1]李东阳,倪菲菲.水利工程河道泥沙冲淤规律及水沙调节仿真[J].系统仿真技术,2022,18(02):77-80.
- [2]董宇,孙振勇,秦蕾蕾,等.向家坝水利枢纽近坝段通航水域近年冲淤特性分析[J].水运工程,2023,(08):85-89+175.
- [3]彭佳,孙东坡,沈健.不平衡输沙河段冲淤量计算典型因素影响探讨——以长江三峡水利枢纽上下游河道为例[J].人民长江,2018,49(07):30-34.
- [4]张天红,戎晓梅.海勃湾水利枢纽工程蓄水对三盛公入库泥沙及河道冲淤的影响分析[J].内蒙古水利,2024,(S1):43-44.