

# 水库库岸坍塌成因分析及防治对策研究

郭荣鑫 王彪

长江工程监理咨询有限公司(湖北) 湖北 武汉 430015

**摘要:** 水库库岸坍塌成因复杂,涉及地质构造、水文条件、人类活动等多方面因素。水位波动、不良地质条件、降雨侵蚀等自然因素为坍塌提供了条件,而过度开发、植被破坏等人类活动则加剧了风险。本研究深入分析库岸坍塌的成因,并针对性地提出包括工程加固、生态修复、管理优化在内的综合防治对策,旨在提升水库安全,保护周边生态环境与社会经济稳定。

**关键词:** 水库库岸;坍塌成因;防治对策

引言: 水库作为重要的水利工程,其库岸稳定性直接关系到水库的安全运行及周边生态环境的安全。随着自然环境的变迁和人类活动的加剧,水库库岸坍塌现象日益频发,对水库安全、周边居民生活及生态环境构成了严重威胁。因此深入分析水库库岸坍塌的成因,并探索有效的防治对策,对于保障水库安全、促进区域可持续发展具有重要意义。

## 1 水库库岸坍塌的基本概念

水库库岸坍塌是指在水库蓄水运行过程中,由于水体对库岸地形的长期浸泡、冲刷、侵蚀以及库岸岩土体自身物理力学性质的改变,导致库岸边坡稳定性下降,进而发生岩土体失稳、滑移、崩塌等地质现象。这一过程不仅影响水库的正常运行和周边生态环境,还可能对下游地区构成安全威胁。库岸坍塌的成因复杂多样,包括水库水位骤升骤降引起的动水压力变化、库岸岩土体抗剪强度降低、降雨入渗增加岩土体重量及孔隙水压力、地震等自然灾害的触发作用等,不合理的库岸开发活动,如无序采石、建房、开垦等,也会加剧库岸的不稳定。对水库库岸进行定期监测、评估与治理,采取工程措施与生物措施相结合的方法,如建设防护堤、实施植被恢复等,是保障水库安全、维护生态环境平衡的重要举措。

## 2 水库库岸坍塌的成因分析

### 2.1 地质条件因素

在水库库岸坍塌的众多成因中,地质条件因素构成了其发生的基础框架。库岸地带的岩土体性质复杂多变,包括其矿物成分、颗粒大小、结构紧密程度以及风化程度等,这些都直接决定了岩土体的抗侵蚀能力。例如,当库岸由软弱、易风化的岩石或松散的土体构成时,这些材料在水的长期浸泡和冲刷下,极易发生物理和化学性质的改变,导致强度降低、稳定性变差,库岸地带的地质构造也是关键因素之一,如断层、节理、裂

隙等地质构造的发育情况,会直接影响岩土体的完整性和连续性,为水体的渗透和侵蚀提供了便利条件,进一步加剧了库岸的不稳定性。

### 2.2 水动力作用

水动力作用作为水库库岸坍塌的主要外部驱动力,其影响深远且复杂。当水库蓄水后,水体对库岸产生的静水压力是持续存在的,而动水压力则随着水流状态的变化而不断变化。特别是在水位骤升骤降的过程中,动水压力的变化尤为剧烈,对库岸岩土体产生强烈的冲刷和侵蚀作用。水流在库岸附近的复杂流态,如涡流、回流等,也会加剧对库岸的破坏,波浪对库岸的拍击作用同样不可忽视,它不仅直接冲击库岸表面,导致岩土体松动和剥落,还可能通过水体的震荡作用,对库岸深部的岩土体产生间接影响。这些水动力因素的综合作用,使得库岸在长期的侵蚀过程中逐渐失去稳定性,最终发生坍塌。

### 2.3 人类活动影响

随着人类社会的不断发展,人类活动对水库库岸坍塌的影响日益显著。不合理的库岸开发活动是导致库岸稳定性下降的重要原因之一。例如,无序的采石活动会破坏库岸的自然坡面,削弱其抗侵蚀能力;建房和开垦等活动则会改变库岸的地表形态和植被覆盖情况,影响水土保持效果,水库周边地区的农业灌溉、工业用水等活动也会对库岸稳定性产生间接影响。这些活动可能改变地下水位和土壤湿度,导致库岸岩土体发生干湿交替和膨胀收缩等变化,进而加速其风化和侵蚀过程,水库的调度运行方式也是人类活动影响库岸稳定性的一个重要方面。频繁的水位调节可能导致库岸岩土体承受较大的应力变化,加速其破坏过程<sup>[1]</sup>。

## 3 库岸坍塌的危害评估

### 3.1 对水库安全的影响评估

库岸坍塌作为水库运行管理中的潜在危机,其对水库安全的威胁是多方面且深远的,从最直接的影响来看,坍塌的岩土体大量涌入水库,导致有效库容急剧减少,直接削弱水库的蓄水能力。这种变化不仅限制水库在防洪季节的调蓄能力,降低其抵御洪峰、保护下游安全的效能,同时也限制其在非洪水期对农业灌溉和水力发电等用水的供给能力,对区域水资源管理和利用构成了严峻挑战。更为严重的是,大规模的库岸坍塌可能直接威胁到水库大坝的基础安全。大坝作为水库的核心工程,其稳定性直接关系到整个水库的安全运行。坍塌的岩土体可能侵蚀大坝底部,造成基础暴露或受损,进而引发大坝整体稳定性的下降,增加大坝溃决的风险。一旦大坝失守,将引发灾难性的洪水,对下游地区的人民生命财产造成不可估量的损失。库岸坍塌过程中产生的巨大冲击力也不容忽视,这种冲击力可能直接作用于水库的输水、泄洪等建筑物上,导致结构破坏、功能失效。这些建筑物是水库正常运行的关键组成部分,一旦受损,将严重影响水库的调度能力和应急响应速度,进一步加剧水库安全风险。

### 3.2 对周边环境的影响评估

库岸坍塌的连锁反应远不止于水库本身,它对周边环境的破坏同样令人担忧,坍塌的岩土体可能堵塞河道,改变原有的水流方向和流速,对下游河流的生态系统造成深远影响。这种改变可能破坏河流的自然平衡,影响水生生物的栖息地,甚至引发物种灭绝等生态灾难。坍塌过程中释放的泥沙和污染物随水流进入水库及下游河流,将严重污染水质。这种污染不仅影响水生生物的生存环境,还可能通过食物链传递到人类体内,对公众健康构成威胁,水质的恶化也将限制水资源的利用范围,影响农业、工业和居民生活等多个领域。库岸坍塌还可能引发山体滑坡、泥石流等自然灾害,这些灾害具有突发性强、破坏力大的特点,往往给周边居民的生命财产安全带来巨大威胁,灾害发生后还需要投入大量的人力、物力和财力进行救援和重建工作,给社会经济带来沉重的负担。

### 3.3 对社会经济的影响评估

库岸坍塌对社会经济的影响是多方面的,作为重要的水资源基础设施,水库的安全稳定直接关系到农业灌溉和工业生产的正常进行。库岸坍塌导致的蓄水能力下降和水质污染等问题将严重影响这些经济活动的效率和效益,进而影响到整个区域的经济发展。库岸坍塌可能引发的自然灾害将给社会经济带来直接的损失,灾害造成的人员伤亡和财产损失将直接减少社会财富积累,增

加社会不稳定因素。为了应对灾害和进行重建工作,政府和社会各界还需要投入大量的资金和资源,这将进一步加重社会经济的负担<sup>[3]</sup>。库岸坍塌还可能对旅游业等第三产业造成负面影响,旅游业作为许多地区的重要经济支柱之一,其发展与水库及周边环境的保护密切相关。库岸坍塌导致的环境破坏将直接影响到旅游资源的品质和价值,降低游客的满意度和回头率,进而影响到旅游业的整体发展。这种影响不仅限于旅游业本身,还可能通过产业链传递到相关产业如餐饮、住宿等领域,对整个区域的经济活力造成拖累。

## 4 水库库岸坍塌防治对策研究

### 4.1 工程防治对策

水库库岸坍塌防治对策研究中的工程防治对策是至关重要的一环。工程防治对策主要通过物理手段直接干预库岸的稳定性,以减轻或消除坍塌风险。在易坍塌的库岸段,采用石块、混凝土等材料构建护坡结构,如浆砌石护坡、混凝土预制块护坡等,以增强库岸的抗冲刷和抗侵蚀能力。护坡工程应根据库岸地质条件、水流特性及防护要求进行设计,确保其稳定性和耐久性。在库岸坡度较陡或岩土体稳定性较差的地段,可以修建重力式或悬臂式挡土墙,以阻挡岩土体的下滑和坍塌。挡土墙的设计应考虑地基承载力、墙体材料强度及稳定性分析等因素,确保其能够有效抵抗库岸岩土体的侧压力。通过修建排水沟、渗沟等排水设施,将库岸地带的地下水及雨水及时排出,降低岩土体的含水量和孔隙水压力,提高库岸的稳定性。排水工程应与护坡、挡土墙等工程措施相结合,形成综合防治体系。对于已出现坍塌迹象或稳定性较差的库岸段,可以采用锚杆、土钉、加筋土等加固技术,对岩土体进行加固处理。这些加固措施可以提高岩土体的整体强度和稳定性,防止其继续坍塌。在库岸坍塌防治中,还应注重生态修复工程的应用,通过种植适宜的植物,如乔木、灌木、草本植物等,可以形成植被护坡,提高库岸的抗侵蚀能力,植被还能改善土壤结构,增加土壤有机质含量,促进土壤微生物活动,提高土壤的稳定性。

### 4.2 管理对策

在水库库岸坍塌防治对策中,管理对策同样起着举足轻重的作用。管理部门应组织专业队伍,开展库岸坍塌安全风险调查,研判风险等级,建立隐患点台账。并按照“风险区+隐患点”的点面防治方式,划分风险区,分类分级提出防治措施,做好应急预案,进行风险管理,确保水库的安全稳定运行。

#### 4.2.1 完善监测预警系统

完善的监测预警系统是预防库岸坍塌的重要前提。应建立专业监测与群测群防相结合的监测预警体系,进一步强化网格化管理,提升预警精度和时效性。专业监测分为实时监测、宏观地质巡查监测等方式,具体包括地质监测、水位监测、气象监测等多个方面,实时收集库岸稳定性相关的数据,利用现代信息技术,如遥感、GIS等,对数据进行处理和分析,及时发现库岸变形的迹象。此外,还应建立完善的预警机制,根据监测结果及时发布预警信息,为后续的应急处置提供有力支持。

#### 4.2.2 优化水库调度运行

优化水库调度运行是减轻库岸坍塌风险的有效手段。应根据水库的实际情况和防洪、灌溉、发电等需求,科学制定水库调度方案,合理控制水库水位的变化范围和速度。特别是在水位骤升骤降的情况下,应尽量避免或减少这种情况的发生,以减轻对库岸的冲刷和侵蚀作用,还应加强对水库调度运行的监管和评估,确保调度方案的合理性和有效性。

#### 4.2.3 加强库区管理

加强库区管理是预防库岸坍塌的重要保障。应建立健全库区管理制度,明确库区管理职责和权限,加强对库区范围内的人类活动监管。禁止在库区进行无序采石、建房、开垦等破坏库岸稳定性的活动。还应加强库区生态环境保护,促进植被恢复和生物多样性保护,提高库岸的自然防护能力,还应加强库区安全宣传教育,提高公众对库岸坍塌危害的认识和防范意识。

#### 4.3 综合防治策略

水库库岸坍塌防治对策研究中的综合防治策略,是结合工程防治与管理对策,形成的一套全面、系统的防治体系。这一策略强调在充分认识库岸坍塌成因与危害的基础上,通过多措并举、协同作战的方式,实现库岸稳定性的有效提升<sup>[4]</sup>。综合防治策略首先要求建立完

善的风险评估与监测预警机制,利用现代科技手段对库岸进行持续、全面的监测,及时发现并预警坍塌风险,加强库区管理,严格控制人类活动对库岸的破坏,保护库区生态环境,为库岸提供自然防护屏障。在工程防治方面,根据库岸地质条件、水流特性及防护要求,科学设计并实施护坡、挡土墙、排水、加固等工程措施,增强库岸的抗冲刷、抗侵蚀能力,注重生态修复工程的应用,通过植被恢复等手段,提高库岸的整体稳定性和生态功能。综合防治策略还强调优化水库调度运行,合理控制水库水位变化,减少因水位骤升骤降对库岸的冲刷和侵蚀,加强应急处置能力建设,制定完善的应急预案,确保在库岸坍塌发生时能够迅速、有效地进行抢险救援。

#### 结束语

面对水库库岸坍塌的严峻挑战,科学的成因分析与有效的防治对策至关重要。通过实施综合性的防治策略,能够增强库岸稳定性,减少坍塌风险,确保水库安全运行。未来,需持续监测库岸变化,优化防治措施,同时加强公众教育,形成全社会共同参与的水库保护格局,为区域可持续发展贡献力量。

#### 参考文献

- [1]杨焯,王帝元,何光春.三峡水库运行水位优化对库岸稳定的影响[J].水电能源科学,2022,40(09):107-110.
- [2]许波,谢谟文,何兴东,等.基于边坡单元的水库库岸稳定性层次分析与评价[J].水土保持通报,2016,36(03):290-296+370.
- [3]李强.小型水库土坝渗漏问题及其防治[J].水利科技与经济,2020,26(2):123-126.
- [4]王磊,刘洋.土坝渗漏监测与预警系统研究[J].水利科学进展,2019,31(3):89-94.