

水库泥沙淤积成因及减淤措施研究

刘俊霞 142701198704191823

摘要

水库是我国重要的水利基础设施，在防洪抗旱、供水发电、生态调节等领域发挥着不可替代的作用，但泥沙淤积问题长期制约着水库使用寿命与综合效益发挥。本文结合我国水库运行实际，分析了水库泥沙淤积的主要形成原因，从自然因素与人为因素两个维度梳理淤积形成的逻辑，在此基础上总结了当前工程领域常用的减淤措施，分析不同措施的适用场景与优缺点，为我国水库淤积治理与长效运行提供参考。研究表明，水库泥沙淤积是流域侵蚀、水力输移与水库拦蓄共同作用的结果，需要结合流域综合治理与水库调度优化，采用多元协同的减淤方案才能实现长期治理目标。

关键词

水库泥沙淤积；成因分析；减淤措施；水利工程运行

一、引言

我国水资源时空分布不均，水利工程建设是保障国家水安全、支撑经济社会发展的核心设施之一。截至 2023 年底，我国已建成各类水库超过 9.8 万座，总库容突破 9000 亿立方米，承担着防洪、供水、发电、灌溉、生态补水等多项功能。然而，水库在拦蓄洪水、调节径流的同时，也拦截了流域输移的大量泥沙，泥沙逐渐在库底淤积，造成水库有效库容不断减少，不仅削弱了水库的防洪能力与调蓄功能，还会降低发电效率、影响供水水质，严重时甚至会缩短水库的设计使用寿命，威胁水库运行安全。因此，明确水库泥沙淤积的形成原因，探索科学合理的减淤治理措施，对保障水库长效运行、充分发挥水库综合效益具有重要的现实意义。

二、水库泥沙淤积主要成因分析

2.1 自然因素

自然因素是水库泥沙淤积的基础性成因，主要包括流域侵蚀、水文特性与地形地质条件三个方面。首先，流域范围内的水力侵蚀是泥沙的主要来源，我国北

方黄土高原地区土壤疏松、植被覆盖率较低，夏季暴雨集中，雨水冲刷造成严重的水土流失，大量地表土壤被冲入河道，成为下游水库泥沙的主要来源；南方山区坡降较大，山洪冲刷能力强，也会携带大量碎屑泥沙进入水库。其次，河流水文特性决定了泥沙的输移能力，河流汛期径流量大、流速快，侵蚀与输沙能力远高于枯水期，绝大多数水库的淤积泥沙都来自汛期的洪水输沙，洪水进入水库后，过水断面扩大、流速骤降，水流携带泥沙的能力迅速下降，粗颗粒泥沙首先在库尾与回水末端淤积，细颗粒泥沙则逐渐沉降到库中与库底，长期累积形成淤积层。最后，流域地形地质条件影响产沙量与淤积分布，流域面积越大、坡度越陡，产沙量越高，淤积速度越快；如果水库所在流域分布大面积易侵蚀松散岩层，也会增加水土流失与泥沙输移的规模，加快水库淤积进程。

2.2 人为因素

人为活动是加剧水库泥沙淤积的重要诱因，主要体现在三个方面。第一，流域内不合理的生产活动加剧水土流失，部分山区陡坡开荒、过度放牧破坏了原有植被，工程建设过程中乱砍滥伐、随意堆放弃土弃渣，没有做好水土保持措施，造成大量土壤直接进入河道，大幅增加了入库泥沙量。第二，上游河道梯级开发不完善，缺乏有效的拦沙沉沙工程，部分流域只注重下游干流枢纽建设，没有在上游支流布设相应的拦沙设施，导致支流泥沙全部进入干流枢纽水库，加快了干流枢纽的淤积速度。第三，水库调度运行方式不合理，部分水库为了保证发电与供水效益，长期保持高水位运行，汛期没有提前腾出库容拦沙，也没有利用洪水期大流速排沙，导致更多泥沙滞留在库内，加快了淤积的发展。此外，部分流域采砂活动不规范，上游过度采砂虽然会减少局部河段泥沙，但也会破坏河道原有平衡，造成河岸坍塌，反而增加了向下游输移的泥沙量，加剧下游水库淤积。

三、常用水库减淤措施分析

3.1 流域水土保持措施

流域水土保持是从源头上减少入库泥沙的根本性措施，主要通过在水域水土流失区开展生态治理与工程防护，降低土壤侵蚀强度，减少产沙量。常用的水土保持措施包括植被建设与工程治理两类：植被建设方面，主要是在水土流失严重的坡地开展退耕还林还草，恢复流域植被覆盖，利用植被根系固定土壤，降低雨水冲刷对地表的侵蚀，从源头减少泥沙产生；工程治理方面，主要是在沟道修建淤地坝、谷坊等拦沙工程，在坡地修建梯田，拦截沟道输移的泥沙，减少进入河道的泥沙量。水土保持措施的优点是从源头治理，长期效益显著，还可以改善流

域生态环境，兼具生态与经济双重效益；缺点是见效周期长，治理成本较高，而且只能减少来源区的产沙，无法解决已经进入水库的淤积泥沙问题。

3.2 水库排沙清淤工程措施

排沙清淤是解决水库现有淤积最直接的工程措施，目前常用的方式包括水力排沙与机械清淤两类。水力排沙主要利用水库调度实现，包括异重流排沙、汛前泄空排沙、沿程泄洪排沙等方式：异重流排沙是利用汛期洪水形成的异重流，在异重流运行到坝前时及时打开泄洪闸，将细颗粒泥沙排出库外，适用于多泥沙河流上的蓄水水库；汛前泄空排沙是在汛期到来之前，提前降低水库水位，利用汛期大流速洪水冲刷库底淤积的泥沙，将泥沙带出库外，这种方式排沙效率较高，但会影响水库汛期后的蓄水与供水效益。机械清淤主要利用挖泥船、疏浚机械直接清除库底淤积泥沙，适用于中小型水库或者局部淤积严重的区域，优点是清淤彻底，对水库正常运行影响较小，缺点是清淤成本较高，大规模应用难度较大。

3.3 工程布局优化措施

工程布局优化主要通过调整流域水利工程布局，减少进入核心水库的泥沙量。最常见的方式是在水库上游支流建设拦沙水库，或者在入库口修建沉沙池，拦截上游输移的粗颗粒泥沙，定期清理沉沙池与拦沙水库的淤积，减少进入下游主水库的泥沙量，延长主水库的使用寿命。这种方式的优点是对主水库运行影响小，拦沙效果明确，缺点是需要额外占用土地建设拦沙与沉沙设施，增加了工程总投资，而且拦沙设施自身也需要定期清淤，维护成本较高。此外，还可以通过调整水库坝身泄洪设施布局，增加排沙洞的规模，提高水库泄洪排沙的能力，为水力排沙创造条件。

四、结论与建议

水库泥沙淤积是自然过程与人类活动共同作用的结果，自然因素决定了淤积的总体趋势，人为活动则往往加快了淤积的发展速度。解决水库泥沙淤积问题不能只依靠单一措施，需要坚持源头治理与工程治理结合，构建多元协同的减淤体系：首先要强化流域水土保持，从源头减少入库泥沙量，这是长期减淤的根本；其次要优化水库调度方式，充分利用水力排沙的自然规律，在汛期结合防洪要求开展排沙调度，提高水库自身排沙能力；最后针对已经形成的严重淤积，合理采用机械清淤、拦沙工程等措施恢复有效库容。在具体治理过程中，需要结合水库的规模、淤积程度、流域特性选择合适的措施组合，平衡减淤效益与运行成本，保障水库长期稳定发挥综合效益。

参考文献

- [1] 钱宁, 万兆惠. 泥沙运动力学[M]. 北京: 科学出版社, 1983.
- [2] 韩其为. 水库淤积与河床演变[M]. 北京: 科学出版社, 2003.
- [3] 李国英. 黄河水库泥沙处理与河道治理[J]. 水利学报, 2020, 51(1): 1-10.