

“三分一调”治理模式在高原湖泊治理中的 创新与推广

——以通海红旗河为例

何旭东¹, 盛梁涛¹, 张 海¹, 赵 斌^{2*}

¹玉溪市三湖生态环境保护研究与工程管理中心, 云南 玉溪

²玉溪师范学院化学与环境工程学院, 云南 玉溪

收稿日期: 2026年5月7日; 录用日期: 2026年6月9日; 发布日期: 2026年8月18日

摘 要

红旗河是云南杞麓湖最大入湖河流, 汇水面积占杞麓湖流域42%, 入湖水量贡献率47.8%, 污染负荷输入占比约50%。因水源单一、长期纳污, 水质自2003年以来多处于V类或劣V类, 氨氮、化学需氧量等长期超标。传统末端治理面临拦截压力大、工程推进难、管理分散等问题。对此, 通海县创新实施“分段拦截、分级调蓄、分质利用、全程调控”的“三分一调”流域综合治理模式, 实现削减污染负荷、缓解末端压力、降低运行成本的“三减”目标, 并带动生态、经济、社会效益“三提升”。本文以红旗河为例, 分析该模式在生态保护、水资源循环利用和农业灌溉管理等方面的集成创新, 对比传统治理局限, 阐释制度优势与工程协同效益, 探讨其在玉溪“三湖”及其他高原湖泊流域的推广潜力, 为高原湖泊综合治理提供参考。

关键词

高原湖泊, 杞麓湖, 污染治理, 河湖保护治理, 水资源循环利用

Innovation and Promotion Value of the “Three-One” Governance Model in Plateau Lake Restoration

—A Case Study of the Hongqi River in Tonghai

Xudong He¹, Liangtao Sheng¹, Hai Zhang¹, Bin Zhao^{2*}

¹Yuxi Lake Ecological Environment Protection Research and Engineering Management Center, Yuxi Yunnan

²School of Chemistry and Environment Engineering, Yuxi Normal University, Yuxi Yunnan

*通讯作者。

文章引用: 何旭东, 盛梁涛, 张海, 赵斌. “三分一调”治理模式在高原湖泊治理中的创新与推广[J]. 世界生态学, 2026, 15(3): 487-493. DOI: 10.12677/ije.2026.153053

Abstract

Hongqi River is the largest inflow river of Qilu Lake in Yunnan Province, with a catchment area accounting for 42% of the total lake basin, a contribution rate of 47.8% to the lake inflow, and approximately 50% of the total pollutant load entering the lake. Owing to its single water source and long-term pollutant receiving function, the water quality of the river has remained mostly at Class V or inferior Class V since 2003, with ammonia nitrogen, chemical oxygen demand, and other major indicators exceeding standards for long periods. Conventional end-of-pipe treatment has faced multiple challenges, including heavy interception pressure, difficulty in advancing engineering projects, and fragmented management. In response, Tonghai County innovatively implemented the “Three-Partition, One-Regulation” integrated “watershed governance model, featuring segmented interception, hierarchical storage and regulation, classified utilization, and whole-process control”. This model has achieved the “three reductions” goals of reducing pollutant loads, alleviating end-of-pipe treatment pressure, and lowering operating costs, while also delivering the “three improvements” of enhanced ecological, economic, and social benefits. Taking Hongqi River as a case study, this paper analyzes the integrated innovations of the model in ecological protection, water recycling, and agricultural irrigation management; compares its advantages with the limitations of traditional governance approaches; explains its institutional strengths and the synergistic benefits of engineering coordination; and explores its potential for wider application in the management of Yuxi’s “Three Lakes” and other plateau lake basins, with a view to providing reference for comprehensive plateau lake governance.

Keywords

Plateau Lakes, Qilu Lake, Pollution Control, Protection and Governance of Rivers and Lakes, Water Resource Recycling

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

高原湖泊流域普遍面临着农业面源污染治理与水资源高效调控的双重压力[1]-[3]。以云南杞麓湖为代表的高原湖泊，其入湖河流携带大量氮、磷等污染物，对湖泊富营养化构成持续威胁[4]。作为杞麓湖最大的入湖河流，红旗河年均径流量约 3816 万 m³，不仅承担着流域内约 10 万人口的生产生活用水及 7 万亩农田的灌溉需求，同时也贡献了约 50% 的入湖污染负荷。然而，由于缺乏稳定的清洁基流补给，加之承纳了大量农业退水和生活污水，红旗河水质长期难以达标，自 2003 年以来多为 V 类或劣 V 类，主要超标指标为氨氮、化学需氧量等[5]。

传统的治理模式多聚焦于末端拦截与集中处理，例如在湖滨区域建设调蓄带或人工湿地，旨在拦截初期雨洪及农业尾水[6]-[8]。然而，实践表明此类末端治理方式存在显著局限：其一，末端设施负荷过重。流域内大部分的降雨集中于夏秋汛期，导致末端设施库容压力巨大，初期雨水集中处理效果不佳。其二，工程实施难度大。建设大规模生态湿地或截污工程需占用大量耕地，例如通海县曾规划专项资金治理入湖河道，却因土地征用难、资金筹措难，仅部分工程得以实施，整体治理成效受限。其三，流域管理协

同不足。以往的河湖治理缺乏立体化防控体系与信息化调度支撑，多部门管理职能分散，难以实现污染风险及时预警与水资源的统筹调度。因此，探索一条从源头到末端的全流域系统治理新路径显得尤为迫切。

近年来，玉溪市在推进“三湖”(抚仙湖、星云湖、杞麓湖)保护治理中，明确提出治理思路需实现“两个转变”：即从末端粗放治理向源头精准治理转变，从单一污染削减向生态保护与区域发展协同并重转变。

在此背景下，“分段拦截、分级调蓄、分质利用、全程调控”(简称“三分一调”)的流域治理新模式应运而生。

该模式以红旗河流域为试点，通过分段拦截分散负荷、分级调蓄削峰错峰、分质利用实现资源化、全程调控优化管理，将高度集中于末端的拦蓄压力分散至河道全程，实现污染物的就地削减与水资源的循环利用，达成污染负荷削减与资源价值提升的“双赢”目标。

下文将系统阐述红旗河“三分一调”治理模式的核心技术与方法、实施成效，深入剖析其创新内涵，并探讨该模式在玉溪“三湖”乃至其他类似高原湖泊流域的推广价值与应用前景。

2. “三分一调”治理模式

针对红旗河小流域的水环境污染与水资源调控难题，“三分一调”治理模式提出了一套融合工程性措施与管理性机制的综合治理体系。该模式的核心在于“分段拦截、分级调蓄、分质利用、全程调控”四个相互关联的关键环节，具体流程如图1所示。

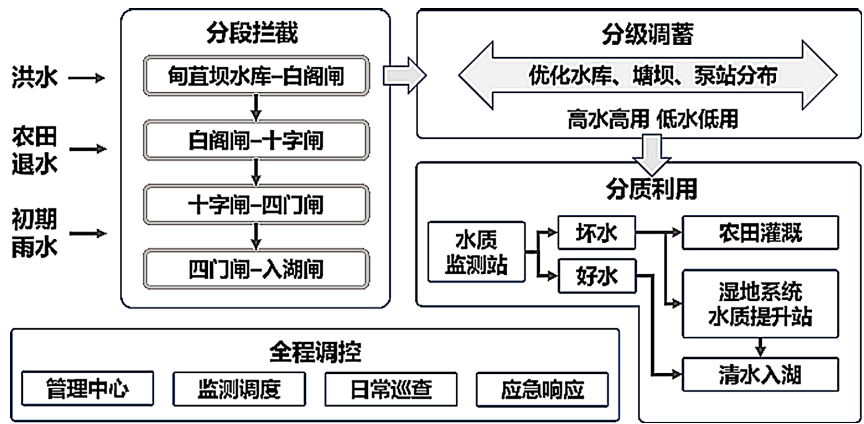


Figure 1. Schematic diagram of the “three-in-one adjustment” governance model
图 1. “三分一调”治理模式示意图

2.1. 分段拦截

分段拦截依托红旗河沿线既有的坝塘、闸坝等控制设施，将主河道科学划分为“甸苴坝水库 - 白阁闸、白阁闸 - 十字闸、十字闸 - 四门闸、四门闸 - 入湖闸”四个功能段实施管控(图2)。通过各段闸坝系统拦蓄洪水、农田退水及初期雨水，并配套抽水泵站与导流渠道，将拦截水体就近输送至调蓄塘库或农田灌溉区利用，从而实现污染负荷在河道全程的逐段削减，有效分散末端集中处理压力，显著提升污染拦截的时效性与运行效率。

2.2. 分级调蓄

在分段拦截的基础上，分级调蓄整合优化了流域内水库、塘坝、泵站等水利设施资源。依据“高水高用、低水低用”的优化配置原则，将红旗河流域划分为四个片区，实施分区、分级的水资源调度与

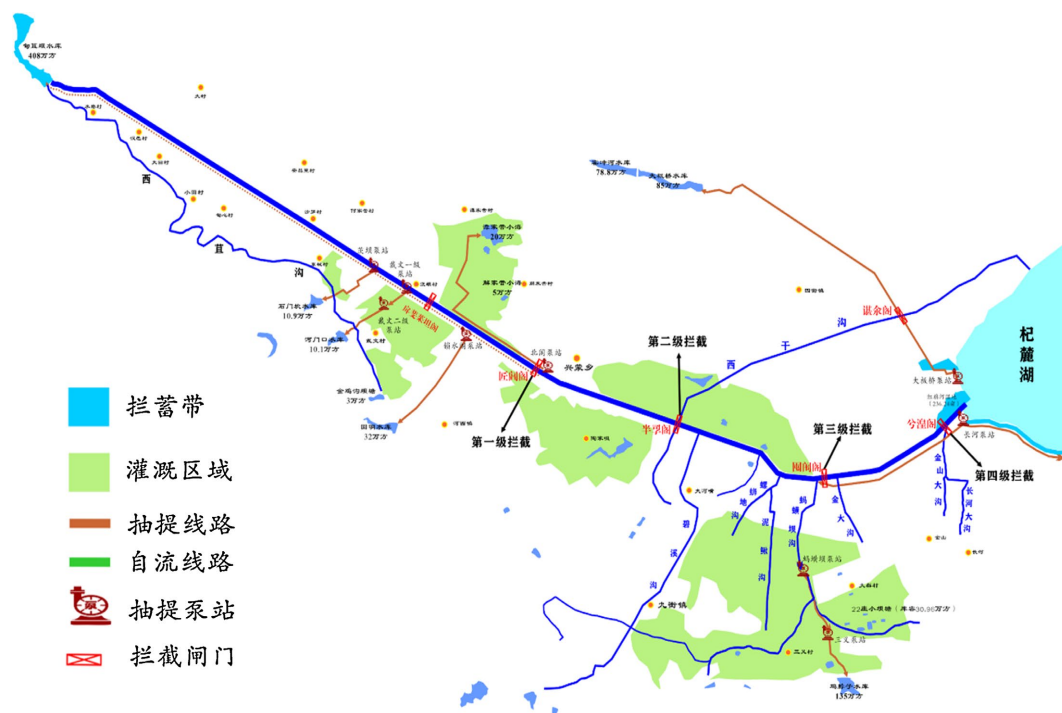


Figure 2. Schematic diagram of the “three-in-one adjustment” governance model of Hongqi River
图 2. 红旗河 “三分一调” 治理模式示意图

蓄存管理。各片区根据自身汇流特征和工程布局，精细匹配蓄水规模与农业灌溉需水，实现不同等级(雨洪、尾水等)水量的梯级蓄存与循环利用，构建全流域协同的分级调蓄格局。通过上下游片区蓄水设施的灵活联动，例如将下游盈余水回补上游水库，或将上游富余水下供下游利用，形成多层次、互补调剂的水资源调配网络。

2.3. 分质利用

分质利用则是针对红旗河以雨洪径流为主、平枯季易断流的水文特征，对拦截蓄存的水体实施基于水质差异的分类利用策略，核心是“好水入湖、差水回用”。具体而言，在河道沿线两岸建设生态湿地或改造蓄水型农田，并利用现有塘坝收集农田退水和初期雨水(差水)，就近分区蓄存并回用于农田灌溉，最大限度实现污染物的源头消减与资源化利用。而对于仍需下泄的初期雨水或经过处理的尾水(需进一步处理的水)，则通过下游已建的红旗河湿地系统进行自然净化，或经红旗河水质提升站进行深度处理达标后再排入杞麓湖，在维持湖泊必要生态补水的同时严格控制入湖污染物浓度。为保障分质利用的精准性，在河道关键节点布设了水质自动监测站，实时监测拦蓄水体水质，一旦检测指标达标即及时开启闸门将清洁水体放行入湖。

2.4. 全程调控

为确保上述工程措施高效协同运行，全程调控构建了覆盖流域全流程、各环节的管理调度体系，其核心是“三个一”的制度创新。一个统筹专班由市湖泊管理局牵头、联合沿湖县区组成，实行高位统筹、统一指挥，实现跨层级、跨部门的联动调度管理。一套工作机制则涵盖淤泥清淤、调蓄带腾容预泄、应急演练、气象预警、调度响应、日常巡查反馈、督查考核等八个关键环节，确保各项措施规范、有序、高效落实。一套信息台账建立全流域基础数据、调蓄带蓄水状态、雨水处置过程等信息的动态记录系统，

为精准防控初期雨水污染、科学调控汛期水量提供实时数据支撑与决策依据。通过上述组织与制度创新，构建了从源头、河道中段到湖滨末端的全程监控与智能调度网络，有效解决了以往因部门分割、信息不畅导致的管理效能低下问题。

3. 治理效果

“三分一调”治理模式在红旗河流域实施后，于削减入湖污染负荷、缓解末端调蓄压力以及降低运行管护成本等方面均取得了显著成效。

在削减入湖污染负荷方面，模式通过分段有效拦截初期雨水并实现充分蓄用，显著降低了污染物入湖总量。基于红旗河流域现有 17 座水库和 22 个调蓄塘、总蓄水容量约 936.86 万立方米的工程能力估算，若能在一次强降雨过程中实现全流域初期雨水的有效拦蓄调控，可一次性削减化学需氧量(COD)约 453.72 吨、总磷(TP) 7.40 吨、总氮(TN) 279.09 吨，这分别相当于 2020 年杞麓湖全年入湖污染总负荷的 6.5%、2.0%和 15.3%。这意味着“三分一调”措施在保障河道不断流、湖泊水源不断供的前提下，显著降低了入湖污染物的累积速率，有效保护了湖泊水质。尤其值得指出的是，该模式在拦截利用初期高污染水体的同时，并未切断杞麓湖的正常生态补水来源，确保了湖泊水循环的连续性。

对于缓解末端调蓄压力，“三分一调”模式的分段拦截和分级调蓄机制在洪水季节发挥了关键作用。鉴于杞麓湖流域大部分的降雨集中于每年 6~9 月，过去主要依赖河道末端和环湖调蓄带集中拦截处理初期雨水，常因瞬时水量巨大而调控失效。新模式将红旗河拆分为 4 段并对应建立 4 个片区蓄水体系后，实现了每段雨水的就地拦截与分散蓄存。上段河道在汛期即可有效削减向下游传输的水量，从而逐级减小了汇入末端的水体规模。其结果是，红旗河下游及环湖调蓄带在汛期所需处置的水量显著下降，末端集中拦蓄与调控的压力大为减轻。同时，由于上游大量原本属于“低污染”范畴的地表径流和农田退水被前端拦蓄并用于灌溉，再汇入湖泊的水体平均水质相对更佳，进一步提升了湖泊的生态效益。

在降低运行管护成本方面，“三分一调”模式通过优化工程布局和充分利用已有设施，大幅节约了治理投入。原规划方案需在红旗河下游新建 3 座大型提水泵站，将末端及调蓄带蓄水抽提至上游水库，其工程投资与后期运维成本高昂。新模式通过分段分级调蓄优化了水资源流动路径，仅需改造其中 1 座泵站即可实现同等功能，由此节省了两座泵站的建设费用，并显著降低了长期的运行维护负担及沿河灌区农户的用水成本，提升了项目的经济效益。另一方面，通海县实践形成的“戴文经验”表明，将现有农田灌溉渠道与新建高效节水设施有机结合，通过适度改造完善灌溉管网，不仅从源头节约了水资源，更促使农户主动减少化肥农药施用，实现了农业源头减排。农民参与面源污染治理的积极性提高，有效增强了沿湖居民的环保与资源节约意识，产生了显著的社会效益。综合而言，“三分一调”模式成功统筹了污染治理与农业用水需求，在有效降低治理综合成本的同时，兼顾了农业生产的可持续性，实现了生态、经济与社会效益的协同提升。

4. 经验与启示

红旗河“三分一调”治理模式的成功实践，其核心在于制度创新与工程整合形成的双重优势。制度创新体现在治理理念的根本转变，突破了传统“末端治污”的局限，将被动、单点的末端拦截转变为全流域、多节点的主动管控，将治理关口前移至河道中上游，充分发挥了源头削减的关键作用。实践证明，多段梯级拦蓄能更高效地分担洪峰和污染负荷，有效规避了末端设施超负荷运行的风险与低效。同时，该模式创新性地建立了跨部门、跨区域的协调框架，通过专项工作专班和配套机制保障信息共享与联动调度，破解了以往条块分割、监测预警不足的难题，实现了从水源拦截、工程调蓄到水质监测、应急处置的闭环管理。这种制度保障显著提升了治理措施的响应速度与执行力，标志着高原湖泊流域治理向科

学化、精细化管理的转型。

工程整合优势则表现为对现有设施的高效盘活与系统性设计。区别于以往各自为政、忽视存量工程(如农田灌渠、灌区塘坝)的治理项目,“三分一调”模式将灌区回用深度融入流域治理体系。通过充分改造和利用现有灌溉与水利设施,实现了治理工程与农业生产工程的一体化。这种整合不仅盘活了既有资产,更将水资源循环利用与农业面源减排紧密结合,产生了显著的协同效益。

与传统治理方式的比较进一步凸显了“三分一调”模式的先进性。传统末端治理在红旗河治理中暴露明显不足:依赖单一末端调蓄带拦截洪水,成本高昂且难以应对短历时洪峰;依靠末端人工湿地净化尾水,因上游持续输入污染负荷而效果有限。相比之下,“三分一调”模式统筹“拦、蓄、用、管”全链条:通过分级拦蓄前置分担污染负荷,通过分质利用策略(“差水”灌区循环、“好水”达标入湖)显著提升拦截效率和水资源利用率。经济性上,新模式减少了对大型新建治污工程的依赖,通过优化调度和设施改造达成目标,投入产出比更高,避免了高额征地建设成本。社会效益上,模式将农田灌溉体系有机融合,实现了环保与农业生产的双赢,有效提升了当地群众参与治理的积极性,避免了传统治污可能引发的灌溉用水矛盾。

在“三湖”及其他高原湖泊的推广适应性方面,红旗河模式为玉溪“三湖”(抚仙湖、星云湖、杞麓湖)乃至更广范围的高原湖泊流域治理提供了重要范例。玉溪市正积极总结红旗河经验,计划在“三湖”保护治理中构建“一圈多线”水资源循环利用新模式:完善“拦截-抽提-调蓄-灌溉-管理”五大体系,将环湖调蓄带作为末端防线(“圈”)与主要入湖河道实施“三分一调”综合治理(“线”)相结合。具体而言,可在抚仙湖北岸、星云湖周边构筑环湖截污调蓄带作为“安全圈”,同时选择主要入湖河流(如抚仙湖东大河、星云湖东西大河等)实施“三分一调”,高效回用农田退水。在杞麓湖流域,除深化红旗河治理外,可向中河、大新河、白鱼河等重点入湖河道推广,并辅以南岸高效节水灌溉示范区建设,形成多点开花、连线成网的格局。该模式对云南其他九大高原湖泊(如滇池、洱海等)同样具有借鉴意义。这些湖泊普遍面临农田尾水与初期雨洪污染问题,可依据各自流域地形、降雨特征及工程基础,因地制宜地应用“三分一调”核心理念。推广的关键在于:一是紧密结合本地已有水利设施布局,科学划分拦截片区并匹配调蓄容量,避免生搬硬套;二是同步建立配套的流域管理协调机构与运行机制,确保全程调控的有效实施。通过广泛推广这一集成治理模式,有望显著提升高原湖泊流域面源污染治理成效,为湖泊水生态环境的整体改善提供可复制的路径。

5. 结论

红旗河“三分一调”治理模式在高原湖泊治理领域展现出显著的创新性与实用价值。该模式通过工程性措施与管理性机制的系统集成,创新性地将截污治污与水资源循环利用紧密结合,有效实现了削减入湖污染负荷、缓解末端治理压力、降低运行维护成本的核心目标,并同步提升了生态保护与农业生产的协同效益。

相较于传统治理方式,“三分一调”模式充分凸显了源头治理与系统治理的显著优势,成功克服了末端治理模式孤军奋战、效率低下的固有局限。红旗河的实践有力证明,在条件适宜的小流域,通过科学统筹河道各分段及灌区资源,能够构建起高效的水污染防控与水资源优化利用综合体系。

展望未来,该模式在高原湖泊流域治理中具有良好的推广前景与适应性,可为玉溪“三湖”乃至云南其他高原湖泊的综合治理提供重要借鉴。然而,在推广应用中需紧密结合当地流域特征(地形、水文、工程基础等),因地制宜地优化工程布局并完善配套管理协调机制,以确保模式落地后的长效稳定运行。

综上所述,“三分一调”治理模式为高原湖泊流域水环境治理与水资源可持续管理提供了一套创新且有效的系统性解决方案,对实现流域水环境保护与水资源高效利用的双重战略目标具有重要的实践意义。

基金项目

国家自然科学基金项目(项目编号: 42267060); 玉溪“三湖”流域新污染物界面行为与控制创新创业团队(项目编号: TD2023YB02)。

参考文献

- [1] 高伟, 陈岩, 徐敏, 等. 抚仙湖水质变化(1980-2011 年)趋势与驱动力分析[J]. 湖泊科学, 2013, 25(5): 635-642.
- [2] 邓欣, 司源, 杨坪宏, 等. 抚仙湖水位变化特征及影响因素研究[J]. 人民长江, 2023, 54(10): 44-51.
- [3] 杨蕾霖, 王志芸, 陈静敏. 世界高原湖泊治理经验[J]. 环境科学导刊, 2025, 44(z1): 54-58.
- [4] 金星, 刘绍俊, 普发贵, 等. 杞麓湖污染源调查分析及治理对策研究[J]. 昆明理工大学学报(自然科学版), 2025, 50(5): 146-161.
- [5] 唐中奥, 杨常亮, 刘雯清, 等. 杞麓湖入湖河口湿地沉积物氮磷垂向的分布特征[J]. 环境化学, 2025, 44(2): 522-536.
- [6] 马巍, 李必琼, 杨凡, 等. 抚仙湖北岸生态调蓄带工程入湖污染物减排效益核算[J]. 中国水利水电科学研究院学报(中英文), 2024, 22(2): 129-137, 148.
- [7] 谢坤, 邓伟明, 范力. 洱海流域生态沟-库塘湿地系统对农田排水的净化效应[J]. 环境科学导刊, 2024, 43(1): 8-16.
- [8] 范天丽, 杨雨晗. 垂直流湿地污水处理效果影响因素探究[J]. 环境科学导刊, 2022, 41(1): 48-51.