

# 山区小流域水利工程生态修复及水文水资源涵养效能评估

庞盈盈

天台县里石门水库事务中心, 中国·浙江 台州 317200

**摘要:** 山区小流域受地形限制, 再加上人类活动的干扰, 水文循环变得不均衡, 水土流失问题经常发生, 水资源涵养功能也在不断下降, 从而影响生态稳定, 还制约了水资源的长期利用。针对这类流域水利工程的生态修复难点, 探索工程与非工程结合的修复办法, 结合典型案例从多个角度分析水资源涵养的实际效果, 梳理修复措施对水文过程的调控作用, 以及涵养能力提升的相关规律。这项研究能给同类小流域的生态修复、水资源精细化管理提供实际参考, 帮助破解水系统协同治理的难题, 推动生态与水资源形成良性循环。

**关键词:** 山区小流域; 水利工程; 生态修复; 水资源涵养; 效能评估

## Ecological Restoration and Hydrology-Water Resources Conservation Efficiency Assessment for Water Conservancy Projects in Small Mountainous Watersheds

Pang Yingying

Tiantai Xianlishimen Reservoir Affairs Center, China Zhejiang Taizhou 317200

**Abstract:** Constrained by topography and disturbed by human activities, small mountainous watersheds suffer from an unbalanced hydrological cycle, frequent soil erosion, and declining water conservation capacity. These issues not only undermine ecological stability but also restrict the long-term utilization of water resources. In response to the ecological restoration challenges of water conservancy projects in such watersheds, this study explores integrated engineering and non-engineering restoration measures. Combined with typical cases, it analyzes the actual effects of water resources conservation from multiple perspectives, and summarizes the regulatory role of restoration measures on hydrological processes as well as the relevant laws of improved water conservation capacity. This research can provide practical references for the ecological restoration and refined water resources management of similar small watersheds, help solve the problems of coordinated governance of water systems, and promote a virtuous cycle between ecology and water resources.

**Keywords:** Small mountainous watershed; Water conservancy project; Ecological restoration; Water resources conservation; Efficiency assessment

## 0 引言

山区小流域是水文循环的基础单元, 能承担起水资源供给、水土保持和生态防护的多项功能, 不过它的生态系统本身就比较脆弱, 抗干扰能力不强, 再加上过度开垦、破坏植被、无序开发水资源以及老旧水利工程适配性不够等问题, 很多小流域的水土流失越来越严重, 径流分配不均、水资源短缺这些问题也愈发突出, 推动水利工程的生态修复工作逐步开展。但目前相关研究大多只关注单一技术的应用, 没有系统分析修复措施和涵养效能的关联, 评估体系也不够贴合基层实际。因此开展这项研究, 既能破解山区生态与水资源的矛盾, 也能完善小流域水文治理和水资源管控的体系。

## 1 山区小流域水利工程生态修复实践探索

### 1.1 山区小流域水利工程生态现状

山区小流域地形复杂, 坡度差别很大, 不同区域的植被覆盖情况也不一样, 水文变化受气候、地形和人类活动的共同影响, 径流分配不均、雨水渗不进地下、土壤保水能力差的情况很常见。有些区域过分追求短期利益, 随意开垦土地和开采水资源, 破坏了原生生态系统的完整性, 导致植被截留水资源和固土保水的能力下降, 水文循环紊乱的问题变得更加严重。这在一定程度上能看出人类活动对水资源系统的负面影响, 也能体现出工程生态修复的紧迫性<sup>[1]</sup>。

不同气候带的山区小流域, 水文和水资源特点差别很

明显,有些区域会面临季节性缺水,降水集中且大多以地表径流的形式流失,水资源利用率不高;还有些区域受暴雨影响,水土流失和河道淤积问题突出,影响水文系统正常运转。这种差异化特点决定了生态修复不能采用统一的模式,得结合流域自身的水文和生态条件,量身制定修复方案。同时,小流域水利工程的脆弱性不仅和自然条件有关,也和人类生态保护意识薄弱、工程布局不合理脱不开关系,需要通过系统性修复来解决这些难题。

水利工程的老化和不合理布局,会进一步加重小流域的生态退化。不少老旧水利工程当初建设时主要侧重蓄水和灌溉功能,忽视了对流域生态系统的保护,可能会给水文循环带来负面影响,降低水资源涵养能力。这种工程建设和生态保护脱节的问题,提醒着生态修复需要兼顾工程效果和生态价值,让水利工程能和流域生态相互适配。

### 1.2 山区小流域水利工程生态修复核心原则

山区小流域水利工程的生态修复,要遵循生态适应性原则,结合流域的地形地貌、水文特点、植被类型和气候条件,选择合适的修复技术和方案,避免盲目套用统一模式,不然可能会对生态系统造成二次干扰,加重生态退化。生态系统是一个有机整体,修复工作不能只推进单一措施,要兼顾植被恢复、水文调控、水土流失治理,搭建起全方位的协同修复框架。

因地制宜是生态修复的关键,不同流域的生态问题和资源条件差别很大,修复的重点和技术选择也有所不同。修复工作要围绕流域水文循环的规律,重视保护原生生态系统,减少人为干预带来的生态冲击,优先采用生态友好型的技术和材料,提升修复的可持续性。生态修复是个长期的过程,生态系统恢复无法一蹴而就,需要结合水文变化不断优化修复方案<sup>[2]</sup>。

生态修复要兼顾生态效益和水资源利用效益,不能只追求生态效果而忽视水资源的合理利用,也不能过度开发水资源而牺牲生态环境。通过修复优化水文过程,提升水资源涵养和调控能力,实现生态保护和水资源高效利用的双赢,这也是小流域水利工程生态修复的核心目标之一,能有效避免单一治理的片面性。

### 1.3 山区小流域水资源工程生态修复关键路径

植被恢复是生态修复的核心做法,也是提升水资源涵养能力的重要支撑。乡土植被适应性强并且成活率高,能更好地融入原生的生态系统,提升雨水截留和储存能力,减少地表径流,控制水土流失。选择植被的时候,要兼顾生态效益和水文调控需求,搭建乔灌草复合植被群落,优

化植被结构,改善流域土壤的保水条件。

优化水利调控工程是生态修复的重要手段,要结合流域的地形地貌,对老旧水利工程进行生态化改造,同时合理修建梯田、小型蓄水池、集水廊道和生态护岸等工程。这些措施能减缓地表径流的速度,增加雨水下渗量,储存多余的水资源,缓解季节性水资源短缺的问题,同时也可以减少河道侵蚀和淤积。和传统的硬质护岸相比,生态护岸更能兼顾防护和生态效益,维持河道生态系统的完整性。

水土流失综合治理要和水文调控与植被恢复配合推进,采用工程措施和生物措施相结合的方式,控制土壤侵蚀,提升土壤保水保肥能力。可以通过修建护坡工程和铺设植被毯等方式减少坡面水土流失,再搭配植被恢复措施巩固治理效果,形成“工程防护+生物涵养”的综合治理体系,这或许能给流域水文循环带来积极影响。

非工程措施能提升生态修复的长效性,通过开展生态保护宣传、规范人类生产活动,减少人为活动对流域生态与水文系统的干扰。建立流域生态与水文动态监测机制,跟踪植被覆盖、径流变化、水土流失等情况,给优化修复方案提供科学依据。这种非工程措施或许能弥补工程修复的不足,提升小流域生态修复的稳定性<sup>[1]</sup>。

### 1.4 山区小流域水利工程生态修复实践反思

目前小流域生态修复工作中,有些区域存在修复方案同质化的问题,没有充分结合流域自身的水文和生态特点,导致修复效果没达到预期。还有些修复工作过于侧重工程措施,忽视了生物措施和非工程措施的配合,很难实现生态系统的长期稳定恢复,修复后可能会出现生态退化反弹的情况,不利于水利工程的长期良性循环。

修复技术适配性不足,也是影响修复效果的重要因素。有些区域盲目引进外来修复技术和植被品种,没有考虑当地的水文和气候条件,导致技术很难落地并且植被成活率不高,无法发挥水文调控和水资源涵养的作用。另外,修复的长效管护机制不够完善,缺少常态化的监测和管护,有些修复工程建成后因为没人维护而失去效用。

生态修复和水资源管控的配合不够紧密,有些修复工作没有衔接水资源开发利用规划,导致修复措施和水资源管控的需求脱节,没法有效解决水资源短缺和生态退化的双重难题。这在一定程度上反映了小流域治理中缺乏系统性思维,后续要加强二者的协同衔接,提升治理的综合效果。

## 2 山区小流域水利工程生态修复及水资源涵养效能评估

### 2.1 水资源涵养效能评估的核心维度

评估山区小流域水资源涵养效能,要立足生态系统的整体性和修复工作的实践性,不能只靠单一的指标评估,需要从水文调控、植被涵养、水土流失治理三个角度展开,全面分析生态修复的效果。水文调控效能主要关注修复后流域径流分配、雨水下渗、水资源储存等指标的变化,关注水利工程以及生物修复措施对水文过程的优化作用。

植被涵养效能重点关注植被覆盖提高后,对雨水截留和储存以及土壤保水能力的改善,分析植被结构优化对水资源涵养的作用。植被是小流域水资源涵养的重要载体,它的覆盖度和群落结构变化,可能会对水资源截留与储存能力产生影响,是效能评估中需要重点考虑的因素。水土流失治理效能则关注土壤侵蚀程度的变化,评估修复措施对水土资源的保护作用,分析水土流失改善对水文循环的积极影响<sup>[4]</sup>。

效能评估还要兼顾生态效益和水资源利用效益,重点关注生态系统的稳定性和水资源涵养能力的提升,同时观察修复措施对水资源供给与灌溉保障等方面的作用。这种多维度的评估思路,能避免单一指标评估的片面性,全面反映生态修复与水资源涵养的协同效果。

### 2.2 水资源涵养效能评估的方法体系及实践规范

山区小流域水资源涵养效能评估,要结合定性和定量分析,搭建贴合基层实践的评估体系,避免单一方法的局限性。定量分析通过长期定点监测流域径流、土壤含水量、植被覆盖度、土壤侵蚀程度等指标,运用相关模型处理数据,展现出效能的变化情况。

定性分析则结合流域生态现状、水利工程以及生物修复措施的落地情况,分析效能变化的原因、存在的问题以及改进方向,弥补定量分析的不足,提高评估结果的实用性。选择评估方法和指标时,要遵循适配性原则,结合流域的自然条件、生态问题、修复模式以及数据获取能力,优化指标和模型参数<sup>[5]</sup>。

不同小流域的地形、植被、水文特点以及修复重点差别很大,评估指标的权重设置要灵活调整,符合区域实际情况。评估过程中要坚持数据真实可靠的原则,杜绝数据造假,保证评估结果科学可信。生态系统恢复是一个长期的过程,水资源涵养效能会随着修复工作的推进发生变化,因此需要建立动态的评估机制,定期开展评估工作。动态

评估能及时掌握修复的阶段性效果和不足,给优化方案提供科学依据,评估结果要关注修复方案的调整,加强水利工程以及生物修复措施与水资源涵养的协同性,提高小流域水文治理和水资源管控的水平。

### 2.3 山区小流域生态修复及水资源涵养效能评估案例实践

选取一处典型的山区小流域作为案例,这片流域属于中低山地地形,坡度较大,之前因为过度开垦、破坏植被,植被覆盖度低,以草本植物为主,乔木、灌木分布稀疏,水土流失突出,径流分配也不均匀,季节性水资源短缺比较严重,老旧水利工程也跟不上生态保护的需求,影响水资源利用与生态稳定。当地结合这片流域的水文和生态实际情况,针对性开展了生态修复工作,并且搭建了水资源涵养效能的评估体系。

这片流域采用的是植被恢复和水利工程水文调控协同修复模式,兼顾工程与非工程措施。植被恢复方面,采用的都是适配当地气候和土壤的乡土品种,建立乔灌草搭配的复合植被群落,提升固土保水的能力;水文调控方面,对老旧水利工程做了生态化改造,修建了梯田、小型蓄水池和生态护岸,整治了河道和修建集水廊道,能放慢地表径流的速度,让更多雨水渗进地下,同时也能存下多余的水资源。

同时还配套建了动态监测机制,规范大家的生产活动,加强对水利工程及生物修复的长期管护。效能评估采用的是定性加定量结合的方式,重点围绕水文调控、植被涵养、水土流失治理这三个核心方面,定量监测关键指标,定性分析修复对水文循环和水资源涵养的实际影响,坚持全面客观原则。

经过一段时间的修复和监测,这片流域的水资源涵养效能稳步提升,这在一定程度上能看出修复方案的有效性。植被覆盖度明显变高,截留和储存雨水的能力也有所加强,土壤含水量也有了改善;径流分配更趋合理,季节性缺水的问题有所缓解,水土流失也得到了初步控制,水利工程调控水文的能力也有提升,实现了生态和水资源利用效益的同步改善。

同时这个案例也暴露了一些问题,部分区域植被养护不到位,群落结构优化的进度比预想中慢,可能会影响涵养效能的持续提升;生态护岸的稳定性还得加强,遇上暴雨冲刷容易受损,需要重点强化长期管护。这也能看出小流域生态修复和水资源涵养是长期过程,需要慢慢优化方案和加强监测管护工作。

## 2.4 生态修复及水资源涵养效能提升的优化路径

山区小流域水利工程的生态修复及提升水资源涵养效能,需要扎根流域自身的水文和生态条件,优化修复方案,避免走同质化的路径,重点增强措施的针对性和适配性。结合水文循环的规律,搭建“水利工程修复+生物涵养+非工程管控”的协同体系,加强各类措施的联动性,这样才能更好地提升综合效能。

优化修复技术选择,优先采用那些生态友好、适配性强的技术与乡土植被,避免盲目引进外来技术和物种,这样才能提高修复的落地效果和可持续性。另外,要加强老旧水利工程的生态化改造,既兼顾水文调控的功能,也要重视生态保护,让水利工程能和流域生态可以更好地进行适配。

水资源涵养效能的评估体系也需要完善,细化评估指标和优化评估方法,结合动态监测的数据,能给方案优化提供精准的参考。同时还要建立水利工程及生物修复措施的长期管护机制,抓实常态化监测、植被养护和工程维护工作,避免修复成效出现反弹的情况。

加强生态修复和水资源管控的衔接,结合水资源开发利用的规划来优化修复方案,实现生态保护和水资源高效利用的同步推进。多开展区域间的修复经验交流,总结出适合不同类型山区小流域的水利工程修复、生物修复和评估模式,给同类流域提供可以参考的思路。

## 3 结语

山区小流域水利工程生态修复及水资源涵养效能评估,是解决小流域生态退化和水资源短缺这两个难题的关键办法。关注小流域水文与生态现状,探索出协同推进的修复路径,搭建了多维度的效能评估体系,并且结合典型案例,验证了这些修复和评估方法的实用性,也梳理出效能提升的规律和存在的问题。实践发现,协同化修复、适配性技术选择及动态评估管护,能有效提升水资源涵养效能。后续得持续优化水利工程及生物修复措施与评估方案,强化区域协同治理,助力山区小流域生态与水文水资源良性循环,推动水资源可持续利用。

### 参考文献:

- [1] 李俊通. 小流域河水污染特征及生态修复技术研究[J]. 环境科学与管理, 2026,51(01):83-86.
- [2] 王腾. 小流域区域气候变化对水土流失的影响及应对策略[J]. 陕西水利, 2026,(01):82-85.
- [3] 高翔,牛娅娟. 河流伦理视角下干旱区小流域水资源开发利用的思考[J]. 水文化, 2025,(08):42-45.
- [4] 蒋良富. 基于山区小流域生态修复分析[J]. 绿色环保建材, 2020,(01):76.
- [5] 马巍,李翀,班静雅等. 山区小流域水生态文明建设评价与关键技术研究[M]. 中国水利水电出版社: 201906:216.