

# 水土保持技术多样性在小流域治理中的应用研究

蔡南海

鲁甸县水务局

DOI:10.32629/hwr.v10i1.6806

**[摘要]** 小流域作为水土流失的基本单元,其治理成效直接影响区域生态安全与可持续发展。本文系统梳理了水土保持技术多样性的理论内涵,构建了涵盖工程措施、生物措施、农业技术措施及智能监测技术的多元化技术体系。通过剖析技术多样性在小流域治理中的协同增效机制、空间适配机制及智能调控机制,揭示了多技术融合对提升治理系统韧性与长效性的关键作用。研究表明,技术多样性应用可显著降低土壤侵蚀模数、提高植被覆盖率、改善出水水质,并实现治理成本效益的最优化。

**[关键词]** 水土保持; 技术多样性; 小流域治理; 协同机制; 智能监测

中图分类号: S157 文献标识码: A

## Research on the Application of Soil and Water Conservation Technology Diversity in Small Watershed Management

Nanhai Cai

Ludian County Water Affairs Bureau

**[Abstract]** As the basic unit of soil erosion, the effectiveness of small watersheds directly affects regional ecological security and sustainable development. This article systematically summarizes the theoretical connotation of the diversity of soil and water conservation technologies, and constructs a diversified technical system covering engineering measures, biological measures, agricultural technical measures, and intelligent monitoring technologies. By analyzing the collaborative efficiency mechanism, spatial adaptation mechanism, and intelligent regulation mechanism of technological diversity in small watershed governance, the key role of multi technology integration in enhancing the resilience and long-term effectiveness of governance systems is revealed. Research has shown that the application of technological diversity can significantly reduce soil erosion modulus, increase vegetation coverage, improve effluent quality, and achieve optimal cost-effectiveness in governance.

**[Key words]** soil and water conservation; Technological diversity; Small watershed management; Collaborative mechanism; Intelligent Monitoring

### 引言

小流域作为水土流失发生、发展与调控的基本地理单元,其治理成效是维系区域生态安全、保障水资源可持续利用和促进经济社会高质量发展的基石。传统的水土保持治理模式往往侧重于单一或少数几类技术的应用,难以全面应对小流域系统内部复杂多变的地形、土壤、气候及人为活动干扰,导致治理效果的脆弱性与不可持续性日益凸显。

### 1 水土保持技术多样性体系构成

#### 1.1 工程措施技术组

工程措施是构建生态防护体系的基础骨架,通过改变微地形和拦截径流泥沙,实现快速控制水土流失的目标。

坡面工程是针对坡耕地的重要治理手段,主要包括水平梯

田、隔坡梯田和反坡梯田等类型。这些工程措施能够有效降低坡面坡度、截短坡长,从而减缓地表径流速度,减少土壤侵蚀。

沟道工程则主要针对沟道区域,包括谷坊、淤地坝和拦沙坝等。这些工程通过梯级布设,有效控制沟床下切和沟岸坍塌,稳定沟道形态。同时,通过淤积泥沙,还可以在沟道内形成新的可利用土地,增加土地资源。

小型蓄水工程如水窖、蓄水池和塘坝等,主要用于分散蓄积雨水。这些工程能够提高水资源的利用效率,尤其在缓解季节性干旱方面发挥重要作用,为小流域内的生态和农业生产提供稳定的水源保障。

#### 1.2 生物措施技术组

生物措施是小流域治理中增强生态系统自维持能力的核心

手段,主要通过植被恢复来实现固土保水的目标,提升生态系统的稳定性和服务功能。

水土保持主要在荒山荒坡和退耕陡坡区域实施,构建具有垂直层次结构的防护林体系。这种多层次的植被结构能够有效拦截降雨、减少地表径流,同时根系深入土壤,增强土壤抗蚀能力,起到固土保水的作用。

经济果木林则主要在缓坡地带发展,经济林果不仅具有良好的生态效益,还能为当地居民带来可观的经济收益,实现生态与经济的双赢。通过发展经济果木林,可以提高当地群众参与小流域治理的积极性,促进生态经济的可持续发展。

植物篱与草地主要应用于耕地边缘、道路两侧等区域。有效过滤地表径流中的泥沙和污染物,减少面源污染。这些植物篱和草地还能够降低风速、保持水土,同时为小流域内的生物提供栖息地,增强生态系统的多样性和稳定性。

### 1.3 农业技术措施组

农业技术措施在小流域治理中扮演着重要角色,通过优化耕作方式减少人为扰动,有效控制面源污染,是实现生态农业的关键环节。

保护性耕作是通过推广免耕、少耕、等高耕作、带状间作等技术,增加地表植被覆盖度,减少土壤裸露面积,从而降低雨滴击溅侵蚀和地表径流冲刷。能够有效减少水土流失,改善土壤结构,增强土壤的保水和保肥能力。

有机培肥是通过实施测土配方施肥和有机肥替代化肥,精准调控土壤养分,提高土壤有机质含量,增强土壤的抗蚀能力和肥力。有机培肥能够减少化肥使用带来的环境污染,促进土壤微生物活性,提升土壤生态系统的健康和稳定性。

生态种植模式是农业技术创新方向。通过发展“果一草一畜”循环农业、稻鱼共生等生态友好型种植模式,减少化学投入品的使用,实现农业生态系统的自我调节和可持续发展。这些模式不仅能够提高农产品的品质和附加值,还能减少农业面源污染,保护流域生态环境。

### 1.4 智能监测与管理技术组

现代信息技术为小流域治理注入了新的活力,通过实现治理全过程的智慧管控,显著提升了治理效率和科学性。

空天地一体化监测通过卫星遥感技术,可以宏观掌握流域内的土地利用变化、植被覆盖度以及水土流失动态。无人机航拍则能提供更精细的地形地貌和植被分布信息,而地面传感器网络则实时监测土壤湿度、径流量等关键数据。三者结合,形成了全方位、多层次的监测体系,为精准治理提供了数据支持。

物联网感知系统通过在流域内布设径流泥沙监测站、土壤墒情监测点和水质自动监测站等设备,实时采集降雨、径流、产沙等过程数据。这些数据不仅为治理措施的实施提供了即时依据,还能帮助及时发现潜在的生态风险。

大数据决策平台通过构建小流域的数字孪生模型,集成措施布局、效果评估和风险预警功能,平台能够实现从监测到决策再到反馈的智能化闭环管理。这种基于数据驱动的决策模式,

能够有效提升治理措施的科学性和适应性,确保小流域治理工作的高效、精准和可持续发展。

### 1.5 新材料与生态工法组

在小流域治理中,新型生态材料和技术的应用为生态保护和修复提供了创新解决方案,这些措施不仅注重生态效益,还兼顾了环境友好和可持续性。

生态袋由可生物降解的材料制成,能够自然分解。土工格栅则是一种高强度的土工合成材料,用于加固土壤,增强边坡的稳定性。这两种材料的结合使用,既保证了边坡的稳固性,又符合环境友好的原则,减少了传统建筑材料对生态系统的破坏。

微生物土壤固化是一种创新的生态技术,利用微生物诱导碳酸钙沉淀,从而增强土体的抗剪强度。这种方法不仅减少了对传统混凝土的依赖,降低了碳排放,还提高了土壤的稳定性和抗侵蚀能力,是一种绿色、高效的土壤加固技术。

透水铺装与生物滞留设施则广泛应用于村庄道路和场地硬化。透水铺装材料允许雨水渗透到地下,减少地表径流的形成,同时补充地下水。生物滞留设施,通过植物和土壤的自然过滤作用,净化雨水径流中的污染物。这些措施不仅减少了雨水径流对村庄环境的冲击,还提升了村庄的生态品质和景观价值。

## 2 技术多样性应用机制

### 2.1 协同增效机制

不同技术类型存在功能互补与效应叠加。工程措施可快速改变侵蚀动力条件,为生物措施创造适生环境;生物措施则通过根系固土、凋落物覆盖增强工程措施的持久性;农业技术措施从源头减少扰动,降低治理压力;智能监测技术为措施优化配置提供数据支撑。研究表明,工程+生物+农艺组合模式的减蚀效率较单一措施提高40-60%。

### 2.2 空间适配机制

在小流域治理中,依据地形分异规律进行技术空间优化配置是实现生态效益最大化的关键策略。

山顶生态保护区是流域的生态屏障,主要通过封育保护和自然恢复来维持生态系统的稳定性和生物多样性,进而提升生态系统的稳定性和水源涵养能力。

坡面治理区则根据坡度差异采取不同措施。陡坡地区以林草植被恢复为主,通过营造水土保持林和草地,减少地表径流,防止水土流失。缓坡地区则结合工程措施和生物措施,以梯田建设和经济林种植为主。梯田能够有效减缓水流速度,增加土壤的抗蚀能力。

沟道缓冲区是水流汇集的关键区域,治理措施主要包括沟头防护、谷坊群建设和护岸工程,以防止沟道侵蚀和泥沙输送。配合湿地净化系统,利用湿地的生态功能对水流进行净化,减少污染物进入下游水体,提升整个流域的水质。

村庄与农田区是人类活动最为频繁的区域,治理重点在于面源污染控制、生态农业推广和生活污水处理。通过优化农业种植方式,减少化肥、农药的使用,推广生态农业模式,结合完善的污水处理设施,有效控制面源污染,保护土壤和水体环境。

### 2.3 时间优化机制

技术实施需遵循季节性规律与演替规律。雨季前完成坡面工程开挖与植物栽植,确保当年发挥效益;生物措施遵循“先草本、后灌木、再乔木”的演替序列;工程措施建成后3-5年,待植被覆盖度达70%以上,可逐步降低人工管护强度。

### 2.4 智能调控机制

基于实时监测数据,动态调整技术运行参数。当预报强降雨时,提前清理蓄排水设施;当监测到某区域植被覆盖度低于阈值时,启动补植预案;当水质监测异常时,溯源排查面源污染点并加密湿地运行频次。

## 3 应用挑战与优化策略

### 3.1 主要挑战

(1) 技术选择困难。当前可应用的技术类型繁多,但缺乏一套科学的立地条件评价体系和优选决策工具。不同地形、土壤、气候条件下的技术适用性差异较大,没有统一的评价标准,使得技术选择往往依赖经验而非科学依据,增加了治理失败的风险。

(2) 标准体系不健全。不同技术的设计标准、施工规范和验收指标存在差异,缺乏统一协调。这种不一致性严重影响了整体治理方案的协调性和连贯性,增加了实施难度。

(3) 投入保障不足。多元化技术组合需要较高的初期投资,且后期的管护资金缺口较大。资金不足限制了技术的有效应用和持续维护,影响治理效果的长期稳定性。初期建设需要大量资金投入,而后期管护又缺乏持续的资金支持,导致许多设施建成后无法得到及时维护,使用寿命缩短,治理效果难以持续。

(4) 管护机制不完善。传统的管护方式主要依赖人工巡护,效率较低。同时,智能监测系统的覆盖面不足,导致措施损坏后修复不及时,影响设施的使用寿命和功能发挥。人工巡护难以覆盖所有区域,且受天气、交通等因素限制,无法及时发现问题。智能监测系统虽有优势,但覆盖范围有限,无法全面监控设施状态,导致问题处理滞后。

(5) 技术推广壁垒。农民对新技术的接受度普遍较低,以及对新技术的了解有限,担心新技术增加成本或操作复杂,加上培训体系不完善,缺乏针对性和实用性,导致新技术难以在基层落地生根。

### 3.2 优化策略

(1) 构建技术优选决策支持系统。基于“立地条件—侵蚀类型—治理目标”的耦合模型,开发专家系统或机器学习算法。通过这些工具,为每个小流域生成最优的技术配置方案,确保技术选择的科学性和精准性。该系统可以综合考虑地形、土壤、气候等多种因素,结合历史数据和专家经验,为不同区域提供定制化的技术方案,提高治理效果。

(2) 完善技术标准体系。制定涵盖设计、施工、验收、管护全链条的技术规范,特别是要明确多技术衔接界面的标准。通过

统一标准,提高整体治理方案的协调性和连贯性,确保各环节无缝衔接。统一的标准可以减少技术衔接中的矛盾,提高治理效率,确保从设计到管护的每个环节都有章可循,保障治理质量。

(3) 创新多元化投入机制。推广“以奖代补”模式,将考核结果与资金拨付挂钩,激励各方积极参与治理工作。同时,引入社会资本,参与生态农业、生态旅游等经营性项目,拓宽资金来源渠道。通过经济激励和社会资本的参与,可以有效解决资金短缺问题,提高治理的积极性和可持续性。

(4) 建设智慧管护平台。整合物联网、人工智能、地理信息系统(GIS)等技术,构建智慧管护平台。通过该平台实现自动预警、智能派单、移动整改等功能,将管护效率提升50%以上,提高设施的维护水平和使用寿命。智慧管护平台可以实时监控设施状态,及时发现问题并快速响应,降低人工成本,提高管护效率和质量。

(5) 强化技术培训与示范。建立“科研院所+基层站所+新型经营主体”的三级培训体系,提高技术培训的系统性和针对性。同时,建设一批可复制、可推广的示范样板,通过示范引领,提升农民对新技术的接受度和应用能力,推动技术的广泛推广。

## 4 结论与展望

水土保持技术的多样性应用是提升小流域治理水平的关键,通过融合工程、生物、农艺和智能技术,构建全链条技术体系,实现生态、经济和社会效益的协同增长。未来,小流域治理将聚焦五个方向:一是技术智能化,利用人工智能和数字孪生技术实现治理方案的动态优化;二是材料生态化,研发环境友好型新材料减少生态扰动;三是模式产业化,探索“水土保持+碳汇交易”等创新模式增强经济可持续性;四是区域协同化,推动跨区域技术协同与数据共享;五是标准国际化,总结中国经验参与国际标准制定。这些方向将推动小流域治理迈向更高水平,实现多效益的协调发展。

### [参考文献]

[1] 娄忠秋,刘艺平,张艳.崇州市羊马河水水土保持生态清洁小流域治理对策探析[J].山西水土保持科技,2021(2):25-28.

[2] 刘金鹏,靳峰,陈豫津.黄河流域生产建设项目水土保持工作高质量开展的探讨[J].中国水土保持,2021(3):14-17.

[3] 李骁,付渊.小流域水土流失综合治理工程效果评估[J].水土保持应用技术,2021(6):15-17.

[4] 王坤雪,程霆,吴志华,等.小流域综合治理工程水土保持措施分析[J].工程与建设,2021,35(4):816-818.

[5] 鲁杰.兴城市九龙峪生态清洁小流域建设措施[J].水土保持应用技术,2024(6):33-34.

### 作者简介:

蔡南海(1989--),男,汉族,云南昭阳人,本科,工程师,研究方向:水土保持。