

## 乡村振兴视域下的小流域综合治理

税永红<sup>1</sup>, 曹鹤舰<sup>2</sup>, 周建民<sup>1</sup>

(1. 成都纺织高等专科学校, 成都 611731;  
2. 四川省生态文明促进会, 成都 610036)

**摘要:** 生态清洁的小流域是实现乡村振兴和绿色发展的有效途径之一。乡村振兴战略的提出与实施、小流域治理国内外取得的成效, 从理论到实践上为小流域综合治理奠定了基础。小流域综合治理不仅能带动区域经济发展, 还能促进农村产业可持续发展及结构升级, 助力乡村振兴。小流域污染治理注重多技术组合应用, 同时在管理中要结合河长制, 将科研、科普与教育有效结合, 吸引更多社会力量参与小流域的保护与管理。

**关键词:** 新形势; 小流域; 乡村振兴; 污染治理

**中图分类号:** S157.2 **文献标志码:** A

**文章编号:** 1672-0539(2024)03-003-12

**引用格式:** 税永红, 曹鹤舰, 周建民. 乡村振兴视域下的小流域综合治理[J]. 成都理工大学学报(社会科学版), 2024, 32(3): 22-33.

收稿日期: 2023-12-10

基金项目: 四川省教育厅 2022—2024 年职业教育人才培养和教育教学改革研究项目(GZJG2022-014); 成都纺织高等专科学校教育科学研究项目(2022cdfzjj19)

作者简介: 税永红(1968—), 女, 重庆人, 硕士, 教授, 研究方向: 水环境污染生态修复与可持续发展

通信作者: 曹鹤舰(1975—), 男, 四川巴中人, 研究方向: 生态文明建设、绿色发展

周建民(1980—), 男, 河南许昌人, 博士, 高级工程师, 研究方向: 乡村振兴与低碳发展

## 一、引言

2017年10月,在中国共产党第十九次全国代表大会上,立足于农业农村发展的现实,着眼于农民实际需要,习近平总书记第一次提出实施乡村振兴战略。以“生态宜居”为核心等五项总体要求,从城乡融合发展等多方面,统筹推进农村产业、生态、文化、组织及人才的全面振兴,特别是突出农业、农村、农民这“三农”问题在社会发展中的重要地位。

自提出乡村振兴战略之后,党中央坚持顶层设计不断发力,2018年1月中央一号文件对乡村振兴战略的实施提出了全面的建议;在同年3月召开的十三届全国人大一次会议上,李克强同志在《政府工作报告》中进一步强调了大力实施乡村振兴战略的重要性<sup>[1]</sup>;4月,中华人民共和国农业农村部挂牌,乡村振兴的实施有了更高效的组织保障;9月,《乡村振兴战略规划(2018—2022年)》出台,之后各地区各部门上下联动,结合本地实际情况认真贯彻落实。2021年2月,国家乡村振兴局正式挂牌,并在《中共中央 国务院关于全面推进乡村振兴加快农业农村现代化的意见》(以下简称《意见》)中,把全面推进乡村振兴作为实现中华民族伟大复兴的一项重大任务,将实现巩固拓展脱贫攻坚成果同乡村振兴有效衔接;4月,《中华人民共和国乡村振兴促进法》正式通过,确定以农民主体地位的思想,这标志着我国以法律的形式对乡村振兴进行了科学定位,从政府职责和行为规制方面进行了规范<sup>[2]</sup>。

中共四川省委、四川省人民政府也结合四川实际,于2019年3月印发了《关于坚持农业农村优先发展推动实施乡村振兴战略落地落实的意见》;根据《意见》精神,于2021年3月提出《关于全面实施乡村振兴战略开启农业农村现代化建设新征程的意见》,四川省乡村振兴步入快车道。2023年9月,四川巴中市恩阳区、德阳市罗江区、宜宾市高县、遂宁市射洪市、阿坝藏族羌族自治州红原县五地入选2023年国家乡村振兴示范县创建名单。

水是生命之源,但随着人类生产生活频率与强度的增加,水环境特别是小流域生态环境面临严峻挑战。生态清洁的小流域是乡村振兴战略的重要支撑,加强农村人居环境整治,治理修复小流域生态环境,构建人与自然和谐共生的美丽新农村,不仅是实现“产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕”总要求的原动力,更是乡村振兴展现“美丽乡村”的首要表现。

## 二、我国小流域研究与实践

随着生态文明建设的不断推进,学术界和实践部门在小流域治理助力乡村振兴方面进行了广泛的实践探索与创新。学者们从理论到实践层面,不断探索并实施各种策略,以实现生态、经济与社会协调发展。任新星在其研究中强调了清洁型小流域实施的必要性,并从节能减排、产业结构调整、构建清洁低碳、安全高效的现代能源体系、国土空间开发与保护格局等四个方面分析了其优势<sup>[3]</sup>。这一分析揭示了小流域治理的多重价值,为政策的制定提供了理论依据。夏懿以乡村“五大振兴”为视角,对农村小流域建设的对策进行了深入研究。通过对产业发展、生态治理、文化影响、组织人才建设等方面的全面分析,夏懿找出了现有策略中存在的问题,并提出了具体

的解决方案<sup>[4]</sup>。这些方案不仅有助于优化小流域管理,还能促进乡村振兴的整体进程。周黄接通过对广德市南部乡镇小余河污染治理措施的分析,从面源、线源、点源三个维度出发,阐述了综合治理的原则及措施,并强调了这些措施在助力乡村振兴方面的重要作用<sup>[5]</sup>。

在江西省的宁都县小布镇、安远县官溪、上犹县园村等地,小流域综合治理与水生态文明村建设展现了新的途径与方法。这些地区的实践表明,通过地方特色和创新策略的结合,可以有效促进小流域的生态恢复与保护,同时为乡村振兴提供坚实基础<sup>[6]</sup>。安徽省绩溪县通过将“三变”改革(资源变资产、资金变股金、农民变股民)与兵坑小流域生态建设结合,展示了如何通过综合治理和创新模式推进乡村振兴。这种模式不仅保护了水土资源,还为农民提供了经济收益,增强了乡村振兴的可持续性<sup>[7]</sup>。为明确生态清洁小流域在乡村振兴中的作用,廖瑞钊等人对生态屏障型、农业生产型和清洁宜居型三种典型小流域的治理模式、治理成效进行了实地调查研究,通过对这些治理模式的成效分析,明确了生态清洁小流域在乡村振兴中的关键作用,为其他地区提供了可借鉴的实例<sup>[8]</sup>。针对农村地区特别是偏远山区的小流域水旱灾害问题,陕西山阳县采用修筑梯田、河堤、道路、渠道、环境整治和水土保持林、经济林建设、封禁治理相结合的综合治理措施,对法官小流域进行综合治理,实现了水利扶贫,为脱贫攻坚和乡村振兴提供坚实的水利支撑<sup>[9]</sup>。

### 三、小流域治理发展过程

#### (一) 小流域界定

流域是指地表水及地下水的分水线所包围的集水区或汇水区,因地下水分水线不易确定,习惯指地面径流分水线所包围的集水区。小流域则是以自然地貌为基础来进行划分,一般是指以流域的分水岭和出口断面为界,集水面积较小的,并且是相对独立且完整的自然集水区域,具有独立性、多样性、综合性、基础性等特点。因此,小流域既是水文单元,也是水资源管理的单元,是自然、文化、经济等要素构成的“自然—经济—社会”复合生态系统,系统中各要素无时无刻不在进行着能量的转换与信息的交流。我国对小流域的划分面积标准是3~50 km<sup>2</sup>,国外小流域的面积标准各不相同<sup>[8]</sup>。

#### (二) 小流域治理起源

小流域治理可追溯至欧洲荒溪治理,1884年6月《荒溪治理法》在奥地利出台,这是世界首部小流域综合治理的法律。20世纪前30年,德国、意大利等欧洲国家在小流域治理上开展了大量的工作。随着社会经济的发展,人们对环境和生活的要求逐步提高,在传统荒溪治理基础上,以水资源保护为核心,如何在利用自然资源的同时防止山地灾害,进一步提高荒溪流域的生态服务功能等多目标,欧美等多国采用流域与山地整治的协同综合治理措施,关注焦点从流域的实用性、经济效益逐渐转变为流域的可持续发展,并提出了自然治理的新体系。1933年美国成立了流域管理局,1935年创建了土壤保持局,随着《水土保持法》(1935年)、《流域保护和防洪法案》

(公法 83—566, 1954 年)、《清洁水法》(1972 年)等一系列法律的颁布,美国的小流域治理有了以法律为基础的实施流域可持续治理的保障,还形成土壤侵蚀预测预报模型(WEPP)<sup>[10]</sup>。目前,美国流域治理是将流域作为一个整体的自然生态系统,重点关注以保护和恢复生态系统的完整性,充分发挥以生态系统的服务功能为核心的小流域整体的管理,但却很少有综合治理措施。日本则颁布了一系列的小流域治理的法规,对小流域的治理技术也逐渐从传统“治水在于治山”,上游建谷坊,下游建堤坝等工程措施转向河岸保护、湖泊水质、河流等河川自然生态化的河流治理计划,采取河流、湖泊水质管理、河岸带保护等措施,全面开展以河川自然生态化为目标的河流治理计划,实现生活和生态环境的协调和健康,保障河流生态系统的健康持续发展。

发展中国家小流域治理旨在改善当地居民的生活条件,减少贫困,维持生物多样性,降低洪水等自然灾害发生概率。如 20 世纪 50 年代,印度开展了以流域为单元的国家流域发展计划,希望通过小流域治理解决干旱半干旱地区的 16 个邦的干旱问题,及由干旱带来的经济贫困和生存问题。而欠发达国家如南非、肯尼亚、津巴布韦、喀麦隆、刚果等国的小流域治理主要是在联合国相关部门的资助和主导下,从社会和经济两方面切入,重点关注长期以来威胁非洲国家环境和居民生活的流域退化问题,但存在忽视当地居民自身需求,过度注重自然资源的保护,缺乏长期规划等问题。同时,公众的参与是流域管理计划成功的关键,但发展中国家公众参与本身发展并不完善,缺少可借鉴到流域水资源管理中的成熟模式<sup>[11]</sup>。

### (三) 中国小流域综合治理发展过程

中国小流域综合治理可划分为萌芽与探索阶段(1950—1979 年)、确认与试点阶段(1980—1991 年)、以经济效益为中心发展阶段(1992—1997 年)和大流域规模化防治阶段(1998 年至今)四个阶段。

为探索有效的治理方法和途径,20 世纪 50 年代,山西、陕西等地开始探索小流域综合治理,结合生物和工程措施首先在支毛沟流域进行试验。1956 年,黄河水利委员会认可并推广了这一以支毛沟为单元的综合治理模式。20 世纪 60 年代,水土保持工作转向基本农田建设,重点改善农业生产条件,以水、坝、滩地和梯田为主攻目标,缺乏流域整体治理,导致效果有限,但对流域整体治理的重要性有了更深刻的认识。尽管早期治理措施分散且效果不佳,但这一探索过程加深了人们对水土流失规律的理解,为小流域综合治理概念的形成和实施奠定了基础。20 世纪 90 年代初进入第三阶段,小流域治理在规模和质量上均取得显著进步,并建立了广泛的群众基础,然而,随着市场经济体制的建立,治理效益不高、措施配置不合理、工程质量参差不齐和管理滞后等问题凸显,经济效益不明显,影响了群众参与的积极性。各地总结经验,提出以经济效益为中心,结合治理与开发,与区域经济发展相融合,发展特色产业的新思路,并有效实施。将治理纳入市场经济,运用价值规律和供求关系指导,调整土地利用和产业结构,形成了具有地方特色的治理模式,提升了治理效益。山西吕梁地区率先拍卖“四荒”使用权,激发了社会治理开发的积极性,这一经验迅速推广,引发了新一轮小流域治理高潮。1998 年以来,以“人与自然和谐相处”为

指导思想,我国加大投入力度,以大流域为规划单元、小流域为治理单元,全国每年治理小流域4 000多条,小流域治理进入快车道<sup>[12]</sup>。

## 四、小流域综合治理带动乡村振兴

### (一) 助力改善生态环境

小流域综合治理是一个综合性的生态管理策略,它涵盖了水资源、土地资源和生物资源的全面管理,旨在促进农村产业的可持续发展。小流域的综合治理首先在改善流域水环境方面发挥作用,通过实施一系列措施,如水源保护、水质监测和污染源控制,确保了大江大河的水质清洁、水流畅通、河岸植被茂盛和景观宜人。

此外,小流域综合治理还利用乡村的生态优势,通过建立生态屏障,如植被恢复、湿地保护和生物多样性保护,提升生态服务功能。这些生态屏障不仅美化了乡村景观,还为当地居民提供了休闲和旅游的场所,促进了城乡一体化的发展。通过改善农村基础设施,如供水、排水和交通设施,小流域综合治理还显著提高了居民的生活水平。

随着流域水质的提升,河道生态系统得以恢复和强化,形成了一个良性的生态循环。这种循环不仅保障了沿岸居民的饮用水安全,还为农业生产提供了健康的水源,更为长江、黄河等大江大河生态安全提供了保障,从而为乡村振兴战略的实施提供了坚实的生态基础。通过这些综合性的治理措施,小流域综合治理不仅改善了生态环境,还促进了农村经济的繁荣和社会的和谐发展<sup>[13]</sup>。

### (二) 带动区域的经济的发展

小流域由于其独特的文化背景、地理特征和自然条件,展现出了显著的多样性。随着小流域环境的整体提升,乡村面貌焕然一新,污染风险显著下降,这不仅促进了乡村生态系统的健康发展,也带动了整体环境质量的提升。更进一步地,随着人才、资金和技术的引入,旅游资源的合理开发,小流域开始形成规模效应,这极大地推动了区域经济的建设和发展。水环境的改善为居民创造了更多的滨水休闲空间,减少了水源性疾病的发生,提升了居住环境的质量。随着人群健康水平的提高,居民的幸福感和获得感也得到了增强,更有效地满足了人们对美好生活的需要。

### (三) 促进农村产业结构调整

在乡村振兴战略框架下,小流域综合治理的可持续性得到了显著加强,治理项目不仅关注环境的短期改善,更注重长远的生态平衡和资源的合理利用。随着治理工作的深入,小流域综合治理又对农村产业结构调整产生了深远的影响,特别是在促进农业多元化和提升农村经济发展质量方面。乡村旅游业可以充分利用小流域的自然风光和丰富的人文资源,为当地居民带来新的经济机遇。这一新兴产业不仅直接增加了农民的收入,还通过带动相关产业链的发展,如餐饮、住宿、手工艺品等,促进农村经济的整体提升。乡村旅游的发展还吸引了外来投资,为乡村带来了活力和创新思维。在乡村振兴战略的推动下,小流域综合治理的可持续性得到了加

强,其内涵和外延得到了进一步的拓展,社会影响力也得到了提升。这种正向反馈循环不仅促进了小流域综合治理的深入发展,还带动了乡村基础设施的建设、教育资源的均衡配置以及医疗卫生服务的全面提升,从而全面提高了农村的公共服务水平,为农村产业结构的优化升级和可持续发展奠定了坚实基础。

#### (四) 促进农村治理科学有序

在小流域治理的过程中,大型机械设备的使用由于环境条件受到限制,这反而促使当地群众通过亲身参与和观察,深刻体会到环境污染的危害以及治理的艰辛。这种直接的体验极大地提高了当地政府和居民的环保意识。特别是环保意识强烈的大学生通过志愿服务活动,不仅提升了自身的环保能力,还成了环保教育的先锋,引领中小学生对提升环保素质,进一步强化了沿岸居民的环保意识。这种由点及面的环保教育模式,有效地推动了公众主动参与到水资源的保护和治理中,不仅为小流域的长期稳定管理和乡村振兴提供了坚实的社会基础,还有利于建立河水环境日常管理维护机制,推动基层河湖长制的有效实施,从而促进了农村管理的科学化和有序化。

### 五、小流域污染治理主要技术

从技术来讲,小流域污染治理主要包括物理法、化学法、微生物强化法和生态修复法四大类。各大类主要的技术、适用河流类型及治理途径如表1所示。

表1 小流域污染治理主要技术

分类	名称	适用河流类型	治理途径
物理法	河流截污	大中小型河流	移出河流点源污染
	人工增氧	有一定水深河流	促进有机物降解
	底泥疏浚	小型河流	移除内源污染
	引水稀释	小型河流	直接改善水质
化学法	化学除藻	中小型河流	直接杀死藻类
	絮凝沉淀	中小型河流	将溶解态磷转化为固态磷
	重金属化学固定	中小型河流	抑制底泥重金属释放
微生物强化法	投菌法	中小型河流	促进有机物降解
	生物膜法	小型河流	促进有机物降解
生态修复	植物修复	中小型河流	提高河流生态系统稳定性
	人工湿地	中小型河流	促进污染物迁移转化
	稳定塘	中小型河流	促进污染物稳定化
	生态浮岛	中小型河流	建立微生物—植物—动物生态系统
	构建多自然型河流	大中小型河流	修复水生动物栖息地环境

这些技术可以分为异位生物技术和原位生态技术两大类<sup>[14-16]</sup>。相较于异位生物技术,原位生态技术因其具有操作简单、运行费用低、无毒无害等优势,是小流域治理主要采用的技术手段。

### (一) 异位生物法

小流域异位生物治理技术是将水从水体中抽出,采用聚磷菌等优势微生物和生物酶将水体中的磷去除后再返回水体的一项技术。异位生物除磷因需要动力抽出后处理,多见于小水量的景观水处理修复。膜生物反应器在异位修复中的应用也得到实践的证明。北京市动物园采用 MBR 处理工艺对其湖水进行净化,除磷率高于 60%,有效缓解了水体富营养化。

异位生物治理技术的缺点是运行费用较高,需要另占土地,因而限制了其推广应用。

### (二) 原位生态法

原位生物小流域治理技术是在水体中构建生物处理系统,使污染物转化去除。水体原位生态修复的方法常见的有人工水草技术、优势工程菌强化技术、浮床技术、人工湿地、底泥修复等技术。这些技术多是通过改善微生物的生境,提高功能微生物的相对丰度以及通过水生动植物的吸收转化而降低水体中磷和其他污染物的含量。

采用人工水草技术、生物绳、高分子材料生物载体、碳纤维生物载体、立体填料、生物绳、尼龙纱网净化等修复污染水体,在国内外研究与应用较普遍,对水体中总磷(TP)的去除效果显著,对藻类生长有明显的抑制作用。

随着质粒工程、基因工程和工程菌研究的发展,优势工程菌强化技术成为研究热点,形成的技术也得到广泛的应用。该技术主要通过向水体中投加优势工程菌和促生剂来调控水体中生物群落结构、提高水体中的生物量,进而达到去除水体中污染物的目的。如采用生态系统激活系统(EAS),通过对微生物群落的特定调控,实现污染水体生态系统的自净化能力;EAS 利用聚羟基烷酸酯(PHA)修饰污染水体的原生微生物群落,优先利用 PHA 作为碳源促进生长的微生物被定义为特异性微生物,对 PHA 和有机物没有特殊选择性的微生物被定义为非特异性微生物,可在 EAS 操作中逐步淘汰,最终提高水中污染物去除率。采用沼泽红假单胞菌、解糖假苍白杆菌、热带产朊假丝酵母、乳酸菌、施氏假单胞杆菌和枯草芽孢杆菌复配,并用于对景观水体的修复,复配的菌剂对水体具有较好的修复效果。

优势工程菌强化技术,具有操作简单、运行费用低、无毒无害等优势,在水体中的应用具有较好的前景,但是有效微生物的复配、投加、固定是提升该技术应用效果的影响因素,应因地制宜、因质制宜,根据水质、气候、底泥、水文等情况综合设计菌剂复配比例、促生剂种类、投加比例、投加点、投加时间等,同时应考虑生物菌剂在上覆水和底泥的足够停留时间和均匀混合。

随着水体的修复与水质的提升,既具有水质净化效果又能营养生境,还不另占土地的生态浮床技术,在富营养化水体和黑臭水体治理显现了其独特的优势,与其他修复系统相比,生态浮床修复技术具有原位修复、不占用额外土地、可移动、无动力、使用寿命长并具有改善景观等优点,已经广泛应用于河道、水库、湖泊和景观水体修复等领域。生态浮床对水体修复能力不仅与浮床

植物种类、温度等因素有关,更与浮床采用载体基质有关,如何充分利用生态浮床的生态位,高效发挥浮床功能与作用,是生态浮床技术发展的方向。

人工湿地是指采用工程的形式模拟湿地构建的一种高效低能耗或无动力的水质净化系统。人工湿地技术最早应用在污水处理上,随着水体污染愈加严重,逐渐应用到水体修复上。人工湿地在工程应用中通常不是单一流态,单一流态难以达到处理效果或者是经济效益欠佳,多是复合流或者组合人工湿地,湿地基质选择与组合、植物选择与组合、湿地内部气含量是影响人工湿地去除效果的重要因素,因此,大量的研究集中在基质、质物的选择上以提高净化效果,但人工湿地供氧不足的缺点普遍存在<sup>[17]</sup>。为了提高湿地内部氧,曝气是常采用的方法。由于人工湿地在运行过程中会产生一定的温室气体(如甲烷),但在提高人工湿地净化效果的同时控制甲烷的产生,人工湿地怎么曝气才能尽可能减少甲烷的排放研究缺乏。

小流域缓流水体因受污染与泥沙沉积会导致底泥发黑发臭,并成为内源污染,主要有充氧技术和底泥覆盖技术。通过向水体曝气充氧能够迅速提升水中溶解氧,提升好氧微生物降解有机物能力,使水体重新成为生态平衡的活水。水体充氧技术的主要局限性是难以平衡经济成本和效率,难以处理底沉积物问题。因此,对污染底泥常采用底泥覆盖技术,将泥水环境阻隔,减少底泥与水体之间的物质交换。吸附性材料包括粗砂石、硅藻土、粉煤灰、沸石等,该技术工艺简单、成本较低、不会对水生环境产生影响,但是随时间推移覆盖材料的吸附容量达到饱和后会逐渐失去隔绝作用,污染物会被再次释放,水体污染会反复发生。

原位化学方法主要包括增强絮凝、化学氧化、化学沉淀、钝化稳定,所使用的化学品主要包括无机混凝剂(铁盐、铝盐)、氧化剂(过氧化氢、过氧化钙等)和沉淀剂(生石灰等)。其中,钝化稳定化是通过化学药剂使底泥与上覆水界面发生固化反应,修复底泥,抑制底泥污染物向上覆水释放。然而,化学物质的加入,容易导致小流域水体二次污染的风险加剧,对水体和底泥中水生生物的生存环境影响也尚不明确,主要用于应急处理。

### (三) 多技术组合应用

在小流域的治理工程实践中,通过根据河流地貌特征分为河岸治理和河道治理两部分,具体分为小流域岸带控制技术、小流域河道治理技术、构建水生生态系统平衡控制技术三个层次。

河流生态系统容易受到河岸附近环境的影响,包括人类活动和自然过程,因此小规模河道治理对生态系统状态和生物多样性的改善是有限的,有必要在流域尺度上进行河流治理,从河道治理延伸到河岸治理,有效降低河流中污染物的输入。生态沟渠、生态拦截带、人工湿地等河岸带控制技术由于成本低、操作和维护要求低、对入河污染物的拦截作用强被广泛关注。

由植物—底泥—微生物所组成的生态沟渠具有独特的半自然生态系统,植物、底泥、微生物分别通过吸收、吸附、降解等方式将溶解或吸附在土壤颗粒表面的污染物随沟渠径流迁移转化,削减接纳水体的氮、磷等污染物。因其具有较高的氮磷去除率以及较好的景观效益,因此成为河流治理拦截技术中的重要代表。但运行效果易受污染物浓度、植物种类、水力停留时间和季节温

度的影响,因此必须因地制宜地选用生态沟渠拦截集成技术,才能取得理想的治理效果。

河岸生态拦截带技术,被认为是保护河流免受污染物输入的有效手段,其中入河污染物可以通过过滤、沉淀、挥发、吸附、植物吸收及各种微生物过程转化<sup>[18]</sup>。河岸生态拦截带是众多国家推崇的径流污染物管控措施,在西方发达国家中得到了广泛的推广应用,并带来了可观的生态效益。但目前我国对河岸植被缓冲带的应用仍较少,推广程度不高,如果能因地制宜构建河岸植被缓冲带,对于农业面源污染的防控必定能起到重要作用。第一,植物是河岸生态拦截带阻控氮素、磷素迁移作用的关键,植被带可增加地表径流所受阻力进而减缓水流流速,增加地表径流下渗量,使大多数颗粒发生淀积,截留地表径流中的污染物,降解、吸收沉积污染物质等;植被类型不同,截留效果不同。第二,坡度也同样会影响河岸生态拦截带对径流及壤中流中污染物的阻控效果,坡度越大截留效果越差。第三,河岸生态拦截带在减轻污染方面的有效性往往与宽度呈正相关,最佳宽度取决于特定地点的因素(如径流沉积物负荷、污染物类型、土壤类型和坡度)、植被结构(影响植被捕获沉积物和沉积物结合污染物的能力)和物种组成(影响同化和生物降解)。

多技术组合的河岸生态拦截带对控制水体污染具有非常理想的效果,但要注意河岸生态拦截带与碳排放息息相关,在生物通过卡尔文循环、Wood-Ljungdahl途径、3-羟基丙酸双循环途径、还原性(逆向)TCA(三羧酸)循环途径、二羧酸/4-羟基丁酸循环途径和3-羟基丙酸/4-羟基丁酸循环途径对碳进行固定<sup>[19]</sup>的同时,也会因生物代谢向环境中释碳,同时对氮、磷循环产生影响。河岸带通过一系列物理、化学的和生物化学过程实现对氮素截留转化,但河岸生态拦截带在减少氮向河流转移的同时会因为硝化与反硝化作用及生物的时间异质性发生氮的排放<sup>[20]</sup>。

总体而言,各类岸带控制技术均是控制河流污染的有效生态途径,但也存在一些显著的缺点,如现有人工湿地技术存在供氧不足和净化效率低的缺点、单一岸带控制技术不足以达到治理的稳定性目标、缺少减少水处理的碳足迹的相关研究等,成熟的技术体系尤其缺乏。因此,为了更好地治理小流域河道污染问题,目前有许多研究将物理、化学、生物方法进行结合,化学—微生物结合法、水生植物—微生物结合法等组合进行联合修复应用与研究,如将氧化剂硝酸钙、生物促生剂及沉水植物(苦草)联合使用修复上覆水及黑臭底泥<sup>[21]</sup>;在控源截污下,将生物膜技术与物理曝气技术结合,原位治理廖家江支流黑臭河段,使透明度提升了394%~476%<sup>[22]</sup>。小流域作为水生生态系统典型代表,在生态修复与污染物的入河控制的同时,还应调节浮游动物群落结构、去除浮游动物摄食鱼类或增加肉食性鱼类来减少浮游动物摄食鱼等生物操作技术组合,调控水生生态系统的平衡。

## 六、结论与政策建议

乡村振兴战略的核心宗旨是产业兴旺、生态宜居、乡风文明、治理有效、生活富裕。这一战略的深远内涵在于提高农民的收入水平,改善他们的生活质量,实现农民的共同富裕。在乡村振兴的多元路径中,小流域综合治理显得尤为关键,它不仅是一种有效的途径,更是一项涉及众多

领域的复杂系统工程。然而,在技术层面,小流域治理的研究与成果尚显不足,缺乏成熟的体系。在未来乡村振兴的进程中,亟须进一步深化小流域综合治理的研究,探索更科学、有效的治理方法和技术,以提高治理的效果和生态效益。

小流域综合治理不仅涵盖传统的水环境治理、生态修复、水土保持、水资源管理等方面,还应扩展到生物多样性保护、气候变化应对等新兴领域。这种全面的治理策略将促进小流域地区的可持续发展,形成一个生态健康、经济活跃、文化繁荣的乡村新格局。

在未来生态清洁小流域建设的过程中,将不可避免地面临一系列挑战,包括确保资金的持续投入、技术的适应性与可持续性,以及提升社会参与度。为了有效应对这些挑战,应着重加强以下几个关键领域的工作:首先,必须加大资金投入力度,将大流域作为整体规划的框架,而小流域则作为具体治理的单元。以小流域当前面临的突出问题为出发点,因地制宜地进行顶层设计,确保治理策略既具针对性又具有有效性。其次,在乡村振兴战略不断深化的新背景下,面对长江、黄河等重要水系保护的持续挑战,需要增加科技研发的投入,积极推广先进的水土保持技术和生态修复方法。同时,利用现代信息技术,如遥感监测和大数据分析,将有助于提升治理工作的科学性和精准度。再次,小流域的深入综合治理需要政府、企业、社会组织与公民之间的广泛参与和通力协作,提高社会各界参与度,建立坚强有力的群众基层组织,加强养护管理的长效机制建设,形成一个多方共治的良好局面。因此,在小流域综合治理过程中,还必须结合河长制,强化管理,将技术研究和科普教育融合起来,增强公众保护意识,提升公民对小流域的认识。多措并举,吸引更多的社会力量参与到小流域的保护与管理中,为乡村振兴战略的实施注入新的活力,助力乡村振兴战略的实施。

### 参考文献:

- [1] 李克强. 大力实施乡村振兴战略 [EB/OL]. (2018-03-05) [2023-10-29]. [http://www.china.com.cn/lianghui/news/2018-03/05/content\\_50657208.shtml](http://www.china.com.cn/lianghui/news/2018-03/05/content_50657208.shtml).
- [2] 谭智心. 立法为基强化保障全面推进乡村振兴——《中华人民共和国乡村振兴促进法》解读 [J]. 农村金融研究, 2021, (8): 62-67.
- [3] 任新星. 试论商州区清洁型小流域治理规划在乡村振兴工作中的作用和使命 [J]. 陕西水利, 2022, (10): 83-85.
- [4] 夏懿. 乡村振兴视域下农村小流域建设的对策研究——以夷陵区墩子河为例 [D]. 武汉: 湖北工业大学, 2020: 32-39.
- [5] 周黄接. 生态清洁小流域综合治理对水源地保护的意义 [J]. 农业开发与装备, 2021, (6): 81-82.
- [6] 张利超, 葛佩琳, 喻荣岗. 江西小流域综合治理与水生态文明村建设整合研究 [J]. 中国水利, 2018, (18): 6-9.
- [7] 汪仁杰. 兵坑小流域“三变”改革与水土保持同进共融实现乡村振兴 [J]. 中国水土保持, 2020, (5): 15-16, 22.

- [8] 廖瑞钊, 邓桂如, 刘艳, 等. 推进生态清洁小流域建设 助力乡村振兴战略实施 [J]. 中国水土保持, 2019, (7): 8-10, 33.
- [9] 杨汝昆. 浅析法官小流域综合治理措施及成效 [J]. 陕西水利, 2019, (4): 111-113.
- [10] 齐实, 李月. 小流域综合治理的国内外进展综述与思考 [J]. 北京林业大学学报, 2017, 39 (8): 1-8.
- [11] 邓洁. 白洋淀流域水资源管理中的公众参与模式研究 [D]. 北京: 北京师范大学, 2008: 3-5.
- [12] 刘震. 中国水土保持小流域综合治理的回顾与展望 [C]. 2008 年中国水土保持学会小流域综合治理与新农村建设研讨会论文集, 2008: 1-12.
- [13] 刘建明, 张强, 李晓东, 等. 四川水生态文明建设研究 [M]. 成都: 西南交通大学出版社: 2021: 282.
- [14] 贾陈蓉, 吴春芸, 梁威, 等. 污染底泥的原位钝化技术研究进展 [J]. 环境科学与技术, 2011, 34 (7): 118-122.
- [15] 王鲁宁, 王平, 朱健, 等. 河流黑臭污染治理方法研究进展 [J]. 现代农业, 2010, (12): 142-146.
- [16] 杜大仲. 河流型饮用水水源地安全保障体系构建及实证研究 [D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2011: 75-79.
- [17] 王文冬, 高晓薇, 王利军, 等. 河道微污染水体旁路复合流湿地强化净化技术研究及应用 [J]. 环境工程, 2023, 41 (1): 158-163.
- [18] 刘汉民, 冯智, 吴中奎, 等. 河道生态护坡技术对比研究——以溢流河生态护坡为例 [J]. 大众标准化, 2023, (7): 61-62, 68.
- [19] 江会锋, 刘玉万, 杨巧玉. 生物固碳途径研究进展 [J]. 微生物学杂志, 2020, 40 (2): 1-9.
- [20] 王庆成, 于红丽, 姚琴, 等. 河岸带对陆地水体氮素输入的截流转化作用 [J]. 应用生态学报, 2007, 18 (11): 2611-2617.
- [21] 刘泽君. 硝酸钙、生物促生剂和沉水植物对城市河道黑臭底泥微生物群落结构的影响 [D]. 广州: 暨南大学, 2017: 15-17.
- [22] 贺晏. 廖家江黑臭水体综合治理技术研究及应用 [D]. 南昌: 南昌大学, 2022: 30-34.

## Comprehensive Management of Small Watersheds in the Context of Rural Revitalization

SHUI Yonghong<sup>1</sup>, CAO Hejian<sup>2</sup>, ZHOU Jianmin<sup>1</sup>

(1.Chengdu Textile College, Chengdu, Sichuan 611731, China; 2.Sichuan Association for the Promotion of Ecological Civilization, Chengdu, Sichuan 610036, China)

**Abstract:** Ecologically clean small watersheds are one of the effective ways to achieve rural

revitalization and green development. The proposal and implementation of the rural revitalization strategy, coupled with the achievements in small watershed governance both domestically and internationally, have laid a solid foundation for comprehensive governance of small watersheds from theory to practice. Comprehensive management of small watersheds can not only drive regional economic growth, but also promote sustainable development and structural upgrading of rural industries, and assist in rural revitalization. Small watershed pollution control needs to focus on the combination of multiple technologies, and at the same time, the river chief system should be combined in management, effectively combining scientific research, popular science and education, and attracting more social forces to participate in the protection and management of small watersheds.

**Key words:** New Situations; Small Watersheds; Rural Revitalization; Pollution Control

编辑: 邹蕊