

小流域水土保持与水资源涵养能力提升技术

惠一波 张凤

黄河水利委员会延安水文水资源勘测局, 中国·陕西 延安 716000

摘要: 小流域作为水土流失治理以及水资源管理的基础单元, 它的水土保持成效以及水资源涵养能力对于区域生态安全、农业生产稳定以及人居环境质量有着直接的关联。本文依据小流域生态系统的结构与功能特性, 全面剖析我国小流域水土保持与水资源涵养的现状以及存在的问题, 接着从工程技术、生物技术、农业耕作技术这三个方面详细阐释小流域水土保持与水资源涵养能力提升的关键技术体系, 结合黄土高原杏子河流域的典型案例分析技术应用的效果, 为我国小流域生态治理与水资源高效利用给予理论支持和实践借鉴。

关键词: 小流域; 水土保持; 水资源涵养; 技术体系

Techniques for Enhancing Soil and Water Conservation and Water Resource Retention in Small Watersheds

Hui Yibo, Zhang Feng

Yellow River Conservancy Commission Yan'an Hydrology and Water Resources Survey Bureau, China Shaanxi Yan'an 716000

Abstract: As the basic unit for soil and water conservation and water resource management, small watersheds have a direct connection with regional ecological security, stable agricultural production and the quality of living environments through their effectiveness in soil and water conservation and water resource retention capacity. Based on the structure and functional characteristics of small watershed ecosystems, this paper comprehensively analyses the current state and existing problems of soil and water conservation and water resource retention in China's small watersheds, and then elaborates in detail on the key technological systems for enhancing soil and water conservation and water resource retention from the perspectives of engineering technology, biotechnology and agricultural cultivation technology. Combining the case study of the Xingzi River watershed on the Loess Plateau, the paper analyses the effects of technology application, providing theoretical support and practical reference for ecological governance and efficient water resource utilisation in Chinese small watersheds.

Keywords: Small watershed; Soil and water conservation; Water resources conservation; Technical system

0 引言

小流域作为地理单元的基本单位, 承载着维护区域生态平衡和提供生态服务的重要功能。然而, 由于不合理的开发利用、气候变化等因素的影响, 小流域的水土流失、水资源短缺、生态环境恶化等问题日益严重, 对流域内的生态系统和社会经济可持续发展构成了严重威胁^[1]。所以开展小流域水土保持与提升水资源涵养能力的技术工作, 既有利于修复遭到破坏的生态系统, 强化小流域的生态服务效能, 又能切实提升水资源的利用成效, 减轻水资源短缺带来的压力。另外, 这项研究能够助力区域生态保护工作与高质量发展进程, 达成人与自然和谐共处的目标, 是保障国家生态安全与水资源安全的迫切需求。

1 我国小流域水土保持与水资源涵养现状及问题

1.1 水土流失现状与问题

中国互联网新闻中心消息报道, 在黄河流域范围内, 水利部协同多个部门共同推进一系列治理举措, 具体涵盖淤地坝的构建、坡耕地的整治、小流域的综合治理以及病险淤地坝的除险加固工作等。到 2024 年年底, 水土流失治理面积达 3 万平方公里, 新建成淤地坝与拦沙坝共计 2637 座, 完成病险淤地坝除险加固的数量为 3090 座, 改造的坡耕地面积达到 315.5 万亩。不过, 我国小流域的水土流失状况仍旧较为常见, 一些地区的情况更为严峻, 主要呈现出土壤侵蚀模数处于较高水平, 耕地出现退化、土地沙化

等状况明显,这使得土地资源短缺的问题愈发严重。另外,水土流失面积在小流域总面积中所占的比例不低,坡耕地、沟道以及矿区等区域是水土流失问题集中的地方。

1.2 水资源现状与问题

水资源涵养是重要的生态服务功能,水资源涵养量是在特定的时空范围内,经历蒸发、截留和土壤蓄水等过程后,得以保存在生态系统内部的水量。这部分水量可以改善气候条件、调节径流、确保流域水量供给和循环,为人类提供可以开发的水资源^[2]。我国小流域水资源总量在区域分布上呈现出均衡态势,南方小流域水资源较为充裕,北方小流域则大多面临缺水状况,季节性干旱情况频繁出现。再者,部分小流域在水资源开发利用方面效率低下,农业灌溉中大水漫灌的情况屡见不鲜,工业用水重复利用率处于较低水平,生活用水浪费现象也极为普遍。此外,水资源调控工程存在明显短板,蓄水与引水能力有限,难以有效解决水资源在时空分布上不均衡的问题。

2 小流域水土保持与水资源涵养能力提升核心技术体系

2.1 工程技术:筑牢水土保持与水资源调控基础

2.1.1 坡面治理工程

坡面作为小流域水土流失问题的关键源头,其治理工程将“减蚀、拦沙、蓄水”设定为主要目标。该工程借助梯田改造、截排水系统合理布设以及植被带科学镶嵌等综合技术手段,减缓坡面径流速度,减少土壤侵蚀数量^[3]。梯田工程在坡面治理举措中占据核心地位,依据地形坡度不同,可划分为水平梯田、坡式梯田与隔坡梯田这三种类型。水平梯田适宜坡度处于 5° – 25° 的坡面,经改造后,土壤侵蚀模数能够降低60%–80%,每亩耕地每年蓄水能力可提升 $30\text{--}50\text{m}^3$ 。进行梯田布局设置时,要综合考量土壤质地和降水特点,配套修建宽度为 $0.5\text{--}0.8\text{m}$ 、深度为 $0.4\text{--}0.6\text{m}$ 的田埂,并且在田埂内侧每隔 $10\text{--}15\text{m}$ 设置泄水孔,以此防止雨水积聚引发田埂溃决。另外,对于坡度较大、不适合开垦的坡面,可布置鱼鳞坑、水平阶等整地工程,鱼鳞坑的坑距为 $2\text{--}3\text{m}$ 、行距为 $3\text{--}4\text{m}$ 、坑深为 $0.3\text{--}0.5\text{m}$,这类工程能够有效截留坡面径流,为植被恢复营造有利条件。

2.1.2 沟道治理工程

沟道充当着小流域泥沙运输的关键路径角色,沟道治理工程把“拦沙、固沟、防洪、蓄水”当作核心要点。通过搭建谷坊、淤地坝以及塘坝这类工程设施,能够使沟道纵坡的下降速度变缓,对沟道中的泥沙起到拦截作用,还能够增强水资源的存储本领。谷坊是沟道治理的基础性工

程,大多布置在沟道上游位置以及支沟区域,按照所使用的建筑材料来划分,有土谷坊、石谷坊、混凝土谷坊这几种类型,其高度通常处于 $1\text{--}5\text{m}$,间距依据沟道坡度来确定,一般间距在 $20\text{--}50\text{m}$ 。淤地坝适宜布置在沟道中游地势相对平坦的地方,坝体高度一般在 $5\text{--}30\text{m}$,库容量在 $1\text{--}100$ 万,它不但可以高效拦截泥沙、淤积土地用于造田,而且能够形成小型水库,给农业灌溉以及人畜饮水供应水源。塘坝大多布置在沟道下游或者村庄周边,主要用途是蓄水用于灌溉。它的坝高通常在 $3\text{--}10\text{m}$,库容在 $0.1\text{--}1$ 万,若配套建设引水渠和灌溉管网,能够覆盖的灌溉面积达 $50\text{--}200$ 亩,进而提升农业用水方面的保障能力。

2.2 生物技术:构建水土保持与水资源涵养生态屏障

2.2.1 植被群落配置技术

构建植被群落配置时,要依据小流域内不同区域的地形特征、土壤性质以及水分状况,规划出具有多层次结构的复合植被群落,以此增强水土保持效果和土地资源涵养能力^[4]。针对坡面上部那些土壤贫瘠且水分匮乏的地带,应优先考虑采用那些既耐干旱又耐贫瘠的本地树种,如侧柏、油松、山杏这类树种,再搭配紫穗槐、沙棘等灌木,就能形成乔灌草混合的植被群落。其中,乔木的种植间距设定为,灌木的种植间距则为,这样的布局能让坡面降水截留率增长40%–60%,土壤含水量增加15%–25%。再者,在沟道两岸以及水库周边地带,柳树、杨树、枫杨等树种因具备耐水湿和强固土能力而被选中,与芦苇、香蒲等水生植物配合种植,能够构建出滨水植被带,该植被带能有效减轻沟道两岸的侵蚀问题,并净化流入水库的水质。此外,在梯田埂边以及村庄周边区域,可以种植苹果、梨、核桃等经济林果,再搭配紫花苜蓿等豆科植物,这样能在实现生态效益的同时,让经济效益也得到协同提升。

2.2.2 植被繁育与栽培技术

植被繁育与栽培技术对于提升植被成活率以及生长质量而言十分关键,这需要依据不同植被物种的生物学特性,运用种子处理、容器育苗、合理栽植、后期管护等一系列配套技术。在种子处理环节,针对沙棘、山杏这类硬实种子,可采用机械摩擦、温水浸种等方式来打破休眠状态,以此提高发芽率。容器育苗要选用直径为 $10\text{--}15\text{cm}$ 、高度为 $15\text{--}20\text{cm}$ 的营养钵,配置按照腐殖土、河沙、腐熟有机肥以 $3:1:1$ 比例混合而成的营养土,将育苗周期控制在 $6\text{--}12$ 个月,容器苗的成活率相较于裸根苗要高出20%–40%。栽植时间优先考虑3–4月的春季或者9–10月的秋季,

表1 立体种植技术模式

种植模式	作物搭配	株行距配置	生育期衔接	水土保持效果
玉米+大豆间作	玉米（高秆）+大豆（矮秆）	玉米行距60cm，株距30cm；大豆间植于玉米行间，行距30cm，株距20cm。	玉米4月中下旬播种，9月中下旬收获；大豆5月上旬播种，9月上旬收获。	冠层覆盖率提升35%–45%，土壤侵蚀模数减少40%–50%。
苹果+红薯套种	苹果（乔木）+红薯（草本）	苹果行距4m，株距3m；红薯套种于苹果行间，行距50cm，株距30cm。	苹果常年生长，红薯5月中旬播种，10月上旬收获。	冠层覆盖率提升50%–60%，土壤含水量提升12%–18%。
小麦+油菜轮作	小麦（冬性作物）+油菜（油料作物）	小麦行距25cm，株距10cm；油菜行距30cm，株距15cm。	小麦10月上旬播种，次年6月中旬收获；油菜9月下旬播种，次年5月上旬收获。	全年地表覆盖率不低于70%，减少季节性水土流失60%–70%。

栽植深度比苗木原土痕高出 2–3cm，栽后要及时浇定根水，并且用秸秆、地膜覆盖树盘，减少水分蒸发。在后期管护工作中，要着重做好除草、施肥以及病虫害防治这几项工作，每年除草的次数为 2–3 次，从定植后的第 2 年开始，每年给每株苗木施加 1–2 公斤的腐熟有机肥，采用生物防治与化学防治相结合的办法来防治病虫害，以此保证植被能够健康地生长。

2.3 农业耕作技术：实现水土保持与农业增效协同发展

2.3.1 立体种植技术

立体种植这项技术能够依据不同作物的特性进行合理搭配，这些特性涵盖株高差异、生育期不同以及需水需肥特性的区别，以此构建起多层次的种植架构。该技术实施后，一方面能使土地利用率以及光能利用率得到提升，另一方面可借助作物根系所具备的固土功能与冠层所具有的截留功能，降低水土流失发生的可能性。从表 1 能够看出，立体种植模式借助高秆作物与矮秆作物、乔木与草本植物、冬性作物与春性作物的组合搭配，达成了地表在整个生长周期的覆盖，切实减少了处于裸露阶段时水土流失的情况。

2.3.2 节水农业技术

节水农业技术把提高水资源利用效率当作关键目标，借助改进灌溉模式、扩大耐旱作物种植范围、优化水肥管理举措等办法，来降低农业灌溉用水总量，达成水资源的高效运用^[5]。这其中，滴灌技术适合用于果树、蔬菜这类作物，它运用迷宫式滴灌带或者压力补偿式滴头，能让灌溉水利用系数达到 0.9 以上，和传统漫灌相比，能节省 60%–70% 的水。其二，扩大耐旱小麦、耐旱玉米、谷子、糜子等耐旱作物品种的种植规模，这些品种在遭遇轻度干旱情况时依旧能维持较高产量，和普通品种对比，能节省 25%–35% 的水。其三，水肥一体化技术要把肥料溶解到灌溉水中，借助滴灌或者喷灌系统一同施用，依据作物在生育期对水和肥料的需求规律进行精准调控，这样能减少肥料浪费以及水资源消耗，与传统施肥灌溉方式相比，可节

水 30%–40%，节肥 20%–30%，还能让作物产量提升 10%–15%。其四，运用秸秆覆盖、地膜覆盖这类保墒技术，能够减少土壤水分蒸发，提高土壤含水量，进而使水资源利用效率进一步提高。

3 黄土高原杏子河流域实践案例分析

杏子河流域地处陕西省安塞区境内，这一区域是黄土高原丘陵沟壑地带，其流域面积达 800Km²，年均降水量约为 500mm，水土流失问题极为突出，土壤侵蚀模数处于 8000–10000t/（Km²·a）的高水平。自 2018 年起，该流域着手开展小流域综合治理工程，运用“工程 + 生物”的技术集成方式，着重推进坡面治理、沟道治理以及植被恢复工作。在开展坡面治理工作时，修建了 2.5 万亩水平梯田，配套搭建了 30km 的坡面截排水工程，并且种植了 1.2 万亩等高植物篱。针对沟道治理，建造了 8 座中型淤地坝、25 座小型淤地坝以及 60 座谷坊，打造出梯级沟道治理工程，以此拦截沟道中的泥沙与洪水。在植被恢复工作上，于荒山荒坡种植了油松、侧柏、沙棘等乔灌木，面积达 3 万亩，同时在林下种植了沙蒿、苜蓿等草本植物，经过这些举措，植被覆盖率从治理前的 35.30% 提升至 70.94%。

历经五年的治理工作，杏子河流域的水土流失状况得到有力管控。该流域的土壤侵蚀模数降低到 2500t/（Km²·a）之下，每年能够拦蓄的泥沙量达到 120 万吨。再者，流域的水资源涵养能力有了明显增强，土壤含水量提升幅度在 15%–20%，地下水补给量平均每年增加 10mm。另外，当地的农业生产条件也得到大幅改善，梯田每亩的粮食产量从治理之前的 200kg 提升至 400kg，农民每年的平均收入增加超过 3000 元。

4 结语

小流域开展水土保持以及提升水资源涵养能力，对于保障生态安全以及水资源安全而言是关键的行动方式，也是推进生态文明建设的关键抓手。我国在小流域治理方面虽然已经取得了一定阶段的成果，然而依旧需要关注区域内突出的问题，要不断加强工程、生物、农业耕作技术的

整合创新以及协同运用，以此提高治理的精确度。杏子河流域的实践情况显示，借助科学的规划以及精确的策略可达成技术集成以及模式创新，可有效化解水土流失和农业发展之间的矛盾。未来需要加强科技方面的支持，完善长期有效的治理机制，达成生态保护和经济社会发展双方面的共赢。

参考文献：

[1] 王燕，谢兆楠，徐敬华等. 龙江寺河生态清洁小流域水土保持治理建设成效探讨[J]. 水利技术监督，2025,(11): 140-144.

[2] 徐蕾. 小流域综合治理对水土保持效果的影响分析

[J]. 水上安全，2025,(09):74-76.

[3] 林佳，苗文革，马雨婷等. 小流域沟道水土保持工程设计研究[J]. 内蒙古水利，2024,(12):94-95.

[4] 王燕. 小流域水土保持与生态治理的有效策略与实践[J]. 黑龙江水利科技，2024,52(11):148-150.

[5] 曾现艳，石炜，钱学智等. 小流域水土保持综合治理工程实践与探讨[J]. 治淮，2024,(09):77-78.

作者简介：惠一波（1992-），男，陕西清涧人，汉族，本科，助理工程师，研究方向：冰川消融加剧正深刻改变干旱区水资源管理。