

南方红壤低山丘陵区水土流失综合治理

史志华¹, 杨洁², 李忠武³, 李勇⁴, 程栋梁⁵, 袁再建⁶

(1. 华中农业大学资源与环境学院, 武汉 430070; 2. 江西省水土保持科学研究院, 南昌 330029;
3. 湖南大学环境科学与工程学院, 长沙 410082; 4. 中国农业科学院农业环境与可持续发展研究所, 北京 100081;
5. 福建师范大学地理科学学院, 福州 350007; 6. 广东省生态环境技术研究所, 广州 510650)

摘要:“南方红壤低山丘陵区水土流失综合治理”项目(2017YFC0505400)获得国家重点研发计划“典型脆弱生态修复与保护研究”专项支持。项目重点阐明区域水土流失演变规律及关键驱动因子,以生态功能提升与生产功能优化为核心,研发集成地表径流调控、土壤肥力提升、植被可持续恢复和景观结构优化为一体的水土流失治理技术体系,形成生态服务功能提升与民生改善的区域水土流失综合治理模式,为红壤低山丘陵区水土流失治理提供科技支撑。

关键词: 重点研发项目; 红壤低山丘陵区; 水土保持; 生态功能

中图分类号: S157.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1009-2242(2018)01-0006-04

DOI: 10.13870/j.cnki.stbcxb.2018.01.002

Soil Conservation in the Hilly Red Soil Region of Southern China

SHI Zhihua¹, YAN Jie², LI Zhongwu³, LI Yong⁴, CHENG Dongliang⁵, YUAN Zaijian⁶

(1. College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070;
2. Jiangxi Institute of Soil and Water Conservation, Nanchang 330029; 3. College of Environmental Science & Engineering, Hunan University, Changsha 410082; 4. Institute of Environment and Sustainable Development in Agriculture, CAAS, Beijing 100081; 5. College of Geographical Sciences, Fujian Normal University, Fuzhou 350007; 6. Guangdong Institute Eco-environment & Soil Science, Guangzhou 510650)

Abstract: Supported by the Ministry of Science and Technology of China, National Key Research and Development Program of “Typical fragile ecological restoration and protection” has recently launched a project entitled “Soil conservation in the hilly red soil region of southern China” (2017YFC0505400). This project will focus on the coordination between ecological functions and product functions, clarify the temporal and spatial variations of soil erosion in the hilly red soil region of southern China, and especially identify the relative contribution of natural factors and human activities. The project will carry out the following research on technologies and their application: controlling surface runoff, improving soil fertility, vegetation restoration and landscape pattern optimization. Base on trade-off analyses and synthetic integrated method of multiple ecosystem services, best management practices for soil erosion control will be established, which will also provide scientific and technological supports for the improvement of the regional ecological environment.

Keywords: National Key Research and Development Program of China; hilly red soil region; soil conservation; ecological functions

我国南方红壤低山丘陵区水热资源丰富,区位优势,是热带亚热带经济林果、粮食及经济作物生产的重要基地。由于水热条件优越与生物生产潜力大,土壤本身及其与水、岩、气、生物圈之间的物质循环及交换过程较其他区域土壤更为强烈,受干扰后生态环境退化迅速^[1-2]。加之人口稠密,开发强度大,因此,水土流失仍分布广泛,局地崩岗发育严重^[1]。我国政府一直将水土保

持生态建设确立为经济社会发展的一项重要基础工程,先后实施了退耕还林(草)、天然林保护、长江中上游水土流失综合治理等系列工程。南方红壤低山丘陵区水土流失治理已初见成效,目前江西、湖北、湖南、福建等省水土流失面积与 20 世纪 80 年代相比,分别减少 43.5%,46.4%,31.9%,42.9%,水土流失持续扩展的趋势得到有效遏制^[3]。

当前南方红壤低山丘陵区水土保持工作取得了阶段性成效,水土流失治理理念与技术模式也得到不断发展和创新。从过去单一治理、综合整治发展到十八大提出的“生态文明建设”的治理理念,并使治理中关注的焦点发生了系列变化:从关注生产和经济到重视生态系统效益,从治理为主到预防为主,从强调现状治理到关注可持续发展,并上升到生态文明建设的高度^[4-6]。理念的转变也促使治理措施从强调单一技术到综合技术集成,从植被覆盖率增加转向结构改善和功能提升,从坡面水土流失治理到小流域综合治理,再到区域生态经济协同发展与优化布局,并注重资源—经济—社会的空间分异及其功能分区^[7-9]。

由于我国红壤低山丘陵区环境的特殊性和生态恢复的复杂性,区域内仍有水土流失面积 16 万 km²,崩岗 23.9 万个^[10]。水土流失治理仍面临系列问题:(1)区域水土流失演变机制不清,治理模式缺乏区域针对性;(2)低效林的林分结构亟需调控,土壤贫瘠是关键限制因子;(3)崩岗与林下水土流失治理、生态与生产协调发展是难点。为紧密结合科技前沿与国家需求,支撑国家生态文明建设,国家重点研发计划“典型脆弱生态修复与保护研究”重点专项中设置了“南方红壤低山丘陵区水土流失综合治理”项目。需要解决的关键技术包括:(1)水土保持乡土植物筛选及其规模化建植技术;(2)侵蚀退化红壤肥力提升和植被结构定向调控技术;(3)水土保持措施空间布局与生态功能提升技术;(4)区域水土流失治理与林果特色产业协同发展技术。

1 项目目标

南方红壤低山丘陵区经过大规模的生态工程实施,水土流失治理已取得显著成效。但水土流失防治与民生改善、水土资源利用与生态保护的矛盾仍然突出,亟需将治理与生态功能提升有机结合,从前期治理侧重遏制水土流失面积扩张为主转向提升单位面积生态服务、培育生态治理产业为主。因此,本项目以生态—生产功能优化为核心,阐明区域水土流失演变规律及其关键驱动因子,研发集成地表径流调控、土壤肥力提升、植被可持续恢复、水土资源协调和景观结构优化为一体的治理技术体系,发展区域特色生态产业技术,形成兼顾生态服务提升与民生改善的区域水土流失综合治理模式与管理体系。

2 研究内容

针对上述目标,项目主要从 4 个方面开展研究:

(1)区域水土流失演变规律及其关键驱动因子。针对南方红壤低山丘陵区水土流失分布广泛,局地崩岗发育严重,利用遥感反演和异源观测数据融合的水

土流失动态评价方法,研究近 30 年来南方红壤低山丘陵区水土流失空间格局的演变过程,阐明水土流失演变的自然和社会关键驱动因子;建立高分辨率卫星影像、无人机航空摄影与野外调查相结合的崩岗识别与监测技术体系,揭示南方红壤低山丘陵区崩岗的分布规律和地带性特征,揭示气候、地质、地貌、土壤、水文、植被等环境因子对崩岗空间分布规律的影响;研究现有典型水土流失治理措施和模式对水土流失演变的作用—响应机理,探讨水土流失治理与生态服务功能的互馈关系;建立多因子耦合的水土流失防控区划指标体系,借助数理统计方法及不确定理论和模型优化指标权重,构建南方红壤低山丘陵区水土流失防控区划技术体系,提出区域水土流失优化防控区划方案,为南方红壤低山丘陵区水土流失科学治理和生态系统服务功能提升提供依据。

(2)土壤肥力提升和植被结构改善及其定向调控技术。针对南方红壤低山丘陵区水土流失综合治理中土壤和植被的生态功能提升需求,围绕侵蚀退化土壤肥力提升和植被结构改善,揭示侵蚀土壤碳氮转化机理,研发坡耕地养分增容与提质增效技术、林果地土壤结构改善与生物活性协同提升技术、崩岗与林下水土流失区等侵蚀劣地土壤增碳与生物多样性调控技术。针对区域植被恢复的立地条件、生物多样性现状及其景观格局特征,评估人工辅助下植被恢复的限制因子;筛选适应不同侵蚀立地条件、不同恢复阶段和不同营林目标的乡土物种,并开展规模化建植试验;研发崩岗及林下水土流失区的先锋植被促育和快速恢复技术,在群落和景观尺度上进行结构与格局的优化,发展复合生态林业模式。形成侵蚀退化红壤肥力与植被生态功能提升的综合技术体系。

(3)水土保持措施空间优化配置与生态功能提升技术。针对南方红壤低山丘陵区水土资源空间匹配特点、不同侵蚀退化生态系统特征和生态功能提升的需求,结合区域资源特色和生态产业发展需求,以优化水土保持措施的空间布局和生态功能提升为目标,研发生态高值特色农林产业开发中的水土流失治理技术,构建结构和功能优化的坡地农林复合开发水土流失治理技术,提出坡面、流域及区域水土保持措施空间布局优化技术,集成水土流失控制—植物功能发挥—产业高效发展的适应技术体系,构建生态—生产功能并重的高效开发型水土流失治理技术模式。针对崩岗与林下水土流失等严重侵蚀区,研究其生态系统退化特点,综合权衡崩岗与林下流侵蚀规律、土壤肥力与植被退化特征等因素,提出退化生态系统恢复重建的总体思路与技术策略,评价崩岗与林下水土流失现有防控技术的适宜性,结合土壤肥力提升、植被

恢复等关键技术,筛选、集成适合红壤低山丘陵区的崩岗与林下水土流失区生态防护综合治理技术体系。

(4) 水土流失治理与产业发展的耦合模式。通过南方红壤低山丘陵区水土流失治理与生态产业耦合驱动要素演变过程、耦合关系、协同途径的系统研究,研发生态—生产耦合的服务功能提升技术、高值特色生态产业技术与景观优化设计技术集成,明确区域水土流失治理、资源配置和生态产业耦合机制及其协同途径;对不同生态经济耦合方式下的土地利用方式、生态产业规模、类型和布局等参数进行优化设计,并结合当前经济、社会、政策进行情景分析和评价,提出南方红壤低山丘陵区生态—经济协调发展型的优化治理模式;综合评价水土流失治理与产业布局、农民增收的有机结合模式,确定治理模式的实施条件和适宜推广范围,形成可持续的生态产业与服务功能提升价值链,创新生态—生产功能协同提升适应性管理机制,构建区域水土流失治理与生态富民相结合的管理

对策,提出生态—生产耦合的区域水土流失综合治理的系统方案。

3 研究思路

本项目采用野外调查、问卷调查、遥感与地理信息系统分析、定位观测、控制试验等方法,围绕水土流失“演变规律及机理—关键治理技术研发—技术体系集成—综合治理模式与对策”的主线,阐明区域水土流失演变规律及其机理,点面结合及尺度综合研究水土流失治理与生态功能提升技术体系与模式。在典型试验区研究基础上,进行县域尺度示范推广。进而根据南方红壤低山丘陵区的环境特征,结合区域分异规律和水土保持分区结果,通过建立以限制因素为主导的环境条件—措施类型的关系,调整相关的水土流失治理模式及其产业类型,逐步促进试验示范区的“点状”成果逐步向南方红壤低山丘陵区“面上”的有序科学推广,形成区域水土流失治理的系统性解决方案。项目总体技术路线如图 1 所示。

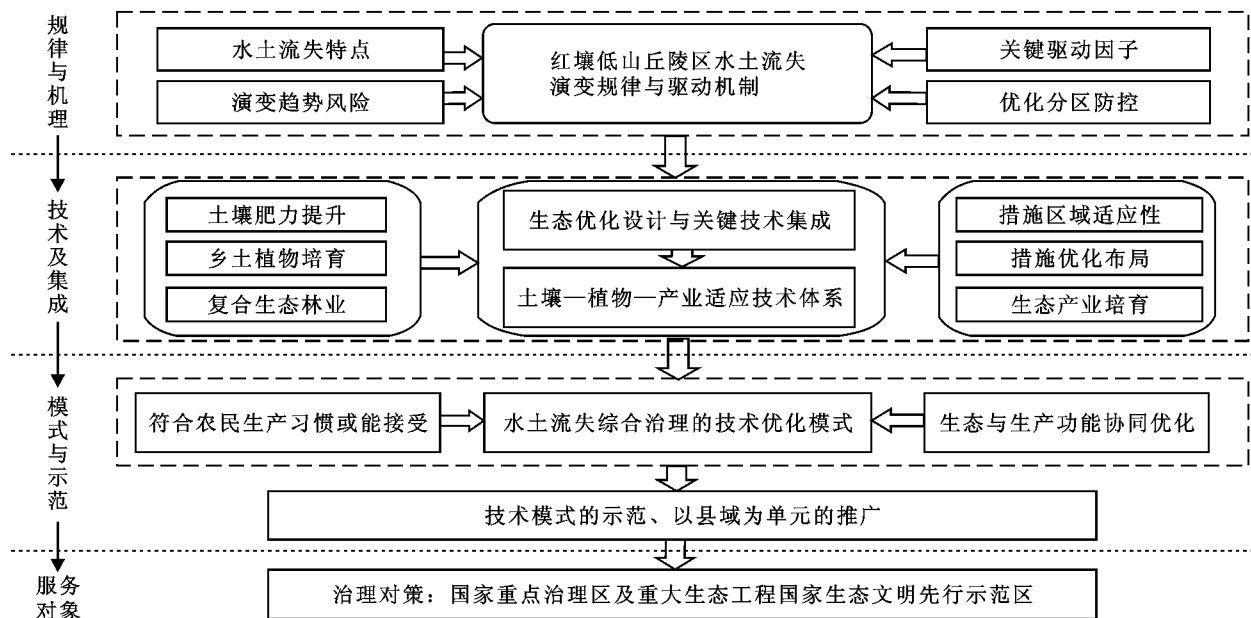


图 1 项目研究技术路线

综合考虑项目的整体性以及课题的独立性和相互协作性,设置了 6 个课题:(1)红壤低山丘陵区水土流失演变规律与驱动机制;(2)侵蚀退化红壤肥力及其生态功能提升技术;(3)不同侵蚀立地植被恢复与复合生态林业关键技术;(4)生态防护型水土流失治理技术集成与示范;(5)高效开发型水土流失治理技术集成与示范;(6)红壤低山丘陵区水土流失综合治理模式和对策。课题间的相互关系如图 2 所示。

课题 1 重点研究区域水土流失的动态变化规律,分析自然和人类活动对水土流失时空演变的驱动机制,阐明现有典型水土流失治理措施和模式对水土流失演变的作用—响应机理,探讨水土流失治理与生态服务功能的互馈关系。课题 1 是整个项目的重要基

础,将为项目提供水土流失演变的区域背景数据,辨识现有典型水土流失治理措施和模式的区域适宜性,以及区域内水蚀、崩岗等侵蚀类型面临的主要问题,同时为课题 6 有针对性的水土流失综合治理模式与对策提供优化防控区划方案。

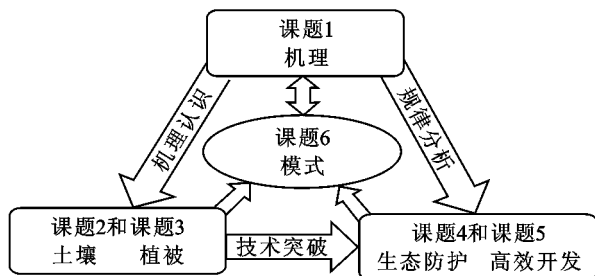


图 2 课题设置及其关系

课题2重点研究侵蚀红壤退化特征,土壤碳氮转化关键过程与土壤肥力变化的关系,构建土壤生物活性提高、结构改善、养分增容等生态功能提升技术,分析其与土壤保持、固碳、物质生产等主要服务功能变化的内在联系。课题2是项目的关键技术突破点,为课题4和课题5开展区域水土流失治理技术集成研究提供土壤过程的关键参数和肥力提升技术,为课题6开展水土流失综合治理模式和对策提供技术支撑。

课题3重点研究乡土抗性物种筛选和规模化建植,实现先锋种群地快速覆盖,并通过植被结构改造和优化技术,加速群落正向演替,实现结构与功能的恢复,因地制宜地开展林—药、林—茶、林—果、林—蔬等高效复合营林研究,建立生态和经济效益兼顾的复合生态林业。课题3是项目植物技术的核心,为课题4和课题5提供水土流失治理的植被恢复关键技术,为课题6开展水土流失综合治理模式和对策提供植被格局的参数和数据验证。

课题4重点研究崩岗、林下水土流失等侵蚀严重区的生态系统退化特点,建立生态系统恢复重建关键技术和模式的评价方法,筛选集成不同类型退化生态系统恢复重建关键技术,针对崩岗、林下水土流失等侵蚀严重区提出生态防护型水土流失治理技术体系。课题4以崩岗、林下水土流失等侵蚀严重区的生态防护为核心,利用课题1~3的相关机理和技术,形成生态防护型水土流失治理技术体系。

课题5重点研发集成生态高值特色农林产业开发的水土流失治理技术,提出坡面、流域及区域水土保持措施空间布局优化技术,集成区域土壤—植物—产业适应技术体系,构建南方红壤低山丘陵区水土流失治理与农林产业高效开发技术体系。课题5以南方红壤低山丘陵区农林开发中水土流失治理与生态功能提升为核心,集成课题1~3的相关机理、规律和技术,形成高效开发型水土流失治理技术体系。

课题6重点研究区域水土流失治理、资源配置与生态产业耦合机制与权衡关系,研发基于生态与生产功能权衡的区域水土流失治理模式和生态格局优化方案,提出水土流失治理的适应性管理对策和推广机制。课题6以生态—生产功能的协同提升为核心,集成前5个课题形成水土流失治理的系统性解决方案,对整个项目的系统性和完整性具有重要贡献。同时,

在成果产出方面,课题6也将前5个课题的研究结果进行综合,为区域生态服务提升和民生改善提供决策咨询建议,是整个项目研究成果的重要出口。

4 结语

项目围绕社会发展对红壤低山丘陵区水土流失治理的需求,开发水土保持措施空间布局优化与生态功能提升技术,通过研发关键技术、优化景观布局、发展优势产业,实现生态建设从水土流失治理向生态服务功能提升,从单纯植被覆盖率增加向结构改善和生态效益提高的转变。示范区实现生物多样性丰富、生态系统结构完整、能量流动物质循环畅通、资源利用高效的发展目标。项目基于水土流失治理关键制约因子识别、时空演变规律解析,提出面向生态服务功能提升的水土流失优化防控区划方案,将为区域分区治理方案的制定和实施提供科学依据;研发的技术应用和推广机制,可为政府管理部门制定水土流失治理与生态产业发展策略、实施科学综合决策提供支持,推动践行“绿水青山就是金山银山”的理念。

参考文献:

- [1] 蔡强国,朱阿兴,毕华兴,等.中国主要水蚀区水土流失综合调控与治理范式[M].北京:科学出版社,2010.
- [2] Amundson R, Berhe A A, Hopmans J W, et al. Soil and human security in the 21st century [J]. Science, 2015, 348(6235): 1261071.
- [3] 水利部,中国科学院,中国工程院.中国水土流失防治与生态安全:水土流失数据卷[M].北京:科学出版社,2010.
- [4] 傅伯杰.生态系统服务与生态安全[M].北京:高等教育出版社,2013.
- [5] Fu B J, Wang S, Su C H, et al. Linking ecosystem processes and ecosystem services [J]. Current Opinion in Environmental Sustainability, 2013, 5(1): 4-10.
- [6] Pimentel D, Harvey C, Resosudarmo P, et al. Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits[J]. Science, 1995, 267(5201): 1117-1123.
- [7] 刘宝元,刘瑛娜,张科利,等.中国水土保持措施分类[J].水土保持学报,2013,27(2):80-84.
- [8] 史志华,宋长青.土壤水蚀过程研究回顾[J].水土保持学报,2016,30(5):1-10.
- [9] 唐克丽,史立人.中国水土保持[M].北京:科学出版社,2004.
- [10] 水利部.第一次全国水利普查水土保持情况公报[R].北京:水利部,2013.