西南紫色土区水土流失综合治理技术体系

鲍玉海[1]，丛佩娟[2]，冯 伟[2]，王海燕[2]，贺秀斌[1]，田风霞[1]

(1. 中国科学院 水利部 成都山地灾害与环境研究所 山地表生过程与生态调控重点实验室，四川 成都 610041；2. 水利部 水土保持监测中心，北京 100053)

摘 要：[目的] 系统梳理西南紫色土区已实施的水土保持技术，为区域水土保持实践工作提供借鉴。[方法] 通过文献查阅，从不同层面开展综述和分析。[结果] 针对紫色土区自然概况和水土流失现状，阐述了区域水土流失治理思路，总结了采用的主要水土保持措施，简要综述了各项水土措施的适宜条件及技术构成，同时分析了当前存在的主要问题并提出了相应的建议。[结论] 西南紫色土区水土流失治理方向重点是坡耕地整治和坡面水系配套为主的小流域综合治理，沟坡兼治，并在实践中形成了丰富多样的单项工程、植物和农业技术措施。但实际应用中存在缺乏针对西南紫色土区的相关技术规范和标准，欠缺水土保持措施优化配置和适宜性评价等问题。今后应加强技术标准编制、水土流失防治效益评估、分区治理技术优化配置等方面的工作。

关键词：紫色土；水土流失；水土保持；综合治理

文献标识码：B **文章编号**：1000-288X(2018)03-0143-08 **中图分类号**：S157.2

文献参数：鲍玉海，丛佩娟，冯伟，等. 西南紫色土区水土流失综合治理技术体系[J]. 水土保持通报，2018，38(3)：143-150. DOI：10.13961/j.cnki.stbctb.2018.03.023. Bao Yuhai, Cong Peijuan, Feng Wei, et al. Comprehensive management system of soil and water loss in purple soil area of Southwestern China[J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 2018, 38(3): 143-150.

Comprehensive Management System of Soil and Water Loss in Purple Soil Area of Southwestern China

BAO Yuhai[1], CONG Peijuan[2], FENG Wei[2], WANG Haiyan[2], HE Xiubin[1], TIAN Fengxia[1]

(1. *Key Laboratory of Mountain Surface Processes and Ecological Regulation, Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu, Sichuan* 610041, *China*; 2. *Soil and Water Conservation Monitoring Center, Ministry of Water Resources, Beijing* 100053, *China*)

Abstract: [Objective] To review soil and water conservation technologies in the purple soil area of Southwestern China in order to provide basis for the practices of regional soil and water conservation. [Methods] The practical application of various soil and water conservation technologies in the purple soil area was analyzed through literature review from different aspects. [Results] According to the literature review, the ideas for controlling soil erosion were elaborated, and the main soil and water conservation measures were summarized. The suitable conditions and the technical approaches for different soil and water conservation measures were briefly introduced. Meanwhile, suggestions were proposed to address the issues existed in the current working practices. [Conclusion] The priority of soil erosion control in the purple soil area is small watershed management, which is mainly composed of soil erosion control in sloping farmland and slope runoff regulation engineering. Althoug a variety of engineering, biological and agricultural technical measures were formed in practice, there is still a lack of the relevant technical criterias and reliability assessment for soil and water conservation measures in this area. It is necessary to develop the technical criteria, evaluate

收稿日期：2017-12-22 **修回日期**：2017-12-24

资助项目：中国科学院 STS 计划项目“三峡库区生态清洁小流域建设技术体系试验示范”(KFJ-SW-STS-175)；国家自然科学基金面上项目(41571278)；国家留学基金(201604910431)；国家重点研发计划项目(2016YFC0503700)

第一作者：鲍玉海(1981—)，男(汉族)，山东省成武县人，博士，副研究员，硕士生导师，主要从事土壤侵蚀与水土保持研究。E-mail：byh@imde.ac.cn。

the soil erosion control efficiency, and optimize technology configuration in future.

Keywords: purple soil; soil and water loss; soil and water conservation; comprehensive control

紫色土由紫色泥(页)岩风化形成,具有土层薄、团聚结构差、易崩解、抗蚀性弱等特点[1],集中分布于长江中上游地区,是中国西南山区主要的土壤资源之一,以四川盆地最为集中,紫色土耕地面积约占四川省耕地总面积的 68%[2]。最新的全国水土保持区划将西南紫色土区划为水土保持一级分区,地理范围界定为四川盆地及周围山地丘陵区。该区域是中国西部重点开发区和重要的农产品生产区,也是重要的水电资源开发和有色金属矿产生产基地,区内垦殖指数高、坡耕地面积大,人为活动强烈[3]。长期以来,紫色土坡面水土流失一直是当地面临的十分严峻的生态环境问题。导致土层变薄,土壤退化严重,由于水土流失而引起的农业面源污染问题也越来越突出,使当地生态环境变得十分脆弱,严重制约当地生产、生活和经济的发展,同时,作为长江泥沙的主要策源地,也对三峡水库的安全运行和水质安全造成巨大威胁。

针对西南紫色土区严重的水土流失问题,当地农民群众根据多年耕作经验或是继承祖辈流传的土地管理方式,耕作过程中有意识地改变微地形、调整地面植被结构,形成了梯田修筑、等高垄作、间作种植、大横坡+小顺坡、边沟背沟、挑沙面土等一系列朴素的、简便易行的水土保持措施[4-6],中国水土保持工作者也进行了大量工作,在总结凝练劳动人民农耕智慧的基础上,提出了多种治理方法和措施,并应用于生产实践中[7-11],取得了一定效果。但是长期以来,这些有价值的技术都没有被很好地归纳集成。因此,今后将这些地区性的、分散的、经济有效的水土保持技术规范化、标准化,在实践中验证并推广应用,对推动西南紫色土区水土保持工作的高效开展有着重要的意义。本文拟系统梳理西南紫色土区已实施的水土保持技术情况,探索区域水土流失治理技术方案,以期为推进西南紫色土区水土流失防治技术标准的编制工作提供理论支撑,也为区域水土保持实践工作提供技术借鉴。

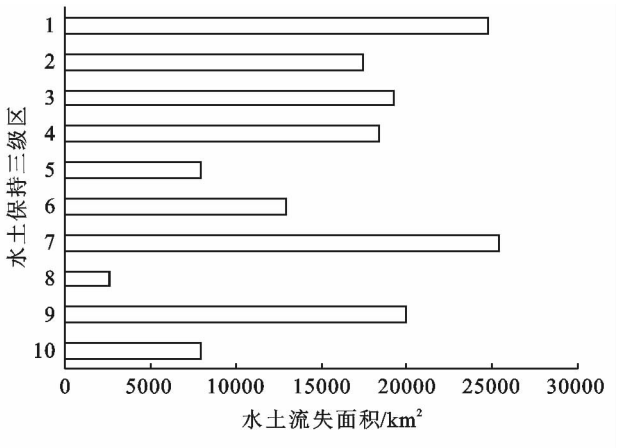
1 西南紫色土区概况

1.1 自然环境概况

西南紫色土区主要指四川盆地及周围山地丘陵区,据《全国水土保持规划》(2015—2030 年)治理分区方略和长江流域片水土保持三级区划成果[12],西南紫色土区包括河南、湖北、湖南、重庆、四川、陕西和甘肃 7 省(直辖市)共 254 个县(市、区),土地总面积约 5.10×10^5 km^2。其中秦巴山山地区面积 22.52 km^2,占紫色土区总面积的 44%,包括秦岭山地、汉中—安康低山丘陵盆地、大巴山地等片区,西起青藏高原东缘,东至华北平原西南部,跨秦岭、大巴山,地貌类型以山地丘陵为主,间有汉中、安康、商丹和徽成等盆地;武陵山山地丘陵区面积 7.58 km^2,占紫色土区总面积的 15%,属武陵山地中低山地貌,平均海拔 800 m 以上,山原边缘山地坡度一般在 30°以上,全区中、低山及山原面积约占本区总面积的 70%以上,可耕地少而分散,坡耕地较多;川渝山地丘陵区面积 20.75 km^2,占紫色土区总面积的 41%,主要包括四川盆地的丘陵、低山及平坝紫色土地区,区内沟壑纵横,地形复杂。西南紫色土区地形起伏大,从浅丘、中丘、深丘到中低山都有分布,主要有秦岭、武当山、大巴山、巫山、武陵山、岷山等山脉及汉江谷地、四川盆地等山川平坝,区内水系发达,径流资源丰富,包含岷江、沱江、嘉陵江、汉江、丹江、清江、澧水等地表水系。属亚热带湿润气候区,大部分地区年均降水量 800~1 400 mm,降雨量季节变化大,在四川盆地周围山地分布着雅安、峨嵋、北川、安县、万源、酉阳、秀山、五峰等多个多雨中心[13],这些多雨中心基本也是长江上游的暴雨中心,一般年均 2~3 次,少数地区年均 4~5 次。并且降雨集中于夏半年,可占全年的 70%~90%。土壤类型以紫色土、黄棕壤和黄壤为主。植被类型主要包括亚热带常绿阔叶林、针叶林及竹林,林草覆盖率 50%~70%。区域耕地总面积 1.14×10^7 hm^2,其中坡耕地 6.22×10^6 hm^2。

1.2 水土流失现状

由于紫色土是由沉积岩发育而成的一种岩性土,母质为松软的紫色砂泥岩,物理风化强烈,结构和稳定性差,加之雨量丰富、暴雨频繁以及强烈的人为活动干扰,使得该区成为中国水土流失最严重的区域之一。该区水土流失类型以水力侵蚀为主,局部地区滑坡、泥石流等山地灾害频发,坡耕地是本区土壤侵蚀的主要策源地[14]。根据第一次全国水利普查数据,该区水土流失面积 1.62×10^5 km^2,占幅员面积的 31.76%,中度及以上水土流失面积占水土流失总面积的 64.10%。其中秦巴山山地区水土流失面积 6.50×10^4 km^2,占紫色土区总水土流失面积的 40.12%;武陵山山地丘陵区水土流失面积 2.09×10^4 km^2,占紫色土区总水土流失面积的 12.90%;川渝山地丘陵区水土流失面积 7.61×10^4 km^2,占紫色土区总水土流失面积的 46.98%(图 1)。



注:1 四川盆地南部中低丘土壤保持区;2 龙门山峨眉山山地减灾生态维护区;3 四川盆地北中部山地丘陵保土人居环境维护区;4 川渝平行岭谷山地保土人居环境维护区;5 湘西北山地低山丘陵水源涵养保土区;6 鄂渝山地水源涵养保土区;7 大巴山山地保土生态维护区;8 陇南山地保土减灾区;9 秦岭南麓水源涵养保土区;10 丹江口水库周边山地丘陵水质维护保土区。

图 1　西南紫色土区水土保持区划三级区的水土流失面积

2　西南紫色土区水土保持技术体系

2.1　水土流失治理思路

紫色土是西南地区最主要的土壤类型,这一区域以“天府之国”之称的四川盆地为中心,水土流失危害极其严重,山地灾害频发,是长江泥沙的策源地之一,对当地乃至全国的经济发展影响巨大。几千年来,紫色土区广大人民群众长期与水土流失作斗争,形成了梯田建设、坡面沟洫工程、保土耕作、山林封禁等丰富成果[15]。新中国成立以来,紫色土区开展了大量的水土保持工作和科学研究,水土保持工作者和相关学者基于劳动人民群众朴素的水土保持认知和实践经验,以及对前人学术成果及思想的继承和发展,提出了许多较为系统的学术观点和防治对策(表1)。总体来看,西南紫色土区水土流失治理的关键是坡耕地整治,而且随着对紫色土坡地水土流失机制认识的不断深入,对地表径流以拦蓄为主逐渐演变为排水保土、先排后蓄、蓄以为用的径流调控方式[3,7,16],根据该区域水土流失特点,应加强以坡耕地改造及坡面水系工程配套为主的小流域综合治理,巩固退耕还林还草成果。实施重要水源地和江河源头区预防保护,建设与保护植被,提高水源涵养能力,完善长江上游防护林体系。积极推行重要水源地清洁小流域建设,维护水源地水质。防治山洪灾害,健全滑坡泥石流预警。

表 1　西南紫色土区水土流失治理思路代表性观点

典型文献	主要观点
候光炯等[17-20]	推行能抗冲、利渗的水土保持耕作法,加强植物—土壤双层大水库建设。同时,采取助渗剂改进土壤渗透性能,与等高垄作、地面覆盖等措施相结合,提高土壤下渗和保蓄水分能力。倡导旱地与水田实行自然免耕新技术来培肥土壤、改造低产田土,建设高产稳产的基本农田,综合立体开发冬水田,要特别重视造林、改土、农田水利与水土保持的综合措施,山水田林路气综合治理规划,形成渠网化、林网化,积极开展生态农业建设
张先婉等[21-23]	从改造农业生产条件入手,开展山、水、田、林、路综合治理,营造桤柏混交林,建设小型水库、塘堰、池等拦蓄径流,实行区间、年间调水,采取薄改厚、坡改梯等改田改土,结合改田进行渠系整理,趋利避害,调整耕作制度,推行聚土免耕、间作套作等水土保持耕作措施
段巧甫[7]	紫色土区典型区域治理开发的 4 条经验:①从坡顶到坡脚进行“山腰修渠,土背开沟,地边扎埂,分散排蓄,迂回下山,适地挖凼,分级设防,层层拦蓄,就近利用”的坡面水系整治,建立蓄、引、排水系统;②加强基本农田建设,开展坡改梯工程;③重视改变微地形、增加地表覆盖等水土保持耕作法;④采用固氮树种和其他树种混交营建水土保持林
姜万勤[8]	坚持工程、生物、农技措施相结合的原则,以小流域为单元,进行集中、连续治理,重点是治坡、增加地表植被、充分拦蓄天然径流。改造坡耕地的同时应积极推广水土保持耕作法,调整不合理的作物布局,搞好坡面水系,加速荒山荒坡绿化。治理与开发相结合,走水土保持型生态农业的道路
张信宝等[9]	坡耕地水土流失最为严重,应是治理的重点,提出利用植物篱生物工程措施来减缓坡耕地土壤侵蚀
徐茂其等[10]	减轻川中丘陵紫色土区水力侵蚀的对策是:①加强农田基本建设,大力推行坡改梯;②丘顶丘坡,造林种草;③改良耕作技术,实行轮作套种
张信宝等[24]	狠抓坡改梯,配套小型水利水保工程,建设稳产高产基本农田,发展柑桔、蚕桑等经济林果,采取封禁为主的措施恢复荒坡植被,发展荒山草场,沟坡兼治,采取生物措施加强沟谷治理
刘世全等[25]	紫色土坡地水土流失治理以集雨拦洪(地表径流)蓄水即治水为中心,旱、洪兼治;主要治理途径是:充分开发土壤、工程(以小微型蓄水工程为主)、生物(森林)三大“水库”的拦洪蓄水功能,有效集蓄和利用天然雨水资源,兴利除害
郑度[26]	加强陡坡耕地土壤水蚀防治,推广坡地改梯田、坡地绿篱、横坡种植等措施;扶持农田水利建设;以小流域为单元,将生物措施与工程措施结合起来,进行立体布局、综合开发

续表1：

景可等[27]	紫色土区水土流失治理的成功经验：以小流域为单元、措施系统配置为核心开展综合治理。根据区域自然条件、经济社会状况，对不同的地块采取不同的措施；坡改梯保持“平、厚、壤、固”；荒山荒坡治理“乔、灌、草、经”相结合；坡面水系工程设计“沟、渠、凼、池、塘”综合配套；农业耕作“垄、间、套、盖”相结合
焦居仁等[28]	以坡改梯、兴修基本农田为突破口，调控和利用坡面径流；开展沟道治理工程，控制沟道侵蚀；在荒山荒坡和陡坡退耕地上，人工恢复和重建林草植被；在植被较好、流失轻微的地区实施封禁治理，开展能源建设，促进生态自我修复
崔鹏等[11]	进行以坡改梯和坡面水系建设为主的坡耕地综合整治；重点治理泥石流和滑坡，控制沟谷侵蚀；建设清洁小流域，综合控制面源污染；加强水土保持预防监督，落实工程建设水土保持，有效减轻工程建设产生的水土流失
赵健等[29]	控制坡面径流是紫色土区水土保持的关键，在强降水地区，5°～20°的坡耕地上实施“以沟池凼路为骨架，梯地果林相配套”高蓄高用的坡面径流调控范式
牛俊等[3]	坡耕地水土流失治理应同时重视地表径流和壤中流，采取“增渗防冲，排水保土，先排后蓄，蓄以为用”的治理措施
郭廷辅[15]	改造坡耕地建设基本农田，突出抓好调控坡面径流的蓄、引、排等坡面水系工程，提高基本农田灌溉保证率和抵御自然灾害能力，实现粮食稳产高产。充分挖掘土地资源潜力，全面推广保土耕作措施，大力发展经果林。着力调整产业结构，实施开发性治理。对原有天然林、低效林实施封禁治理恢复林草植被。陡坡地退耕还林，营造以薪炭林为主的水土保持林
张平仓等[16]	坡耕地治理应以“大横坡＋小顺坡”为骨架，在坡面上保留顺坡垄沟，以细沟发育临界顺坡坡长为间隔沿等高线横向设置截水沟（配套田间道路），截水沟两端接沉沙池和过滤带，通过蓄水池集蓄后沿纵向排水沟（配套田间道路）向下坡蓄水池逐级排导，在最后排入附近溪沟前设置面源污染净化处理措施，实现水土流失与面源污染兼顾治理的双重目标

2.2 主要水土保持技术体系

经长期探索与大量工作实践，西南紫色土区水土保持技术体系主要有3种措施类型组成，具体内容如表2中所示[3,7-11,29-31]。

①植物措施。主要包括防护林工程、水保林和经果林建设、坡地植物篱配置、封禁治理带动下建设的林草立体结构，通过增加植被覆盖和生物拦挡泥沙达到保土目的。②工程措施。主要包括配套坡面水系和田间道路的坡改梯工程，以及以谷坊和拦砂坝为主要形式的沟道治理工程，前者通过改变微地形和调控地表径流达到保持坡面水土的目的，后者通过抬高侵蚀基准面控制沟岸扩张和沟底下切。③农业技术措施。主要包括等高耕作、等高沟垄种植、间作、套种、大横坡＋小顺坡、聚土免耕等水土保持耕作法，通过改变微地形、增加地表覆盖和改良土壤以达到调控径流、排水保土的目的。

表2 西南紫色土区水土保持技术体系

1级分类	2级分类	主要措施
1植物措施	101 水土保持林草措施	水土保持薪炭林、水土保持用材林、水源涵养林、护岸护滩林、经果林、退耕还林还草、荒坡种草、农林复合系统、低效林改造
	102 植物篱	等高植物篱、地埂植物篱、经济植物篱
	103 封育	封山育林、封坡育草、能源替代、生态移民
2工程措施	201 坡改梯	土坎水平梯田、石坎水平梯田、土石复合坎水平梯田、隔坡梯田、坡式梯田
	202 坡面水系	截排水沟、蓄水池、沉沙凼、塘堰
	203 田间道路	田间道路、生产道路
	204 沟道治理工程	谷坊、拦砂坝
3农业技术措施	301 改变微地形	等高耕作、等高沟垄种植、格网式垄作、大横坡＋小顺坡、聚土免耕、边沟背沟、“三改”种植
	302 增加地表覆盖	间作套种、轮作、深耕密植、覆盖栽培、林下种植、粮经果复合垄作
	303 改良土壤	免耕少耕、秸秆还田、深耕深松、抽槽聚肥

2.3 主要水土保持措施的技术途径

2.3.1 坡改梯 “坡改梯”是紫色土区治理坡耕地、建设基本农田的重要措施，一直是“长治”和“中低产田改造”等工程的重点。三峡库区紫色土坡地的水稻梯田已有3 000 a余历史[32]。它可有效地防止水土流失，改善水、土环境，提高作物产量。一般在5°～25°的紫色土坡地进行。根据断面形态可分为水平梯田、坡式梯田和隔坡梯田；在土层深厚、劳动力充裕的

地方,常一次修成水平梯田;在土层较薄、或劳力较少的地方,往往先修坡式梯田,经逐年向下方翻土耕作,减缓田面坡度,逐步变成水平梯田;在地多人少、劳力缺乏、降雨量较少地方,坡度在 15°～20°的坡耕地,实际工作中也有采用隔坡梯田的形式,平台部分种庄稼,斜坡部分种牧草。根据田坎筑材可分为土坎梯田、石坎梯田和土石复合坎梯田,在实际应用中,目前也有用空心砖、框格梁、预制砼块、粉煤灰条块等新型材料筑坎[33-34]。西南紫色土区不同地区坡耕地整治过程中,为修建投资少,稳定性高,效益好的梯田,都在不断探索最适宜的治理模式,建立了宜石则石、宜土则土、土坎与植物护坎相结合的多种坡改梯模式。

2.3.2　*坡面水系*　坡面水系工程是人为引导坡面径流,在一定范围的坡体上建立起来的池、渠、囱配套,蓄、排、灌结合的微型水利工程组合体[35],常常随坡改梯工程配套建设,是紫色土区控制坡耕地水土流失的有效措施。在削弱和转化坡面径流冲刷能量、保护土地资源等方面起到了重要的作用,是西南紫色土丘陵山区基本农田建设的重要工程。较适宜于多年平均降水量大于 800 mm 的湿润区 25°以下的坡耕地[36]。坡面水系工程主要是将降雨过程中产生的坡面径流通过截短地面流线,分段拦蓄径流泥沙、引导坡面排水过程[37]。通常,坡面水系工程形式可概括为“沟、囱、窖、池、塘、坊、坝、渠”等,“三沟”(截流沟/沿山沟、边背沟、排洪沟)、“三池”(蓄水池、储粪池、沉沙池)是坡面水系工程的主体[35]。

2.3.3　*沟道治理工程*　西南紫色土区沟道治理工程主要采用谷坊、拦砂坝等沟壑治理工程措施[11,28],以保护、抬高侵蚀基面。谷坊适宜于沟底比降较大(5%～10%或更大)、冲刷下切剧烈的支毛沟中,拦砂坝适宜于沟道两侧重力侵蚀比较严重或重力侵蚀比较集中的总出口处。谷坊的结构型式,根据西南紫色土区各省市规划及生产实践,一般选用土谷坊、石谷坊及生物谷坊等三种形式。拦砂坝是以拦蓄山洪泥石流沟道中固体物质为主要目的拦沙建筑物,多建在主沟或较大支沟内,通常坝高大于 5 m,拦沙量多为 10～100 m^3,甚至更大。

2.3.4　*水土保持林草*　水土保持林草措施是西南紫色土区水土流失治理中的一项重要措施[38-39]。该区在天然林保护的同时,同时兼顾人工林和低效林建设。同时,实施的退耕还林还草是综合治理水土流失,加强生态环境建设,更好地保护、开发、利用自然资源的治本之策。水土保持林和人工种草一般适宜于荒山荒坡荒丘荒滩和＞25°的坡地上;水源涵养林一般适宜于重要水源地、湖库周边的坡地上;护岸护滩林适宜于库区消落带、河道及渠道两侧;经果林适宜于水土流失轻微、交通方便、立地条件较好、具有灌溉条件的区域;按照国家《新一轮退耕还林还草总体方案》和《关于扩大新一轮退耕还林还草规模的通知》要求,退耕还林还草适宜于 25°以上坡耕地、丹江口库区和三峡库区重要水源地 15°～25°非基本农田坡耕地;低效林改造适宜于低效次生林和低效人工林。在水土保持林草建设实践中,紫色土区确定了以防护林为主导、辅以经济林的营林策略[40]。而低效林改造在川中丘陵区比较常见[41],主要采取树种更替、补植补播、封山育林、林分抚育、嫁接复壮等营林措施进行结构调整。

2.3.5　*植物篱*　植物篱技术来源于国内外农民的长期生产实际,尤其在坡耕地上适用。是坡耕地上的一种重要的农艺生物措施,能有效地控制水土流失,且其水土保持作用随种植年限的增长而增强[42]。采用植物篱技术防治水土流失,简单易行、成本低,具有较好的实用价值[43]。此外,植物篱还可以改善土壤养分状况、改变土壤微生物、调节农田小气候、促进生物多样性等[43-44],具有良好的生态、经济和社会效益,是治理紫色土坡耕地水土流失的一种良好的植物措施。主要应用于水土流失严重、尚未修筑梯田或不适于工程措施的坡地地区。在梯坎冲刷较强烈、稳定性较弱的梯田埂坎亦可配置植物篱。植物篱的种类根据不同的植物品种及效益可划分为固氮型植物篱、木本植物篱、草本植物篱、水土保持型植物篱、经济型植物篱等。按其构建方式和用途又可分为等高植物篱、地埂植物篱和经济植物篱[9,45]。

2.3.6　*封育*　封山育林是利用森林草地的更新能力,在自然条件适宜的山区,实行定期封山,禁止垦荒、放牧、砍柴等人为的破坏活动,以恢复林草植被的一种育林方式。西南紫色土区本着生态用地的自然修复,在实施人工治理的同时,还对疏幼林草地实行封禁治理[46],并在此基础上进行了补植补造,充分发挥大自然的自我修复能力,促进植被迅速恢复。主要适用于水土流失中轻度,且具有一定数量母树或根蘖更新能力较强的疏林地、灌草地和荒山荒坡地带。通过划定封禁区域周边界线,在封禁区的明显地段设立封禁标志碑牌。封禁方式主要有全封、轮封、半封或季节性封育管护。封育期间还应结合采取抚育管理、补植补种、舍饲养畜、能源替代、围栏建设和生态移民等辅助措施[30,47-48]。

2.3.7　*水土保持农业技术措施*　水土保持农业技术措施是综合治理坡耕地的重要措施之一,它具有投资少,省工,简便易行,效益好的优点,是西南紫色土区

坡地保土增产的重要途径。主要包括以等高耕作、等高沟垄种植、格网式垄作、大横坡＋小顺坡、边沟背沟、聚土免耕等技术为主的改变微地形措施，以间作套种、轮作、深耕密植、覆盖栽培、林下种植、粮经果复合垄作等技术为主的增加地表植被覆盖措施，以及以免耕少耕、秸秆还田、抽槽聚肥等技术为主的改良土壤措施。西南紫色土区水土保持工作实践及相关研究表明[23,30,49-52]，等高耕作、“大横坡＋小顺坡”可适用于坡度25°以下排水良好的坡地；边沟背沟常配合坡改梯工程建设，也适宜于未实施坡改梯工程的25°以下坡耕地，常和挑沙面土结合使用；等高沟垄种植可适用于坡度15°以下排水良好的坡地；聚土免耕主要适宜于土层瘠薄的旱坡地；格网式垄作适宜于15°以下小麦/玉米/甘薯三熟制种植模式的旱坡地；轮作、间作套种、深耕密植、粮经果复合垄作、免耕少耕适宜于土层较深厚肥沃的25°以下坡耕地；覆盖栽培适宜于季节性干旱严重的旱坡地；林下种植适宜于土壤较深厚肥沃、林下植被稀少的疏幼林地；秸秆还田适宜于水稻—小麦、水稻—水稻、水稻—油菜轮作区及部分小麦—玉米轮作区；抽槽聚肥适宜于人多地少、15°以下的坡耕地。

3 存在的主要问题

3.1 尚未形成具有区域特色的技术标准

中国水土流失防治技术既具有普适性，但又具有由自然地理条件、社会经济状况、农耕方式等共同决定的区域特殊性。以水力侵蚀为主的紫色土地区，其特殊的坡地产流方式及产流特征势必对水土流失过程造成影响，从而形成紫色土区特殊的水土流失特点和分布格局。由于该区自然条件复杂、水土流失特点独特，现有的相关标准主要是面对全国范围大尺度的通用治理技术，难以完全满足该区各种特定自然条件下水土流失治理的实际需要。西南紫色土区广大劳动人民在长期坡耕地耕种过程中，积累了丰富的防治水土流失、保育土壤和朴素生态农业的传统农耕经验。但是长期以来，这些有区域特色的水土流失治理经验尚未被很好地归纳集成，部分技术的应用往往具有不确定性和随意性，缺乏科学支撑和技术规范，降低了成果的可靠性和可比性，难以规范化推广应用。中国农业、土壤和水土保持科技工作者在吸收前人经验的基础上，通过试验研究和项目实施，取得了西南紫色土区坡耕地整治和高效生态农业方面的共性技术，如坡改梯、地埂植物篱、坡面水系、大横坡＋小顺坡、等高耕作、间作套种、秸秆还田等。这些技术已在长江上游“长治”、“长防”、“土地整理”、“中低产田改造”、国家水土保持重点工程、坡耕地水土流失综合治理试点工程等水土保持、生态建设和农业项目中获得应用，为紫色土区水土流失的防治和农业可持续发展做出了重要的贡献。但是，上述的一些技术还较粗糙，需要进一步总结、改进、规范和标准化。

3.2 缺乏水土保持措施优化配置和适宜性评价

水土流失治理是一个综合性工程，包括工程、植物、农业技术等多重措施类型，其优化配置是实现土地资源合理利用和提高水土保持综合效益的重要途径和手段。目前，单项水土保持措施参数设计、构建技术以及对水土资源影响的研究已比较深入，但缺乏多种措施组合的空间配置模式和比例研究，容易造成工程成本增加、功能重复设计，甚至造成农民接收意愿降低，影响水土流失治理工程顺利实施和后续维护。同时，各种措施适宜性的研究主要集中在径流小区、坡面小尺度的研究，多数从保水保土等生态效益角度进行评价，而较少进行经济成本核算和操作便捷性评估，无法有效调动农民实施水土保持措施的积极性。另外，目前开展的水土流失治理规模还是局部的，已完成水土流失综合治理的区域大都集中在“三边地带”(城/村边、河边和交通要道边)和自然条件相对较好、较易治理、易见效的地方。未治理、待治理区域是自然条件差、交通不便、治理难度大、农民更为贫困、需要的投入更多的“硬骨头”。因此，各项水土保持措施在这些区域的适宜性需要进一步研究，各措施的空间、数量配置也需探索优化，以做到因地制宜、因害设防。

3.3 亟需提高水土流失治理与山区农村农业发展的融合程度

国家正在实施大规模的脱贫攻坚，在水土流失严重的西南紫色土山区，还有一定的相对贫困人口，这些区域农民的经济来源单一，主要依靠土地的产出。因此，需要依托水土保持工程提高土地生产力，为当地农民提供稳定的粮食生产和经济增收来源。而在一些经济条件相对较好的区域，山区人民对水土保持工作的需求除了传统的治理水土流失、减轻水旱灾害外，还要提供良好的生态环境、保障饮水安全、控制面源污染、发展特色产业、促进旅游开发等。但当前水土流失治理与山区农村农业发展的融合程度还不够，尤其对采取坡改梯后的农业生产结构调整方向设计不足，治理发展方向仍以单一发展粮食生产为主，随着治理任务的持续完成，大部分农村的耕地仍用于粗放的粮食生产，农业产出效益低，必须转变治理理念，结合区域社会经济发展需求，实施突出区域发展目标的小流域综合治理模式，直接面向山区农村新形势下

的需求布设各项治理措施,提升坡改梯、坡面水系、田间道路、经济林果等设计水平和配置优化,改善农业生产基础条件和人居环境、提高农村经济发展和农民生活水平,便于培育符合当地资源与经济发展优势的产业。此外,山区青壮年大量外出打工,农村留守劳动力生产效率相对较低,当前水土流失治理往往在农村劳动力转移对水土流失治理工程实施及效果的影响方面考虑不足,应加强适宜小型农业机械通行和便于灌溉的措施设计,缓解劳动力耕作压力,同时加强高值生态农业技术的推广与应用。

4　区域水土流失治理对策与建议

(1) 基于水土保持分区的主要功能,进行区域水土保持技术方案设计。根据西南紫色土区生态环境背景,水土流失类型、问题及生态功能,特别是土壤保持、水源涵养、水质维护、生态维护、防灾减灾和人居环境等功能的区域差异,将西南紫色土区的 10 个 3 级水土保持分区,根据各区自然环境、社会经济特征及水土流失与水土保持现状,进行水土保持技术方案和治理模式的总体配置。做到因地制宜、科学规划、因害设防、分类指导,科学配置各项水土流失治理措施,实行工程措施、植物措施与耕作措施相结合,山水田林路统一规划,进行以小流域为单元的综合治理,逐步建成完整的水土流失防治体系。

(2) 总结水土流失治理经验,尽快制定西南紫色土区水土流失综合治理技术标准。针对紫色土区坡耕地量大面广、水土流失强烈等问题,以土壤保持和调节地表径流为目的,提高土壤透水性及持水能力,减少径流的侵蚀能力,使保水与保土相结合。集成多年来西南紫色土区保土耕作、植物篱、坡改梯、坡面水系等水土流失综合治理技术与经验,尽快制定西南紫色土区水土流失综合治理技术标准,规范紫色土区水土流失防治工作,提高水土保持工程质量,促进紫色土区水土保持工作的健康发展。

(3) 加强水土保持监测,促进水土流失治理效益评估。对实施的坡改梯、坡面水系等水土保持工程进行监测和效益评估。充分利用遥感遥测、传统定位观测、模拟试验等对工程实施前后的环境效应进行适时动态监测,建立评价模型,对工程措施的效应和适宜性进行综合评价,并提出对策和建议,以期筛选出因地制宜的水土保持措施配置模式。

[参 考 文 献]

[1] 蒋顺清,李青云. 长江上游紫色岩土特性与水土流失的关系[J]. 长江科学院院报,1995,12(4):51-57.

[2] 朱波,陈实,游祥,等. 紫色土退化旱地的肥力恢复与重建[J]. 土壤学报,2002,39(5):743-749.

[3] 牛俊,张平仓,邢明星. 长江上游紫色土坡耕地水土流失特征及其防治对策[J]. 中国水土保持科学,2010,8(6):64-68.

[4] 陈康宁. 对四川紫色土遂宁地区农业(技术)水土保持措施的初步探讨[J]. 农田水利与水土保持,1964(3):10-14.

[5] 陈实,李同阳,刘刚才,等. 聚土免耕耕作法在川中丘陵退化旱坡地恢复重建中的作用[C]// 中国地理学会. 生态系统建设与区域持续发展研究:生态系统建设与持续发展学术研讨会论文集. 北京:测绘出版社,1997:126-130.

[6] 孙凡,冯沈萍. 三峡地区传统农业技术蕴含的生态文明智慧[J]. 西南大学学报:自然科学版,2015,37(12):25-33.

[7] 段巧甫. 从四川盆中水土保持看我国紫色土水土流失的综合治理[J]. 中国水土保持,1989(1):7-10.

[8] 姜万勤. 川中丘陵区水土流失特点及其防治对策[J]. 农田水利与小水电,1990(9):7-10.

[9] 张信宝,何毓成,张宁. 植物篱生物工程措施:川中丘陵区坡耕地水土保持新途径[J]. 地球科学进展,1990,5(4):50-53.

[10] 徐茂其,张大泉. 川中丘陵土壤水力侵蚀及防治对策[J]. 水土保持学报,1992,6(4):35-42.

[11] 崔鹏,王道杰,范建容,等. 长江上游及西南诸河区水土流失现状与综合治理对策[J]. 中国水土保持科学,2008,6(1):43-50.

[12] 张玉华,冯明汉,张勇. 长江流域片水土保持分区历程及三级区划成果的应用[J]. 中国水土保持,2016(1):6-10.

[13] 范建容,严冬,郭祥. GIS 支持下的长江上游降雨侵蚀力时空分布特征分析[J]. 水土保持研究,2010,17(1):92-96.

[14] 何淑勤,郑子成. 浅议四川盆地丘陵区的水土保持[J]. 水土保持研究,2005,12(2):101-102,106.

[15] 郭廷辅. 长江流域水土保持[M]. 武汉:长江出版社,2015.

[16] 张平仓,程冬兵. 南方坡耕地水土流失过程与调控研究[J]. 长江科学院院报,2017,34(3):35-39.

[17] 侯光炯. 论中国式的水土保持自然免耕法[J]. 水土保持学报,1987,1(1):4-14.

[18] 侯光炯. 运用农业生态系统学理论指导治山治水和防旱防洪:四川省长宁县相岭区水土保持区划工作试点[J]. 水土保持通报,1983,3(5):31-37.

[19] 侯光炯,张绪林. 论覆盖和等高垄作相结合,收到水土保持和免灌高产效益[J]. 水土保持学报,1988,2(4):21-27.

[20] 侯光炯,刘夜莺,刘陈,等. 土壤胶体理化性研究法在水

土保持和土地利用规划中的应用[J]. 水土保持学报,1989,3(4):23-28,48.

[21] 张先婉,庄体仁. 川中丘陵区一个农田生态平衡的雏型:盐亭县林山公社[J]. 生态学杂志,1983,2(1):1-6.

[22] 张先婉. 川中丘陵区维持区域农田生态平衡途径的探讨[C]//张昌祥,金鸿志. 热带、亚热带山地丘陵建设与生态平衡学术论文集. 北京:科学普及出版社,1982:135-139.

[23] 张先婉,陈实,李同阳,等. 南方旱地聚土免耕耕作法与土壤培肥[C]//中国土壤学会. 土壤肥力研究进展—中国土壤学会第三届土壤肥力学会讨论会文集. 北京:中国科学技术出版社,1991:7-13.

[24] 张信宝,柴宗新. 长江上游水土流失治理的思考(Ⅱ):与黄河中游的对比[J]. 水土保持科技情报,1997,17(1):51-54.

[25] 刘世全,李廷轩,陈远学,等. 四川农区水土流失治理[J]. 四川农业大学学报,1999,17(4):432-438.

[26] 郑度. 长江上游地区水土保持若干问题探讨[J]. 资源科学,2004,26(7):1-6.

[27] 景可,郑粉莉. 全国水土流失治理典型[J]. 水土保持研究,2004,11(4):34-38.

[28] 焦居仁,史立人,牛崇桓,等. 我国东中西部水土保持发展战略[J]. 中国水土保持科学,2006,4(5):1-6.

[29] 赵健,梁敏. 紫色土水土流失特点及调控范式[J]. 中国水利,2010(2):41,43.

[30] 《长江流域水土保持技术手册》编辑委员会. 长江流域水土保持技术手册[M]. 北京:中国水利水电出版社,1999.

[31] He Xiubin, Xu Yibei, Zhang Xinbao. Traditional farming system for soil conservation on slope farmland in Southwestern China[J]. Soil and Tillage Research, 2007,94(1):193-200.

[32] 钱正英. 序言[M]//中华人民共和国水利部. 中国梯田. 长春:吉林科学出版社,1989.

[33] 李进林,韦杰. 三峡库区坡耕地埂坎类型、结构与利用状况[J]. 水土保持通报,2017,37(1):229-233,240.

[34] 刘中田. 粉煤灰条块在水土保持坡改梯中的应用[J]. 人民长江,2010,41(13):110-111.

[35] 王丽槐,杨运祥,熊柱桃,等. 坡面水系工程建设设计施工技术[J]. 中国水土保持,2000(10):21-22.

[36] 张长印,陈法杨. 坡面水系工程技术应用研究[J]. 中国水土保持,2004(10):19-21,49.

[37] 黄欢,何丙辉,鲍玉海,等. 不同截排水布置方式下坡耕地坡面产流产沙的模拟研究[J]. 灌溉排水学报,2016,35(10):97-102.

[38] 陈林武,王鹏,余树全. 四川盆地生态经济型防护林体系分类探讨[J]. 西南林学院学报,1999,19(3):151-155.

[39] 郑江坤,李静苑,秦伟,等. 川北紫色土小流域植被建设的水土保持效应[J]. 农业工程学报,2017,33(2):141-147.

[40] 万雪琴,胡庭兴. 四川人工林现状及发展趋势[J]. 四川农业大学学报,2002,20(3):288-294.

[41] 胡庭兴. 低效林恢复与重建[M]. 北京:华文出版社,2002.

[42] 申元村. 三峡库区植物篱坡地农业技术水土保持效益研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报,1998,4(2):61-66.

[43] 陈蝶,卫伟. 植物篱的生态效益研究进展[J]. 应用生态学报,2016,27(2):652-662.

[44] 郭甜,何丙辉,蒋先军,等. 紫色土区植物篱对坡面土壤微生物特性的影响[J]. 水土保持学报,2011,25(5):31-34.

[45] 韦杰,金慧芳,贺秀斌,等. 三峡库区有限顺坡耕作坡耕地表土颗粒分形特征[J]. 中国水土保持科学,2014,12(3):23-29.

[46] 卿太明. 实施水土保持生态自然修复应注意的几个问题[J]. 中国水土保持,2003(4):14-15.

[47] 王放,王益谦. 论生态移民与长江上游可持续发展[J]. 人口与经济,2003,24(2):63-68.

[48] 王永莉. 生态功能区建设中四川生态脆弱地区的发展机制研究[J]. 西南民族大学学报:人文社会科学版,2009,30(6):179-182.

[49] 卿太明,黄耀,陈泽渊. 川中丘陵区坡耕地的保土耕作[J]. 中国水土保持,1988(10):44-45.

[50] 杨文元,李大祥. 格网式垄作及其效益研究[J]. 中国水土保持,1995(2):25-28.

[51] 杜高赞,高美荣. 秸秆还田技术的应用与展望:以四川盆地紫色土地区为例[J]. 安徽农业科学,2010,38(4):1974-1975.

[52] 陈远学,邓容成,方瑾. 不同覆盖栽培方式下四川盆地西缘玉米地土壤水温效应研究[J]. 土壤,2015,47(3):608-616.