

# “三位一体”崩岗综合防治模式及其生态效益评价

刘洪光,段 剑,肖胜生

(江西省水土保持科学研究院/江西省土壤侵蚀与防治重点实验室,江西 南昌 330029)

[关键词] 崩岗;三位一体;综合防治;模式;效益评价

[摘 要] 崩岗侵蚀是我国南方最严重的土壤侵蚀类型,对红壤丘陵山区的生态、粮食生产、防洪和人居安全构成极大威胁。以江西省赣州市赣县区白鹭乡上塘小流域为研究对象,提出了治坡、降坡和稳坡“三位一体”的综合防治模式,并测定了治理前后崩头、沟道和冲积扇的土壤肥力指标,对比了崩岗 3 个区域治理后的植被情况。结果表明:采用“三位一体”崩岗综合防治模式显著提高了崩岗 3 个区域的土壤肥力,冲积扇肥力的提升效果最为明显,与治理前相比,有机质、全氮、碱解氮、全磷和速效磷含量分别提高 1.2、3.7、2.9、0.5 和 5.7 倍;治理后植被情况得到很大改善,物种数和多样性指数均较对照有所提高。对“三位一体”崩岗防治模式的效益评价结果表明,该模式适合江西地区的崩岗特点,具有较大的推广价值。

[中图分类号] S157.2 [文献标识码] A [文章编号] 1000-0941(2018)01-0027-04

崩岗是指丘陵岗地由水力、重力复合作用发生的侵蚀,是我国南方最严重的土壤侵蚀类型<sup>[1]</sup>。崩岗侵蚀具有发展迅速、侵蚀剧烈、危害严重和治理难度大等特点。崩岗侵蚀威胁红壤丘陵区生态安全、粮食安全、防洪安全和人居安全<sup>[2]</sup>,严重阻碍我国南方社会发展,特别是农村地区的发展。因此,崩岗的防治及利用研究具有重要的理论和现实意义。

崩岗治理措施大体本着史德明先生于 1984 年提出的“上截-下堵-中绿化”的原则,该原则至今仍然适用<sup>[3]</sup>。随着水保技术的发展,一些新兴的局部治理措施在不断丰富该原则的内涵。目前的崩岗治理,大多采用工程措施、生物措施和农业措施,即综合治理模式<sup>[4]</sup>。有学者提出以下治理模式:针对崩岗形态、发育活动情况和规模大小实行分类治理<sup>[5]</sup>。由于崩岗具有

较强的地域性,不同地区的崩岗具有各自的特点,因此有学者针对福建省崩岗不同部位的侵蚀特点和立地条件,提出了不同治理措施配置<sup>[6]</sup>。这些具有针对性的崩岗治理模式,能有效指导当地进行崩岗治理及土地开发,有利于改善当地的土地条件。

江西省是崩岗侵蚀的高发区,崩岗总数达到 48 058 座,占全国的 20.1%,面积占全国的 17.0%,平均侵蚀模数达到 12.4 万 t/(km<sup>2</sup>·a)<sup>[7]</sup>。但是,到目前为止,尚没有针对江西省崩岗侵蚀治理模式的报道。本研究在前期对江西省崩岗的分布、发育特征研究的基础上<sup>[8-9]</sup>,遵循“上截-下堵-中绿化”的原则,提出了一套新的崩岗治理模式,并且从土壤肥力和植被恢复情况两方面评估了其生态效益。

等的前提下,反映水土保持措施对水土流失的影响,提高地形因子量化的精度,准确反映郁闭度和植被覆盖度对水土流失的影响等,抽样调查方法是较好的选择。

## [参考文献]

- [1] 李智广,符素华,刘宝元.我国水力侵蚀抽样调查方法[J].中国水土保持科学,2012,10(1):77-81.
- [2] 国务院第一次全国水利普查领导小组办公室.第一次全国水利普查培训教材之六:水土保持情况普查[M].北京:中国水利水电出版社,2010:9-151.
- [3] 刘震.水土保持思考与实践[M].郑州:黄河水利出版社,

2016:184-200.

- [4] 邹丛荣,齐雯,张庆红,等.CSLE 模型应用中不同抽样密度和推算方法的比较[J].中国水土保持科学,2016,14(3):130-138.

[作者简介] 王爱娟(1981—),女,宁夏银川市人,高级工程师,博士后,主要从事水土保持监测管理与水土流失研究工作。

[收稿日期] 2017-09-10

(责任编辑 李杨杨)

## 1 研究区概况

研究区位于江西省赣州市赣县区白鹭乡上塘小流域(114°42'~115°22'E、25°26'~26°17'N),地貌类型为丘陵山地崩岗侵蚀劣地,海拔在 500~1 000 m 之间。该小流域地处中亚热带南缘,属典型的亚热带湿润季风气候,气候温暖湿润,四季分明,光照充足,雨量充沛,无霜期长,年平均气温为 19.4 ℃,年平均降水量 1 438.3 mm,年内降水分配不均匀,易涝易旱。

由于长期严重的水土流失和人为破坏,研究区原生常绿阔叶林地带性植被已不存在,多退化成疏林地、亚热带灌丛或无林地。从植物群落来看,主要有芒萁

(*Dicranopteris linearis*) 单优势植丛、鹧鸪草(*Eriachne pallescens*) 丛、马尾松(*Pinus massoniana*) 疏林三种。

研究区土壤主要是花岗岩风化物发育形成的红壤。在进行治理试验之前,于 2010 年 5 月采取原状土柱分析了其表土层(0~30 cm)和母质层(150~200 cm)的土壤力学性质与粒径组成(表 1)。结果表明,表土层中夹有大量石英砂和砾石,质地粗糙,有机质含量和土壤黏粒含量均较低,土体抗剪强度偏低。一旦表层土壤被侵蚀或切穿,下层疏松深厚的砂土层因结构松散、孔隙度大、渗透力强,遇到降雨时土壤水分极易达到饱和并超过土壤塑限,在地表径流和重力作用下,土体极易崩塌形成崩岗。

表 1 试验区崩岗土体(花岗岩母质)力学特性和粒径组成

土层	容重 (g/cm <sup>3</sup> )	总孔隙度 (%)	土壤凝聚力(kPa)		内摩擦角(°)		压缩性	饱和稳定 入渗率 (mm/min)	塑性 限度 (%)	流动性 限度 (%)	塑性指数	粒径组成(%)			
			自然 含水量 条件下	饱和 含水量 条件下	自然 含水量 条件下	饱和 含水量 条件下						砾石	砂粒	粉粒	黏粒
表土层	1.45	47	42.40	19.05	21.10	14.70	0.45	0.39	28.7	47.8	19.1	16.9	33.7	36.4	13.1
母质层	1.33	51	27.95	17.60	22.50	20.85	0.36	0.46	27.5	44.4	16.9	15.6	48.2	27.4	9.0

## 2 研究材料与方法

### 2.1 土壤样品采集

针对治理前和治理后 4 年的崩岗,分别从崩头、沟道和冲积扇三个位置采集土壤样品,每个位置设置 3 个重复。将采好的土样装入自封袋送至实验室分析土壤理化指标。

### 2.2 土壤指标测定

土壤 pH 值采用电位计法测定,土壤有机质采用重铬酸钾外加热法测定,土壤全氮采用水杨酸钠-次氯酸钠比色法测定,土壤碱解氮采用碱解扩散法测定,土壤全磷采用硫酸-高氯酸-钼锑抗比色法测定,土壤速效磷采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定。

### 2.3 植被情况调查

在崩岗研究区,选择崩岗的两条典型沟道,分别在崩头、沟道、冲积扇内设置 7 个 10 m×10 m 的乔木层样方(考虑到样地区植被稀少),在乔木层样方内沿对角线方向设置 2 个 5 m×5 m 灌木层样方,在灌木层样方内沿对角线方向设置 3 个 1 m×1 m 草本层样方。在乔木层样方内,测量记录乔木的郁闭度、胸径、树高;在灌木层样方内,调查、测量、记录灌木物种的名称、数量、高度、盖度、冠幅等;在草本层样方中记录物种名称、株丛数、株丛高、盖度等,共获得 7 个乔木层样方、14 个灌木层样方、42 个草本层样方。

## 3 结果与分析

3.1 治坡、降坡和稳坡“三位一体”崩岗生态恢复模式  
根据崩岗的侵蚀特点、发展规律和侵蚀地貌,崩岗

可以划分为崩头(坡面集水区)、沟道(含崩壁)和冲积扇三个结构性分区。三区自上而下依次排列,共同组成崩岗侵蚀系统,各区规模因原始地貌条件、发育阶段的不同而有所差异。各区之间存在复杂的物质输入和输出过程,并且产生能量转化(图 1)<sup>[10]</sup>。因此,如果以生态恢复为治理目的,对崩岗的综合防治就应该根据崩岗侵蚀的形成与发展过程、侵蚀特点、发生规律,以及各子系统之间的物质输入和输出关系,将崩岗侵蚀作为一个系统进行整治,即以单个崩岗或崩岗侵蚀群为单元,坚持生物措施与工程措施相结合,治坡与治沟相结合,对崩头、沟道和冲积扇分别采取“治坡、降坡和稳坡”的整治办法,疏导外部能量、治理集水坡面、固定崩积体、稳定崩壁,通过实施分区治理,最终达到全面控制崩岗侵蚀,提升生态效益的目的。

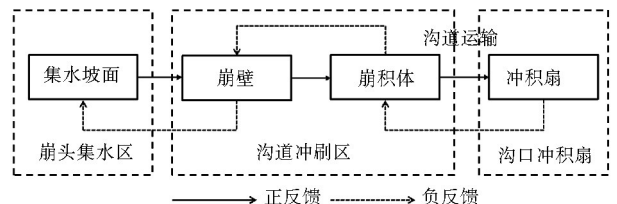


图 1 崩岗系统物质能量输送及其反馈机制模式

### 3.1.1 适用崩岗类型与特点

对那些活动强烈、发育快速、形态上主要是瓢形或弧形的活动型崩岗多采取“坡面径流调控+谷坊+植树种草”的综合手段进行防治。此类崩岗崩头仍有一定的集雨面积,崩壁沟头陡峭、沟头有跌水,已形成悬崖,崩口和切沟的水蚀作用仍在进行,重力侵蚀强烈,并伴有滑塌发生,侵蚀量巨大,陡壁坡脚常见塌积堆,危害

严重。遇暴雨,沟头崩塌活跃,沟头陡壁新土出露。

### 3.1.2 基本治理方法

“坡面径流调控+谷坊+植树种草”的综合手段主要是减缓崩岗侵蚀强度,防止对下游造成危害,采取工程措施为主、植物措施为辅的技术手段对崩头、沟道和冲积扇综合治理,待其自然逐步稳定,其核心环节是减少坡地地表径流入沟,避免崩岗沟道上部形成跌水。具体为:①在崩头集雨区,运用径流调控原理,布置截水沟、排水沟和竹节沟以拦截引走坡面径流,防止崩岗溯源侵蚀;在沟缘4~6 m处种植桉树、泡桐、铁芒萁等,以增加表土抗蚀强度,抑制沟缘张性裂隙的发育,同时人工剥离沟头不稳定土体。②在崩壁基部栽植攀缘性藤本植物,以稳定崩壁。③在沟道出口修筑谷坊或挡土墙(因泥沙量大,冲积作用强,建议采用浆砌石或干砌石砌筑),配置排洪道,降低泥沙危害。由于此类崩岗相对活跃,应设置多级谷坊。同时在沟谷、沟床和沟坡栽植速生、分蘖能力强、耐埋的草本、竹类和乔

木(雀稗、黄竹、铁芒萁、泡桐)围封崩口,掩蔽崩壁,促使低等植被生长,以达到稳定崩壁的目的。

### 3.2 效益评价

#### 3.2.1 土壤指标

(1)坡面措施配置4年后,崩头的土壤指标发生了显著变化,详见表2。与治理前崩头比较,种植油茶的反坡台地pH值、有机质显著升高,提高幅度分别为14.9%、81.2%,全磷和速效磷比对照分别提高2.46倍和11.6倍。

(2)沟道措施配置4年后,沟道内土壤pH值提高了8.2%,有机质、全氮和碱解氮分别比对照提高了2.3、1.1倍和84.7%(表3)。

(3)冲积扇措施配置4年后,有机质较对照提高了1.2倍,全氮和碱解氮比对照分别提高了3.7倍和2.9倍,全磷和速效磷比对照分别提高了50%和5.7倍(表4)。

由此可见,治理4年后,崩岗3个部位的土壤肥力

表2 崩头治理前后坡面土壤特征变化

治理时段	pH值	有机质(g/kg)	全氮(g/kg)	碱解氮(g/kg)	全磷(g/kg)	速效磷(mg/kg)
治理前	4.30±0.05	2.55±1.20	0.36±0.05	84.00±21.03	0.13±0.05	1.44±0.02
治理后	4.94±0.02	4.62±1.30	0.18±0.06	14.60±7.99	0.45±0.46	18.13±28.91

注:数据为均值±标准差。

表3 相对稳定型崩岗沟道治理前后土壤特征变化

治理时段	pH值	有机质(g/kg)	全氮(g/kg)	碱解氮(g/kg)	全磷(g/kg)	速效磷(mg/kg)
治理前	4.88±0.06	1.39±0.20	0.07±0.02	10.50±1.44	0.08±0.02	0.29±0.04
治理后	5.28±0.22	4.53±2.42	0.15±0.09	19.39±11.17	0.09±0.05	0.19±0.05

注:数据为均值±标准差。

表4 冲积扇治理前后土壤特征变化

治理时段	pH值	有机质(g/kg)	全氮(g/kg)	碱解氮(g/kg)	全磷(g/kg)	速效磷(mg/kg)
治理前	4.79±0.09	5.23±0.31	0.10±0.02	14.00±1.00	0.08±0.02	0.15±0.03
治理后	5.10±0.34	11.7±4.96	0.47±0.11	52.52±28.90	0.12±0.02	1.01±0.12

注:数据为均值±标准差。

均有不同程度的提升,冲积扇的提升效果尤为明显。

### 3.2.2 植被情况

治理前,整座崩岗植被很差,只有稀疏的马尾松和铁芒萁,郁闭度也很低。治理措施配置4年后,植被得到改善(表5)。沟道的郁闭度达到75%,冲积扇的植被优于崩头和沟道,植被类型以乔木和草本为主。崩头、沟道和冲积扇3个部位的植物种类显著提高,分别为7、6和10种。崩头和沟道的植物多样性接近,但是冲积扇内的多样性指数显著高于崩头和沟道(表6),

表5 崩岗3个部位植被恢复情况

部位	郁闭度(%)	植物种类(种)	植物数量(株)			
			乔木	灌木	草本	合计
崩头	35	7	20.5	2	36.5	59.0
沟道	75	6	37.0	1	20.0	58.0
冲积扇	50	10	37.7	13	35.7	86.4

这可能是由于冲积扇内土壤肥力更好,有利于植被恢复。

表6 崩岗3个部位植被多样性指数

部位	香农-威纳指数	辛普森指数	丰富度指数	物种均一度	物种丰富度
崩头	1.50	0.74	1.35	0.69	6.50
沟道	1.54	0.74	1.39	0.72	6.67
冲积扇	1.88	0.79	2.22	0.65	11.00

## 4 讨论

崩岗主要是由崩头(坡面集水区)、沟道(含崩壁)和冲积扇三部分组成的复杂系统,各系统之间存在复杂的物质输入和输出过程<sup>[11]</sup>。因此,崩岗治理应本着系统综合治理、同时开发利用增加有效土地面积的原则。目前主流的崩岗治理模式有农业开发型、生态开

发型、农粮生产型、工业开发型<sup>[12]</sup>。在这些概念模式的基础上,各地针对地方特点衍生出更具体的治理方法,如:雨篷式治理方法,通过修整崩岗坡面、安装遮雨篷等措施,能有效防止雨水对坡面的冲刷<sup>[13]</sup>;"五位一体"系统性治理崩岗措施,切断各要素之间的物质流动和能量转化,有利于从根本上治理崩岗、恢复生态<sup>[14]</sup>。本研究根据江西省赣州市赣县区的崩岗特点,提出的治坡、降坡和稳坡"三位一体"的崩岗综合治理模式,坚持生物措施与工程措施相结合,治坡与治沟相结合,对崩头集水区、沟道冲刷区和沟口冲积扇分别采取"治坡、降坡和稳坡"的整治办法,采取疏导外部能量,治理集水坡面、固定崩积体,稳定崩壁等措施,实施分区治理,最终达到了全面控制崩岗侵蚀,提升生态效益的目的。该模式可有效引走崩头集水区的积水,同时通过谷坊控制泥沙的外泄,生物措施则稳定了沟道和冲积扇。"三位一体"的崩岗综合治理模式具有较强的地域适应性,并具有成本低等特点,适合在赣南崩岗治理中进行推广。

基于该模式崩岗治理前和治理 4 年后的土壤指标测定结果表明,在崩岗区开展治理 4 年后,崩头、沟道和冲积扇的土壤肥力均有提升,特别是冲积扇的肥力指标提升幅度最大。土壤肥力的提升有利于植被恢复,从而提高崩岗区的植被覆盖度,进而提高崩岗治理的效果和生态效益。邓羽松等<sup>[1]</sup>的研究结果表明,崩岗洪积扇土壤肥力存在分异规律,本研究结果表明崩岗不同组成部分之间也存在肥力差异,而这种差异有利于土壤改良和农业开发。另有研究表明,植灌促林、乔灌混交措施有利于提高崩岗区土壤质量<sup>[15]</sup>,而该模式采取的措施正是乔灌草结合,优化了植被结构,促进了崩岗的稳定。

植被恢复是生态恢复的重要方面,在崩岗治理中具有重要意义。采用"三位一体"的治理模式 4 年之后,崩头、沟道和冲积扇等 3 个区域的植被情况得到显著改善。崩头的优势植物为马尾松和铁芒萁,沟道的优势植物为湿地松,冲积扇的优势植物为湿地松和铁芒萁,这些植物提高了崩岗区域的植被覆盖度,有利于稳定崩岗,而植被情况也是崩岗生态效益评估的重要指标<sup>[16]</sup>。因此,"三位一体"的治理模式有利于植被快速恢复,从而提升崩岗治理的生态效益。

#### 4 结 语

本研究针对江西崩岗发生的地域特点,提出了治坡、降坡、稳坡"三位一体"的崩岗综合治理模式,该模

式的实施可显著增加崩岗各部位土壤的肥力,显著提高植被覆盖度,具有广泛的推广潜力。

#### [参考文献]

- [1] 邓羽松,丁树文,邱欣珍,等.赣县崩岗洪积扇土壤肥力的空间分异规律[J].中国水土保持科学,2015,13(1):47-53.
- [2] 陈晓安,杨洁,熊永,等.红壤区崩岗侵蚀的土壤特性与影响因素研究[J].水利学报,2013,44(10):1175-1181.
- [3] 肖胜生,杨洁,方少文,等.南方红壤丘陵崩岗不同防治模式探讨[J].长江科学院院报,2014,31(1):18-22.
- [4] 熊平生.中国南方红壤丘陵区崩岗侵蚀基本问题研究综述[J].亚热带水土保持,2016,28(4):28-32.
- [5] 刘洪光,刘宪春,张平仓,等.南方崩岗发育特征及其监测技术探讨[J].中国水土保持科学,2011,9(2):19-23.
- [6] 阮伏水.福建省崩岗侵蚀与治理模式探讨[J].山地学报,2003,21(6):675-680.
- [7] 张利超,谢颂华,肖胜生,等.江西省崩岗侵蚀危害及防治对策[J].中国水土保持,2014(9):15-17.
- [8] 宋月君.江西省赣县崩岗发育的地貌特征分析[J].亚热带水土保持,2015(3):29-33.
- [9] 陈晓安,杨洁,肖胜生,等.崩岗侵蚀分布特征及其成因[J].山地学报,2013,31(6):716-722.
- [10] 《红壤退化阻控与生态修复》编委会.红壤退化阻控与生态修复[M].北京:科学出版社,2011:309.
- [11] 林敬兰,郑锦文.南方红壤区崩岗侵蚀治理研究进展[J].亚热带水土保持,2014,26(3):34-37.
- [12] 李小林.赣南崩岗治理实践与思考[J].中国水土保持,2013(2):32-33.
- [13] 董晓宁,高承芳.一种雨篷式生态治理崩岗的新方法[J].亚热带水土保持,2015,27(2):34-35.
- [14] 马媛,丁树文,何溢钧,等.崩岗"五位一体"系统性治理措施探讨[J].中国水土保持,2016(4):65-68.
- [15] 林敬兰,蒋芳市,林金石,等.南方红壤丘陵强度侵蚀区不同治理措施的土壤质量评价[J].亚热带水土保持,2015,27(4):11-15.
- [16] 吴菲,李典云,夏栋,等.中国南方花岗岩崩岗综合治理模式研究[J].湖北农业科学,2016(16):4081-4084.

[作者简介] 刘洪光(1986—),男,河北昌黎县人,工程师,博士,主要从事菌根与土壤结构等方面的研究;通信作者肖胜生(1981—),男,湖北黄冈市人,高级工程师,博士,主要从事水土保持生态恢复方面的研究工作。

[收稿日期] 2017-06-20

(责任编辑 张培虎)