

崩岗侵蚀治理范式结构与功能研究*

李旭义^{1,2}, 查 轩^{1,2}, 陈世发^{1,2}

(1. 福建省亚热带资源与环境重点实验室, 福州 350007; 2. 福建师范大学 地理研究所, 福州 350007)

摘 要:崩岗侵蚀是我国南方红壤区一种特殊的水土流失形式,其灾害性仅次于滑坡和泥石流,加快崩岗侵蚀治理的研究成为我国南方红壤区水土保持工作的重要环节。本文以崩岗侵蚀分布、形态特征、侵蚀发展过程为出发点,总结出了崩岗侵蚀综合治理与开发治理等主要治理范式,并系统地分析了其治理范式的结构和功能,旨为我国南方红壤区崩岗侵蚀的治理提供科学依据。

关键词:崩岗; 治理范式; 结构; 功能

中图分类号: S642. 21; S157

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2009)01-0093-05

Research on the Structure and Function of Erosive Control Paradigm of Slump Gully

LI Xu-yi^{1,2}, ZHA Xuan^{1,2}, CHEN Shi-fa^{1,2}

(1. Fujian Provincial Key Laboratory of Subtropical Resources and Environment, Fuzhou 350007, China;

2. Institute of Geography, Fujian Normal University, Fuzhou 350007, China)

Abstract: The erosion of slump gully is a peculiar form soil and water loss in red soil region in southern China. The situation of disaster of slump gully is less serious than coast and debris flow. Accelerating the research and control of slump gully erosion becomes the most important part of soil and water conservation in red soil region of southern China. From the point of study on the distribution of slump gully and the erosive procession, this paper summarizes the erosive control models, comprehensive control models and exploitative models of slump gully. Furthermore, this paper analyzes the structure and function of these control paradigms, which will provides scientific basis for erosive control of slump gully in red soil region of southern China.

Key words: slump gully; control paradigm; structure; function

崩岗是我国南方红壤区一种特殊的土壤侵蚀类型,它通常是指发育在红土丘陵地区冲沟沟头部分,经不断地崩塌和陷蚀作用而形成的一种围椅状侵蚀地貌。崩岗的命名具有发生学和形态学方面的双重意义,“崩”是指以崩塌作用为主要的侵蚀方式,“岗”则是指经常发生这种类型侵蚀的原始地貌类型^[1-2]。在国外,此类地形被称为陡脊、壁龛脊、崩坡或围椅状崩坡。

崩岗侵蚀是一种灾害严重性仅次于滑坡和泥石流的水土流失类型,它严重破坏土地资源、淤塞江湖塘库、恶化生态环境,助长自然灾害等。因此加快对崩岗侵蚀治理的研究也就成为我国南方红壤区水土保持中的重中之重。本文拟从崩岗侵蚀治理方

面,总结出其几种治理范式,为我国南方红壤区崩岗的治理提供科学依据。

1 崩岗侵蚀分布

崩岗侵蚀是我国南方红壤区分布最普遍、发育最旺盛的侵蚀类型。崩岗侵蚀较严重地区涉及长江流域、珠江流域和东南沿海诸流域。从区域地貌看,主要发生在南岭山脉粤、赣、湘、桂的丘陵地貌和福建省武夷山脉、戴云山等低山丘陵地貌^[3]。从行政区域看,崩岗主要分布在湖北、湖南、安徽、江西、福建、广东、广西、海南 8 个省区(自治区),216 个县(市、区)26 万出,面积约为 60 多万 km²^[4-5],其崩岗的数量分布情况如图 1 所示:

* 收稿日期:2008-07-22

基金项目:国家重点基础研究发展计划 973 项目(2007CB407207);国家自然科学基金项目(40571095);福建省自然科学基金项目(D0410016;2008J0123);福建省教育厅 A 类项目

作者简介:李旭义(1984-)男(汉族),河南商城人,硕士研究生,研究方向为水土保持与生态环境。E-mail:shujianlu1234@163.com

通信作者:查轩(1961-)男(汉族),陕西省咸阳市人,研究员,主要从事土壤侵蚀与水土保持生态方面的研究。E-mail:xzha@fjnu.edu.cn

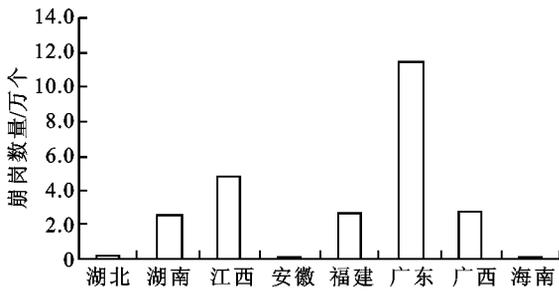


图 1 南方红壤区各省崩岗分布情况

2 崩岗侵蚀发展过程

深厚疏松的花岗岩风化壳是产生崩岗侵蚀的物质基础,典型的红土型风化壳可分为 5 个层次:表土层、红土层、砂土层、碎屑层、球状风化层,各层在矿物成份、风化程度、土体结构、粒度、颜色等方面均有明显差异,抗冲、抗蚀、抗滑塌能力不同^[67]。在花岗岩风化壳发育地区,植被遭到破坏后,坡面面蚀加剧,多次暴雨径流导致侵蚀加剧,于是片流形成的凹地迅速演变成为冲沟。随着径流的冲刷,冲沟不断下切,临空面持续增高,使原来平衡的空隙力释放,在重力势能的作用下,导致沟壁顶部产生平行与临空面的裂隙,在遇到降雨径流时,土体就会沿着某一裂隙产生重力崩塌,形成锥形崩岗。崩塌产物大部分随流水沿沟道带走,使砂土层再次暴露出来,在地面径流和暴流的影响下,沟壁再度发生崩塌,如此反复,崩岗就形成了^[8]。总之,崩岗是由冲沟发展而成的,其侵蚀阶段大致经历冲沟沟头后退,崩积堆再侵蚀、沟壁后退、冲出成洪积扇几个阶段,其中崩积堆再侵蚀是最主要的^[9]。

崩岗侵蚀演化发展过程,根据吴志峰等人研究,可分为持续发展、波动、稳定平衡、消亡 4 个趋势^[10],如图 2 所示。

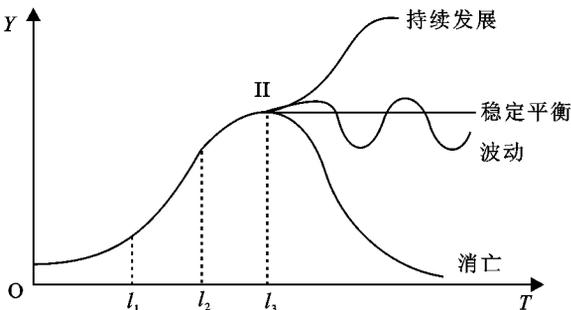


图 2 崩岗侵蚀地貌系统演化模式

3 崩岗侵蚀治理范式

崩岗在我国南方红壤区分布范围广大,危害很严重,其治理已成为我国南方红壤丘陵区坡地侵蚀治理中的一个重要组成部分,治理难度较大。早在

20 世纪 40 年代,南方省区就崩岗侵蚀的治理进行了一些探索,总结了一些治理的措施,取得了一定的治理成效^[11],但多以工程措施为主,如修土、石谷坊等。80 年代以来,注重以植物措施为主,植物与工程措施相结合的办法,探索出一套比较完整的包括生物和工程措施的崩岗立体综合治理技术,概括为“上截、中削、下堵、内外绿化”,取得了较好的生态和经济社会效益,但这种传统水土保持方法防治措施依然有所不足^[12]。因此,崩岗侵蚀治理的研究方面还要更加深入,在遵循崩岗的侵蚀发展过程和规律上入手来治理崩岗,总结出适合我国南方红壤区的崩岗侵蚀治理范式。

3.1 综合治理范式

针对崩岗的侵蚀发展过程及其形成的特点,可将崩岗作为一个系统来进行综合治理。崩岗作为一个复杂的系统,主要由集水坡面、崩岗壁、崩积体、崩岗沟底(包括通道)和冲积扇等子系统组成^[13](图 3)。各子系统之间存在有复杂的物质输入和输出过程。即集水坡面径流向崩岗壁汇集,产生跌水,加速崩岗沟底侵蚀和崩壁的不稳定;沟头前进或崩壁塌下来的泥沙(崩积体)堆在崖脚,同时崩积体的存在有利于崩壁稳定,由于径流的冲刷,崩塌疏松的物质很快被带到沟口堆积而形成冲积扇,部分随洪流带到下游^[14]。另外,外界环境对崩岗侵蚀系统也有能量输入,主要包括降雨动能和重力势能(图 4)。

因此在崩岗治理的过程中,要把崩岗作为一个系统整体来看,各子系统之间的物质输入和输出过程关系,根据崩岗侵蚀发展过程、规律和崩岗区水沙流动量大的特点,对崩岗治理,要以崩口为单元,首先疏导外部能量,治理集水坡面;固定崩积体,稳定崩岗壁,进而采取生物、工程等措施对每个部分进行治理,上、中、下同时启动。

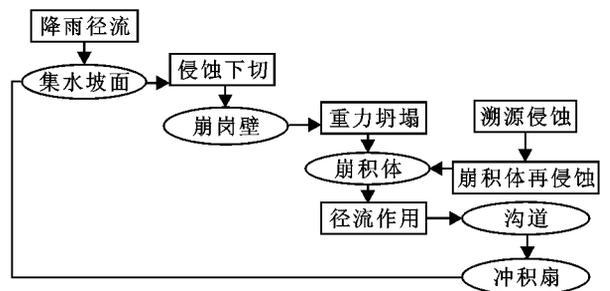


图 3 崩岗侵蚀系统的主要组成结构(纵剖面)

3.1.1 集水坡地的治理

(1)生物措施:根据集水坡地的立地条件,对坡面进行综合治理,其具体的措施同坡面治理相似。如果坡面比较完整,红土层尚存,可以进行开发性治理,种植果茶等,开发成茶果园;如果坡地较破碎,红

土层已被剥蚀殆尽,则应建立乔灌草结合的水土保持林,并以地带性森林系统为主^[11],根据南方红壤区的土壤、气候特点,选择具有深根性、耐瘠、速生、快长的林草种类,主要有马占相思、木荷、藜蒴、竹类、合欢、百喜草、糖蜜草等来进行治理。

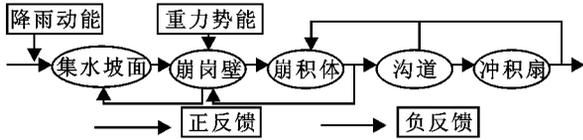


图 4 崩岗侵蚀系统的能量流动示意图

(2)工程措施:天沟,即排水沟。采用沟头防护工程截断上方坡面径流,固定沟头。制止或减缓崩岗沟壁的崩塌,控制集水坡面的跌水动力条件。

3.1.2 崩岗壁的治理 崩岗壁地形陡峻,坡度大,一般高度达数米至数十米,由于土壤异常干旱,养分极端贫乏,植物难以生长^[15]。因此治理崩岗壁是崩岗侵蚀治理难度最大的部位。根据以往的治理实践经验,对崩岗壁主要采取工程和生物治理措施。主要有:

(1)对崩岗发育出于晚期,崩壁较矮,可采取削坡筑阶地,并在台阶上栽种经济类作物,周围需种植牧草加以覆盖。这样不仅可以降低崩塌面的坡度,截短坡长,减缓土体重力和径流的冲刷力,还能获取较大的经济效益。

(2)对于发展中的崩岗,由于崩岗壁的立地条件差,土壤的透气性、透水性、保水性极差,地表极干旱,地温高;土壤的各种营养元素含量非常低^[15]。因此在对崩壁恢复的过程中,首先选取一些抗干旱、耐贫瘠、喜阳的先锋草本植物,如蟛蜞菊、百喜草等。快速覆盖崩壁表面,培育出稳定的草本植物群落;二是根据崩岗沟底下垫面情况,可在崩岗沟底种植野葛藤、爬山虎等攀援植物,让其自然向上生长覆盖。攀援植物爬附于崩壁能有效减缓暴雨径流对崩壁的直接溅蚀和冲刷,降低崩壁温度,减小崩壁土壤水分蒸发量,对保护和改善崩壁环境、稳定崩岗壁具有明显效果。此外液压喷播植草护坡技术^[16]、土工网植草护坡技术^[17]在崩岗壁的治理过程中亦有广泛的前景。

3.1.3 崩积体的固定 崩积体是集水坡面径流冲刷和崩岗壁崩塌下来的物质,它有利于崩岗壁的稳定,但由于崩积体土体疏松,抗侵蚀力弱,一旦受到侵蚀,则增加集水坡面和崩岗壁的不稳定性。因此,控制崩积体的再侵蚀是防止沟壁溯源侵蚀的重要组成部分。对于小崩岗,只要坡面治理得当,崩积体就能很快稳定下来^[11]。如果崩岗面积大,崩积体坡度大,可采取以下治理措施:首先对崩积体进行整地,

填平侵蚀沟,然后种上深根性的香根草带,草带间种植藤枝竹和牧草,其结构为香根草带+竹类或果茶+牧草式。此种结构能有效防止降雨侵蚀和切沟的产生。而且对防止崩积体内侵蚀沟的形成和土体的蠕动均有良好的作用。经实践证明,香根草带+竹类或果茶+牧草式是治理崩积体的一个有效范式。

3.1.4 崩岗沟道的治理 崩岗沟道是崩岗侵蚀的径流和泥沙的通道,位于崩积体与冲积扇之间,该部位水分条件较好,大部分沟底下切已逐渐趋缓。在治理的过程中应以生物措施为主,工程措施为辅。生物措施为草带沟套种绿竹和麻竹,沟道下游出口小肚大的地段修建谷坊。谷坊内侧的淤积地种植绿竹、麻竹或茶果等经济林^[18]。这样可以分段拦蓄泥沙,稳定沟底,以达到治理崩岗沟道的目的。

3.1.5 崩岗冲积扇的治理 集水坡面和崩积体侵蚀的泥沙经过崩岗沟道的输送,在地势相对较平缓开阔的地方堆积下来,形成冲积扇,部分则直接汇入河溪,冲积扇的治理是崩岗治理的最后一个环节。冲积扇的治理应以生物措施为主,等高种植香根草带,中间套种耐旱瘠竹类。此种措施能在较短的时间内,防止泥沙向下游移动汇入河流。对那些剧烈发育的崩岗和崩岗沟较集中的流域,在肚大口小、基础坚实的地方修建拦沙坝,控制洪积扇向下游移动,并在拦沙坝和谷坊顶部和侧坡种植牧草或铺设草皮,以保护工程安全。

总之,在崩岗的治理中,把崩岗作为一个系统,从集水坡面、崩岗壁、崩积体、沟道和冲积扇各子系统进行全方位的治理,其综合治理范式措施结构如图 5 所示。首先在集水坡面上,建立乔灌草结合的水土保持林,同时在坡面下方设排水沟;崩岗壁上采用工程措施削坡筑阶地或采用草本植物措施快速绿化,并在崩岗壁的底部种植攀缘植物;其次稳定崩积体,采取香根草带+竹类或茶果+牧草式生物措施;在崩岗沟道上采用草带沟套种竹类的措施,并在沟道口采取必要的工程措施如谷坊工程,最后用香根草带固定冲积扇,且在冲积扇的下方设立拦沙坝。其功能为:集水坡面的治理能控制集水坡面的跌水动力,防止径流冲刷崩岗壁;快速绿化崩岗壁,能减少径流对崩壁的冲刷,防止崩岗壁的重力坍塌;减少崩积体的再侵蚀过程,就能稳定崩岗壁;设立谷坊或拦沙坝能提高侵蚀基准面,降低溯源侵蚀和阻止泥沙向下游移动汇入河流;用生物措施固定崩积体和冲积扇能够有效减少径流侵蚀,减少向下游河道的泥沙输送。这样能从整体上稳定崩岗,改善崩岗区的生态环境。达到治理崩岗侵蚀的目的。

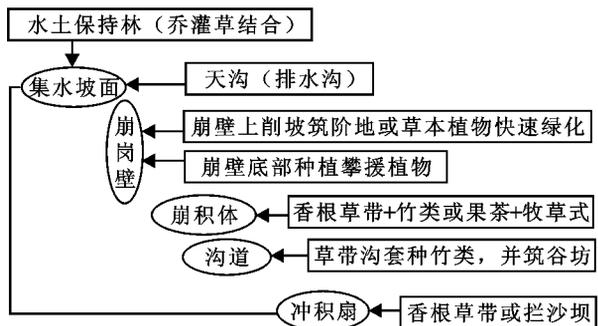


图 5 崩岗综合治理范式结构图

3.2 开发治理范式

3.2.1 变崩岗侵蚀区为水保生态区治理范式 变崩岗侵蚀区为水土保持生态区,以生态效益为主,把拦蓄泥沙,防止泥沙下泄和小流域植被恢复作为主要目标。主要遵循“上截下堵中绿化”的原则,其主要治理措施为:在坡面上针对坡地不同的立地条件,主要选用抗性强、耐旱耐瘠的树、竹、草种,种植高密度乔灌草混交方式的水土保持林;在崩积体及崩岗沟底,种植深根性的香根草带,草带间种植藤枝竹和经济效益较高的绿竹或麻竹,部分套种湿地松和桉树等;在崩岗沟道沟口处修建谷坊,并在小流域干流及其重要支流修建拦沙坝,防止崩岗产生的大量泥沙下泄;冲积扇主要以竹草等生物治理措施为主,其治理范式结构如图 6。该种治理措施主要功能能够显著改善崩岗侵蚀区的生态环境,提高整个崩岗区的植被覆盖度,阻止崩岗侵蚀区泥沙向下游下泄,稳定崩岗侵蚀区。但在治理的过程中,生态恢复的时间比较长,直接经济效益较小。此种开发治理范式主要适用于那些偏远地带,崩岗坡面破碎、坡地开发利用难度较大的崩岗侵蚀区。

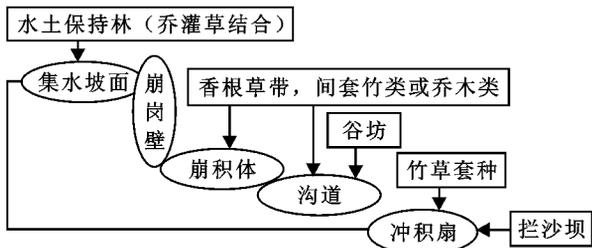


图 6 变崩岗侵蚀区为水保生态区结构示意图

以福建安溪官桥长垄崩岗小流域为例,1990 年开始进行治理,到 2000 年 12 月时进行调查,结果显示,崩岗侵蚀地除坡地顶部之外,植被覆盖率显著提高,达到 60% 以上,整个崩岗小流域植被覆盖率比 1990 年增加 50% ~ 90%,许多地带性的灌木和耐阴的灌草已侵入,群落已演替到较高水平。土壤肥力也得到明显提高,其中有机质含量比原来提高了 0.9%,蓄水能力明显增强,修建的 3 个拦沙坝和 21 座土石谷坊到 1998 年已全部淤满,拦沙量达 2.0 万 m³,整

个小流域生态环境得到显著改善^[19]。安溪长垄崩岗小流域已成为福建省崩岗侵蚀地重建的典范。

3.2.2 变崩岗侵蚀区为经济作物区治理范式 变崩岗侵蚀区为经济作物区的崩岗治理范式主要采取以工程为主,植物措施为辅的治理方法。具体治理措施为:在坡顶种植水土保持林;坡面和崩壁上采用机械或爆破的办法进行强度削坡,修成梯田,种植果树、茶叶或其他经济作物等,在梯田上修建排水沟及适量的蓄水池;在崩岗沟、崩积锥和沟底种植经济类作物,如麻竹等,并在崩岗沟内和沟口修建土石谷坊。其治理措施结构如图 7。该种治理范式功能为:变废为宝,把崩岗侵蚀地改造为经济作物区,能够有效解决我国南方红壤区人多地少的矛盾,既能合理的治理崩岗侵蚀,又可发展农村经济,增加农民收入。但治理时投入较大,主要适用于崩岗侵蚀相对集中的区域。

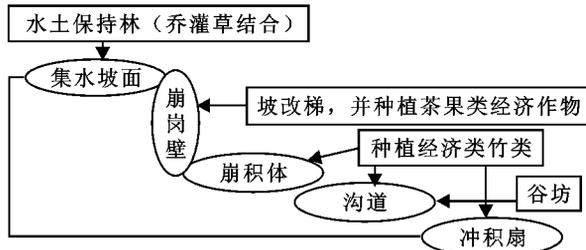


图 7 变崩岗侵蚀区为经济作物区结构示意图

变崩岗侵蚀区为经济作物区治理范式以福建永春达埔乡狮峰小流域、诏安县官陂草子坝及安溪恒美小流域最为典型,特别是安溪恒美小流域变崩岗侵蚀区为生态茶园区,取得了良好的经济与生态效益。据测算,安溪恒美小流域崩岗侵蚀区经改造后林草覆盖率由原来的 47% 增加到现在的 60%,土壤侵蚀模数由原来的 3 621 t/(km²·a) 下降到 1 500 t/(km²·a) 以下,土壤侵蚀量年减少 4.8 万 t,蓄水量增加 1 153 万 m³,崩岗侵蚀得到了有效控制,农业生产条件和人居环境得到显著改善,而且新开垦茶园的茶树生长状况和茶叶品质优于老茶园,新增的 13.33 hm² 茶园经济效益显著,一年可收入 160 万元左右^[20],增加了该流域农民的收益。这些流域现已成为我国南方红壤区治理崩岗侵蚀的示范区。

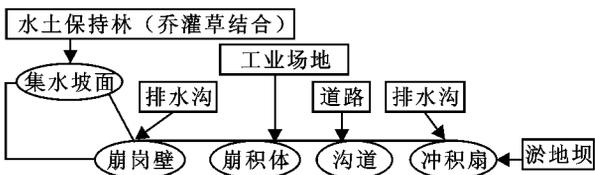


图 8 变崩岗侵蚀区为工业园区结构示意图

3.2.3 变崩岗侵蚀区为工业园区治理范式 变崩岗侵蚀区为工业园区,主要针对地理位置较好,交通

方便的崩岗群或相对集中的崩岗侵蚀区。其治理的主要措施为工程措施,首先利用工程机械把崩岗侵蚀区推平,并相应配置好排水、淤地坝和道路设施,整理成为工业用地,但在治理改造的过程中,一定要注意前期的水土保持工作。崩岗侵蚀区经过治理后如图 8 所示。变崩岗侵蚀区为工业园区治理范式虽然投入大,但回报率高且快,能有力地促进当地经济的发展和农村富余劳动力的转移。此治理范式主要适用于交通要道、集镇周边的崩岗侵蚀区,而且该区域经济水平较高。福建安溪龙门镇将榜寨小流域鬼空崩岗侵蚀群,开发成面积为 33.2 hm² 的工业园区,已有 3 家外资企业投资 4 500 多万元在这里落户办厂^[21],既彻底治理了崩岗,节约了耕地,又取得了良好的效益。该范式既治理了崩岗,又解决了南方人地矛盾紧张的问题,在有条件的地区可以推广。

参考文献:

- [1] 史德明. 我国热带、亚热带地区崩岗侵蚀的剖析[J]. 水土保持通报, 1984, 4(3): 32-37.
- [2] 曾昭璇, 黄少敏. 红层地貌与花岗岩地貌[M]// 中国自然地理(地貌). 北京: 科学出版社, 1980: 139-150.
- [3] 牛德奎, 郭晓敏, 左长清, 等. 我国南方红壤丘陵区崩岗侵蚀的分布及其环境背景分析[J]. 江西农业大学学报, 2000, 22(2): 204-208.
- [4] 鲁胜力. 加快花岗岩区崩岗治理的措施建议[J]. 中国水利, 2005(10): 44-46.
- [5] 黄艳霞. 广西崩岗侵蚀的现状、成因及治理模式[J]. 中国水土保持, 2007(2): 3-4.
- [6] 吴志峰, 王继增. 华南花岗岩风化壳岩土特性与崩岗侵蚀关系[J]. 水土保持学报, 2000, 14(2): 31-35.
- [7] 吴志峰, 钟伟青. 崩岗灾害地貌及其环境效应[J]. 生态科学, 1997, 16(2): 91-96.
- [8] 丁树文, 蔡崇法, 张光远. 鄂东南花岗岩地区重力侵蚀及崩岗形成规律的研究[J]. 南昌水专学报, 1995(1): 50-54.
- [9] 江金波. 再论崩岗侵蚀的成因与防治: 以德庆、五华两地为例[J]. 中国水土保持, 1999(4): 10-12.
- [10] 吴志峰, 李定强. 华南水土流失区崩岗侵蚀地貌系统分析[J]. 水土保持通报, 1999, 19(5): 24-26.
- [11] 丁光敏. 福建省崩岗侵蚀成因及治理模式研究[J]. 水土保持通报, 2001, 21(5): 10-15.
- [12] 刘瑞华. 华南地区崩岗侵蚀灾害及其防治[J]. 水文地质工程地质, 2004(4): 54-57.
- [13] 王学强, 蔡国强. 崩岗及其治理措施的系统分析[J]. 中国水土保持, 2007(7): 29-31.
- [14] 陈金华. 安溪崩岗侵蚀现状与防治对策[J]. 福建水土保持, 1999, 11(4): 21-43.
- [15] 张淑光, 姚少雄, 梁坚大, 等. 崩岗和人工土质陡壁快速绿化的研究[J]. 土壤侵蚀与水土保持学报, 1999, 5(5): 67-71.
- [16] 李连胜, 黄玉忠. 三维土网垫喷播植草护坡技术应用分析[J]. 中国水土保持, 2004(8): 39-41.
- [17] 周利恩, 尚彦, 余建新. 工程边坡生态防护技术[J]. 云南农业大学学报, 2006(4): 517-521.
- [18] 吴海彪. 种植麻竹治理崩岗侵蚀的主要技术措施[J]. 福建水土保持, 2001, 13(3): 24-26.
- [19] 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.
- [20] 洪思泽, 陈志明, 许永明. 利用崩岗侵蚀劣地建设生态茶园的主要技术探讨[J]. 中国水土保持, 2006(2): 26-27.
- [21] 郑昭堃, 施悦忠. 泉州市几种崩岗治理模式的探讨[J]. 福建水土保持, 2004(3): 27-34.

(上接第 92 页)

参考文献:

- [1] 马志广, 陈敏. 草地改良理论、方法与趋势[J]. 中国草地, 1994(4): 63-66.
- [2] 刘欣, 李青云, 关陶. 封育、灌溉、补播改良荒漠草地的效果[J]. 青海畜牧兽医杂志, 1995, 25(3): 14-16.
- [3] 关树森. 西藏高寒牧区草地的恢复技术试验初探[J]. 西藏科技, 2005(4): 22-23.
- [4] 白静仁, 傅林谦, 张玉发. 退化人工草地补播改良研究初报[J]. 中国草地, 1994(3): 47-49.
- [5] 贾裕民, 王志国. 奈曼旗志[M]. 北京: 方志出版社, 2002.
- [6] 赵哈林, 赵学勇, 张铜会, 等. 内蒙古奈曼旗中部沙漠化地区近 20a 地下水时空变化特征及其原因分析[J]. 中国沙漠, 1999, 19(1): 7-11.
- [7] 苏永中, 赵哈林. 持续放牧和围封对科尔沁退化沙地草地碳截存的影响[J]. 环境科学, 2003, 24(4): 23-28.
- [8] 孙保平. 荒漠化防治工程学[M]. 北京: 中国林业出版社, 2000.
- [9] 沈渭寿. 毛鸟素沙地飞播植被演替的阶段与速度[J]. 林业科学, 1999, 35(3): 103-108.
- [10] 刘玉平. 毛鸟素沙地飞播植被演替研究[J]. 中国草地, 1996(4): 24-27, 56.
- [11] 于井瑞, 徐永胜, 梅卫星, 等. 内蒙古敖汉旗飞播牧草工作回顾[J]. 内蒙古草原, 1996(1): 18-19.
- [12] 马海波, 马卫东, 任秀玲. 内蒙古阿拉善左旗 15 年飞播牧草效益调查[J]. 中国草地, 1997(1): 59-63.
- [13] 宝海民, 张茂林. 内蒙古阿拉善左旗飞播牧草概况[J]. 内蒙古畜牧科学, 1996(3): 48-49.
- [14] 孙祥. 干旱区草场经营学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1991.