

福建省崩岗发生的地质和地貌条件分析

葛宏力, 黄炎和, 蒋芳市

(福建农林大学 资源与环境学院, 福建 福州 350002)

摘要: 以福建省崩岗最发育的地区安溪县官桥镇—龙门镇、长汀县河田镇、永春县达埔镇—蓬壶镇和诏安县官陂镇为对象, 从岩性、构造、地质发展史 3 个方面阐明崩岗侵蚀的地质和地貌背景。结果表明, 大规模崩岗发育区的地质、地貌背景是燕山晚期大面积侵入性质均匀的岩石(花岗岩体), 位于从古生代至今长期活动的区域性主干断裂带上, 发育的地貌处于壮年期的晚期向老年期的发展阶段。海拔高度与崩岗地区的相对侵蚀基准面高度两个指标共同影响着崩岗的发育, 相对高差在 20~100 m 以内崩岗最发育。

关键词: 崩岗; 侵蚀; 地质; 地貌

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2007)02—0128—04

中图分类号: P642.21

Geologic and Geomorphologic Conditions for Slope Collapse Occurrences in Fujian

GE Hong-li, HUANG Yan-he, JIANG Fang-shi

(College of Resources and Environmental Science, Fujian Agriculture and Forestry University, Fuzhou, Fujian 350002, China)

Abstract: Aiming to study slope collapse in Guanqiao—Longmen (Anxi), Hetian (Changting), Dapu—Penghu (Yongchun) and Guanpo (Zhaoan), Fujian Province, this paper discusses geologic and geomorphologic background for slope collapse erosion based on rock characteristics, geological structure and history of geology. Results show that in the areas over which slope collapse is most widely distributed, rock is characterized by neat intruded rock (granite) in the later period of Yanshan, which is located in the regional rift zone being active from the Paleozoic Era. The developed landform is in a phase from late mature stage to old stage. Altitude and relative eroded datum plane jointly affect the development of slope collapse, and slope collapse mainly takes place in the areas where relative height is 20~100 m.

Keywords: slope collapse; erosion; geology; geomorphology

崩岗是我国东南地区分布最普遍、发育最旺盛和危害最严重的侵蚀类型, 主要分布在广东、广西、海南、福建、江西、安徽、湖南、湖北 8 省。山区群众将其危害概括为“烂了山, 冲了土, 塞了河, 压了田, 穷了人”^[1]。以福建省安溪县官桥镇为例^[2], 全镇受崩岗侵蚀影响的耕地达 172 hm², 其中 23 hm² 耕地因受淹埋、冲毁而完全丧失生产力, 149 hm² 耕地受泥沙不同程度掩埋, 生产力下降; 原有的山塘水库 74 座, 库容量 2.70 × 10⁶ m³ 均出现严重淤积, 许多水库几乎成了沙库。同时, 崩岗侵蚀具有发展速度快和突发性强的特点, 因而比一般的水土流失更具有威胁性, 有时一场暴雨就可以扩大崩岗侵蚀面积 2 倍左右, 溯源推进 5~10 m 以上^[1]。

近年来崩岗的研究深得广泛重视, 并取得了一定的研究成果。这些研究成果主要涉及崩岗的发育规律^[3-7], 崩岗形成的影响因素和崩岗侵蚀的治理措施^[4-6, 8-14, 10-11, 15]等方面。然而, 涉及崩岗发育的

地质、地貌背景研究不多。牛德奎等曾开展这方面的研究^[16-17], 研究结果表明, 崩岗发育的优势方向与区域最大剪切应力方位基本一致^[17], 崩岗发育程度大致与华南海岸线相平行地自东南向西北逐渐减弱^[16], 崩岗主要发生在花岗岩类母质的残积物上^[16]。但是, 崩岗侵蚀作用从地质学的角度来说与其它地质作用一样, 不会受单一的地质因素所控制, 除岩性外还受地质构造和地质发展历史过程的影响; 而岩性、构造、地质发展历史过程与崩岗侵蚀的关系是目前研究相对较薄弱的环节。从崩岗侵蚀发生的地质、地貌条件出发, 分析崩岗侵蚀发生的诱导因素背景, 为阐明崩岗侵蚀发育规律奠定基础。

1 研究方法

1.1 研究区概况

安溪县地处戴云山东南侧, 位于东经 117°36′—118°17′, 北纬 24°50′—25°26′。美国 20 世纪 50—60

收稿日期: 2007-02-06

资助项目: 国家自然科学基金“南方花岗岩地区崩岗侵蚀成因机理研究”(40671113)

作者简介: 葛宏力(1962—), 男(汉族), 福建福州人, 高级工程师, 主要从事地质与地貌学的教学和科研工作。E-mail: gehongli@163.com。

通讯作者: 黄炎和(1962—), 男(汉族), 广东省饶平人, 教授, 博士生导师, 长期从事土壤侵蚀研究。E-mail: yanhehuang@hotmail.com。

年代的水土保持资料记载着:“中国最大的崩岗在安溪官桥,崩岗从山脚崩至山顶,深度达150 m^[12]。安溪崩岗个数约占全省50%,而县内主要集中在安溪县城关西南方向约12 km的官桥和龙门镇,数量接近全县的一半,是全省崩岗最发育的地区。

长汀县崩岗主要在河田镇,河田镇位于长汀县的东南部,东经116°18′—116°31′,北纬25°33′—25°48′。该区深2 m以上的崩岗1131条,是福建省崩岗集中发育的地区之一。

永春县崩岗主要在距永春城关以南约15 km的达埔、蓬壶镇,东经118°07′—118°10′,北纬25°18′—25°24′。

诏安县的霞葛与官陂镇在诏安城关北偏西方向约35 km处,东经116°58′—117°06′,北纬23°56′—24°03′。也是福建省内崩岗最发育的地区之一。

1.2 研究方法

本文选取崩岗最严重的安溪县官桥镇—龙门镇、长汀县河田镇、永春县达埔—蓬壶镇和诏安县霞葛与官陂镇为研究区,以福建省1/50万地质图为依据^[18],分析研究崩岗发育地区的岩石性质、形成的地质时代、所处的地质构造位置和构造活动过程。当一个地区与另一个地区即使其岩石性质相同,形成的地质时代也相同,所处的地质构造位置类似,但地质构造活动的时间不同,地质发展过程不同,可导致各地区处于不同的地质发展阶段,不同的地质发展阶段有自己的阶段特征。

地貌形态是地质作用和作用过程阶段性的综合表现,按照美国地貌学家戴维斯(Davis)先生的地貌侵蚀旋回模式^[19],分析崩岗区的地貌特征,所处的地貌发展阶段。本文通过对福建省典型崩岗侵蚀区地质、地貌特征的分析,阐明崩岗侵蚀发育的地质、地貌背景。

2 结果与讨论

福建省崩岗侵蚀比较集中发生的区域主要有长汀县的河田镇、安溪县的官桥和龙门镇、诏安县的霞葛与官陂镇和永春县达埔—蓬壶镇等地。

2.1 崩岗发生与岩性和地层的关系

崩岗区土体皆发育于晚侏罗世、早白垩世燕山晚期的侵入体之上,且都是酸性侵入体,属花岗岩类,岩石结构为中—粗粒似斑状结构,矿物成分以长石为主,其含量大于50%,其次为石英,占20%~30%,两者对岩石的物理、化学性质起了决定作用。

2.1.1 长汀河田镇的岩性和地层 崩岗区内地层岩石属古竹超单元(J_3GZ)岩体侵入晚侏罗世下渡组,

被早白垩世钟腾超单元田洋岩体侵入。区内岩性为钾长花岗岩似斑状中—粗粒花岗结构,粒径4~10 mm,钾长石(中正微长石)45.5%~57.4%,斜长石(更长石)10.3%~26.3%,石英25.3%~29.4%,黑云母0.1%~3.2%。

崩岗区周边地区西南与北东侧其岩石时代、性质与盆地内相同,其西北、东南为:(J1)梨山组:砂砾岩、长石石英砂岩、粉砂岩,夹煤线;(J₂1)漳平组下段:紫红色、杂色细砂岩、粉砂岩、泥页岩。(J₂2)漳平组上段:紫红色砂岩、粉砂岩夹含砾杂砂岩。

2.1.2 安溪官桥和龙门镇的岩性和地层 崩岗区岩石属古竹超单元(J_3GZ)岩体侵入,时代与岩石性质大体与长汀的河田地区相同,在盆地南部中心有洋坑单元(K_1Y)岩体侵入,有明显的崩岗发育。

崩岗区周边地区西南角及其西南侧岩石地层基本相同,其它部位大都是(Jch^1)赤水组下段:深灰色英安岩、英安质凝灰熔岩、熔结凝灰岩夹砂泥岩。在盆地西还有部分为(Jch^2)赤水组上段:灰、灰紫色流纹岩、流纹质熔结凝灰岩、凝灰熔岩、凝灰岩。

2.1.3 诏安县霞葛与官陂镇的岩性和地层 崩岗区内地层岩石属邑板超单元(K_1YB)岩体侵入早白垩世钟腾超单元田洋岩体,被玛坑超单元(K_1MK)玛坑岩体侵入。

崩岗区内岩性系由结构演化划分的二长花岗岩岩石谱系单位。三个岩石单元具含斑细粒—少斑中细粒—似斑状中细粒花岗结构。钾长石斑晶含量5%—5%~8%—10%~15%,粒径3~5 mm—5~6 mm—5~8 mm。基质粒径0.5~4 mm。基质矿物成分:钾长石30%—36%递增,斜长石45%—28%递减,石英含量在20%~25%呈它形晶充填于其它矿物之间,黑云母在1.4%~5%间波动。

崩岗区周边地区岩石地层部分与盆地内相同,大部分与长汀县的河田地区、安溪官桥—龙门盆地内崩岗区相同属古竹超单元(J_3GZ)岩体侵入。

2.1.4 永春县达埔—蓬壶镇的岩性和地层 崩岗区内地层岩石属洋坑单元(K_1Y)岩体侵入晚侏罗世鹅宅组,被玛坑超单元(K_1MK)岩体侵入。崩岗区内岩性属花岗闪长岩,中粒花岗结构,矿物粒径0.5~3 mm,矿物成分:钾长石20%~25%,斜长石40%~50%,石英20%~25%,辉石0~3%,普通角闪石20%~5%,黑云母3%~15%。

盆地周边地区地层岩性大部分与安溪县官桥—龙门盆地周边相同,是(Jch^1)赤水组下段:深灰色英安岩、英安质凝灰熔岩、熔结凝灰岩夹砂泥岩。

2.2 崩岗发生与地质构造的关系

2.2.1 长汀县河田镇的地质构造 该崩岗区在光泽—武平断裂带上。该断裂带位于闽赣交界处,大致沿武夷山脉东麓 NNE 向延伸,南、北两端分别延入广东和江西两省,长大于 370 km,宽数公里。该构造带主要由一系列 NNE 向断裂、片理化带、岩墙群等组成,单条断裂延伸长而且平直,往往长达百余公里,如光泽断裂、建宁断裂等等。卫片上线性影像明显。喜马拉雅期至现代也有活动表现,沿断裂带常见断层河、断层三角面、断层崖、线形山脊、山谷等,南段温泉、震中亦沿断裂集中分布。

断裂主要为逆冲性质,也有正断层。强烈活动期为古生代(Pz)和中生代(Mz),断裂带既控制了中生代沉积——火山喷发盆地和岩浆侵入,其后又切割、破坏了这些盆地。长汀河田的(J₃GZ)侵入体是该断裂强烈活动时期的产物,其后被切割,侵入体的完整性被破坏,河田镇崩岗区内出现温泉,为第四纪的强烈风化形成深厚风化壳提供了有利条件。

2.2.2 安溪官桥和龙门镇的地质构造 该崩岗区位于福安—南靖断裂带上,位于福安、闽清、南靖一线,省内长 > 225 km,南延至广东省,北伸至浙江省,总体呈 NNE 向展布。该断裂带尽管地表仅表现为零星的脆性断裂,但对中晚元古代、震旦纪及早古生代、晚古生代至早中生代地层均有控制作用,是闽南加里东—印支叠合造山带东侧的真正边界,对闽东燕山期大规模火山喷发起主要控制作用,且沿断裂带有第三纪基性岩浆侵入,闽清一带还有佛昙组大陆玄武岩喷发等。以上特征均证实福安—南靖断裂带作为闽南加里东—印支陆内叠合造山带边界具有规模大,切割深,长期活动等特征,属于区域性主干断裂。

此外,该断裂带还对岩浆作用有控制,白垩纪岩体大部分都分布在其东侧区域,而西侧则自元古代白垩纪岩体都较发育,是安溪县官桥—龙门镇崩岗区(J₃GZ)岩浆侵入和(K₁Y)岩浆侵入的通道,其后断裂活动使侵入体的完整性被破坏。福建省现代温泉 70%分布在该带东侧及沿带震中的密集分布,在崩岗区内也有大量的温泉点出露,反映福安—南靖 NNE 向断裂带时至今日仍在活动。为第四纪的强烈风化

形成深厚风化壳提供了有利条件。

2.2.3 诏安县霞葛与官陂镇的地质构造 该崩岗区位于上杭—云霄断裂带上,该断裂带西起上杭、武平一带(再往西未能切过桃溪变质核杂岩构造),经永定、平和至云霄、东山等地,东端没入海域,由规模较大的断裂、断陷盆地、侵入岩等组成,总体走向 NW315°,长约 200 km,宽 20 km,是一条区域性断裂,也是燕山期北东向造山带的调整构造——横张断裂。组成上杭—云霄断裂带的 NW 向断裂主要有上杭梯子岭、悦洋—古石背、南靖曲江—文峰、平和芦溪—霞寨及广东饶平—大埔断裂等。这些断裂总体上显示张性特征,对断陷盆地有控制作用。

该断裂带对燕山期岩浆作用控制明显,侏罗纪至白垩纪侵入岩及火山岩均显示出沿北西向带状展布的特征。强烈活动期为古生代(Pz)和中生代(Mz),明显地控制了晚中生代沉积——火山喷发作用,特别是岩浆的侵入活动。喜马拉雅期的活动主要表现为基性岩脉的侵入,形成崩岗区(K₁YB)侵入和崩岗区周围(J₃GZ)侵入。断裂带后期的活动破坏侵入体的完整性,也为地热活动提供了通道,在崩岗区内形成温泉,为第四纪强烈的风化作用提供了有利条件。

2.2.4 永春达埔—蓬壶的地质构造 该崩岗区在福安—南靖断裂带与漳平—仙游断裂带交叉点上,漳平—仙游断裂带断裂方向 EW,长 250 km,宽 5~20 km,压性断裂,强烈活动期为(Pz)和中生代(Mz),由一系列的逆冲断层、侵入岩体组成。崩岗区内有(K₁Y)岩体侵入。崩岗区内同样有多处温泉出露。

可见,这 4 个典型的崩岗发育区都处于福建省大的断裂带上,并且都有地表温泉点(表 1)。在 1:500 000 福建省地质图说明书中列出的主要断裂 21 条,其中光泽—武平断裂带序号为 1 号;上杭—云霄断裂带为 13 号;漳平—仙游断裂带为 20 号。崩岗发育地区与各断裂带有明显的空间关系,在断裂带上地层岩石于以上 4 个崩岗区相同的如武平、上杭、永定、福安、寿宁、古田鹤塘等地也有崩岗发生,说明岩石性质、地质构造条件密切相关;而同安、光泽等许多地段并没有崩岗发育,说明仅岩石性质、地质构造条件还不是崩岗发育的充分条件。

表 1 崩岗区主要地质因素特征

| 崩岗区 | 大地构造位置 | 地热活动 | 岩性 | 地质体时代 |
|-------|----------|-------|-------|-------|
| 河田 | 光泽—武平断裂带 | 有温泉出露 | 钾长花岗岩 | 晚侏罗世 |
| 官陂 | 上杭—云霄断裂带 | 有温泉出露 | 二长花岗岩 | 早白垩世 |
| 官桥和龙门 | 福安—南靖断裂带 | 有温泉出露 | 钾长花岗岩 | 晚侏罗世 |
| 达埔—蓬壶 | 福安—南靖断裂带 | 有温泉出露 | 花岗闪长岩 | 早白垩世 |

2.3 崩岗发生与地貌特征的关系

地貌是地质构造、岩石性质、风化、侵蚀共同作用的表现。而地貌又可反作用于风化作用、侵蚀作用,影响风化的类型和速度,如随着海拔的升高物理风化作用增强,而化学风化、生物风化明显减弱;反之物理风化减弱,化学风化、生物风化明显增强。而残积风化壳的形成主要依赖化学风化、生物风化作用。海拔高、相对侵蚀基准面高度直接影响侵蚀方式与作用的强度,高差大、地形相对陡峭侵蚀作用以下切为主,搬运作用强烈,风化产物不易保留;而高度于侵蚀基准面高差较小的山体侵蚀作用,搬运作用较弱,其下切、搬运速度小于风化速度,风化产物可以保留,形成深厚的风化壳。

2.3.1 长汀县河田镇的地貌特征 该崩岗区地貌整体呈椭圆形盆地,长轴约 21.7 km,短轴约 15.6 km,面积约 252.1 km²。盆地内主要崩岗发育山体的山顶海拔在 300~350 m,与侵蚀基准面相对高差在 25~75 m。盆地内河流蛇曲状延长轴方向穿越盆地,上游河床海拔 285 m,下游 271 m,落差仅 14 m,是盆地的相对侵蚀基准面。山体的山顶海拔在 345~370 m,与基准面相对高差在 70~95 m 的山体崩岗随着海拔高度的增加而减少,盆地边缘和盆地分水岭山顶海拔 > 380 m,相对高差 > 105 m 的山体没有崩岗。

2.3.2 安溪县官桥和龙门镇的地貌特征 安溪县官桥—龙门镇崩岗区地貌整体呈椭圆形盆地,长轴 16 km,短轴 11 km,面积约 136.5 km²。龙门镇所在地河床海拔 111 m,下游官桥镇 87 m,落差仅 25 m,是盆地的相对侵蚀基准面。盆地内主要崩岗发育山体的山顶海拔在 135~190 m,与侵蚀基准面相对高差在 20~100 m。山体的山顶海拔在 190~260 m,与基准面相对高差在 100~150 m 的山体崩岗随着海拔高度的增加明显减少,盆地边缘和盆地分水岭山顶海拔大于 280 m,相对高差大于 170 m 的山体只有极少崩岗。

2.3.3 诏安县霞葛与官陂镇的地貌特征 该崩岗区地貌整体呈葫芦形盆地,长轴约 16 km,近南北走向,短轴约 9 km,北小南大,面积约 132 km²。区内河流长约 17 km,上游海拔约 120 m,下游约 90 m。区内主要崩岗发育山体的山顶海拔在 120~220 m,与侵蚀基准面相对高差在 20~100 m。盆地边缘和盆地分水岭山顶海拔大于 250 m 的山体没有崩岗发育。

2.3.4 永春县达埔—蓬壶镇的地貌特征 该崩岗区地貌整体呈弯豆形盆地,长轴约 14 km,近南北走向,短轴约 7 km,面积约 98 km²。区内河流长约 17 km,上游海拔约 245 m,下游约 210 m。区内主要崩岗发育山体的山顶海拔在 210~370 m,与侵蚀基准面相

对高差在 20~130 m。盆地边缘和盆地分水岭山顶海拔 > 370 m 的山体有零星崩岗发育。在盆地外以北距蓬壶 4 km 处的都溪村为小型构造盆地,有几个崩岗发育点,其海拔高度在 535~710 m,而当地侵蚀基准面在 510~520 m,与崩岗体的高差也在 20~100 m 以内。在都溪与蓬壶间的陡坡地段没有崩岗。

可见,崩岗发育地区的地貌有共同特征,皆为山间构造盆地,盆地内河谷为宽 U 形谷,谷坡平缓,河道蛇曲明显,盆地上游河谷与下游河谷长在 15 km 以上而落差在 30 m 以内,河流侵蚀以侧蚀作用为主,下切作用微弱。盆地内为低山丘陵,山体浑圆呈馒头状,山顶海拔高在 350 m 以下,相对河谷高差在 20~100 m 内。按照美国地貌学家戴维斯(Davis)的地貌侵蚀旋回模式,以上特征属于典型的壮年期晚期向老年期的发展阶段。在植被的保护下总体侵蚀作用较弱,其下蚀、搬运速度小于风化速度,风化产物可以保留,形成深厚的风化壳,是满足崩岗发育物质来源的重要条件^[8]。而外围为中山地貌,山体地势起伏很大,山顶海拔 350 m 以上,河谷呈窄 U 形或 V 字形,属壮年期的早期阶段,下蚀、侧蚀作用强烈,风化产物不易保留,大部分山体没有深厚的风化壳,无法满足崩岗发育物质条件。

3 结论

大规模崩岗发育区的地质、地貌背景是燕山晚期大面积侵入性质均匀的岩石,位于从古生代至今长期活动的区域性主干断裂带上,发育的地貌处于壮年期的晚期向老年期的发展阶段。低山丘陵山顶海拔高在 350 m 以下,崩岗发育的海拔高度不是崩岗发育单一高度条件,受海拔高度与崩岗地区的相对侵蚀基准面高度两个指标共同影响,且相对侵蚀基准面的相对高差对崩岗发育的影响更明显,高差在 20~100 m 以内崩岗最发育。在地质作用过程中有个较长的时期处于风化速度大于侵蚀速度的状态,使风化产物被保留下来,为崩岗的发育创造了物质基础。

[参 考 文 献]

- [1] 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.
- [2] 许金城, 施悦忠. 安溪县崩岗侵蚀的调查与对策[J]. 福建水土保持, 1994, 6(4): 28—30.
- [3] 牛德奎. 赣南地区崩岗侵蚀阶段发育的研究[J]. 江西农业大学学报, 1990, 12(2): 29—36.
- [4] 吴克刚. 华南花岗岩风化壳的崩岗地形与土壤侵蚀[J]. 中国水土保持, 1989(2): 2—5.

(1) 促进非农经济发展,推动农村城市化进程,从而实现农村剩余劳动力的有效转移和农村土地的合并,实现土地的规模化、集约化经营。

(2) 进一步完善农村土地承包制度,稳定土地承包权,鼓励和引导农户进行土地承包权的流转,建立农村土地流转中介机构,降低土地流转交易成本,促进农地集中和规模经营,提高农户水保投入的积极性。

(3) 适当延长土地使用期。土地的承包期过短增加了土地资源的外部性,影响农户治理的积极性。调查中当问及更长的土地使用期是否会促进他们对水土保持的投入时,57.3%的农户完全同意,14.8%的农户不完全同意,8.7%的农户认为没影响,1.0%的农户不完全否认,完全否认的农户只有10.7%,另有3.9%的农户回答不知道。

(4) 加快推进农业产业化步伐。积极发展“公司+基地+农户”的水土保持发展模式^[11],推进农业生产的规模化、产业化、专门化发展。水土保持工作需要有一定的资金和技术条件,而该种运行模式将使农业企业更有能力集中进行区域水土保持工作,并提高农业生产效率。

[参 考 文 献]

- [1] 楚雄州环境保护局网站, <http://www.cxhb.net/hbzs1.htm>,2003.
- [2] 杨海娟,尹怀庭,刘兴昌.黄土高原丘陵沟壑区农户水土保持行为研究[J].水土保持通报,2001,21(2):75—78.
- [3] 谭淑豪,曲福田,黄贤金.市场经济环境下不同类型农户土地利用行为差异及土地保护政策分析[J].南京农业大学学报,2001,24(2):110—114.
- [4] 王鹏,田亚平,张兆干,等.湘南红壤丘陵区农户经济行为对土地退化的影响[J].长江流域资源与环境,2002,11(4):370—375.
- [5] 江西省余江县水土保持委员会办公室.江西省余江县重点小流域治理规划(1998—2002)[M].1998.
- [6] 潘剑君,张桃林,赵其国.应用遥感技术研究余江县土壤侵蚀时空演变[J].土壤侵蚀与水土保持学报,1999,12(4):61—62.
- [7] 刘承芳,张林秀,樊盛根.农户农业生产性影响因素研究[J].中国农村观察,2002(4):34—42.
- [8] 张林秀,徐小明.农户生产在不同政策环境下行为研究[J].农业技术经济,1996(4):27—32.
- [9] 陈佑启,唐华俊.我国农户土地利用行为可持续性的影响因素分析[J].中国软科学,1998(9):93—96.
- [10] 马鸿运.中国农户经济行为研究[M].上海:上海人民出版社,1993.3—6.
- [11] 莫利民,颜小红,裴新明,等.公司+基地+农户的水土保持生态建设模式探讨[J].湖南水利水电,2004(2):69—69.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] 丘世钧.红土坡地崩岗侵蚀过程与机理[J].水土保持通报,1994,14(6):31—44.
- [8] 阮伏水.福建崩岗沟侵蚀机理探讨[J].福建师范大学学报(自然科学版),1996,12(增刊):24—31.
- [9] Luk S H. Soil Erosion (China) Project Progress Report [R]. University of Toronto,1987(3):221—225.
- [10] 殷祚云,陈建兴,王明怀.花岗岩风华壳的崩岗侵蚀整治方案及效益[J].水土保持通报,1999,19(4):12—17.
- [11] 陈金华.安溪县崩岗侵蚀现状与防治对策[J].福建水土保持,1999,11(4):21—23.
- [12] 阮伏水,吴雄海.福建省花岗岩地区土壤允许侵蚀量的确定[J].福建水土保持,1995,7(2):26—31.
- [13] 牛德奎.我国热带、亚热带地区崩岗侵蚀剖析[J].水土保持通报,1984,16(3):26—31.
- [14] 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].水土保持学报,1995,10(2):26—31.
- [15] 岳辉,曾河水,陈志彪.河田侵蚀区崩岗的生物治理研究[J].亚热带水土保持,2005,17(1):13—14,28.
- [16] 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.
- [17] 祝功武.崩岗的选择性发育成因与防治[J].热带地理,1991,11(2):152—156.
- [18] 黄泉祯.福建省地质图说明书(1/50万)[M].福州:福建省地图出版社,1998.58—65,90—92.
- [19] 梁成华.地质与地貌学(第一版)[M].北京:中国农业出版社,2002.205—206.

(上接第 131 页)