

文章编号: 1008 - 2786 - ( 2013 ) 6 - 716 - 07

## 崩岗侵蚀分布特征及其成因

陈晓安<sup>1 2</sup> 杨洁<sup>1 2</sup> 肖胜生<sup>1 2</sup> 宋月君<sup>1 2\*</sup> 郑海金<sup>1 2</sup> 沈乐<sup>1 2</sup>

( 1. 江西省水土保持科学研究院, 江西 南昌 330029; 2. 江西省土壤侵蚀与防治重点实验室, 江西 南昌 330029 )

**摘 要:** 崩岗是南方最严重的侵蚀类型。通过分析崩岗侵蚀空间上的分布和成因, 表明: 崩岗主要分布在淮河以南亚热带湿润地带, 主要集中分布在花岗岩母质区, 垂直空间上分布在海拔 100 ~ 500 m 丘陵地区。崩岗的形成和分布特征主要与以下 3 点有关: 1. 亚热带湿润地区高温多雨的气候为崩岗发育提供了深厚的风化壳和侵蚀动力; 2. 崩岗侵蚀发育与风化壳物理性质密切相关, 风化壳颗粒组成决定着其物理性质, 是影响崩岗发育的最根本因素之一, 花岗岩地区风化壳颗粒组成的特殊性质导致其抗剪强度低, 从而容易失稳崩塌; 3. 丘陵地区土体深厚, 同时高强度径流冲刷和重力能量容易引起崩岗。

**关键词:** 崩岗侵蚀; 分布特征; 发育成因

**中图分类号:** P642. 21 S157

**文献标志码:** A

崩岗是我国南方最严重的土壤侵蚀类型, 是丘陵岗地上由水力、重力相互作用形成的一种特殊侵蚀地貌类型<sup>[1]</sup>。崩岗侵蚀危害性仅次于滑坡和泥石流灾害, 是造成区域生态环境恶化的重要原因<sup>[2]</sup>, 是红壤丘陵山区生态安全、粮食安全、防洪安全和人居安全的主要威胁, 是丘陵区发展生态经济、振兴农业的最大障碍, 严重制约了地方经济社会的可持续发展。因此, 研究崩岗侵蚀的分布特征及其影响因素对该地区崩岗侵蚀预报预防和治理具有重要的意义。

关于崩岗侵蚀发育的原因国内做了大量研究, 阮伏水<sup>[1]</sup>指出南方充沛的降雨量和频繁、高强度的暴雨是崩岗沟侵蚀的主要外部动力, 张淑光<sup>[3]</sup>认为南方崩岗侵蚀主要是径流冲刷、崩塌( 滑塌) 和滑

坡、水蚀和重力侵蚀相互作用下形成的。上述解释了崩岗形成的外部成因, 但不能圆满的解释为什么南方崩岗在花岗岩风化壳大规模发育而很少发育于其他岩性风化壳。史德明<sup>[4]</sup>认为疏松深厚的花岗岩风化壳是崩岗沟侵蚀的物质基础, 李思平<sup>[5]</sup>提出崩岗的孕育与花岗岩土体的粒度成分、矿物成分、化学成分、物理化学性质、微结构形态以及孔隙特征等密切相关。丘世钧<sup>[6]</sup>通过理论上推理认为, 花岗岩红土的机械组成特征、软弱结构面是崩岗的形成因素。后者从花岗岩土体的内部组成上阐述了崩岗形成的原因, 但同是花岗岩土体为什么南方崩岗大规模发育而北方未见崩岗侵蚀的现象, 并且即使在南方地区并非所有花岗岩土体地区都有崩岗侵蚀。

为此, 本文先从崩岗侵蚀的分布特点出发, 分析

收稿日期( Received date ): 2013 - 04 - 09; 改回日期( Accepted ): 2013 - 07 - 04。

基金项目( Foundation item ): 江西省水利科技重大项目“崩岗侵蚀预测预报及防治模式研究”( 200803 ); 水利部公益性行业科研专项经费项目“红壤坡耕地水土流失规律及调控技术研究示范”( 201301050 ); 江西省水利科技项目“基于“3S”技术的坡耕地水土综合整治效益研究”( KT201010 )。[ Jiangxi Provincial Water Science and Technology major Project “Research on collapse erosion prediction and conservation model”( 200803 ); ministry of water resources special funds for scientific research on public causes “Research demonstration for the laws and control technology of soil and water losses on the red-soil sloping farmland”( 201301050 ); Jiangxi Provincial Water Science and Technology Project “Based on the “3S” research on Comprehensive control of soil erosion on sloping farmland”( KT201010 )。 ]

作者简介( Biography ): 陈晓安( 1983 - ), 男, 安徽省南陵县人, 硕士, 工程师, 研究方向: 土壤侵蚀机理。[ Chen Xiaohan( 1983 - ), male, born in Nanling, Anhui Province, master & engineer, research direction: mechanism of soil erosion. ] E-mail: onlyexa@163.com

\* 通信作者( Corresponding author ): 宋月君( 1982 - ), 男, 山东省垦利县人, 硕士, 工程师, 研究方向: 水土保持高新技术。[ Song Yuejun( 1982 - ), male, born in Kenli, Shandong Province, master & engineer, research direction: high and new technology of soil and water conservation. ] E-mail: well3292@126.com

崩岗侵蚀分布规律,在此基础上从气候、岩性母质、地貌角度分析崩岗侵蚀分布的原因,以此来揭示崩岗侵蚀形成原因。

1 研究区概况

选择江西省赣县、于都县、泰和县为试验研究区。这三个县地貌气候条件类似,土壤均以红壤为主,且母岩是南方红壤成土的典型母岩。赣县花岗岩分布广泛,并且花岗岩地区崩岗成群发育;于都县红砂岩分布广泛,红砂岩地区崩岗较多、较典型;第四纪红土是江西省主要的红壤之一,但未见崩岗侵蚀,作为对比研究区。

赣县位于江西省赣州市,位于  $114^{\circ}42' \sim 115^{\circ}22'E$ 、 $25^{\circ}26' \sim 26^{\circ}17'N$ ,属丘陵山地,中、北部低,东部和南部重峦迭嶂,其间夹有山间条带状谷地,红壤分布最广;处于中亚热带南缘,属典型的亚热带湿润季风气候,无霜期长,多年平均气温为  $19.4^{\circ}C$ ,雨量充沛,多年平均降水量  $1\,438.3\text{ mm}$ ,降雨天数  $160\text{ d}$ ,年内降水分配不均匀,春夏多于秋冬。

于都县位于江西省赣州市,位于  $115^{\circ}11' \sim 115^{\circ}49'E$ 、 $25^{\circ}35' \sim 26^{\circ}20'N$ ,境内地貌复杂,属丘陵低山区;土壤类型主要为红壤,占全县总面积的  $67.8\%$ ,水稻土占  $11\%$ ;属典型的亚热带季风湿润气候,气候温和、雨量充沛、四季分明,年平均气温  $19.7^{\circ}C$ ;1月和7月平均气温分别是  $8.2^{\circ}C$ 和  $29.7^{\circ}C$ ,年均降水量  $1\,507\text{ mm}$ ,年内降水分配不均匀,春夏多于秋冬;年日照时数  $1\,621.9\text{ h}$ ,年均无霜期  $305\text{ d}$ 。

泰和县位于江西省吉安市,位于  $114^{\circ}17' \sim 115^{\circ}20'E$ 、 $26^{\circ}27' \sim 26^{\circ}58'N$ 。该县与赣州市相邻,两地地貌气候条件非常类似,以山地丘陵为主,属典型的亚热带湿润季风气候,多年平均气温  $18.7^{\circ}C$ ,雨量充沛,多年平均降水量  $1\,473\text{ mm}$ 。该地区土壤主要为第四纪红粘土形成的红壤。

2 数据来源与方法

2.1 数据来源

赣县崩岗分布数据来源于2005年赣县崩岗调查数据,气候数据均来源于中国气象科学数据共享服务网,土壤母质数据来源于笔者土样测试。

2.2 分析方法

土壤样品采集于赣县、于都县、泰和县,赣县土

样采集于花岗岩典型崩岗剖面处,于都县土样采集于红砂岩典型崩岗剖面处,泰和县土样采集在地貌类似于上述采样点的典型第四纪红土处。本文将风化壳剖面分为土体层(A、B层)和母质层(C层),每个采样点采2次重复,每个重复采集土体层、母质层2个层次。土壤抗剪强度用( $\Phi 61.8\text{ mm} \times 20\text{ mm}$ )环刀取原状土,土壤容重用( $\Phi 50.46\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ )环刀取样,土壤颗粒组成用铁锹取  $1.2\text{ kg}$  左右土样装入塑料袋。

抗剪强度采用四联直剪仪测定,采用4个环刀试件在不同的垂直压力  $\sigma$  ( $100\text{ kPa}$ 、 $200\text{ kPa}$ 、 $300\text{ kPa}$ 和  $400\text{ kPa}$ )下,施加剪切力  $\tau$  进行不排水快剪,求得破坏时的剪应力  $\tau$ ,根据库仑定律  $\tau = c + \sigma \tan \varphi$  确定抗剪强度系数,即内摩擦角  $\varphi$  和黏聚力  $c$ ;土壤容重环刀法测定;颗粒级配的测定采用筛分法、吸管法;上述试验测定采用 GB/T 50123-1999 土工试验方法标准<sup>[7]</sup>。

空间数据分析:利用 ArcGIS 软件将赣县崩岗调查数据与地貌图进行叠加分析,提取崩岗海拔、坡度分布特征。

3 结果与分析

3.1 崩岗侵蚀分布特点

3.1.1 地带性分布

表 1 崩岗分布状况<sup>[8]</sup>

Table 1 Distribution of collapsing hill

省(区)	崩岗数量占总数量 百分比/%	崩岗面积占总面积 百分比/%
广西	11.6	5.4
广东	45.1	67.8
福建	10.9	6
江西	20.1	17
湖南	10.8	3
湖北	1	0.5
安徽	0.5	0.3

由表1可知,崩岗分布具有明显的地带性特点,主要分布在长江流域和珠江流域的南方各省,并表现出一定的规律性,主要集中在广东、江西、福建、广西、湖南等偏南的省份,其中广东省的崩岗数量占到  $45.1\%$ ,面积占到  $67.8\%$ ,数量和面积上都是位列

第一,江西省崩岗数量、面积位列第二,湖北、安徽等偏北方的省份中无论在崩岗的数量还是在崩岗面积上都很少。

### 3.1.2 岩性与分布

崩岗在各省内部表现出很强的区域性特点,广东省崩岗侵蚀主要发生在五华县、龙川县、梅县、平远县、兴宁县<sup>[9]</sup>,福建省主要集中在安溪县、长汀县、永春县、南安县等地<sup>[10]</sup>,江西省主要发生在寻乌县、修水县、赣县、于都县、龙南县、兴国县等,湖北省主要发生在通城。这些地区均为花岗岩母质地区,即崩岗主要集中在花岗岩地区。

表2 不同母岩崩岗侵蚀分布特征

Table 2 Distribution characteristics of collapse erosion in various parent-rocks

母岩类型	花岗岩	红砂岩	紫色页岩、片麻岩
面积/hm <sup>2</sup>	1 574	206	29
面积百分比/%	87.03%	11.38%	1.59%

通过赣县崩岗不同母岩区崩岗侵蚀分布特征分析(表2),可知花岗岩母质发育的崩岗面积最大,占到总面积的87.03%,其次为红砂岩,其他母岩极少。

### 3.1.3 垂直性分布

表3 不同海拔崩岗分布特征

Table 3 Distribution characteristics of collapse erosion in various elevation

地貌类型	不同海拔/m	数量百分比/%	面积百分比/%
平原阶地	<100	1.03	1.10
低丘区	100~250	87.60	72.40
高丘区	250~500	10.90	25.50
山区	>500	0.47	1.00

通过赣县崩岗海拔分布分析(表3),表明海拔<100 m的平原阶地和>500 m的山区崩岗侵蚀很少,几乎可以忽略,海拔100~500 m的丘陵区崩岗侵蚀数量和面积百分比都占到97%以上,其中100~250 m的低丘区占绝大部分。赣县崩岗侵蚀的海拔垂直分布特征与阮伏水<sup>[11]</sup>认为福建省崩岗绝大部分分布在丘陵区,台地和山区很少分布的结论一致。

## 3.2 崩岗侵蚀影响因素

### 3.2.1 气候因素

温度是地球物理化学过程的重要条件,是影响

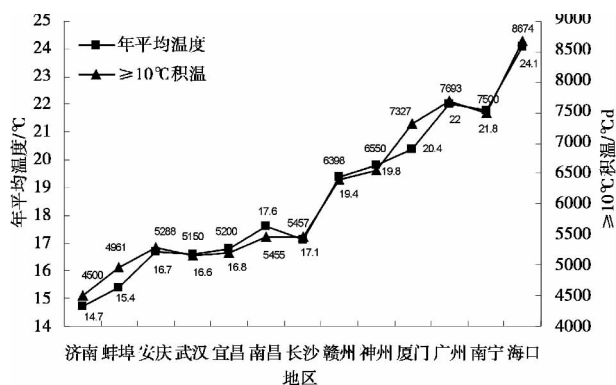


图1 不同地区年平均温度和 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温特征(1971—2000年)

Fig. 1 The annual average temperature  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  accumulated temperature characteristics in different area(1971—2000)

风化作用的基本因素。高温多雨气候,有利于物质间的化学反应和植物的大量繁殖促进生物化学风化等。根据2005年长江水利委员会崩岗调查数据,湖北省崩岗主要发生在宜昌市、武汉市、孝感市、黄石市、黄冈市、咸宁市等市,纬度上最高不超过武汉、宜昌两城市;安徽省崩岗主要发生在池州市、黄山市、宣城市、芜湖市、马鞍山市、铜陵市,纬度上最高不超过芜湖、安庆两城市。因此,将武汉、宜昌、安庆近似看成崩岗南北分布的临界城市,那么崩岗主要发生在淮河流域以南,通过图1可知,崩岗发育在年平均气温约 $16^{\circ}\text{C}$ 以上 $24^{\circ}\text{C}$ 以下的地区,并主要集中在年均气温 $19^{\circ}\text{C}$ 以上 $24^{\circ}\text{C}$ 以下的地区;崩岗发育在年平均 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温约 $5\,000^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 以上 $8\,000^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 以下的地区,并主要集中年平均 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温约 $6\,000^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 以上 $8\,000^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 以下的地区,年平均 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温 $4\,500\sim 8\,000^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 为亚热带地区,即崩岗发生在年平均 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温约 $5\,000^{\circ}\text{C}\cdot\text{d}$ 以上亚热带地区。从东北到华南花岗岩地区的风化壳厚度逐渐增加<sup>[12]</sup>,高温高湿的环境背景为华南地区各类母岩加速风化提供了必要条件,其中,花岗岩风化壳自东北向华南逐渐增厚的趋势就是湿热条件下剧烈化学风化作用的结果,而深厚的花岗岩母质为崩岗发育提供了物质基础。

崩岗分布在淮河流域以南的南方地区。由表4可知,崩岗分布在 $1\,000\text{ mm}$ 以上的湿润地区。在年均降雨量 $1\,000\text{ mm}$ 以上的湿润地区,高湿的环境背景为母岩加速风化提供了良好条件,保证了崩岗发育所需的风化壳厚度。另外,华南地区降雨量大的日数多, $\geq 10\text{ mm}$ 、 $\geq 25\text{ mm}$ 降雨日数是济南的2倍左右, $\geq 50\text{ mm}$ 降雨日数基本上比济南也多出2 d

以上,华南地区高强度降雨带来足够的雨滴击溅能量和径流冲刷能量,为崩岗提供动力基础。

3.2.2 土壤母质

崩岗侵蚀是重力和水力作用的综合侵蚀,主要依靠重力作用下崩塌形成,水力作用更多的是促进和诱发因素。根据边坡失稳崩塌理论,当土体受到重力分力的剪切力与抗剪强度相等时,土体就处于极限平衡状态,剪切力大于抗剪强度时土体就发生崩塌。

由图 2 可知,第四纪红土的土体和母质层的凝聚力都远大于花岗岩和红砂岩地区的,花岗岩和红砂岩地区的凝聚力基本接近;各岩性区风化壳的土体和母质层的内摩擦角都表现为第四纪红土最大,其次为红砂岩的,花岗岩的最小。风化壳抗剪强度与风化壳的凝聚力和内摩擦角成正相关性,因此,

第四纪红土的抗剪强度最大,其次为红砂岩的,最小为花岗岩的。第四纪红土土体和母质层抗剪强度都非常大,因此很难发生崩岗,笔者通过江西省崩岗调查未发现第四纪红土区存在崩岗,这亦与第四纪红土鲜有崩岗的发生报道相符。江西省崩岗调查资料显示,崩岗绝大部分发生在花岗岩地区,红砂岩地区其次,其他母岩地区零星分布,这基本与花岗岩、红砂岩地区风化壳抗剪强度性质相符。张信宝<sup>[13]</sup>利用超压密岩土边坡失稳机理和风化膨胀机理推论和解释了崩岗的发育机理,认为从花岗岩风化壳孔隙空气进入减少负压和膨胀力的存在减小了岩土的抗剪强度,因岩土抗剪强度的减小从而失稳崩塌。说明岩土风化壳的抗剪强度是影响崩岗侵蚀发育的重要因素,花岗岩风化壳的抗剪强度小是该岩性地区崩岗大规模发育的重要原因。

表 4 南方诸省降雨特征(1971—2000 年)

Table 4 Rainfall characteristics in southern province(1971—2000)

降雨特征	济南	蚌埠	武汉	南昌	长沙	福州	广州
年平均雨量/mm	672.7	919.6	1 474.9	1 624.4	1 546.4	1 393.6	1 736.1
≥10 mm 降雨日数	17.8	26.40	34.8	47.90	41.1	41.5	49.3
≥25 mm 降雨日数	7.3	9.7	13.8	19.1	13.4	15.2	20.8
≥50 mm 降雨日数	2.8	2.9	4.7	5.7	3.3	4	6.6

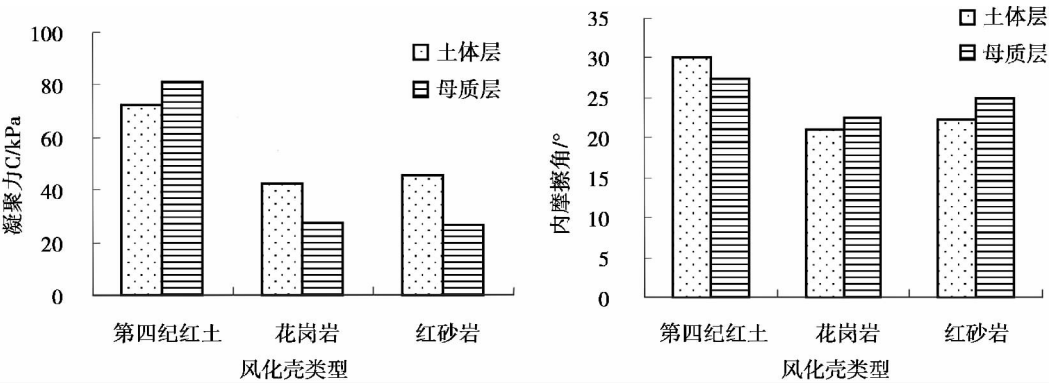


图 2 不同岩性区风化壳土体层和母质层的抗剪强度

Fig. 2 The shear strength of solum and parent materials in different rocky area

表 5 不同岩性风化壳容重、孔隙度

Table 5 Bulk density and porosity of different rocks weathering crust

土壤层次	第四纪红土			花岗岩			红砂岩		
	质量含水率 /%	容重 /(g/cm <sup>3</sup> )	总孔隙度 /%	质量含水率 /%	容重 /(g/cm <sup>3</sup> )	总孔隙度 /%	质量含水率 /%	容重 /(g/cm <sup>3</sup> )	总孔隙度 /%
土体层	9.91	1.49	45	9.83	1.45	47	11.04	1.48	46
母质层	11.05	1.59	42	12.19	1.33	51	11.5	1.77	34

由表5可知,不同类型风化壳的土体层容重和孔隙度基本一致,但母质层差异较大,花岗岩母质层容重最小,孔隙度最大;第四纪红土、红砂岩风化壳从土体层到母质层容重增大,孔隙度减小,而花岗岩地区相反,花岗岩土壤上密下松的特殊结构层次,有利于崩岗成群发育。

表6 不同岩性风化壳颗粒组成

Table 6 Soil particle composition of different rocks weathering crust

风化壳层	风化壳类型	砾粒/%	砂粒/%	粉粒/%	粘粒/%
土体层	第四纪红土	1.2	18.6	63.4	16.8
	花岗岩	10.6	31.3	44.5	13.6
	红砂岩	3.5	26.5	57.3	12.8
母质层	第四纪红土	3.3	17.6	61.9	17.3
	花岗岩	13.5	44.8	31.1	10.6
	红砂岩	7.7	59.3	25.6	7.5

由表6可知,土体层中砾粒、砂粒含量之和即粗颗粒含量从第四纪红土、红砂岩到花岗岩依次增大,粉粒、粘粒含量之和即细颗粒则表现出相反的规律,其中第四纪红土层细颗粒含量明显高于其他岩性土体层。粘性土的抗剪强度受土壤细颗粒含量的影响,相同条件下,细颗粒含量越大,土壤间的粘结性越强,抗剪强度越大<sup>[14]</sup>,土体层土壤颗粒组成论证和解释了图2中的结果:第四纪红土层的抗剪强度最大,其次是红砂岩土体层,花岗岩土体层最小。不同岩性风化壳母质层的粘粒、粉粒含量都表现为第四纪红土>花岗岩土体>红砂岩土体,其中第四纪红土母质层粉粒、粘粒含量是其母岩的2倍左右;母质层中砾粒含量从第四纪红土、红砂岩土体、花岗岩土体依次增大,砂粒含量从第四纪红土、花岗岩土体、红砂岩土体依次增大,红砂岩母质层的砂粒含量远高于其他岩性风化壳。按照土工试验标准中的土壤类型划分,第四纪红土母质层为粘性土,花岗岩、红砂岩母质为砂性土。粘性土的凝聚力和内摩擦角都大于砂性土,因此,第四纪红土母质层抗剪强度远大于花岗岩、红砂岩土壤母质层;砂性土的凝聚力很小,其抗剪强度主要取决于内摩擦角,砂性土的内摩擦角与砂粒的含量成正比<sup>[14]</sup>,红砂岩母质层的砂粒含量远大于花岗岩,因此,红砂岩母质层的内摩擦角大于花岗岩母质层,其抗剪强度大于花岗岩母质层。另外,花岗岩风化壳无论土体层和母质层砾粒含量都非常高,风化壳粗细混杂,容易形成大孔隙,导致

其孔隙度大,风化壳结构差,容易崩塌。

### 3.2.3 地貌

表7 不同坡度级崩岗分布特征

Table 7 Distribution characteristics of different slope

grades collapse hill in Ganxian

坡度级	坡度/°	数量百分比/%	面积百分比/%
平原、微倾斜平原	0~2	5.89	4.20
缓斜坡	2~5	15.05	12.46
斜坡	5~15	46.64	43.33
陡坡	15~25	26.62	29.21
急坡	25~35	5.56	10.24
急陡坡	35~55	0.25	0.57
垂直坡	>55	0.00	0.00

通过赣县不同坡度级崩岗侵蚀分布分析(表7)可知,5°~15°斜坡级范围崩岗分布最大,无论数量还是面积百分比都占到40%以上,其次为15°~25°陡坡级,5°~25°坡度范围崩岗数量和面积百分比都占到70%以上,占到总崩岗的绝大部分;2°~5°的缓斜坡和25°~35°的急坡崩岗数量和面积都分别位列第三、第四,0°~2°和35°~55°的坡度地形崩岗很少,>55°后就没有崩岗分布。

地貌直接影响着土壤风化壳的厚度,海拔大于500 m的山区,地势高,剥蚀作用强,风化物很容易被冲刷搬运,故风化壳一般很薄。通过赣县野外土壤的调查,山区风化壳厚度基本小于1 m,>35°的地区坡度较陡,侵蚀作用强,崩岗风化壳亦很薄,浅薄的风化壳不能为崩塌提供物质基础,不利于崩岗的发育。海拔<100 m的地区平原阶地,风化物不容易被搬运侵蚀,风化壳一般较厚,但该地区地势缓,坡度小,径流冲刷侵蚀力弱,同时,单位坡长上的土体高差小,重力势能小,不利于崩塌,因此在海拔<100 m的平原阶地上很难形成崩岗。100~500 m的丘陵区,一方面风化壳厚,为崩岗发育提供较好的物质基础,同时该地区,坡度大部分在5°~25°,径流具备较强的冲刷能力,另外,单位坡长上高差大,土体的重力势能大,在径流能量和重力势能双重作用下很容易崩塌形成崩岗。

## 4 结论

1. 我国崩岗侵蚀具有明显的地带性分布,崩岗

侵蚀主要分布在年平均气温约  $>16^{\circ}\text{C}$  ,  $\geq 10^{\circ}\text{C}$  d 积温约  $5\,000^{\circ}\text{C d}$  以上亚热带, 年均降雨量  $1\,000\text{ mm}$  以上的湿润地区, 高温高湿的环境背景为华南地区母岩风化提供良好条件, 使其发育形成深厚的风化壳, 为崩岗的发育提供必要的物质基础。另外, 降雨量大、高强度暴雨频发亦为华南地区崩岗发育提供了动力基础。

2. 崩岗侵蚀具有明显的岩性分布, 崩岗绝大部分分布在花岗岩母岩地区, 红砂岩有少量分布, 其他母岩零星分布。崩岗的岩性分布与其风化壳的物理性质有着密切的联系, 花岗岩发育形成的土壤抗剪强度小, 是造成该母岩地区崩岗大规模发育的重要原因, 花岗岩风化壳上密下松的特殊结构亦有利于崩岗发育, 风化壳颗粒组成决定着其物理性质, 是影响崩岗发育的最根本因素之一。

3. 崩岗侵蚀具有明显的垂直性分布,  $>97\%$  的崩岗分布在海拔  $100\sim 500\text{ m}$  的丘陵地区, 平原阶地、山区都很少有崩岗分布;  $5^{\circ}\sim 25^{\circ}$  坡度级上的崩岗数量和面积百分比都  $>70\%$  , 是崩岗分布的主要坡度级。丘陵地区可以形成较深厚的风化壳, 同时, 该地区坡面具有一定的坡度, 径流冲刷侵蚀力大, 单位坡长上高差大, 土体的重力势能大, 在径流能量和重力势能双重作用下很容易形成崩岗。

## 参考文献(References)

- [1] Run Fushui. Study on erosion mechanism of collapse gully in Fujian [J]. Journal of Fujian Normal University: Natural Science, 1996 (Suppl.): 24-31 [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]
- [2] Zhang Ping, Zha Xuan. The research progress on collapsed gully erosion [J]. Research of Soil and Water Conservation, 2007, 14(1): 170-173 [张萍, 查轩. 崩岗侵蚀研究进展[J]. 水土保持研究, 2007, 14(1): 170-173]
- [3] Zhang Shuguang, Cai Qing, Deng Lan. Study on mechanism of formation of collapse of mound in south of china [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 1993, 13(2): 43-49 [张淑光, 蔡庆, 邓岚. 我国南方崩岗形成机理的研究[J]. 水土保持通报, 1993, 13(2): 43-49]
- [4] Shi Deming. Soil erosion and its control in the granite region of Southern China [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1991, 5(3): 63-72 [史德明. 南方花岗岩区的土壤侵蚀及其防治[J]. 水土保持学报, 1991, 5(3): 63-72]
- [5] Li Siping. A study on characteristic of rock-soil and countermeasures of the collapse mound formation [J]. Journal of Soil and Water Conservation, 1992, 6(3): 29-34 [李思平. 崩岗形成的岩土特性及其防治对策的研究[J]. 水土保持学报, 1992, 6(3): 29-34]
- [6] Qiu Shijun. The process and mechanism of red earth Slope disintegration erosion [J]. Bulletin of Soil and Water Conservation, 1994, 14(6): 31-41 [丘世钧. 红土地崩岗侵蚀过程与机理[J]. 水土保持通报, 1994, 14(6): 31-41]
- [7] The Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. Standard for soil test method GB/T 50123-1999 [S]. Beijing: China Planning Press, 1999: 119-125 [中华人民共和国水利部. 土工试验方法标准 GB/T 50123-1999 [S]. 北京: 中国计划出版社, 1999: 119-125]
- [8] Feng Minghan, Liao Chunyan, Li Shangxi, et al. Investigation on status of hill collapsing and soil erosion in Southern China [J]. Yangtze River, 2009, 40(8): 66-69 [冯明汉, 廖纯艳, 李双喜, 等. 我国南方崩岗侵蚀现状调查[J]. 人民长江, 2009, 40(8): 66-69]
- [9] Niu Dekui, Guo Xiaomin, Zuo Changqing, et al. Analysis of the distribution and environmental surroundings of collapsed hills land of red soil in south of China [J]. Journal of Jiangxi Agricultural University, 2000, 22(2): 204-208 [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]
- [10] Run Fushui. Study on slump gully erosion and its control in Fujian Province [J]. Journal of Mountain Science, 2003, 21(6): 675-680 [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]
- [11] Run Fushui. Study on gully erosion of the granite slope in Fujian province [J]. Science of Soil and Water Conservation, 2003, 1(1): 25-29 [阮伏水. 福建省花岗岩坡地沟谷侵蚀试验研究初报[J]. 中国水土保持科学, 2003, 1(1): 25-29]
- [12] Wang Qing, Tang Daxiong, Zhang Qingyun, et al. A study on the structure and composition of granite residual soil in the Eastern China [J]. Journal of Changchun University of Earth Science, 1991, 21(1): 70-81 [王清, 唐大雄, 张庆云, 等. 中国东部花岗岩残积土物质成分和结构特征的研究[J]. 长春地质学院学报, 1991, 21(1): 70-81]
- [13] Zhang Xinbao. Approach to weathering and expansion mechanism of unstable slope rocks of dilapidated Granite [J]. Soil and water conservation in China, 2005, 7: 10-11 [张信宝. 崩岗边坡失稳的岩石风化膨胀机理探讨[J]. 中国水土保持, 2005, 7: 10-11]
- [14] Sun Jianfeng, Gao Huaizhou, Lian Haomei. Geotechnical engineering science [M]. Beijing: Geologic Press, 2008: 41-46 [孙剑峰, 高怀洲, 凌浩美. 工程岩土学[M]. 北京: 地质出版社, 2008: 41-46]

## Distribution Characteristics and Causes of Collapse Erosion

CHEN Xiaolan<sup>1 2</sup>, YANG Jie<sup>1 2</sup>, XIAO Shengsheng<sup>1 2</sup>, SONG Yuejun<sup>1 2</sup>, ZHENG Haijin, SHEN Le<sup>1 2</sup>

(1. Jiangxi Provincial Research Institute of Soil and Water Conservation, Nanchang 330029, China;

2 Key Laboratory of Soil Erosion and Prevention, Jiangxi Province, Nanchang 330029, China)

**Abstract:** Collapse erosion is the most serious type of erosion in South China. This paper analyzed the space distribution and genesis of collapse erosion. The results show that collapse is mainly distributed in the humid subtropical zones on the south of the Heilong River, concentrated in the areas of granite parent materials, and vertically distributed in the hilly regions with a height of 100 ~ 150 meters. The characteristics of formation and distribution are in close connection with the following 3 factors: 1) hot and rainy climate in humid subtropical zones provided deep weathering crust and strong erosion dynamic for collapse formation; 2) Collapse erosion is closely related to the physical properties of weathering crust. Weathering crust particles determines their physical properties. Weathering crust particles is one of the most fundamental factor affecting collapse erosion. Granite weathering crust particles led to its special nature of low shear strength, which tends to collapse instability; 3) the deep soil, runoff scouring and strong gravitational energy in hilly regions cause consequence that soil is prone to collapse into collapse hill.

**Key words:** collapse erosion; distribution characteristics; formation genesis

### 封面照片: 浪巴铺土林景观

浪巴铺土林景区位于云南省元谋县城西 33 km 处新华乡境内,距班果土林 15 km,地处元谋、大姚、牟定 3 县交界处。浪巴铺土林景区又名新华土林,土柱高大密集,类型齐全,圆锥状土林发育良好,一般高 3 ~ 27 m,最高达 42.8 m,高度居元谋土林之冠,其色彩丰富,土柱顶部以紫红色为主,中部为灰白色,下部则以黄色为基调,其间夹杂有褐红、灰白、棕黄、灰黑等多种颜色。土柱的形态各异,有圆锥状、峰丛状、雪峰状、城垣状等。远望新华土林,就像一座座绚丽的宫殿,走进景区,犹如置身于古堡画廊。浪巴铺土林是元谋县 13 座土林群落中景点最集中、发育最典型、造型最奇特、色彩最丰富、最具震撼力的土林。照片为元谋浪巴铺湖相地层及侵蚀后形成的典型土林地貌景观。

(明庆忠)