

广东省崩岗形成机理与类型

张淑光 钟朝章

(广东省水利水电科学研究所)

提 要

崩岗是我国南方一种重要的侵蚀类型,广东省的特点是降水量多、暴雨集中、土质粗、抗冲抗蚀性弱、人为活动强烈。崩岗就是在径流冲刷、崩塌和滑坡、水蚀和重力侵蚀相互作用下形成的。崩岗分为四种类型三个发育阶段。

关键词:崩岗 岩石风化 径流冲刷 抗冲抗蚀性

广东省位于我国南部,界于北纬 $20^{\circ}12' \sim 25^{\circ}31'$,东经 $109^{\circ}47' \sim 117^{\circ}19'$,北倚南岭,南临南中国海,海岸线长3900km,总土地面积17.8万 km^2 ,占全国土地总面积的2.1%。其中,山地丘陵面积13.71万 km^2 ,占全省总土地面积的77.02%,为全省国土的主体。除南岭外较重要的山脉在东部有阴那山脉、莲花山脉和罗浮山脉;西部有云开大山、云雾山、天露山等。丘陵与山地相连,丘陵面积占全省总土地面积的17.2%。由于山地丘陵起伏,坡度大,加上雨量丰沛,暴雨集中,植被稀疏,土壤侵蚀比较严重,全省土壤侵蚀面积11381.224 km^2 ,占全省土地总面积的6.5%。崩岗主要发生在海拔300m以下花岗岩和红色砂砾岩丘陵地区。

一、崩岗形成的因素

崩岗形成的因素包括自然因素和人为因素。通过崩岗形成因素的研究,有利于弄清崩岗侵蚀的机制和侵蚀规律,从而为科学治理崩岗提供依据。

(一) 气候因素

气候因素对崩岗形成的影响是多方面的,直接影响是降水情况及其特点,降雨径流侵蚀力为本区崩岗发生发展的主要营力,尤以集中降雨和大强度暴雨侵蚀力的影响最为突出;间接方面气候影响植被生长和岩石风化等,进而影响崩岗的发生发展。本省地处中亚热带南缘、南亚热带和热带,是全国降水多的地区之一,年平均降雨量1500~2000mm,雨日一般在140天以上,降雨时空分布不均,每年4~9月份降水占全年降水量75%。降水来源于台风雨、锋面雨和地形雨,其中台风雨占年雨量的30%。广东省是我国受台风侵袭最多的地区,平均每年12.8次,6~10月份为台风影响的主要时期,风力一般在6级以上,日降雨量可达200~300mm。除1月份没有暴雨外其余各月都有,粤北、粤中、粤东地区的暴雨,多出现在春夏之交的5~6月,多是由于锋雨过境时所造成的;粤西多暴雨的时间较长,例如两阳4~9月每月平均暴雨都在1次以上。各地一日最大降雨量都超过100mm,有些地区超过300mm,甚至在400mm以上。1小时最大降水量都在40mm以上,大部份地区超过60mm,超过80mm的有广州、宝安、高要、两阳,其中两阳地区在110mm以上。10分钟内最大降水量大部份地区在25mm以上,其中河源、惠阳、广州、汕头、海丰、宝安、高要等地区超过30mm,海丰地区在35mm以上。左长清对花岗岩红壤

雨量、雨强与土壤侵蚀间的关系研究，得出下列方程：

$$Y_1 = 0.0354 X_1^{1.4623} \cdot X_2^{2.2103} \dots \dots \dots (1)$$

$$Y_1 = 0.002351 X_1^{2.2733} \cdot X_2^{0.8758} \dots \dots \dots (2)$$

X_1 ——产生土壤侵蚀的降雨量 (mm)； X_2 ——产生土壤侵蚀的降雨强度 (mm/h)； Y ——土壤侵蚀量 (t/km²)。降雨和降雨强度愈大，径流量和冲刷量愈大。土壤侵蚀并不是所有降水都能造成侵蚀的，土壤侵蚀主要是由几次暴雨所形成，梅江暴雨洪水6~7次，洪水含沙量占全年沙量77.3%~88.6%。梅州市1986年7号强台风暴雨造成的新崩岗，据五华县水保办统计，全县新增加大小滑坡崩山10430处，面积41913亩；丰顺县新发生的滑坡崩岗也有近万处。我省暴雨多，降雨强度大，为崩岗形成提供了条件。

(二) 地质土壤因素

崩岗主要分布在花岗岩形成的土壤和风化壳上。本省日照时间长，辐射热量大，气温高，雨量多，雨热同季，这些因素对促进岩石的化学风化和物理风化作用方面提供了优越的条件。花岗岩为多种矿物组成，主要矿物有长石、石英和云母，其中长石占64%，石英占16%，结晶颗粒粗，节理发育，在温度的作用下，由于矿物膨胀系数不一（例如石英和长石相差一倍多），易于发生晶粒相对错动和碎裂，物理风化强烈；而在湿热的气候条件下，化学风化异常强烈。花岗岩中的长石、云母等矿物经水解后，由原生矿物分解为次生粘土矿物，如高岭土等。风化物一般较粗，富含砂砾，粘粒相应缺乏，土体粘结力较弱，表1可见花岗岩赤红壤表层砂砾含量占

表1 花岗岩赤红壤土壤机械组成

土 壤	取样深 (cm)	> 5 mm (%)	2~5 mm (%)	1~2 mm (%)	1~0.1 mm (%)	0.1~0.05 mm (%)	0.05~0.01 mm (%)	0.01~0.005 mm (%)	0.005~ 0.001 mm (%)	< 0.001 mm (%)
赤光	0~6	8.4	21.5	10.2	20.05	6.58	7.20	8.18	14.07	3.92
红板	6~33	4.4	17.6	10.2	19.92	8.43	8.77	10.23	14.62	5.83
壤地	33~50	4.7	19.6	12.2	21.59	7.72	8.38	11.60	10.72	4.03
赤有植	0~22	9.1	27.8	8.9	19.65	12.41	4.15	2.49	4.43	11.07
红被	22~43	5.1	30.6	15.2	14.24	7.85	3.82	3.55	5.46	14.18
壤地	43~60	5.2	30.5	15.2	18.07	8.33	2.61	2.35	6.78	10.96

66.63%，粉粒15.38%，粘粒只有17.99%；底层母岩半风化体土壤粘粒含量更少（占14.75%）。由于花岗岩裂隙多，裂隙破坏了岩体的完整性使岩体碎裂，风化介质可以进入岩体的深层，促进风化作用向岩体深部发育，因此花岗岩风化壳深厚，一般20~30m，厚的可达80m。花岗岩风化壳除地表土壤层外，自上而下可分为红土层、砂土层（风化层）、碎屑层（半风化层）和球状风化层，各层抗冲抗蚀性差别较大（表2），由表2可见土壤层和红土层抗冲抗蚀力比较强，但胀缩度大容易产生裂隙，加上吸水保水力强，容易吸水增重发生崩塌，当土壤层和红土层被蚀去或切穿后，抗冲抗蚀力差，砂性、松散的砂土层和碎屑层就极易遭受径流冲刷侵蚀。

表2 花岗岩红壤及其风化物的主要特征*

土 层	厚 度 (m)	主 要 特 征
土 壤 层	2	有完整的土壤剖面A、B层,根系多,表层有机质2%~5%,抗冲抗蚀性强,抗冲指数和水稳性指数分别为0.5~0.7和60%~70%
红 土 层	2~5	红棕色,有机质<1%,砂质粘土,块状结构,透水性较差,抗冲性较强,抗冲指数和水稳性指数分别为0.7~1.0和50%~80%,胀缩度22%~28%
砂 土 层	3~35	灰白或粉红带棕,虽经风化,但岩体矿物界线隐约可见,有机质0.25%~0.4%,砂壤质,物理性粘粒11%~20%,散粒状结构,疏松,透水性好,抗冲抗蚀力差,抗冲指数和水稳性指数分别为0.22和5%,胀缩度20%~26%
碎 屑 层	10~20	保持花岗岩原生构造,以棱角状或角砾状的岩核、碎屑占优势,有机质<0.3%,透水好,抗冲抗蚀力差,抗冲指数和水稳性指数分别为0.22和5%胀缩度20%~26%
球状风化层	3~5	与花岗岩体颜色相似,矿物保持原来的结晶与结构,以物理风化有主。有较强抗冲力

* 据熊广政、冯敏(1965年)史德明(1984年)和吴克刚(1989年)有关资料综合

花岗岩风化壳疏松,深厚是发生崩岗的重要因素,也是崩岗侵蚀的物质基础,在崩岗发展过程中,风化层愈厚,形成的陡壁愈高,重心就愈不稳定,其发展速度就愈快,规模也更大。据调查风化壳厚度在20m以上,崩岗发生最多;2~10m少量;2m以下一般无崩岗发生。由此可见,风化壳的厚度,是预测崩岗发生与否的重要指标之一。

(三) 人为因素

人为因素是促进崩岗形成的重要因素,崩岗主要分布在花岗岩盆(谷)地边沿的丘陵区,呈不连续的块状分布,这些地区村庄稠密,交通方便,人口密度远远超过了环境容量,人类生活和经济建设不断向自然索取植物资源,当植物资源消耗量超过生长量时,必然产生植物资源的破坏。本省煤矿资源很缺,千百年来形成以柴做燃料的习惯,大部份县乡都以烧柴草为主,生活能源供求矛盾非常尖锐。本省的植被破坏与黄土高原植被破坏的原因具有很大的差别,黄土高原地区由于缺乏粮食,为了解决口粮问题而滥垦荒地,形成土地“越穷越垦,越垦越穷”的恶性循环,造成严重的水土流失;广东省则主要由于缺乏生活能源,加上近年来工农业发展迅速,人民群众生活改善,所需要的用材成倍增长,为了解决日常生活所需要的能源、用材,滥砍、滥伐、滥樵,造成山岭光秃,所以本省人为破坏因素主要是缺乏燃料,“越砍越光,越光越砍”的恶性循环造成的。当然口粮不足垦荒种粮也是破坏植被的原因之一。植物资源是再生资源,但是采伐失控必然出现资源枯竭,大面积光山秃岭出现,加剧了生态环境恶化,而崩岗也就在这光山秃岭上发生,因此植被具有重要意义。植被地上部分尤其森林林冠具有截留降水,减少雨滴打击力,分散和吸收地表径流,增加土壤表面粗糙程度,提高土壤结构性和抗冲性,减缓径流形成过程及流速,以及阻滞径流的作用,使防止土壤侵蚀,保护土壤具有很大作用。电白小良水保站1973年采用随机混交式营造阔叶林400亩,地表植被完全覆盖,1982年林内泥沙流失量为 $9.3\text{m}^3/\text{km}^2\cdot\text{y}$,而光板地的流失量为 $1\sim 1.5\text{万}\text{m}^3/\text{km}^2\cdot\text{y}$;另据五华县水保站试验小区径流泥沙观测,植被覆盖度与土壤流失量关系如图1所示,当植被覆盖度达到40%~50%时就有明显的保土效果,当植被覆盖度增加到80%以上时,基本上无土壤侵蚀。

但是由于人口增长,加上政策失误,造成植被过量采伐,1980年森林资源消耗量1980万 m^3 ,

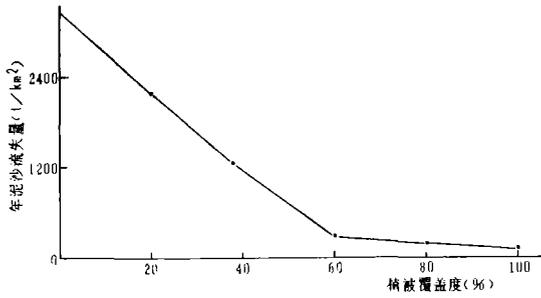


图1 植被覆盖度和土壤流失关系

崩岗不仅发生在稀疏草地和光板上，森林植被破坏后幼林地和缺乏中老龄深根性树种的灌木林地，常常是滑坡的策源地。致使崩岗多，面积广，如五华县崩岗面积占总流失面积的30%左右，每平方公里流失面积平均有崩岗近30个；德庆县官圩乡富罗径平均每平方公里有崩岗38个，该县新圩鸡毛涌0.3km²面积就有崩岗39个。从崩岗发生的历史看，绝大多数是现代形成发育的，长的约有70年~80年，短的只有30年~40年，基本上与近百年来自然植被遭到严重破坏的历史相吻合。

人为因素还由于开发利用土地资源中不合理的开山采石、露天开矿、环山修路、建房等等，肆意翻挖，破坏植被和原地貌，同时劈山削坡，人为造成悬崖峭壁，大多数又未做固坡防护工程，滑坡、崩塌累累发生，缺口一经打开，崩口迅速扩展，形成了不少人造崩岗。

二、崩岗形成机理

(一) 径流冲刷

在自然界水流和泥沙是不可分割的统一体，水流是本省土壤侵蚀和崩岗形成的一种主要营力。降水产生的地表水在重力作用下，沿地形斜坡成网状细流，没有固定的流路，成为坡地漫流，主要发生在分水岭地带。坡地漫流沿着坡面形态汇入水路网后，在水路网中纵向流动，形成出口断面的流量过程，则成为股状径流，这时股流就产生了比较强的冲力。水力对土壤侵蚀作用是一种非常复杂的过程，但就其全过程而言，可分为分散、搬运和淤积三个主要过程。分散作用主要靠雨滴的击溅使地面土粒发生位移，造成土粒飞溅，引起土粒沿坡面的迁移，同时增加了薄层径流中的紊动强度，加强了薄层水流搬运泥沙的能力。侵蚀土壤的搬运主要靠径流来完成，股状径流还起着冲刷作用。当地面条件发生变化或径流流速变缓时，被径流搬运的一部份淤积下来，一部份被带入江河。由上可见，径流造成土壤侵蚀的问题，主要是径流对坡面物质的冲刷和挟沙能力的问题。

当坡地漫流汇集成股流后，冲刷力和挟沙能力增强。首先出现细沟，细沟中的径流沿着坡面向下流动，逐渐归并为一条浅沟；在直形坡上随着径流量增加流速加大，侵蚀力增强并出现侵蚀沟侵夺现象，细沟兼并逐渐汇成较大的股流，其侵蚀力迅速增强，集流面积加大，集流面上微地形逐渐下凹，凹地形成后更有利于径流汇集，这时侵蚀沟逐渐发展到浅沟。浅沟径流进一步集中或者由于集水面积大，而集中了较大的股流时，下切力量很强，沟身切入地面很深，此时浅沟就发展成为切沟，当切沟宽度大于10m以上时，崩岗已经形成。

(二) 崩塌（滑塌）和滑坡

崩塌和滑坡属土壤重力侵蚀，是崩岗形成和发育过程的另一主要营力。由于径流冲刷、河流

超过生长量333万m³，即20%，森林砍伐失控，资源迅速减少，特别是人口稠密的低山丘陵，大部分已沦为稀疏草地，主要植物群落为芒萁、鹧鸪草、桃金娘或鹧鸪草、岗松、芒萁群落，光板地面积迅猛增长，如梅州市五十年代的荒山面积只有50多万亩，经过30多年破坏，现在已增加到118.076万亩。植被破坏后径流直接冲刷裸露地表，促进崩岗发生发展，必须指出：崩

掏蚀和人为劈山削坡形成的陡壁,造成的临空面是重力侵蚀的重要原因。花岗岩构造裂隙多,土壤干湿交替也容易产生裂隙,当陡壁临空面处于侧悬空,重心高和内聚力小,或沿裂隙容易产生崩塌;陡壁临空面的存在,从而减少了抗滑力矩,增大了滑动力矩,这样就破坏了自然边坡的稳定状态,容易形成滑坡。土壤重力侵蚀和土壤含水量关系密切,喀尔生(M. A. Corson)曾收集了一些块体运动物质的含水量和流限资料认为:凡是流动类型的块体运动含水量高,液性指数大于1;而滑动之类的块体运动含水量相对较低,液性指数小于1。从内在性质看坡面土壤的稳定性决定于土壤摩擦阻力和凝聚力。内摩擦阻力的大小又决定于内摩擦角的大小,当土壤含水量增加时,内摩擦角减小,土体在重力作用下容易形成滑坡。土体凝聚力的大小也和土壤含水量有关,当下渗水流在土体中聚积,土壤含水量在塑限以上时,容易发生滑塌,但土壤含水量在塑限以下时,土体可以保持一定高度的壁立状态,称为临界高度。我们对五华县崩岗调查,在没有径流掏蚀的情况下,陡壁5.5m左右崩塌频繁,小于5m崩塌比较少;除与陡壁的高度外,与上部张裂隙的发育深度也有很大关系,在理论上张裂隙发育的深度达到沟道下切深度一半时,谷坡容易发生破裂崩塌。土壤水分与滑坡形成的关系,明显地表现在幼林区和灌木草地,而光板地和稀疏草地一般不见滑坡发生,植被茂密的幼林区和灌木草地除了地表具有枯枝落叶层外,有比较厚、土壤有机质含量丰富、疏松、透水性强的根系盘结层和腐殖质层,即A₀₀层、A₀层、A层,纯芒萁植被下也很明显,于此一般无地面径流,下渗水使土壤湿润的广度和深度剧增,雨季不仅土体含水量增加,重力增大,而土体下部由于土层间透水性的差别,出现弱透水层或不透水层(如球状风化层或岩石)时,形成的层间水使土体软化,土粒间粘结力和磨擦力减小,降低了山坡土体的内聚力,抗剪强度降低,在上部土体重力的作用下,沿接触面向下、向前的推力,不断作用于弱抗滑段上,当剪应力超过抗剪强度时,相继出现纵张裂缝,产生滑坡。广东省缺乏深根树种,植被茂密的山坡陡壁上也常见,由于上层土体吸水增重,而发生1m²至数10m²整块土体滑塌的现象。本省降雨量比较多,暴雨频率大,致使各种重力侵蚀作用活跃,从小型的崩塌(滑塌)到大型滑坡,从缓慢的连续性蠕动到高速的间歇性暴雨泥石流都很普遍,各种重力作用是形成崩岗和崩岗沟岸扩展、沟头前进的重要方式,甚至一次强台风暴雨过程就可以形成大量崩岗。聂世平等调查长江流域滑坡1203处,认为降雨和滑坡的关系,涉及到降雨强度大和降雨持续时间长,并认为在大范围内,过程雨大于300mm,日雨强大于200mm,时雨强大于20mm以上,一些滑坡可以启动。所以广东省一次强台风暴雨常常发生成千上万个滑坡,并在滑坡的基础上形成崩岗。

(三) 水蚀和重力侵蚀的相互效应

崩岗是在水蚀和重力侵蚀共同作用下形成的,二者互相连系又互相促进,使崩岗侵蚀不断发展。上面我们论述了切沟发育中径流的作用,加大陡壁的高度和不稳定性,为加剧崩岗发生创造条件;同时径流对风化物中节理的破坏,不断扩大裂隙的宽度和深度,亦加速了崩塌的发展;地表水渗入地下变为层间水,形成滑动面,使滑坡现象增多。但是切沟和滑坡过渡到崩岗后,崩岗沟头后退和沟岸的扩展,主要营力是崩塌(滑塌),降雨量多、持续时间长,降雨强度大,土体吸水增重,并因土体水化而体积膨胀,沿着沟缘陡壁产生大致平行的裂隙,当土体重量大于其内聚力时,便失去平衡沿着这些裂隙或原有的节理方向发生崩塌,有植被的地方常常发生滑塌。当径流继续下切,崩岗陡壁不断加高,崩岗陡壁崩塌使陡壁下部形成了堆积锥,但是径流下切过程兼有强烈的冲刷作用,在崩壁上形成的竹筒悬沟可以得到证明,悬沟的顶部又常有细沟和浅沟相

连，使崩岗陡壁下部的堆积锥被冲失殆尽；当堆积锥冲失后，崩岗陡壁又复加高，使崩壁失去支撑力，增加了崩壁的不稳定性，如此循环往复径流的下切和冲刷，使崩岗陡壁不断加高，边缘裂隙也不断加深，为下一次崩塌作用创造了条件。因此径流下切及冲刷过程与崩塌过程是交替进行，互相促进的，使崩岗不断地扩展。只有当崩岗发展到分水岭顶，沟顶上部集水面积减少，才能停止径流下切和冲刷作用，这时崩壁下部形成了堆积锥，崩壁得到支撑，崩塌也逐渐减少和消失。由此可见水蚀和重力侵蚀在崩岗形成发展过程中的互相连系、互相促进的作用；而崩岗发育后期又是互相减弱、互相消失的过程。

三、崩岗类型

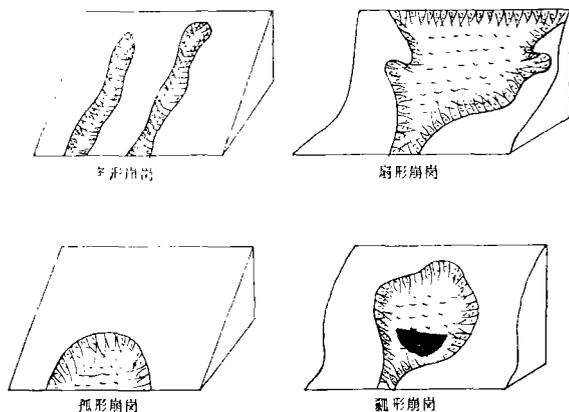


图2 崩岗类型图

崩岗的分类依据土壤侵蚀营力，发生发育规律和形态特征进行划分。根据土壤侵蚀营力，崩岗属于水蚀和重力侵蚀型与重力侵蚀型两种。来源于切沟演变而成的崩岗，前期以径流下切和冲刷为主兼有崩塌，中后期则以崩塌为主的发育过程；来源于滑坡演变而成的崩岗，前期以重力侵蚀滑坡为主，中期崩塌（滑塌）兼有径流下切和冲刷，后期则以崩塌（滑塌）为主的发育过程，由此可见将崩岗划归重力侵蚀类型是合适的。崩岗的进一步划分根据崩岗的形态特征可以分为：条形崩岗、瓢形崩岗、扇形崩岗和弧形崩岗四类（图2）。

（一）条形崩岗

条形崩岗发育于山梁直形坡上，侵蚀沟多与坡向平行排列，径流随着地面坡度和坡长增大，冲刷能量增强，侵蚀沟切入地面很深，沟头后退以水蚀为主，沟头呈楔形，沟身二侧具陡壁，沟床较窄，随着径流下切兼有侧蚀，沟壁受到掏蚀后，使陡壁处于悬空状态，崩塌发生，沟岸扩展，沟宽10m以上，深10~20m，较均匀地扩大整个崩岗，纵剖面与坡面平行呈条形，很少有分支。这类崩岗侵蚀量比较小，但数量比较多，常常一面坡有数个崩岗同时出现。当崩岗沟岸不断扩展，2个或多个条形崩岗兼并，常常整个山梁一侧坡面被崩岗全部蚀去，如梅县荷泗崩岗群。

（二）瓢形崩岗

瓢形崩岗多发生在山梁凸形坡上，特别是山梁梁咀最为常见，故有“十梁九破头”之说，凸形坡的下部为直形坡，其转折处最容易发生侵蚀沟跌水或水凼窝，跌水形成后径流冲刷和重力崩塌同时发生，沟头后退速度很快，由于凸形坡地势反差大，侵蚀沟下切深，陡壁高，崩塌（滑塌）作用非常活跃，易向后和两侧迅速扩展。由于凸形坡径流呈放射状，随着侵蚀沟的发展，径流冲刷逐渐减弱，而崩塌却因沟头后退陡壁增高愈趋活跃，沟头呈弧形，下部直形坡地势反差较小，虽有崩塌但比凸形坡上相对减少，而以径流下切为主，成为宽度比较小的出水口。这样，形成的崩岗与坡面平行，上部呈弯月形比较宽，下部比较窄，形似水瓢故称瓢形崩岗。

（三）扇形崩岗

扇形崩岗发生在分水鞍下凹形坡上（沟掌），下部与冲沟相连，集水面积大，径流树枝状集中，径流量大，是土壤侵蚀最强烈的部位，这种崩岗在本省分布最广泛。冲沟沟头向上延伸，当沟头发展到凹形坡的底部时，侵蚀沟向上沿切沟或浅沟伸展，这时便发生崩岗分支，分支崩岗各自发展，沟岸扩张，并出现分支崩岗兼并，直至凹形坡被全部蚀去，形成了一个大崩岗，沟头已经到达分水岭顶部，并超越分水岭。这种崩岗是在分水鞍下部凹形坡上发展成的，崩岗沟沿界线与凹形坡范围类同，形似张开的纸扇，故称扇形崩岗。

（四）弧形崩岗

弧形崩岗是发生在河流掏脚形成的陡壁，滑坡和人为修路、采石形成的陡壁基础上发展成的，陡壁形成后，沿陡壁的顶部和二侧发生崩塌（滑塌），不断扩展，以重力侵蚀发展为主。崩积物或滑坡体受上部径流冲刷或河流带走，使陡壁越来越高，崩塌、滑塌作用愈加活跃，由于张力作用，沟头后退和沟岸扩展呈环状后退，沟沿呈弧形，沟床很宽故称弧形崩岗。

四、崩岗发育阶段

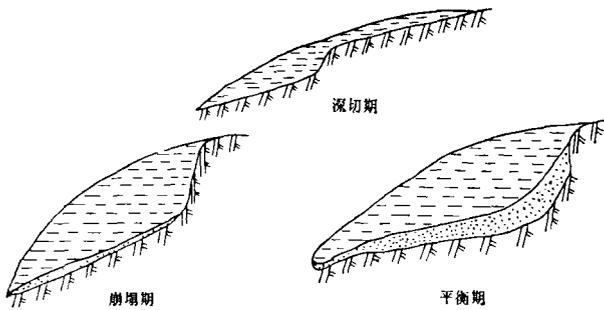


图3 崩岗发育阶段剖面图

按照B·B 杜库查耶夫和Л·А 柯斯狄切夫侵蚀沟发育四阶段，从切沟开始可以划分为沟头悬沟下切阶段，制造平衡剖面阶段和停止发育阶段。我国史德明划分崩岗发育阶段为初期阶段、中期阶段和末期阶段；吴克刚等划分为深切期、崩塌期和夷平期。上述崩岗发育段的划分，都是大同小异，通过野外实地考察，我们将水蚀——重力侵蚀型崩岗发育阶段划分为：深切期、崩塌期和平衡期三个阶段（如图

3）。

（一）深切期

侵蚀力以水蚀为主。当浅沟发育成切沟（崩岗的初期）时，汇集的径流更多，侵蚀沟的发育加快，沟床下切剧烈，沟头后退和沟坡扩展迅速，并以其进展的方向与股流的方向相反，即产生溯源侵蚀。这一阶段的特点是具有一个活跃的沟头，形成顶部跌水或陡壁，高度可达2 m以上。沟身已切入土壤母质层以下，土壤侵蚀以下切为主，侧蚀不严重。切沟的纵剖面 and 所在斜坡的剖面无显著区别，深度可以超过沟顶陡壁高度的2~3倍，这时由于破坏土体的重力与保持土体的内聚力之间仍处于平衡状态，尚未发生沟岸崩塌，沟底崎岖不平，沟道狭窄，沟壁陡直，横断面呈“V”形或窄“U”形，沟底出现跌坎，沟底比降大，但基本上与坡面一致，此时仍以水蚀为主，尚未出现大量的重力侵蚀现象，只是为重力作用破坏土体的平衡创造条件。崩岗发展的速度与上方集水区的形状和大小有关，如果集水区较大，顶部和侧方集水区又同时向崩岗倾斜，沟谷发展快，只有沟头集水区没有侧方集水区发展就慢。除此之外，崩岗的走向和斜坡的倾向一致与否，也会影响崩岗的发展速度，一般来说走向与斜坡倾角一致的发展较慢，如果成角度相交发展较快，

因为前者的集水区在沟头上方，后者增加了侧方集水区。

（二）崩塌期

崩岗发育的初期沟头形成的跌水和陡壁，随着径流的冲刷不断加深，陡壁增高，陡壁的减荷作用使原来存在于风化壳中的垂直节理进一步扩大，并产生垂直张性裂隙，下雨沿裂隙和节理下渗的水，使软弱面更加不稳定，当土体的负荷超过土体与沟壁的剪切阻力时，便产生大型土体崩塌，沟头以冲刷和崩塌作用不断加长，在流入崩岗的股流冲刷下，沟底不断加深的同时加宽，原来形成的陡壁不断加高，增加了沟壁的不稳定性，当内摩擦力所能支承的范围小于土体自身的重量时，崩塌现象发生。此外陡壁裸露，当雨淋风化，水流的下渗对红土垂直节理和裂隙的作用，更加强了上体的不稳定性，达到一定程度后，在重力影响下，也会出现崩塌。因此，沟坡的构成常常是上部保存着红土陡壁，下部是陡坡过渡到沟床，而在陡壁上发生崩塌，在陡坡上有土滑和泻溜，这些物质堆积在沟头和沟床二侧形成崩积锥，崩积锥受上方来水冲刷，表面上有细沟和浅沟，同时主沟的下切也导致崩积锥产生再崩塌，这些崩积物不易长久停留，在股流的冲刷下，崩积物为径流挟带外流，崩壁失去支撑而增加了不稳定性；崩落物一旦被流失后，崩塌和下切作用又重新活跃起来，随着下切作用加强，径流继续冲刷使沟底不断加深，而沟岸不断崩塌又使侵蚀沟不断加宽，横断面开始呈U字形，沟口处呈V形，崩岗场扩大，形成肚大口小的崩岗。纵剖面比降比前一阶段显著减小，与坡面不相一致，沟头的后退形式是冲刷和崩塌，沟岸的扩展为拌随着加深而产生的崩塌为主要方式，侵蚀营力以重力侵蚀为主，水力作用为辅。崩塌期是崩岗发展的活跃期，流失量大，危害也最严重。

（三）平衡期

随着崩岗的进一步发展，逐步接近分水岭地带，沟顶上面的集水面积不断缩小，进入沟顶的流量逐渐减少，逐步减小了沟底的冲刷作用和溯源侵蚀的速度，但仍有明显的沟岸扩张，崩岗仍在继续发展，重力破坏土体平衡的作用仍然存在，崩塌现象仍在进行，崩岗面积逐步扩大，此时重力侵蚀引起的沟岸崩塌成为泥沙的主要来源，使崩岗形成高大开阔的大肚子。随着崩岗继续扩展，坡面上分叉逐渐靠近，并联合在一起，使一个个崩岗串通成更大的崩岗，在崩岗内形成了许多红土墙、红土柱，有时分水岭两侧的崩岗将分水岭割切成低矮的分水塢。由于横向侵蚀作用继续发展的结果，不断加大崩岗的宽度，同时也促使沟内堆积物质的增加，对崩壁起到了支撑作用，而侵蚀能力相应地在减弱，沟内堆积物质更加增多，而且逐步保持稳定，崩塌逐渐减少，保持稳定的时间逐渐加长，有利于植物的恢复，有的崩壁已长起黑褐色的低等植物——地衣、苔藓，最后崩岗已不再发展，沟坡为自然植被所固定，沟底生长了植物，使崩岗发展到平衡阶段。

重力型崩岗，由滑坡产生的崩岗突发性强，一般为中层和厚层滑坡，滑坡面陡壁形成后，容易发生浅层滑塌和崩塌，但由于植被茂盛，滑坡上方缺乏径流冲刷，塌积物和崩积物易于保存，使这种崩岗容易进入平衡阶段；特别是大暴雨造成的厚层滑坡，滑坡体下滑距离比较长，滑坡体的本身就是一个大崩岗。如果植被遭到破坏，这类崩岗在上方径流的冲刷下，将会复活。

（本文为广东省水电厅资助项目）

The mechanism and types of the hillockcollapsing forming
in Guangdong province

Zhang Shuguang Zhong Chaozhang

(Water Conservancy and Hydropower Institute of Guangdong Province)

Abstract

The hillock collapsing is a principal type of erosion in the south of China. In Guangdong province it is characterized with great rainfall, intensive storm, rough texture of soil, and weak ability to resist to the scouring and eroding, it is said that that the artificial activity is fierce is the main factor to cause the collapsing of the hillock, the scouring of runoff, collapsing and slopeslide, water and gravitational erosion are effected each other. The paper divides the hillock collapsing into four types and three stages in development.

Key words: collapse mound, weathering crust, erosion agency, runoff scouring.

(上接第7页)

土壤侵蚀的发生发展已成为刻不容缓的紧迫任务。

注：贵州省山地资源研究所林昌虎同志参加本项调查，贵州农学院农化教研室、铜仁地区农业局协助化验，谨此一并致谢。

Study on the soil erosion in the mountainous region of western Guizhou

Zhu An'guo

(Guizhou Agricultural College, Science Society of Guizhou Province)

Abstract

Based on the analysis to the natural and artificial factors affecting the soil erosion of the mountainous region in western Guizhou province, it is thought that the region has been one of the areas with the most serious soil and water loss in Guizhou province, which would harm the comprehensive exploitation seriously to the watersheds of Wujiang river, Hongshuihe river as well as the Yangtze river and Zhujiang river, meanwhile, threatening the development of the national economy in the region and the safty of lives and properties. Having expounded the cause and harmness of several major types of erosion in the place, it points out that to strengthen the harness of soil erosion of the region is the task of great urgency.

key words: bed rock erosion cover rate of vegetation land resource