

兴宁县石马河流域土壤侵蚀类型

朱世清 卢家诚 李定强

(广东省土壤研究所)

提 要

本文通过定点观测研究,根据侵蚀力类型与地貌形态,将该地土壤侵蚀划分为:面状侵蚀、沟状侵蚀和崩岗侵蚀。一、面状侵蚀为:由雨滴打击地面、紊动地面径流产生的击溅侵蚀。由于地形和植物等的影响,片蚀实以细沟状侵蚀为主,并通过水量平衡方程、植被和产沙关系,对径流小区水量平衡,植被对片蚀的影响,小区产流、产沙状况作了探讨。二、沟状侵蚀为坡面和崩岗壁面集流作用的结果。三、流水和重力共同作用产生崩岗侵蚀。本文对崩岗侵蚀中面状流水作用区,重力一流水作用区,流水搬运—沉积区的发育过程,以及泥沙冲淤变化作了分析论述。

石马河是韩江上游宁江河的一级支流,地处广东省兴宁县东北部,流域内水土流失严重。我们以该流域内庄稼畜小流域做为定位观测土壤侵蚀的试验点。1986年首先进行了本底调查,然后连续观测其变化过程。研究区内土壤母质主要为花岗岩风化壳,土壤大部分呈自然土壤状态,地表形态复杂多样,或支离破碎,或波状起伏,很少有平整的状态,大部分是斜坡甚至为陡崖,所以这些自然土壤的侵蚀主要涉及到坡面的稳定性问题。

土体受到内外营力的共同作用。土壤所受的外侵蚀力主要为水力和重力等,受土壤性质等决定的内力(即阻碍土体破坏的力)主要为土壤粘结力、内摩擦力、植物根系系统所产生的粘结力等。它们的对比关系决定了土壤是否受到侵蚀。我们可将水流分为非集中水流和集中水流。前者主要为薄层水流和微小股流,在平滑致密的坡地可形成呈舌状前进的层状水流,它们可将细小土壤颗粒向坡面下方搬运;后者由于受到固定边界的限制,而集中了水流的能量,产生较大的侵蚀力,当它与重力共同作用于土体时,就产生了更大的破坏力。

对于土壤侵蚀的分类,国内外已有大量研究^{[3][5][6]},尽管这些分类的详细程度不同,但所划分的类型大同小异。我们根据侵蚀力类型及其产生的地貌形态将该区土壤侵蚀分为面状侵蚀、沟状侵蚀和崩岗侵蚀三种类型。

一、面状侵蚀

1. 雨滴击溅侵蚀 雨滴打击地面,使其受到破坏,当地面有水流时它可加强水流的紊动,搅起泥沙,而且由于地面的坡度引起的击溅力的不平衡使之将泥沙向坡下搬运,其作用是使上部坡面形成凸形坡。

花岗岩含石英较多,在以雨滴击溅为主的侵蚀作用下,由于石英颗粒覆盖在土壤表面,保护其下土壤免遭侵蚀而形成许多土柱。艾里森^[1]曾将金属盘放在土壤上,用人工降雨进行试验,他观察到除圆盘下面的土壤外,其余受到雨滴作用的土壤均遭受破坏,而在土壤遭受侵蚀的范围内,圆盘下的土柱维持不变,他断定,土壤表面被侵蚀的相对数量是雨滴大小和速度以及降雨强

度的函数 ($E = KvdI$)。

2. 片蚀 主要为层状及细沟状侵蚀。在致密土壤表层, 表面光滑平坦的土壤上会有层状水流产生, 它们呈舌状向前推进并携带运移的微粒, 但这只是极端情况, 大部分层状水流受到地形起伏或植物等影响而分成无数小股流, 股流的下切使之成为细沟状侵蚀, 实际上片蚀以细沟状侵蚀为主, 降雨时水流沿着细沟向下搬运颗粒。

(1) 径流小区内的水量平衡。试验点设置三个径流小区, 进行观测, 它们均处于坡面平缓完整的部位, 坡度 25° , 坡向分别为S、W、S, 其中两个小区 (P_1 、 P_2) 面积 $100m^2$ (5×20), 第三个小区 (P_3) 投影面积 $30m^2$ (约 3×11)。所设置的小区, 只考虑地表径流的作用, 而不重视地下径流的活动, 所以小区边界埋深较浅。小区边界为封闭式的, 小区中的水源主要由降雨产生, 径流和泥沙全部由水池及分流桶收集, 因此在每次降水过程的时段内, 小区内的水量平衡方程为:

$$P = R + E + \Delta w \quad (1)$$

式中: P ——降水量 (mm或 cm^3); R ——径流量 (mm或 cm^3);

E ——蒸发量 (mm或 cm^3); Δw ——土壤内水分的变化情况 (cm^3) (正值或负值), 与土壤的入渗率有关

$$E + \Delta w = P - R \quad (2)$$

E 主要为陆面蒸发和植物蒸腾作用, 气象条件是影响蒸发的主要因素, 由于该区域内蒸发量小 (1988年9月份实测在晴天时日蒸发量平均 $5.85mm$), 而且降雨期间蒸发一般认为很小, 华南湿润地区多为蓄满产流, 这些小区内填洼损失亦少, 所以 $E + \Delta w$ 因子中 Δw 也占相当比例, 即通过入渗作用进入到土壤中的水量也是可观的。

(2) 植被对片蚀的影响。三个小区植被状况分述如下: P_1 小区植被覆盖度为90%, 以草本为主, 群落为黑荆+湿地松—桃金娘+柯树—金刚勒+狗尾草+海金沙; P_2 小区植被覆盖度为98%, 群落为黑荆+马尾松—桃金娘+山茶+檫木—芒箕+鹧鸪草; P_3 小区植被覆盖度约30%, 群落为马尾松—柯树+黑荆—芒箕, 种群较为简单。对三个小区有一定的管理措施 (如施肥等), 但主要是任其自然生长。表1为1988年雨季三个小区的产沙总量, 由表中可看出, 三个

表1 1988年雨季三个小区的总产沙量对比表

小区号	观测时段	总降水量* (mm)	总产沙量 (kg)	侵蚀模数 (kg/m^2)
P_1	88.3.16~9.23	1 242.6	253.57	2.59
P_2	88.3.16~9.23	1 242.6	249.27	2.49
P_3	88.5.26~9.23	573.5	62.47	2.08

* 试验点上未测得的数据由其上游仙人庵水库实测资料 (石马镇水土保持办公室提供) 补充。

小区的条件相似, 影响土壤侵蚀的主要因素为植被覆盖度及植物种群。 P_2 小区覆盖度最大, 泥沙流失量则小, P_1 小区则由于草本植物占主要, 也有效地控制了坡面侵蚀。

(3) 小区 P_3 的产流产沙情况。1988年雨季小区 P_3 的一些实测降雨、径流、泥沙等数据均列于表2中, 产沙过程随着降雨过程亦即径流过程而变化, 从1988年6月19日所测之泥沙过程得出, 在降雨伊始, 雨强很大, 所以产沙中含沙量也很大, 随着降雨量的增加, 含沙量逐渐减小, 这说明土壤侵蚀在降雨初始某一时段内最大。

表2 小区P₃降雨、产流、产沙及养分流失一览表

观测 时间	降雨量		降雨强度 (mm/h)			径流量 (m ³)	E + ΔW (m ³)	泥沙量(kg) 悬移质推移质	平均含 沙量 (kg/m ³)	水蚀模数 (kg/m ²)	养分流失量 (g) *								
	(mm)	(m ³)	降雨 历时 (h)	平均 雨强	雨强 众值						30分钟 内最大 雨强	有机质	全磷	全钾	碱性 氮	磷	钾		
5.26	26.70	0.801	6.00	2.967	9.375	22.2	0.685	0.116	3.750	1.480	2.270	2.00	0.046	—	—	—	—	—	—
5.26	6.70	0.201	1.17	5.740	5.740	7.2	0.061	0.140	0.307	—	—	5.00	0.010	—	—	—	—	—	—
6.19	13.15	0.395	1.00	13.960	13.960	21.0	0.079	0.316	1.230	—	—	15.60	0.041	11.190	0.74	10.58	0.14	0.004	0.12
6.23	64.90	1.947	9.00	8.075	11.600	35.4	1.827	0.120	14.410	6.770	7.650	3.24	0.197	16.728	0.07	129.69	1.37	0.014	13.70
6.24	14.80	0.444	6.50	2.277	7.800	15.2	0.217	0.227	2.090	0.158	1.932	9.63	0.070	20.841	1.17	16.51	0.23	0.002	0.21
6.25	10.00	0.300	9.50	3.333	5.000	10.0	0.079	0.221	0.524	—	—	6.62	0.017	6.810	0.29	6.24	0.05	0.001	0.06
6.27	4.70	0.141	1.08	4.340	4.340	9.0	0.034	0.107	0.212	—	—	6.21	0.007	2.820	0.12	2.08	—	—	—
9.13	11.00	0.333	0.33	13.200	31.800	31.8	0.064	0.266	0.980	—	—	15.27	0.033	—	—	—	—	—	—
9.21	56.80	1.704	15.00	3.787	5.930	11.5	0.990	0.714	3.961	2.938	1.023	4.00	0.132	—	—	—	—	—	—

• 该项由广东省土壤研究所陈绍明分析测定。

当降雨量和雨强很小时， $E + \Delta w$ 占主要，不产生径流，也未产生泥沙的损失，但此时雨滴击溅作用可使土壤表层物理性质发生变化，并且在小区内土壤颗粒也可发生短距离的移动。P。小区在降雨量0.6~2.65mm时均未产生径流，全部雨量消耗于蒸发和入渗了。

二、沟状侵蚀

1. 坡面上的沟状侵蚀 花岗岩地区地表的集中性水流则产生土壤的沟状侵蚀。由于花岗岩风化壳深厚，质地松散，使侵蚀易于进行，大部分侵蚀沟下切得很深，这与地形也有关系。丘陵坡上的沟谷与侵蚀基准面的高差很大，而且受坡面形态影响的这些沟床纵剖面远未达均衡状态。所以这些沟可以深深地下切到土壤剖面深处，甚至许多地方形成跌水，有瓯穴产生，沟谷形态多为V形、Y形，甚至U形。Y形和U形谷多为植被受到破坏后，在以前沟谷基础上的加速侵蚀^[6]作用所形成。

2. 崩岗壁上的沟状侵蚀 崩岗壁土质松软，沟状侵蚀也常常在其上产生。由于崩岗壁一般都很陡峭，这些沟谷便深深刻入崩岗壁内。侵蚀沟的向下延伸，促进了重力崩塌作用的进行，并通过这些沟谷通道将崩积物搬运至崩岗以外的地区，使下次侵蚀和崩塌更易于进行。侵蚀沟的向上扩展（溯源侵蚀）则使得崩岗面积增大。这些侵蚀沟常常掏蚀崩岗壁的底部，使上部土体悬空，直至崩落。

沟状侵蚀相当普遍，而且也常常是联系面状侵蚀和崩岗侵蚀的纽带，控制着它们的发展。在沟状侵蚀发展的不同阶段中，冲沟的切蚀增大了土体的不稳定性，产生崩塌作用，结果扩大了冲沟的宽度、长度和深度，反过来又使冲沟侵蚀更易于进行。

三、崩岗侵蚀

崩岗为流水作用和重力作用共同作用下的产物，流水作用为重力作用创造了条件，重力作用的结果又使流水作用更易于进行。在崩岗这个复杂的综合体中，几乎温湿地区所有的侵蚀类型都可以发生。

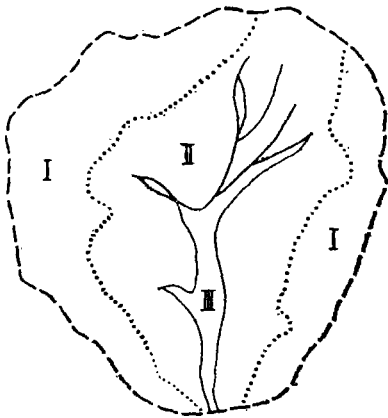


图1 崩岗分区图

1. 崩岗侵蚀的分区 我们将崩岗分成三个小区来分析其侵蚀状况（图1）：面状流水作用区、重力—流水作用区和流水搬运—沉积区。

（1）以集水为主的面状流水作用区（I），即分水线以内至崩岗壁边缘的区域，该区由于地处崩岗边缘及其上部，土壤侵蚀以片蚀、雨滴击溅侵蚀为主，也有不少侵蚀沟从崩岗壁向该区延伸。

（2）以破坏为主的重力—流水作用区（II），即崩岗壁以内的主要区域。该区流水作用和重力作用（块体运动）产生的侵蚀均很严重，侵蚀沟纵横交错并不断切深、扩大，以及不断产生溯源侵蚀，这些沟谷的发育不断受到重力作用的干扰，使其叠加于重力作用产生和结果之上，块体破坏作用也非常活跃，崩塌、错落、滑坡等作用均可发生。这些破坏作用一旦发生，则所产生的反馈作用促使了这些块体运动的重复发生^[4]，屡屡使该区内微地貌发生很大改变。

崩岗随着崩岗壁的后退而扩大，当崩岗壁后退至崩岗边缘与分水线重合甚至越过分水线时，崩岗破坏作用更加明显，当相邻崩岗间的集水——面状流水侵蚀区消失殆尽时，崩岗之间就产生

崩岗刃脊以及尖锐的金字塔状的崩岗角峰，此时崩岗侵蚀渐趋衰亡，原丘陵形态彻底瓦解。

(3) 流水搬运——沉积区(Ⅲ)，是崩岗最底部的区域，在崩岗形成初期并不明显，随着崩岗侵蚀的进行而逐渐扩大，崩塌物质主要堆积于松散锥状体上，有的则崩落至该区域被水流搬运带走或沉积下来。该区只是在降雨时产生暴涨暴落的水流，当水流挟沙力小于含沙量或崩岗口受到阻塞(人为谷坊或生长植被)时产生沉积，随着降雨因子的变化水流中泥沙含量发生较大的变化，该区的冲刷或淤积亦随之变化，其结果为除大部分地方沉积泥沙外，在一些地段产生侵蚀沟。

崩岗在其不同的发育时期这三个区所占的面积不同，崩岗最终向两个方向发展，一是由于受到各种(主要是人为的)因素的作用而趋于稳定；二是彻底瓦解，浑圆状的花岗岩丘陵形态变得支离破碎。

2. 崩岗内泥沙的冲淤变化 在试验点内，我们观测了三个封闭程度不同的崩岗的泥沙冲淤变化。1号崩岗(G_1)为自然状态下的崩岗，集水面积 $162m^2$ ，崩岗口小(宽 $0.99m$)，该崩岗Ⅲ区占据的面积很小，表现为几条不断变化着的沟状通道，每次降雨时，水流通过它们把泥沙搬运出去，在崩岗口外形成洪积扇，同时崩塌物质又不断崩塌下来填充这些通道，后来这些通道内的松散堆积物又被水流带走，仍形成沟状通道。2号崩岗(G_2)(集水面积 $456m^2$)呈半封闭状态，即在崩岗口处修建谷坊并留一通道，用三角量水堰法来观测水位流量、泥沙等项目。该崩岗Ⅲ区边界大致固定，区内切沟发育，一般只在这些切沟的源头附近边界范围才发生经常性的变化。3号崩岗(G_3)(集水面积 $616m^2$)则是在崩岗口修建一长达 $31.4m$ 的土坝，将崩岗内泥沙全部拦截下来，该崩岗Ⅲ区面积及所占相对面均为最大，容纳了全部崩岗侵蚀物。

这三个崩岗的侵蚀状况主要通过上百个标尺的刻度变化来观测，这些标尺分布于Ⅲ区及洪积扇(G_1)的代表性部位。从每次降雨后各标尺的冲淤变化得出(表3)，Ⅲ区以沉积为主，冲刷次之，只有少部分达到冲淤平衡。受到冲刷的部位一般是在沟内或沟头，(G_3)由于崩岗口完全封闭而沉积所占比率较大。

表3 崩岗Ⅲ区内泥沙冲淤出现的机率(%)

崩岗号	统计次数	淤积	冲刷	平衡
G1	156	71.15	24.36	4.49
G2	196	64.29	32.14	3.57
G3	184	77.72	20.65	1.63

表4 崩岗Ⅲ区内泥沙沉积量变化表

崩岗号		G_1	G_2	G_3
集水面积(m^2)		162	456	616
Ⅲ区面积(m^2)		59.5*	88.0	182.0
各次观测沉沙量(m^3)	1988.5.25	4.001	-0.446	—
	1988.5.26	0.769	0.125	16.467
	1988.6.21	0.121	0.133	-1.935
	1988.6.24	0.589	1.467	—
	1988.6.27	-0.222	0.096	4.139
	1988.9.9	2.066	9.371	15.328
沉沙总量(m^3)		7.325	10.746	33.998

※为洪积扇面积

三个崩岗各次降雨后所沉积的泥沙变化情况列于下表(表4)。崩岗G₁的标尺位于崩岗口外的洪积扇上,而洪积扇外有一小溪横过,其河漫滩与洪积扇下部相连。当高含沙量的水流从崩岗口冲出时,一部分在洪积扇上沉积下来,一部分沿着鸟足状的水道流入该小河中,而且在大洪水时河水可以漫到洪积扇下部将其泥沙带走或沉积泥沙于其上,因而G₁沉沙量数据比实际偏小,G₂中也有不少泥沙通过三角堰被带走而未被测到,因而数据也偏小,G₃则没有泥沙损失。

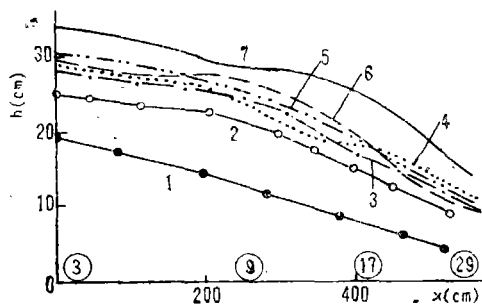


图2 崩岗G₁洪积扇轴线上各次泥沙的冲淤变化
(③—⑳为标尺号,1—7为时间序列)

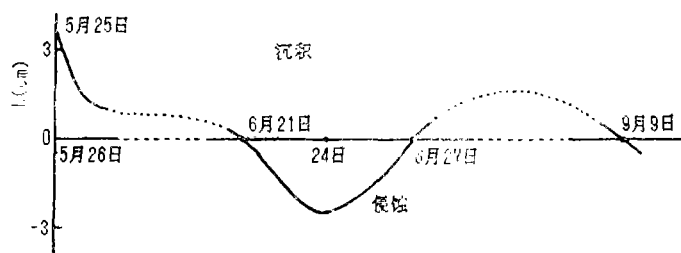


图3 崩岗G₂的10号标尺所在位置冲淤波动图

中,则形成集中水流,产生沟状侵蚀,此时,在沟状侵蚀进行的同时面状侵蚀仍在发生,当侵蚀沟扩大到一定尺度,或下切至一定深度,或受其它因素影响时,在花岗岩风化壳上便产生了崩岗侵蚀,这个极其复杂的过程为水流与重力共同作用的结果。

参加该项工作的还有广东省土壤研究所袁彩庭、陈显成、杨锦汉、刘鉴明、罗莲香、廖观荣等。在野外观测过程中得到兴宁县委(黄启进、李扬章、罗彩嫦)和石马镇政府(李环新、廖秉文、陈茂元、陈新宏)的大力支持与帮助,谨此致谢。

参 考 文 献

- [1] W. D. Ellison, Two devices for measuring soil erosion, Agr. Eng., vol.25, p53—55, (1944) .
- [2] N. W. Hudson (1957), The design of field experiments on soil erosion, J. Agric. Eng. Res., 2, 56—65.
- [3] P. R. C. Morgan (1979), soil Erosion, Longman Group Limited.
- [4] R. C. Sidle, A. J. Pearce, C. L. O'Loughlin (1985), Hillslope Stability and Land Use, American Geophysical Union.
- [5] 蔡如藩:《水土保持学》,(台湾)中央图书出版社(1981)年。
- [6] 辛树帜、蒋德麟(主编)(1982):《中国水土保持概论》,农业出版社。
- [7] A. C. 科兹緬科(1954)(叶蒸、丁培榛译):《水土保持原理》,科学出版社(1958)。

Some Soil Erosion Types in Shima Watershed of Xingning County of Guangdong Province

Zhu Shiqing Lu Jiacheng Li Dingqiang
(*Guangdong Institute of Soil Institute*)

Abstract

According to erosivity and landform, soil erosions are divided into sheet erosion, gully erosion and gravity gully erosion. 1. Sheet erosion is the erosion caused by rain drop and overland flow. Because of the influence of landform and vegetation, sheet erosion mainly is the rill erosion. We use the equation of water balance and the relationship between vegetation and sediment yield are used to research the water balance on runoff plot, the influence of vegetation on sheet erosion, and sediment and runoff yield on plot; 2. Gully erosion is caused by concentrated flow coming from slope land and cliff; 3. Gravity gully is caused by mixed effect of gravity and runoff. In this paper we divided the gravity gully into three parts: Sheet flow effect part, gravity—runoff effect part, and transport—deposit part.

(continued from page 13)

An Approach to the Relationship of Vegetation Engineering With Soil and Water Conservation

Hou Huichang Zhong Chaozhang
(*Institute of Water Conservancy and Hydropower of Guangdong Province*)

Abstract

In Wupihe river watershed of the middle reaches of Wuhua river the soil and water loss is serious, the speed to recover vegetation through artificial ways is less than that of the soil and water loss in nature. Based on the analysis to the effect of vegetation, the nature and effect of vegetation engineering, etc., the paper puts forward three basic principles and two unignorable problems in the process to implement the engineering, at last it discusses the exploration and utilization of the vegetation engineering.