

小江流域土壤抗崩性实验研究\*

邹翔<sup>1</sup>, 张平仓<sup>1</sup>, 陈杰<sup>2</sup>

(1. 长江科学院, 武汉 430010; 2. 中国科学院 水利部成都山地灾害与环境研究所, 成都 610041)

**摘要:** 针对小江流域内不同的土壤类型和土地利用类型, 通过实验对小江流域土壤抗崩性进行研究, 结果表明: 小江流域的土壤具有较大抗崩性, 其中棕壤的平均崩解速率最大, 黄红壤的平均崩解速率最小; 从土地利用的角度看, 林草地的平均崩解速率最小, 灌丛其次, 裸坡的平均崩解速率最大; 小江流域土壤的崩解速率与土壤中 < 0.002 mm 的颗粒含量之间存在明显的负相关关系。  
**关键词:** 小江流域; 抗崩性; 崩解速率  
**中图分类号:** S157.1      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1005-3409(2008)01-0244-03

Study on Soil Anti-collapse Ability in Xiaojiang River Basin

ZOU Xiang<sup>1</sup>, ZHANG Ping-cang<sup>1</sup>, CHEN Jie<sup>2</sup>

(1. Yangtze River Scientific Research Institute, Wuhan 430010, China; 2. Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Conservancy, Chengdu 610041, China)

**Abstract:** By making experiments, anti-collapse ability of soil in Xiaojiang River Basin is researched in the different soil types and land use types. The result indicates anti-collapse ability of soil in Xiaojiang River Basin is great; The average collapse velocity of brown soil is bigger than the others. The average collapse velocity of yellow-red soil is the least; in terms of land use, the grassland is the biggest in anti-collapse, the farmland and scrublands is less than grassland in anti-collapse, and the bare slope is the least in anti-collapse; the anti-collapse ability of soil in Xiaojiang River Basin is in inverse proportion to the contents of grain in less than 0.002 mm.  
**Key words:** Xiaojiang River Basin; soil anti-collapse ability; collapse velocity

小江流域位于云南省东北部, 是我国泥石流发育的典型区域, 也是我国水土流失极为严重的区域之一<sup>[1-2]</sup>。小江流域水土流失虽经治理, 已有减弱的趋势, 但由于小江流域的生态环境极为脆弱, 地形陡峻, 地质构造复杂, 岩石破碎, 水土流失仍然十分严重, 极大地威胁着当地社会经济发展和人民的生命财产安全。

土壤崩解, 土工上叫湿化, 是指土壤在静水中发生分散、碎裂、塌落或强度减弱的现象。它是研究土壤侵蚀机理的方法之一, 也是评价土壤侵蚀严重程度的一项很重要指标。小江流域土壤的抗崩性目前还没有人做过研究, 该文尝试在小江流域土壤抗崩性研究方面做一些基础性工作, 希望能够进一步揭示小江流域土壤侵蚀机理, 为有效防治小江流域的水土流失提供科学合理的依据和方法。

1 样品的采集

采样工具为方形环刀, 规格为长 5 cm、宽 5 cm、高 5 cm。环刀上下不封口, 下部开有刃口。采集抗崩性样前, 先对每个取样的方形环刀进行编号, 并称重。样品采好后, 用塑料袋装好、密封。

根据小江流域内不同的土壤类型(主要有燥红土、红壤、棕壤、水稻土和紫色土等)和土地利用类型(主要有耕地、草地、灌丛和裸坡)进行取样, 每种类型采 1~2 个样。

2 实验仪器与方法

目前国内还没有定型的土壤崩解测定仪。参考蒋定生的实验装置<sup>[3]</sup>自制一套测定土壤崩解的简易仪器。该套仪器由玻璃缸、浮筒、网板三部分组成(图 1)。玻璃缸的长 40 cm, 宽 20 cm, 缸高 60 cm。实验时, 玻璃缸内盛清水。

实验中, 当缸中的水变得混浊时, 就倒掉缸的浑水, 加入清水, 重新开始实验。浮筒直径 5.2 cm, 高 22 cm, 浮筒上焊有标有刻度的钢尺, 刻度的最小单位为 1 mm。当浮筒挂上网板浸入水中时, 浮筒在水面处刻度读数核准为 0; 当网板上放上试样(5 cm×5 cm×5 cm 土块)浸入水中时, 试样未崩解瞬间浮筒的刻度读数校准在 100 左右。网板为金属织物, 孔眼尺寸 1 cm×1 cm, 悬挂在浮筒下端。

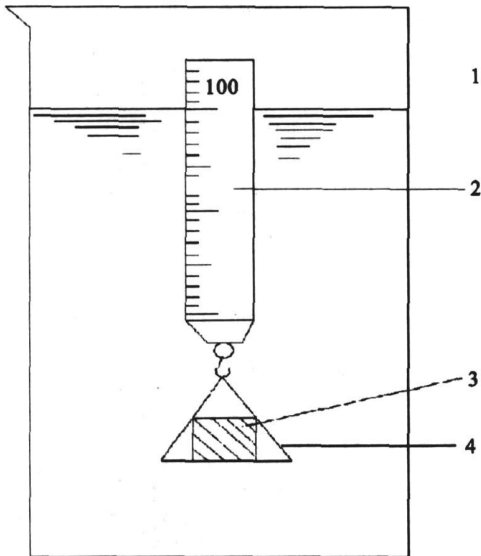
实验操作步骤, 按水利部《土工实验操作规程》中的湿化实验规定进行。实验最长观测时间定为 30 min。每次实验的读数时间为 0, 0.5, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 10, 15, 20, 30 min, 若中途土壤样品崩解完全, 则记录完成时间。计算土壤崩解速率公式为

$$v = a \frac{l_0 - l_t}{t}$$

式中:  $v$ ——单位时间内所崩解的试样体积 ( $\text{cm}^3/\text{min}$ );  
 $l_0$ ——试样浸入水中时浮筒的起始读数, 或是浮筒沉降稳定

\* 收稿日期: 2006 09 25  
基金项目: 中国科学院知识创新项目(KZCX3-SW-330)  
作者简介: 邹翔(1973-), 男, 硕士, 主要从事山地土壤侵蚀研究。

时的最大读数; $l_t$ ——土样完全崩解时或第 30 min 时的浮筒  
读数; $t$ ——土样完全崩解时的时间,未崩解完则为 30 min;  
 $a$ ——体积换算系数,本装置  $a=1.276$ 。



1: 玻璃缸; 2: 浮筒; 3: 崩解样品; 4: 网板  
图 1 土壤崩解测定装置示意图

3 实验现象简述

将土样放入清水中,由于土样表面细小分散颗粒进入水中,周围立即混浊,紧接着有大量气泡逸出,然后土样表面开始崩解。开始时崩解的速率较快,过一段时间后逐渐减慢,直至稳定。随着土壤结构的逐渐破坏,土壤的崩解速率在稳定一段时间后,崩解速度有少许提高,但很快崩解速度又减缓,直至完全崩解。也有少数样品崩解的时间短,速率快,在整个崩解过程中,崩解的速率变化较小。整个崩解过程中不断有气体逸出。

4 结果分析

4.1 不同土壤类型的崩解速率

小江流域土壤的抗崩实验结果见表 1。实验结果表明,棕壤崩解速率最大,完全崩解所需时间较短。如 8 19 1, 8 19 2 和 9 5 1 样分别在 1, 2 和 0.17 min 就完全崩解了。崩解速率最快的是 9 5 1 样,达每分钟 750 m<sup>3</sup>, 9 5 4 样崩解速率最慢,为 0.78 cm<sup>3</sup>/min。在 30 min 的测试时间里,崩解完全的样品数为 6 个,占总样品数的 37.5%。

在刚入水的 10 min 内,由于土壤吸水而产生膨胀,在土壤膨胀过程中,土壤内因产生的膨胀压不同和孔隙中闭塞的空气外逸压力,致使土壤在结构脆弱处首先发生崩解。根据表 2 的统计,土壤前 10 min 的崩解量与 30 min 崩解总量之比在 50% 以上的有 14 个样,占总样品的 87.5%; 60% 以上的有 12 个样,占总样品的 75.0%; 70% 以上的有 11 个样,占总样品的 68.8%。其中比例为 100% (完全崩解) 的有 4 个,比例 80% ~ 100% 的有 4 个,在 50% ~ 80% 的有 6 个,仅有两个样前 10 min 的崩解量未超过 50% 但都在 40% 以上。16 个样品的平均前 10 min 崩解量占总崩解量的 76.63%,也就是说,16 个样品的崩解主要在 10 min 内发生,尔后的 20 min,则几乎没有分解。综上所述,小江流域的土壤崩解主要发生在前 10 min 内,其后的 20 min 崩解的土壤量就非

常少了。

表 1 小江流域土壤抗崩性实验结果

样品 编号	取样 地点	土壤 类型	土地利 用类型	崩解 时间 / min	崩解量 / cm <sup>3</sup>	崩解速率 /(cm <sup>3</sup> · min <sup>-1</sup> )
8 19 1	绿茂	燥红土	裸坡	30	91.32	3.04
8 19 1	松林干	棕壤	耕地	1	125	125.00
8 19 2	松林干	棕壤	耕地	2	125	62.50
8 19 3	松林干	红壤	林草地	30	40.35	1.34
8 23 1	泥得坪	冲积土	耕地	30	30.79	1.91
8 23 2	泥得坪	黄红壤	林草地	30	25.48	0.85
9 5 1	蚂蚁坪	棕壤	裸坡	0.17	125	750.00
9 5 2	银洞	紫色土	耕地	15	125	7.87
9 5 3	老利脖子	红壤	耕地	30	17	2.83
9 5 4	炭棚	红壤	灌丛地	30	23.36	0.78
9 5 5	大桥河沟	红壤	耕地	30	62.65	2.09
9 5 6	旱龙潭	红壤	灌丛地	30	31.85	1.06
9 5 7	横坡	红壤	灌丛地	24.77	125	5.05
9 5 8	老街	红壤	灌丛地	30	21.24	1.63
9 5 9	老街	红壤	灌丛地	30	44.6	1.49
9 5 10	绿茂	褐红壤	耕地	20	125	6.25

表 2 前 10 min 崩解量及在总崩解量中所占比例

样品编号	总的崩解量/ cm <sup>3</sup>	前 10 min 的 崩解量/cm <sup>3</sup>	前 10 min 崩解量 所占比例/%
8 19 1	91.32	74.33	81
8 19 1	125	74.33	59
8 19 2	125	125.00	100
8 19 3	40.35	36.10	89
8 23 1	30.79	30.79	100
8 23 2	25.48	10.62	42
9 5 1	125	57.34	46
9 5 2	125	67.96	54
9 5 3	17	10.62	62
9 5 4	23.36	19.11	82
9 5 5	62.65	57.34	92
9 5 6	31.85	31.85	100
9 5 7	125	89.19	71
9 5 8	21.24	21.24	100
9 5 9	44.6	33.98	76
9 5 10	125	90.26	72

小江流域土壤抗崩性样品的崩解主要发生在前 10 min 的原因,主要有:

- (1) 样品表面由于取样装置的影响而存在一些浮土,刚入水时,浮土很快脱落,导致开始时崩解量较大。
- (2) 土壤湿润时随着含水量的增加,由于水的润滑作用使得土粒间的黏结力降低和胶体物质的软化,导致土壤强度降低<sup>[4]</sup>。
- (3) 由于侵蚀强烈,土壤中粗颗粒含量较多,土壤结构很差,土粒之间的作用力较小,因而入水以后,在土壤吸水产生的膨胀力和土壤孔隙中闭塞空气的外逸压力联合作用下,土壤结构很快被破坏,致使开始 10 min 内土壤崩解量较大。
- (4) 经过前期崩解后,土壤水分饱和,空气已被排除,结构和强度又趋于稳定,后 20 min 的崩解量则明显减少。

4.2 不同土壤类型的抗崩性

把同类型的土壤崩解速率做平均化处理,结果见表 3,黄红壤的平均崩解速率最小,冲积土、红壤和燥红土的平均

崩解速率中等,分别为 1.91、2.03 和 3.04 cm<sup>3</sup>/min,褐红壤、紫色土与棕壤的平均崩解速率较大,其中棕壤的平均崩解速率最大,为 312.50 cm<sup>3</sup>/min,比紫色土的平均崩解速率高出近 30 倍。因此,小江流域的棕壤、紫色土和褐红壤是最容易崩解的,燥红土、红壤和冲积土是较难崩解的,黄红壤是最难崩解的。

表 3 不同土壤类型的平均崩解速率

土壤类型	平均崩解速率/(cm <sup>3</sup> •min <sup>-1</sup> )
黄红壤	0.85
冲积土	1.91
红 壤	2.03
燥红土	3.04
褐红壤	6.25
紫色土	7.87
棕 壤	312.50

4.3 不同土地利用类型对土壤崩解速率的影响

土地利用对土壤的组成与结构的影响,也体现在土壤崩解速率上(表 4)。草地的平均崩解速率最小,灌丛地其次,坡耕地的平均崩解速率与林草地和灌丛地的差别较大,裸坡的平均崩解速率最大,且平均崩解速率远远大于林草地、灌丛地和耕地。这主要是因为:

表 4 不同土地利用类型下土壤的平均崩解速率

土地利用类型	土壤的平均崩解速率/(cm <sup>3</sup> •min <sup>-1</sup> )
林草地	1.01
灌丛地	2.00
坡耕地	29.78
裸 坡	376.52

(1) 由于有草生长,林草地表层土壤有机质含量较高,微团聚体较多,结构较好,土壤的抗崩性也较大;

(2) 草地表层土壤的平均崩解速率最小的主要原因是草地表层土壤存在着大量根系,根系在提高土壤抗崩解性方面的作用与建筑上使用的钢筋来增强混凝土强度的作用类似,使得林草地表层土壤的平均崩解速率最小;

(3) 灌丛地的平均崩解速率较小、抗崩性较大的原因与草地类似,但与草地相比,在土壤有机质含量、土壤微团聚体数量、表层草根数量方面都要少一些。

(4) 坡耕地土壤由于反复耕作,土壤比较疏松,结构被破坏,土壤中空气含量较多,致使土壤在吸水以后,在不同的膨胀压和空气逸出压力作用下,很容易发生崩解。

(5) 裸地由于土中有机质含量少,土壤的物理结构差,非常容易受到侵蚀,平均崩解速率最大。由于土壤类型的不同,裸地崩解速率差别很大,比如 8 1 1 和 9 5 6 样的崩解速率就有极其明显的差别,8 1 1 样的崩解速率为 3.04 cm<sup>3</sup>/min,而 9 5 6 样的崩解速率为 750 cm<sup>3</sup>/min,两者相差几百倍。

4.4 土壤平均崩解速率与颗粒直径的关系

选取 8 个样品进行颗粒分析,然后通过 SPSS 软件对小江流域土壤抗崩性实验结果和颗粒分析结果进行统计分析,结果表明小江流域土壤抗崩性的大小与土壤中< 0.002 mm 黏粒含量的多少存在负相关关系(表 5),相关系数为 - 0.81。这说明土壤中< 0.002 mm 的黏粒含量是影响小江流域土壤抗崩性大小的主要因素。

表 5 小江流域土壤抗崩性与土壤颗粒直径的关系

样品编号	崩解速率/(cm <sup>3</sup> •min <sup>-1</sup> )	< 0.002 mm
9 5 4	0.78	61.31
9 5 6	1.06	55.22
9 5 9	1.49	70.29
9 5 8	1.63	49.72
9 5 5	2.09	41.44
9 5 3	2.83	37.23
8 1 1	3.04	42.29
9 5 10	6.25	28.05

土壤中< 0.002 mm 颗粒的含量对土壤崩解速率的影响较大,主要是因为:

(1) 土壤中< 0.002 mm 的颗粒即黏粒因粒径较小,黏粒和黏粒之间的粘结力较大,与其它粒径相比而言,更容易形成水稳性团聚体,增强了土壤的抗崩强度;

(2) 土壤中黏粒含量越大,土壤的比表面积也越大。据研究<sup>[4]</sup>,一定重量(或体积)中 2 μm 黏粒的总面积是同重量(同体积)粉粒总面积的 10 倍,是极细沙粒的 50 倍。土粒的比表面积增大,颗粒之间的相互作用力会成倍增加,土壤的抗崩能力也相应成倍增加。

5 结 论

小江流域不同的土壤类型中,棕壤的平均崩解速率最大,紫色土其次,褐红壤第三,黄红壤的平均崩解速率最小;从土地利用角度看,林草地的平均崩解速率最小,灌丛其次,裸坡的平均崩解速率最大;小江流域土壤的崩解速率与土壤中< 0.002 mm 的颗粒含量之间存在明显负相关关系,即< 0.002 mm 的颗粒含量越大,土壤平均崩解速率越小。

参考文献:

[1] 杜荣桓,康志成,陈循谦,等.云南小江泥石流综合考察与防治规划研究[M].重庆:科学技术文献出版社重庆分社,1987.

[2] 程尊兰,游勇,朱平一.云南小江流域中上游泥沙特征及模型实验[J].自然灾害学报,2000(9):118-122.

[3] 蒋定生,等.黄土高原水土流失与治理模式[M].北京:中国水利水电出版社,1997.

[4] 姚贤良,程云生,等.土壤物理学[M].北京:农业出版社,1986.