

# 关于侵蚀率的探讨

熊道锟

(地质矿产部成都水文地质工程地质中心 四川成都)

## 提 要

本文提出用侵蚀率(单位径流深度所产生的侵蚀深度)来描述土壤的抗蚀能力,并用侵蚀率比较同一地区不同时段或同一时段不同地区土壤抗蚀能力的变化,以监测人为活动,包括植树造林等水土保持措施,以及人为不合理的社会经济活动,对水土流失的影响。据笔者对浑泥港流域水土流失趋势的分析结果,用侵蚀率描述水土流失有明显的优越性。

关键词: 侵蚀率 土壤抗蚀能力

## A Study on Erosion Ratio

*Xiong Daokun*

*(Chengdu Centre of Hydrogeology and Engineering Geology,  
Ministry of Geology and Mineral Resources)*

## Abstract

This paper proposed that the anti-erodibility of soil could be described by erosion ratio (erosion depth per unit runoff depth), and could also be used to compare the different anti-erodibility of soil in different areas in a same period, or in the same area in different period, in order to monitor the influence of human's effect on soil erosion, for example, arbitrarily felling of trees, afforestation and soil and water conservation. By analyzing the tendency of soil erosion in the Hunnigang watershed we found that to describe soil erosion with erosion ratio has many advantages.

key words: erosion ratio anti-erodibility of soil

## 一、水土流失概况

随着人类活动范围的不断扩大和强度的增加,人类对环境的影响日益突出,尤其是滥砍滥伐对森林植被的严重破坏,致使土壤的抗侵蚀能力急剧下降,造成严重的水土流失。例如我国水土流失面积解放初期为116万 $\text{km}^2$ ,现在已增加到150万 $\text{km}^2$ ,每年流失土壤50亿t,同时随土壤流失的氮、磷、钾养分相当于4000万t化肥,折合经济损失达24亿元<sup>[1-3]</sup>。其中,长江流域的水土流失面积已由1957年的36.38万 $\text{km}^2$ (占总面积的20.2%)增加到1982年的73.94万 $\text{km}^2$ ,增加了1倍<sup>[4]</sup>,年土壤侵蚀量达22.4亿t,每年约减少耕地830万亩<sup>[5]</sup>。江西省的水土流失面积已由五十年代的4%增加到八十年代的23%<sup>[1,6]</sup>,水土流失比较严重的山西、陕西和四川等省的水土流失面

积已占到总面积的60%以上<sup>[7-9]</sup>。黄土高原水土流失面积达43万km<sup>2</sup>，占全区总面积的81%仅侵蚀模数大于5000t/(km<sup>2</sup>a)的严重水土流失区面积就达21万km<sup>2</sup>，年输沙量达14.2亿t，占黄河泥沙总量的91%<sup>[10]</sup>。

## 二、侵蚀率探讨

过去多用年侵蚀模数的大小来评价水土流失的强弱，较好地反映了水土流失的状况。但是，年侵蚀模数所反映的是一个地区内各种自然因素和人为因素综合作用的结果。它是土壤的抗侵蚀能力（地形、坡度、土质、植被及人为活动等因素）和侵蚀动力（径流量和降雨强度）的综合反映。据测定，17°坡地比5°坡地的侵蚀量增加5.6倍。另据试验，当坡度增加4倍，水流速度增大1倍时，水流的侵蚀能力随之增大4倍，而土壤侵蚀量增大32倍<sup>[10]</sup>。就同一地区来说，地形、坡度、土质和植被因素的自然变化量较小（特别是年际间的变化更小），可以认为是不变的。对土壤抗侵蚀能力影响较大的是人类社会经济活动对坡度、土质及植被的改变，如植树造林、乱砍滥伐和修梯田等。然而径流量和降雨强度的变化都较大，对侵蚀量（用侵蚀模数或年输沙量表示）的影响也较大。例如，浙江省安吉县浑泥港流域丰水年（1983年）的径流量为枯水年（1978年和1979年）的6~7倍，从而造成丰水年的年悬移质输沙量为枯水年的9~10倍（表1，图1）。表1表明，年径流量越大，年输沙量也越大<sup>[11]</sup>。又如黄河中游石山林区的侵蚀模数为

表1 浑泥港流域水文要素统计表

年 份	1971年	1972年	1973年	1974年	1975年	1976年	1977年	1978年	1979年	1980年	1981年	1982年	1983年
年悬移质输沙量 (万t)	1.37	0.86	2.23	1.10	2.30	1.52	3.51	0.63	0.66	3.77	3.91	1.94	6.10
年降水量 (1000mm)	1.180	1.048	1.545	1.301	1.488	1.129	1.621	0.760	1.006	1.546	1.566	1.216	1.785
年径流量 (亿m <sup>3</sup> )	1.58	0.86	2.43	1.16	2.25	1.14	2.46	0.54	0.50	2.46	2.39	1.33	3.26
年平均含沙量 (100g/m <sup>3</sup> )	0.87	1.00	0.92	0.95	1.02	1.33	1.42	1.18	1.32	1.53	1.63	1.47	1.88

注：据倪炎同志资料（1986年）

292t/(km<sup>2</sup>·a)，沙地草原区为15.9t/(km<sup>2</sup>·a)，前者为后者的18倍。但是，前者的径流深度达184mm，后者仅1.5mm，前者为后者的123倍。如果径流深度相同，则后者的侵蚀量可达前者的7倍<sup>[12]</sup>。由此可知，前者的抗侵蚀能力比后者强得多。石山林区的侵蚀模数大，是由于径流深度大所造成的。这说明用侵蚀模数描述水土流失有很大的局限性。所以笔者提出用侵蚀率来描述土壤的抗侵蚀能力。

$$\text{侵蚀率} = \frac{\text{年侵蚀深度 (mm)}}{\text{年径流深度 (mm)}}$$

从理论上讲，侵蚀率应为无量纲值。但由于习惯上很少使用侵蚀深度，而常用侵蚀模数（侵蚀模数与侵蚀深度其实质相同，只是表达方法不同），因此，当侵蚀深度用侵蚀模数表示时，则有

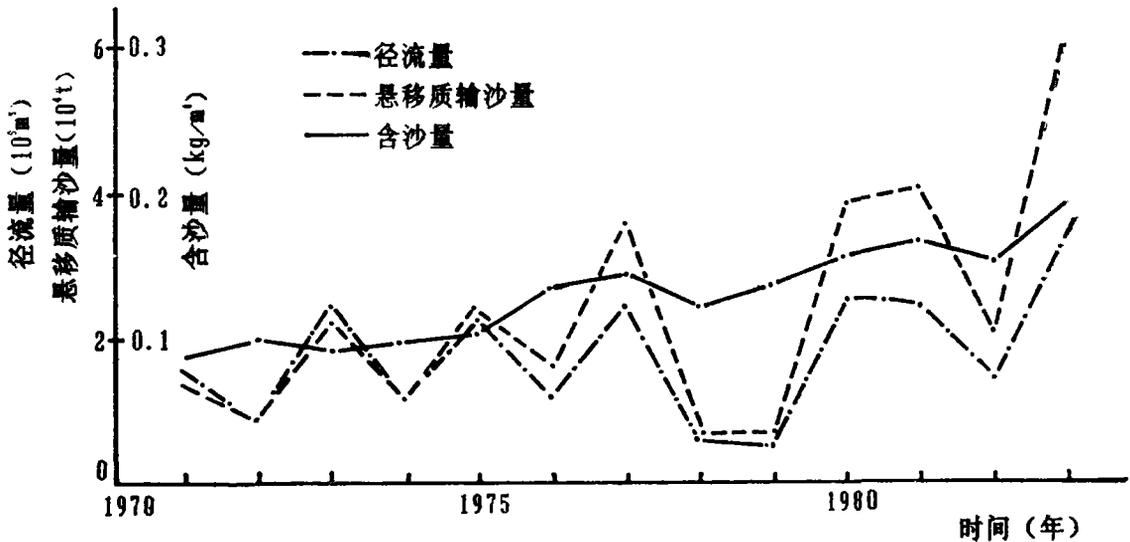


图 1 浑泥港流域年悬移质输沙量、年平均含沙量与年径流量关系图

$$\text{侵蚀率} = \frac{\text{年侵蚀模数}}{\text{年径流深度}} = \frac{\text{年侵蚀模数} \times \text{流域面积}}{\text{年径流深度} \times \text{流域面积}} = \frac{\text{年输沙量}}{\text{年径流量}} = \text{年平均含沙量}$$

由上述看出，一个流域内的平均侵蚀率就等于该流域所产生径流的平均含沙量。因此可以说，含沙量的水土流失含意就是表示侵蚀率。其相互间的单位变换是

$$t/(km^2 \cdot mm) = \frac{t/(km^2 \cdot a)}{mm/a} = \frac{t/a}{m^3/a} \times \frac{1}{1000} = kg/m^3$$

即是说，当侵蚀率的单位用  $t/(km^2 \cdot mm)$ ，含沙量的单位用  $kg/m^3$  时，两者在数值上相等。从表 1 和图 1 可以看出径流量对侵蚀率（含沙量）的影响甚小，可以略去其影响。

降雨强度的变化较大，从忠县某一小流域的试验来看（表 2 和图 2）<sup>[13]</sup>，降雨强度的变化对含沙量虽有一定的影响，但含沙量随雨强的变化较小，而且其变化毫无规律，并不是雨强越大，含沙量就越大。如果考虑面积比较大的流域内的平均年际变化，更是如此。所以雨强对侵蚀率的影响也可以不予考虑。

总之，径流量和降雨强度对含沙量的影响都较小，含沙量的变化（尤其是变化趋势）主要是土壤抗蚀能力的体现。

综上所述，同一流域含沙量的年际变化主要反映该流域土壤抗侵蚀能力的变化—抗侵蚀能力的增强或减弱，同一时段不同流域的含沙量则分别反映各流域土壤抗侵蚀能力的强弱。如黄河的含沙量远大于长江的含沙量，表明黄河流域（尤其是黄土高原）土壤的抗侵蚀能力比长江流域差得多。由此可以看出，用含沙量来描述水土流失的变化具有侵蚀模数不可替代的优越性。

### 三、实例分析

为了弄清水土流失的趋势，这里用侵蚀率（含沙量）来分析浙江省安吉县浑泥港流域水土流失的情况。从表 1 和图 1 可以看出，浑泥港流域的悬移质输沙量变化较大（相对变化与侵蚀模数相同），难以可靠地描述水土流失的变化（水土流失的减轻或加剧）。用回归分析得到其年输沙量的逐年变化关系式为：

表2 忠县某小汇水区水文要素统计表

起迄时间 (日/月~日/月)	降雨量 (mm)	雨 强 (mm/30min)	径流量 (m <sup>3</sup> )	侵蚀量 (kg)			含沙量 (kg/m <sup>3</sup> )
				沉积量	悬移量	合计	
4/5~5/5	110.4	17.3	1 607	4 081	3 648	7 729	2.27
14/5~18/5	84.8	14.9	516	3 578	1 677	5 255	3.25
2/6~6/6	42.1		583	45	1 411	1 456	2.42
8/6~12/6	30.3		577	46	473	519	0.82
16/6~17/6	35.9	21.9	689	2 878	1 185	4 063	1.72
20/6~21/6	31.5	16.8	569	322	1 297	1 619	2.28
23/6~24/6	20.4		421	72	518	590	1.23
1/7~2/7	45.8	8.8	758	336	1 220	1 556	1.6
4/7~6/7	47.6		948	157	882	1 039	0.93
26/7	9.7		212	275	833	1 108	3.93
9/8	15.3	14.4	30	360	71	431	2.37
19/8~21/8	100.2	24.2	1 165	6 174	2 412	8 586	2.07
合 计	574.0		8 075	18 324	15 627	33 951	1.94

注：据李英伦同志资料（1986年）

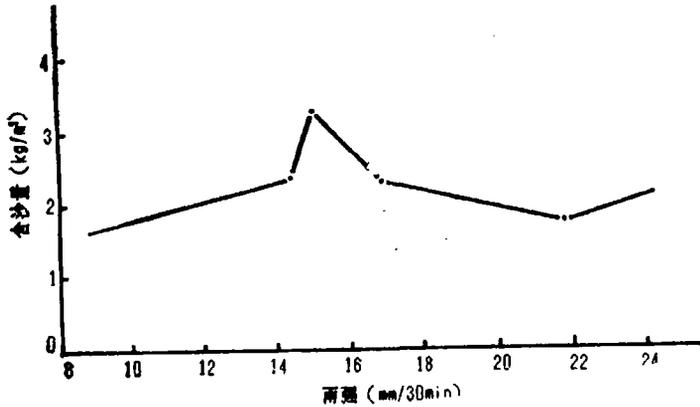


图2 忠县某小汇水区径流含沙量与降雨强度的关系

X为年(a);其变异系数CV=0.245 3;相关系数r=0.922 4,高于1%的相关水平(0.684)。说明相关性极好,它所描述的直线上升趋势十分明显。由此表明:浑泥港流域土壤的抗侵蚀能力正在不断的下降,水土流失正在继续加剧,说明人为的破坏活动正在逐年增强。因此,必须引起高度的重视,并采取积极有效的措施,加强水土保持。

1. 搞好植树种草,增加植被覆盖率。这对提高土壤的抗侵蚀能力,减轻水土流失具有重要的作用。例如山西省右玉县的林草覆盖率由0.3%增加到25.6%后,近几年的地表径流量减少了67.3%~89.1%,河水含沙量也减少了61.9%<sup>[14]</sup>。研究资料表明,只要有1cm厚的枯枝落叶层,就可以把地表径流减少到1/10以下,泥沙流失量减少94%以上<sup>[16]</sup>。

2. 大力推广聚土免耕法,保持水土。四川省1989年推广“旱地聚土免耕耕作法”11.2万

$$y = -479.01 + 0.2435x$$

式中y为输沙量(10<sup>4</sup>t);x为年(a);其变异系数CV=0.701 7,回归相关系数r=0.587 6;只达到5%的相关水平(0.553),说明相关性差,因而用此式描述水土流失的变化可靠性较小。而侵蚀率(含沙量)则呈明显的上升趋势,具有很好的规律性,含沙量的逐年变化关系回归方程式为

$$Y = -14 459.98 + 7.378 4X$$

式中Y为含沙量(kg/m<sup>3</sup>);

亩，不仅使跑水跑肥跑土的“三跑田”变成了保水保土保肥的“三保田”，减少了水土的流失，而且使粮食单产平均增加了17%<sup>[16]</sup>。

3. 坡改梯。将坡耕地改造成水平梯田，蓄水保肥，防止水土流失，以达到增产的目的。

### 参 考 文 献

1. 黎青宁. 论地质灾害, 《水文地质工程地质》, 1990年2期
2. 袁可林. 我国水土流失严重, 《中国地质报》, 1989年9月22日
3. 颜春起等. 试论农业自然资源开发利用中的几个基本理论问题, 《国土与自然资源研究》, 1989年3期
4. 何乃维. 长江上游水土保持和营造防护林体系关系到中下游长治久安, 《水土保持通报》, 1988年2期
5. 焦然等. 长江中上游防护林工程全面展开, 《人民日报》, 1990年5月8日
6. 王少英. 防止新的水土流失已刻不容缓, 《灾害学》, 1989年1期
7. 白建国. 关于山西省开发利用水资源的环境效应及其对策研究, 《国土与自然资源研究》, 1990年1期
8. 刘经世. 四川地质灾害损失惊人, 《中国地质报》, 1989年7月3日
9. 张国宁等. 陕西省农业自然灾害及其防治对策, 《灾害学》, 1989年1期
10. 赵永国. 黄土高原的土壤侵蚀灾害及其防治对策, 《灾害学》, 1989年1期
11. 倪焱. 灰色系统理论在水土流失因素分析中的应用, 《水土保持通报》, 1986年2期
12. 牛占. 应用卫星象片修订黄河中游自然地理分区图, 《水文》, 1981年4期.
13. 李英伦. 一种小汇水区水土流失观测研究方法, 《中国水土保持》, 1989年8期
14. 董平祥. 试述黄土丘陵沟壑区种草养畜与保持水土, 《国土与自然资源研究》, 1989年4年期
15. 张健民. 森林与蓄水保水, 《人民日报》, 1990年5月8日
16. 青远枢. 我省试验成功聚土免耕法, 《四川日报》, 1990年4月28日

(上接第22页)

把1989年的逐次径流观测数据代入式(1), 计算出如果未经治理, 遇到1989年的4次洪水可能产生的输沙模数为38 053t/km<sup>2</sup>。

经过4年综合治理之后, 1989年实测输沙模数为16 783t/km<sup>2</sup>。

$$\text{综合治理减沙效益} = \frac{38053 - 16783}{38053} \times 100\% = 55.9\%。$$

本计算方法比较简单, 不需要面上降雨情况的详细计算, 只要在沟口设站(如果经费困难, 可以不搞建筑物), 坚持观测数年, 即可计算综合治理减沙效益。由于方法简单, 可以布置多点观测, 以便大量收集资料进行分析对比。同时也有利于对一些专题进行试验研究, 如治坡与治沟之间的相互关系、定量分析评价生物措施和工程措施的效益等等。

但是这个方法也有一些问题, 首先是如何准确地确定治理前水沙相关方程, 如果遇到早年, 可能施的时间较长。在计算减沙效益时, 如果遇到降雨情况特殊的年分, 计算误差可能较大。

本计算方法适用于小流域。当流域面积较大时, 因流域内降雨不均匀而影响计算精度。但随着流域面积的增大, 计算精度的变化情况如何? 以及本方法的适用范围等, 还需要进一步研究确定。