

# 风化花岗岩土壤侵蚀规律和预测方程的探讨

左长清

(江西省水土保持委员会办公室)

## 提 要

降雨是造成我国东南部土壤侵蚀的主导因子, 风化花岗岩又是南方土壤侵蚀的重要组成部分。本文通过在风化花岗岩侵蚀区的塘背小流域, 选择了两个自然坡面径流小区, 对观测的降雨量、降雨强度和土壤侵蚀量等三个因子进行了系统的分析, 找出了月土壤侵蚀量在一年内呈双峰曲线的分布规律, 建立了降雨量、降雨强度和土壤侵蚀量三因子幂函数的预测预报方程, 为同类地区的水利、水土保持工程设计, 农田基本建设以及治理和利用花岗岩侵蚀土壤提供了科学依据。

## 一、前 言

在我国东南部, 降雨是造成土壤侵蚀的主要自然因素。不同的降雨量和不同的降雨强度, 就会出现不同的土壤侵蚀量。当然, 这种土壤侵蚀是建立在产生地表径流的基础上, 也就是说, 不产生地表径流, 就不会有这种侵蚀。诚然, 风化花岗岩的土壤侵蚀是南方土壤侵蚀的重要组成部分, 它广泛分布于我国东南部, 主要集中在广东、福建、浙江、江西、湖南、湖北等省。在江西3.42万平方公里的土壤侵蚀面积中, 风化花岗岩土壤侵蚀居全省之冠, 有0.89万平方公里, 占侵蚀面积的26%。它不仅面积大, 而且侵蚀程度剧烈, 危害严重, 其后果令人吃惊。因此, 探索风化花岗岩土壤侵蚀量, 为治理和利用花岗岩侵蚀土壤提供可靠的科学依据, 是很有必要的。

自1917年密苏里大学土壤系的Miller教授在美国建立了第一个径流小区试验以来<sup>(1)(2)</sup>, Musgrave于1947年首先研究出了土壤流失预报方程式, 1971年由Wischmeier等发表了最新方程<sup>(3)</sup>。在国内, 有关专家对局部地区的降雨土壤侵蚀方程有过专门报道<sup>(4)(5)(6)</sup>, 但就花岗岩对土壤侵蚀的关系进行系统的分析尚不多见。本文在塘背小流域自然坡面的两个小区, 根据1983年3月至1985年12月的200多组观测数据, 进行了较为系统的分析研究。

## 二、试验场地选择及其概况

试验场地是1980年由国家原农委委托长江流域规划办公室为业务负责单位, 组织有关技术力量在江西省兴国县进行水土保持综合区划后选定设计的, 土壤侵蚀量1983年3月开始观测。所选择的试验场地处于花岗岩低山丘陵侵蚀区, 座落在塘背小流域内, 土壤侵蚀十分严重。该流域总面积为16.38平方公里, 当时的土壤侵蚀面积就占11.53平方公里, 占70.4%, 其中: 剧烈的土壤侵蚀面积达7.70平方公里, 强度侵蚀面积1.81平方公里, 中度侵蚀面积0.82平方公里。另外, 这里属亚热带湿润气候带, 气候温和, 雨量丰沛, 是研究自然降雨与土壤侵蚀的理想场地。

两个自然坡面的小区均设在该流域中的山丘上部，水平距离相距约200余米。小区内的土壤，上部的红土层已基本流失殆尽，剩余为中部的网纹砂土风化层，部分地方还出现了下部的碎屑风化层，风化物中的长石、云母已经分解，石英砂粒约占30—80%，而且颗粒较大，不易固结。由于受地形等条件限制，两个自然坡面不完全一致，土壤侵蚀程度也不一样（见表1）。I号小区的土壤侵蚀比II号小区严重，即II区比I区存在较多的网纹砂土风化层，I区相对地碎屑风化层较多，若按侵蚀程度分，I号小区为强度侵蚀区，II号小区为中度侵蚀区。

表1 径流小区自然状况表

| 项 目       | I       | II      |
|-----------|---------|---------|
| 集雨面积（平方米） | 2,649   | 7,073   |
| 植被覆盖率（%）  | 10—25   | 15—35   |
| 坡 度       | 20°—30° | 25°—30° |
| 坡 向       | SE      | SW      |
| 形 状       | 倒卵形     | 多边形     |

### 三、研究手段和方法

在两个小区边缘筑起明显的地面分水界，防止外来径流侵入，让测区内的地表径流自然流入山窝的沟内。坡面上不采取任何措施，禁止人畜入内破坏地表和植被。沟的下方建一个径流观测池，按50年一遇一日降雨量设计。池内容积为一个倒立的直角梯形，池的上坡为斜面，下方为平面，地表径流沿斜面流入池内。池的出口安装一个直角“V”形薄壁堰，“V”口底部距池底的高：I区为0.99米，II区为1.39米。池内一侧镶嵌一块搪瓷水准标尺，另一侧距薄壁堰0.8米处建一水孔直通观测房的自记水位计，水孔底部低于三角堰底口。下雨时，产生的地表径流可通过蓄水池、自记水位计和薄壁堰把流量计算出来。另外，每一小区旁边还建有一个自记雨量点，观测该区的降雨量。

土壤侵蚀量测算分两步进行：悬移质是在出口处视入池的地表径流水色和洪峰变化情况，取定量500毫升过滤烘干，称重得出；推移质的测算，则是先测量在池内的泥沙厚度，算成体积，然后取样烘干，称重推算，反算若干次，得出折算系数。I号小区与II号小区未流入水池内的粗颗粒泥沙按1.2771吨/立方米计，II号小区水池内泥沙按1.1962吨/立方米折算。最后把当次的推移质和悬移质合于一处，即为该次降雨的侵蚀量。

### 四、分析结果与预测预报方程

由于I号小区与II号小区所处的条件不尽一致，降雨与土壤侵蚀量有别，故本文采取分别统计结果和分析办法，以示区别。

（一）一年内月降雨量与土壤侵蚀量的分布规律。根据1983—1985年的实测资料，以按月的统计均值，绘成图1。由图可见，一年内两个小区降雨量都呈双峰曲线，每月土壤侵蚀量的大小随每月降雨量的大小出现相应的变化，同样呈双峰曲线分布。降雨量增大，土壤侵蚀量迅速增

大, 仅在 I 号小区 4—5 月份降雨量与土壤侵蚀量出现异常现象, 这是由于受雨强和雨型影响所致。在一年内, 每月土壤侵蚀量的分布是极不均匀的, I 号小区 4—6 月的降雨量 623.3 毫米, 占全年降雨量 1,385.6 毫米的 45.0%; 而同期的土壤侵蚀量竟达 2,931.26 吨/平方公里, 占全年土壤侵蚀量 4,391.20 吨/平方公里的 66.8%。II 号小区 4—6 月的降雨量 652.7 毫米, 占全年降雨 1,458.2 毫米的 44.8%; 同期土壤侵蚀量达 1,620.06 吨/平方公里, 占年侵蚀量总数 2,470.15 吨/平方公里的 65.6%。

(二) 雨量、雨强与土壤侵蚀间的相互关系:

1、方程的建立。根据这两个自然坡面径流小区的观测资料, 把它们产生土壤侵蚀的降雨量  $x_1$  (毫米)、降雨强度  $x_2$  (毫米/小时) 和土壤侵蚀量  $y$  (吨/平方公里) 进行整理 (第 I 号小区共 127 组数据, 第 II 号小区共 105 组数据), 并选择配合

$$y = a_0 \cdot x_1^1 \cdot x_2^2$$

的曲线回归方程。为了便于计算, 将方程取对数化为

$$Y = A_0 + A_1 X_1 + A_2 X_2$$

通过计算, 得出

$$Y_I = -1.4554 + 1.4623X_{1I} + 1.2103X_{2I} \quad (1)$$

$$Y_{II} = -2.6288 + 2.2733X_{1II} + 0.8758X_{2II} \quad (2)$$

其相关系数分别为:

$$r_I = 0.693 \quad r_{II} = 0.826$$

为了了解所选择的方程是否合理, 将这两个回归方程进行显著性检验得表 2。

表 2 变量分析表

| 小区号 | 变异来源 | 自由度 | 平方和      | 均方      | F 值      | $F_{0.01}$ |
|-----|------|-----|----------|---------|----------|------------|
| I   | 回 归  | 2   | 57.0632  | 28.5316 | 57.47**  | 4.78       |
|     | 剩 余  | 124 | 61.5620  | 0.4965  |          |            |
|     | 总变异  | 126 | 118.6252 |         |          |            |
| II  | 回 归  | 2   | 69.3681  | 34.6841 | 109.69** | 4.82       |
|     | 剩 余  | 102 | 32.2571  | 0.3162  |          |            |
|     | 总变异  | 104 | 101.6252 |         |          |            |

由表 2 可见,  $F_{值} \gg F_{0.01}$  均达极显著水准, 表明回归是高度显著的, 即用方程

$$y_I = 0.03504 x_{1I}^{1.4623} \cdot x_{2I}^{1.2103} \quad (3)$$

$$y_{II} = 0.002351 x_{1II}^{2.2733} \cdot x_{2II}^{0.8758} \quad (4)$$

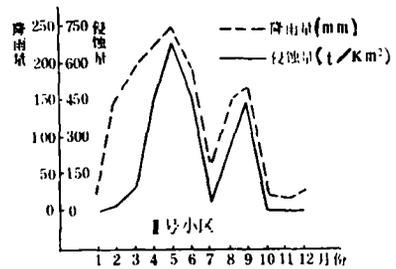
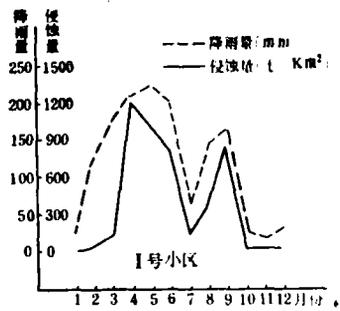


图 1 月降雨量与土壤侵蚀量分布图

进行预测预报风化花岗岩土壤侵蚀量是合理的。

2、三者间的关系分析。为了进一步分析因变量（土壤侵蚀量 $y$ ）与自变量（雨量 $x_1$ ，雨强 $x_2$ ）两两间的相互关系，算出方程的标准回归系数表3和偏相关系数表4。

表3 方程的标准回归系数

| 方程式 | $a_1$  | $a_2$  |
|-----|--------|--------|
| (1) | 0.4962 | 0.4554 |
| (2) | 0.7570 | 0.3763 |

表4 偏相关系数

| 小区号 | $r_{01}$ | $r_{02}$ | $r_{12}$ | $r_{01,2}$ | $r_{02,1}$ | $r_{12,0}$ |
|-----|----------|----------|----------|------------|------------|------------|
| I   | 0.523    | 0.485    | 0.05     | 0.567      | 0.609      | -0.235     |
| II  | 0.736    | 0.334    | -0.056   | 0.802      | 0.555      | -0.420     |

由表3可知，两个方程的标准回归系数均得正值，这说明土壤侵蚀量是随降雨量与降雨强度增大而增大的，且 $|a_1| > |a_2|$ 则说明降雨量较降雨强度对土壤侵蚀量的影响相对要大，尤其是在第I号小区表现更为突出。为了避免文中重复，下面以II号小区为例分析。在第II号小区，不仅 $a > 0$ ，而且 $r_{01} = 0.736$ ， $r_{01,2} = 0.802$ ，均说明降雨量( $x_1$ )对土壤侵蚀量( $y$ )的影响很大。 $r_{02} = 0.334$ ， $r_{02,1} = 0.555$ ，都表示了降雨强度不如降雨量对土壤侵蚀的关系那么密切； $r_{12} = -0.056$ ， $r_{12,0} = -0.42$ ，则说明降雨量与降雨强度之间没有什么直接关系。它们的相关系数为负值，即是说降雨量大，不见得降雨强度就大；反之亦然。这就是常见的阵雨都是来去匆匆之故，虽然强度大，但历时短，产流小，产生土壤侵蚀量就小的原故。在第I号小区所得出的结果与第II号小区基本一致，所不同的是，降雨量和降雨强度对土壤侵蚀的影响没有第II号小区那么明显罢了。

(三) 土壤侵蚀量的回报与预测预报。如前所述，利用方程(3)和方程(4)进行回报和预测预报是合理的。下面进一步研究如何回报和预测预报。

1、回报。将各小区每次产沙的降雨量及降雨强度分别代入各自的方程，即可回报该区土壤侵蚀量的理论值。现在每一小区内任取一段时期连续5次土壤侵蚀量实测值，并将与之相应的降雨强度和降雨量代入对应的曲线方程，得出理论值，并比较得表5。

由表5可算出，利用方程(3)回报1984年6月1日至8月3日这一段时间土壤侵蚀量准确率达93%；利用方程(4)回报1983年6月16日至8月21日的土壤侵蚀量准确率达81%。

2、预测预报。如果某地现有一大片类似II号小区的侵蚀区，只要知道一次的降雨量和降雨强度就可以利用方程(4)计算出该地某次的土壤侵蚀量。例如，有一次该地出现降雨量为60毫米，雨强为6.5毫米/小时，代入方程(4)得

表 5

测区内实测值与回报值比较表

| $y_x = 0.03504X_1^{1.4623}X_2^{1.2103}$ |          |          |         | $y_x = 0.002351X_1^{2.2733}X_2^{0.8768}$ |          |          |          |
|---|----------|----------|---------|--|----------|----------|----------|
| 时 间                                     | 实测值      | 回报值      | 误差值     | 时 间                                      | 实测值      | 回 报 值    | 误差值      |
| 1984年6月1日                               | 573.3136 | 541.8288 | 31.4848 | 1983年6月16日                               | 27.3855  | 21.4027  | 5.9828   |
| 1984年6月21日                              | 44.1634  | 48.5004  | -4.3970 | 1983年7月26日                               | 7.0865   | 13.8832  | -6.7967  |
| 1984年6月23日                              | 15.4699  | 4.4748   | 10.9951 | 1983年8月7日                                | 15.8390  | 10.4237  | 5.4159   |
| 1984年7月5日                               | 36.9771  | 30.8387  | 6.1384  | 1983年8月20日                               | 20.4363  | 42.9662  | -22.5299 |
| 1984年8月8日                               | 238.4779 | 214.8938 | 23.5841 | 1983年8月21日                               | 392.1669 | 465.7213 | -73.5544 |
| 累 计                                     | 908.4019 | 840.5965 | 67.8054 | 累 计                                      | 462.9148 | 554.3971 | -91.4823 |

$$y_x = 0.002351 \times 60^{2.2733} \times 6.5^{0.8768} = 133.4976 \text{ (吨/平方公里)}$$

即这次的土壤侵蚀量为133.4976吨/平方公里。这样就可以不用建立径流观测场地，利用当地的气象资料测出土壤侵蚀量。

## 五、讨 论

1、根据一年内降雨量与土壤侵蚀量实测资料，在全省雨季的4—6月是土壤侵蚀最严重的时期。如果此时地表裸露或大面积疏松土层，必然促使土壤侵蚀量增大。因此，一定要在此期间最大限度地增加地面植被覆盖，减少破坏地表现象，减轻牲畜在陡坡地的践踏，减少在坡耕地上翻土，特别是较大的动土工程以冬季的10月至次年2月这一时期中进行最为理想。当然如能在土壤侵蚀区大量播种适生牧草，使雨季覆盖地表，效果将会更佳。

2、降雨量、降雨强度与土壤侵蚀方程式的建立，不仅可以帮助了解在这种条件下的土壤侵蚀量呈幂函数曲线分布，而且可以利用这个方程进行预测预报，推算其它类似地区的土壤侵蚀量，为同类地区的水土保持工程设计、水利工程设计和其它有关工程设计提供产生泥沙和淤积情况的设计参数和理论依据。

3、这个幂函数曲线预测预报方程，仅仅只考虑了降雨量( $x_1$ )与降雨强度( $x_2$ )对土壤侵蚀量( $y$ )的影响。欲对各种复杂情况进行全面控制，还有待进一步研究。

### 参考文献

- [1] W.C.莫尔登豪尔等，“土壤保持技术经验研究与设计方法”，胡晓铎译，《土壤保持的问题与展望》1984 p9—17。
- [2] 张阳生，“浅谈径流小区试验”，《中国水土保持》，1982年第2期 p47—48。
- [3] W.E.Larson, “Presidential Address, The Adequacy of World Soil Resources”, *Agronomy Journal*, Vol.78, No.2, March-April, 1986, p221-225
- [4] 王万忠，“黄土地区降雨特性与土壤流失关系的研究”，《水土保持通报》，1983年第4、5期。
- [5] 栗清林，“试论不同坡度、坡长、植被与水土流失的关系”，《中国水土保持》，1982年第2期p30—32
- [6] 李寅生，“林草地截滤泥沙的数学定量初探”，《水土保持通报》，1983年第2期

# STUDY ON THE LAW OF EROSION OF WEATHERING GRANITE AND ITS FORECAST EQUATION

*Zuo Changqing*

*The Office under the Committee of Soil and Water Conservation,  
Jiangxi Province*

## Abstract

Weathered granite areas are the important part of soil erosion in south-east China. In the corrupted area of weathered granite, two plots of natural slope were chosen in Tangbei small watershed. Having observed the rain capacity, rainfall intensity and the amount of soil erosion, we analyzed the three factors systematically, found the distributed law showing a curve with a double peak about the soil erosion every month in a year, and then set up a soil loss predict equation. It will present the scientific basis for the project of water conservancy, soil and water conservation and agricultural capital construction with improvement and utilization of granite erosion in the same regions.