

# 衡山花岗岩地貌过程与水土流失关系的研究

周学军<sup>1</sup>, 夏卫生<sup>1,2</sup>

(1. 湖南师范大学资源与环境学院, 长沙 410081; 2 中国科学院水利部水土保持研究所, 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 杨凌 712100)

**摘要:** 通过对衡山地貌和侵蚀过程分析, 发现地貌是影响土壤侵蚀的基本因素, 古代侵蚀地貌是现代地貌过程的基础, 也决定着现代土壤侵蚀发展的规律。人类活动不能改变这种规律, 却可影响土壤侵蚀的进程, 土壤侵蚀加速了现代地貌过程, 现代地貌过程的加速又强烈地影响土壤侵蚀程度和方式。用长时间尺度, 区分古代侵蚀与现代侵蚀, 正常侵蚀与加速侵蚀, 将更有利于监控现代地貌过程, 实施合理的水土保持措施, 防止加速侵蚀, 减缓现代侵蚀进程, 从而保护环境和风景名胜区。

**关键词:** 地貌过程; 水土流失; 加速侵蚀; 衡山

中图分类号: S157.1

文献标识码: A

文章编号: 1002-6819(2005)ZK-0076-04

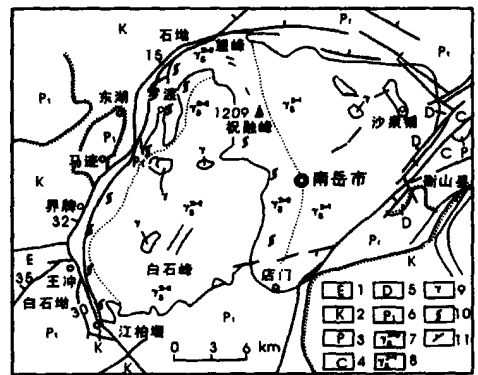
## 0 引言

衡山由燕山期复式侵入岩体组成, 整体呈北北东(NNE)走向, 位于湖南省中部, 湘江中游西岸。地理位置为27°2'~27°22'N, 112°32'~112°38'E, 北起福田铺, 南至樟木市, 东自南岳市, 西迄界牌镇, 南北长约40 km, 东西宽约17 km, 最高处祝融峰海拔1 289.8 m, 相对高差近1 200 m, 其他1 000 m以上高峰达55个, 登祝融可见湘江五曲回环并朝南岳, 如此山水相映, 素有“五岳独秀”美誉, 是我国著名的旅游胜地和国家森林公园, 其环境变化历来为众多学者和当地政府所关注。对我国以往水土流失的发生, 多认为西北主要发生在黄土地区, 而南方流失的对象主要是红壤和紫砂土。从衡山及南方众多花岗岩组成山地的观察中发现, 风化壳深厚或软弱的岩体也是南方水土流失严重地区之一。地貌过程和水土流失存在着相互作用的关系, 衡山是花岗岩地貌, 在南方具有比较典型的特性, 研究其水土流失与地貌过程的关系, 对进一步保护环境和景观具有重大的实际意义。

## 1 衡山古代地貌过程及对现代土壤侵蚀影响

衡山现代地貌的特征具有明显的成层性, 这种成层性显然与古代地貌过程有关, 同时也反映在现代侵蚀地貌上。

衡山的地面组成物质主要为一侵入于远古界和上古生界的复式岩体<sup>[1]</sup>, 与中生代红盆呈断层接触, 出露面积425 km<sup>2</sup>。燕山期第1次侵入的南岳岩体, 主要岩性为黑云花岗闪长岩, 同位素测定年龄为174 Ma; 燕山期第2次侵入的白石峰岩体, 偏心侵入位于南岳岩体西部, 主要岩性为二云二长花岗岩, 同位素测定年



1. 下第三系 2 白垩系 3 二叠系 4 石炭系 5 泥盆系 6 元古界  
7. 白石峰岩体 8 南岳岩体 9 小侵入体 10 片麻状岩石 11 断裂

图1 衡山花岗岩体地质略图

Fig 1 Geology figure of granite of Hengshan Mountain

龄为149 Ma; 稍后还有些规模不大的小侵入体, 分别侵入于上述两体中, 主要岩性为细粒(斑状)黑云二长花岗岩, 岩体四周被阿状断裂所围绕(图1)。自东北部紫盖峰起, 向西南经祝融峰、华盖峰、观音峰、白石峰, 止于佝嵴峰, 构成天然分水岭, 人们习惯上依此把衡山分为前山(东侧)和后山(西侧)两部分, 地貌上两部分各具特征。前述明显的成层性主要表现在前山: 自最高处祝融峰到狮子岩, 高度差300 m; 至半山亭, 高度又差300 m; 再下至忠烈祠又近300 m 高差; 最后到山麓的南岳市海拔仅100 余米。衡山自燕山运动中隆起, 以世界大陆较保守的平均侵蚀速率35 mm/103a 计<sup>[2]</sup>, 历经1 亿多年侵蚀剥蚀作用已被夷为准平原, 现今50 余个1 000 m 以上山峰连成的平面可为佐证。新第三纪以来的新构造运动, 使老的断裂重新活跃, 同时在东部山体内新出现了多条叠瓦式排列的断层, 把早第三纪时形成的夷平面推举到不同高度, 而呈现成层性, 该区地貌过程由此进入崭新的阶段。由于侵蚀基准面的大幅下降, 在其后近2 000 万年中, 块状山体被分割成彼此大致平行紧密排列的横向山脊, 脊背尖刃, 两坡陡峻, 坡角多在50°~60°, 各山脊从上至下都有多个三角面, 高出下一平梁200 m 左右, 三角面倾角在60°~70°, 有的几乎垂直。后山的地貌与前山大相径庭, 坡度均一而较为平缓, 因东部为梯

收稿日期: 2003-07-21

基金项目: 国家自然科学基金(40171062); 中科院知识创新重要研究方向项目(KZCX3-SW-422)

作者简介: 周学军(1949-), 湖南岳阳人, 副教授, 研究方向为土壤地貌与侵蚀方面。长沙 湖南师范大学资源与环境学院, 410081

级断裂掀升所至, 花岗岩外围的水成岩山体则成单面山与猪背山, 向外的倾斜达  $50^\circ$  左右(图2)。

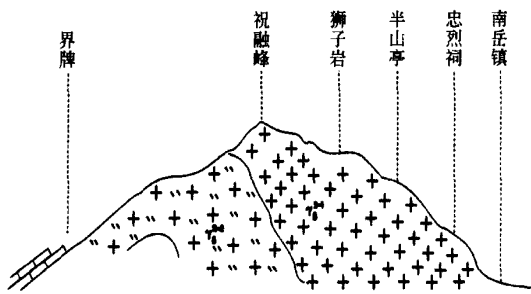


图2 衡山地形剖面示意图

Fig 2 Cross-section map of Hengshan Mountain

衡山地貌的轮廓是新第三纪以来各种内外营力长期综合作用的最后结果, 其古地貌的水土流失已具有稳定的过程趋势, 然而这种稳定是有条件的相对稳定。尽管水土流失受多种因素影响, 本质上是由于雨水落在地表产生径流, 侵蚀表土的结果, 水作为侵蚀的动力, 土则是侵蚀的对象。径流系数和径流量受天然植被覆盖率、土壤及岩性的保水和渗透性的强弱、地貌条件等综合作用的影响, 当这些因素关系正常时, 产生的是正常侵蚀, 地貌过程反映的是自然的作用过程, 即表现为自然侵蚀; 若某一因素恶化, 就有可能产生加速侵蚀。衡山最易改变的是植被盖度, 而植被盖度的改变又主要是受人类活动的影响, 伐林开荒, 使植被减少, 加大了径流系数和径流量, 尤其在衡山古代地貌过程所遗存脊尖坡陡的地貌形态背景下, 陡坡裸露时常出现水力引起加速侵蚀, 古代稳定的侵蚀地貌形态也会随之发生改变, 这种改变虽然缓慢, 但由于地貌过程和土壤侵蚀相互促进关系, 将深远影响土壤侵蚀的方式, 加剧侵蚀程度。地貌过程制约土壤侵蚀, 在非人类因素干扰下, 土壤侵蚀一样存在, 但这种侵蚀是正常侵蚀, 侵蚀程度非常轻微, 地貌过程和土壤侵蚀之间存在一定的和谐关系。

## 2 水土流失对现代地貌过程的影响

### 2.1 水土流失对地貌基本形态要素的影响

地貌形态特征可视为各种形态和坡度的斜面在空间的组合, 一定前提下的地貌过程, 实际是各种坡面随着表层物质的流失, 及其坡长、坡度、坡形的不断变化而变化的过程。水力侵蚀主要在坡地上发生, 在一定的范围内, 地面坡度愈大, 径流速度也愈大, 土壤侵蚀也更为严重, 坡长和冲刷程度呈正相关, 坡形、坡向也均对土壤侵蚀有一定的影响。正是土壤侵蚀的结果, 反过来使地面的坡度、坡长与坡形不断改变, E. B. 桑采尔早在20世纪60年代对此过程有过精彩的表述。由于花岗岩面风化疏松表层抗蚀力大致一样, 整个坡面可依次一层层地冲失。如图3所示, 假定原始均一的A—B坡面上, 径流量与离坡顶的距离成正比增加, 冲刷作用也随之增大, 到离坡顶有一定距离的位置上, 由于径流中所含泥沙增多, 流水为搬运泥沙所消耗的能量也愈大, 冲刷作用便

减弱并逐渐转变为堆积, 若山麓没有河流把堆积物带走, 原A—B—C坡面演变成A—D<sub>1</sub>—d<sub>1</sub>坡面, 随着土壤侵蚀的推进, 坡面依次演变成A—D<sub>2</sub>—d<sub>2</sub>与A—D<sub>3</sub>—d<sub>3</sub>等。从以上坡面变化过程不难看出, 随着强侵蚀带(图3中m—m'联线)不断上移, 整个斜坡的剖面由原来的直线形变成了由愈来愈陡(A—D<sub>2</sub>联线)和愈来愈缓(D<sub>1</sub>—d<sub>1</sub>联线)两部分组成的上凹形, 衡山目前以这种凹形坡面最为普遍, 由于其陡峭程度在离坡顶附近不断增加, 坡地物质愈见不稳定。通过对衡山不同坡度的坡面稳定性对比调查发现, 在地表组成物质、植被状况及雨量大体一致的情况下, 缓坡地( $15^\circ$ )侵蚀轻微, 年侵蚀模数小于  $3000 \text{ t}/(\text{km} \cdot \text{a})$  一般视为正常侵蚀, 而陡坡地( $45^\circ$ 左右)除面状侵蚀和线状侵蚀加剧外, 常伴随有滑坡、崩塌、泥石流等坡地重力运动, 年侵蚀模数可高达  $12\ 000 \sim 16\ 000 \text{ t}/(\text{km} \cdot \text{a})$ , 往往在短时间内使坡形发生较大改变, 这种土壤的加速侵蚀, 给景区景观和人们的生产生活造成很大的破坏作用。坡地变陡在相当的时间内是不可逆转的, 对这种处于加速侵蚀中的坡面形态除了增加坡面自然植被和加强预防监测外, 应尽量减少人为的干扰。

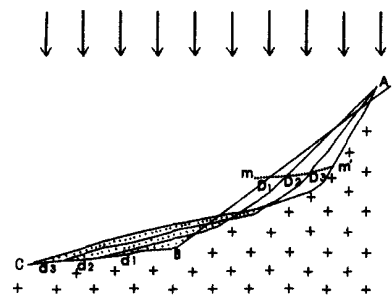


图3 斜坡侵蚀过程示意图

Fig 3 Sketch map of soil erosion process on slope land

### 2.2 水土流失对地貌发育的影响

水土流失不仅按常规或超常规地改变地表坡面形态, 还加速地貌的发育过程, 塑造出不同的地貌组合形态。衡山作为花岗岩组成的山地, 具有结晶块状构造, 厚度也很大, 侵蚀作用向纵深发展时不会遇到岩性上有任何显著的更改。一般而言, 未经风化的新鲜花岗岩非常坚硬, 抗蚀能力很强; 其次, 因其致密, 地下水不易下透岩体中, 而使风化作用停留在岩体表面。若有节理系统存在, 又没有植被保护时, 上述特点将大为改变, 侵蚀剥蚀作用表现得非常活跃, 地貌发育也呈现出多姿多彩。

#### 2.2.1 岭脊地带中度侵蚀与石蛋地貌

石蛋地形是衡山不少岭脊地带的特色景观。衡山花岗岩体中小型构造较多, 尤以北  $15^\circ$  至  $20^\circ$  东及与此大至垂直的两组节理最为发育, 这种立方系统节理在全年湿润而没有植被保护时, 一方面使水分不断沿节理向下渗透, 进行化学分解作用, 加之中亚热带夏日高温条件使岩石中铁质的氧化和地下水的含酸量增加, 更加速化学风化作用的进行; 在没有植被的地方岩体裸露, 当灼热的岩体表面遇到暴雨袭击, 热胀冷缩产生裂隙, 往往成

为侵蚀作用深入的开始点。裸露岩体剧烈的风化作用沿立分系统节理深入后,暴雨把风化物质移走,花岗岩地面常见的层层剥蚀方式在这里代之以岩体分离成块,分离石块的棱角部分最易崩削,残留的石块逐成浑圆形的石蛋,狮子岩景点就是由大石蛋组成,直径达 20 m 以上,小石蛋的直径经常在 1~2 m 间,即使小石蛋原来高于平均地面,仅以突出地面 2 cm,众多覆草的土墩高度计算,也相当于该类地带近几十年的侵蚀量。南岳 800 m 以下主要受东南气流影响,800 m 以上全年约 8 个月还受到西南气流控制,山岭地带年降水量达 2 074.4 mm,且降水集中,4、5、6、7 四个月可占全年 70%,最大月降水为 360~410 mm (5 月)。暴雨作用越大,石蛋地形也就越发达。除岭脊地带外,在坡地转折地段也都可形成石蛋。石蛋形态常具有象征性,往往成为人们喜爱的风景名胜,但其形成、发展标示着侵蚀作用在加强。

### 2.2.2 坡谷地带强度侵蚀与暴流地貌

要减少坡地水土流失,除了要求地面有好的透水性,还必须要有好的抗侵蚀性。如果仅仅有好的透水性而无好的抗侵蚀性,不但不能减少水土流失,反而更容易酿成水土流失灾害。衡山东西两坡自然条件存在较大差异,气温和降水均前山大于后山,但植被却后山优于前山。后山竹林茂密,自然植被较广;前山由于人为破坏严重,多人工栽种的马尾松和杉木林,阔叶树种仅在寺庙周围有零星分布。在前山白石峰一带,2000 年 6 月连续暴雨后,数十个滑坡体从陡坡连同树木直泻而下,在坡地下部沟谷中汇成泥石流冲到山口河道中,2 年后滑坡的遗迹仍象布条一样挂在坡上绿树间,十分醒目。究其原因,一是与这里 20~30 m 厚的风化壳有关,松散的风化壳固然透水性很好,但遇到高强度降水时,大气降水迅速将其渗透并使之流态化<sup>[3]</sup>,一旦下伏新鲜基岩面积水较多,风化壳便与基岩面间产生松动,滑坡、泥石流等重力地貌必然发生;二是与植被性质有关,这里森林覆盖率虽较高,但为人工的单一林相,高大的松、杉林的根系虽在增强水向地下深入渗透方面作用较大,却缺乏草本灌木丛的根系在加固地表物质方面的作用,加之人工植树过程中或多或少破坏了土层的自然结构,相较乔、灌、草混杂自然生长的混交林植被保持水土的能力差距甚远,这也给我们努力增强地表植被时提出了新的思考。

滑坡、泥石流等地貌是水土流失塑造现代地形的典型。在衡山这种容易形成突发性水土流失灾害的深厚风化壳分布地带,植被郁闭度 < 0.5 时,基本都属于强度侵蚀区,年侵蚀模数可达 8 000 t/(km·a),前述 2000 年滑坡型泥石流一次便可下切沟床 4 m 余。该区更为常见的现代侵蚀地貌则是集水盆地地形与沟谷地形的组合。暴雨径流在凹形坡面上发生下切后,很快出现长条形切沟,切沟的沟头则为集水盆,在风化壳深厚、尤其植被缺乏的有利条件下,集水盆发展非常迅速。当几条相邻切沟一齐汇合,使集水盆相互合并成更大的复合状集水盆地,有时可使山坡形成一个大缺口状。由于集水盆地大量积水集中流出,每每把集水盆下方的山坡切割成深狭

的排水沟谷,为把大量洪水在短期内排泄,沟谷都被深切并有较大坡降。由于沟谷侵蚀作用不平衡,沿途常形成瀑布、跌水、瓯穴等微地貌。衡山古侵蚀地貌继承新构造运动中梯级抬升的成层性,古侵蚀沟也具有陡、缓更替的特征。来自侵蚀沟谷的泥沙多停积在其下方主谷中的平缓段,而未流出山口形成山麓冲积扇。这些强度侵蚀地形多数是目前形成的现代地形,以 20 世纪 60 年代调查结果与现状比较,证明其生成只三五十年历史,而这期间衡山与全国很多山区一样经历几次森林浩劫,说明花岗岩区水土流失与地貌加速发育中人为因素是不可忽略的。

### 2.2.3 山麓丘岗超强侵蚀与崩岗地貌

衡山山麓 200~300 m 高程花岗岩全风化丘岗分布较为宽广。据调查,原先丘岗多有厚 1 m 左右的红土层覆盖,森林茂密。由于长期农业上的不合理利用,森林全部砍伐,地表径流侵蚀掉上层红土后,物理风化和化学风化都强烈的粗砂质土层暴露地表,该层石英砂粒和砂质成分很重,质地极为疏松,完全没有团聚结构<sup>[4]</sup>,渗透性强但抗蚀力极差,是目前衡山超强度水土流失区。无需较大坡度,暴雨也能在凹形坡面上侵蚀出沟壁陡峭的切沟,沟壁和沟头不断崩塌后退,最后形成平面形态如掌状或扇形的崩岗地貌(图 4)。50 年时间内,地面平均蚀去 1.2 m 左右,侵蚀模数不亚于陕晋沙化黄土丘陵区。崩岗侵蚀反过来成为衡山花岗岩区最剧烈的侵蚀方式。目前虽反复植树,但成活率较低,植被的自然恢复几乎不可逆转,崩岗地貌的发育大多仍处于活跃期。

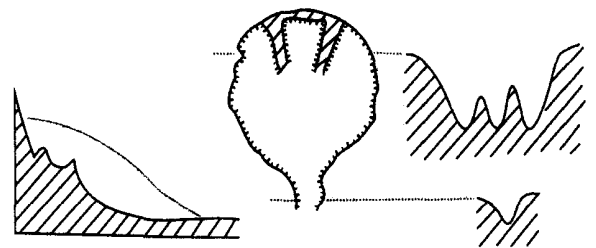


图 4 崩岗地形纵、横剖面与平面示意图

Fig 4 Sketch map of longitudinal and transverse profile and flat surface on the landform of collapsed ridge

## 3 结 论

1) 水土流失是一种自然规律,它受制于降雨、土壤、地质、地貌、植被等自然因素的影响,只要这几者关系正常,地表经受的是正常侵蚀,土壤流失轻微,地貌过程也就处于稳定状态。人们在水土保持工作中的努力,就是使水土流失保持正常侵蚀状态。

2) 影响水土流失的诸自然因素中,植被条件是最易改变的因素。一个地区的原生植被和植被的自然恢复能力固然由自然因素决定,但现代人类不合理的经营活动,往往对植被的分布产生严重的干扰,原有的天然植被经破坏后往往是不可逆的,自然植被一旦破坏,必然引起加速侵蚀,也使地貌过程加速。单一的人工乔木林虽在一定程度上可缓解水土流失,但相较自然生长的

乔、灌、草混杂的混交林植被保持水土的能力差距甚远。该区调查结果显示, 郁闭度 $> 0.8$ 的自然乔、灌、草结构的地面侵蚀模数在 $800 \text{ t}/(\text{km} \cdot \text{a})$ 以下, 而同等郁闭度的单一人工针叶林侵蚀模数多为 $2000 \sim 5000 \text{ t}/(\text{km} \cdot \text{a})$ , 今后人们努力增强地表植被时应仿效自然, 形成草、灌、乔三者结构合理的稳定植被群落。

3) 地貌作为影响水土流失的重要因素, 其中坡度、坡长、坡形、坡位、坡向等地貌因子都能在不同程度上影响水土流失, 各因子组成的不同几何图形(地貌)面, 对营力作用的反馈不同, 因此地貌制约着水土流失的程度。同时水土流失过程也影响着地貌过程, 随着侵蚀强度的增加, 不仅使各种地形表面的土层更浅, 有机质含量亦更少。据土壤普查资料统计, 衡山每年损失有机质 $3.26 \text{ t}$ , 导致土壤瘠薄, 地力下降, 更不利于植物的生长, 面状、线状等水力侵蚀更加强烈, 反过来又对地貌改变和塑造产生巨大的影响。

4) 地貌因子一般情况下受自然力控制, 是较难改变的稳定因子, 但在我国南方花岗岩分布面积相当广大

地区, 有的单个花岗岩体达 $4 \text{ 万 km}^2$ 以上, 在南方特定的气候、生物条件下, 一般发育有 $3 \sim 5 \text{ m}$ 或百余米厚的风化壳, 这种风化壳一旦植被被破坏而裸露, 在山体中上部, 极易产生重力地貌(滑坡、崩塌等), 在山麓地带则短期内就可形成崩岗地貌, 这时地貌因子变得不再稳定, 尤其是崩岗侵蚀一旦出现, 往往成为花岗岩区最剧烈的侵蚀方式, 部分地段侵蚀模数高达 $44000 \text{ t}/(\text{km} \cdot \text{a})$ , 形成灾难, 一定时间内很难治理、逆转, 将长期影响着水土流失。

#### [参 考 文 献]

- [1] 张进业. 衡山变质核杂岩体西缘剥离断层及其对铀成矿的控制作用[J]. 铀矿地质, 1994, 10(3): 144- 105
- [2] Stoddart D R. Geography and the ecological approach, Geography 50[M]. 1995, 242- 251.
- [3] 刘家仁. 从地质学角度试谈水土流失治理措施的改进[J]. 贵州地质, 2001, 18(3): 196- 204
- [4] 王效科, 等. 中国水土流失敏感性分布规律及其区划研究[J]. 生态学报, 2001, 21(1): 14- 19.

## Relationship between granite geomorphic process and soil erosion of Hengshan Mountain

Zhou Xuejun<sup>1</sup>, Xia Weisheng<sup>1</sup>

(1. College of Resource and Environment Science, Hunan Normal University, Changsha 410081, China;

2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences and Ministry of Water Resources, Yangling 712100, China)

**Abstract** The analysis of geomorphic and erosion process of Hengshan Mountain shows that the topographic feature is the basic factor impacting on soil erosion. Antiquity erosion topographic feature is the base of current topographic course, and decides the developing law of current soil erosion. Human activity cannot transform this law, but can affect the progress of soil erosion, and soil erosion can make the current geomorphic course accelerate. This acceleration reacts soil erosion intensity and pattern. Distinction from the antiquity and current soil erosion, normal and accelerating soil erosion using long time dimension will be beneficial to supervise the current geomorphic process and adopt more justified methods of soil reservation, to prevent accelerating soil erosion and retard current soil erosion process, then protect environment and scenery.

**Key words:** geomorphic process; soil erosion; accelerating soil erosion; Hengshan Mountain