

# 水土流失与地貌侵蚀

朱忠礼 莫多闻 徐海鹏

(北京大学城市与环境学系 北京 100871)

**摘要** 物质的侵蚀-搬运-堆积是地貌发育的主要过程。水土流失目前主要是指第一阶段即地貌发育的侵蚀过程。地貌的侵蚀一般被分为两类:自然侵蚀和人为侵蚀,而人为侵蚀被认为是水土流失的主要原因。笔者认为,人类活动固然加剧了侵蚀过程的发生,但它是在自然侵蚀的基础上进行的,它是符合自然侵蚀规律的。在目前的社会条件下,水土流失的治理不仅仅是减少人类活动的影响,而应该是使人类活动在地貌演化过程中扮演因势利导的角色,使其向着人类有利的方向发展。

**关键词** 地貌演化 人类活动 水土流失 自然侵蚀 加速侵蚀

## Water and Soil Loss and Geomorphology Erosion

Zhu Zhongli Mo Duowen Xu Hai peng

(Department of Urban and Environmental Sciences, Beijing University Beijing 100871)

**Abstract** The erosion-transport-deposit of weathering sediment is one of the important process of geomorphology development. And water and soil loss is lied on the first stage, i.e., the erosion process of geomorphology development. Generally, geomorphology erosion is divided into two types: natural erosion and man-made (accelerated) erosion. Now the man-made erosion is taken as the main factor that controls the water and soil erosion. We acknowledged that the human activity did strengthen the development of water and soil loss, but the man-made erosion is on the base of the natural erosion, and it can't be separated from natural erosion. Under the circumstance of current society, the control of water and soil loss shouldn't only rely on decreasing human activity, but also make human activity play a guide action according to geomorphology evolution, and make the evolution favored to human's sustainable development.

**Key words** geomorphology evolution human activity water and soil loss natural erosion accelerate erosion

水土流失,国外一般称之为“土壤侵蚀”,其实是一种主要的地貌演化过程。地貌演化主要是通过风化物的侵蚀、搬运与堆积才完成的,而水土流失就是前两种过程的表现。尽管人类活动被认为是主要形成水土流失的激发和影响因素,而且的确是随着人类对地球表层岩石圈、生物圈

改造程度的增强, 水土流失呈现加剧的趋势。但究其原因, 水土流失仍然是地貌演化中的一环, 或者说一种受到人类影响的地貌过程。本文拟就水土流失的概念和实质出发, 探讨水土流失中自然侵蚀和加速侵蚀的关系。

## 1 水土流失的概念及其实质

《中国大百科全书》对水土流失所下的定义如下: 土壤在水的浸润和冲击作用下, 结构发生破碎和松散, 随水流动而散失的现象<sup>[1]</sup>。《地理学辞典》水土流失条目为: 缺乏植被保护的土壤表层, 被雨水冲刷后引起跑土、跑肥、跑水, 使土层逐步变薄变瘠的现象。土质疏松的丘陵山区或砂土质平原坡地, 在植被被破坏、利用不当或耕作不合理的情况下, 往往引起严重的水土流失<sup>[2]</sup>。Conservation of Natural Resources 一书对土壤侵蚀的定义为: 土壤侵蚀是一种自然地貌过程, 指在重力的帮助下, 风和雨水将地表物质从高处移到低处<sup>[3]</sup>。

尽管概念各异, 但其表达的水土流失的实质是清楚的: 即地表物质的迁移。地表物质的迁移必然遵循地貌学的最基本的规律: 重力、水、风、冻融等作用下的蚀高填低。水土流失的这一本质, 决定了它与地貌演化有着不可分的关系。

## 2 地貌演化与水土流失

尽管戴维斯的循环学说受到了这样和那样的批评, 但他天才地揭示了地貌演化的总体趋势却是不容抹煞的: 随着时间的推移, 地表形态和地貌景观将从其初始状态向平原化方向发展。尽管构造作用可能会引起地貌的局部变化甚至回春作用, 但其后的地貌演化仍然会朝着同一个方向发展下去。而这种演化所要求的过程就是地貌学的风化、侵蚀、搬运和堆积。其中, 侵蚀、搬运就是水土流失。

地貌是内营力和外营力共同作用于地表的結果, 地貌演化的过程就是水土的流失与重新堆积的过程, 故而控制影响地貌演化的因素也必然控制和影响水土流失的发生与发展。

### 2.1 构造运动与水土流失

构造运动是地貌演化的前提, 构造运动引起的势能重组, 是引起地貌侵蚀和搬运的根源。剧烈的构造运动形成了陆地、海洋以及山地、盆地和平原地貌的分异, 从而也为地貌演化提供了动力和方向。在我国, 形成了四个阶梯状地势面: 青藏高原地区、大兴安岭——太行山——巫山——雪峰山一线以西地区的山地和高原地区、上述一线以东平原地区、沿海大陆架和岛缘陆架。这也就决定了水土流失主要发生在第一、第二级阶梯而不是东部平原区和沿海大陆架。

而局部构造运动则对小区域内的水土流失起着一定的控制作用。其中构造运动的方向、强度和幅度以及类型都影响水土流失的发生和强度。例如在银川盆地长期下沉, 冲积平原发育, 地势平坦, 坡度仅 1/4 000, 水土流失微弱, 其西的贺兰山为强烈上升区, 山势陡峭, 沟谷深切崩塌、滑坡时有发生, 水土流失比较严重。宁南山地为侧向挤压的产物, 北坡陡, 南坡缓, 故水土流失北坡甚于南坡。灵盐台地也是上升区, 但上升幅度小, 目前与平原的高差仅 200 m, 现代剥蚀侵蚀作用不强, 水土流失轻微<sup>[4]</sup>。对黄土高原的构造抬升程度与侵蚀产沙量比较也可以发现, 受近期构造抬升影响的地区与严重侵蚀地区大致吻合, 构造抬升强度(按等级划分)和流域产沙量之间的统计分析也证实了这一结论<sup>[5]</sup>。

### 2.2 地表物质组成及其性质

地表物质是地貌侵蚀、搬运的客体, 是风化的产物, 其物质组成和性状特征, 极大的影响着地貌侵蚀中的产砂和产流, 也就是影响着水土流失的强弱。按照成因不同, 地表物质可以分为两大

类:各种岩石及其上的薄层风化物,第四纪松散堆积物。基岩因其成岩环境、矿物组成、化学成分的不同,其风化物性状和风化程度都有较大的差异。粗粒花岗岩、片麻岩、花岗闪长岩和页岩、片岩等,表层极易形成松散的粒状或碎块状,易遭受侵蚀。而石英岩、石英砂岩、石灰岩等抗风化作用较强的岩石形成的地表,则难以受到强烈的侵蚀。而对于第四纪松散堆积物来说,在有流水和坡度的地方,都易于发生强烈的水土流失。我国的黄土高原就是十分明显的例子。

黄土高原是我国水土流失最严重的地区,流失面积达43.4万 $\text{km}^2$ ,占全区总面积的69%,其中严重流失面积27.6万 $\text{km}^2$ ,约有50%的侵蚀模数超过5000 $\text{t}/\text{km}^2$ ,占全区总面积的44%。造成这种情况的原因一方面是由于气候和人类活动的影响,但更重要的是由于黄土本身的性质决定的。黄土主要由0.05~0.01mm的粉砂粒组成,其含量一般在45%~46%;其次是<0.005mm黏粒组,含量一般在15%~25%,很少有大于30%的;其他粒组含量都不多,而且几乎没有>0.25mm的颗粒。我国黄土,除柴达木盆地以外,其粒度组成大体亦如此。洛川不同时代黄土中的 $\text{CaCO}_3$ 含量范围为3.6%~20.9%,平均为11.6%,剖面自下而上,有节奏地波动上升<sup>[6]</sup>。黄土的性质表明,黄土是最易受到侵蚀的沉积物。粒度上它正好处在尤尔斯特龙图解的侵蚀搬运区(图1);化学上,大量的碳酸盐遇水溶解破坏黄土的结构,也是导致黄土湿陷性的主要因素之一;结构上,大孔隙和垂直节理发育,导致沟道的重力侵蚀。

### 2.3 植被

植被覆盖率的大小,对地表物质移动的影响很大。一方面,植被尤其是草本植物可以减弱地表的粗糙度,降低雨水对地面的冲击力,根系可以固土和改善土壤结构,林地枯枝落叶层可以保护地面,提高地表的抗蚀性。另一方面植被可以截留降水,涵养水源,减缓集流速度和集流量,削弱对地表的侵蚀力。同时,植被可以改善局部的小气候,影响降雨和风化过程。研究表明,植被覆盖度达到50%以上,侵蚀量可以减少70%<sup>[8]</sup>,而植被覆盖度在30%以下的地区,侵蚀模数可以高达数千吨级。可见,植被覆盖率是影响水土流失的重要因素。

### 2.4 降水

降水对地貌侵蚀作用的影响体现在两个方面:一是降雨强度,一是降雨量。降雨强度越大,对地表的冲刷力也就越大,击溅、搅动所引起的土壤侵蚀量也就越大。而降雨量的大小则直接控制了流域的产流量和径流的侵蚀搬运能力。其他如降雨历时、瞬时雨率、以及降雨雨型等也对土壤侵蚀产生一定的影响,这从我国严重水土流失区的地区分布特点也可看出。在我国,水土流失最严重的地区不是降雨强度大、降雨量多的南方地区,也不是极端干旱的西北内陆地区,而是半干旱半湿润地区。湿润地区年降雨量虽然大,但季节分布均匀,植被覆盖度大,干旱地区虽然地表物质结构松散,植被覆盖度小,但降雨量少,缺乏侵蚀力。而半干旱半湿润地区降雨集中,强度大,并且植被相对稀少,地表物质结构松散,同时存在三个有利于侵蚀的因素,侵蚀强度最大。这在黄土高原地区表现最为明显。

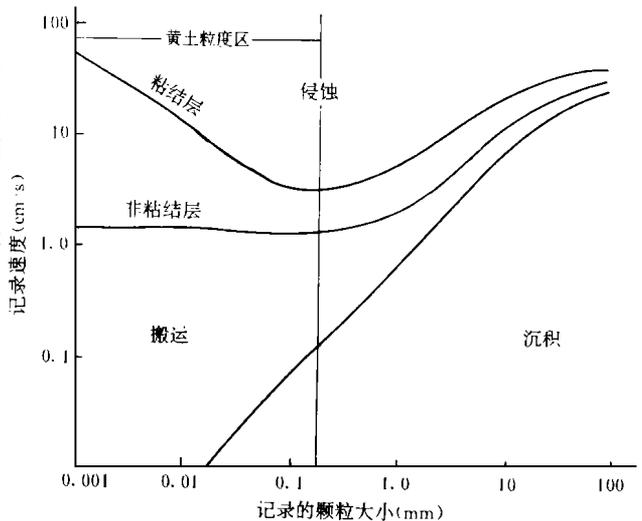


图1 黄土尤尔斯特龙图解中的位置[7]

## 2.5 地貌演化的阶段

地貌演化的过程就是水土流失与堆积的过程。在地貌演化的不同阶段, 侵蚀和堆积的速度是不同的。在地貌发育的初期和后期, 侵蚀堆积的速度往往很低, 而地貌发育的壮年时期, 往往是侵蚀堆积最旺盛的时期。对于一个流域来说, 流域形成的初期, 集水面积小, 径流弱, 侵蚀力小, 侵蚀面积小, 从而侵蚀量也最小, 发育缓慢。而流域演化到晚期, 地势已经十分低平, 侵蚀区和堆积区高度相近, 尽管流域面积大, 但能量低, 侵蚀堆积速度较小。在地貌演化的中间阶段, 流域范围已经基本达到最大, 集水面积大, 高差大, 径流强烈, 侵蚀力大, 侵蚀堆积速度也最快, 也就是说这个阶段的水土流失最大。在黄土高原, 沟谷的发育也是如此。沟谷发育的初期, 面蚀向细沟、浅沟演化, 侵蚀量很小, 而当冲沟开始发育, 则不仅有径流的强大侵蚀, 重力侵蚀也是形成水土流失的重要部分。

## 2.6 人类活动

尽管有影响力的人类活动才只有数千年时间, 但对于水土流失的影响已经被认为是达到了十分严重的程度。人类活动的影响一方面表现在对植被的破坏上, 另一方面也体现在直接改变了土地的性状。耕作过程使得土壤变得更加疏松和更加易于被侵蚀, 直接的工程建设则改变了坡度、河流过程、矿山开采过程产生的碎屑物质分布等。而人类活动的另一个主要间接影响则是人口压力使得人类不得不向那些本来就不适于人类居住的地区扩展, 从而使得本来不是灾害的过程也由于影响了人类的活动而成为了一种灾害。

## 3 水土流失的分布与地貌部位

水土流失的分布与地貌类型及地貌部位有着直接的关系。不同的地貌类型, 侵蚀作用的强度和方式也有很大的差异。平原地区侵蚀作用相对较弱, 而中低山、丘陵区则往往是水土流失的严重区。在一个地貌类型的不同部位, 水土流失的分布也是不同的。例如在流域地貌系统中, 水土流失主要发生在流域的侵蚀区内, 而且最严重的部位是各支流的沟头部位, 而不是干流。在我国大的地貌单元上, 第二阶梯是水土流失的重点地区, 主要的强侵蚀中心都是分布在这个带上, 尤其是黄土高原和云贵高原, 这一点, 从各大流域的输沙模数分布图上是看得很清楚的<sup>[8]</sup>。在小的地貌单元中, 水土流失的主要发生点是在坡地、低山、丘陵和沟壑区, 在黄土高原则表现为塬边沟头溯源侵蚀。董志塬东西宽度由唐代后期的 32 km 到现在的不足 18 km, 其塬面缩小不是由于面上侵蚀, 而是主要发生在塬边的坡地、沟谷上<sup>[9]</sup>。

## 4 自然侵蚀与加速侵蚀在地貌侵蚀中的位置

目前, 对侵蚀常分为两种类型: 自然侵蚀和加速侵蚀。自然侵蚀是一种地质过程, 受自然演变规律的支配, 是没有人类活动影响下发生的侵蚀作用。而当自然侵蚀过程受到人类活动影响而加速发展, 达到了对土地利用产生不良影响和引起下游河道加剧淤积而影响防洪安全时, 就变成了加速侵蚀。那么, 在水土流失中, 二者所占比重如何呢? 陆忠臣等根据黄土高原自身大量的、包括地质时期的实际资料, 通过理论分析和计算, 结合他人的理论成果, 得到了黄土高原加速侵蚀量和自然侵蚀量所占的百分比: 在目前情况下, 黄土高原的自然侵蚀占 70%, 加速侵蚀占 30%<sup>[10]</sup>。也就是说, 黄土高原至今仍以自然侵蚀为主。

## 5 人类活动在水土流失中的作用

人类活动作为一种地貌营力对地貌的作用, 在人类出现以来数百万年中并不明显, 甚至可能

比不上啮齿动物的规模,但在铁器进入农业生产以来特别是工业革命以来,随着人类对自然改造能力的增加和人口大幅度增长,人类活动在地貌发育中的作用越来越大。而在水土流失的形成和加速过程中,则一直被认为是一个重要的因素。人类活动对地貌的影响可以分为直接和间接作用两种。

直接作用主要表现为人类直接作用而产生的剥蚀-搬运-堆积过程,如矿山开采、修路、开凿隧洞等使得大量固体物质剥离原地而被搬运堆积于他处。另外,人类的耕作,改变了地表物质的结构和性质,对边坡的破坏增加了不稳定因素,这些都使得地貌侵蚀更加严重。

间接作用主要是人类破坏地表原始植被,加速水土流失的发生和发展。地表森林、草原植被的破坏,是表层土壤失去保护,产生水土流失;表土的开垦和耕种,进一步加速水土流失,特别是无保护措施的坡耕地,在夏季暴雨径流的冲刷下,是大量地表土壤物质从丘体上部侵蚀搬运至沟谷、洼地中堆积。同时,植被破坏,还使得生态环境破坏,进一步加速了地貌的侵蚀过程。

然而,我们应当看到,人类活动对地貌侵蚀的影响作用并不是决定性的,起决定作用的还是自然因素。人类活动在自然演化的基础上由于改变了个别因素的平衡而导致了水土流失的加剧,但并不是说人类活动越剧烈水土流失就越严重。对比我国人口密度和水土流失强度的分布可以看到二者并无直接的因果关系。侵蚀强度大的地区,人口密度却小,人口密度大的地区,侵蚀强度却小。如黄土高原地区侵蚀强度超过 $5\ 000\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ ,而人口密度只有 $10\sim 100\text{人}/\text{km}^2$ 。而湿润地区的湘江流域,人口密度为 $270\text{人}/\text{km}^2$ ,而侵蚀强度则小于 $1\ 000\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ <sup>[8]</sup>。另外,人类活动对地貌侵蚀还有着控制作用。对边坡的各种工程措施,对滑坡、滑塌的防护措施,对泥石流沟谷的治理等,对坡地的合理利用(如修梯田、鱼鳞坑、合理安排作物种类)等,都延缓了地貌侵蚀的速度。同时,人类活动相当于地貌的发育来说,还只是极短小的一段时间,其规模强度对地貌发育的原动力来说,还是很小的。面对地貌演化中的众多影响因素,人类活动所能改变的只是植被和表土,人们还控制不了气候、构造、地貌演化阶段和岩石的类型及风化。因此,人们一定要正确认识人类活动在地貌侵蚀中的位置,在水土流失的治理中才能做到按照自然发展的规律合理地进行。

## 6 结 论

水土流失实质上就是地貌演化的一环,只要地貌演化不停止,水土流失就不会停止,当然试图根治水土流失也是不现实的。但是,人类活动对水土流失的破坏作用却可以通过对水土流失规律的认识来加以改善,自觉地按照地貌过程发展的规律将其向有利于人类生存的方向引导,是可以有效的延缓水土流失的过程,并最终达到社会的可持续发展。

### 参考文献

- 1 中国大百科全书(环境科学卷).北京:中国大百科全书出版社,1983
- 2 地理学辞典.上海:上海辞书出版社,1982
- 3 David A. Castillon Conservation of Natural Resources Iowa:Wm. C Brown Publisher, 1992
- 4 中科院黄土高原综考队.黄土高原地区自然环境及其演变.北京:科学出版社,1991
- 5 陆兆熊,蔡强国.黄土高原地区土壤侵蚀及土地管理研究进展.水土保持学报,1992(4)
- 6 中科院黄土高原综考队.黄土高原地区环境治理与综合开发研究.北京:中国环境科学出版社,1995
- 7 R. C. 塞利.沉积学导论,吴贤涛,胡斌译.北京:煤炭工业出版社,1985
- 8 景可,陈永宗.我国土壤侵蚀与地理环境的关系.地理研究,1990(2)
- 9 马乃喜.黄土地貌演化与土壤侵蚀关系的分析.水土保持通报,1990(2)
- 10 陆忠臣,贾绍凤,黄克新等.流域地貌系统.大连:大连出版社,1991