

# 基于 DEM 的山东沂沭泗河流域地貌演化 与水土流失研究

孙希华<sup>1</sup>, 姚孝友<sup>2</sup>, 周虹<sup>2</sup>, 黎家作<sup>2</sup>, 李平<sup>1</sup>

(1. 山东师范大学 人口资源与环境学院, 山东 济南 250014; 2. 水利部淮河水利委员会, 安徽 蚌埠 233001)

**摘要:** 水土流失其实是一种主要的侵蚀地貌演化过程。本文以戴维斯提出的地貌侵蚀循环学说和斯特拉勒(N. Strahler) 提出的高程—面积分析法为基础, 把高程—面积分析法运用到流域地貌发育研究之中, 把山东沂沭泗河流域山丘区地貌发育阶段分为壮年期和老年期。各流域土壤侵蚀模数平均值、土壤侵蚀强度综合指数的大小与其地貌发育阶段呈良好的对应关系, 说明尽管人类活动是加剧土壤侵蚀的重要原因, 但地貌发育过程对土壤侵蚀的影响同样重要。

**关键词:** 自然侵蚀; 数字高程模型; 地貌演化; 高程—面积分析法

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2005)04-0024-05

中图分类号: S157.1; P931.91

## Research on Erosion Landforms Evolution and Water and Soil Loss in Yishusi Valley Based on DEM

SUN Xi-hua<sup>1</sup>, YAO Xiao-you<sup>2</sup>, ZHOU Hong<sup>2</sup>, LI Jia-zuo<sup>2</sup>, LI Ping<sup>1</sup>

(1. College of Population, Resource and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250014, Shandong Province, China;

2. Huaihe River Commission Ministry of Water Resources, Bengbu 233001, Anhui Province, China)

**Abstract:** Water and soil loss is an important landforms evolution course. Based on the theory of landforms erosion circulation and DEM analysis used as the method in the research of valley landforms evolution, the period of landforms evolution of massif region in Yishusi Valley is divided into youth period and old period. The correlation of soil erosion potential danger and soil erosion intensity comprehensive index and landforms evolution period implies that both human activity and landforms evolution period are of importance in soil erosion.

**Keywords:** physical erosion; DEM; landforms evolution; elevation-area integral

物质的侵蚀—搬运—堆积是地貌发育的主要过程。水土流失其实是一种主要的侵蚀地貌演化过程。自然侵蚀是一种在纯自然力作用下进行的地貌演化过程, 土壤侵蚀是地貌演化的必然结果, 即它只受自然规律的支配, 是没有人类活动影响下发生的侵蚀作用, 地壳内外营力的相互作用构成了周而复始的地表侵蚀循环。人类活动对地貌的影响可以分为直接和间接作用 2 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; 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。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、地貌演化阶段等。自然地理环境要素在区域分异规律的作用下, 形成了现在的侵蚀地貌和自然

区位条件, 决定着区域土壤背景侵蚀。区域土壤背景侵蚀是指现代加速侵蚀以前的地质侵蚀, 是由区域自然区位条件制约的, 是在地域分异规律作用下形成的侵蚀地貌, 反映了现代加速侵蚀前的土壤侵蚀的自然景观<sup>[1]</sup>。所以, 研究土壤侵蚀有必要研究区域土壤背景侵蚀。

## 1 研究区概况

研究区位于淮河上中游地区的山东淮河流域, 即常说的沂沭泗河流域, 包括山东的沂河、沭河、泗河流域以及东部沿海傅疃河流域, 总面积 31 695.15 km<sup>2</sup>。研究区位于鲁中南山地和鲁东丘陵的过渡地带, 地势总体上由西北向东南倾斜, 呈西高东低, 东西两侧隆起, 中间平原低陷的地貌特征。蒙山龟蒙顶, 海拔 1 156 m, 是该区的最高峰, 平原区最低海拔低于 20 m, 地形起伏较大。

## 2 研究方法

### 2.1 数字高程模型的建立

研究区数字高程模型(DEM)的建立采用屏幕跟踪数字化的方法直接获得,使用了6幅1:25万地形图,图号为I-50-3, I-50-4, I-50-7, I-50-8, J-50-15, J-50-16。利用ARCGIS软件中的ARCEDIT模块对地形图扫描数据经过屏幕跟踪矢量化、编辑、赋值、修改、坐标转换及接边等作业步骤,产生用于地形地貌分析的原始等高线和高程点数据<sup>[2]</sup>,对原始高程数据利用不规则三角网方法进行高程内插,使用ARCGIS软件中的Arcpoint和Spline命令生成内插网格数据,DEM由30×30正方形栅格构成。每一个栅格同时具有所在位置的地理坐标和高程属性<sup>[3]</sup>。

### 2.2 斯特拉勒曲线

1899年地貌学奠基人戴维斯(Davis)提出了地貌侵蚀循环理论:在地貌营力作用下,平坦地面抬升过程中依次经历幼年、壮年和老年的发育3个阶段,不同阶段地势起伏变化、经历时间不同。该理论把时间和过程带入地貌学。20世纪50年代,美国理论地貌学家斯特拉勒(N. Strahler)提出的高程—面积分析法将戴维斯地貌循环理论量化,把高程—面积分析法运用到流域地貌发育研究之中,此方法的建立,推动了流域侵蚀地貌演变的定量化研究,是对戴维斯地貌侵蚀循环理论的重大发展<sup>[4]</sup>。利用以上理论和方法,目前国内小流域侵蚀地貌演化的计量分析分为2支,一是艾南山教授在斯特拉勒曲线基础上建立的流域系统信息熵分析法、河谷纵剖面信息熵分析法等,作为区域稳定性的一种判据,用于定量描述包括人类活动在内的各因素对土壤侵蚀的影响<sup>[4]</sup>;另一支为陆中臣等利用侵蚀积分值,参考沟壑密度等,定量描述地貌发育阶段和分析自然侵蚀量的大小和过程,进而推导出加速侵蚀量的大小和过程<sup>[5]</sup>。

尽管斯特拉勒曲线方法尚存在不足之处,但目前被认为是确定流域物质分配状况的相对可靠的定量研究方法。由于地貌发育阶段与流域侵蚀强度与过程有着密切关系,因此,探讨一个区域的地貌发育阶段可以为该区域开展水土流失研究、分析土壤侵蚀发生的渊源、阶段性和古侵蚀强度,为现代侵蚀作用提供历史背景资料。

斯特拉勒积分曲线,又称流域高程—面积积分曲线。它是反映流域地貌发育阶段与侵蚀间关系的数学模型。

被侵蚀掉的物质体积:

$$V = HA - \int_b^T adh$$

$$\frac{V}{HA} = 1 - \int_b^T \frac{a}{A} d\left(\frac{h}{H}\right) = 1 - \int_0^1 x dy \quad (1)$$

式中:  $\frac{V}{HA}$  —— 侵蚀积分值;  $\int_0^1 x dy$  —— 高程—面积积分值;  $H$  —— 流域地势高差;  $A$  —— 流域面积;  $b$  —— 沟底;  $T$  —— 沟顶;  $h$  —— 等高线相对高度;  $a$  —— 等高线所切的水平断面面积。

通过计算侵蚀积分值或高程—面积积分值,即斯特拉勒积分值指标,能说明流域侵蚀地貌发育阶段,可划分地貌发育阶段和分析侵蚀强度与过程,是流域侵蚀地貌发育状态的量度。

高程—面积分析法的作法是:以流域最低点为基准,在地形图上量算不同高度(记为 $h_i$ )等高线以上的面积(记为 $a_i$ ),全流域总面积为 $A$ ,该等高线与流域最低点的高差为 $h_i$ ,流域最高点与最低点的高差为 $H$ ,设 $X_i = a_i/A$   $X_i \in [0, 1]$

$$Y_i = h_i/H, \quad Y_i \in [0, 1]$$

显然, $X_i, Y_i$ 均在 $[0, 1]$ 内取值。根据一系列 $(X_i, Y_i)$ 值,以 $X_i$ 为横坐标, $Y_i$ 为纵坐标绘出斯特拉勒曲线,曲线左下方与坐标轴之间的相对面积即为高程—面积积分值。通过对比各流域对应的曲线及积分值,得出相应的研究结论。在以下的统计分析中,主要使用ArcGIS软件进行面积、高程、土壤侵蚀模数、土壤侵蚀强度综合指数的计算<sup>[3]</sup>。

## 3 研究区高程—面积积分与地貌发育

### 3.1 流域高程界限的选取和流域划分方案

对于高程上限的选取,曾试图用1500, 1000这2种方案,但计算的高程—面积积分值不理想,都在0.25以下。若以此值判断,研究区各流域的地貌发育均处于老年期。按上述2种高程上限作出的高程—面积图中,可见,600等高线以下的面积比重占各流域的绝大部分。因而,本文以600作为高程上限即可满足计算面积—高程积分的需要。由于该区受到新构造运动、黄河泛滥及人类活动等因素的影响,河流下游流路常有较大变化,难以给本研究提供可靠信息。因此,本文以50等高线作为高程分析的下限,这样可以消除河流下游不确定因素的影响。

研究区除沿海山丘区以外,可分出较完整的5大流域:从东北到西南依次为:傅疃河流域、沭河流域、沂河流域、泗河流域、薛河流域5个流域。沂河流域面积大,支流多,为突出地域差异,细分为沂河上游、汶河流域、祊河流域和沂河下游来研究该地区的地貌发育阶段(图1)

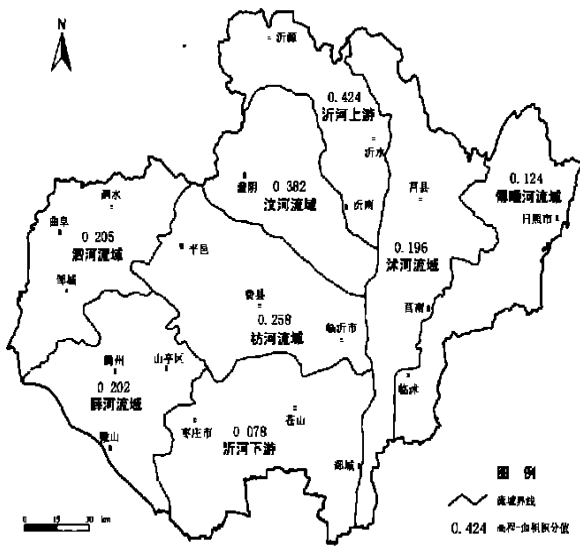


图 1 研究区流域划分与地貌高程—面积积分空间分布图

### 3.2 流域地貌高程—面积积分曲线与分布规律

我们对沂沭泗河 8 条小流域进行了高程—面积积分计算, 从各流域高程—面积积分的计算结果来看, 高程—面积积分值在 0.078~0.424 之间, 平均为 0.234, 说明均处于地貌发育的壮年向老年过渡阶段, 自然侵蚀开始从强烈向中度衰减。其中沂河流域沂河上游的积分值最高, 为 0.424, 该流域南侧的汶河流域和沂河流域积分值次之, 分别为 0.382 和 0.258。沂河流域总的高程—面积积分值 0.321。沭河流域高程—面积积分值较低, 为 0.196, 而沂河下游、日照的傅疃河流域积分值最低, 仅为 0.078 和 0.124。从各流域在鲁中南地质构造单元中的位置来看, 沂河流域位于泰山单斜南翼的核心位置, 受构造抬升影响最为明显, 因而积分值最高; 泗河处于泰山单斜南翼的西侧, 构造抬升作用不如沂河流域, 同时流域内临城期宽谷与剥夷面较为发育, 因而积分值较低; 沿海傅疃河流域位于鲁东山地丘陵的西部边缘, 构造抬升作用更弱, 积分值最低(图 2)。

### 3.3 研究区流域地貌发育阶段

3.3.1 流域地貌发育阶段划分标准 按照戴维斯理论, 当流域高程—面积积分值大于 0.60 时, 地貌特征变化迅速, 水系不断扩展分支, 流域侵蚀剧烈, 是地貌发育的不均衡阶段, 称为幼年期。当高程—面积积分值小于 0.60 时, 侵蚀过程变得十分缓和, 流域地貌形态基本上趋向于稳定状态, 地貌特征不再发生明显变化, 是地貌发育的均衡阶段。该阶段又可划分为 2 个时期: 高程—面积积分值小于 0.60 且大于 0.35 时, 为壮年期; 高程—面积积分值小于 0.35 时, 为老年期。由于研究区各流域高程—面积积分均小于 0.60,

因而皆属于地貌发育均衡阶段的壮年期和老年期<sup>[6]</sup>。为了更详细地区分研究区各流域的地貌发育阶段, 在遵循戴维斯观点的基础上, 对地貌发育阶段作了更细致的划分(表 1)。

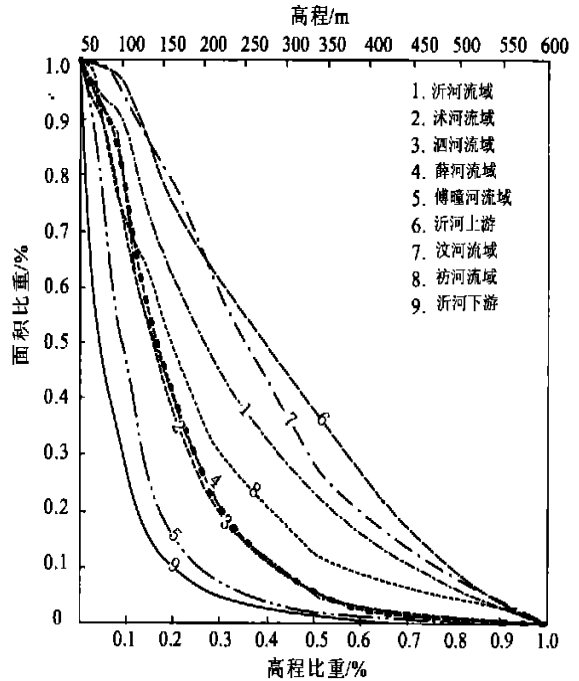


图 2 研究区流域地貌高程—面积积分曲线

表 1 鲁中南山地流域地貌发育阶段划分标准

高程—面积积分	地貌发育阶段	地貌形态特征
0.00~0.25	老年期	以准平原、残丘为主, 流域侵蚀微弱
0.25~0.35	老年(偏壮)期	低山丘陵与准平原共存, 流域侵蚀较弱
0.35~0.45	壮年(偏老)期	流域侵蚀更趋缓和, 中低山发育
0.45~0.60	壮年期	水系、坡地基本稳定, 流域侵蚀变缓, 地形基本稳定, 中山地貌
0.60~1.00	幼年期	水系扩展分支, 坡地变形迅速, 流域侵蚀强烈, 峡谷发育

3.3.2 流域地貌发育阶段判定 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。在地貌演化的中期阶段, 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。根据上述地貌发育阶段判定标准,研究区各流域的地貌发育阶段如表 2 所示。

表 2 研究区各流域地貌发育阶段比较

流域名称	流域面积/ k <sup>2</sup>	最低高程/ m	最高高程/ m	相对高差/ m	平均高度/ m	高程—面积 积分值	地貌发育阶段
1 沂河流域	15 823.26	33	1 156	1 123	192.27	0.321	老年(偏壮)期
11 沂河上游	3 055.54	50	1 050	1 000	299.32	0.424	壮年(偏老)期
12 汶河流域	3 244.43	50	900	850	247.13	0.382	壮年(偏老)期
13 沭河流域	4 618.51	63	1 156	1 093	200.77	0.258	老年(偏壮)期
14 沂河下游	4 904.78	33	550	517	81.29	0.078	老年期
2 薛河流域	3 610.38	39	600	561	129.16	0.202	老年期
3 泗河流域	3 629.03	34	607	573	135.51	0.205	老年期
4 傅疃河流域	3 797.70	-5	700	705	92.68	0.124	老年期
5 沭河流域	4 834.89	46	850	804	154.30	0.196	老年期

注:薛河流域代表南四湖东侧河流,傅疃河流域代表沿海河流。

将各流域的高程—面积积分值及积分曲线进行比较,可以发现沂河上游、汶河流域的积分值最高,属于地貌发育的壮年期阶段,其积分曲线目前还未呈现下凹型,说明河流下切尚未到达均衡剖面,按照地貌演化规律,该流域的土壤侵蚀量今后仍将维持在较高水平;与此相反,傅疃河流域、沭河流域、泗河流域已处于地貌发育的老年期,高程—面积积分值低于或接近 0.20,因此,当地群众在合理利用水土资源的条件下,该流域的土壤侵蚀应该较其它流域弱。

3.3.3 流域地貌高程—面积积分曲线应用需注意的问题 由于地貌发育的多旋回性,若以 1 000 m 以上的高程作为流域上限,则计算结果为鲁中期地面被仰平期(唐县期)和临城期 2 个地貌旋回改造后的发育阶段,是 2 个地貌旋回过程叠加作用的结果。约在上新世或更早的喜山期,有一个地壳相对稳定时期,高处经受剥蚀,低处接受沉积,形成了一个夷平面,即鲁中期地面。后来地壳活动加强,继续产生断裂与大面积的上升运动,断裂使鲁中期地面进一步变形,而上升幅度不均匀,上升量约 500~1 000 m。泰山上升幅度最大,北部、西北部小,使地面向北、北西倾斜,形成泰山穹隆。

到第三纪末期或第四纪初期,升降渐缓,直至最后稳定,使地面强烈剥蚀堆积,又形成一个夷平面,即临城期地面。此地面与后来的两级阶地两者很难区分,多数留有残丘。更新世中、晚期以来的外力作用,不仅使其表面广泛发育残积层,冲洪积物很发育,厚度可达近百米。到全新世地壳又有过小幅度的动荡。由于鲁中期地面难以找到典型的残余古地面证据,且受后期构造运动的改造很大,如果以鲁中期峰顶面作

为侵蚀的起始面,容易使问题复杂化。本文以 600 m 作为计算流域高程—面积积分的高程上限,该高程相当于仰平期残余古地面的高度。因此,本文得出的高程—面积积分表征了仰平期地面形成之后被临城期侵蚀改造的地貌形态发育阶段。从图 1 所示的高程—面积曲线看出,除沂河上游以外,其它流域的高程—面积曲线均呈下凹形,而且在 150~250 m 的高程范围内,都发生明显转折,在该高程段以下,高程—面积曲线变得相对平坦,这正是临城期地面的高度。因此,根据各曲线的形状特征,可以判断不同流域临城期地面的分布高度。

## 4 研究区流域地貌发育阶段对水土流失的影响

### 4.1 沂沭泗河流域临城期以来平均侵蚀量的估算和人类活动的影响

根据高程—面积积分计算结果,可以粗略推断沂沭泗河流域山地临城期以来的侵蚀量<sup>[6]</sup>。以沂河流域上中游为例,按照公式(1),原始地面(600 m)未被侵蚀时的体积为  $10\,918.48 \times 0.6 = 6\,551.088 \text{ k}^3$ ,若不考虑地壳均衡作用而引起的构造抬升,则临城期侵蚀量为  $6\,551.088 \times 0.679 = 4\,448.189 \text{ k}^3$ ,以临城期起始时间为 2 Ma B. P. 计,年均侵蚀量为  $2.22 \times 10^{-3} \text{ k}^3$ ,合  $2\,224\,000 \text{ m}^3$ ,平均侵蚀模数为  $509 \sim 611 \text{ t}/(\text{k}^2 \cdot \text{a})$ (岩石平均密度取  $2.5 \sim 3 \text{ g}/\text{cm}^3$ )。根据国内已有的研究成果,我国土壤侵蚀总量中滞留泥沙、淤积泥沙和入海泥沙量分别约占 32%, 24%, 37%。据此计算,每年平均入海泥沙量大致相当于现代河流输沙量的一半以上(0.51~0.62,沂河临沂站) 据统

计,沂河临沂站多年平均输沙量  $4.00 \times 10^6$  t。据研究,由于地貌侵蚀过程中的地壳均衡作用,实际剥蚀量应大于地面蚀低量。

因此,如果考虑到地壳均衡作用,研究区山地临城期以来年均侵蚀量应大于此值,沂河上中游流域年均侵蚀量应大致相当于现代河流输沙量的一半或更高。粗略估算近 8 000 a 有人类活动以来,人类活动对沂河流域现代河流输沙量的贡献率大致不超过 38%~49%。

同样的方法,沭河流域年均侵蚀量为 1 166 175<sup>3</sup>,平均侵蚀模数为 603~724 t/(k<sup>2</sup>·a),每年平均入海泥沙量大大超过现代河流输沙量 1.96~2.35 倍(沭河莒县站),以自然侵蚀为主。据统计,沭河莒县站多年平均输沙量  $5.50 \times 10^5$  t。这主要是由于沭河流经沂沭大断裂地壳破碎带,侵蚀速度大,河流含沙量高造成的,地貌发育为老年期,以沉积环境为主。

这说明,由于地貌演化仍处于中期和晚期,现有的水土流失量中,由于地貌的自然演化造成的侵蚀量仍占重要地位,治理成效较为有限。从另一角度分析,近 8 000 a 以来,随着文明的兴盛,人类活动对土地的影响力加强,导致植被破坏,水土流失加剧。该地区处于鲁中南山地丘陵中度侵蚀区,现代的土壤侵蚀模数为 1 000~4 000 t/(k<sup>2</sup>·a),与历史时期(500~724 t/(k<sup>2</sup>·a))相比要严重一些,这进一步证明了人类活动对土地不可忽视的破坏作用。

#### 4.2 研究区各流域地貌发育阶段与土壤侵蚀强度比较

为定量说明研究区流域地貌发育阶段对水土流失的影响,使用了研究区 1995 年和 2000 年土壤侵蚀强度分布图和 1985 年土壤侵蚀模数分布图。将研究区土壤侵蚀模数图与各流域图利用 ARCGIS 窗口分析法<sup>[3]</sup>,可以得到各个流域的土壤侵蚀模数平均值;此外,还利用 ARCGIS 计算出各流域的土壤侵蚀强度综合指数。土壤侵蚀强度综合指数表明某一地区土壤侵蚀强度的平均大小,是根据该流域土壤侵蚀强度不同等级面积的加权法进行综合评价的。

$$I_{\text{INDEX}} = (S_1M_1 + S_2M_2 + S_3M_3 + S_4M_4 + S_5M_5 + S_6M_6) / (M_1 + M_2 + M_3 + M_4 + M_5 + M_6) \quad (2)$$

式中: $I_{\text{INDEX}}$ ——平均土壤侵蚀强度综合指数; $S_1, S_2, S_3, S_4, S_5, S_6$ ——分别为微度、轻度、中度、强度、极强度和剧烈侵蚀的等级,等级为 1, 2, 3, 4, 5, 6; $M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6$ ——分别为微度、轻度、中度、强度、极强度和剧烈侵蚀的面积。

从计算结果看,不管是土壤侵蚀模数平均值还是平均土壤侵蚀强度综合指数(表 3),都是以沂河上游为最大,地貌发育阶段与各流域轻度以上侵蚀面积百分比、土壤侵蚀模数平均值、平均土壤侵蚀强度综合指数的关系是相辅相成的,即地貌发育越年轻,土壤侵蚀越剧烈,潜在危险性也越大<sup>[7]</sup>。说明尽管人类活动是加剧土壤侵蚀的主要原因,但地貌发育过程对土壤侵蚀的影响同样不可忽视。

表 3 研究区各流域地貌发育阶段与土壤侵蚀强度比较

流域名称	2000 年轻度以上侵蚀		1985 年土壤侵蚀模数	1995 年 $I_{\text{INDEX}}$	2000 年 $I_{\text{INDEX}}$	高程—面积积分值	地貌发育阶段
	面积	占该流域/%					
1 沂河流域	5180.46	32.74	5046.13	1.91	1.72	0.321	老年(偏壮)期
11 沂河上游	1478.34	48.38	5932.85	2.38	2.09	0.424	壮年(偏老)期
12 汶河流域	1398.27	43.10	5814.46	2.24	1.89	0.382	壮年(偏老)期
13 沭河流域	1533.12	33.20	5834.37	1.97	1.77	0.258	老年(偏壮)期
14 沂河下游	770.73	15.71	3242.01	1.35	1.34	0.078	老年期
2 薛河流域	1023.22	28.34	3493.55	1.71	1.64	0.202	老年期
3 泗河流域	978.61	26.97	3619.90	1.70	1.56	0.205	老年期
4 傅疃河流域	1318.57	34.72	4522.46	1.91	1.78	0.124	老年期
5 沭河流域	1362.80	28.19	4545.93	1.95	1.64	0.196	老年期

注: \* 1995—2000 年  $I_{\text{INDEX}}$  利用水利部土壤侵蚀遥感调查数据计算, 1985 年土壤侵蚀模数利用土壤侵蚀普查资料图件计算。

## 5 结 论

沂沭泗河流域作为淮河流域的重要补给范围,是承受大气降水的入渗补给、河床渗漏集中补给和孔隙

水补给的主要区域。深入了解地貌发育阶段,对水土保持生态建设、植被恢复、水利建设等都有重要的指导作用。

(下转第 37 页)

固定、半固定沙地由于受天然气管线施工使沙地活化,风蚀量为未扰动区域的2~3倍;流动沙地管线扰动区域与对照区相比风蚀影响较小。

#### 4 土壤理化性状变化

根据本此实验测定,固定沙地、半固定沙地、流动沙地风沙土表层土壤有机质、全氮、全磷含量管道扰动区域较原地貌分别降低了30%~40%,土壤含水

量扰动区域较原地貌降低25%~35%(表6)。这说明天然气管线施工造成土壤结构破坏,土壤的养分有机质、全氮、全磷含量不同程度下降,土壤含水量降低,在冬春季节易产生风蚀,其结果不利于地表植被恢复。

在陕西西段西气东输管线工程经过农地管线长度占管线总长度的60.8%,林地占22.6%,荒草地占9.6%,其它类型占7.0%。

表6 土壤表层(0—20cm)理化性状

地貌类型	有机质/%		全氮/%		全磷/%		土壤含水量/%	
	原地貌	扰动后	原地貌	扰动后	原地貌	扰动后	原地貌	扰动后
流动沙地	0.077	0.050	0.003	0.002	0.033	0.020	3.5	2.5
半固定沙地	0.207	0.135	0.013	0.008	0.03	0.018	2.5	1.5
固定沙地	0.649	0.422	0.027	0.018	0.048	0.029	1.8	1.0

管线施工对地表植被会增加地表风蚀量,并影响土壤养分和水分状况。

固定沙地、半固定沙地主要由于受天然气管线施工使沙地活化,风蚀量为未扰动区域的2~3倍;固定沙地、半固定沙地、流动沙地风沙土表层土壤有机质、全氮、全磷含量管道扰动区域较原地貌分别降低了30%~40%,土壤含水量扰动区域较原地貌降低了25%~35%。

(上接第28页)

(1) 从经典地貌学理论出发,探讨了研究区各流域地貌的发育阶段。目前各流域均处于地貌发育均衡阶段的壮年期及老年期,所得出的结论是根据现有地貌形态特征以及地貌演进研究成果得出的理论值。由于构造运动的差异,在鲁中南山地内部不同流域也存在着地貌发育阶段的差异。

(2) 研究区各流域的高程—面积积分及其分布规律具有重要的理论意义与应用价值。研究了流域地貌的发育阶段,就不同的流域临城期地面的分布高度以及沂河上中游山地临城期以来平均侵蚀量作了进一步探讨。

(3) 从地质时期以来(临城期侵蚀早期阶段),在计算人类活动至今的产沙侵蚀过程中,相对而言人类活动比较短暂。由于人口增加、战争等人类活动对土壤侵蚀量的增加有重要作用,为了不使问题复杂化,为说明自然侵蚀量或土壤侵蚀自然背景值,暂未考虑人类活动造成的加速侵蚀。

总之,只要地貌演化不停止,水土流失就不会停止,根治水土流失是不现实的。但是,人类活动对水土流失的破坏作用却可以通过对土壤侵蚀规律的认

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 王飞,李锐,杨勤科.黄土高原土壤侵蚀的人为影响程度研究述评[J].泥沙研究,2003,(5):74—80.
- [2] 吴永红.线形开发建设项目水土保持监测技术[J].水土保持通报,2003,23(4):33—35.
- [3] 张春采,邹学勇,董光荣,等.植被对土壤风蚀影响的风洞实验研究[J].水土保持学报,2003,17(3):31—33.
- [4] 严平,董光荣.土壤风蚀容忍量(T值)研究的现状与问题[J].水土保持通报,1998,18(1):13—16.

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,是可以有效地延缓水土流失的,实现自然生态系统和社会生态系统的良性循环。只有在开发利用中加强治理,治理中促进开发,才能收到良好的经济、生态和社会效益。

#### [ 参 考 文 献 ]

- [1] 朱忠礼,莫多闻.水土流失与地貌侵蚀[J].水土保持研究,1999,6(4):80—83.
- [2] 李志林,朱庆.数字高程模型[M].武汉:测绘科技大学出版社,2000.
- [3] 党安荣,贾海峰.ARCGIS地理信息系统应用指南[M].北京:清华大学出版社,2003.
- [4] 李壁成.小流域水土流失与综合治理遥感监测[M].北京:科学出版社,1995.131—133.
- [5] 王鸿斌,刘斌,田杏芳.黄土高原沟壑区典型小流域高精度DEM制作及其应用研究[J].水土保持通报,2004,24(3):34—36.
- [6] 姜鲁光,张祖陆.鲁中南山地流域地貌的高程—面积分析[J].山东师范大学学报(自然版),2003,18(1):63—66.
- [7] 孙希华,闫福江.基于遥感与GIS的土壤侵蚀潜在危险度评价研究——土壤