

黄土梁峁地区影响黄土侵蚀 的地貌条件分析

陈 渭 南

(中国科学院兰州沙漠研究所)

关键词 黄土梁峁 地貌曝露面 黄土侵蚀 侵蚀模数

积极做好水土保持工作,是黄土高原国土整治的一项重要战略任务。本文以水土流失严重的无定河流域黄土丘陵沟壑区为例,运用数量地貌学方法,从一个侧面论证引起土壤侵蚀的原因。

一、黄土丘陵沟壑区地貌基本特征

黄土丘陵沟壑区地貌的最突出特征是沟壑纵横、梁峁起伏、沟谷深切、支离破碎。为了定量地说明这些特征,在1/5万地形图上系统取样,设量测样点110多处,每个量测点 $5\sim 9\text{km}^2$,系统量测坡度、相对切割深度、沟谷密度等地貌形态示量要素特征值,结合野外考察,作出了地貌要素特征值等值线图。统计结果表明:

1. 千沟万壑、支离破碎是本区地貌总体特征的一大特点。沟壑密度和河网密度均较大,沟壑密度大于河网密度。沟壑密度在 $2\sim 7\text{km}/\text{km}^2$ 之间,大部分地区(约占84%)为 $3\sim 7\text{km}/\text{km}^2$;河网密度一般小于 $0.7\text{km}/\text{km}^2$ 。

2. 沟深谷狭,高差悬殊。区内相对高差大于100m的地区占90%,大于150m者占74%,大于200m者占48%,大于250m者仅占18%。150~250m区间占56%,而150m~200m区间占30%,说明本区相对高差普遍较大,集中于150~200m之间。

3. 梁峁起伏,坡度陡峻。区内地面坡度均在 5° 以上。自沟底往上,由陡变缓。梁峁顶部平缓,一般 $5^\circ\sim 10^\circ$ 左右。梁峁坡多在 $15^\circ\sim 35^\circ$ 之间。沟缘线以下,坡度一般在 35° 以上。陡崖峭壁,随处可见,成为滑坡、崩塌等重力地貌的集中发育地段。区域地面平均坡度的分布, $0^\circ\sim 15^\circ$ 占15%, $15^\circ\sim 25^\circ$ 占28%, $26^\circ\sim 30^\circ$ 占40%,大于 30° 的仅占17%, $15^\circ\sim 30^\circ$ 占68%, $14^\circ\sim 28^\circ$ 占56%。

4. 地貌曝露面大,潜在侵蚀能力强。由于上述三项要素特征值的不同组合,形成了复杂的地面特征。地块分割破碎之后,其碎块的总表面积大于原来的整体表面积;分割越破碎,其总表面积就越大。在其他条件相同时,较大的表面积将会有更多更快的物质和能量交换。设单位水平面为基本地貌单元;设单元地貌面处于侵蚀基准面附近,则其曝露出来遭受风化剥蚀、侵蚀的面积就是该单元面积,即为1。但是,当这一单元地貌面由于构造抬升或基准面下降而逐渐远离侵蚀基准面,由于相对高差产生的势能变化,势必转变为各种力能的作用,侵蚀切割单元地貌面,使其成为许多小块体,从而增

大了该地貌体的表面积。因此,进一步遭受侵蚀的面积扩大了,物质输出的能力也相应地增强了。从这一原理出发,可以建立一个衡量区域地貌发育程度和地貌系统中能量及物质传输强度的指标。前人^[1]曾提出“土壤侵蚀面”的概念,用以说明单位面积内暴露出来遭受土壤侵蚀的地貌面积大小。这里,作者引伸这一概念,用以说明区域地貌特征,称之为“地貌曝露面”。它可以用上述坡度、相对高度和沟谷密度三项要素求得^[1]。即:

$$S = 2D \times H / \sin A \times C$$

式中, S —地貌曝露面,即每平方公里的面积上能够产生土壤侵蚀的斜坡面积(单位: km^2/km^2)。

D —沟谷密度 (km/km^2)

H —相对高度 (km)

C —土壤侵蚀面系数,主要取决于地面物质的抗蚀性,包括岩性和植被结构及植被覆盖度。

A —坡度。

本区地貌曝露面值均在 $2\text{km}^2/\text{km}^2$ 以上,最大可达 $7\text{km}^2/\text{km}^2$ 。统计结果表明:该值的最大频率区间为 $4.1 \sim 5\text{km}^2/\text{km}^2$, 占 27.08%。近于正态分布。 $3.1 \sim 5\text{km}^2/\text{km}^2$ 占 47.91%; $2.1 \sim 6\text{km}^2/\text{km}^2$ 占 81.25%; $3.1 \sim 6\text{km}^2/\text{km}^2$ 占 64.5%。本区现代土壤侵蚀之所以如此严重,直接的和重要的原因之一就在于此。

二、影响黄土侵蚀的地貌条件之间的关系

黄土侵蚀是指整个土体(包括土壤及其母质)在各种营力作用下的破坏和迁移过程及其结果。地貌体既是侵蚀的对象,又是侵蚀过程的产物;地貌形态反过来又进一步制约侵蚀过程。为了反映在植被、岩性、降雨条件基本相同情况下的黄土侵蚀规律,这里提出“潜在黄土侵蚀面”或“地貌曝露面”的概念,指由地貌条件出发,区域地貌形态示量要素及其相互作用、共同影响所组成的单位面积上可能发生黄土侵蚀的地面面积,用 S_p 代表之。它由坡长、坡度和相对高差以及沟谷密度所决定。

1. 潜在地貌曝露面各要素之间的关系

为了便于统计分析,在保证分析精度的前提下,根据野外考察的实际,将 110 个样本区的测量数据进行了初步统计分析,按照不同的地貌类型组合,归纳整理,综合为 10 个类型。各类型区的地貌形态示量要素如表 1 所示。根据这些数据,求得各参数间的相互关系。

(1) 相对高度与沟谷密度

将测量数据点绘在双对数坐标图(图 1)上,线性关系很明显。说明二者为幂函数关系:

$$D = 12.89H^{0.69}$$

$$r = 0.77$$

模式表明,随着相对高度增大,沟谷密度也在增大。但是,在二者均较小时,随着相对高差的增大,沟谷密度的增大率较小,表现在该段曲线的切线斜率较小。这一阶段反映

表1 潜在地貌暴露面计算表

Table 1 Geomorphic parameters and exposure surface of landforms

序 号	类型区	A (度)	H(km)	H/sinA(km)	D(km/km ²)	S _p (km ² /km ²)
1	低缓沙盖黄土梁	3.75	0.06	0.923	1.8	1.48
2	片沙黄土梁	17.46	0.138	0.46	3.1	2.85
3	高梁深沟	30.88	0.224	0.439	5.29	4.65
4	缓梁沟谷	24.8	0.177	0.42	4.6	3.97
5	梁状崩	29.45	0.21	0.43	5.86	5.02
6	残塬沟谷	23	0.23	0.59	4	4.7
7	倾斜平原	3~6	0.037	0.35	2.42	1.71
8	梁峁	18.88	0.22	0.68	3.2	4.35
9	低山深沟	25.4	0.257	0.598	5.024	6
10	基岩峡谷-黄土丘陵	29.8	0.28	0.563	6.2	6.9

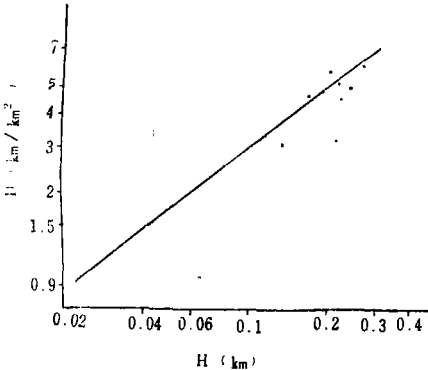


图1 H与D关系图示

Fig. 1 The relation between H and D

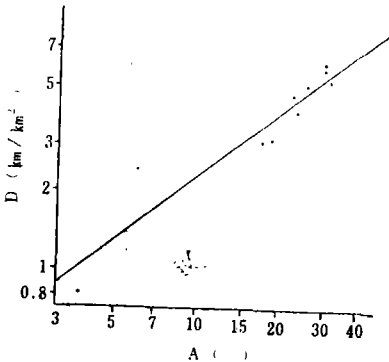


图2 A与D关系图示

Fig. 2 The relation between A and D

了地面侵蚀切割的早期，由于侵蚀基准面下降造成的位势，引起流水侵蚀活力的增加，主要用于下切侵蚀，而溯源侵蚀在这一阶段相对较弱^[2]。当然下切侵蚀与溯源侵蚀是互为促进的，一个发展必然引起另一个的发展，但在对比关系上，在速率上有差异。到了一定阶段之后，沟谷密度和相对高度均较大，这时相对高差的变率降低而沟谷密度的增大率提高，表现在这段曲线的切线斜率较大。这一阶段的流水侵蚀以溯源侵蚀表现最为明显。无定河流域黄土区大部分地区地面自中更新世以来，处于这样一个发展阶段，至今仍在继续发展。虽然晚近时期加速侵蚀旺盛，但地面相对高度变化不是太大，或者说已很缓慢，而主要表现为沟头前进，沟壑密度加大，分割地表，使地面不断趋于破碎化。本区黄土沟谷源头前进速率平均为0.55~3.8m/a；无定河干流的溯源侵蚀速率为0.71~0.94m/a，而下切速率近千年来为0.004m/a至0.0085m/a^[2]，相差达几个数量级。

从地貌循环角度分析，这一模式可能只反映了循环周期的前半段，全周期也可能不是幂函数关系，有待进一步研究。就无定河流域黄土地貌发育的现阶段而论，这一关系是明确的。

(2) 坡度与沟谷密度的关系

图2是无定河流域黄土区坡度与沟谷密度关系的双对数坐标图。二者表现为良好的

对数线性相关。

$$D = 0.347 A^{0.788}$$

$$r = 0.94$$

说明仍为幂函数关系。这是由于坡度在很大程度上决定着地面径流侵蚀活力的大小。同样的降雨量条件下,坡度大,流速必大,溯源侵蚀就强烈。因此,区域平均坡度大,沟头前进速率也大。但在二者均较小的阶段,相当于地块抬升,离开基准面的初期阶段,侵蚀以下切为主,坡度增大较快,而沟谷密度增大率较缓。达到一定阶段之后,坡度基本趋于稳定,而沟谷密度的增大则加快了。无定河流域地面平均坡度主要分布于 $15^{\circ} \sim 30^{\circ}$ 之间,进一步增大率不明显。而沟头前进,沟谷密度的增大似有方兴未艾之势。

(3) 坡度与相对高度的关系

图3揭示了黄土丘陵区地面平均坡度和相对高度的关系:

$$H = 0.014 A^{0.85}$$

$$r = 0.92$$

其所反映的规律与前述相似。初期,坡度变化较快,到一定阶段之后,由于黄土岩性的影响(黄土休止角为 $28^{\circ} \sim 35^{\circ}$),坡度进一步增大受到限制。不过随着沟道下切,相对高度仍在增大。但是很明显,相对高度的增大也必有其限度,到一定阶段之后,必出现降低的趋势。就无定河流域而言,这一趋势尚未表现出来,相对高度仍在增大着。

(4) 坡长与沟谷密度的关系

一般说来,随着沟谷密度的加大,地面碎化,总的坡长亦在增大。但对于任一单元沟道从分水岭到沟床而言,坡长是减小的。为了探求随着沟谷密度的加大,地面破碎情况的定量表述,这里用相对高差与平均坡度正弦值之比表示总坡长,并用总坡长与坡度之比表示单位坡度坡长。这是由于考虑到坡度对坡长的影响,在单元沟道流域内,若相对高差保持一定,则坡度越大,斜坡坡长就越小。用单位坡度所对应的坡长即单位坡度坡长来求它与沟谷密度的关系,就是为了剔除坡度的影响,而只分析在坡度相同的条件下坡长与沟谷密度的相互制约关系。如图所示,二者为对数型负相关。

$$D = -4.06 \lg L^{-0.13}$$

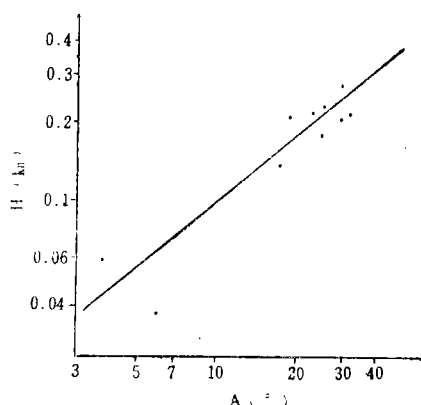


图3 A与H关系图示

Fig. 3 The relation between A and H

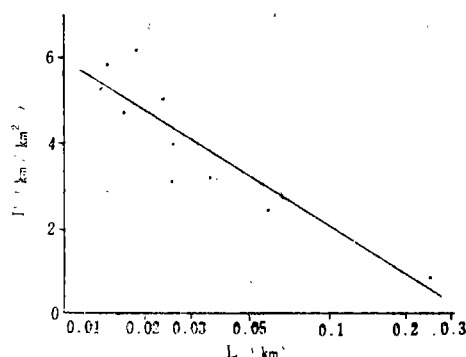


图4 L与D相关图

Fig. 4 The relation between L and D

$$r = -0.9$$

式中 L 为坡长, 单位为 km 。

由此可见, 随着沟谷密度的增大, 坡长在减小。初期, 沟谷密度的增大引起的坡长变小率很大, 到一定阶段之后, 坡长就比较稳定, 沟谷密度进一步加大引起的坡长变小率缓和了。黄土地貌演化到峁状丘陵阶段以后, 虽然沟谷密度仍在增加, 但坡长变率缓和多了。

2. 地貌要素与潜在地貌暴露面的关系

(1) 沟谷密度与潜在地貌暴露面的关系

图 5 表明, D 与 S_p 为简单的线性正相关:

$$S_p = 0.36 + 0.94D$$

$$r = 0.896$$

显著性水平 0.01。这充分说明沟谷密度的增大本身就是侵蚀过程, 由于这一过程的发展, 又增大了下一步侵蚀的潜在可能性。如此累复叠加, 愈演愈烈。

(2) 坡长与潜在地貌暴露面之间亦为简单线性正相关 (图 6):

$$S_p = 0.9 + 0.85L$$

$$r = 0.83$$

显著性水平 0.01。

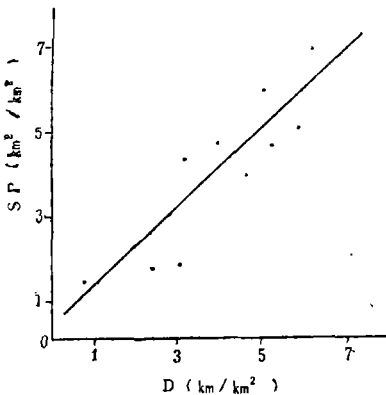


图 5 D 与 S_p 相关图示

Fig. 5 The relation between D and S_p

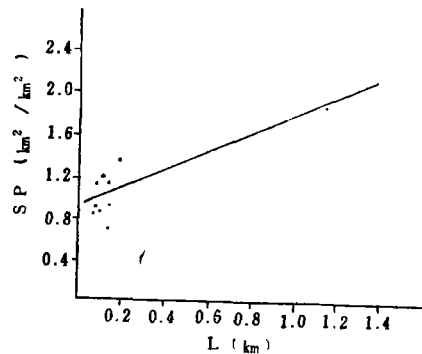


图 6 L 与 S_p 相关图示

Fig. 6 The relation between L and S_p

(3) 坡度与潜在地貌暴露面为幂函数关系:

$$S_p = 0.559A^{0.66}$$

$$r = 0.94$$

显著性水平为 0.01, 如图 7 所示。

三、地貌条件对黄土侵蚀的作用

地貌条件对黄土侵蚀的影响是多方面的, 本文仅就相对高差、坡度和潜在地貌暴露面三个方面作初步论述。

1. 相对高差对黄土侵蚀的影响

地形的有效起伏是决定侵蚀模量的一个关键因素。在其它因素相同的情况下, 相对高度越大, 黄土侵蚀越强烈。研究区内相对高差一般为50~300m, 侵蚀模数为5000~25000T/(km²·a)。通过对全流域随机取样, 相关分析表明:

$$M = 3046.45 + 73.23H$$

$$r = 0.83$$

式中M为侵蚀模数, 单位为T/(km²·a); H为相对高差, 单位为m。

2. 坡度的影响

坡度是地貌条件中影响黄土侵蚀强度和过程的重要因素之一。野外统计表明, 在侵蚀形态中, 出现细沟的坡度区间为11°~15°, 占统计样本的47.65%; 浅沟为16°~30°, 占统计样本的73.8%; 重力侵蚀形态为40°~60°, 占统计样本的83%。

3. 潜在地貌暴露面的影响

潜在地貌暴露面与侵蚀模数之间有如下的制约关系(图8):

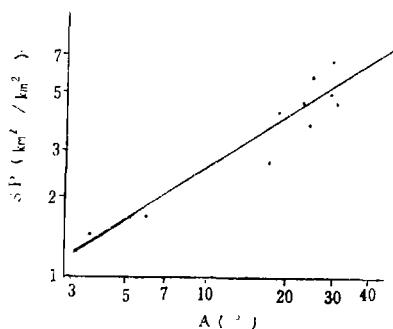


图7 坡度与潜在地貌暴露面相关图

Fig. 7 The relation between A and S_p

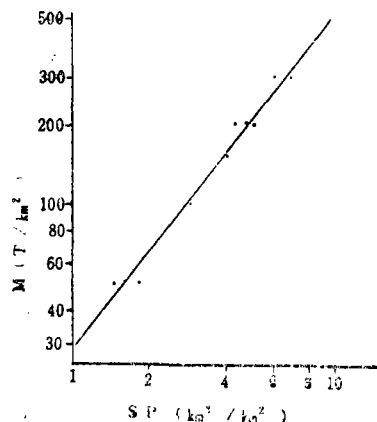


图8 S_p与M关系图示

Fig. 8 The relation between S_p and M

$$M = 27.54S_p^{1.27}$$

$$r = 0.98$$

模式表明, 在无定河流域黄土区, 当S_p小于2km²/km²时, 随着S_p的增大, M的增大率较小。当S_p大于2km²/km²以后, 随着S_p的增大, M几乎呈直线上升, 变化很快。由此可见, 从地貌角度来看, 当前的水土保持工作亟应采取多种措施防止潜在地貌暴露面的增大。应用上述模式可以在缺乏资料的地区, 以地貌条件预测黄土侵蚀强度, 从而为制定流域治理规划提供依据。

本文蒙陕西师范大学齐矗华教授、甘枝茂副教授指导, 谨致谢忱!

参 考 文 献

- [1] 甘枝茂: 地貌特征对土壤侵蚀的影响, 《土壤通报》, 5期, 1980, 16~17页。
- [2] 陈渭南: 无定河流域阶地及其成因, 《陕西师大学报》(自然科学版), 16卷, 1期, 1988, 76~83页。

STATISTICAL ANALYSIS OF GEOMORPHIC CONDITIONS EFFECTING LOESS EROSION IN LOESS LIANG-MAO HILLY-GULIED REGION

Chen Weinan

(*Institute of Desert Research, Academia Sinica, Lanzhou*)

Key words: Loess Liang-Mao; Exposure surface of landform; Loess erosion; Erosion modulus

ABSTRACT

By using quantitative geomorphical method and taking the Wuding River basin as an example, this paper puts forward the concept of exposure surface of landform, which represents the possible erosive area in a region, and deals with the geomorphic conditions effecting loess erosion. The relations between each pair of morphological parameters are as follows:

$$D = 12.89H^{0.69} \quad r = 0.77$$

$$D = 0.374A^{0.778} \quad r = 0.94$$

$$D = -4.06lgL^{-2.13} \quad r = -0.9$$

$$H = 0.014A^{0.85} \quad r = 0.92$$

$$S_p = 0.9 + 0.85L \quad r = 0.83$$

$$S_p = 0.559A^{0.66} \quad r = 0.94$$

where D is gully-valley density (km/km^2), H is relative height (km), L is length of slope (km), A is average angle of slope and S_p is potential exposure surface of landform (km^2/km^2). Most of them are significant at 0.01 level. The author thinks that the models can be used to predict the intensity of loess erosion.

$$M = 3046.45 + 73.23H \quad r = 0.83$$

$$M = 27.54S_p^{1.27} \quad r = 0.98$$

where M is the soil erosion modulus ($\text{T}/\text{km}^2 \cdot \text{yr}$).

著名地理学家黄秉维教授 与化学地理学

章 申 王明远

(中国科学院地理研究所, 北京)
(国家计委)

地理科学 8(4), P301, 参2, 1988

在著名地理学家黄秉维教授七十寿辰之际, 本文回顾了黄先生在地理学界卓越的贡献, 并衷心祝愿黄先生长寿。

• • • • •

上海城市气候中的混浊岛效应

周淑贞 郑景春 邵建民

(华东师范大学地理系, 上海)

地理科学 8(4), P305, 图4, 表3, 参13, 1988

上海城市气候中的混浊岛效应主要表现在: (1) 城郊大气质量对比表明, 上海城市大气污染物 (SO_2 、 NO_x 、飘尘、降尘等) 平均浓度明显高于郊区; (2) 由于上海城市大气中凝结核丰富, 热力湍流和机械湍流都比郊区强; 因此城区低云量大于郊区; (3) 城区混浊度因子明显大于郊区。以市区为中心形成一个显著的混浊岛。这种混浊岛效应随着上海城市的发展而逐渐增强。

• • • • •

关于地域间客运联系的研究

张文尝

(中国科学院地理研究所, 北京)
(国家计委)

地理科学 8(4), P313, 表9, 图2, 1988.

本文以各铁路局为地域单元, 研究了地域间的客运联系。运用结合度法, 对我国七大地域间的旅客交流进行了定性与定量分析。

黄土梁峁地区影响黄土侵蚀 的地貌条件分析

陈渭南

(中国科学院兰州沙漠研究所)

地理科学 8(4), P323, 表1, 图8, 参2, 1988

本文以无定河流域黄土丘陵地区为例, 应用数量地貌学方法, 提出“地貌暴露面”的概念, 分析论证影响黄土侵蚀的地貌条件及其相互制约关系。结果表明, 地貌要素之间除沟谷密度和坡长表现为负对数关系外, 其余均为幂函数关系。沟谷密度、坡长与地貌暴露面间为线性相关; 坡度与地貌暴露面间为幂函数关系。用文中模型可预测侵蚀强度。

• • • • •

用特征数值法确定含水系统 的水位响应矩阵

宿青山 孙永堂 宋永洪

(长春地质学院水工系)

地理科学 8(4), P330, 图1, 参4, 1988

本文在阐述定解问题迭加原理的基础上, 论述了用特征数值法确定含水系统响应矩阵的原理及计算步骤。此方法物理意义清楚, 并避免了由于时间离散而产生的误差。

• • • • •

我国制糖工业布局态势及其调整构想

李 为

(中国科学院长春地理研究所)

地理科学 8(4), P339, 表2, 参4, 1988

我国制糖工业总的态势是: 食糖主要产区分布于我国南方和北方。并形成从南北产地向中部运输销售的格局。这一态势的形成主要取决于原料、消费市场和运输学因素。甘蔗和甜菜等制糖工业原料集中分布于南方和北方, 而消费市场又主要分布于中部特别是黄河与长江中下游地区是形成制糖工业布局的基本原因。调整制糖工业布局的基本构想是: ①建立制糖工业原料和生产基地; ②根据原料集中程度, 形成大中小型相结合的布局体系; ③划分合理的食糖产销区。