

黄土高原重力侵蚀的地形与 岩性组合因子分析

张信宝 柴宗新 汪阳春

(中国科学院成都山地灾害与环境研究所山地水土保持研究室)

提 要

黄土高原地区严重的重力侵蚀,是该区的主要侵蚀方式之一。本文运用计量地貌学方法,对该区重力侵蚀的地形因子进行了分析,提出了重力侵蚀的地形因子值概念,编制了全区区域临空面高度以及地形因子等值线图,给出了不同岩性组合条件的重力侵蚀强度地形因子指标。最后还探讨了重力侵蚀强度的区域特征。

一、基本概念

滑坡、崩塌和泻溜等重力侵蚀现象,是一定自然条件下的产物,其发生和强烈程度主要取决于地形、地表物质组成、气候和植被四个自然因子^[1]。黄土高原地区的地表物质组成主要为黄土和类黄土;大部地区的气候为半干旱气候;植被覆盖较差,多为农作物或稀疏草灌。就这三个自然因子基本相似的大部分黄土高原地区而言,重力侵蚀的发生与强烈程度主要取决于地形因子。

黄土地区的重力侵蚀主要发生在沟谷地的谷坡部分。谷坡的稳定性可用下式表示^[2]:

$$K = \text{ctg}^{\alpha + \phi} \cdot \text{tg}\phi + \frac{2 \cdot c}{r \cdot h} \cdot \frac{\sin\alpha}{\sin\left(\frac{\alpha - \phi}{2}\right)} \quad (1)$$

式中: K—斜坡稳定性系数; α —谷坡坡度; ϕ —黄土的内摩擦角;

c—黄土的内聚力; r—黄土的容重; h—谷坡高度。

由于黄土的内摩擦角、内聚力、容重及黄土谷坡的坡度比较稳定,黄土谷坡的稳定性主要取决于谷坡高度h。谷坡高度越大,斜坡稳定性越差,谷坡重力侵蚀强度越大。可以近似地认为,谷坡重力侵蚀强度(B)和谷坡高度成正相关,即

$$B \propto h \quad (2)$$

区域重力侵蚀强度(A)则为,

$$A = B \cdot S_g \quad (3)$$

$$S_g = 2 \cdot \frac{L \cdot h}{\sin\alpha} \quad (4)$$

式中: S_g —谷坡侵蚀面面积率(平方公里/平方公里); L—沟谷密度(公里/平方公里);
h—谷坡高度(公里); α —谷坡坡度(度)。

本文中的谷坡侵蚀面和齐矗华、甘枝茂两同志提出的土壤侵蚀面^[3]以及陈渭南提出的地貌暴露面^[4]含义相近。区别在于，后二者指的是能够产生土壤侵蚀的斜坡面积，包括了谷坡和部分梁峁坡。

由式(2)、式(3)和式(4)得：

$$A \propto 2 \cdot \frac{L \cdot h^2}{\sin \alpha} \quad (5)$$

由于黄土谷坡坡度基本一致，故：

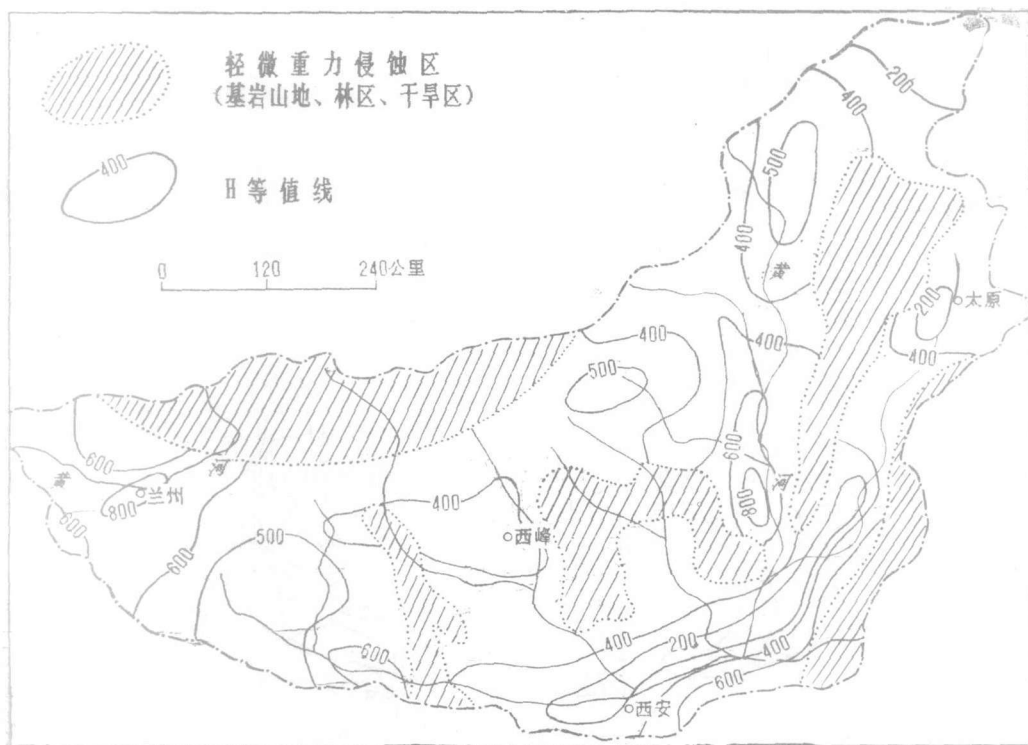
$$A \propto L \cdot h^2 \quad (6)$$

此式的物理涵义为，黄土地区在气候、植被等自然条件相似的情况下，区域重力侵蚀强度和沟谷密度与谷坡高度平方的积成正相关。

为了便于区域对比，我们用区域临空面高度(H，单位为公里)替代谷坡高度(h)。区域临空面高度为每幅地形图(1:50,000)中，最大流域的黄土出露最高位置和地形最低点之间的相对高差。沟谷密度根据陈永宗、景可两同志编制的黄土高原沟谷密度图^[5]，采用以上值求得的 $L \cdot H^2$ 值(简称为A值)，定义为重力侵蚀地形因子值。

二、区域临空面高度的区域特征

我们统计了2,000幅左右黄土高原1:50,000地形图的区域临空面高度，据此编制了1:250万黄土高原区域临空面高度等值线图，见图1。黄土高原区域临空面高度的区域分布特征如下：



(高度H的单位：米)

图1 黄土高原区域临空面高度等值线略图

- 1、汾渭河谷冲积平原和两岸台塬的H值最低，一般小于0.2公里。
- 2、吴堡—河津间的晋陕峡谷和陇西、青东黄河和湟水两岸山地的H值最高，一般为0.6—0.8公里，最高可达1.0公里。
- 3、六盘山以西的黄土梁峁区和高原区的H值，一般为0.4—0.6公里；渭河、葫芦河、洮河、清水河的深切河段地区及马衔山等一些山地周围地区的H值较高，大于0.6公里。
- 4、六盘山以东黄土梁峁区和高原区的H值，一般为0.3—0.5公里；府谷—清水河一带的黄河沿岸和白于山一带的H值较高，0.5—0.6公里。
- 5、陕北梁峁区和高原区与渭北台地接壤地带的彬县—铜川—韩城一线和秦岭北坡的一些孤立山地（骊山、嵕山、嵩山的周围地区）的H值较高，0.5—0.7公里。
- 6、汾中和汾东的台隆地区的H值较高，为0.5—0.6公里；晋北高原左云、右玉一带的H值较低，0.2—0.4公里。

三、地形因子值的区域特征

我们根据区域临空面高度和陈永宗、景可两同志编制的沟谷密度图，编制了1:250万的黄土高原重力侵蚀地形因子等值线图，见图2。黄土高原重力侵蚀地形因子值的区域分布特征如下：

- 1、汾渭河谷冲积平原及两岸台塬的A值一般小于0.1。
- 2、吴堡—河津晋陕黄河峡谷和陇西、青东黄河和湟水沿岸山地的A值最高，1.0—2.0。
- 3、六盘山以西的黄土梁峁区、高原区的A值一般为0.6—0.8，渭河等河流的深切河段地区及

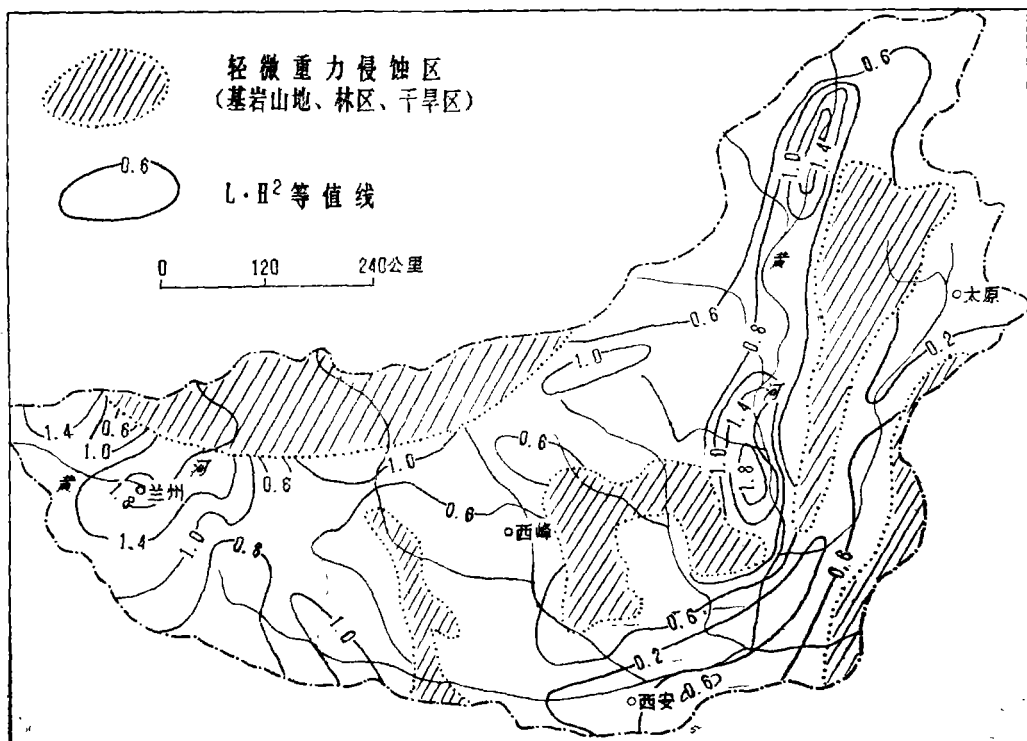


图2 黄土高原重力侵蚀地形因子 ($L \cdot H^2$) 等值线略图

马衙山等一些山地周围地区的A值一般为0.6—1.0；神木、兴县以北的晋陕蒙三角地带，由于沟谷密度大，A值高达1.0—1.4；陕北梁峁区和高原区以及和渭北台地接壤的彬县—铜川—韩城一线和晋豫交界的黄河峡谷段的A值也较高，0.8—1.2；右玉、左云一带晋北高原和渭南、渭北台塬的A值较低，0.2—0.4。

四、岩性组合分布特征

虽然黄土塬区、梁峁区和冲积平原区的地表组成主要为黄土或类黄土，但有些地区黄土的下伏基岩由于流水侵蚀在谷坡的中下部出露较多，基岩的物理力学性质也不尽相同。这也在一定程度上影响了重力侵蚀的强度和类型。根据地表物质的岩性组合和出露程度，黄土高原地区大致可分为四种岩性组合，它们的分布地区如下：

1、**黄土或类黄土**。黄土或类黄土基本上掩盖了所有的下伏基岩，部分地区的河沟底部有少量基岩出露。它的分布范围包括六盘山以东的大部分黄土地区、梁峁区和冲积平原区。这些地区黄土谷坡的滑坡、崩塌和泻溜非常发育。

2、**黄土和砒砂岩**。黄土覆盖于中生代砒砂岩之上，部分谷坡中下部和沟底有砒砂岩出露。砒砂岩物理力学性质极差，极易发生撒落、泻溜。分布范围在佳县以北的晋陕蒙三角地带的大部分地区。

3、**黄土和软弱岩层**。黄土覆盖于第三系湖相半成岩地层之上，部分谷坡中下部和沟底有基岩出露。湖相半成岩地层物理力学性质较差，易发生滑坡、泻溜等重力侵蚀。分布范围包括六盘山以西的大部分黄土塬区、梁峁区和六盘山北侧的清水河中游地区。

4、**黄土和坚硬基岩**。黄土覆盖于前新生界坚硬基岩之上，部分谷坡和沟底基岩出露。前新生界岩层为各种火成岩、变质岩和沉积岩，物理力学性质一般较好。完整岩层组成的山坡一般较稳定，不易发生重力侵蚀。部分中生代含膏盐的红层和遭受强烈断层破碎的岩层，物理力学性质较差。这些岩层组成的山坡较易发生滑坡、崩塌等重力侵蚀现象。分布范围包括佳县以南的晋陕黄河峡谷以及陇西和青东黄河、湟水的沿岸山地。

五、重力侵蚀强度分类及其区域特征

黄土高原不同岩性组合地区，重力侵蚀强度分级的地形因子指标是不同的，详见表1。各强度类型的重力侵蚀特征如下：

1、**轻微重力侵蚀**。除沟岸外的地面稳定性好，基本无重力侵蚀现象，土质沟岸有个别小型滑坡或塌方发生。

2、**中等重力侵蚀**。除沟岸外的地面基本稳定，少量土质山坡和个别基岩山坡有滑坡、崩塌

表1 黄土高原不同岩性组合地区重力侵蚀强度分级的地形因子指标(公里)

岩 性 组 合	剧 烈	非常强烈	强 烈	中等和轻微
黄土或类黄土、黄土和砒砂岩	>0.8	0.8—0.4	0.4—0.2	<0.2
黄土和软弱岩层	>1.0	1.0—0.6	0.6—0.3	<0.3
黄土和坚硬基岩	>1.6	1.6—0.8	0.8—0.4	<0.4

和泻溜发生，土质沟岸的滑坡、塌方较发育。

3、强烈重力侵蚀。谷坡稳定性中等，部分黄土谷坡和少量基岩山坡的滑坡、崩塌和泻溜发育，土质沟岸滑坡、塌方严重。

4、非常强烈重力侵蚀。在地面割裂度中等的地区，谷坡稳定性差，大部分黄土谷坡和部分基岩山坡的滑坡、崩塌和泻溜现象发育；在地面切割裂度高的地区，谷坡稳定性中等，部分黄土谷坡和少量基岩山坡的滑坡、崩塌和泻溜发育；在土质地区，沟岸的滑坡、塌方严重。

5、剧烈重力侵蚀。地面切割裂度中等的地区，谷坡稳定性极差，大部分黄土谷坡和部分基岩山坡的滑坡、崩塌和泻溜现象严重。地面切割裂度高的地区，谷坡稳定性差，大部分黄土谷坡和部分基岩山坡的滑坡、崩塌和泻溜现象发育。

在部分重力侵蚀剧烈和非常强烈的黄土和基岩的岩性组合地区，由于断层作用，岩层破碎，泥石流现象比较发育。如陇西和青东的黄河、湟水沿岸山地以及渭河上游的天水—甘谷一带的山地。

以上分类指标分析见图2。从图2中得出无茂密植被覆盖的黄土高原，重力侵蚀强度的分布规律如下：

1、汾渭河谷平原和两岸台塬的重力侵蚀轻微，黄土地区和梁峁区的重力侵蚀强烈到剧烈。

2、佳县以南的晋陕黄河峡谷以及陇西和青东的黄河、湟水的沿岸山地，由于区域临空面高度大，重力侵蚀剧烈或非常强烈。

3、佳县以北的晋陕蒙三角地带，由于沟谷密度大，重力侵蚀剧烈。

4、六盘山以西的黄土塬区和梁峁区的重力侵蚀非常强烈，渭河、葫芦河、洮河和清水河的深切河段地区和马衔山等山地周围地区的重力侵蚀剧烈，西吉一带黄土地区的重力侵蚀强烈。

5、六盘山以东的黄土地区和梁峁区的重力侵蚀非常强烈，白于山区、泾河源头区、陕北黄土地区、梁峁区和与渭北台塬接壤的彬县—铜川—韩城一线的重力侵蚀剧烈，左云、右玉一带晋北高原的重力侵蚀中等，渭北和渭南台塬的重力侵蚀中等到强烈。

以上这些分布规律和我们1986年以来在黄土高原重力侵蚀考察中所得结果基本相符。除陇西和青东黄河、湟水以及佳县以南晋陕黄河峡谷沿岸地区外，这也和黄土高原土壤侵蚀的分布规律基本吻合。这从侧面说明了，重力侵蚀是黄土高原的主要产沙方式，用地形因子值也可以表征侵蚀的强烈程度。陇西和青东的黄河、湟水沿岸山地的泥石流比较发育，固体物质组成粗，输移比小。这可能是造成重力侵蚀强度和土壤侵蚀强度不相吻合的主要原因。我们认为，佳县以南的晋陕黄河段的土壤侵蚀模数应较高或很高，一些图件给出的值较低可能是由于分区粗糙的原因。

参 考 文 献

- 〔1〕 龚时旸：“黄河流域黄土高原土壤侵蚀的特点”，《中国水土保持》，1988年第9期第2—9页。
- 〔2〕 《工程地质手册》，中国建筑工业出版社，1976年。
- 〔3〕 甘枝茂：“地貌特征对土壤侵蚀的影响”，《土壤通报》，1980年第5期第16—17页。
- 〔4〕 陈渭南：“黄土梁峁地区影响黄土侵蚀的地貌条件分析”，1988年。
- 〔5〕 陈永宗、景可、蔡国强：《黄土高原现代侵蚀与治理》，科学出版社，1988年。

（英文提要转第57页）

- [6] Poynton R.J.: Tree Species for Fuelwood Production in South Africa, *Sou. Afr. For. J.*, 1980, (131), 18—21.
- [7] Salazar R.: Firewood Yield of Individual Trees of *Guazuma ulmifolia* lam. in Pastures in Hojancha, Guanacaste-Costa Rica, *Com. For. Rev.*, 1994, 63(4), 271-278.
- [8] S.D.Khanduja: Short Rotation Firewood Forestry on Sodic Soils in Northern India—Research Imperatives, *Ind. J. For.*, 1987, 10(2), 75—79.
- [9] H. W. Anderson et al (郑世锴摘译): “温带能源林”《林业文摘》, 1987, 第2期第1—6页。
- [10] 陆显祥: “能源林业的动向”, 《世界林业研究》1988年, 第1期第43—48页。
- [11] World Bank……: “1987—1991年热带地区薪炭林和农田计划”, 《林业文摘》, 1987年第5期

The study and development of energy forest in the world

Wang Youke

(Northwestern Institute of Soil and Water Conservation
under the Chinese Academy of Sciences and the Ministry of Water Conservancy)

Abstract

In this paper, according to the foreign and native results published in recent years, the study and development of energy forest in the world was introduced on the firewood consumption and development of energy forest, biological basis, genetic improvement, use of wood energy. In the end, the energy forestry was appraised.

(Continued from page 44)

An analysis to the combined factors of topography and lithology in the gravitational erosion of Loess Plateau

Zhang Xinbao Chai Zongxin Wang Yangchun

(Department of Soil and water Conservation in the Chengdu Institute of
Mountain Disaster and Environment, Academia Sinica)

Abstract

The grievous gravitational erosion on Loess Plateau is the major erosion type of the region. The paper, with the quantitative geomorphological method, having analysed the topographical factor in gravitational erosion, raised the concept of topographical factor value, worked out the isograms of regional height facing vacancy for the area and the topography factor, proposed topographical index of gravitational erosion strength under different combining condition of lithology, it also explores the regional nature of gravitational erosion strength.