

# 陕北洛川塬黄土崩滑及谷坡扩展模式

郭力宇<sup>1,2</sup>, 甘枝茂<sup>1</sup>, 苏惠敏<sup>1</sup>

(1 陕西师范大学旅游与环境学院, 陕西 西安 710062; 2 西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054)

**摘 要:** 陕北洛川黄土塬是水土流失严重的地区。通过野外调查发现黄土崩滑作用是造成该区水土流失的主要之一, 发育于黄土塬—沟谷过渡地带。该区黄土崩滑首次被划分为单面崩滑及栅格崩滑两种基本类型。黄土单面崩滑主要分布于冲沟、切沟地貌环境, 而栅格崩滑主要分布于级别较高的沟道之中, 活跃于区域 III、IV 级沟道, 显示出黄土崩滑与区域水文网之间的对应关系。根据地貌景观和沟谷几何特征第一次提出洛川黄土塬河道谷坡以陡倾加宽和鱼鳞状后退扩展为模式。黄土崩滑是蚕塬的重要方式, 在水土保持过程中, 应加强不同类型崩滑的针对性研究、预报和防护治理, 促进水土保持效益的提高。

**关键词:** 黄土塬; 黄土崩滑; 水文网; 谷坡扩展; 陕北洛川

**中图分类号:** S157.1      **文献标识码:** A

黄土崩滑作用是造成黄土塬土壤侵蚀、水土流失的重要方式, 直接影响着黄土塬区沟谷体系的形成与发展, 是土壤侵蚀研究的重要领域。在长期水土保持研究和治理过程中, 人们主要侧重于水蚀机理与以水蚀为基础的水土保持措施的研究, 忽视黄土塬区崩滑负面破坏作用的研究, 以致出现对黄土崩滑的防治不能做到有的放矢、因害设防, 影响了水土保持效益的提高。为了在黄土塬区获得更好的治理效果, 本文就黄土崩滑类型、区域分布特征和谷坡扩展模式予以讨论, 以深入对黄土崩滑的研究和治理。

## 1 研究地区及背景

研究区位于陕北黄土高原南部洛川县境内洛河以东的黄土塬区, 其中典型调查区面积约 270km<sup>2</sup>。陕北黄土高原南北纵向上有着明显的黄土地貌分异现象。其中子长县之北为黄土峁梁或峁状丘陵沟壑区, 发育短梁峁山地貌; 甘泉道镇—子长县区间为梁峁状丘陵区, 以发育黄土梁及黄土峁为特征; 甘泉道镇至北山之间为黄土塬沟壑区, 以发育黄土残塬、沟壑地貌为特征; 而研究区位于陕北高原南部黄土塬沟壑区中东部, 该区平均年降水量约 400mm ~

600mm, 7~9 月降水量占全年降水量 55% 以上, 且多暴雨。地表切割破碎、沟壑发育, 沟道密度 1.0km/km<sup>2</sup> ~ 3.0km/km<sup>2</sup>, 切割深度 100m ~ 200m, 土壤类型主要为黄绵土, 土质疏松, 抗侵蚀性差, 土壤侵蚀模数达 1000t/km<sup>2</sup>。

## 2 黄土崩滑类型

黄土崩滑是指土体的剪切力超过了软弱构造层面的强度, 从黄土陡崖向下突然倾倒、停积的地貌改造作用与过程, 兼有崩塌与滑坡的过渡特征, 是重力侵蚀的重要形式之一。经过野外观察与分析, 按照控制因素边界的不同, 洛川黄土塬区黄土崩滑可划分为两类(图 1): 其一为黄土单面崩滑, 其二为黄土栅格崩滑。

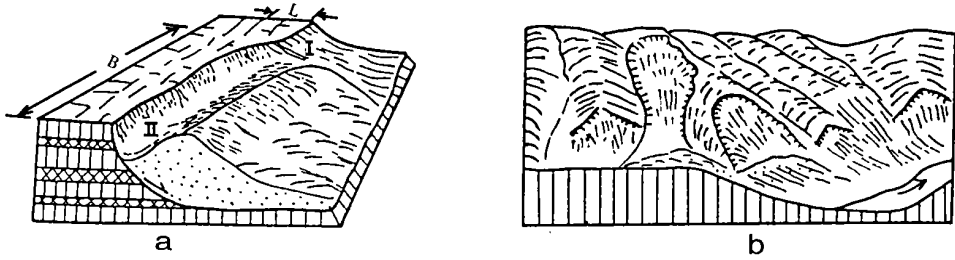
### 2.1 黄土单面崩滑

此类崩滑体边界大致平行于沟谷延伸平均方向, 崩体水平宽度较小, 形成以板状体黄土崩滑为特征。该类黄土崩滑单体水平长度一般为 15m ~ 250m, 水平宽度一般 < 50m。其中洛川永乡中屈间河北侧冲沟发育水平长度约 1 000m 的崩体。单面崩滑多发生于切沟及冲沟的上段, 在黄土单面崩滑的不断作用下, 冲、切沟等支毛沟不断纵向延伸, 造

收稿日期: 2001-10-01。

基金项目: 国家自然科学基金项目资助(40071006)教育部重大项目资助(2000ZDXM770013)。

作者简介: 郭力宇(1963-), 男(汉族), 陕西临潼人, 在读博士, 主要从事自然地理与区域地质研究。E-mail: guolinda@263.net。



a-黄土单面崩滑(I-早期崩滑面, II-晚期崩滑面; B-晚期崩滑体水平长度, L-晚期崩滑体水平宽度); b-黄土栅格崩滑

图 1 洛川塬黄土崩滑类型

Fig. 1 Types of loess slumping in Luochuan

成黄土塬不断被蚕食而缩小。在单面崩滑作用下,黄土塬缘形成陡坎或陡崖,发育黄土脊、崩滑漏斗等黄土地貌,造成水土集中流失,与其下段梳状水蚀黄土地貌形成明显对比。

## 2.2 黄土栅格崩滑

黄土栅格崩滑是指在两条斜交的切沟作用下,黄土体以栅格状菱形体与母体分离而产生的黄土崩滑。控制栅格状黄土崩体的边界呈“剪状”菱形,长度基本一致,崩体水平规模一般 25m~200m。黄土栅格崩滑发育于冲沟与冲沟的交汇处,其中仙姑河及永乡西沟最为普遍。河沟谷坡的后退扩展主要由黄土栅格崩滑来实现,形成河沟谷坡陡立的黄土地

貌特点。

## 3 黄土崩滑控制因素

同其它自然现象一样,黄土崩滑有其发生的内在和外在因素。内在因素是指影响和支配黄土崩滑的因素,客观存在于土体内部,即主控因素;外在因素是指对黄土崩滑的诱发和加速作用,即诱发因素。

### 3.1 主控因素

产生黄土崩滑的主控因素主要包括黄土质地结构、沟谷坡度、黄土节理构造、黄土古层面状态、黄土断层及黄土下伏基岩面形态等因素(图 2)。

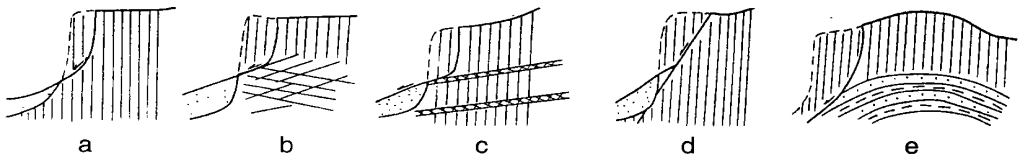


图 2 洛川塬黄土崩滑与主控因素关系图

Fig. 2 Relationship between the slumping and its main factors

洛川黄土塬黄土地层出露较为完整,不同黄土地层土质组分、粒度、松散度、粘结度、抗蚀(冲)性能均有所区别,这些性质和差异直接影响着黄土崩滑的发生。一般情况下,午城黄土→离石黄土→马兰黄土→新黄土,土体稳定性在降低,黄土崩滑越易发生。

据调查,黄土崩滑主要发生在 45°以上边坡,沟谷坡度一般较大,尤其是幼年期冲沟及切沟沟坡多在 50°~70°,有利于崩滑的形成。

黄土塬的黄土发育有 6 组节理构造,即 NE15°、NE56°、NE85°、NW74°、NW36°及 NW15°,平面上主要以网格状形式表现,黄土节理是黄土崩滑的基本地

质因素,是形成黄土崩滑的直接因素(图 2 a、b)。由黄土节理控制的土体崩滑主要有两种情况:其一为垂直节理控制型(图 2 a),主要由平行崩滑体走向的黄土垂直节理控制。由于隐伏黄土节理的存在,在降水与地表径流作用下,流水沿节理面渗流,冲蚀土体,使节理宽度首先增大变为裂隙,同时水流在一定黄土深度,下渗速度停滞,转移为对黄土溶蚀使其湿陷,产生软滑面,在土体拉张力作用下,最终导致土体崩滑;其二为多组节理控制型(图 2 b),主要受控于两组黄土节理,即黄土垂直节理和黄土斜节理,降水首先沿垂直节理下渗,使土体在垂向上裂解,土体

失去其连续性, 然后降水沿倾斜节理排出, 这样, 降水不断破坏土体的稳定, 最终导致黄土崩滑。

间歇式隆升是黄土塬新构造运动的主要特征, 新构造隆升作用在黄土塬的主要表现

为多级阶地的形成, 使黄土塬区出现宽阔塬面与低凹谷地黄土地貌, 这种自然地貌差异在河道谷坡形成原始倾斜的古土壤沉积斜面。发育于河道两侧的沉积斜面为上部黄土崩滑创造了条件, 为此称为古土壤斜面控制型崩滑(图 2 c)。洛河河谷形成于距今 0.5Ma 万年前, 河谷两侧发育多层古斜面构造, 其中以 S<sub>5</sub> 最为显著。因此, 该类型的崩滑活跃于洛河两岸。降水在马兰黄土或新黄土层中垂直下渗之后, 汇集于古土壤斜面, 向下运动, 产生破弱的不连续结构面, 形成黄土的崩滑。

斜坡土体边缘新生断裂构造是黄土崩滑的另一主控因素, 野外见于富县茶坊(图 2 d)。黄土体内部的断裂构造, 宽度一般约 15cm ~ 50cm, 断裂带上发育断层泥, 性质一般为正断层, 断裂带为土体崩滑的形成创造了先决条件。降水在沿断裂带下渗的过程中, 使土体失稳, 促成土崩的形成。

黄土塬基底岩层面并非平整一致, 发育有长波园弧褶皱构造, 形成起伏不平基底结构面特征(图 2 e), 而这些起伏不平的层面是天然的隔水层面, 在降水过程中, 水流沿上覆土体下渗到基岩倾斜界面后溶蚀土体, 使黄土—基岩接合界面出现滑移现象, 从而造成上覆土体崩滑。

3 2 诱发因素

诱发因素主要包括降雨、地震、人类活动及切割深度与沟道裂度等因素。其中降雨对土体沿节理方

向切割、冲蚀、湿陷, 导致土体崩滑具有关键性的作用, 同时, 崩滑的形成与降雨雨强、持续时间、雨型、雨量等密切相关。地震作用具有突发性, 在地应力突然释放条件下造成黄土崩滑。切割深度与沟谷裂度反映土体临空状态和卸载程度, 两者之间存在相互依存和助长的关系。人类活动包括毁坏植被、陡坡开荒、塬—沟接合带盲目过度利用、工程建设及城镇发展等方式, 这些人为作用直接加速了土体的裂隙及土体崩滑的形成。

4 黄土崩滑区域分布特征

研究区发育树枝状水系, 地势总体东北高西南低, 支沟水流方向自东而西汇入近南北向洛河干流。研究区洛河流域发育有 3 级河道、冲沟及切沟等沟谷体系。

不同类型的黄土崩滑发育于不同的沟道水文网区域位置, 也就是说, 土体崩滑与沟道类型有着直接的对应关系(图 3)。从图 3 可以看出, 黄土单面崩滑集中发育于切沟及冲沟地貌位置, 仙姑河, 永乡沟及枣刺沟等高级别沟道单面崩滑数量明显减少, 洛河东岸黄土单面崩滑数量界于仙姑河与永乡西沟之间。黄土栅格状崩滑集中发育于仙姑河、永乡西沟、枣刺沟, 而冲沟及切沟支毛沟栅格状土体崩滑现象相对减弱, 洛河两侧栅格状崩滑界于前两者之间。另外, 从图 3 中也可以看出, 发育历史长, 谷坡坡面形态结构比较复杂的洛河两侧黄土单面崩滑和栅格状崩滑出现机率基本一致。仙姑河、永乡西沟、枣刺沟等则以黄土栅格崩滑水土流失作用为主, 发育于上述支流(沟)的一般冲沟、切沟等支沟则以黄土单面崩滑水土流失作用为主。

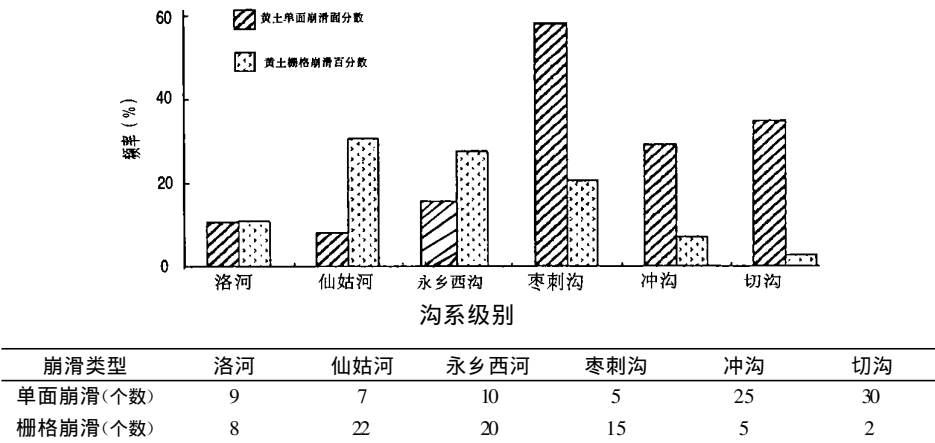


图 3 黄土崩滑与沟系类型关系图(据 270km<sup>2</sup> 调查)

Fig 3. Relation between loess slumps and gullies in Luochuan (from the survey in 270 km<sup>2</sup>)

## 5 谷坡扩展模式

由于谷坡扩展反映着河流地貌和地表水土流失的发展过程,是地壳内力因素与外力因素综合作用的结果,因此许多学者进行了深入研究,并提出了各自的发展模式或观点。其中以戴维斯的侵蚀循环学说(图 4 a)和 W. 彭克动力平衡模式(图 4 b)最具代表性。

### 5.1 戴维斯模式

戴维斯认为河流是一个有序的发展过程,即从幼年期→壮年期→老年期,谷坡则从狭窄陡倾→宽谷缓倾,这种演化规律结束之后如果地面再次被抬升,将重复整个过程,形成侵蚀循环的特点。

### 5.2 W. 彭克模式

W. 彭克等认为如果控制地面剥蚀过程的各种因素不变,河谷地貌外形就不会随时间的前进而发生变化。换言之,随时间的迁移不会出现戴维斯认为的幼、壮、老不同阶段,应具有动力平衡状态,河谷谷坡扩展以平行后退为特征。

从表面上看,两者是具有相互否定的观点,其实他们分别提炼于不同自然背景区。其中戴维斯模式是基岩山区河流谷坡地貌发展的简化,而 W. 彭克模式则是基岩台区河流谷坡地貌发展的简化,是不同自然环境河道演化规律的总结。

### 5.3 洛川塬模式

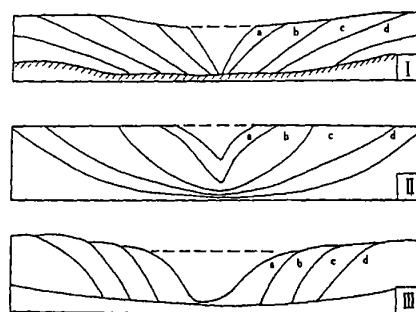
陕北洛川黄土塬是区别于基岩山区和基岩台地的特殊地貌景观,以厚层黄土加积为标志,在野外调查中发现其谷坡扩展模式具有特殊性(图 4 c)。洛川黄土塬区沟谷的加宽和后退扩展具有以下特点:①主要侧蚀力不是沟谷中的水流侧蚀,而是两侧次级水流与黄土崩滑作用;②河谷在由小到大的加宽过程中,不同时期的谷坡以高角度陡倾为特点,并非出现戴维斯模式中的逐渐夷平过程假说;③黄土塬谷坡的扩展方式以鱼鳞状黄土崩滑为特征,平面后退线轨迹以鱼鳞式蚕食黄土塬,而不是 W. 彭克模式中的平行后退假说。

黄土塬谷坡扩展之所以以谷坡陡倾鱼鳞式发展,是由黄土塬本身沉积物质、内部组构、堆积形态及自然地理位置所决定,说明了黄土塬地貌景观的特殊性。对于该区谷坡扩展的深入研究将有助于黄土塬水土流失及治理的研究。

## 6 黄土崩滑防治措施

黄土塬区土体崩滑作用十分普遍和活跃,具有

复杂的崩滑过程和机理,是一亟待加强研究的领域。在过去,虽然人们认识到它的严重性,但其研究和防治措施相对滞后。在野外调查基础上认为黄土塬区土体崩滑水土流治理应遵循以下原则:①建立沟—塬水土保持—缓冲区。在距谷缘线 50m~100m 范围内种植枝叶茂盛、根系发达的乔灌木,部署排水工程,防止产生径流,减少该区域人为开垦耕种等加速侵蚀行为,减缓支毛沟的侵蚀崩滑速度。②重点治理谷坡。在崩滑土裙上停止耕作,植树种草,稳定土裙,防止冲蚀,减缓坡度,抑制土体再次崩滑。③减少黄土塬经济林比例。经济林为当地经济发展起到重要支撑作用,但为水土流失埋下了许多隐患。经济林在管理过程中,习惯于施肥、除草、翻耕的办法,这大大损害了经济林防止水土流失的作用,人为开渠挖沟汇聚改造地表径流状态,加速了水土流失进程。



I—戴维斯模式; II—W. 彭克模式;  
III 洛川土原模式; a, b, c, d. 表示不同阶级谷坡位置

图 4 谷坡扩展模式图

Fig 4 Expanding models of gully slopes

### 参考文献:

- [1] 王占礼, 邵明安. 黄土高原地区土壤侵蚀共性与特性[J]. 山地学报, 2001, 19(1): 87~91.
- [2] 郭力宇, 吴成基, 甘枝茂, 等. 陕西翠华山山崩及其环竟效应[J]. 山地学报, 2001, 19(4): 355~358.
- [3] 甘枝茂. 城市土壤侵蚀与城市水土保持问题[J]. 水土保持通报, 1997, 17(5): 46~47.
- [4] 甘枝茂, 孙虎, 郭力宇. 西部开发与城市土壤侵蚀及防治对策—以黄土高原地区为例[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2000, 28(3): 104~109.
- [5] 齐鑫华, 甘枝茂, 惠振德, 等. 黄土高原侵蚀地貌与水土流失关系研究[M]. 西安: 陕西人民教育出版社, 1991.
- [6] 牛银柱. 黄土高原水土流失诸因素分析及治理展望[J]. 水土保持研究, 2001, 8(1): 89~88.
- [7] 胡良军, 邵明安. 区域水土流失研究综述[J]. 山地学报, 2001, 19(1): 69~74.

- [ 8 ] 陈浩, 蔡强国, 陈金荣, 等. 黄土丘陵沟壑区人类活动对流域系统侵蚀、输移和沉积的影响[ J ]. 地理研究, 2001, 20(1): 68~75.
- [ 9 ] 陈永宗. 黄土高原沟道流域产沙过程的初步研究[ J ]. 地理研究, 1988, 2(1): 35~46.
- [ 10 ] 尹国康. 流域地貌系统[ M ]. 南京: 南京大学出版社, 1991.
- [ 11 ] 甘枝茂. 黄土高原地貌与土壤侵蚀研究[ M ]. 西安: 陕西人民出版社, 1989.
- [ 12 ] 孟庆枚. 黄土高原水土保持[ M ]. 郑州: 黄河水利出版社, 1996—10.
- [ 13 ] 陈永宗. 黄土高原水土流失及其治理[ J ]. 水土保持通报, 1981, 1(1).
- [ 14 ] Lane L J, Renard K G, Forster G R, Laften J M. Development and Application of Soil Prediction Technology — The SDA Experience [ J ]. *J. Soil Res.* 1992, (30): 893~912.
- [ 15 ] Wicjrk G F. Evaluating Danger Landslide Caralogue Mape[ J ]. *Bulltin of the Association of Engineering Geologists*. 1984, 1(1): 337~342.
- [ 16 ] 刘希林, 张松林, 唐川. 沟谷泥石泥危险度评价研究[ J ]. 水土保持学报, 1993, 7(2): 20~25.
- [ 17 ] 倪玉兰, 安艳秋, 王景明. 洛川塬水土流失与黄土构造节理[ J ]. 水土保持学报, 1993, 7(3): 26~31.
- [ 18 ] 蒋定生, 江忠善, 候喜录, 等. 黄土高原丘陵区水土流失规律与水土保持措施优化配置研究[ J ]. 水土保持学报, 1987, 6(4): 14~17.
- [ 19 ] 许炯心. 黄土高原水土保持有效性研究[ J ]. 水土保持学报, 2001, 15(1): 105~109.
- [ 20 ] 李裕之, 石辉. 新构造运动对黄土高原变迁的影响[ J ]. 水土保持研究, 2001, 8(1): 123~129.
- [ 21 ] 程绍平, 邓起东, 闵伟, 等. 黄河晋陕峡谷河流阶地和鄂尔多斯高原第四纪构造运动[ J ]. 第四纪研究, 1998, (3): 238~247.
- [ 22 ] 刘东生等. 黄土与环境[ M ]. 北京: 科学出版社, 1985.
- [ 23 ] 严钦尚, 曾昭璇. 地貌学[ M ]. 北京: 高等教育出版社, 1985.
- [ 24 ] 沈玉昌, 龚国元. 河流地貌学概论[ M ]. 北京: 科学出版社, 1986.

## Loess Slump and Gully Slope Expanding Model of Luochuan Plateau in Shaanbei

GUO Li-yu<sup>1,2</sup>, GAN Zhi-mao<sup>1</sup> and SU Hui-min<sup>1</sup>

(1. College of Tourism and Environment, Shaanxi Normal University, Xi'an 710062, China

2. Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, China)

**Abstract:** Shaanbei Luochuan loess plateau is one of soil erosion districts which is mainly resulted from loess slump. Loess slump usually takes place in the transitive area between the plateau and gullies. Loess slump could be divided two types: one is the single side slump most occurred in gullies, other one is the grid landslide often occurred in ravines. The expanding model of gully slopes in Luonan follows fish—scale pattern with steep slope. Loess slump is one of main ways to erode Luochuan plateau which should be studied and forecasted specifically during soil conservation in order to get better effect.

**Key words:** loess plateau; loess slump; hydrology net; expanding model; Shaanbei Luochuan.