

# 黄土高原土壤侵蚀特点与植被对 土壤侵蚀影响的研究

周佩华 刘炳武 王占礼 郑世清

(中国科学院西北水土保持研究所·陕西杨陵)  
水利部

## 提 要

黄土高原土壤侵蚀异常强烈,并且大部分地区以水蚀为主。在水蚀区,土壤侵蚀主要由少数几次暴雨所引起。黄土高原的土壤侵蚀情况比较复杂,以各种类型的沟蚀为主,并具有垂直分带性。坡耕地的土壤侵蚀,占总侵蚀量的比重很大。同时,根据在子午岭地区的土壤侵蚀调查,讨论了植被对土壤侵蚀的影响。

关键词: 黄土高原 土壤侵蚀 植被 垂直分带性

## Behaviors of Soil Erosion and Effects of Vegetation Cover Upon Soil Erosion on the Loess Plateau

*Zhou Peihua Liu Bingwu Wang Zhanli Zheng Shiqing*

*(The Northwestern Research Institute of Soil and Water  
Conservation, Academia Sinica and the Ministry of Water  
Conservancy, Yangling, Shaanxi)*

## Abstract

Soil erosion on the loess plateau is very serious with water erosion in the main in most parts of the region. In water erosion area, soil erosion is caused by the several few heavy rainfalls. Soil erosion on the loess plateau is very complicated with various types of gully erosion in the main characterized with vertical belt erosion. Soil erosion on the slope land consists of the major part of total erosion in the Ziwuling Mountain area. This paper also discusses the effects of vegetation cover upon soil erosion.

**Key words:** the loess plateau soil erosion vegetation cover  
vertical belt of erosion

黄河的泥沙主要来自黄土高原。因此,黄土高原的土壤侵蚀一直是大家很关注的问题。多年来,有关这方面的研究和论著很多,但有些问题至今还没有得出明确的结论,还需要进行深入的研究。本文只是概括地介绍一下黄土高原土壤侵蚀的一些特点,以及笔者对黄土高原土壤侵蚀的基本认识。

## 一、黄土高原土壤侵蚀特点

**(一) 黄土高原的土壤侵蚀异常强烈** 在58万 $\text{km}^2$ 范围内,土壤侵蚀比较严重的地区有43万 $\text{km}^2$ 。目前还不能准确测出黄土高原的侵蚀模数,我们用与侵蚀模数相近、但比侵蚀模数稍小的河流输沙模数,来说明黄土高原土壤侵蚀的严重程度。在河口镇到三门峡区间,黄河多年平均输沙模数为3 915 $\text{t}/(\text{km}^2\cdot\text{a})$ ,约为密苏里河的25倍,是长江的15倍。由于黄土高原严重的土壤侵蚀,使黄河的年平均输沙量达16亿 $\text{t}$ ,加上坝库拦蓄的约6亿 $\text{t}$ 泥沙,实际年平均土壤侵蚀量在22亿 $\text{t}$ 以上。

黄河平均含沙量37.6 $\text{kg}/\text{m}^3$ ,为世界上含沙量最高的大河,而发源或流经黄土高原的黄河支流,其含沙量最高,历年最大含沙量有时超过1 000 $\text{kg}/\text{m}^3$ :如北洛河淤头站,1957年8月27日曾出现1 190 $\text{kg}/\text{m}^3$ 的纪录、泾河张家山站,1958年7月11日最大含沙量实测值为1 430 $\text{kg}/\text{m}^3$ 。此外如地面破碎、沟道密度一般在5 $\text{km}/\text{km}^2$ ,甚至在10 $\text{km}/\text{km}^2$ 以上;沟道切割深度可达50m以上;以及大部分地区土壤剖面都已被侵蚀殆尽等等,都足以说明黄土高原土壤侵蚀的严重程度。

**(二) 黄土高原较强烈的风蚀仅发生在北部长城沿线一带,其余地区以水蚀为主** 在水蚀区,土壤侵蚀集中发生在雨季,并且主要由少数几次暴雨所引起。根据对子洲、绥德、延安、西峰、天水等地33个径流小区·年和61个沟道小流域·年的资料统计,平均每年发生径流并引起土壤侵蚀的降雨有6次,占年总降雨次数的7%,占汛期降雨次数的14%;每年引起土壤侵蚀的降雨量为140mm,占年总降雨量的26.4%,占汛期雨量的38.6%。如天水水保试验站坡度为23°43'的农地径流小区,1945~1956年共降雨768次,其中发生径流的只有53次,占总降雨次数的6.7%;11年共降雨5 940.6mm,其中发生土壤侵蚀的降雨1 463.4mm,占总降雨量的24.6%。又如绥德水保站20°19'的农地径流小区,1955~1960年间汛期(6~9月)总降雨次数为275次,发生土壤侵蚀的降雨为43次,占汛期总降雨次数的15.6%。以上这些数字说明,虽然黄土高原土壤侵蚀强烈,但主要是由少数几次暴雨所引起的。出现上述情况的主要原因是黄土深厚疏松、渗透性好,大部分降雨都能就地入渗,由于黄土抗冲性弱,一旦发生径流,必将引起严重的土壤侵蚀。

**(三) 黄土高原的土壤侵蚀情况比较复杂** 同一地区,各种不同的侵蚀类型同时出现,交错分布。甚至不到百米的斜坡上,可以同时出现各个发育阶段的沟蚀、风蚀和重力侵蚀。但从分水岭到沟谷底,土壤侵蚀自上而下有明显的差异,呈带状分布。在丘陵区,自上而下可概略分为:片状侵蚀区→细沟侵蚀区→浅沟、切沟侵蚀交错分布区→切沟侵蚀区→现代沟谷侵蚀区(包括重力侵蚀区和堆积冲刷交错分布区)。在塬区,自上而下可概略分为:塬面侵蚀不明显区→塬边侵蚀微弱区→塬坡侵蚀区(包括重力侵蚀区和坡麓冲淤交替区)→沟槽区<sup>[1]</sup>。

从分水岭到沟谷底部,土壤侵蚀强度也有明显差异。山西省水土保持研究所从1963年至1968年,对梁峁顶部、梁坡上部、梁坡下部及沟坡等各地形部位的土壤侵蚀进行了观测研究,结果见表1。

**(四) 黄土高原以各种类型的沟蚀为主** 这主要是因为黄土高原地面相对高差大,一般为200m左右;地面坡度陡,在丘陵区,沟间地平均坡度在20°上下。在这种情况下,一旦有地面径流发生,便很快汇集成有侵蚀力的股流,加之黄土疏松深厚,必然引起严重的沟蚀。根据我们1973年以来的多次模拟降雨试验结果,在片蚀和细沟侵蚀地段,细沟侵蚀量占总侵蚀量的80%左右。细沟侵蚀多发生在坡面的上部。随着坡长的增加和坡面径流的进一步汇集,出现浅沟侵蚀和

表1 不同地形部位土壤侵蚀强度对比

地形部位	崩 顶	梁坡上部	梁坡下部	黄土沟坡	发育沟壁
侵蚀模数 (t/km <sup>2</sup> ·a)	368	2 820	14 700	24 800	72 700
比 例	1	7.7	40	67	198

切沟侵蚀。根据我们在安塞县的调查，在浅沟侵蚀区（包括片蚀和细沟侵蚀），浅沟侵蚀量约占总侵蚀量的50%。切沟中的径流已相当集中，加速沟头前进、沟壁扩张和沟底下切。据1957年和1979年两个时期拍摄的航片对比分析，固原县17条大切沟平均每年沟头前进5.32m，最大为15.71m<sup>[2]</sup>。笔者曾对延河支流—杏子河流域内的沟道进行量算，平均每1km<sup>2</sup>内有长度在100m以上的各种沟道25条。其中有一条小流域，流域面积为1.12km<sup>2</sup>，有各种沟道84条，每1km<sup>2</sup>高达74.7条<sup>[3]</sup>。从上述资料不难看出，黄土高原的沟蚀已相当惊人。

**(五) 黄土高原耕地的土壤侵蚀非常严重** 1963年我们曾在子午岭东坡连家砭地区进行了径流小区观测，当年3~9月共降雨343.6mm，观测结果见表2。

表2 子午岭地区径流小区观测结果

土地利用情况	林 地	草 地	林或草地开垦	农 地	农地休闲	撂 荒
侵蚀量 (kg/ha)	60	90	1 830	3 720	5 750	120
比 例	1	1.5	30.5	62	112.5	2

从表2可知，农地的土壤侵蚀强度为林地的62倍；林地或草地开垦之后，当年侵蚀量就增加30倍；农地撂荒一年，侵蚀量即大幅度下降，而与草地相近。在坡度较陡的情况下，农地与林草地侵蚀量的差异更加显著。西北林学院刘秉正等曾进行土壤抗冲性试验<sup>[4]</sup>，结果如图1。由图1可知，随着坡度增大，农、林、草地的冲刷模数（单位水量冲刷的土壤重量g/L）都随之增大，但增大的速率不同，林草地的增量很小，而农地增长较大。这说明在陡坡上开荒耕种，将会引起严重的土壤侵蚀。

根据1982~1983年我们在延河支流杏子河流域调查的结果，95%的耕地为坡地。在沟间地部分，除少量水平梯田和林地外，坡耕地约占沟间地的90%；沟谷内的陡坡耕地约占沟谷面积的20%~30%。而该地区5°以下的缓坡地极少，仅占1%左右；12°~25°及25°~35°的坡地面积最大，各占40%左右<sup>[5]</sup>。从这些数据也可以看出坡耕地土壤侵蚀的严重程度。

在野外考察期间，我们对27°、坡长为66m的坡耕地与撂荒5年的荒地，进行了对比观测。撂荒地植被覆盖度约为50%，在一次暴雨后无细沟发生；农地作物覆盖度约为30%，细沟和浅沟侵蚀量为15 380t/km<sup>2</sup>。在同一次暴雨后，我们还对同一坡面上坡度为35°、坡长为60m的翻耕麦田和没有翻耕的麦田进行了对比量测：没有翻耕的麦田，细沟和浅沟侵蚀量为17 493t/km<sup>2</sup>；翻耕麦田为36 754t/km<sup>2</sup>，相差2.1倍<sup>[6]</sup>。这主要是由于土壤翻松之后，抗冲性能降低的缘故。

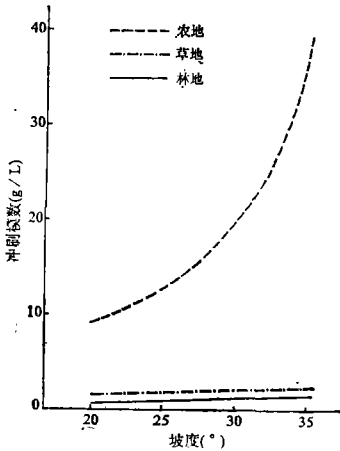


图 1 坡度与冲刷模数之间的关系

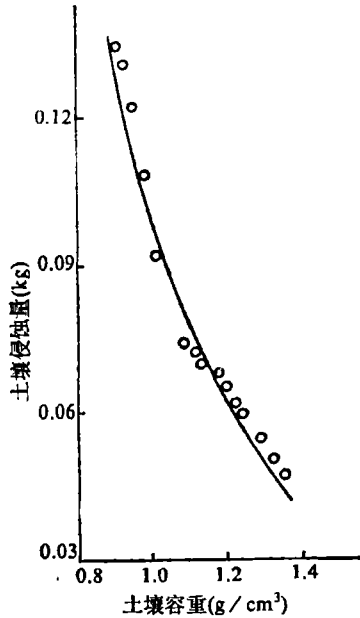


图 2 土壤容重与土壤侵蚀量试验结果散点图

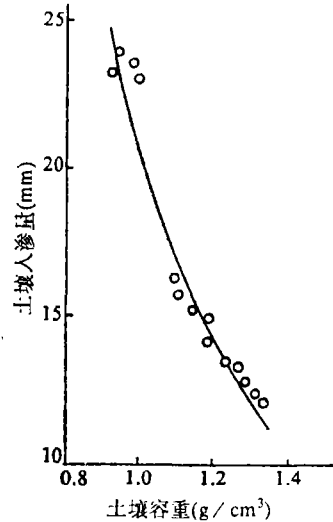


图 3 土壤容重与土壤入渗量试验结果散点图

为了进一步验证这一问题，我们在室内进行了不同土壤紧实度对土壤侵蚀影响的模拟降雨试验。当土壤容量增加时，土壤侵蚀量和土壤入渗量都有明显下降<sup>[7]</sup>，如图 2 和图 3 所示。

## 二、对黄土高原土壤侵蚀的基本认识

笔者认为，黄土高原严重的土壤侵蚀，主要是由于土地利用不合理造成的。今后，如果从调整农业生产结构入手，从保护和充分发挥农业自然资源的生产潜力出发，采取必要的措施，实现土地合理利用，则完全可以控制黄土高原的土壤侵蚀，使其逐渐减弱。

自从1955年第一届全国人民代表大会通过了黄河治理规划之后，便系统全面地开展黄土高原的水土保持工作。30多年来，黄河的泥沙没有明显变化，这是事实。主要原因是“边治理、边破坏”，抵销了治理的成绩，部分地区甚至破坏面积大于治理面积。1955年黄土高原统计上报耕地面积为16 227万亩，按照“根治黄河水害和开发黄河水利的综合规划”，到1967年，退耕陡坡耕地1 100万亩。可是到1985年，不但没有退耕，耕地面积反而增加到22 396万亩，增加了6 169万亩，约增加38%。由此可见人为破坏活动的严重性。在这种情况下，黄河的泥沙没有明显变化，乃是必然的结果。如果因此得出结论，认为水土保持对减少黄河泥沙作用不大，是不恰当的。

黄河中游治理局和陕西省水保局，通过调查研究，提出水土保持减少河流泥沙的计算公式：

$$\Delta Sr = A + B - C$$

式中： $\Delta Sr$ ——成因分析年输沙量减少值； $A$ ——水保措施减少的年输沙量； $B$ ——水库拦蓄的年输沙量； $C$ ——人为因素新增加的年输沙量。

该公式，比较客观地反映了实际情况。有些同志在估算水土保持减少入黄泥沙量时，忽略了公式中人为因素新增加的年输沙量 $C$ 这一项，这就使水土保持减沙效益明显偏小，因而得出不正确的结论。

黄河自古以来就是一条多泥沙的河流<sup>[8]</sup>。在不同的历史时期,由于黄土高原土地利用情况和自然条件不同,黄河含沙量的大小也在不断变化。分析不同历史时期黄河含沙量大小的变化规律,从中找出有关治理黄河的有益借鉴,是完全必要的。但历史上有关实测数据缺乏,如果进一步分析不同时期的黄河输沙量,只能进行粗略地间接推算,其准确程度是值得怀疑的。所以,在分析水土保持对减少黄河泥沙的作用时,着眼点主要应该放在现代,根据各种试验观测资料进行统计分析,从中找出规律性的东西,进而分析水土保持的减沙效益,才能得出比较可靠的结论。

大量的试验观测资料表明,一些小流域经过水土保持治理后,减沙效益显著,这已为大家所公认。一些较大的流域经过治理之后,河流泥沙也有大幅度减少。如无定河流域,经过20年的治理,河流泥沙减少44%。

1963年,我们进行了横穿子午岭中段(蒿咀铺—三官桥—苗村—连家砭—太白镇—黑水寺)的土壤侵蚀调查。调查地区位于东经 $108^{\circ}15' \sim 109^{\circ}$ 、北纬 $36^{\circ} \sim 36^{\circ}10'$ ,面积约 $1\ 400\text{km}^2$ 。

子午岭大致位于黄土高原之中部,呈丘陵状南北分布,系泾洛两河的分水岭。子午岭具有深厚的黄土覆盖,地面起伏较大,梁峁顶部与河床之高差在200m以上,为典型的黄土梁丘陵地形景观。本区原为茂密的森林草原,从明朝起(约1368年之后)居民开始垦殖山地,植被受到严重破坏,这一点可以从目前许多废弃的窑洞、以及荒地普遍遗留有地埂的痕迹得到证明。在多年耕垦的情况下,这里过去曾有过强烈的土壤侵蚀。绝大部分土壤剖面被侵蚀殆尽,成土过程中形成的砂礓大量残存地表。

在清朝同治5年(1866年),子午岭地区发生回汉民族纠纷,耕地自此荒芜,至今已百余年。在这期间,植被得以恢复,形成现在的梢林区。土壤侵蚀也已基本停止。在植被恢复之后,该地区又恢复了新的成土阶段,阴坡及半阴坡,发育成幼年灰褐色森林土;在阳坡草灌植被下为原始黑垆土。由于森林对地表径流的调节作用,区内的水文状况也发生明显变化:如根据1961~1962年兰州水文站在子午岭东坡葫芦河支流太白川观测的结果,河水经常是清的,含沙量在 $0.1\text{kg}/\text{m}^3$ 以下,在汛期内,最大含沙量也只有 $3.22\text{kg}/\text{m}^3$ ;在两年当中,太白川的最低流量为 $0.04\text{m}^3/\text{s}$ ,最大流量也只有 $1.5\text{m}^3/\text{s}$ 。在连家砭附近一个 $1.5\text{km}^2$ 的小流域,一次中等暴雨所形成的沟槽流水,一直延续7~10天之久。

在植被较好的地方,不但土壤侵蚀已基本停止,在坡面侵蚀沟内还有淤积发生,使沟道逐渐变浅。笔者曾在连家砭附近选择瓦背状地形横断面进行观察:由于坡面径流向沟内集中,沟内有良好的植被和枯枝落叶层,泥沙逐渐淤积,在距地面50~70cm处,发现有卵石、陶瓷片等,如图4。这说明过去的沟道要比现在深得多。

昔日的小切沟已不再发展,由于不断淤积,已显著变浅,其横断面如图5。小切沟的两岸陡壁,土壤裸露,经过干湿交替,逐渐疏松剥落,而靠近地面部分,由于植物根系的缠绕固结,仍保持原来位置,所以小切沟两岸在地面以下20~30cm处,开始向内凹而呈窝状。

在调查区内仍有部分坡耕地分布,大部分是1958年以后开垦的轮荒地。重新开垦之后,导致了斜坡上浅沟的重新发育,并有严重的细沟侵蚀发生。1963年8月29日一次暴雨,5h40min共降雨52.8mm,平均降雨强度 $0.19\text{mm}/\text{min}$ ,最大降雨强度 $1.5\text{mm}/\text{min}$ ,在一块坡度为 $10^{\circ}$ 的坡耕地上,在10m宽的范围内,共发生细沟25条;在一块 $20^{\circ}$ 的坡耕地上,10m内共有细沟33条。

通过上述调查资料可以看出,在不同土地利用情况下,土壤侵蚀强度相差十分悬殊,植被防治土壤侵蚀的作用非常显著。通过这些事例也可以说明,在黄土高原林草措施防治土壤侵蚀的作

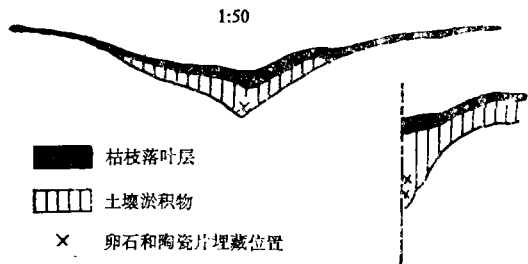


图 4 瓦背状地形横断面

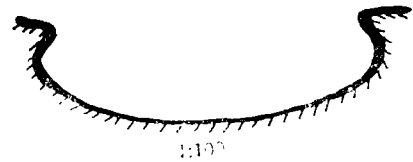


图 5 已被淤浅的小切沟横断面

用是肯定无疑的，起码在森林草原地带可以这样肯定。

### 参 考 文 献

- [1] 刘元保等. 黄土高原土壤侵蚀垂直分带性研究. 《西北水土保持研究所集刊》, 1988年, 第7集
- [2] 巨仁. 黄土丘陵区土地利用综合规划的探讨. 《水土保持通报》, 1984年, 第1期
- [3] 鲁翠珊等. 杏子河流域沟道切割密度的量算及分布规律. 《水土保持通报》, 1983年, 第4期
- [4] 刘秉正等. 刺槐林地土壤抗冲性的试验研究. 《西北林学院学报》, 1984年, 第1期
- [5] 唐克丽等. 杏子河流域坡耕地的水土流失及其防治. 《水土保持通报》1983年, 第5期
- [6] 郑世清等. 坡地开垦对水土流失的影响. 《水土保持通报》1986年, 第3期
- [7] 郑世清等. 土壤容重、降雨强度与土壤侵蚀和入渗关系的定量分析. 《西北水土保持研究所集刊》, 1988年, 第7集
- [8] 陈永宗等. 黄土高原现代侵蚀与治理. 北京: 科学出版社, 1988年

## 《西北农业学报》征订启事

《西北农业学报》为西北五省（区）七个农牧科学院联合主办的综合性农牧业科学学术期刊。宗旨是突出西北地区农牧业科学的地方特色，反映西北地区农牧业科学研究水平；着重报道西北地区农牧业各学科的基础理论研究和应用技术研究的新进展、新成果及专题研究学术论文、综述等。为繁荣西北地区农牧业科学和促进我国社会主义农业现代化服务。

《西北农业学报》为季刊，16开本，96页，国内统一刊号CN61—1220/SO1992年为编辑部自办发行，每期定价1.50元，单位和个人订阅均请汇款到编辑部直接订阅。

地址：陕西省杨陵镇陕西省农业科学院《西北农业学报》编辑部。

开户行：咸阳市杨陵农行办事处。

帐号：43107

《西北农业学报》编辑部

1991年10月1日