

黄土高原的历史演变、地貌特征与水土保持

盛海洋， 爰萍

(黄河水利职业技术学院 , 河南开封 475001)

摘 要: 论述了黄土高原的历史演变、地貌特征及黄土高原的水土流失现状, 并提出相应的水土保持措施。

关键词: 黄土高原; 历史演变; 地貌特征; 水土保持

中图分类号: S 157. 1 文献标识码: A 文章编号: 1005-3409(2002) 04-0083-04

Historic Evolution of Loess Plateau and Its Geomorphic Features and Soil and Water Conservation

SHENG Hai-yang, DING Ai-ping

(Yellow River Conservancy Technical Institute, Kaifeng 475001, Henan Province, China)

Abstract: The historic evolution of Loess Plateau and its geomorphic features are discussed and some countermeasures of soil and water conservation are put forward.

Key words: Loess Plateau; historic evolution; geomorphic features; soil and water conservation

1 前 言

黄土高原是怎样演变的? 其地貌特征如何? 关于这些问题的研究, 对于探讨黄土高原的发展变化, 认识现代黄土高原和对黄土侵蚀的治理等, 都将具有重要的理论和现实意义。

黄土高原的主体位于晋、陕、甘三省, 东西绵延 1 100 多 km, 南北宽 240 ~ 600 km。根据野外调查, 陇西一带的黄土厚度最大, 超过 300 m, 而关中地区完整的黄土剖面也达 150 m 左右。洛川剖面为中国黄土的标准剖面之一, 黄土厚约 135 m, 出露的第三纪红色黏土厚约 15 m。从黄土堆积底界到第 15 黄土层(L₁₅) 底部为午城黄土, 从 L₁₅ 底到第 6 古土壤层(S₆) 顶为离石黄土下部, 从 S₅ 顶到第 1 黄土层(L₁) 底部为离石黄土上部, L₁ 为马兰黄土, 马兰黄土上覆全新世古土壤 S₀。从总体上看, 黄土高原的黄土厚度与粒度组成, 均从黄土高原的西北往东南减小、变细, 这是风成沉积物的典型特征。

黄土高原在地质构造上可分为 3 个盆地, 即六盘山以西“甘肃盆地”、六盘山至吕梁山之间“陕北盆地”、吕梁山至太行山之间的“汾河盆地”。这些盆地于中生代形成, 开始接受陆相堆积, 到第四纪开始缓慢上升, 同时接受黄土堆积, 在晚更新世末全新世早期整个黄土高原剧烈抬升, 随之黄土高原在地貌上经历了盆地——堆积平原——高平原——高原的发育历史。

2 黄土高原的演变历史

2.1 早期的黄土高原

黄土高原地区在早更新世, 甚至在此之前的上新世晚期, 大气沉积作用受冬季风影响逐步加强, 已经大量接受粉尘堆积, 形成红黏土和午城黄土。根据古地磁的测量结果, 红黏土与午城黄土的界线位于高斯正向极性时与松山反向极

性时的界线附近, 因此, 黄土高原的初期年龄推定为 2.4 ~ 2.5 Ma B. P.。2.5 Ma 以来, 气候波动的幅度较大, 标志着一个更为强大的冬季风系统和较大的大陆干燥度, 这种变化可能与青藏高原剧烈隆起有关。另据研究, 受青藏高原剧烈隆起影响, 黄土高原约 2.5 Ma 以来已经上升了 400 ~ 500 m。而现代黄土高原的海拔高度一般在 1 200 ~ 2 000 m 之间, 如果减去已上升的 400 ~ 500 m 高度, 可推知黄土最初堆积时, 当时绝大部分地区已经达到了高原的海拔高度(海拔大于 600 m)。

在黄土高原发育、发展过程中, 高原区内湖泊的演化及河流的形成对黄土高原的发育转折有极其重要的影响。为此可以把当地河流形成的时间作为早期黄土高原结束的时间。依据河流年代测定, 兰州黄河的时代和渭河出现的时代为 1.4 Ma B. P. 左右, 因此早期的黄土高原延续在距今 2.5 ~ 1.4 Ma B. P. 之间。

在这期间, 高原内部大部分区域为午城黄土覆盖。午城黄土中古土壤层密集, 黄土层较薄, 多数地区厚约 50 m, 堆积范围限于秦岭以北, 汾河以西, 六盘山以东地区。反映了当时风力搬运能力较弱, 气温较高, 降水也较现在多, 因而山前洪积地貌发育。在当时湖泊面积也较以后各个时期都大, 如在洛河河谷两侧及上游的吴旗均有早更新世湖相沉积分布。又如关中平原从东部的渭南大荔直到西部的宝鸡周至, 从北部的富平到南部的长安, 在离石黄土之下一般都有三门湖的堆积层。此外, 在当时尚无大型河流出现, 侵蚀、切割作用比后来各个时期都弱, 且侵蚀的黄土物质搬运不远, 主要限制在高原内部迁移, 沟谷密度和地形起伏较小, 侵蚀、切割作用远远小于沉积作用, 从而形成了较为完整的黄土高原面。

2.2 中期的黄土高原

中期的黄土高原是初期黄土高原的延续, 它开始于距今

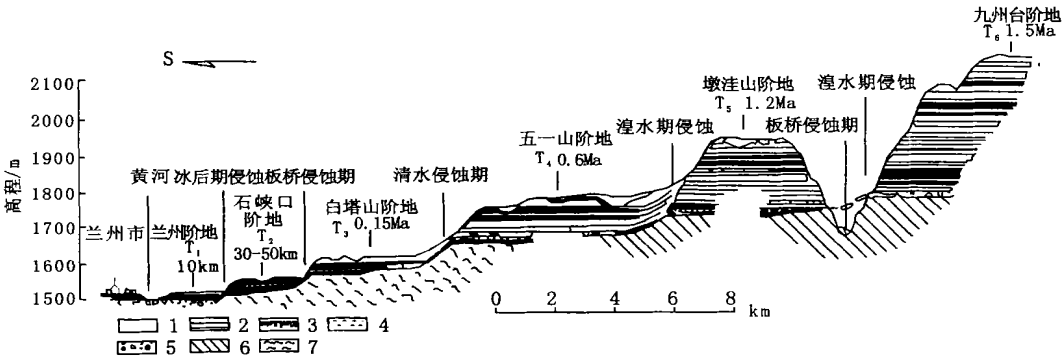
* 收稿日期: 2002-04-20
作者简介: 盛海洋, 男, (1963-), 陕西宝鸡人, 副教授, 硕士, 从事地理、地质教学与研究工作。

1.4 Ma B.P. 前。由于西北地区的干旱化导致沙漠、戈壁的扩大,黄土高原的粉尘堆积明显向东南方向扩展,离石黄土的南界达到 30 N,说明当时风的地质营力加强。离石黄土中的第 5 层古土壤形成时期是中更新世气候最湿热的阶段,这种气候状况在该区其他类型沉积物中也有反映。随着西北地区沙漠、戈壁的进一步扩大,黄土堆积的物源区在晚更新世达到最广阔的范围。另一方面干旱气候必然使风的地质营力加强,所以黄土粉尘的搬运作用在晚更新世达到最强烈。这个时期形成的马兰黄土向西北和东南两个方向扩展,超覆在以前所有的黄土堆积之上,充分体现了西北干旱化不断加强的趋势,成为晋陕甘干旱大气沉积黄土系统。

黄土高原地区全新世堆积了厚约 1 m 的黄土,其中发育黑垆土,代表了比较潮湿的环境,其时代大致在 7~9 Ka B.P.。历史上记载的雨土现象和现代的尘暴,即为粉尘吹扬和堆积的过程,尘暴的南界可达到 25 N 左右。推测晚更新世黄土堆积最盛时尘暴的南界要更靠南一些。

由于受青藏高原阶段性隆起对周边地区的影响,黄土高原在这一时期大幅度上升,这从河流阶地可以得到证明(图

1),笔者曾到兰州一带实地考察,见六级黄河阶地,其中四级阶地底部黄河冲积形成的砾石层高出现在河床 200 多 m。有关资料也表明:兰州附近晚更新世末形成的“甘肃期侵蚀面”,高出河面 300 m 以上,山陕之间黄河干流下切到相应地形面之下 140~150 m,反映兰州地区新构造运动上升幅度至少 300 m,山陕之间黄河干流地区上升至 150 m。正是由于地壳大幅度的上升,河流下切,溯源侵蚀不断进行,才形成沟壑交错、岗峦起伏更加明显的黄土高原地形。因而,该阶段突出的地貌特征是河流及其地貌的发育。由于黄河、渭河、洛河、泾河、坝河、祖厉河等河流的形成和发展,促使河谷区面积增大,黄土塬等遭受冲蚀、侵蚀分割,黄土塬面积逐渐减小。黄土高原内部也有一定数量的黄土经由黄河从黄土高原区流失,从这一点来看,河流的形成和发育对黄土高原的发展是极其不利的。尽管如此,这一时期的冲蚀、侵蚀仍属自然侵蚀过程,其侵蚀量仍远远小于黄土沉积量,从而黄土塬区、丘陵区、台塬区及河谷阶地上的沉积黄土大量保持了下来,并且不断沉积增厚,黄土覆盖面积非但没有减小,反而有所增大。因此,这一时期是黄土高原发育和大发展的全盛时期。



1. 黄土; 2. 古土壤; 3. 黑垆土; 4. 亚砂土; 5. 砂砾层; 6. 第三纪砂页岩; 7. 片麻岩

图 1 兰州地区黄河阶地剖面(李吉均, 1989)

2.3 近代的黄土高原

这一阶段黄土高原的地貌类型与前一阶段基本相同,只是面积和数量有一定变化。近代由于人类活动的显著影响,大约在距今 4 KaB.P. 年前后,黄土高原的侵蚀量已达 10.75 亿 t/a,这一侵蚀量已远远超过更新世黄土堆积量,标志着黄土高原处于加速侵蚀的时期。因而可把这一时期作为中期黄土高原结束与近代黄土高原开始时间。

近代黄土高原大部分地区属于新构造上升区。新构造上升会引起侵蚀基准面的下降,增加流水作用的势能,促进水土流失的快速发展,这对黄土高原会产生不利的影响。另外,这一阶段由于人口大量增加,人类活动频繁对地貌的发展起了重要作用,甚至改变了黄土高原自然发展的趋势。根据现代黄土高原侵蚀率可知,近代黄土高原处在侵蚀加速的时期。现代每年从三门峡测站测得黄河多年平均输沙量为 16 亿 t,含沙量为 35 kg/m³,如将这一数量平均分配到整个 44 万 km² 的黄土高原区,那么平均侵蚀率为 363 g/(cm²Ka),更新世黄土堆积率为 9.3 g/(cm²Ka),为现代侵蚀率 1/38.7。因而造成黄土塬的面积有所减少,丘陵面积增加,冲沟密度和规模加大,从而形成了现代黄土地貌景观。

3 黄土地貌特征

3.1 地形波状起伏,高原面形态显著

黄土高原地处我国地形的第二阶梯,分布面积在 44 万 km² 以上。多数地面千沟万壑,其中六盘山以东地区的沟谷密度普遍地大于六盘山以西地区。此外,新构造运动在高原内部以间歇性的大面积的整体抬升为主,周围的凹陷或地堑(如汾渭地堑)为长期下降。但由于受区域构造运动的影响,黄土高原新构造抬升是不均衡的,由东向西、由北向南抬升量越来越大,从而造成东西南北部海拔相差较大。但从总体上看,塬、梁、峁等地形顶部自东向西、自北向南呈现波状缓慢上升,高原面形态比较显著。

3.2 地貌种类多样,黄土丘陵广布

黄土高原地貌种类多样,按照形态成因相结合的原则分类,其主要地貌类型见表 1:

在上述各种组合地貌类型中,属于黄土加基岩或黄土物质组成的地貌约占黄土高原面积的 75% 以上。其次不同形态的黄土丘陵在各个区域均有较多的分布。

3.3 黄土垂直节理与垂直分带结构发育

在黄土分布区,一个个窑洞开凿于陡壁面上,那种直立

的陡壁就是黄土垂直节理形成的, 尤其以河谷的谷壁, 冲沟的两侧最发育常见。在沟谷中, 以沟(谷)缘线为界, 其上为沟(谷)间地, 其下为沟谷地。黄土地貌垂直分带结构的形成, 主要是由于地壳运动周期性的变化, 引起沟谷流水侧蚀和下切强弱变化作用的产物: 当地壳相对稳定或下降时, 沟谷流水侧蚀加强, 塑造了较宽的谷底(缓坡段); 当地壳上升时, 侵蚀基准面相对下降, 沟谷流水的下蚀作用加强, 形成新的沟谷

坡(陡坡段)和沟谷底(缓坡段)。在一些发育历史较长的沟谷范围内(如陕西周原地区), 由于经历了多次地壳运动周期性的变化, 其垂直剖面的结构较为复杂, 自下而上可以见到几个不同时期的缓坡段与陡坡段交替出现的谷中谷现象。也造成了黄土高原大部分地区, 地表切割破碎, 沟谷密度在 3~5 km/km²。

表 1 黄土高原区域地貌类型

基本形态	形态组合类型	分 布 举 例	基本形态	形态组合类型	分布举例
平原	冲积平原	汾河、渭河、伊洛河中下游地区	丘陵	红土丘陵沟壑 黄土台状丘陵沟壑	东乡、临夏西南、准格尔旗北部、浑源西北部
	冲积洪积平原	关中秦岭北麓山前、桑干河山前地带等		黄土梁状丘陵沟壑 黄土梁卯丘陵沟壑	渭源、定西、会宁南部、通渭北部 离石、延安、吴旗、安塞、柳林等
	河谷平原	延河中游、无定河中游、渭河上游、祖厉河中游、葫芦河沿岩等		黄土峁状丘陵沟壑 黄土缓坡丘陵沟壑	神木、米脂、绥德、河曲、兴县等 海源、左右、右玉县等
	侵蚀平原	靖边南部一定边		黄土梁峁状丘陵宽谷	永登、皋兰、静宁西部
	黄土覆盖的山前倾斜平原	万荣孤山山麓、关中“北山”南麓山前地带		薄层黄土基岩 峡谷丘陵 土石丘陵 石质丘陵	晋陕黄河峡谷两侧 济源东南丘陵 准格尔旗东部
台地	侵蚀台地	盐池县西南	山地	黄土覆盖的低山	三门峡东黄河南侧山地、山西浮山东部山地等
	黄土高原沟壑	洛川、西峰、长武、镇原、富县东部等		土石低山 石质低山	渭北山地 新安县北部、湫池
	黄土台塬沟壑	潼关—三门峡黄河西侧等		黄土覆盖的中山	华家岭、白于山
	黄土残塬沟壑	宜川、隰县、吉县、大宁、庆阳南部等		土石中山 石质中山	子午岭 吕梁山、六盘山
	黄土平梁沟壑	延川中部、延长中东部		石质高山	青海东部拉脊山

3.4 现代地质作用活跃, 水土流失严重

在黄土高原, 由于黄土物质是新近沉积形成的, 即第四纪堆积物, 形成时间较晚, 固结成岩较差, 结构疏松, 在内力和外力地质作用的强烈影响下, 黄土高原的侵蚀、搬运过程强烈, 地面物质移动迅速, 土壤侵蚀严重, 无疑加速了黄土地貌的演变过程。当前的土壤侵蚀(包括水力侵蚀、风力侵蚀、重力侵蚀等)是现代地貌作用过程的集中表现。黄土高原水土流失面积达 4.3×10⁵ km², 一般地区输沙模数在 5 000~10 000 t/(km²·a), 部分地区输沙模数在 10 000 t/(km²·a) 以上。在黄河干流的河口镇至清涧河之间晋陕地区, 皇甫川、清水河、孤山川、窟野河、秃尾河和无定河等支流, 输沙模数可达 20 000 t/(km²·a), 少部地区输沙模数可高达 30 000 t/(km²·a)。输沙模数在 10 000 t/(km²·a) 以上的强烈侵蚀区面积达 11.4 万 km², 强烈的水力侵蚀形成黄土高原区千沟万壑的地貌形态, 不仅造成该地区肥力降低, 耕地面积减少和整个生态环境的恶化, 而且, 流失的泥沙堆积于黄河下游河道中, 使河床不断抬升, 泻洪能力逐渐降低, 对下游两岸的威胁日益增加。

4 水土保持措施

要搞好水土保持工作, 必须正确认识水土流失发生的历史原因, 或者说必须正确认识影响水土流失的各种因素及其相互关系。一般认为: 影响水土流失的因素包括地形地貌、地质、气候、水文、植被、土壤等, 这些因素在自然界是互相影响互相制约的, 水土流失则是这些因素在某一地区的集中表现。但是这些因素的作用各不相同。地质因素为流水侵蚀提

供物质源泉和潜能; 气候因素(大气降水)使地质潜能转化为流水动能, 作用于地表。气候因素的作用具有广泛性, 而地质因素则表现出明显地区差异性。植被土壤因素受气候、地貌以及人类活动等因素的影响和制约, 它既是水土流失最直接原因之一, 也是水土流失强度的表现, 在水土流失强烈的地段, 由于有效养分的流失, 土壤结构不良, 肥力低下, 植被生长缓慢, 覆盖度低。从某种意义上讲, 植被覆盖差, 土壤肥力低是水土流失环境恶化的表现, 而不是其根本原因。造成水土流失强度具有较大地区差异的根本原因应该是地质因素。对于水土流失强烈的地区, 应该充分认识到其地质背景及其演变历史, 改变过去急于求成的思想。把水土保持工作当作一项长期的艰巨的任务, 这一任务不是一代人两代人能完成的, 应该树立世世代代都要保持水土的思想。

另外, 在治理措施上, 要处理好生物措施与工程措施的关系和调整土地利用结构与必要财物投入的关系。其技术措施如下:

4.1 生物措施

生物措施是治理黄土高原区水土流失并有效地保持水土的一项根本性措施。因为植被的覆盖, 可以防止暴雨对地表土层的冲击, 可以含蓄部分降水, 植物根系可以固结土壤, 增加有机质和团粒结构, 可以提高土壤的抗蚀能力, 阻滞地表径流以及增加下渗等。据观测, 5~7 年的幼林, 郁被度达到 50%~70%, 可以减少土壤冲刷量 30%~60%。当树冠全部郁被, 枯枝落叶与杂草形成地表覆盖层以后, 土壤冲刷可以完全控制。其具体措施如下:

(1) 增加地面覆被(或覆盖)措施。包括农、林、牧(草)的

植物及其枯落物的覆被在内,免耕、少耕法所保留的作物残茬,人工利用各种秸秆以及工业产品等物所作的覆盖等。

(2) 增加地表造率措施。农地的等高耕作,林草地下面的枯落物等等都起到增加地表造率,减缓水流速度,减小冲刷作用,同时也就增加了渗漏,相应地减少了径流,进一步起到防治侵蚀的作用。

4.2 农业技术措施

在黄土高原地区的农业生产中,保持水土的主要措施有土壤改良、减缓地面坡度和缩短坡长等。

(1) 土壤改良主要是通过对耕地平整深翻和施肥,使土壤形成较厚的海绵结构层,以增加土壤渗漏速度及增加持水能力。包括深耕、自然免耕法、底层耕松法、钻破底层、增加有机质、多施农家肥、改良土壤增加团粒结构等措施,都有这样的作用。

(2) 减缓地面坡度的措施。各种形式的梯田,如水平梯田、隔坡梯田、反坡梯田、渐变梯田、水平阶等等措施。

(3) 缩短坡长措施。各种形式的地埂、截流沟、地中或底边的软埝(或称宽底地埂)以及前面所述的各种梯田也都起到同样作用。

4.3 水利工程措施

根据不同的黄土地貌类型,采取相应的工程措施。如黄

参考文献:

[1] 刘东生,等. 第四纪环境[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
[2] 刘东生,等. 黄土与环境[M]. 北京: 科学出版社, 1985.
[3] 刘东生,等. 中国的黄土堆积[M]. 北京: 科学出版社, 1965.
[4] 孙建中,等. 黄土高原第四纪[M]. 北京: 科学出版社, 1991.
[5] 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.
[6] 赵景波. 黄土高原的侵蚀历史[A]. 资源产业化开发与生态环境建设[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1998. 20- 25.
[7] 黄河水利委员会编. 治河文选[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 1996.
[8] 吴以 . 略论水土保持学科特性及治理措施分类[J]. 中国水土保持, 1990(12) 23- 26.

(上接第 82 页)

为 CK(荒山) 2. 50 倍; 土壤侵蚀模数为 $2\ 140\ \text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$, 保土能力为 $3\ 860\ \text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 。因此, 湘南红壤区长江防护林虽然还处在幼龄林阶段, 其林地土壤的涵水、保土能力还是比较强的, 具有显著的涵水、保土能力, 对改变湘南红壤区的脆弱生态环境具有显著的作用。

4 结 论

(1) CK(荒山) 坡面的地表径流系数比有林地坡面的地表径流系数要大 $1.04 \sim 1.21$ 倍; 林分层次越多, 林分质量越好的林地坡面的地表径流系数比林分层次简单、林分质量较差的林地坡面地表径流系数要小, 如马尾松、栎类混交林分

参考文献:

[1] 陈晓萍,何友军. 青山作证: 湖南长防林工程建设成就斐然[J]. 湖南林业, 2001(8): 12- 13.
[2] 国家林业局长防办. 长江中上游防护林体系建设效益监测与评价操作细则[S]. 1999.
[3] 田育新,袁正科,李锡泉,等. 湘南丘陵区林下间种作物生产量与泥沙流失量的关系研究[J]. 湖南林业科技, 2000, 27. (3): 72- 77.
[4] [日] 木村允. 陆地植物群落的生产量测定法. 姜恕译[M]. 北京: 科学出版社, 1981.
[5] [苏] A. X. 瓦久尼娜,等. 土壤及土质物理性质测定法. 程云生等译[M]. 北京: 科学出版社, 1965.

土沟谷的治理, 主要有柳谷坊、淤地坝、小水库和护岸工程等。这些措施主要是削弱水流冲刷能力, 变荒谷沟为川台地以及防止沟谷的扩展等。对末梢水文网流路的控制措施, 包括排洪渠、导流沟、有纵坡的各种地埂软埝等输水工程等都属之。对于黄土沟间地的治理, 特别是保护黄土塬, 减轻其因沟谷发展的蚕蚀和破坏, 也必须采取一定的工程措施, 主要有沟头封沟埂、坡面截流槽和各种蓄水槽, 如旱井、水窖、水塘(涝池) 等, 这是为了防止坡面水流的集中或将水流引向无害地段, 并蓄集起来以供利用, 同时可以保护耕地, 防止沟头扩展。

此外, 结合黄土地地区的大型水利工程、道路工程以及城镇厂矿等建设所进行的水土保持工作也取得了重要经验, 如兴修水库, 不仅可调节径流, 蓄水灌溉, 改变土地干旱状况, 而且也可以提高较大范围的侵蚀基准面, 配合支流和坡面工程, 更有利于减轻流域内的水力侵蚀。

又如人工边坡的稳定, 滑坡的防护等方面都取得了显著的效果, 也丰富了水土保持的内容。

水土保持的最终目的是改善生态环境, 在采取生物措施时候, 既要看到它对保持水土的积极作用, 又要看到它受其它条件的制约; 利用工程措施保水保土, 创造适合植物生长的条件, 促进生态环境的改善, 使流水侵蚀降低到最低限度。

的坡面年产流量为杉木萌芽林分坡面年产流量的 90. 17%。

(2) CK(荒山) 的坡面年产沙量、输沙率比有林地坡面要大 $2.80 \sim 3.73$ 倍、 $2.58 \sim 3.26$ 倍; 林分层次越多、林分质量越好的林地坡面的年产沙量、输沙率比林分层次简单、林分质量较差的林地坡面要小, 如马尾松、栎类混交林分坡面年产沙量、输沙率为杉木萌芽林的 75. 23%、79. 21%。

(3) 湘南红壤区长江防护林虽然还处在幼龄林阶段, 其林地土壤的涵水、保土能力还是比较强的。林地土壤的涵水能力为荒地的 $1.56 \sim 3.08$ 倍、保土能力在 $3\ 860\ \text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a}) \sim 4\ 390\ \text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$ 之间, 具有显著的涵水、保土能力, 对改变湘南红壤区的脆弱生态环境具有显著的作用。