

<http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx>

我国黄土高原区域地质地貌特征及现代侵蚀作用*

张宗祜

(地质部水文地质工程地质研究所)

一、黄土高原区域地貌特征

黄土高原位于我国西北部, 在北纬 34° — 38.5° 与东经 102° — 112° 之间, 包括陕西、甘肃、宁夏的大部分地区及山西西部。面积约 40 万平方公里。在此范围内, 黄土分布连续, 地层发育完整, 厚度大, 具有特殊的地貌形态。高原区地势北高、南低, 西高、东低, 形成一个自西北向东南, 地形高程逐渐递降的趋势。高原东侧的黄河及南部的渭河, 为本区最低的侵蚀基准, 控制了高原地区大部分水系的发育方向。高原区内的一些主要河流, 如洛河、泾河、葫芦河等及其支流, 都自北或自西, 向南流入渭河。而高原北部的无定河、延水等则自北和自西, 向东南流入黄河。在黄土高原的北部与毛乌素沙漠衔接地带, 在地形上, 北缘地势高起, 构成现代地表水流的分水岭。其北, 地面高程迅速降低, 从而形成高差

显著的地形变化。同时, 随地形向北急剧降低, 黄土亦很快消失。因此, 在黄土高原北部与毛乌素沙漠相接地带, 不仅形成一个有显著高差的地形转折界线, 而且也形成巨厚黄土堆积与沙漠相接的特殊地貌景观(图 1)。

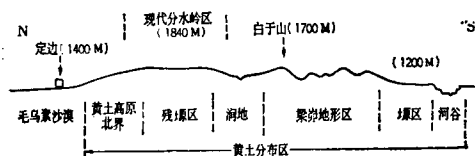


图 1 黄土高原南北方向内地形变化示意图

黄土高原在地质构造上, 属于鄂尔多斯地台的南部。基岩以二迭、三迭、侏罗、白垩系为主, 部分为下古生界, 产状平缓, 有轻微的拗曲。高原之南, 与秦岭之间为渭河断陷盆地。向西则有走向北北西的断块山(六盘山)。最西为祁连山褶皱带的南段。高原东侧的黄河谷地, 则是一些小型断陷盆地串联而成。

晚第三纪强烈的剥蚀作用, 使大量基岩剥蚀产物堆积在山前低洼地带或一些盆地中, 形成以红色粘土、亚粘土及亚砂土为主的晚第三纪堆积。第三纪末的强烈侵蚀和剥蚀作用, 形成了许多规模不等, 由上第三系构成的盆地和丘陵地形。黄土高原的古地貌结构基本上由: ①基岩山地剥蚀区, ②山前带或盆地边缘区, ③侵蚀盆地中部地区三种类型所组成。第四纪以来的新构造运动, 使黄土高原地区不断上升。在上述古地貌结构基础上, 又不同程度的发生着侵蚀和堆积作用, 从而发展成为现代的塬、梁、峁与沟谷相间的复杂地形。

黄土高原第四纪时期的地质发展史可由表 1 说明。

* 本文的英文全文发表在 Geojournal 4.6 524—540/1980, Akad. Verlags., Wiesbaden, FDR.

表 1 黄河中游黄土高原第四纪地质发展史简表

地质时代		地 质 - 地 貌 区 域		
		剥 蚀 区	堆积-侵蚀区	堆 积 区
		基岩裸露区为高原内大区域水系主要分水岭。	现代地貌为梁峁地形, 构成小区域水系的分水岭。古地形为山前地带或侵蚀盆地边缘区。第四纪堆积有多次侵蚀间断。	现代地形为塬、台塬、谷地等地形。古地形为古侵蚀盆地、断陷盆地等。第四纪连续堆积区。
全新世 (Q_4)		构造上升, 侵蚀大于剥蚀。	构造上升, 侵蚀+剥蚀, 形成现代侵蚀地形。	构造上升, 侵蚀+剥蚀, 形成现代侵蚀沟谷及其堆积物。
晚更新世 (Q_3)	Q_3^3	构造上升, 剥蚀+侵蚀。	构造上升, 剥蚀+堆积, 地形低洼处有黄土堆积。	构造上升微弱, 堆积为主, 形成灰黄色黄土夹古土壤层的堆积。
	Q_3^2	构造上升, 剥蚀+侵蚀。	构造上升, 剥蚀为主, 局部堆积, 早期的堆积地形被改造。	构造下降, 堆积为主, 有数次沉积速率变缓和短期间断, 形成夹有古土壤的褐黄色黄土堆积及河湖相沉积。
中更新世 (Q_2)	Q_2^2	构造上升, 剥蚀+侵蚀。	构造上升微弱, 堆积为主, 有数次短期沉积间断, 形成黄土状土, 夹发育程度较差的数层古土壤。	构造下降, 堆积为主, 有短期缓慢堆积或短期间断, 形成夹有多层古土壤的棕黄色黄土状土。
	Q_2^1	构造上升, 剥蚀+侵蚀。	构造上升, 剥蚀为主, 改造前期堆积地形, 形成新地形。	构造上升, 堆积为主, 有短期堆积减缓或间断, 形成夹有多层古土壤的棕黄色黄土状土, 在下部形成两层厚度较大的黄土状土。
早更新世 (Q_1)	Q_1^1	构造上升, 剥蚀+侵蚀。	构造上升, 剥蚀+堆积, 改造前期地形, 在低地形处堆积浅红黄色黄土状土及多层密集钙质结核层。	构造下降, 堆积为主, 形成浅红黄色黄土状土, 夹有密集的多层浅红色粘化层及钙质结核层。
	Q_1^2	构造上升, 侵蚀+剥蚀。	构造上升, 侵蚀+剥蚀, 改造由基岩及第三系构成的古地形, 局部有堆积。	构造下降, 堆积为主, 形成古侵蚀盆地内的湖相沉积。

总之, 黄土高原今日特殊地貌的形成, 主要是由 ①第四纪以前基岩地质构造特点; ②第四纪以前及第四纪初期的古地形; ③第四纪时期以来的新构造运动性质等三个基本条件所决定。

现在, 黄土分布的高程在不同区域内有明显的差异。自西向东, 黄土高原可划分为三个大的区域: 六盘山以西与祁连山南段东侧之间的地区为第 I 区, 黄土堆积面高程一般为 1800—2000 米; 六盘山以东与子午岭之间为第 II 区, 一般为 1400—1600 米; 子午岭以东到吕梁山以西为第 III 区, 一般为 1200—1400 米。上述各大区内, 北部地形又高于南部。从而黄土高原内, 形成自西向东依次地形递降的三级阶梯状分布的黄土堆积面。

在上述三大区内, 根据地貌特点又可划分为不同的亚区(图 2)。在第 I 大区内, 以华家岭为界, 可划分为亚区 I_1 和 I_2 。 I_1 亚区为巨厚黄土充填的古盆地(黄土厚达 280 米), 形成被沟谷切割的塬地形。 I_2 亚区, 则以第三纪红土和早更新世黄土状土构成的梁和宽谷为基础的现代地貌形态; 黄土堆积则很薄(一般为十数米); 谷坡缓倾而谷形开阔。现代冲沟发育程度很差, 切割较浅, 基本保留第

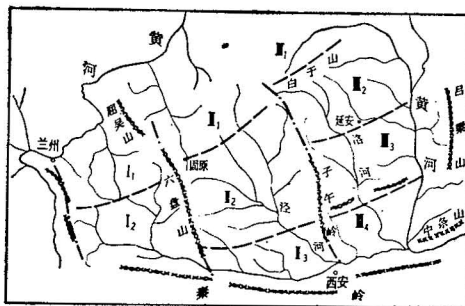


图 2 黄土高原地貌分区示意图

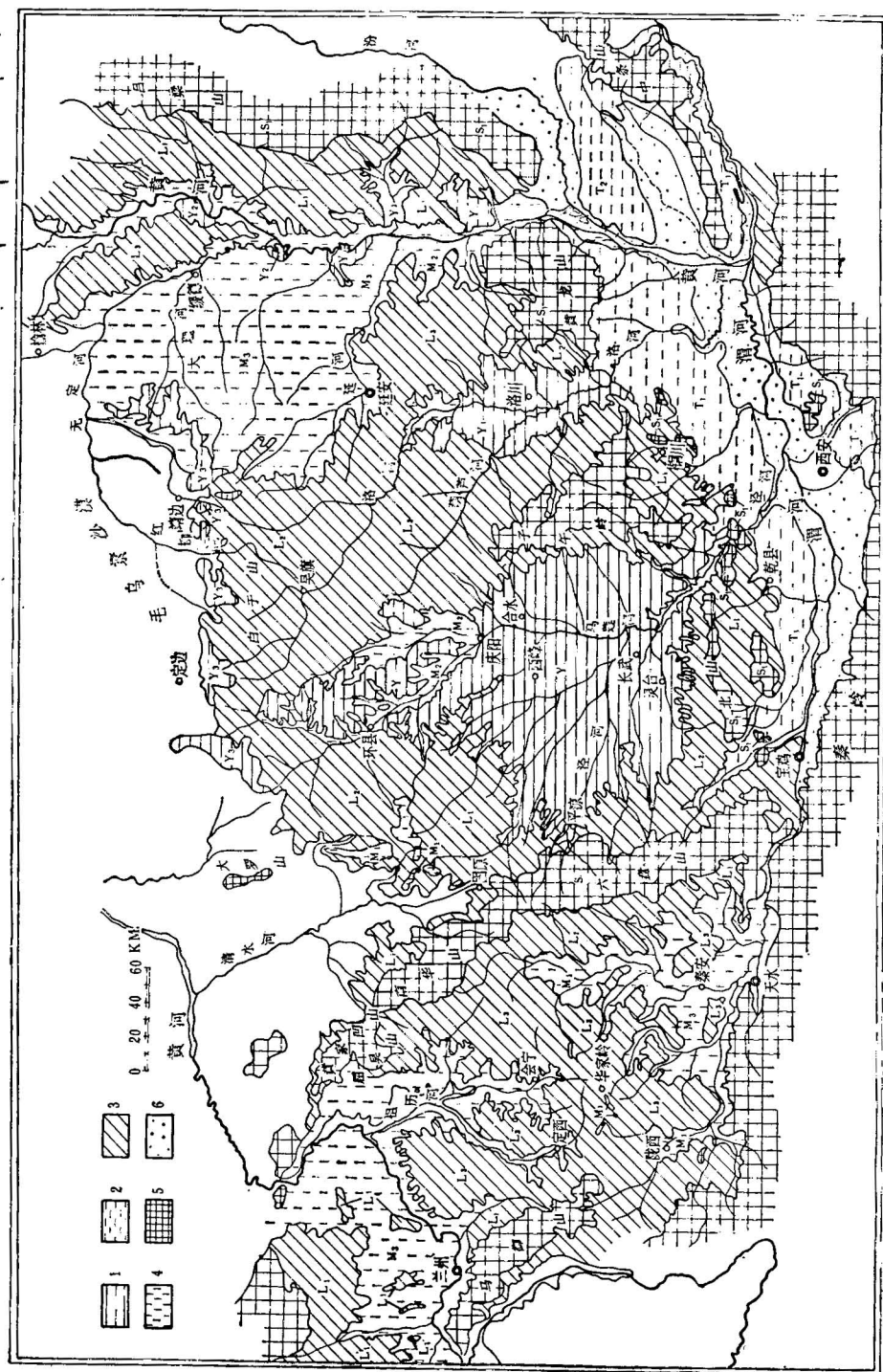


图 3 黄土高原黄土地貌类型图

1——塬; 2——台塬; 3——梁; 4——梁; 5——基岩山地; 6——河谷; y_1 ——古盆地堆积经侵蚀形成的台塬; T_1 ——冲洪积倾斜平原形成的台塬; T_2 ——宽谷低阶地形成的台塬; L_1 ——古冲积扇经侵蚀形成的梁; L_2 ——梁被侵蚀形成的梁; L_3 ——古梁状地形形成的梁; M_1 ——梁被侵蚀后形成的梁; M_2 ——河谷阶地被侵蚀形成的梁; M_3 ——河谷阶地被侵蚀形成的梁; S_1 ——山地。

三纪末以来的侵蚀地形。

在第 II 大区内, 自北向南, 又可分为 II_1 、 II_2 、 II_3 三个亚区。 II_1 亚区的黄土地貌, 以梁状地形为主。 II_2 亚区则以大型的塬状地形为主。 II_3 则为台塬地形为主。

在第 III 大区内, 自北向南可分为 III_1 、 III_2 、 III_3 、 III_4 四个亚区。 III_1 亚区为黄土高原的北部边缘地带, 在白于山以北, 地形较高(可达 1800 米), 为残塬地形。 III_2 以峁和梁地形为主。 III_3 以塬地形为主, 实为一被黄土充填的古侵蚀盆地。 III_4 为台塬区(在渭河谷内, 属渭河断陷盆地的东部)。上述各区地貌类型的分布如图 3。

必须指出, 组成黄土高原的主要地貌形态(塬、梁、峁、台塬等), 实为形态类型, 其成因很复杂。如塬, 在形态上虽相似, 但就其成因, 本区所见就有三种: ①盆地堆积面被晚期沟谷深切而形成的塬, 如 II_2 区的西峰塬, III_3 区的洛川塬等; ②河谷高阶地阶面, 被晚期沟谷切割后形成的塬, 如黄河河谷吴堡附近的塬; ③山前缓倾斜堆积地面形成的塬。形态相似的梁地形, 其成因也有不同, 如山前洪积扇, 被后期水流切割成长条状分布的梁(如宁夏固原地区附近的梁地形), 原来的塬, 长期遭受侵蚀被改造后也可形成梁(如西峰以北的梁地形以及环江河谷两侧的梁), 以及古梁状地形形成的梁地形。峁地形的成因亦不同; 一种是梁地形被长期侵蚀改造成峁地形形态; 再一种是河谷地带的高级阶地(一般多为第 III 级阶地)被侵蚀切割形成峁的形态(图版 I-1)。第三种, 原为古丘陵地形, 以后形成的峁。台塬地形的成因也有两种, 一种由构造沉降区边缘的冲洪积倾斜平原所形成(图版 I-2); 二为由广阔的河谷阶地所形成。

在黄土高原内, 无黄土分布的地区是基岩山地(图 3)。可分为构造断块山地和侵蚀山地两类。基岩多强烈风化, 如子午岭风化层可达十数米。六盘山的东侧明显可见两级不同高程的夷平面。最高一级高程在 2600 米左右。低一级的高程在 2300 米左右。前者为第三纪末的古侵蚀面。

在整个第四纪时期内, 基岩山地一直在不断上升, 并不断地遭受侵蚀和剥蚀作用。它们是黄土高原的主要剥蚀区, 也是第四纪堆积物(包括黄土和非黄土堆积)的主要物源地。

二、黄土高原黄土地层及其区域性特点

黄土地层的发育特点与不同地貌区的古地形有关。其区域发育特点分述如下:

(一) 在古侵蚀盆地内的第四纪堆积

黄土高原内较大的第三纪末古侵蚀盆地, 有洛川盆地, 吴旗盆地, 西峰盆地和会宁盆地等。这些盆地内都有厚度较大, 地层最完整的黄土堆积。现以陕西洛川盆地为例, 说明古侵蚀盆地区内黄土堆积的地层情况。

1. 早更新世地层 (Q_1)

早更新世的堆积, 是在上新世红色粘土堆积之后, 经过侵蚀形成的古地形上开始的。早更新世时期堆积与上新世 (N_2) 红色粘土之间, 有一明显的不整合。早更新世堆积, 下部为一套富含钙质成分, 薄层理发育, 灰白、灰绿、灰黄或灰褐色粘土和亚粘土或亚砂土层组成的湖相沉积。厚度在洛川盆地约 20 余米。在吴旗盆地达 100 多米。上部则是一套浅红黄色黄土状重亚粘土(即所谓的石质黄土)。这套黄土状重亚粘土由三一四组浅红色粘化层(退化的古土壤)及四一五组紧密排列的钙质结核层与浅红色亚粘土相间而成。顶

部为一岩性较粗的黄土状亚砂土层。据古地磁资料,此黄土状亚砂土层以上为布伦赫斯正极性期,以下为松山负极性期(图4)。热发光分析,其年龄为66.6万年^[1,2]。上述早更新世黄土状重亚粘土层厚度为55米左右。

早更新世地层下部的湖相沉积,仅分布在第三纪古侵蚀盆地的最低洼地带,或盆地的中心地带。向外侧,则上述的浅红黄色黄土状重亚粘土直接以不整合方式覆于第三纪红色粘土层之上。

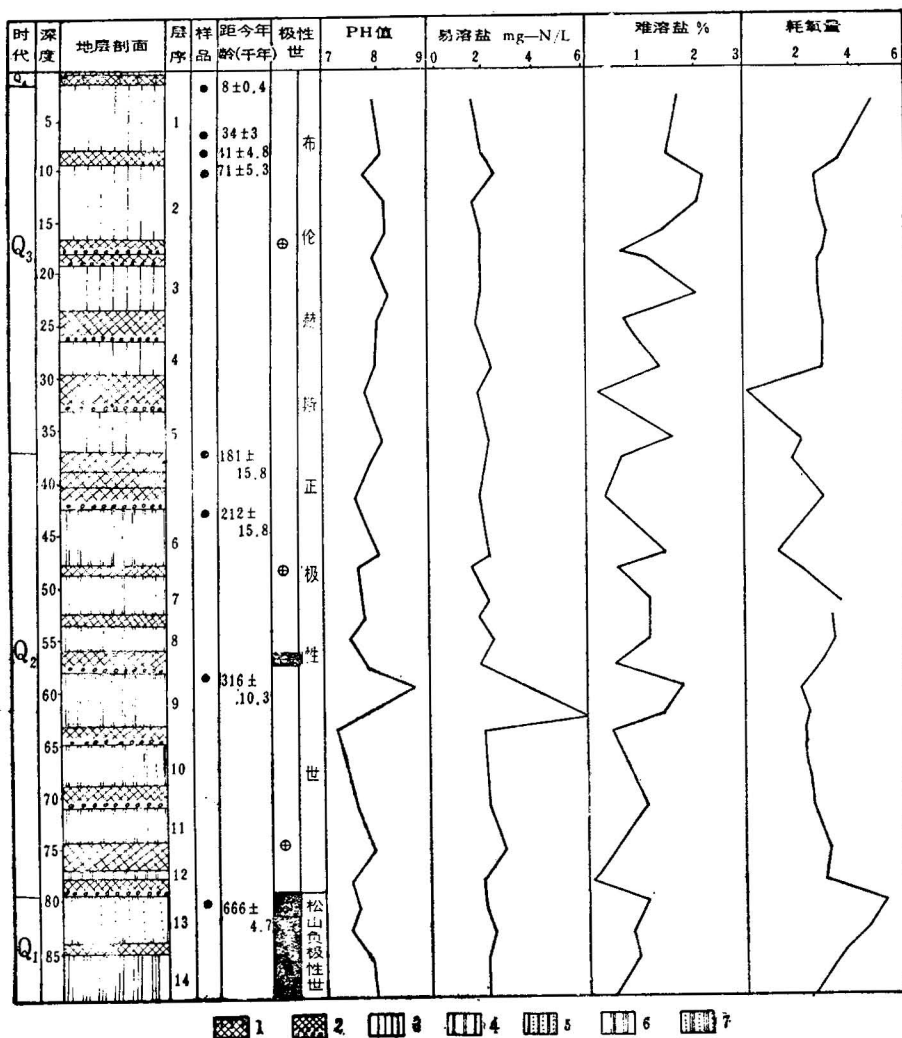


图4 陕西洛川黑木沟黄土地层柱状图

1——黑垆土型土壤层(Q₄); 2——褐土型古土壤及所含钙质结核; 3——黄土; 4——黄土状亚粘土; 5——黄土状亚砂土或黄土状粉砂土(第一粉土层); 6——黄土状重亚粘土; 7——黄土状亚砂土(第二粉土层)注: 距今年龄为热发光资料。柱状图据地质部水文地质工程地质研究所渭北组资料; 热发光及古地磁资料据卢演侑、安芷生。

2. 中更新世地层(Q₂)

中更新世(Q₂)的黄土堆积为一套夹有多层古土壤层的, 棕黄色黄土状亚粘土, 或黄

土状亚砂土。在洛川黑木沟剖面中,厚 50 米左右。中更新世黄土状土的顶部为一厚层棕壤型古土壤(实由三层古土壤组成),总厚可达 6—7 米。据古地磁及热光法的测定资料^[1,2],此古土壤层地质年龄为距今 18—21 万年。这层古土壤属于中更新世。在黄土高原分布广泛,而且由于其颜色较深,厚度较大,在剖面中显著易见。所以它是一个重要的标志层。其上则属上更新世地层。中更新世黄土层中除此厚层棕壤型古土壤外,还夹有八层成壤程度不同的褐土型古土壤层。

3. 晚更新世地层(Q₃)

晚更新世为一套夹有 4 层褐土型古土壤的黄土堆积。共厚 37 米。具有典型黄土的岩性特征。

自黄土塬面以下,9—10 米处埋藏着第一层褐土型古土壤层。古土壤由具有明显土壤结构的粘土化淋漓层,及其下的富含碳酸钙结核的淀积层组成。其厚度约 2.5—3 米。在洛川黑木沟第二层古土壤实为两薄层组成,其总厚 3.5 米。第三层厚 2.8 米。第四层厚 3.4 米。其下的黄土,厚 4 米。

上述第一层褐土型古土壤层之上的黄土,一般厚 8—9 米,常被称为“**马兰黄土**”。其上部地质年龄为 8000 年左右,下部小于 35000 年。而“**马兰黄土**”下的第一层褐土型古土壤的地质年龄约为 35,000 年至 71,000 年^[1,2]。由此可见,“**马兰黄土**”的形成时代只相当于晚更新世的后期。但长期以来,许多地质工作者^[3,4],常把“**马兰黄土**”作为整个晚更新世地层,我们认为这是不恰当的。

在黄土高原晚更新世的早期,还有一套与黄土堆积为同期异相的河-湖相或浅河沼相的非黄土沉积物。这套沉积物为灰绿、锈黄、灰褐色,具有明显层理,并含大量动物化石。在地层时代上与黄土高原以上红柳河流域分布的萨拉乌苏组相当(晚更新世早期地层)。它主要分布在晚更新世初形成的宽阔沟谷内。

值得注意的是,这套河-湖相沉积与黄土堆积的地层关系。在各处所见,这套沉积物之上常有一至两层褐土型古土壤层,再上才是“**马兰黄土**”。在渭河谷地北部的台塬区,如乾县大北沟内,在上述河-湖相地层内曾发现有完整的纳玛象化石(*Elephas cf. namadicus*)及其它为晚更新世早期的化石;其上则覆盖着“**马兰黄土**”层,并在它的底部亦有一层褐土型古土壤层。说明这套河湖相沉积的地质时代应早于“**马兰黄土**”。在甘肃灵台十字塬周家沟黄土剖面中,亦见有相当于萨拉乌苏组的一套河湖相沉积,厚 20 米,其上覆盖的黄土层中,夹有三层古土壤层(图 5)。这也说明这套河湖相沉积上的“**马兰黄土**”应属晚更新世

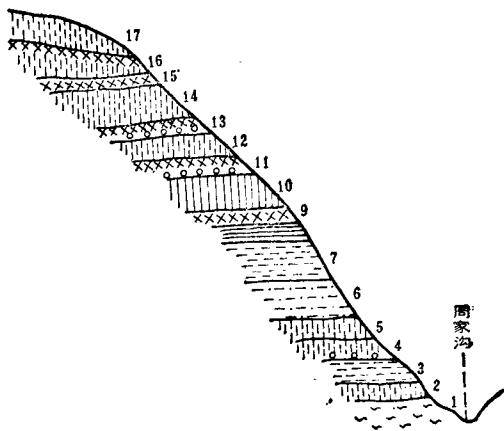


图 5 甘肃灵台县十字塬周家沟剖面

1 淤泥质亚粘土, 2.5 米; 2 黄褐色亚粘土, 0.8 米; 3 灰黑色亚粘土, 2.0 米; 4 黄褐色亚粘土, 1.5 米; 5 暗褐色重亚粘土, 1.5 米; 6 褐黄色重亚粘土, 含螺化石, 4.0 米; 7 灰黑色亚粘土, 有细层理, 4.0 米; 8 黄色亚粘土(与 7 渐变), 2.0 米; 9 古土壤, 0.5 米; 10 黄色亚粘土, 1.5 米; 11 古土壤底部含钙质结核, 1.5 米; 12 黄土状轻亚粘土, 1.4 米; 13 古土壤底部含钙质结核, 2.0 米; 14 黄土, 3.0 米; 15 古土壤, 2.5 米; 16 暗褐色古土壤, 富含长条状白色菌丝体, 4.0 米; 17 褐黄色黄土, 6.0 米。其中 1—9 为河湖相沉积(萨拉乌苏组)

晚期。

我们认为：在黄土高原黄土地层剖面中位于第一层褐土型古土壤之上的所谓“马兰黄土”的地质时代应是晚更新世后期 (Q_3^2) 的堆积物，而不能代表整个晚更新世 (Q_3) 的沉积物。

4. 全新世 (Q_4)

全新世堆积主要为两类。一类是分布在各种近代地形上的不同成因的堆积物，如坡积、冲积物等。另一类是广泛分布于黄土塬上的新的堆积，为耕种层下 1 米左右的黑垆土，其地质年龄 5000 年左右^[2]。

(二) 基岩山地的山前带及古侵蚀盆地边缘区的第四纪堆积

在此类地区内第四纪地层的分布有以下几个特点：

1. 在基岩山地之前，依地形高程的递降而出露从老到新的第四纪地层。

如北山—黄陵一带基岩山地的南北两侧 (图 6)，在高程为 1700 余米的基岩分水岭处，三迭系砂页岩出露于地表。自分水岭向北，在 1450—1500 米高程处出露的三迭系砂页岩上覆以厚度不大的基岩风化层及残积土。再向北，在高程为 1200—1300 米的缓坡地形上，出露于地表的是浅红黄色早更新世黄土状重亚粘土，其中夹有向东北倾斜 10° 左右退化的古土壤层及钙质结核层。向北逐渐倾角变缓，其上覆盖薄层现代坡积物。此层早更新世黄土状土出露高程向北逐渐降低，并被晚更新世早期的黄土覆盖。向北 (至塬区)，则早更新世黄土状土倾伏于深处，其上覆以厚层中更新世及晚更新世黄土。

黄龙山以南至渭河谷地，地层出露的情况亦有相似的情况。

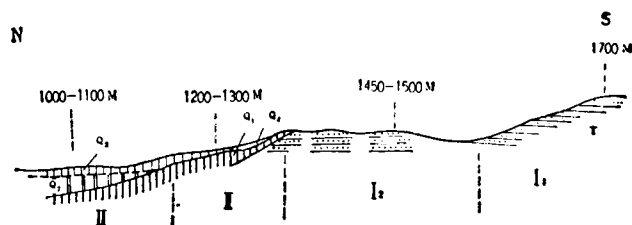


图 6 示北山至黄陵之间，基岩山地北侧山前地带黄土地层出露情况
I₁、I₂ 基岩山区 (剥蚀区)；II 山区与塬区过渡带。由早更新世黄土状土及基岩组成；III 古侵蚀盆地 (洛川盆地) 的南部边缘，为塬的地形，Q 早更新世浅红色黄土状亚粘土；Q₂ 中更新世棕黄色黄土状亚粘土夹古土壤；Q₃ 晚更新世棕黄色黄土夹古土壤；Q₄ 全新世黄土夹黑垆土

2. 黄土地层剖面中多次出现侵蚀不整合。早一期黄土堆积之后，又遭受较强的侵蚀或剥蚀。因此在黄土地层剖面中形成多个不整合面和地层缺失。此种现象，多见于山前地带或古盆地边缘的分水岭地区。例如，在秦岭北坡山前地带所见黄土堆积地层中即有上述特点 (图 7)。

3. 黄土或黄土状堆积中常出现特殊的沉积构造。

在构成现代水系的分水岭上，或在近基岩山区的地带，黄土堆积地层中常见一些特殊的沉积构造。例如在六盘山以西，于华家岭的顶部，在上新世红土层之上，有一组具有特

殊沉积结构的黄土状堆积物(属晚更新世)。这组堆积物显然是由下伏的红土层风化后形成的。但在黄土状土与浅棕红色亚粘土之间有明显的如波浪状起伏、相互交错的沉积构造现象(图版 I-3)。

又如六盘山以东,在基岩山地与黄土梁相衔接的地带(如固原古城附近),在出露高程较高的早更新世浅红黄色黄土状亚粘土中夹有许多小砾石和粗砂颗粒。而在其上覆的棕黄色中更新世黄土状亚粘土中则夹有大量早更新世黄土状堆积物,从而构成由棕黄色粉土与浅红色亚粘土相混杂的沉积物,并形成微层理状、透镜状以及团块状的沉积构造。这种现象在陕西甘泉和延安之间的现代水系分水岭顶部亦可见到(图版 I-4)。

这些实例表明第四纪时期,在黄土堆积过程中,早期黄土堆积被侵蚀并作为晚期黄土堆积的物源,而这一过程中,地表水流的作用有着非常重要的意义。地表水流形成混浊的地面洪流造成了今日所见的特殊的沉积构造。

此外,在陕西岐山县以北基岩区的山前地带,在夹有褐土型古土壤层的晚更新世黄土堆积中亦常见砂卵石透镜体多层。

(三) 基岩山地的第四纪堆积

基岩山地上的第四纪堆积物一般很薄。基本上可分为两类:一类是非黄土堆积,为一般的残积、坡积物,另一类是夹有少量的黄土状土的堆积物。后一类堆积物的厚度常随地形的升高而变小。例如六盘山东部基岩山地上,在高程为 1990 米的分水岭上见到如下的剖面:在白垩系砂页岩形成的风化带之上为一层钙质结核层,厚约 20 厘米,上为片状构造并有锈黄、灰绿、浅红等不同颜色的杂色亚粘土,厚 1 米。再上为一层 30—50 厘米厚的浅棕色重亚粘土,向上转变为褐黄色亚粘土(1.5 米厚),在其表部形成一层古土壤层(1 米左右)。再上为黄土状亚粘土,色暗黄褐,土质不均匀,并覆以厚度小于 1 米的古土壤层。最上层为暗黄褐色黄土状亚粘土渐变为亚砂土。全部剖面厚约 7 米。这一剖面中的土层,在成分上都是粘土质或亚粘土质,其层次的显示,主要是由于颜色不同和微层理的明显程度不同而形成。均属晚更新世。其物源显然与下伏基岩的风化物质有关。

另一例,在同一地点但在高程为 2057 米的分水岭上,第四纪晚期的堆积仅 3 米左右,其下即为基岩风化层。剖面中见到薄层黄土状土下部具有微层理构造,并逐渐变为灰黄、灰绿,而失去黄土状外观。

综合上述黄土高原第四纪黄土地层发育特点,可以得出以下两点结论:

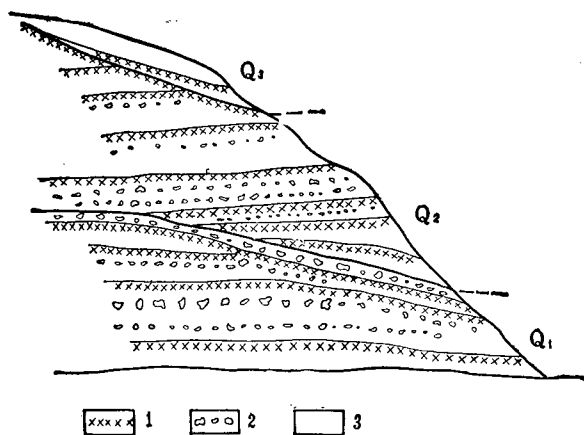


图7 示秦岭北坡山前地带(三官庙附近)黄土地层中的侵蚀不整合现象

1 古土壤的粘化层; 2 古土壤层底部的钙质结核; 3 黄土及黄土状土

1. 第四纪时期内,黄土高原黄土堆积,主要发生在基岩山地以外的山前地带和现代沟谷分水岭区(即现在的梁峁地形区),以及古侵蚀盆地(即现在的黄土塬区)之内。在古盆地内黄土的堆积基本上是连续进行的,而在山前带和分水岭区则既有堆积又有较强的侵蚀。这一特点表明,在黄土高原区内,第四纪各时期同时发生过黄土的堆积作用和侵蚀作用。

从黄土地层中存在的侵蚀面和地层不整合的情况来看,第四纪时期内侵蚀作用的形式,主要为大面积的剥蚀-侵蚀。而今日在黄土高原所见沟谷深切,地形高差甚大的深沟纵壑的地形,只是在第四纪晚期之后发育形成的。

2. 黄土地层中的埋藏古土壤层,大部分为褐土型古土壤。它标志着黄土堆积过程中有多次沉积速度的减缓或沉积间歇阶段,同时还标志着有过多次不同气候条件的变化。根据过去黄土地区所发现的古脊椎动物化石来看,以马类、鹿类为主^[3]。但也有犀牛和象等化石的发现,如陕西乾县的纳玛象化石和甘肃合水县的黄河古象(剑齿象)化石。这些动物化石也表明黄土高原地区在第四纪时期有过气候的变化。从完整的黄土堆积地层来看,自早更新世至晚更新世黄土岩性变化的特点是:颜色变化由红→棕→黄;钙质结核及钙质层的发育程度由多变少;湖相沉积分布广且厚度大,变为分布面积小而薄都反映了黄土堆积时期的气候变化。因此自早更新世以来到现在,黄土高原的气候总的趋向是由比较温湿逐渐变为干旱。而明显的干旱气候条件在晚更新世时已基本形成。这一时期黄土中含有大量藓属植物孢粉,就是干旱气候的证据。在这一总的气候变化趋势中,也有过多次气候波动,即温湿与干旱的交替。

三、黄土高原土壤侵蚀发生发展的规律

土壤侵蚀是黄土高原现代进行的侵蚀作用,人为的因素又加剧和扩大了它的速度和范围。黄土高原产生土壤侵蚀的主要自然因素是高原的地形和黄土的岩性。其区域性的地貌特征决定了土壤侵蚀作用的地区性特点。

(一) 六盘山以东地区

在六盘山以东的广大梁、峁、塬区和台塬区内,梁、峁区的土壤侵蚀作用比塬区和台塬区要强烈得多。

梁、峁区发生的土壤侵蚀作用及其形成的侵蚀形态,概括起来有五种类型¹⁾。

1. 面蚀类型:发生在梁、峁上部,坡度较小的坡面上,由于地表径流的细流作用的剥蚀而形成的侵蚀形态。

2. 潜蚀类型:由于地表径流的渗入,发生在土层内部的一种机械侵蚀作用而形成的侵蚀形态。

3. 沟蚀类型:因线状股流对梁、峁下部谷坡强烈冲刷而造成的侵蚀形态。

4. 重力侵蚀类型:由于土体重力及地下水作用使谷坡上的土体滑动而形成的侵蚀形态。

1) 地质部水文地质工程地质第五大队,地质部水文地质工程地质研究所,1965,陕西绥德黄土梁峁地区水土流失规律及防治措施。

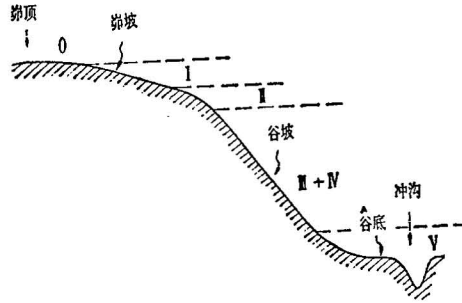


图 8 梁、峁地区自梁顶至谷底侵蚀类型发生部位的垂直分带示意图

○ 为侵蚀不显示区; I 面蚀带; II 潜蚀带; III 沟蚀带;
IV 重力侵蚀带; V 冲蚀带

5. 冲蚀类型: 在梁、峁之下, 因沟谷底部的集中迳流而侵蚀成的冲沟。

上述五种类型的形态特征及其发生的具体条件见表 2。

上述侵蚀类型自梁、峁顶部向下至谷底, 在垂直方向有分带分布的特点(图 8)。自梁顶向下, 依次分别出现: 面蚀带、潜蚀带、沟蚀带或重力侵蚀带、冲蚀带。

上述这些侵蚀类型发生发展的原因, 主要决定于梁、峁坡面的坡度和坡长的变化, 以及发生部位黄土的岩性, 而地下水的活动则是重力侵蚀发生发展的另一重要因素。

根据野外大量的实测和观测资料, 有以下几点认识:

1. 侵蚀不显示的地区, 是小于 10° 的坡面(一般为梁、峁顶部)。由于坡面坡度小, 坡面长度短, 区内一般不形成具有侵蚀能力的迳流, 因此无明显的迳流侵蚀。

2. 在坡面长度为 20—50 米, 坡度大于 10° 时就发生面蚀, 特别是当坡度在 20° — 30° 范围内, 面蚀的发生最为普遍。

3. 潜蚀, 集中发生在坡面地形显著转折的地带(坡面坡度在 40° 左右), 一般多在梁、峁坡与其下面的谷坡相衔接的地带。

4. 沟蚀, 集中发育在梁、峁下的谷坡上, 坡度在 40° — 60° 之间, 坡长 30—50 米。沟蚀带往往发生在时代较早的黄土地层内。

5. 重力侵蚀, 发生在坡度大于 40° , 坡长为 40—60 米的地带。它的发生发展, 除地形条件外, 还受地下水渗流作用的影响。

6. 冲蚀, 主要指沟底的侵蚀。

应当指出, 各侵蚀类型的不同侵蚀形态并不是一旦形成后就不再发展。它将不断的相互转化。转化的方式基本上有两种: 1. 继承式的, 即某一侵蚀形态是在另一种侵蚀形态基础上发展而形成的。例如面蚀类型中的细沟形态可以转化为浅沟形态, 进一步发展又可转化为坡面冲沟侵蚀形态。2. 条件式转化, 即一种侵蚀形态为另一种侵蚀形态的发生创造条件。例如平缓的浅沟可为发生潜蚀等侵蚀形态创造条件。

在防治水土流失时应充分考虑上述各侵蚀类型发生发展的规律和特点。

塬区土壤的侵蚀作用不同于梁、峁区。塬区由于塬面地形平坦, 但沟谷切割深度很大(可达 100—200 米), 沟谷的端部往往与塬面上较低洼的地形相接, 从而在塬面迳流汇集倾泻地带产生强烈侵蚀, 导致沟谷端部向塬内延伸发展, 逐渐蚕食塬面。土壤侵蚀发展的

表 2 梁、峁区侵蚀形态分类

类别 (以主导的侵蚀作用特点为依据)	侵蚀形态 (个体或群体)		形态特征
面蚀类	细沟		宽数厘米至 1 米,长十数米至数十米,深 20 厘米左右,呈直线延伸,局部弯曲。群体分布。
	浅沟		宽 1—3 米,长 10 至 60 米,深 0.2—0.5 米,呈群体分布。个体间隔比细沟大,一般为 6—15 米,呈直线形。
	坡面冲沟		宽 1—2 米,长 30—80 米,深 0.5—2 米。个体或群体分布,间隔较大,呈直线形。
潜蚀类	陷穴		圆形或近圆形,直径一般 2—5 米,深数米至数十米。底部有堆积物。洞壁垂直。个体分布或与同类其他形态共存。
	漏斗		圆形或近圆形,漏斗状,直径 1 米至数米,深 2—5 米。个体分布。
	串珠洞		圆形或不规则状小洞穴,直径 1 米至数米,深数米,底部无堆积物,群体分布,个体由盲沟相互连接。
	盲沟		入口为圆形或不规则形状,直径 1 米至数米,隐伏于土层内呈断续状延伸,长达数十米或更多。
	潜蚀浅凹		树叶状或半圆状,深一般 1—5 米或更多,宽数米至数十米,下部为浅凹缓坡,上部为陡坎,下部浅凹坡上有细沟或浅沟发生,呈树枝状。
沟蚀类	悬沟		半圆形直径大于 1 米,长可达 30 米,深 3—5 米,沟壁一般 45° — 60° 以上。个体或群体分布,平行排列,发生于谷坡上部,呈悬挂状。
	谷坡切沟		直线或折线形,其凹凸部均呈“V”形,宽一般 3—6 米,深 2—4 米,长 15—60 米。发生于 40° — 60° 以上的谷坡上。群体分布,个体相间 3—4 米左右。
重力侵蚀类	滑坡		半圆形或弧形,破裂壁呈陡坎。有较陡的滑动面,发生于 40° — 60° 的谷坡上部或谷坡最下部。滑坡发生之后,稳定坡面为 35° 左右。多发生于地下水溢出处。
	崩塌		破裂壁陡,形状不规则,但壁面凹凸不平,无滑动面,土体崩落,为破碎之土体堆积。发生于陡的谷坡(大于 50°)上部。发生后,使原坡面变为更陡。
	泻溜		无显著破裂陡壁,边线形状不定,有半圆、长圆等形状。发生于大于 60° 的谷坡上部的土壤层或植被层内。
冲蚀类	谷底冲沟		大部为顺谷底方向延伸之冲沟,断面一般为“V”形,沿谷底近水平方向发展,沟头呈尖形凸向上游,或半圆形。多伴以崩塌,沟头多呈陡坎,向下游沟的宽度逐渐增加。
	跌水	土跌水	横断面呈马蹄形突向上游,陡坎高差十余米,陡壁坡度可达 80° 以上。
		石跌水	横断面形状较为平直。陡坎高度一般为 15 米以下,个别的可达 20 米左右,陡壁坡度不一,呈阶梯状或呈悬崖。

结果往往是沟谷面积逐渐扩展,塬面逐渐缩小(图版 I-5)。

塬区土壤侵蚀发生的主要地带是塬的边缘地带,也就是由塬面到谷坡地形急剧转折的地带。这一地带主要发生潜蚀和冲蚀。在塬面上,根据塬面倾斜程度发生不同程度的面蚀作用。但这种作用主要发生在近沟谷边缘附近的塬面上。在沟谷内部,在谷坡上,由于土体重力作用和地下水的活动,普遍发生重力侵蚀。重力侵蚀是改变沟谷地形和产生大量泥沙的一个重要因素。

(二) 六盘山以西地区

六盘山以西地区的梁、峁地形,在成因上和其现代的形态上都与六盘山以东地区不同。这一地区的梁、峁地形主要是由第三纪地层构成古地形,上面覆以薄层黄土(一般数米,在低洼处十数米厚)。基本上仍保留着第三纪末的古侵蚀丘陵地形形态。发生的土壤侵蚀作用,以重力侵蚀为最普遍,其次是面蚀和冲蚀。重力侵蚀发生在梁或峁的坡面上部。多为浅层滑坡。滑坡床埋藏很浅(数米),滑坡非常宽阔,有时数个滑坡破裂壁相连接一起长达数百米。重力侵蚀是改造现代地形的一个重要因素。

面蚀在梁、峁坡面有不同程度的发展。但总的说来,大都处于细沟至浅沟的发展阶段。其发育程度、数量,比六盘山以东地区的梁、峁坡面所见要小得多。

冲蚀发育程度也很差,只发生在梁、峁之下的谷底。其侵蚀深度比在六盘山以东地区所见也要小得多。

主 要 参 考 文 献

- [1] 安芷生, 1977, 洛川黄土剖面的古地磁研究。地球化学, 第 4 期。
- [2] 李继良等, 1977, 黄土中石英粉砂的热发光及黄土地层年龄测定。科学通报, 第 11 期。
- [3] 刘东生等, 1965, 中国黄土堆积。科学出版社。
- [4] 刘东生等, 1964, 黄河中游黄土。科学出版社。

REGIONAL GEOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS AND DEVELOPMENT OF SOIL EROSION IN THE LOESS PLATEAU, CHINA

Zhang Zunghu

(Institute of Hydrogeology and Engineering Geology, Ministry of Geology)

Abstract

The formation of the peculiar morphological features on China's Loess Plateau is closely related to the geological history of the Quaternary, especially the characteristics of Neotectonic movement. During the Quaternary period, three types of geological-morphological areas in the plateau region may be identified with denudation, accumulation-erosion and accumulation areas, where different Quaternary stratigraphical characteristics have formed.

The loess accumulation in the accumulation area is characterized by maximum in the thickness, with most complete sequences and better-developed fossil soils. The sequence of Quaternary strata in accumulation-erosion areas is incomplete, with many discontinuities. In denudation areas there are no loess accumulations.

The first loess layer beneath the ground surface, generally has a thickness of about 8—9 m. It is commonly called as the "Malan Loess". The geological age of the lower part of "Malan Loess" is less than 35,000 years. It can be seen that the age of formation of the so-called "Malan Loess" corresponds to the later period of the Late Pleistocene.

The development of soil erosion is different in the various morphological areas. The origin and development of various types of erosion are directly determined by the length and degree of slope of the local topographic feature.

更 正

本刊 1980 年第 54 卷第三期第 190 页

正

误

图下第 4 行	1.677×10^{15} 克	1.677×10^{15} 公斤
图下第 5 行	2293 克	2293 公斤

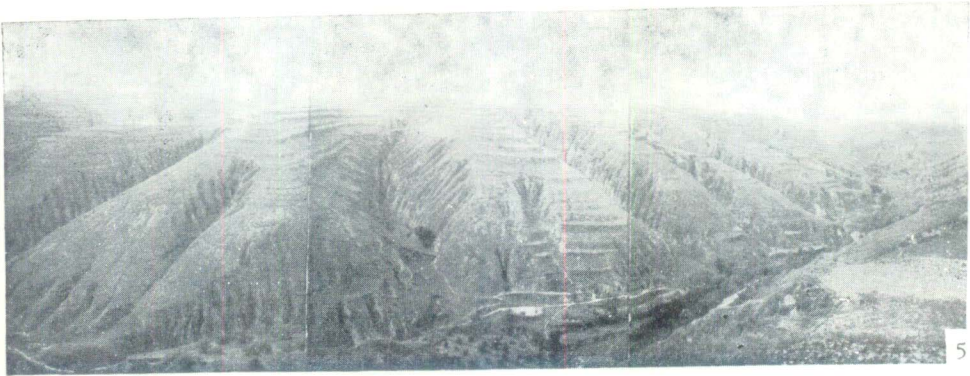
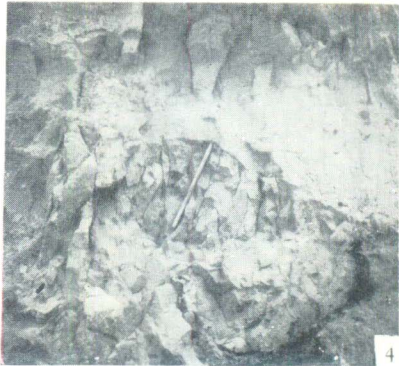
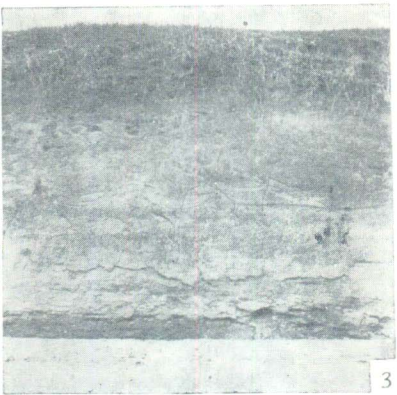


图 版 说 明

- 1 甘肃环江河谷地貌,示I、II、III级阶地。III级阶地被侵蚀成峁;
- 2 黄土高原南部与台塬接界处地形。远处低平地形为台塬(陕西黄龙界头庙以南);
- 3 黄土中的特殊沉积构造(甘肃华家岭顶部);
- 4 黄土中的混杂沉积现象(陕西甘泉湫沿山分水岭顶部);
- 5 黄土塬区的现代侵蚀作用现象(陕西洛川)