

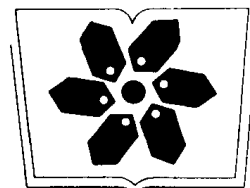
黄土高原

区域环境地质问题及治理

张宗祜 等 著



科学出版社



中国科学院科学出版基金资助项目

黄土高原区域环境地质问题及治理

张宗祜 等著

科学出版社

1996

(京)新登字 092 号

内 容 简 介

严重的土壤侵蚀和水资源的匮乏是我国黄土高原生态环境十分脆弱的两个最主要的因素,阐明它们的发生发展规律是黄土高原的区域环境治理和改造利用必需的科学依据。本书重点论述了我国黄土高原土壤侵蚀的基本规律及其侵蚀作用的定量分析;探讨了高原区巨厚黄土层中水分运移规律以及大气降水与地下水形成之间的转化机制;评价了高原区地下水资源的可利用量;阐明了高原区深部储水盆地水资源分布情况。

本书资料丰富,研究扎实,既有作者们几十年来在黄土高原野外工作和研究中积累的资料,还有在黄土高原连续数年的长期野外现场定点研究观测资料。

本书可供从事第四纪地质、水文地质和环境地质的科研与教学人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

黄土高原区域环境地质问题及治理/张宗祜等著. -北京:
科学出版社,1996

ISBN 7-03-004946-2

I. 黄… II. 张… III. 区域地质-黄土高原-研究 IV. P
562.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(95)第 13385 号

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街 15 号

邮政编码: 100717

洛神公司排版

中国科学院印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1996 年 3 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

1996 年 3 月第一次印刷 印张: 12 1/2 插页: 2

印数: 1 5 00 字数: 285 000

定价: 31.00 元

作者： 张宗祜 张之一 施德鸿
刘锦辉 陈 云 闵隆瑞
石建省 刘平贵

前 言

我国黄土高原，在人类历史上，曾是中国古文化的发源地，旧石器时代以来的古文化遗迹大多数分布在黄土高原。在有历史记载的时期，这里是许多封建王朝的建都所在，是我国历史时期的政治、文化、人口集中发展的地区。古城长安是欧亚丝绸之路的起点，也是当时国际上文化、经济交流的中心。这些历史见证说明了黄土高原曾有过适宜我们祖先生存、繁衍和各种文化、经济、生产等活动的良好自然环境。然而今日黄土高原呈现给人们的却是北部风沙的侵入、地形支离破碎、植被稀疏、气候干旱的景象，是一个生态环境极为脆弱的地区。千百年间，黄土高原自然环境有着如此之大的变化，其原因除自然背景变化的因素外，更主要的是长期以来人们的生产实践活动客观上加剧了环境的恶化，使黄土高原的自然环境迅速沿着恶性循环的方向发展。根本问题在于人们缺少大环境意识，多顾短期之利，而忽视长远利益。人们向自然环境索求的程度，远远超过了人们应该保护自然环境所给予的。然而我们也必须看到，黄土高原是我国的一块宝地，它有广阔的土地资源，丰富的矿藏，有发展经营多种生产的自然条件和自然资源；如果合理地开发利用这些资源，勿需太久，黄土高原仍然可以重现昔日景象，再次成为我国内陆的重要政治、文化、经济发展的地区，将一改贫困、落后的面貌。要达到这个目的，根本问题是加强环境意识，努力改善自然环境特别是地质环境的状况。

在黄土高原内，带有根本性的地质环境问题可概括为两个字：一是“土”，二是“水”。土就是土地资源，水就是水资源。黄土高原有广阔的土地资源，可以发展多种农业经济，但是严重的土壤侵蚀，破坏了土地资源。现代侵蚀作用在这一地区的迅速发展，向生存在该地区的人们争夺着生存的基本条件——土地，所以，土壤侵蚀已成为黄土高原区最严重的区域性环境地质问题。从历史时期到现在，对高原区植被、树木的滥伐，其后果是造成高原地区干旱加剧，水资源逐渐减少，生命所赖以生存的水源在广大地区成为严峻问题。加之人为污染导致水质日益恶化，以及局部地区天然条件下形成的高矿化水，影响大范围的居民健康。因此，水资源问题又是高原区的另一个严重的区域性环境地质问题。

编写本书的目的，就是想通过作者们多年来在黄土高原区工作实践的体会、认识，针对上述两大区域性环境地质问题进行分析，以引起有关部门的重视，并早日得以治理，从根本上改变该地区的大环境状况，使黄土高原重新焕发青春。

至于黄土高原区域性环境问题的治理，我们认为非常重要的一点是要求在开发建设的同时，应当充分考虑到高原目前生态环境的平衡条件已非常脆弱，因此在开发利用各种资源时，首先要考虑对高原的自然环境不致于再产生新的大规模的破坏，否则当前的建设，将给今后的生存环境带来不可补偿的损失。

参加本书撰写的人员，都是多年在黄土高原地区从事生产、科研工作的。从各自不同的侧面，对黄土高原的各种问题都有较丰富的知识并掌握有大量的实际材料。当然撰写中

还存在不少的不足或遗漏,理论见解也可能有片面性,希望读者多提宝贵意见。

本书前言由张宗祜执笔,第一章第一、二节由闵隆瑞执笔,第三节由石建省、张宗祜执笔;第二章由石建省执笔;第三章、第四章由陈云、张宗祜执笔;第五章由刘锦辉、张宗祜执笔;第六章、第七章由陈云执笔;第八章、第十章由张之一执笔;第九章、第十一章由施德鸿执笔;第十二章由张之一、刘平贵执笔;第十三章由陈云执笔。

在撰写过程中,得到陕西、宁夏、甘肃等省(自治区)水文地质工程地质队的支持和地质矿产部水文地质工程地质研究所任福弘、焦淑琴等同仁的帮助,在此一并表示感谢!

目 录

前言

第一篇 概 论

第一章 中国黄土高原形成的地质背景及古地理环境	(1)
第一节 黄土高原第四纪前地质背景	(1)
第二节 黄土高原第四纪时期的古地理环境	(8)
第三节 黄土高原的现代自然景观及地形地貌特征	(14)
第二章 黄土高原现代土壤侵蚀作用	(27)
第一节 黄土高原土壤侵蚀的基本状况	(27)
第二节 土壤侵蚀发生发展的因素及条件	(29)
第三节 土壤侵蚀发展的趋势预测及治理方向	(44)
第三章 黄土高原北部沙漠化现象	(48)
第一节 沙漠化的概念、等级与指征	(48)
第二节 沙漠化的现状及发展趋势	(49)
第三节 沙漠化形成的原因及其治理方向	(52)

第二篇 黄土高原土壤侵蚀的基本规律

第四章 黄土高原土壤侵蚀类型	(55)
第一节 土壤侵蚀分类的依据	(55)
第二节 土壤侵蚀类型	(56)
第三节 土壤侵蚀类型的区域分布规律	(57)
第五章 黄土高原土壤侵蚀定量分析研究	(60)
第一节 定量研究水土流失规律的实际意义	(60)
第二节 土壤侵蚀速度定量分析方法评述	(61)
第三节 用摄影测量方法定量研究土壤侵蚀类型及其侵蚀速度	(68)
第四节 水土流失影响因素的解译与影响程度的定量研究	(69)
第五节 区域水土流失定量分析的遥感方法	(73)
第六节 土壤侵蚀速度定量分析试点研究实例	(76)
第六章 黄土高原土壤侵蚀产沙规律分析	(89)
第一节 侵蚀作用产沙的区域性特点	(89)
第二节 土壤侵蚀粗泥沙来源分析	(92)
第七章 黄土高原土壤侵蚀分区	(98)
第一节 土壤侵蚀分区的原则与系统	(98)

第二节 分区特征	(99)
----------------	------

第三篇 黄土高原的地下水

第八章 黄土高原地下水分布基本特征	(106)
第一节 黄土裂隙-孔隙(洞)水的分布特征	(106)
第二节 松散岩类孔隙水	(111)
第三节 碎屑岩类孔隙-裂隙水	(112)
第四节 碳酸盐岩类岩溶裂隙水	(113)
第五节 结晶岩类裂隙水	(115)
第九章 黄土地下水的形成和水分运移规律	(116)
第一节 黄土区水文地质基本特点	(116)
第二节 黄土水分运移基本规律及潜水的形成	(121)
第三节 黄土地下水的补给、排泄方式	(145)
第十章 黄土高原的高氟地下水	(152)
第一节 高氟地下水的分布及其影响	(153)
第二节 高氟地下水的形成及其地质背景	(157)
第十一章 黄土高原的一些主要储水盆地	(162)
第一节 一些主要储水盆地的地质结构、含水层组及地下水类型	(162)
第二节 主要储水盆地的形成及开发远景	(168)
第十二章 黄土高原的地下水资源及开发利用中的环境问题	(170)
第一节 地下水资源的分布	(170)
第二节 地下水水化学特征及水质评价	(174)
第三节 地下水资源的开发利用	(178)
第四节 地下水资源的开发前景和合理利用	(183)

第四篇 黄土高原区域环境问题治理

第十三章 黄土高原区域开发中的主要问题及其治理	(186)
第一节 土壤侵蚀问题	(186)
第二节 土地沙化问题	(188)
第三节 水资源的开发利用问题	(189)
第四节 黄土高原区域治理的总方针	(190)
参考文献	(191)

第一篇 概 论

第一章 中国黄土高原形成的地质背景及古地理环境

第一节 黄土高原第四纪前地质背景

黄土高原地质构造上属于鄂尔多斯台拗的南部。鄂尔多斯台拗在寒武纪之前与华北地台联成一起,是一个长期隆起的古老陆地。前寒武纪变质岩系仅出露于古陆边缘,构成周围山系。加里东构造时期,该区开始大幅度下沉,从寒武纪至中奥陶世沉积了一套海相碳酸盐系及砂、页岩系。但从晚奥陶世开始,鄂尔多斯台拗与华北地台一起又整体上升成为古陆,经受长期风化剥蚀,缺失上奥陶统、志留系、泥盆系和下石炭统的沉积。海西构造期,继承加里东构造期的振荡运动,在鄂尔多斯台拗区,早期沉积了一套海陆交互相含煤碎屑岩及碳酸盐岩;后期沉积了一套河湖相砂、泥质碎屑岩。进入中生代以来,特别在晚三叠世时,受印支构造运动的影响,鄂尔多斯台拗边缘强烈上升,终于与华北地台解体,形成单个独立盆地。因此,鄂尔多斯盆地是印支期以来形成的内陆拗陷盆地。盆地内构造简单,除盆地边缘发育有不同程度断裂、褶皱外,靠中间部分一般都是较为均一的单斜层。自西向东依次分布白垩系、侏罗系及三叠系,其上广覆第三系红土和第四系黄土。

一、中生代的地质背景

鄂尔多斯盆地是中生代以来发展的盆地,而现今的黄土高原主要位于该盆地之南部,故黄土高原的地质发展历史,就得从该盆地的中生代的地质背景谈起。

根据鄂尔多斯盆地地质构造特点及生物地层发育情况,可将黄土高原所属范围划分为四个区,即:陇中盆地,其界线为乌鞘岭以南,秦岭以北,六盘山以西,直至青海省西宁一带;陇东盆地,其界线为六盘山以东,子午岭以西,千阳、彬县一带之北,环县、华池一带之南;陕北盆地,其界线为榆林、靖边、定边以南,北山以北,子午岭以东,吕梁山以西;渭河盆地,其界线为北山以南,秦岭以北,宝鸡以东,潼关以西。

(一) 三叠纪地质概况

陇中盆地,三叠纪早、中期时,盆地范围不大,下、中三叠统主要堆积在山间盆地和山麓地带,称西大沟群,为灰绿、紫红色砂、泥岩,夹细砾层,厚1000m,不整合在变质砂岩、千

枚岩之上。晚三叠世时,盆地扩大,盆地北部可能与甘肃走廊盆地合为一个较大的内陆盆地,堆积河湖相含煤的砂、页岩层,厚 300—4 000m,称南营儿群。

陇东盆地,三叠纪早、中期时,沉积河湖相紫灰色砂岩、棕红色泥岩及灰绿色砂岩,厚度大于 500m,分别称为刘家沟组、和尚沟组和纸坊组。中三叠统纸坊组的上部还夹有煤线和泥灰岩。上三叠统称延长群,为灰绿、黄绿色泥岩、粉砂岩,夹黑色页岩、紫红色泥岩,厚 400—1 000m,与下伏地层呈不整合接触。该盆地是一个内陆开阔盆地,盆地东北高,西南低,呈大型箕状,盆地沉降中心在西南部。六盘山东麓发育 2 000 余米的洪积砾岩相,显示出西南陡,东北缓的不对称轮廓。从西南向东北岩性由粗变细,沉积相由洪积相、河流相到河湖相、湖相,呈明显的环形相带。从纵向看,沉积物由灰绿色砂岩→含煤碎屑岩→紫红色泥岩,说明气候从半潮湿弱还原环境→温暖潮湿的还原环境→半潮湿氧化环境,因而,也进一步看到湖泊由形成、扩大至萎缩、消亡的过程。另外,值得注意的是在陇东岐山地区下三叠统的刘家沟组的下部有海相夹层,含瓣鳃类及海蛇尾等化石,说明时空上与海水有联系,可能当时在岐山一带有一海湾与秦岭海槽相通。

陕北盆地,盆地北部下一中三叠统主要分布在府谷、吴堡等地,以紫灰色砂、泥岩为主,含丰富的脊椎动物、介形虫和叶肢介等化石,厚度大于 500m。盆地南部,韩城—耀县一带,呈北东—南西向条带状分布,为紫红色砂、泥岩,含泥灰质结核及介形虫、瓣鳃类化石,厚度由东往西变薄,即由韩城地区厚 300m 至耀县减为 200m。上三叠统延长群,广泛分布于整个陕北盆地,以灰绿、黄绿色砂、泥岩为主,夹油页岩、煤层及少量火山碎屑岩,岩性由北东向西南变细,厚度则变大,由 500m 增至 1 000 余米。在这个大型的内陆开阔盆地中,除铜川—华池一线基本上是湖相沉积外,其它地区为河湖相沉积,但三叠纪早、中期时,以紫红色沉积为主,含灰质结核,反映气候比较干燥,而到三叠纪晚期,沉积含煤碎屑岩,气候较为温暖湿润,说明盆地气候具有由早期干燥向晚期湿润转化的趋势。此外,早期的沉降中心在盆地东部,而晚期的沉降中心则在西部,说明盆地从早期到晚期逐渐向西迁移,这可能受晚三叠世印支运动影响,随东部太行山等地抬升,鄂尔多斯—华北大盆地解体,盆地向西迁移,并形成单个的鄂尔多斯湖盆。

渭河盆地,在整个三叠纪时为剥蚀区,缺失沉积。

(二) 侏罗纪地质概况

晚三叠世印支运动促使鄂尔多斯盆地全面抬升,上三叠统延长组广遭剥蚀,形成丘、岗地形。

陇中盆地,侏罗系仅堆积在山间盆地和谷地之中。下侏罗统称大西沟群,为灰绿色砂砾岩和紫红色砂、页岩,沉降中心在兰州阿干镇一带,厚约 300m。靖远地区还夹有煤线,厚 84m。中侏罗统称窑街群,为灰黑色泥岩、油页岩夹煤层,含有菱铁矿,鱼、瓣鳃类及介形类等化石,总厚 100m,沉降中心在窑街一带,向南向北厚度变薄,在阿干镇一带岩性变粗。靖远地区产稳定煤层。此时,气候湿润,植物茂盛,以河湖和湖沼相沉积为主。晚侏罗世时,随燕山运动的活跃,窑街、阿干镇一带全部隆起,中侏罗统普遍遭受剥蚀,上侏罗统普遍不整合于中侏罗统之上。山间盆地中堆积一些粗粒相碎屑岩,称享堂群。仅靖远地区沉积河湖相红色泥、砂岩层,厚度较大,约 500m,称苦水峡群。上侏罗统强氧化的红色沉积物,反

映气候变得炎热干旱。

陇东盆地,属大型盆地,下侏罗统分布较为零星,在山前及谷地堆积富县组冲洪积相的灰绿色砂、泥岩,厚仅 20m。中侏罗统分布面积较广,最下部为延安组,由暗色泥岩和白色砂岩组成,含煤,厚 20—200m;中部为直罗组,由黄绿色、灰绿色砂、泥岩组成,含煤,北部颗粒较粗,南部颗粒较细,厚 200—500m;上部为安定组,为黑色页岩和碳酸盐岩、泥岩沉积,厚 300 余米。在镇原南部和庆阳附近缺失沉积。总之,中侏罗世时陇东地区地壳下沉,形成湖盆,气候湿润,为煤和石油提供了良好的成矿条件。煤层分布于环县—泾川一线以西湖沼区。晚侏罗世时,燕山运动导致陇东盆地整体抬起,湖泊消失,西部同心—固原—华亭一线形成南北向的“古脊梁”,在该梁东麓堆积芬芳河群的洪积相红层,厚百余米。

陕北盆地经晚印支运动后,盆地整体抬升,形成西高东低的丘陵地形。早侏罗世中期,盆地重新沉陷,接受来自周围山区的风化物质,发育不厚的残积、坡积、洪积层,称富县组。仅在神木县以北为浅湖沉积,子长、富县一带为河流相沉积。总之,盆地开始进入一个新的时期。中侏罗世时,沉积范围扩大,中侏罗统下部延安组为河沼、湖沼相灰黄、灰白色砂岩、砾岩和灰黑色泥砂岩,厚度变化较大,从数十米至 200 多米。大理河以南,葫芦河以北为无煤沉积,其余地区含煤,但葫芦河以南,由于后期剥蚀,地层有缺失。中侏罗统中部直罗组以河湖相为主,不具深湖相,下部为黄绿色砂砾岩及泥岩、粉砂岩;上部为黄绿色砂岩和黄绿、灰绿、紫红色泥岩,总厚 80—140m。中侏罗统上部安定组分布于榆林、横山、安塞、富县一带,呈 NNE—SSW 带状分布,黄陵沮河以南缺失,为炎热干旱气候条件下的内陆湖泊沉积,岩性变化大。无定河以北主要为紫红色砂岩,以南则为紫红、黄褐色泥灰岩、砂岩、黑色页岩,含方鳞鱼、腹足类、介形虫及植物等化石,厚 100 余米。总之,中侏罗世时,从盆地边缘至中心,沉积相递次为河流相、河沼相、河湖相、浅湖亚相、深湖亚相,南北向环形相带分异明显,但延安组、安定组沉降中心在东部,相带东窄西宽,而直罗组相反,沉降中心在西部,相带呈东宽西窄不对称环形分布的特点。从时间上看,由中侏罗世早期沼泽相→中期河流相→晚期湖泊相。中侏罗统安定组沉积后,本区受燕山运动影响再次上升遭受剥蚀,湖泊消失。仅在内陆盆地边缘千阳、凤翔一带,见山麓洪积相棕红、紫灰色巨砾岩,厚度变化较大,最大厚度可达 1 000 余米。

渭河盆地侏罗纪时仍是剥蚀区,缺失侏罗纪沉积。

(三) 白垩纪地质概况

燕山运动导致上侏罗统遭受剥蚀,早白垩世开始产生构造沉降活动,较为普遍地接受了沉积,不整合在中、上侏罗统之上。但早白垩世晚期,燕山构造运动再次强烈活动,沉积盆地再次抬升,普遍缺失上白垩统。

陇中盆地,由于古祁连山、古秦岭强烈上升,兰州、民和、靖远地区相对下沉,并以它们为中心发育几个湖盆,湖盆边缘接受了山麓冲洪积相粗碎屑沉积,向盆地中心渐渐地过渡为河湖相。下白垩统河口群为紫红色砂质泥岩,上白垩统民和组为棕红色砂、泥岩,厚 100m。

陇东盆地在白垩纪早期再度下沉,自南向北,由东向西在盆地边缘首先接受了山麓冲洪积相为主的粗碎屑岩沉积。随盆地东部的不断抬升,环县—泾川相对下沉,成为盆地的

沉积中心,堆积紫红色、灰绿色泥岩,夹灰岩,含鱼、瓣鳃、介形类及爬行类化石,厚达1500m,称六盘山群或志丹群。与侏罗纪相比,该盆地向西迁移30—50km,盆地范围大大缩小,形成东高西低的地貌景观。古六盘山和同心—固原—华亭“古脊梁”及古陇山山地,白垩纪早期仍为山地,而至早白垩世晚期,古六盘山区大幅度下沉,形成快速堆积的山前盆地,接受巨厚的粗碎屑岩沉积。与此同时,“古脊梁”也下沉接受沉积,华亭地区形成另一个沉降中心,沉积泥灰岩、油页岩,含菱铁矿,反映弱还原—还原环境。早白垩世末期,燕山运动再次导致强烈的上升活动,普遍缺失上白垩统地层,盆地抬升,水体由南向北退出,从而结束了盆地的历程。

陕北盆地地下白垩统志丹群分布在榆林、延安、宜君一线以西,宜君、彬县、千阳以北,以冲洪积相为主,自下而上分六个组。

宜君组,主要分布在黄陵沮河、宜君、旬邑、彬县、千阳一带,为冲洪积相的砾岩,厚度由东向西,由南向北迅速变薄,最大厚度达65m。沮河以北缺失宜君组。

洛河组,分布在神木、榆林、靖边、志丹、黄陵、宜君、旬邑、彬县、麟游、陇县至千阳的广大区域内,为河流相紫红色砂岩,含鱼、介形虫化石,由东北向西南岩性变粗,厚度变薄,一般厚130—350m左右。

环河组和华池组,主要分布在定边、靖边、吴旗、宜君、彬县、陇县、千阳等广大区域内,为灰绿、黑灰、棕红等杂色泥岩、砂岩,含鱼、介形虫、叶肢介化石,由东北向西南岩性变粗,厚度变薄,一般厚300—500m。

罗汉洞组,主要分布在陇县、千阳、旬邑、黄陵、子午岭、定边等地,为河流相棕红色砂、泥岩沉积,厚100—200m。

泾川组仅见于千阳、陇县一带,为湖相棕红色泥岩夹砂砾岩,在环县一带含 *Sinamia zdanskyi*(鱼), *Sinemys* sp.(龟)化石,厚178m,从上可见,陕北盆地在早白垩世早期发育不好,至中期盆地范围扩大,且以砂、泥质岩为主,处于盆地稳定阶段。晚期,盆地向西、向南迁移,且范围逐渐缩小。晚白垩世时,陕北盆地经受燕山运动而再度上升,整个盆地缺失上白垩统。

渭河盆地在白垩纪时仍为剥蚀区,缺失白垩系。

综上所述,中生代时期黄土高原经历多次升降运动,特别是从晚三叠世形成鄂尔多斯盆地后,构造运动日趋频繁、强烈(见表1),陇东盆地和陕北盆地的西部沉降幅度较大。晚印支运动波及全区,导致鄂尔多斯盆地整体抬升,上三叠统延长群遭到不同程度剥蚀,下侏罗统富县组普遍不整合于下伏地层之上。燕山运动Ⅰ幕,在本区表现为局部抬升及地层间不整合。燕山运动Ⅱ幕明显加强,中侏罗统安定组和上侏罗统的芬芳群遭受普遍剥蚀,在中侏罗统与上侏罗统,上侏罗统与下白垩统之间普遍形成不整合。随燕山运动加剧,气候也从湿润变得干燥,如中侏罗世时,陇东盆地发育煤系,气候湿润,而到晚侏罗世时,气候却转为干燥。早白垩世开始本区又明显下沉,沉积六盘山群和志丹群,其中最明显表现在早白垩世晚期古六盘山和“古脊梁”大幅度下沉,大大改变了陇中、陇东一带地貌景观。但紧接着燕山运动Ⅲ幕,又导致本区大幅度的抬升,本区普遍缺失上白垩统,鄂尔多斯盆地进入一个新的地质发展历史。

表 1 中生代时期黄土高原构造运动及地层划分简表

地 层		构造运动	陇中盆地	陇东盆地	陕北盆地	渭河盆地
白 垩 系	上 统	燕山运动Ⅲ	民 和 组			
	下 统		河 口 群	六 盘 山 群 或 志 丹 群	志丹群	
侏 罗 系	上 统	燕山运动Ⅱ ₂				
			享 堂 群 或 苦 水 峡 群	芬 芳 群	芬 芳 群	
	中 统	燕山运动Ⅱ ₁		安 定 组	安 定 组	
			窑 街 群	直 罗 组	直 罗 组	
				延 安 组	延 安 组	
	下 统	燕山运动Ⅰ	大 西 沟 群	富 县 组	富 县 组	
三 叠 系	晚印支运动		南 营 儿 群	延 长 群	延 长 群	
				纸 坊 组	纸 坊 组	
		下 统	西 大 沟 群	和 尚 沟 组	和 尚 沟 组	
				刘 家 沟 组	刘 家 沟 组	

二、新生代的地质背景

燕山构造运动最终致使本区大幅度的抬升,除陇中盆地西部的部分地段之外,广大地区在第三纪沉积之前普遍有一个较长的剥蚀时期,气候也更加干燥炎热,鄂尔多斯盆地进入一个新的地质时期——新生代。

(一) 早第三纪地质概况

陇中盆地西部在民和组堆积面上连续堆积桔红色砂岩及棕红色泥岩,含石膏,称西宁群。该群在民和县隆治沟其厚度可达1 000 余米。盆地其余部分下第三系则直接不整合于下白垩统之上。与西宁群相当的地层,在兰州盆地称为西柳沟组和野狐城组,前者为桔红色砂岩,底部含砂砾层或灰质结核层,厚度变化较大,最大厚度达600m 左右;后者为暗红色泥岩夹砂岩,以含石膏为特征,最大厚度可达800 余米。在盆地东部定西、会宁地区,该套地层称固原群,为紫红、棕红色砂、砾岩,厚200—300m。在靖远盆地和六盘山西麓,其厚度递增至700 多米。上述盆地均为山间盆地或山麓带的堆积,盆地边缘以冲洪积相为主,

盆地中心为河湖相沉积。但从时间上看,早第三纪晚期沉积范围比早期要大,并以湖相为主,湖相层中含有大量石膏,气候较为干燥。

陇东盆地大部地区缺失下第三系,说明继燕山构造运动后仍处于上升剥蚀阶段。仅在古六盘山山麓地带发育下第三系固原群,下部称寺口子组,为红色砾岩及砂、泥岩,厚 800 余米,不整合在下白垩统六盘山群之上;上部称清水营组,为红色砂、泥岩,夹石膏层,厚 200m。

陕北盆地继燕山末期构造运动,仍处于长期隆起状态,经受风化剥蚀,基本上缺失整个下第三系的沉积。仅在陕北定边地区,零星出露渐新统清水营组的浅红色砂砾岩层,夹石膏和薄层泥灰岩,含有介形类和腹足类化石,为小型河、湖盆地的沉积。

渭河盆地大部分地区在第三纪早期仍为丘岗地形,仅在古骊山周围出露始新统和渐新统的地层,前者称红河组,为大套红色泥岩,夹砾岩层,厚 400—800m。后者称白鹿塬组,为河、湖相灰白色块状砂岩,夹棕色泥岩,含 *Sianodon bahoensis* (中国两栖犀),最大厚度达 700 多米。钻孔揭露渐新世时盆地内沉积灰白色含砾砂岩,褐色泥岩,并夹煤线及碳质页岩,说明渐新世时盆地开始整体下沉,进入盆地发展的新阶段。

(二) 晚第三纪地质概况

晚第三纪早期基本上沿袭早第三纪地质发展历史,大部地区仍为隆起剥蚀区。而到晚期,也就是说上新世开始,鄂尔多斯盆地进一步发生分异,北部依然处于上升阶段,经受剥蚀,而南部,亦即我们所涉及的现今黄土高原地区,则发生整体下沉,形成一个大型的内陆盆地。

陇中盆地西部在西宁群之上,堆积一套浅红色河湖相沉积,最大厚度达 800 多米,称甘肃群。根据岩性、岩相不同,可进一步划分为中新统咸水河组和上新统临夏系组。前者为褐黄、棕红色砂质泥岩,底部为砂、砾岩,富含哺乳类化石,厚 300—400m,属河湖相沉积;后者是一套浅棕黄色泥岩与砂砾岩互层的河流、洪积相为主的沉积,富含三趾马化石,厚数百米不等。盆地其它部分,甘肃群厚数十米至 300 余米,不整合在白垩系或更老的地层之上。陇东盆地中新统咸水河组仅零星分布在六盘山山麓一带,不整合于清水营组之上,下部为砖红色砂岩,上部为桔红色含砾泥岩,总厚 200 余米。盆地东部缺失咸水河组的地层。上新统临夏组在陇东地区广泛分布,西部覆于中新统咸水组之上,东部则直接不整合在下白垩统志丹群之上,盆地边缘为洪积相红色砂砾岩,向盆地中心过渡为河湖相红色砂、泥岩沉积,含长鼻三趾马等化石,地层产状水平,厚度不大,除山前地区达 170m 外,一般小于 50m。

陕北盆地继早第三纪的隆升剥蚀,普遍缺失中新统地层。上新世时,鄂尔多斯盆地发生分异,大约以榆林、靖边、定边为界,北部仍继续处于上升剥蚀环境,而南部,则大面积下沉,普遍堆积一套砖红色粉砂质粘土层,夹层状钙质结核,俗称三趾马红土,含丰富的哺乳动物化石,底部有砾石层,厚 20—70m。其成因不尽相同,韩城—铜川一带以冲洪积为主,而在山凹、谷地地区以冲湖积为主。

渭河盆地沿袭渐新世时的沉降运动,但其沉降幅度更大。钻孔揭露盆地内中新统为褐黄色泥岩、粉砂岩层,下部含砾石厚 300 多米;上新统为大套灰黄、浅棕色泥岩与含砾砂

岩互层,最大厚度约 1 000m。上第三系在地表主要出露于骊山西侧和蓝田与渭南之间的横岭塬两侧,以及灞河左岸之白鹿塬一带。中新统下部称冷水沟组,上部称寇家村组。前者为黄棕、浅红色河湖相砂、泥岩沉积,底部有砾岩,含 *Platybelodon* sp. (铲齿象), *Listriodon* sp. (利齿猪)等哺乳类化石,厚几十米至 300 余米。后者为棕黄色河湖相砂、泥岩沉积,含 *Lagomeryx complicidens*(复角柄杯鹿), *Gomphotherium* sp. (三棱齿象),厚 100 余米。上新统除出露于骊山、蓝田、渭南等地外,另在华县及洛河河谷的蒲城、澄城一带也有少量出露。下部称灞河组,为黄棕色砂、泥岩,向东明显变粗,含 *Hipparion*(三趾马),最大厚度约 300m。上部称蓝田组,为棕红色粘土、砂、砾层,具钙质结核,含三趾马动物化石,厚 70m。

表 2 第三纪时期黄土高原构造运动及地层划分简表

地 层		构造运动	陇中盆地		陇东盆地		陕北盆地		渭河盆地
上第三系	上新统	喜马拉雅运动Ⅱ	甘肃 临夏系组	甘肃	临夏系组		三趾马红土		蓝田组
	中新统		甘肃 咸水河组	甘肃群	咸水河组				灞河组 ? 寇家村组 冷水沟组
下第三系	渐新统	喜马拉雅运动Ⅰ ₂	西宁群	周原群	固原群	清水营组			白鹿塬组
	始新统								
	古新统					寺口子组			红河组

总之,黄土高原在新生代早、中期,基本上沿袭燕山运动Ⅲ幕所导致的构造形态(见表 2)。早第三纪时,陇中、陇东、陕北等大型内陆盆地,大部分仍处于抬升剥蚀阶段,缺失下第三系。仅在陇中盆地西部和六盘山东、西两麓沉积西宁群和固原群的冲湖和冲洪积层,沉积物以红色为主,并含石膏,气候干热。到晚第三纪中、后期,喜马拉雅运动Ⅰ幕开始活动,表现在渭河盆地在经受长期隆起风化剥蚀后,于始新世—渐新世开始发生沉降运动,堆积红河组和白鹿塬组。晚第三纪开始,陇西、陇东、陕北盆地仍然是以隆起为主,缺失中新统,仍仅在陇西盆地西部和六盘山两麓沉积咸水河组。但喜马拉雅运动Ⅰ₂幕的强烈影响,渭河盆地在中新世时沉降幅度加大,堆积厚达 1 000m 以上的冷水沟组和寇家村组。接着喜马拉雅运动Ⅱ幕,致使本区陇中、陇东、陕北隆起区发生大面积整体沉降,普遍堆积一套厚几十米的冲洪和冲湖积相的三趾马红土层。在渭河盆地,继续大幅度的沉降,沉积一套巨厚的河湖相灞河组和蓝田组,含较多的钙质结核,气候较为干热。喜马拉雅运动Ⅱ幕,为今

日黄土高原的发展奠定了基础。

第二节 黄土高原第四纪时期的古地理环境

第四纪时,根据地质构造、古生物和气候等特点,可沿袭第三纪晚期的地层分区,即仍分为陇中、陇东、陕北和渭河四个区,但其中陇东、陕北二区较为接近。现按第四纪早、中、晚三阶段阐述如下。

一、第三纪末至第四纪早期古地理环境

陇中盆地兰州地区下更新统称五泉组,为冲积或洪积相,下部砂砾层,厚度变化大,从数米至上百米,无生物化石,与下伏上新统临夏组或中新统咸水河组呈角度不整合;上部是砾石、泥砂层,含 *Myospalax* sp. 等哺乳动物化石和大量腹足类化石。兰州地区下更新统黄土状土,厚度可达 98m(兰州九州台)。

陇东盆地六盘山东麓发育灰黑色砾岩或半胶结的砂砾石洪积层,厚度不大。清水河及支流河谷中,发育下更新统冲洪积层,上部为棕黄色亚砂土、亚粘土;下部为浅黄色细砂,杂色粘土及砾石层,夹石膏块,厚度变化较大,由数十米至 200 多米,且西侧厚度大于东侧,中部厚度大于南、北两端。河谷中部发育冲积层,为棕黄色砂质粘土和灰褐色砾石层,厚 10m,与下伏第三系呈不整合接触。西华山、南华山、崛嵎山等山麓地带堆积厚度不大的灰褐色砾岩夹砂岩层的洪积层。除河谷及山前地带发育冲积层及洪积层之外,盆地的广大区域内,发育厚度较大的黄土状土,组成黄土塬下部的系早更新世黄土。如在平凉地区为一组黄土状亚粘土层与钙质结核层互层的地层,其底部有厚 1m 左右的混杂带。总厚 70 余米,与上新统红色土假整合接触。在西峰地区则为浅棕色黄土状土和浅红色土互层,黄土状土中含有铁、锰质斑点和钙质结核,厚亦约 70 余米。与下伏上新统红色土亦为假整合接触(图 1)。盆地低洼处,如庆阳西峰巴家嘴水库附近,发育下更新统河湖相灰白色砂砾层和棕黄色泥岩堆积,含巴家嘴动物群化石: *Equus sanmeniensis*(三门马), *Proboscidi-
parion* cf. *sinensis*(似中国长鼻三趾马), *Hyaena* cf. *Licenti*(桑氏鬣狗), *Sus* sp.(野猪), *Cervus* sp.(鹿), *Gazella* cf. *sinensis*(中国羚羊), *Bison palaeosinensis*(中国古野牛), *Megan-
tereon* sp.(剑齿虎)等,厚数十米,与下伏下白垩统志丹群呈角度不整合接触。其上则被中更新统黄土覆盖。庆阳合水与该相当的层位中还含有黄河象动物群化石: *Stegodon
huanghoensis*(黄河剑齿象), *Equus* sp.(马), *Proboscidi-
parion* sp.(长鼻三趾马), *Gazella* sp.(羚羊)等。

陕北盆地下更新统零星出露。按成因类型基本上分为两大类。一类以冲湖积为主的砂砾、粘土层,称三门组;另一类以坡洪积为主的黄土状土,即所谓的“午城黄土”。前者主要出露于河谷地带,后者广布于陕北盆地北纬 36°以南的黄土塬地区,组成塬的下部地层。盆地北部无定河流域下更新统为冲积的棕红色亚粘土,夹砂层或砾石透镜体。子长地区的支谷中,厚 5—20m。吴堡地区的下更新统组成黄河Ⅵ、Ⅶ级阶地,下部为灰黄、棕黄色砂卵石层;上部为黄土状亚砂土、亚粘土层,厚 6—25m。洛河河谷地带断断续续发育冲湖积层或湖积层。洛河上游吴旗东南土佛寺一带,下更新统为厚达百米的湖相层。上部是褐

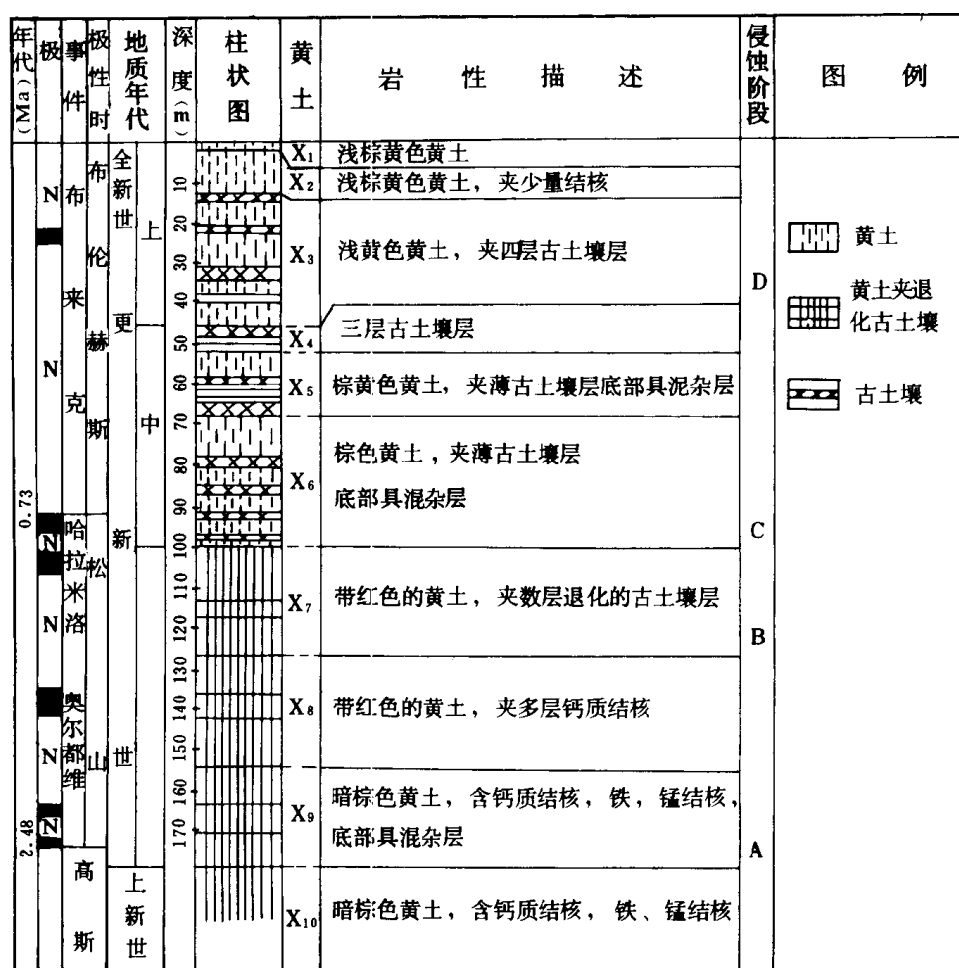


图1 甘肃西峰附近黄土地层综合剖面图
(据张宗祜剖面改编)

色均匀块状亚粘土,夹薄层青灰色亚粘土层;中部是青灰、灰白色泥灰质粘土夹黄棕色亚粘土;下部是褐红色粘土和灰白色粘土互层;底部为褐色粘土层中夹四层浅红色粘土层;最底部为混杂带。湖相层中含腹足类化石:*Gyraulus* sp. (小旋螺),*Radix* sp. (萝卜螺),介形虫化石:*Limnocytherea* (湖华介),*Ilyocypris* (土星介)。类似剖面在洛河中、下游地区也有所见,地层中含有石膏晶体,厚数十米。北山南麓铜川、白水、澄城县一线,发育桔黄、棕红色重亚粘土夹钙质结核层,底部为砂砾石层,属冲、洪积成因,厚十余米至数十米。铜川市灰堆坡还含有哺乳动物化石:*Equus* sp. (马),*Cervus* sp. (鹿),*Gazella* cf. *sinensis* (中国羚羊),*Bison* cf. *palaeosinensis* (中国古野牛)等。盆地西部千河和泾河流域发育下更新统冲洪积灰色砂砾粘土层,厚3—20m。北纬36°以南,即现今洛川塬分布区,塬的下部为下更新统黄土状土。洛川黑木沟下更新统黄土顶部和中、下部含有十五层埋藏古土壤层,中、上部和底部的黄土中又含十多层碳酸盐结核层,厚约45m,洛川钻孔中也见有类似剖面。含哺乳动物化石:*Allocrietus ehiki schaub* (艾克氏异仓鼠),*Kowalskia yananica* (延安科氏仓鼠),*Myospalax omegodon* (奥米加鼯鼠),*M. hsuchiapinensis* (许家坪鼯鼠),*M. chaoyatschi* (赵氏鼯鼠),*M. fontamien* (中华鼯鼠)等。腹足类化石:*Chthaica pulveratrix* (粉华蜗牛),