

## 晋陕蒙交界地区晚第三纪沉积特征与地貌演化

李长江

(北京大学环境学院, 北京 100871)

**摘要:** 黄河中游晋陕蒙地区分布着大量以红色黏土为主的晚第三纪沉积。作者对晋陕蒙交界地带进行了大量的野外考察。在对研究区进行了地貌分区的基础上, 探讨了研究区的地貌演化特征, 并进行了研究区的晚第三纪地层对比。研究发现该区晚第三纪沉积受沉积时地貌部位、沉积过程等影响, 沉积物类型多样, 分布复杂。其中晚第三纪的河流相砾石的分布为研究本区古水系发育历史提供了一些证据。

**关键词:** 地貌演化; 晚第三纪沉积类型; 古水系

**中图分类号:** P534.61

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1005-3409(2003)03-0120-05

## Neogene Sediments and Geomorphic Evolution in the Border Area Between Shanxi, Shaanxi and Inner Mongolia

LI Chang-jiang

(College of Environmental Sciences, Peking University, Beijing 100871, China)

**Abstract:** The neogene sediments were widely distributed in the border area between Shanxi, Shaanxi and Inner Mongolia of north China which located in the middle reaches of the Yellow River. The sketchy geomorphic map of the region was drawn based on the field investigation. The geomorphic evolution was discussed based on the sedimentary features and the correlation of the Late Cenozoic strata. The facies and the thickness of the neogene sediments are very different in different places. The neogene alluvial gravels provides an important evidence for restructuring the evolution of the river system.

**Key words:** geomorphic evolution; the features of the neogene sediments; the evolution of the river system

### 1 引言

位于黄河中游的晋陕蒙交界地区, 西临毛乌素沙漠, 东侧与娄烦县北侧的吕梁山支接壤, 黄河河曲-黑峪口段自北而南穿越其中。这里大量的晚第三纪沉积为我国北方晚第三纪的研究提供了理想的场所。师丹斯基工作过地点保德冀家沟和府谷老高川剖面都位于本区。自20世纪20年代师丹斯基在此开展工作并于保德冀家沟提出“保德红土”后<sup>[14]</sup>, 对这一地区进行研究者甚少。一直到90年代, 一些学者在地层、古地磁、古气候等方面开展了一系列研究工作<sup>[4, 11, 12]</sup>。但是这一地区晚第三纪地层的空间分布以及地貌特征等问题前人尚未曾探究。笔者通过多次野外考察, 并进行了一系列室内样品分析工作, 试图对研究区地貌特征、晚第三纪地层的沉积特征、沉积类型以及沉积物空间分布等问题进行探讨。

### 2 区域地貌概况

晋陕蒙交界地区地处吕梁山以西, 毛乌素沙漠以东, 本区在构造上可分为两部分, 大致平行黄河走向偏关-韩家楼-温泉一线以西属于鄂尔多斯断块东缘部分。以东主要为属于吕梁断块西北的一个小型断块——偏关神池断块。晚新生代以来, 该断块相对吕梁断块大部分地区而言, 呈断陷趋势。因此, 全区地形上相对东侧吕梁山山地而言要低得多, 故整体呈现盆地地形。黄河中游河曲-裴家川口段自北而南穿越其中, 两侧发育了多条一级支流。北东向构造为该区的主要构造。在神池县以南, 成组分布的北东向断裂构成偏关-神池断块和吕梁断块山地的分界。断块南缘新构造活动较明显, 沿南缘神池—五寨—苛岚一线, 有北东、北北东、东西向的断裂。晚新生代以来, 其北侧下陷, 形成三角形的五寨断陷小盆地。更新世以来沉积了大量黄土, 形成现在的小黄土塬。

收稿日期: 2003-04-25

基金项目: 国家自然科学基金(批准号: 40271013)资助项目; 教育部高等学校博士学科点专项科研基金(批准号: 99000149)资助项目。

作者简介: 李长江(1976-), 男, 黑龙江人, 在读硕士生, 地貌与第四纪地质学。

盆地内水系的分布反映了构造和地貌演化的特征。黄河的干流平行且临近吕梁断块与鄂尔多斯断块构造线,除了受大区域构造活动影响外,区域的构造活动更能很好的解释黄河水系发育的特征,因为构造线附近岩石往往容易破碎,使得河流容易下切。黄河以西地形北西向横向凸起,各支流分别自

凸起流向两侧地势较低地区(黄河及孤山川、窟野河)。而黄河以东受吕梁山影响,地势东高西低,各支流沿倾斜面流入黄河。水系的继承性发展,使得地势起伏加大,水系空间展布形态趋于稳定。

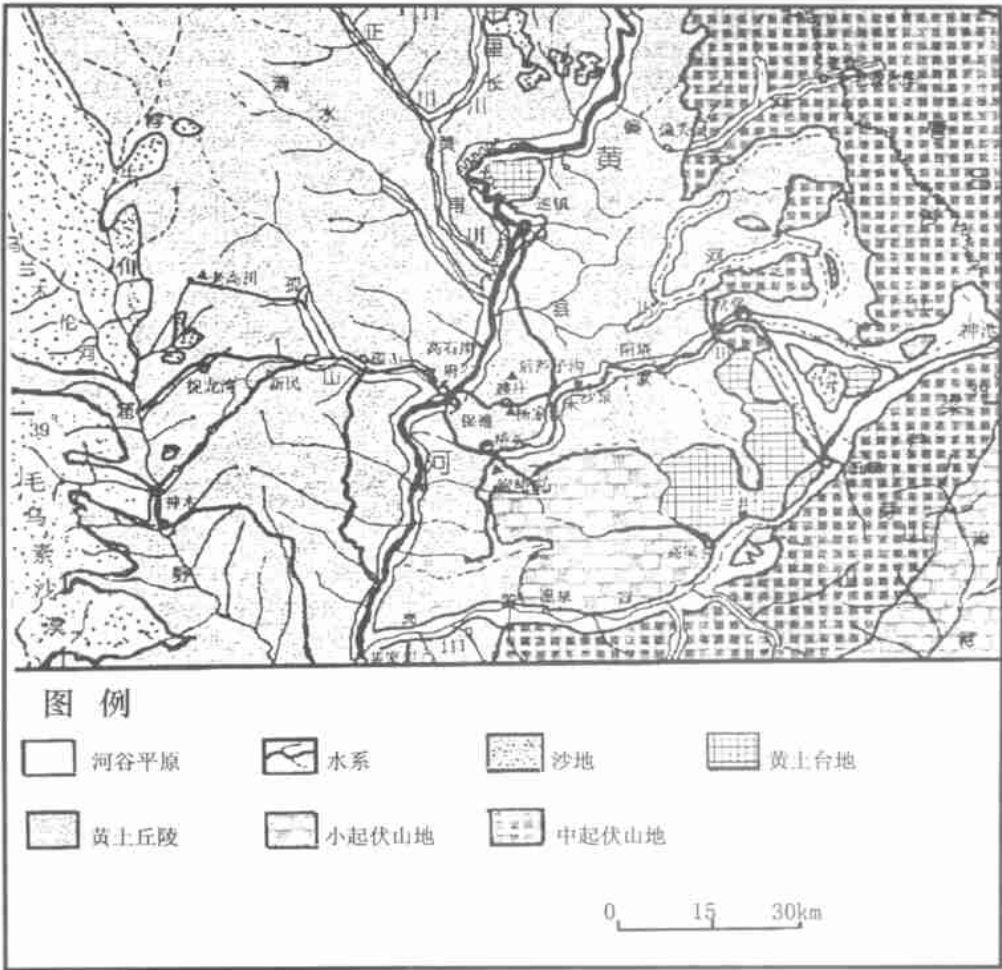


图 1 晋陕蒙交界地区地貌略图

本区地貌类型多样,可分为黄土地貌、流水地貌、山地和沙地(图 1)。西部的毛乌素沙漠过去主要为新月型沙丘和新月型沙丘链,现在部分地区绿化已经很好,东部的吕梁山为侵蚀山地,可分为小起伏山地和中起伏山地两种类型,区内的管涔山,宁静向斜两翼的芦芽山,主要为裸露的震旦、寒武、奥陶系灰岩、石英岩组成的中高山。基底或两翼有片麻岩及火山岩出露。属于断块山地,山势陡峻。标高为 1 500~2 500 m,山脊狭窄,山峰尖锐,地表堆积物薄而少见,区内 V 型沟谷发育,无地表径流。宁静向斜轴部的芦芽山,为灰岩和侏罗系的砂岩组成,山岭平缓,山顶浑圆。

本区冲积平原可分为河谷冲积平原和山前倾斜冲积平原,河谷冲积平原主要分布在区内黄河及其一级支流沿河地带,由冲积物质组成,地面平坦。山前倾斜冲积平原主要发育在五寨二道河盆地周边地带,由许多较大的洪积扇衔接而成,地面坡降 3~5°,向中心盆地倾斜。由扇顶至扇前缘一般

高差 50~150 m,颗粒由粗变细,与河谷冲积平原过渡界限不明显,前缘常有泉水溢出,切割现象少见,冲沟不发育。五寨西北部还有剥蚀丘陵发育。

本区地貌以具基岩基座的黄土丘陵为主,主要分布在神池、五寨、岢岚、河曲、偏关、保德、府谷和神木大部分地区,海拔约 1 300~1 600 m。晚第三纪地层沉积前的基岩地面起伏较小,而晚第三纪以来的区域新构造运动抬升和河流的下切,加剧了本区基岩面的起伏。在黄河一级支流上游大致高出河谷谷底 100 m 左右,如黄河东岸孤山川上游新民附近地区基岩面高程为海拔 1 200 m,比其河谷谷底高出 120 m,黄河西岸朱家川中游沙泉附近地区基岩顶面海拔 1 310 m,比其河谷谷底高出 145 m;在黄河干流段及其一级支流入河口附近一般高出河谷 200 m 以上,如保德县焦煤厂附近地区黄河河谷海拔 810 m,其河岸最高基岩顶面海拔 1 015 m。基岩之上由晚第三纪以红黏土为主和第四纪以黄土为主的沉积

地层组成。不同地点由于侵蚀和沉积过程的不同,晚新生代地层的连续性、沉积类型和厚度都存在明显差异。黄土丘陵顶部呈波状起伏,其间沟谷深切,切割深度一般达 100~ 250 m,使得地形十分崎岖。

3 区域晚第三纪沉积特征与地层对比

3.1 区域晚第三纪沉积特征

研究区地形以具基岩基座的黄土梁、峁为主。除五寨小盆地及其附近地区外,黄河及其一级支流都已切入基岩,全部晚新生界都已经暴露出来,对研究工作极其有利。由于不同地点的晚新生代地层的连续性、沉积类型和沉积厚度都存在明显差异,因此分别以黄河西侧与黄河相距较远的府谷县老高川剖面(39°12'N, 110°31'E)和东侧的距离黄河较近的保德县桥头乡炭峪沟剖面(38°53'N, 111°08'E)以及保德县腰庄乡杨家沟剖面(38°59'N, 111°08'E)作为代表性剖面,对本区的晚第三纪沉积特征加以介绍。

3.1.1 老高川剖面

老高川剖面位于陕西省府谷县老高川乡的王大夫梁,东距黄河 100 km 左右。该区地形为具基岩基座的黄土梁。黄土梁顶部有数十米至百多米的中晚更新世黄土,黄土与底部基岩之间可见数十米厚的晚第三纪沉积。所研究剖面的整个晚第三纪沉积厚 66.6 m,上部约 10 m 为鲜红色、褐红色粉砂质黏土、黏土,其表面具铁锰质胶膜,黏土中含大量零散分布的钙质结核,钙结核个体较大。根据静乐组颜色鲜亮的明显特征和前人分析结果<sup>[3]</sup>,确定其地层时代为晚第三纪静乐组。前人曾对府谷老高川剖面进行古地磁研究,结果表明该段沉积的时代为 5.3~ 4.36 Ma(张云翔等, 1995),表明该地静乐组地层只包括了静乐组的下部,静乐组上部可能因后期剥蚀而未出现。晚第三纪沉积的下部厚约 56 m,沉积层颜色以棕红色调为主,可分为二大部分:底部 4.6 m 为棕色砂砾石层与钙结核;上部 52 m 为棕红色砂质黏土夹钙结核,部分

层位具水平层理。整个保德组沉积含 36 层钙结核。通过野外实地剖面观察,结合前人研究结果,可确定其地层时代为晚第三纪保德组。该地区与师丹斯基在 1923 年对“保德红土”进行命名的标准地点保德冀家沟<sup>[14]</sup>地区地层的结构特征一致,甚至厚度也彼此相似,可以直接对比(张云翔 1997)。陝西府古老高川剖面的古地磁测量结果表明,该段沉积的绝对年龄为 7.4~ 5.36 Ma(张云翔等, 1995)。

前人对保德县路家沟上第三系中新统保德组地层剖面进行了研究<sup>[14]</sup>,该剖面厚 68.2 m,岩性可明显分为 3 部分:底部为砂砾石层;中部棕黄色和浅棕红色黏土、层状钙质结核,夹灰绿色黏土、灰白和棕黄色泥灰岩、淡水灰岩,及少量粉砂、砂岩、粗砂透镜体,含有较丰富的哺乳类动物化石,上部为棕红色黏土与棕黄色钙结核互层。可见路家沟与老高川底部都有砾石层,只是老高川保德组上部岩性分层不明显。

3.1.2 杨家沟剖面

杨家沟剖面位于山西省保德县腰庄乡东南部,距离黄河约 10 km,该区地形为具基岩基座的黄土梁。黄土梁顶部有厚达数十米厚的中晚更新世黄土,黄土与底部基岩之间可见数十米厚的晚第三纪沉积。所研究剖面整个晚第三纪剖面经实测厚 64.5 m。顶部约 7.1 m 颜色较红,且含铁锰膜,结合层位,可推断为静乐组。下部 57.4 m 为保德组,含 36 层钙结核。该区保德组可分为三部分,底部 11.4 m 为深红色含铁锰膜黏土,夹 5~ 6 层钙结核,中部 30 m 为棕红色粉砂质黏土与钙结核互层,部分层位具水平层理,并夹 3 层砾石层。上部 14 m 为棕红色黏土夹多层钙结核。该区保德组与保德县路家沟保德组分类基本一致,可以直接对。

3.1.3 炭峪沟剖面

炭峪沟剖面位于山西省保德县桥头乡东南部,距离黄河 15 km 左右,该区地形为具基岩基座的黄土梁。黄土梁顶部有厚达数十米的更新世黄土,黄土与底部基岩之间可见数十米至百米厚的晚第三纪沉积。整个剖面地层如下:

表 1 剖面地层特点

序号	特 点	厚度/m
1	上部棕红黏土夹 3 层钙结核;下部为夹含钙结核的黄土,黄土裂隙发育	9.1
2	深红黏土,夹 9 层钙结核,中部夹一层 60 cm 暗棕红黏土	14.6
3	红色黏土夹 3 层钙结核	4.23
4	巨厚深红黏土,夹 5 层钙结核。底部含有一巨厚钙结核,厚度可达 1 m,钙质纯	23.65
5	棕色黏土、棕红色黏土与钙结核互层。钙结核共 5 条,钙质纯。中下部可见绿色水平层理	8.8
6	棕红、深棕红色黏土。中上部夹一层质特纯钙结核;中下部夹一 15 cm 水平钙板,板状钙结核棕红色,质纯	4.85
7	上部灰色砾石层;下部棕红色砂质钙板,可见水平层理	0.3~0.8
8	上部具水平层理棕红色黏土,夹 2~ 3 层薄而质地不纯钙结核;下部棕红色黏土,黏土底部有一层厚 15 cm 的钙板	3.17
9	棕红黏土夹 9 层棕红色钙结核,中下部 2 条钙结核略带灰绿色	9.3
10	具水平层理的棕红色黏土。顶部和底部各有一厚约 30 cm 的红色黏土;中部夹一层钙质不纯的钙结核,其下部有一薄层钙板	4.3
11	棕红黏土夹 4 层钙结核。顶部为棕红色砂砾石层和水平层理发育的棕红色粉砂质黏土,砾石砾径小	6
12	含铁锰膜棕红色、红色黏土,中部夹多层钙结核(至少 6 层),部分红黏土具水平层理且钙质胶结。在附近可相变为巨厚灰色砾石层,砾石直径小,含少量直径 5~ 10 cm 大砾石	10.75

(灰绿色)基岩。

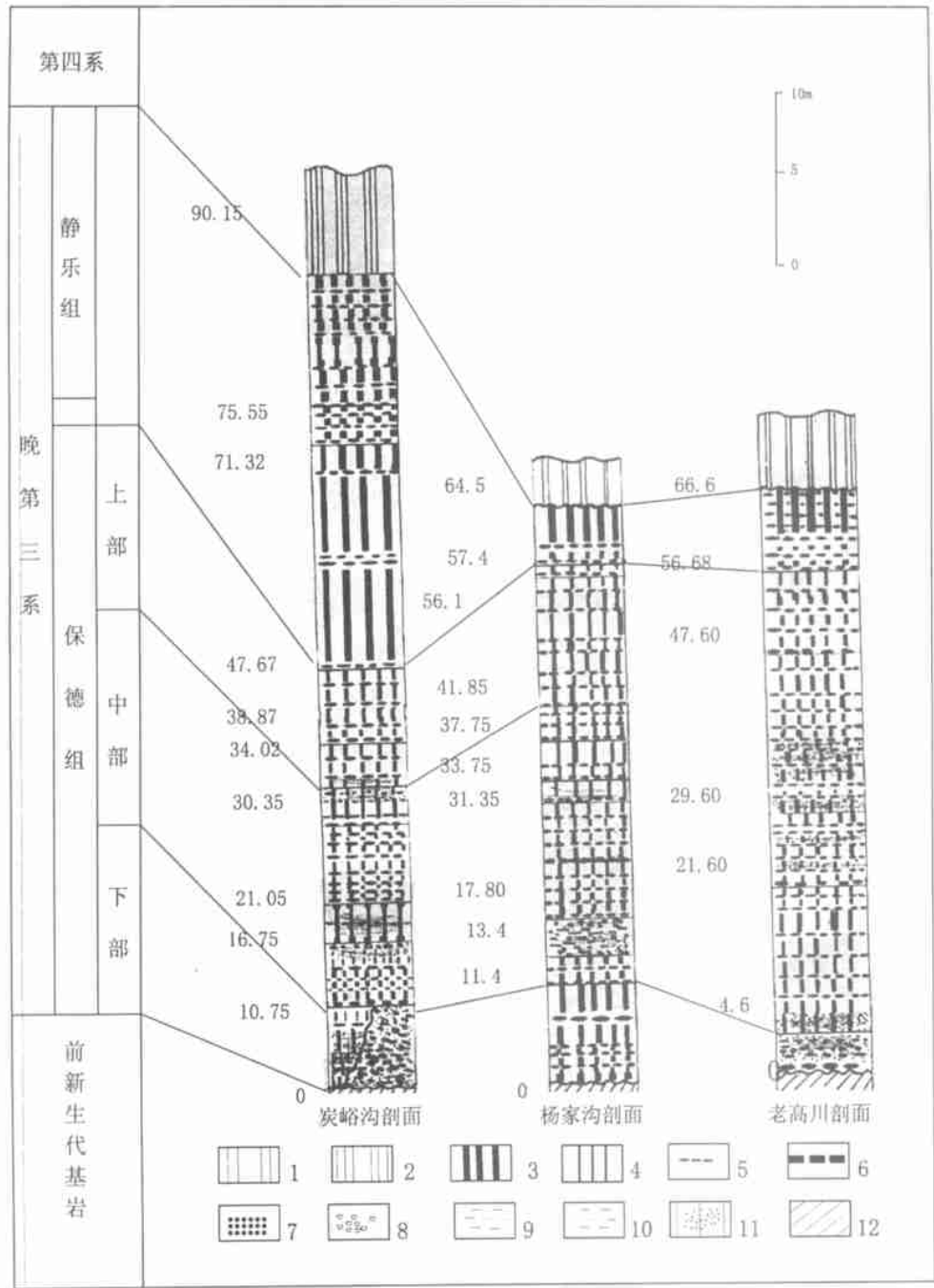
根据岩性和层位推断顶部 9.1 m 为午城黄土,其余部分为晚第三系。该区晚第三纪剖面厚 90.2 m,可分为上下两部分,上部 42.5 m,土色明显鲜红,为静乐组,含 17 层钙结核。底部 47.7 m 颜色棕红,由岩性和层位可知为保德组,含 35 层钙结核。保德组可再分为 3 部分:底部 10.7 m 为砂砾石层

夹棕红黏土;中部 24 m 板状、层状钙结核与水平层理钙质胶结浅棕红黏土互层,夹 2 层砾石层;上部 10 m 为棕红色黏土与棕黄色钙结核互层,可与路家沟或杨家沟直接对比。

3.2 区域晚第三纪地层对比

通过层位和岩性组合,对所选剖面进行对比(图 2)。钙结

核作为该区晚第三纪特殊岩性, 因其形成与区域气候状态关系密切, 故根据其作用结果的区域一致性或相似性<sup>[3]</sup>, 可以作为地层对比重要依据之一。另外, 保德组和静乐组岩性的明显差别以及保德组在该区可分成 3 部分的特点, 也有助于进行地层对比。



1. 离石黄土 2 午城黄土 3 深红色黏土 4 棕红色黏土 5 钙结核层 6 板状钙结核  
7. 粉砂 8 砾石层 9 水平层理灰绿色黏土 10 粉砂质黏土 11 水平层理棕红黏土 12 基岩

图 2 晋陕蒙地区晚第三纪地层关系剖面地比

研究区内保德组属于最早的晚新生代沉积。中新世晚期, 普遍发育保德组。其中杨家沟剖面 and 老高川剖面都含有 36 层钙结核, 且厚度相当, 说明可能为连续沉积。而炭峪沟剖面含 35 层钙结核, 可能为钙质不纯而分层模糊所致。其地层厚度比其它两处薄约 10 m, 但考虑结核形成气候状态具有区域性特征, 因此其作用的结果也会有大面积的一致性

或相似性<sup>[3]</sup>, 推测炭峪沟剖面保德组可能为连续堆积, 地层厚度小可能为沉积时地貌部位和沉积物物质组成所影响。晚中新世早期, 研究区保德组开始沉积。沉积了一套厚 5~ 10 m 的见于基岩之上的灰色砾石层。砾石成分以石灰岩为主, 分选和磨圆较好, 砾石直径一般不超过 10 cm, 有的地区已经胶结。砾石为典型的河流相沉积。部分地区相变为夹多层

钙结核的深红色含铁锰膜红黏土(如炭峪沟)。有的地区沉积深红色富含铁锰膜黏土。这套砾岩沿现代黄河一级支流冲沟断续分布,根据砾石的分布和产状所反映的古水流来看,当时的水流基本与现在一致。这一套砾石层所反映的古水系特征,对于研究该区水系的演化有重要意义。晚中新世晚期,杨家沟地区为棕色砂质黏土与红黏土,砾石层较多,且含化石层。老高川地区基本无砾石层。而炭峪沟地区含砾石层比杨家沟地区少。主要是棕红黏土与红黏土,也含化石层。砾石层上部主要是棕红色、黄红色砂质、粉砂质黏土,夹多层钙结核,厚度大约 40 m,在杨家沟和老高川地区可达到 50 多 m。各地区厚度主要受沉积时地貌部位影响而产生差异。上新世时期,深红黏土(静乐组)厚度分布极为不均匀,很多地方被剥蚀,其中炭峪沟最全,厚 40 余 m,其次为杨家沟和老高川,厚 7~10 m,上新世晚期基本都未见砾石层。炭峪沟静乐组厚度可达 43 m,为研究区静乐组厚度最大的地点。因老高川静乐组上部缺失,鉴于炭峪沟剖面静乐组完整性好,如能做古地磁研究,将对研究该区晚第三纪沉积有重要意义。

#### 4 区域地貌演化史

上中新统沉积以前的基岩面即为盆地中的黄土丘陵的基岩基座面。该基岩面起伏不大,整体上基岩面因构造起伏由两侧向黄河逐渐降低。因东西两侧距离较大,导致中部分别比靠近吕梁山一侧低 200 m 左右,比西侧最高处低 100 m 左右。晚中新世以来的新构造运动(包括盆地内的一些断裂活动)加剧了基岩面的起伏。

晚第三纪初,喜马拉雅运动第二幕北东向挤压加速了北西向的拉张活动,研究区开始形成盆地。进入中新世晚期,盆地开始接受沉积。研究区内普遍沉积了一套厚 5~10 m 的冲积相砾石层(部分已胶结),有的地方相变为一套深红色含铁锰膜的并夹多层钙结核的红黏土。厚度大致与砾石厚度相当。说明晚中新世早期,气候出现短暂的湿润,水系发育,从砾石分布来看,基本与现代水系一致。说明中新世晚期已经有了现代水系的雏形。

晚中新世晚期至中新世末,盆地进一步拗陷,堆积了保德组中上部的一套棕红色夹多层钙结核黏土、粉砂质黏土。各地厚度差异不大,府谷老高川地区、保德桥头公社一带最厚可达 40 m 左右,黄河干流两岸及一级支沟两岸均可见出露。此时地面相对比较平坦,河流继续发育。近河谷地区以棕红色砂质黏土沉积为主,河间地沉积了以风成棕红色粉砂质黏土为主的沉积。构成大面积的具有基岩基座的由含砾石和层状钙结核的红黏土组成的塬状和梁状地形。上新世早期,在保德组沉积基础上,继续沉积了静乐组,静乐组沉积厚度差异很大,保德桥头地区炭峪沟剖面可见 43 m 之厚。而附近杨家沟只可见大约 7 m 的沉积,老高川地区只可见大约 10 m 的沉积。由前人分析结果<sup>[4]</sup>和剖面观察可知,上述地区保德组和静乐组为连续沉积。

进入早更新世,开始沉积午城黄土,午城黄土分布不广,只在一些横切黄土梁的冲沟中出露,厚度也不大。早更新世开始,盆地转为上升而遭受下切,至中更新世初,下切的深度

已经接近或超过晚新生代沉积的底面,许多地区沉积的静乐组被剥蚀,有的地方已经切入基岩,地势起伏加大,形成起伏的梁状地形。

中更新世和晚更新世,原来的梁状地形顶部和斜坡上都沉积了离石黄土和马兰黄土,它们覆盖极广,中、上中更新统黄土沉积,使原来和缓的梁状地形的高度增加了 50 m 以上,而同时河谷下切深度加大,因而形成了今日所见的丘陵沟壑地形。

#### 5 结论与讨论

(1) 本区地貌类型多样,可分为黄土地貌、流水地貌、山地和沙地。主要地貌类型为具基岩基座的黄土丘陵,主要分布在神池、五寨、岢岚、河曲、偏关、保德、府谷和神木大部分地区。晚第三纪地层沉积前的基岩地面比较平坦,基岩之上由晚第三纪以红黏土为主和第四纪以黄土为主的沉积地层组成。不同地点由于侵蚀和沉积过程的不同,晚新生代地层的连续性、沉积类型和厚度都存在明显差异。研究区最西部地貌以沙地为主。最东部为吕梁山,可分为小起伏山地和中起伏山地两种类型。区内的管涔山,宁静向斜两翼的芦芽山,主要为裸露的震旦、寒武、奥陶系灰岩、石英岩组成的中高山。基底或两翼有片麻岩及火山岩出露。本区冲积平原可分为河谷冲积平原和山前倾斜冲积平原,河谷冲积平原主要分布在区内黄河及其一级支流沿河地带,由冲积物质组成,地面平坦。山前倾斜冲积平原主要发育在五寨二道河盆地周边地带,由许多较大的洪积扇衔接而成。

(2) 本区晚第三纪沉积类型为晚中新世保德组沉积和上新世静乐组沉积。研究区保德组可以分为三部分:底部为厚 5~10 m 灰色砾石层(有的地区相变为深红色含铁锰膜黏土),这套砾岩沿现代黄河一级支流冲沟断续分布,根据砾石的分布和产状所反映的古水流来看,当时的水流基本与现在一致。这一套砾石层所反映的古水系特征,对于研究该区水系的演化有重要意义。中部棕黄色和浅棕红色黏土、层状钙质结核,上部为棕红色黏土与棕黄色钙结核互层。晚中新世晚期,杨家沟地区为棕色砂质黏土与红黏土,砾石层较多,且含化石层。老高川地区基本无砾石层。而炭峪沟地区含砾石层比杨家沟地区少。主要是棕红黏土与红黏土,也含化石层。砾石层上部主要是棕红色、黄红色砂质、粉砂质黏土,夹多层钙结核,厚度大约 40 m,在杨家沟和老高川地区可达到 50 多 m。各地区厚度主要受沉积时地貌部位影响而产生差异。上新世时期,在保德组沉积基础上,整合沉积了静乐组。静乐组整体呈鲜红色。静乐组厚度分布极为不均匀,很多地方被剥蚀。上新世晚期基本都未见砾石层。

(3) 上中新统沉积以前的基岩面即为盆地中的黄土丘陵的基岩基座面。该基岩面起伏不大,整体上基岩面因构造起伏由两侧向黄河逐渐降低。晚中新世以来的新构造运动(包括盆地内的一些断裂活动)加剧了基岩面的起伏。晚第三纪初,研究区开始形成盆地。进入中新世晚期,盆地开始接受沉积。研究区内普遍沉积了一套厚 5~10 m 的冲积相砾石层

(下转第 129 页)

关重要的。这是因为以岩土体为实体和主体的工程地质环境受动力地质作用等地质灾害的影响或潜在危害时, 有时会从根本上动摇岩土体作为建筑物地基基础的土工能力的基本功能。稳定性和地质灾害的关系密切, 因而也就成为土地利用控制的重要依据之一。城市工程地质环境属性中的稳定性分析和应获结果, 本质上接近于城市地质灾害的判别分析过程和所获得的结论。只是后者应更直接的结合土地利用信息进行, 旨在获取灾害造成的损失风险信息。

工程地质环境稳定性 (Stability of Engineering Geological Environment, 简称 SEGE) 作为工程地质环境质量的综合评价指标, 其表达式为  $SEGE = f(S_c, S_g, S_m)$ , 式中 SEGE——建设地区工程地质环境稳定性;  $S_c$ ——区域地壳稳定性;  $S_g$ ——建设地区地壳稳定性;  $S_m$ ——工程场址岩土体稳定<sup>[1]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 李树德. 环境工程地质分区及工程地质环境综合评价[M]. 北京: 海洋出版社, 1996
- [2] 戴塔根, 刘悟辉, 马国秋. 环境地质学[M]. 长沙: 中南大学出版社, 2000
- [3] 张成恭, 王思敬, 张倬元, 等. 中国工程地质学[M]. 北京: 科学出版社, 2000
- [4] 张永波. 水工环研究的现状与趋势[M]. 北京: 地质出版社, 2001
- [5] 刘起霞, 李清波, 邹剑峰. 环境工程地质[M]. 郑州: 黄河水利出版社, 2001

(上接第 124 页)

(部分已胶结), 有的地方相变为一套深红色含铁锰膜的并夹多层钙结核的红黏土。厚度大致与砾石厚度相当。晚中新世晚期至中新世末, 盆地进一步拗陷, 堆积了保德组中上部的一套棕红色夹多层钙结核黏土、粉砂质黏土。黄河干流两岸及一级支沟两岸均可见出露。地貌为大面积的具有基岩基座的由含砾石和层状钙结核的红黏土组成的塬状和梁状地形。上新世早期, 在保德组沉积基础上, 继续沉积了静乐组, 静乐组沉积厚度差异很大, 从数米到数十米不等。进入早更新世,

综上, 在城市环境工程地质评价中要注意社会性、经济性和生态环境等三个方面。

(1) 社会性目标——工程的稳定性与安全性。工程的稳定性和安全性是工程成功的基本要求, 要在工程寿命期内保证工程的绝对安全, 这是对社会公众负责的基准。自然, 影响工程稳定性的因素是多方面的, 这里强调的是地基以及地质环境条件。

(2) 经济目标——工程效益。较好的工程效益是工程建设的功能目标, 它应包括经济和使用价值等方面的内容。

(3) 生态学目标——生态环境的影响与协调。工程完成后应成为自然环境的组成部分, 不能破坏原有的生态环境, 甚至改善原生态环境, 促使环境向和谐的方向发展。

事实上, 上述三个方面的目标是相互关联、相互制约的, 应针对具体工程及环境具体分析。

开始沉积午城黄土, 午城黄土分布不广, 厚度也不大, 只是一些横切黄土梁的冲沟中出露。早更新世开始, 盆地转为上升而遭受下切, 至中更新世初, 下切的深度已经接近或超过晚新生代沉积的底面, 许多地区沉积的静乐组被剥蚀, 有的地方已经切入基岩, 地势起伏加大, 形成起伏的梁状地形。中更新世和晚更新世, 原来的梁状地形顶部和斜坡上都沉积了离石黄土和木兰黄土, 它们覆盖极广, 中、上中更新统黄土沉积, 使原来和缓的梁状地形的高度增加了 50 m 以上, 而同时河谷下切深度加大, 因而形成了今日所见的丘陵沟壑地形。

#### 参考文献:

- [1] 孙东怀, 刘东生, 陈明扬, 等. 中国黄土高原红黏土序列的磁性地层与气候变化[J]. 中国科学(D 辑), 1997, 27(3): 265-270
- [2] 丁仲礼, 孙继敏, 朱日祥, 等. 黄土高原红黏土成因及上新世北方干旱化问题[J]. 第四纪研究, 1997(2): 147-157
- [3] 张云翔, 等. 中国北部新第三纪红层划分的岩石学标志及其意义[J]. 地层学杂志, 1997, 21(1): 63-67
- [4] 张云翔, 等. 陕西府谷老高川新第三纪“红层”的划分与时代[J]. 地层学杂志, 1995, 19(3): 214-219
- [5] 张云翔, 等. 陕西北部三趾马红黏土的形成环境[J]. 沉积学报, 1998, 16(4): 51-54
- [6] 张云翔, 等. 黄河中游新第三纪晚期红黏土的成因类型[J]. 地层学杂志, 1998, 22(1): 10-15
- [7] 曹军骥, 等. 晚新生代红黏土的粒度分布及其指示的冬季风演[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2001, 21(3): 99-106
- [8] 岳乐平. 中国黄土与红色黏土记录的地磁记性界限及地质意义[J]. 地球物理学报, 1995, 38(3): 310-320
- [9] 丁仲礼, 等. 黄土高原红黏土成因及上新世北方干旱化问题[J]. 第四纪研究, 1997(2): 147-157
- [10] 张云翔, 薛祥煦. 甘肃武都龙家沟三趾马动物群的埋藏特征及该区红层的成因[J]. 科学通报, 1995, 40(19): 1782-1784
- [11] 薛祥煦, 张云翔, 岳乐平. 陕西府谷老高川三趾马动物群的发现及时代分期[J]. 科学通报, 1995, 40(5): 447-449
- [12] 罗静兰, 张云翔. 黄河中游三趾马红黏土的岩石学研究及古气候意义——以陕西府谷老高川三趾马红黏土剖面为例[J]. 沉积学报, 1999, 17(2): 214-220
- [13] 刘东生. 黄土与环境[M]. 北京: 科学出版社, 1985: 188-292
- [14] 山西省地质矿产局. 山西地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989