

# 内蒙古西河盆地新近纪“红土”记录的沉积环境

孙黎明 杨用彪 吴云霞 方晓峰 李路华 李耀辰 赵永峰 田立富

(石家庄经济学院工程学院, 河北 石家庄 050031)

**摘要:**笔者从岩性地层、孢粉组合、地层对比等方面,对西河盆地红层的地层时代与沉积环境,进行深入的研究和探讨并追溯其地质演化历程。本区首次发现的孢粉组合是以草本植物蒿属为优势种,松、胡桃及禾本科为次优势种的疏林灌丛草原,其中胡桃属、榆属为典型的古—新近纪属种。根据岩性特征及生物特征综合分析研究,认为西河盆地“红土”地层属于新近系上新统宝格达拉组( $N_2b$ ),地层层序类型在平面上体现出从盆地边缘到中心沉积环境由河流、冲积扇、三角洲到湖泊的变化规律。

**关键词:**西河盆地;新近纪红土;孢粉组合;沉积环境

**中图分类号:** P588.24<sup>+.1</sup>      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1000-3657(2008)04-0683-08

在中国北方广泛分布于第四纪黄土之下的红土地层,是一套十分醒目的红土沉积,其成因及形成环境受到国内外地学工作者的极大关注。内蒙古西河盆地在燕山运动之后,受喜山运动的影响,新近纪时期主要沉积了一套“红色”碎屑沉积物,是研究内蒙新生代地层的首选地区,红土沉积序列所记录的古环境演化信息及所含孢粉微体化石恢复的古生态环境,有机界与无机界互相印证所提供的古环境演化信息,具有重要的研究价值。目前,对该“红土”地层的形成时代,认识尚未统一。内蒙古地矿局 1:20 万达尔罕茂明安联合旗幅区测报告(1971)将其时代定为新近纪上新世(未分);内蒙古地矿局 1:25 万白云鄂博幅区域地质测量报告(1996)将其时代确定为白垩系下统固阳组( $K_1g$ )。为配合艾不盖、西河等 4 幅 1:5 万矿产调查,笔者于 2006 年在西河盆地测制了 5 条地质剖面(图 1),对其岩性特征及生物特征开展综合性研究,以探讨西河盆地“红土”地层的形成时代及其沉积时的环境背景。

西河盆地处于北纬 41~42°,东经 109°。地处内蒙古自治区中部,距包头市以北约 120 km,行政区划属包头市达茂联合旗,本区深居欧亚大陆腹地,属

中温带半干旱大陆性气候区,受阴山山脉阻挡,湿润的海洋气流难以深入,年均温 3.4℃,降水量少,且蒸发量大。年降水量 150~250 mm,干燥度在 2.5~3.0°以上。连同强烈的温差,是造成强烈物理风化的原因。年平均风速 4.5 m/s。区内水系以季节性河流为主,海拔在 1000~1500 m,地势南高北低,为一东西长约 40 km,南北宽 15~20 km,呈东西向延伸的新生代盆地。盆地基底由新太古界色尔腾山岩群,中元古界渣尔泰山群及下白垩统白女羊盘组、固阳组构成。据中国植被区划,现代植被属乌兰察布高原—荒漠草原区,以中亚东部荒漠草原为主,旱生的针茅、隐子草、多根葱等均为荒漠草原的建群种和优势种,强旱生小半灌木女蒿、亚菊也为优势成分和石竹、锦鸡儿等特征植物。

## 1 典型剖面描述

### 1.1 阿木斯日宝格达乌拉组( $N_2b$ )剖面

该剖面位于乌兰伊力更北约 800 m 阿木斯日河西 50 m 处,地理坐标(GPS)X.0414236 Y.4611335。剖面(图 2)自上而下描述如下:

上覆地层:第四系全新统( $Qh^a$ )

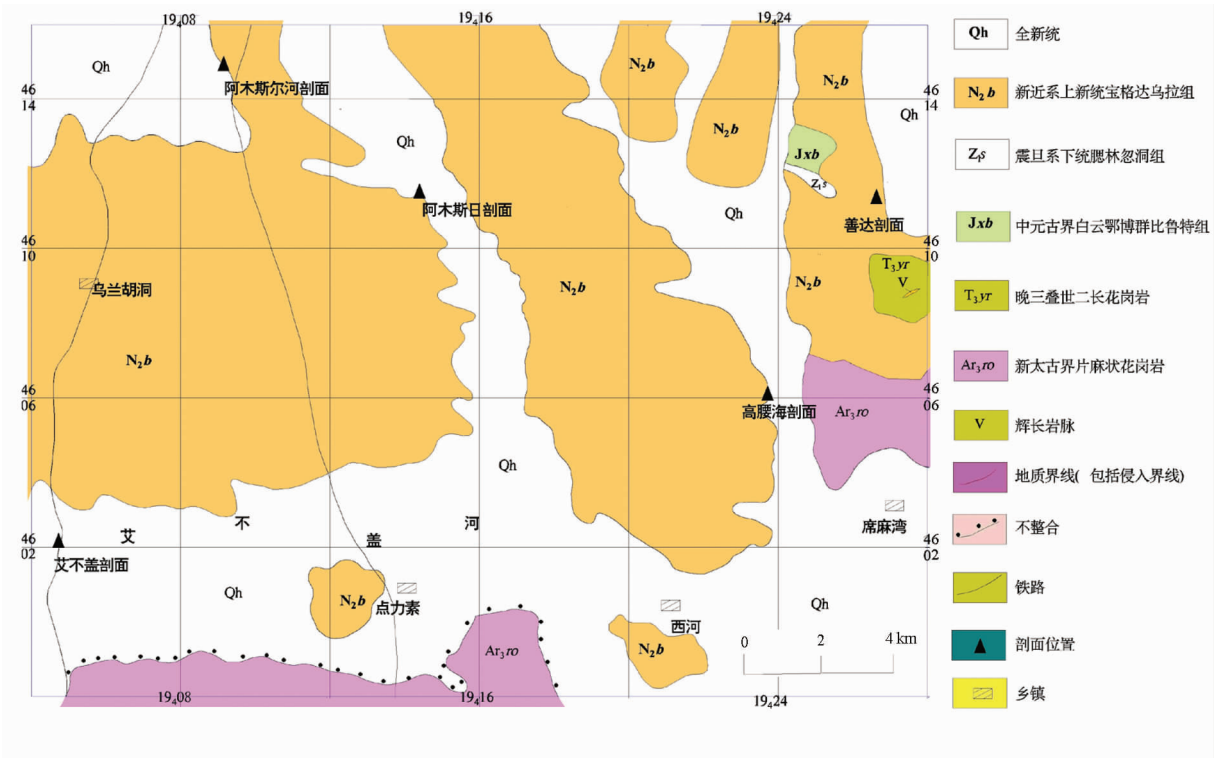


图1 西河盆地剖面位置图  
Fig.1 Section location of the Xihe basin

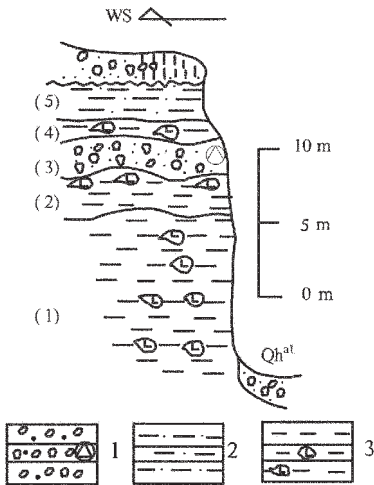


图2 阿木斯日实测剖面图  
1—含钙质结核泥岩;2—条带泥岩;3—含钙质结核及条带泥岩

Fig.2 Stratigraphic section of Amusiri  
1—Calcareous nodular mudstone;2—Banded mudstone;  
3—Calcareous nodular and banded mudstone

- 宝格达乌拉组 ( $N_2b$ )
- 5.灰黄色含砂质泥岩 3 m
- 4.灰黄色含钙质结核及条带泥岩 1 m
- 3.灰色细砂砾岩,横向不稳定,呈透镜状含孢粉 2.5 m
- 2.紫红色夹灰绿色条带泥岩,顶部含薄层钙质结核层 3 m
- 1.紫红色含钙质结核泥岩 10.0 m
- (未见底)

1.2 善达宝格达乌拉组 ( $N_2b$ ) 剖面

该剖面位于善达西南 1 km 善达至西河公路东 50 m 人工采土坑处,地理坐标(GPS)X.0426465 Y.4611192。剖面自上而下描述如下(图 3):

- 上覆地层:第四系全新统 ( $Qh^d$ )
- 冲洪积砂砾石及亚砂土 >1 m
- ~~~~~不整合~~~~~
- 宝格达乌拉组 ( $N_2b$ )
- 5.紫红色含钙质结核泥岩 1.5 m
- 4.灰色砂砾岩,横向不稳定,呈透镜状含孢粉 *Betula L*, *Artemisia L*, *Pinaceae*, *Chenopodiaceae*, *Gramineace* 2.5 m
- 3.紫红色含钙质结核泥岩,呈透镜状含孢粉 *Corylus L*, *Artemisia L*, *Lycopodiaceae*, *Gramineace* 3 m

冲洪积砂砾石及亚砂土 >1 m  
~~~~~不整合~~~~~

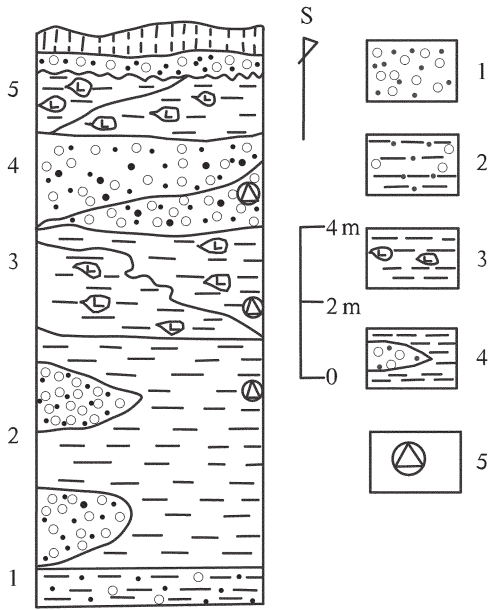


图 3 善达实测剖面图

1—砂砾岩;2—含砾砂质泥岩;3—含钙质结核泥岩;  
4—含砂砾透镜体泥岩;5—取样位置

Fig.3 Stratigraphic section of Shanda.

1—Sandy conglomerate;2—Pebbly sandy mudstone;  
3—Calcareous nodular mudstone;4—Gravelly lenticular  
mudstone;5—Sampling location

伏地层的泥砾,旋回下部为含砾中粗粒长石砂岩、砂砾岩,上部为含钙质结核泥岩、含砂质泥岩,紫红色泥岩。(2)向上变细或变粗的粒序旋回,厚 1~5m。粒序层既有正粒序也有反粒序,通常以正粒序为主。粒序层底界面为侵蚀面,其上常见下伏地层的泥砾。该粒序层经常与泥岩呈交互层产出或为泥岩的夹层出现,代表洪水事件或浅水流事件沉积。西河盆地是在白垩纪盆地基础上发展起来的山间陆相盆地,受喜山运动影响,本区开始了新近纪沉积。在洪水期或特大洪水期,盆地之间全部或部分相连的,在枯水期盆地之间则是独立的。这两种类型的米级旋回层序在纵向上相互叠置在一起,构成以下 3 种基本层序(图 4~5):

(1)向上变细变薄层序,厚 1~5 m。下部为河道相的砂砾石、含砾中粗粒长石石英砂岩沉积,上部为河漫滩相的泥岩,泥质粉砂岩,含砂质泥岩沉积。

(2)向上变粗变厚层序,厚 1~5 m。下部为泥岩,粉砂质泥岩,上部为砂砾岩,砂岩为冲积扇、三角洲相的典型相序。

(3)非旋回性沉积层序,为一套含钙质结核泥

2.紫红色泥岩夹砂砾岩透镜体含孢粉 *Corylus L.*,  
*Juglans L.*, *Lycopodiaceae* 6 m  
1.土黄色含砾粉砂质泥岩 >1 m  
(未见底)

## 2 基本地层层序

新近系上新统宝格达乌拉组(N<sub>2b</sub>)在研究区分布广泛,但多被第四系覆盖,仅在一些较深的沟谷及人工揭露区见有零星出露,产状近水平,主要岩性为紫红色泥岩,灰紫色粉砂质泥岩,灰绿色含砾中粗粒长石石英砂岩夹砾岩透镜体,紫红色钙质结核泥岩夹松散含砾粗砂岩透镜体。含钙质结核层厚约 30 cm,钙质结核形状各异、大小不一,有球状、椭球状、不规则状,粒径 3~7cm。岩性在纵横方向变化较大,相变迅速,该组不整合于不同时代的地质体之上,厚度各地不一,变化较大,岩石成岩性差,呈半固结状。

西河盆地“红土”发育两种类型的米级旋回层序(1)向上变细变薄的正韵律:韵律层一般厚 1~5 m,旋回底界面为凹凸不平的冲刷面,冲刷面上常见下

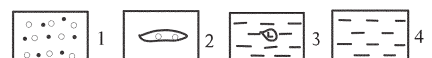
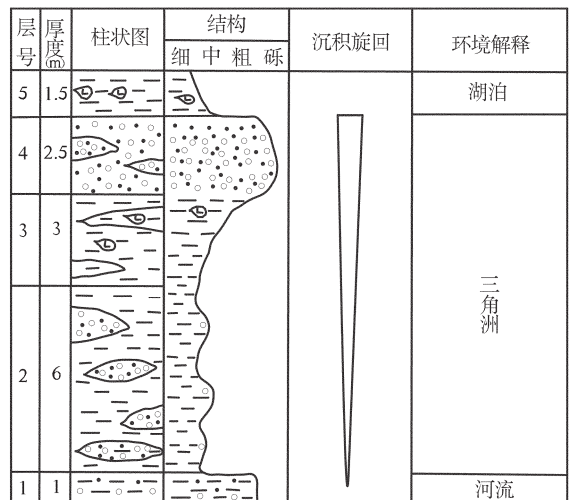


图 4 善达层序序列图

1—砂砾岩;2—砂砾岩透镜体;3—含钙质结核泥岩;4—泥岩

Fig.4 Shanda sequence.

1—Sandy conglomerate;2—Sandy conglomerate lens;  
3—Calcareous nodular mudstone;4—Mudstone

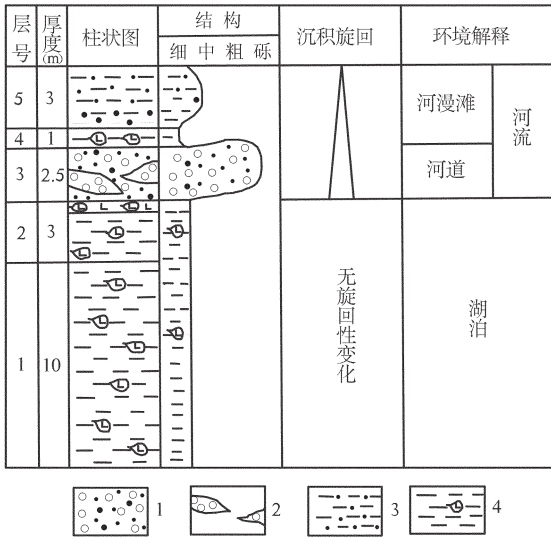


图5 阿木斯日层序列图

1—砂砾岩;2—砂砾岩透镜体;3—含砂质泥岩;  
4—含钙质结核泥岩

Fig.5 Amusiri sequence

1-Sandy conglomerate;2-Sandy conglomerate lens;  
3-Arenaceous mudstone;4-Calcareous nodular mudstone

岩。垂向上不显示任何粒度、颜色等变化。通常代表一种低能、静水的沉积环境,多为湖滩沉积。

以上3种类型层序在平面上体现出从盆地边

缘到中心沉积环境由河流,冲积扇、三角洲到湖泊的变化规律。

### 3 孢粉组合特征

中国北方古—新近纪植物区系是在泛北极中生代晚期植物地理区系基础上发展起来的,其特点是以温带植物类型为主,新近纪时,北方耐寒耐旱草本增加,常绿的被子植物大大减少<sup>[1,2,9]</sup>,说明北方气温比古近纪显著下降。受大陆性气候的影响,古气候属于温带,新近纪植物群的最大特点为喜温耐旱的植物占优势<sup>[3,4,10]</sup>,裸子植物中以松科、麻黄为主,被子植物为柔荑花序类,常见的有杨柳科、桦木科、山毛榉科、胡桃科、榆科。双子叶草本植物大发展,蓼科、毛茛科、十字花科、散形科、菊科、莎草科、禾本科;灌木有忍冬科、大戟科、鼠李科大量繁衍为特点,优以耐旱的藜科、菊科、禾本科等迅速繁盛起来。

笔者在各剖面的岩性变化带共采集了孢粉样品和介形虫样品20个,经室内分析共鉴定孢粉2079粒,包括26个科属,主要科属孢粉的百分含量见图6。

艾不盖剖面:岩性为土灰色松散沙土。003-1号样品:孢粉较丰富,孢粉组合以木本植物松属(*Pinus*)占72.6%,草本植物的蒿属(*Artemisia*)花粉占16.3%,指示了山地地貌和温和较湿的古气候环境。

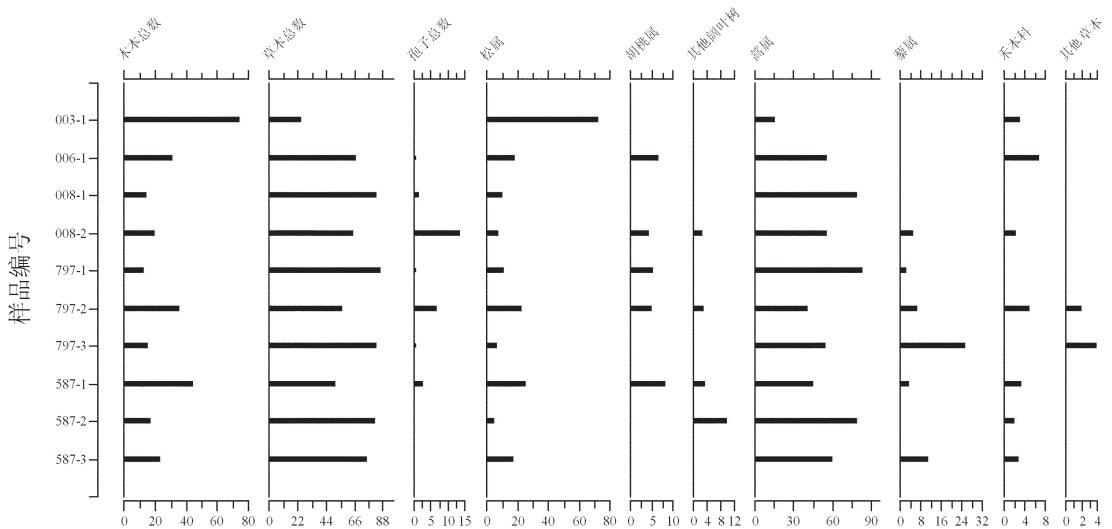


图6 西河盆地孢粉百分含量

003-1—艾不盖剖面;006-1—阿木斯尔河剖面;008-1,008-2—阿木斯日剖面;  
797-1,797-2,797-3—高腰海剖面;587-1,587-2,587-3—善达剖面

Fig.6 Percentages of sporopollen in the Xihe basin

003-1—Aibugai section;006-1—Amusi'er River section;008-1 and 008-2—Amusiri section;  
797-1, 797-2 and 797-3—Gaoyaohai section;587-1, 587-2 and 587-3—Shanda section



阿木斯尔河剖面:岩性为紫红色含细砂泥岩。006-1 号样品:孢粉较丰富,孢粉组合以草本植物蒿属占 56%,松属花粉占 19%,胡桃属(*Juglans*)占 7%。

阿木斯日剖面:岩性为紫红色含钙质结核泥岩加松散含砾粗沙岩。008-1、008-2 号样品:孢粉丰富,均为草本植物花粉占绝对优势,蒿属占 56%~79%,松属花粉占 8%~11%,胡桃属占 1.5%~4.6%。蕨类植物卷柏属(*Selagin*)、石松属(*Lycopodium*)占 5.3%~8.4%。

高腰海剖面:岩性为土灰色粉沙质泥岩和紫色泥岩。797-1、797-3 号样品:均为草本植物花粉占绝对优势,蒿属占 83%~86%,松属花粉占 8%~11%。797-2 号样品:孢粉含量减少,蒿属占 41%,木本中松属花粉占 23%,胡桃属占 5%,其他阔叶类占 2%~3%,蕨类植物石松属占 7%。

善达剖面:岩性为土黄色含砾粉沙质泥岩、紫色含钙质结核泥岩。587-1、587-2、587-3 号样品:孢粉含量丰富,草本植物花粉优势于木本植物花粉,蒿属占 45%~79%,松属花粉占 18%~26%,胡桃属占 1%~8%。

通过孢粉组合可直接反映植物群的面貌及区域环境特征。本区孢粉组合是以草本植物花粉为主,木本植物花粉次之、蕨类植物孢子含量较少,孢粉组合具有以下特征:(1)绝大多数孢粉样品是草本植物花粉的含量高于木本植物花粉的含量。呈现一疏林灌丛草原植被面貌。(2)凡是红土样品中都发现有典型的古一新近纪属种,胡桃属、榆属,榆属是华北新近纪以来温带植物群的一大特点。(3)只有艾不盖剖面的孢粉组合是以木本植物花粉的含量高于草本植物花粉的含量。反映了其处于相对较高的地理位置。(4)组合中有少量蕨类植物出现,它们大都喜生于温暖阴湿的环境,指示了本区较为湿润的气候环境。(5)所采集的介形虫样品经鉴定均未发现介形虫,说明常年稳定性流水较少,而多为季节性洪水。反映新近纪气温趋势向干旱发展。

胡建中等<sup>[14]</sup>在邻区所做的孢粉组合的共同特征也是以草本植物花粉为主,含量大于 90%。草本植物花粉主要有 4 个科属,即 *Artemisia*, *Gramineae*, *Chenopodiaceae* 和 *Compositae*, 未见水生草本植物花粉;木本植物花粉、蕨类植物孢子含量极少,仅 4%~10%。从中国北方植物区系发展演变规律来看,草本植物花粉含量明显优势于木本植物花粉是上新世的

特点,而本区孢粉组合特征与这一发展演变规律一致,结合岩性和岩相特征,因此笔者将西河盆地“红土”时代归属新近系上新统。

## 4 地层对比及时代讨论

地层对比从岩性来说,区内的这 5 条剖面岩性极其相似,其中有几条剖面岩性相同。5 条剖面中所含孢粉组合也都十分相似,总体而言,这 5 条剖面岩性为紫红色泥岩、含钙质结核泥、砂质泥岩,其中含砾岩透镜体。从岩相来说这 5 条剖面主要为一套河流相的沉积物。因此,无论从岩性和岩相区内五地的宝格达乌拉组均有一定的可比性。与区域地层对比(图 7)宝格达乌拉组以含砾粗粒长石砂岩,砖红色含钙质结核粉砂质泥岩,红色泥岩为特点,两者呈韵律交互出现。艾不盖剖面岩性主要以一套紫红色泥岩、粉砂质泥岩为主。其底部为含砾中粗粒长石石英砂岩夹透镜体;中部为紫红色泥岩夹砂砾岩透镜体;上部为含钙质结核泥岩、粉砂质泥岩。阿巴嘎旗剖面宝格达乌拉组(宝格达乌拉组建组剖面)以一套砖红色砂质泥岩、砖红色砂岩为主。

从岩性看艾不盖剖面岩性与阿巴嘎旗剖面宝格达乌拉组岩性无论从颜色、结构、固结程度都具有相似性。从岩相看,阿巴嘎旗剖面是一套无粒度变化的河流相泥岩;研究区艾不盖剖面也是一套向上变细的河流相泥岩、砂质泥岩。因此,无论是从岩性和岩相,还是从孢粉组合所指示的古气候环境均可与山西保德组、河北泥河湾的壶流河组及内蒙古的宝格达乌拉组三地的已知地层时代的地层进行对比(表 1)。表 1 中与之对比的上新世的 3 个组中均为以三趾马(*Hipparion plocodus*)、大唇犀(*Chilotherium*)、古鳞(*Palaeotragus microdon*)、羚羊(*Gazella paothensis*)等为代表的森林—草原动物群<sup>[12]</sup>。在本区未见有大化石,但由孢粉组合所反映的古植被为疏林灌丛—草原,其生态环境相近可与之进行对比。

## 5 沉积环境分析

上新世早期,内蒙古等地受古近纪以来构造运动影响形成众多内陆盆地,许多盆地中沉积了上新世早期地层,如三趾马红土及山麓堆积。沉积物均为细粒物质,说明地势较为和缓,盆地与周围山地高差较小。在这些封闭性很强的内陆盆地中,盆地中湖泊的盛衰很大程度取决于气候条件变化。古一新近纪

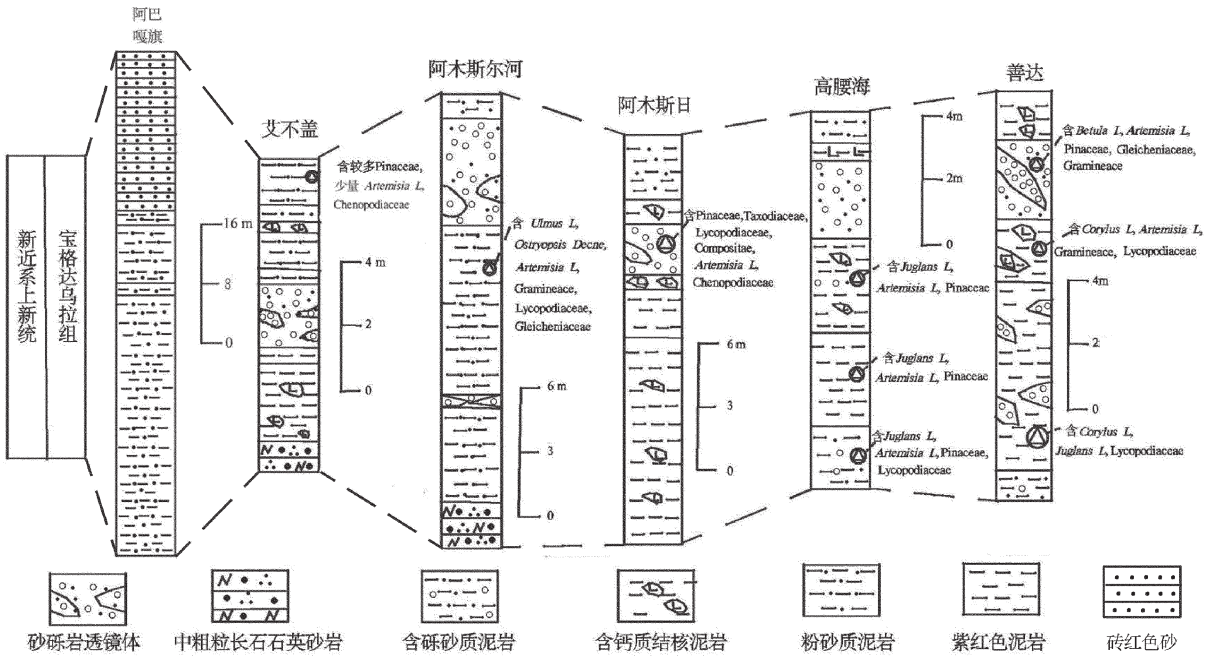


图7 西河盆地宝格达乌拉组柱状地层对比

Fig.7 Correlation of columns of the Baogedawula Formation in the Xihe basin

表1 区域生物地层对比

Table 1 Regional biostratigraphic correlation

|        | 山西省区域地质志<br>(1989)                                                                                                       | 杨子庚, 林茂和<br>(1979)                                                                                           | 内蒙区域地质志<br>(1991)                                                                                                                                                   | 本文                                                                                                                                                |
|--------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 上新世    | 保德组                                                                                                                      | 壶流河组                                                                                                         | 宝格达乌拉组                                                                                                                                                              | 内蒙西河盆地                                                                                                                                            |
| 哺乳动物化石 | <i>Hipparion</i> , <i>Gazella gaudryi</i> ,<br><i>Chilotherium</i> ,<br><i>wimani</i> , <i>Tetraolophodon xoletes</i>    | <i>Postschizotherium</i> sp.,<br><i>Hipparion hofenensis</i> ,<br><i>Gazella blacki</i> , <i>Sinoryx</i> sp. | <i>Hipparion plocodus</i> ;<br><i>Chilotherium</i><br>cf. <i>anderssoni</i> ; <i>C. gracile</i> ; <i>Sinhipp</i><br><i>us zetteli</i> , <i>Gazella paotenhensis</i> |                                                                                                                                                   |
| 孢粉组合   | <i>Pices</i> , <i>Ulmus</i> , <i>Betula</i><br><i>Artemisia</i> , <i>Compositae</i> ,<br><i>Chenopodiaceae</i><br>森林灌丛草原 |                                                                                                              |                                                                                                                                                                     | <i>Pinus</i> , <i>Juglans</i> , <i>Ulmus</i> ,<br><i>Artemisia</i> , <i>Gramineae</i><br><i>Chenopodiaceae</i><br><i>Lycopodiaceae</i> 疏林灌<br>丛草原 |

气温高于现今地球气温,古近纪热带亚热带加宽,并且低纬度炎热气候会带来干旱,相反,中高纬度地带则会变得温暖湿润,有利于木本植物生长<sup>[5,6,12]</sup>。本区孢粉组合即发现有一些乔木本和灌丛植物。其自然景观为温带疏林灌丛草原。在内蒙古西部,新近纪沉积的红色泥岩中含大量钙质结核,沉积物粒度不同,并旋回起伏变化,说明红土是在不完全相同的气候下沉积的,有暖湿、干凉之别,红土一般厚20多米,

出现的钙结核或钙板,反映了干、湿气候多次波动。一般只要沉积物长期处于地表,就会使得富含碳酸钙及其结核,在年降水400~800 mm的气候区都会有碳酸钙结核的富集,在年降水400 mm以下也同样会有碳酸钙结核的产生,但存在的形式不是结核,而是薄膜和斑点<sup>[13]</sup>。本区沉积地层中含大量钙质结核,年降水应该在400 mm以上;另外要满足乔木植物的生长条件,除温度条件外,特别是年降水也应在

400 mm 以上,本区孢粉组合中即有针阔叶疏林灌丛植被,应属半湿润、半干旱气候区,反映红土形成环境比黄土要湿热。结合本区红土剖面中普遍发育粘土层与钙结核的互层特征,有洪水事件或浅水浊流事件沉积,有砂岩冲积扇、湖滩沉积,而红土堆积面基本上都与下伏基岩地面起伏一致,说明红土物质是由风力搬运而堆积在起伏的古地貌面上,当然不排除也有流水作用将风积土又从高出搬到低处。红土是半湿润、半干旱气候条件下的风尘堆积物。至上新世末,由于青藏高原的大幅度隆升,阻挡了水气,改变了大气环流,是内陆干旱产生风尘堆积的原因,气候由湿热型向温和型转化<sup>[5,6,14]</sup>。新近纪晚期,中国北方、南方和青藏高原地区古气候大体上都具有一致性,无论动物群或植物群,都是典型的新近纪种属,气候较暖,但水分分布不均衡<sup>[7,15,16]</sup>,本区新近纪植物群灭绝种少见,喜热植物种属减少,湖水不深,沉积物长期遭受氧化,颜色以紫红、砖红色为主<sup>[8,17,18]</sup>。所以红土是新近纪气候的产物。红土沉积时气候与堆积其上的第四纪黄土相比要湿热,而较前期要干寒。喜热植物逐渐向南退缩,植被受气候的影响,经历了由新近纪的疏林灌丛草原到现今的荒漠草原的演替过程。

## 6 结 论

(1)在西河盆地首次发现丰富的孢粉化石。孢粉组合以草本植物花粉为主,木本植物花粉次之而蕨类植物孢子较少。并发现有典型的新近纪属种,胡桃属、榆属等,红土沉积时本区的自然植被环境为疏林灌丛草原。

(2)综合构造、沉积物旋回的分析,根据岩性横向对比而作的层序划分,初步建立了西河盆地宝格达乌拉组(N<sub>2</sub>b)层格架。本区沉积响应与古植被性质相吻合。

(3)通过与已知地层时代剖面的岩性对比,及动植物化石所反映的古气候环境对比,初步认为西河盆地“红土”沉积时代为新近系上新统。

(4)沉积物中大量钙质结核的生成,以及能满足乔木植物生长条件的年降水量应该在 400 mm 以上,反映当时气候属半湿润、半干旱的温带古气候环境,红土形成环境比黄土要湿热。

**致谢:**对参加本项目工作的张聚全、于和平等同志表示感谢,同时感谢许清海研究员、阳小兰高级工程师对本文提出的宝贵修改意见。

## 参考文献(References):

- [1] Cande S C, Kent D V. Revised calibration of the geomagnetic polarity timescale for the Late Cretaceous and Cenozoic [J]. Journal of Geophysical Research, 1995, 100:6093-6095.
- [2] Li W Y. Studies on vegetation and palaeogeography from Late Tertiary to Early Quaternary in China [C]//Liu Tungsheng ed. Quaternary Geology and Environment of China.Beijing:China Ocean Press, 1985:149-154.
- [3] Ding Z L, Xiong S F, Sun J M, et al. Pedostratigraphy and paleomagnetism of a ~7.0 Ma eolian loess-red clay sequence at Lingtai,Loess Plateau, North-central China and the implications for paleomonsoon evolution [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Alaeoecology, 1999, 152:49-66.
- [4] Ding Z, Sun J, Yang S, et al. Preliminary magnetostratigraphy of a thick eolian red clay-loess sequence at Lingtai, the Chinese Loess Plateau[J]. Geophysical Research Letters, 1998, 25:1225-1228.
- [5] Evans M E, Wang Y, Ruter N, et al. Preliminary magnetostratigraphy of the red clay underlying the loess sequence at Baoji, China[J]. Geophysical Research Letters, 1991, 18:1409-1412.
- [6] Ding Z T, Sun J M, Liu T S, et al. Wind-blown origin of the Pliocene red-clay formation in the central Loess Plateau, China [J]. Earth and Planetary Science Letters, 1998, 161:135-143.
- [7] Mo D W, Derbyshire E. The depositional environment of the late Pliocene “red clay”, Jing-Le Basin,Shanxi Province China [J]. Sedimentary Geology, 1991, 70:33-40.
- [8] Yang S L, Chen S Y. Soil color:A new sensitive indicator for climatic change[J]. Chinese Science Bulletin, 1999, 44(Suppl.):282-285.
- [9] 李小强,李承森,鹿化煜,等.山西榆社—太谷盆地上新世中晚期的植被与环境[J].海洋地质与第四纪地质,2001,22(1):103-108. Li Xiaoqiang, Li Cengsen, Lu Huayu, et al. Paleovegetation and paleoenvironment in middle-late Pliocene Yushe and Taigu basins, eastern Shanxi, China [J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2001, 22(1):103-108(in Chinese with English abstract).
- [10] 安芷生,孙东怀,陈明扬,等.黄土高原红粘土序列与晚第三纪的气候事件[J].第四纪研究,2000,22(5):435-445. An Zhisheng, Sun Donghuai, Chen Mingyang, et al. Red clay sequences in Chinese loess plateau and recorded paleoclimate events of the late Tertiary[J]. Quaternary Sciences, 2000, 20(5):435-445 (in Chinese with English abstract).
- [11] 胡建中,潘勇胜.内蒙古固阳盆地第三系的发现及地质意义[J].地球科学—中国地质大学学报,2000,25(3):242-246. Hu Jianzhong, Pan Yongsheng. Discovery and geological significance of lower Tertiary strata in Guyang Basin, Inner Mongolia [J]. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 2000, 25(3):242-246(in Chinese with English abstract).
- [12] 杨保,施雅风.40~30 KaB.P.中国西北地区暖湿气候的地质记录及成因探讨[J].第四纪研究,2003,23(1):60-68. Yang Bao, Shi Yafeng. Warm-humid climate in northwest China

- during the period of 40~30 Ka B.P.: Geological records and origin [J]. *Quaternary Sciences*, 2000, 23 (1):60-68 (in Chinese with English abstract).
- [13] 赵景波, 西安、山西保德第三纪晚期红土的研究[J]. *沉积学报*, 1989, 7(3):113-120.  
Zhao Jingbo. The study on the red soil of Neogene in xi'an and Baode of Shanxi[J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 1989, 7(3):113-120(in Chinese with English abstract).
- [14] 汪久文. 中国干旱区形成的古地理过程[J]. *干旱区资源与环境*, 1997, 11(1):2-8.  
Wang Jiuwen. Paleogeographical processes in the formation of China arid land [J]. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 1997, 11(1):2-8(in Chinese with English abstract).
- [15] 宋友桂, 方小敏, 李吉均, 等. 六盘山东麓朝那剖面红黏土年代及其构造意义[J]. *第四纪研究*, 2000, 20(5):458-463.  
Song Yougui, Fang Xiaomin, Li Jijun, et al. Age of red clay at Chaona section near eastern Liupan Mountain and its tectonic significance [J]. *Quaternary Sciences*, 2000, 20 (5):458-463 (in Chinese with English abstract).
- [16] 常立新. 包头地区自然环境的演变 [J]. *阴山学刊*, 2000, 153(3):36-38.  
Chang Lixin. Evlolution of Baotou Natural Enviroment [J]. *Yinshan Academic Journal*, 2000, 15 (3):36-38 (in Chinese with English abstract).
- [17] 王行军, 关小燕, 张德生, 等. 冀西北张北康保一带新生代红层的地质特征[J]. *地质调查与研究*, 2005, 28(1):40-46.  
Wang Xingjun, Guan Xiaoyan, Zhang Desheng, et al. Geological characters of the Cenozoic red beds in Zhangbei-Kangbao Region, Northwestern Hebei Province [J]. *Geological Survey and Research*2005, 28(1):40-46(in Chinese with English abstract).
- [18] 刘艳霖, 乐平, 帕拉提. 西老高川红粘土剖面粒度磁化率特征及古环境意义[J]. *中国地质*, 2005, 32(3):496-501.  
Liu Yanlin, Yue Leping, Parati. Characters of grain -size susceptibility of the Neogene Laogaochuan red clay section, Shaanxi, and its paleoenvironment significance [J]. *Geology in China*, 2005, 3(3):496-501(in Chinese with English abstract).

## Sedimentary environment of Neogene laterite records in the Xihe basin, Inner Mongolia

SUN Li-ming, YANG Yong-biao, WU Yun-xia, FANG Xiao-feng,  
LI Lu-hua, LI Yao-chen, ZHAO Yong-feng, TIAN Li-fu

(Shijiazhuang University of Economics, Shijiazhuang 050031, Hebei, China)

**Abstract:** The stratigraphic age and sedimentary environment of the laterite bed in the Xihe basin have been studied in detail in the contexts of lithology, sporo-pollen assemblages and stratigraphic correlation and the geological evolution process during that time has been traced. The sporo-pollen assemblage in this area is the veld whose dominant elements are herbaceous *Artemisia* and subordinate elements are *Pinus*, *Juglans* and Graminae, of which *Juglans* and *Ulmus* are typical Paleogene-Neogene genera and species. Based on a comprehensive analysis of the lithologic and biological features, the authors think that the "laterite" bed in the Xihe basin belongs to the Pliocene Baogedawula Formation (N<sub>2</sub>b). In a plan view, the stratigraphic sequence type shows changes of the sedimentary environment from the river, alluvial fan and delta at the basin edge to the deep lake in the center of the basin.

**Key words:** Xihe basin; laterite; Neogene; sporo-pollen assemblage; sedimentary environment

**About the first author:** SUN Li-ming, female, born in 1952, senior engineer, engages in the study of sporopollen and paleogeographic environment; E-mail: lms269@126.com.