

中国陆相上新统麻则沟阶^①

邓 涛 侯素宽

中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 脊椎动物进化系统学重点实验室 北京 100044

摘 要:年代地层单位麻则沟阶是中国上新统的两个阶之一,代表陆相上新统,1999年由第二届全国地层委员会正式命名,对应于麻则沟期。“麻则沟”一名源自同名岩石地层单位麻则沟组,典型剖面位于山西省榆社县云簇镇赵庄一大马岚。麻则沟阶对应于“国际地层表”中的皮亚琴察阶,其共同的底界定义为古地磁 Chron C2An. 3n 的底,即高斯正极性带的底,绝对年龄为 3.6 Ma,这条界线在榆社赵庄剖面位于第6层麻则沟组下部的紫红色黏土层的中部,以张洼沟姬鼠(*Apodemus zhangwagouensis*)的首现为标志。麻则沟期与欧洲陆生哺乳动物分期的 Villanryan 早期或 Villafranchian 早期相当,包含 1 个哺乳动物群单位,即 NMU 13,可与欧洲的 MN 16 对比。在榆社盆地发现的麻则沟动物群就相当于 NMU 13。在中国的新近世哺乳动物群中,甘肃灵台的任家沟动物群和雷家河 V 带动物群、河北阳原泥河湾的稻地动物群、陕西渭南的游河动物群、山西静乐的贺丰动物群、四川德格的汪布顶动物群也相当于 NMU 13。河北泥河湾的花豹沟剖面是麻则沟阶的辅助层型剖面。

关键词:年代地层,界线层型,陆相沉积,哺乳动物群,麻则沟阶,上新统,中国

中图法分类号:P 534.62 **文献标识码:**A **文章编号:**0253-4959(2011)03-0237-13

麻则沟阶的命名地点位于山西省榆社盆地,这个地区的晚新生代地层发育,尤其是上新世的沉积物中富含哺乳动物化石,在中国的新近纪生物地层学上具有重要的意义。榆社盆地的新生代地层研究具有悠久的历史,邱占祥等(1987)和邓涛等(2010)已做过详细介绍,在此不再赘述。

邱占祥等(1987)在研究榆社盆地的三趾马时,建议将晚新生代的榆社群划分为 4 个组,自下而上为马会组、高庄组、麻则沟组和海眼组,时代分别为晚中新世、早上新世、晚上新世和早更新世。这是“麻则沟组”一名首次作为地层单位出现,此后得到广泛采用。

德日进和杨钟健在山西静乐的贺丰(原地质调查所第一地点)发现了包含 6 种大哺乳动物化石的贺丰动物群,认为其属于蓬蒂(Pontian)最晚期,并提出了静乐红土的概念(Teilhard de Chardin & Young C. C., 1930)。此后,杨钟健(1936)将静乐红土和贺丰动物群所处的时期命名为静乐期,时代定为上新世中期。李传夔等(1984)认为发现于静乐的贺丰动物群的确切时代并不清楚,可能相当于早上新世,更可能要晚一些,仅因为尊重传统习惯的原

因,暂取静乐期代表中国的早上新世,而以游河期代表中国的晚上新世。

邱占祥、邱铸鼎(1990)认为静乐动物群本身的性质尚不清楚,而榆社盆地的地层发育良好、化石丰富、特征明显,因此他们将整个上新世改称为榆社期,分别以榆社盆地的高庄地方动物群和麻则沟地方动物群作为早、晚上新世的生物代表。邱占祥、邱铸鼎(Qiu Zhanxiang & Qiu Zhuding, 1995)和童永生等(1995)继续采用了榆社期这一名称。岳乐平、张云翔(1998)对静乐贺丰剖面所做的古地磁测年表明,静乐红土记录了高斯(Gauss)正极性带,年龄为 3.00~2.50 Ma,时代应该为晚上新世。1999 年第二届全国地层委员会正式建议建立中国上新统的年代地层单位高庄阶和麻则沟阶,其对应的时限分别为高庄期和麻则沟期(全国地层委员会,2001)。

一、麻则沟阶的层型剖面

麻则沟是榆社盆地内赵庄和白海村之间的一条东西向冲沟,麻则沟组就命名于此(图 1)。麻则沟内的地层下部为高庄组醋柳沟段、上部为麻则沟组,剖面覆盖严重,出露的地层不多。赵庄一大马岚剖

^①全国地层委员会中国新近系地层建阶研究项目、国家自然科学基金重点项目(No. 40730210)和科技部科技基础性工作专项(No. 2006FY120300)资助。

文稿接受日期:2011-01-26;修改稿收到日期:2011-06-08。

第一作者简介:1963年6月生,男,四川宜宾人,博士、研究员,从事晚新生代哺乳动物、陆相地层和环境演变研究;E-mail: dengtao@vip.

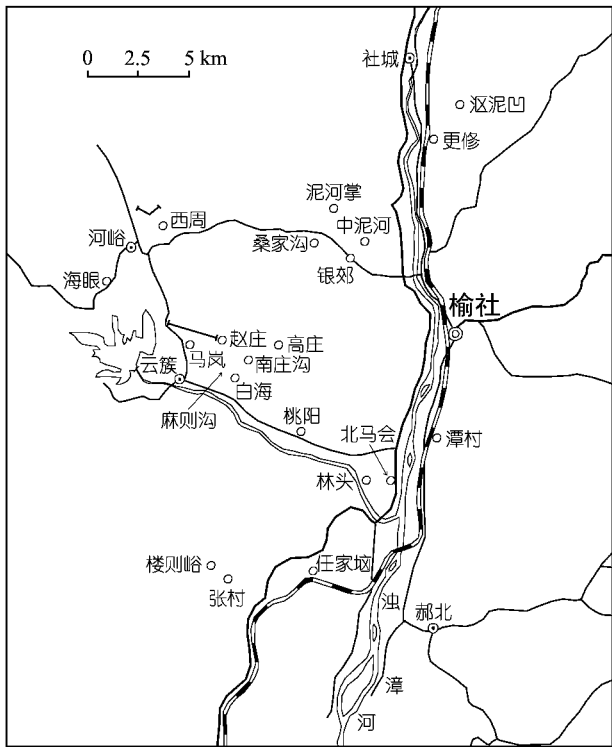


图 1 山西榆社盆地麻则沟阶层型剖面位置
Fig.1 Location of the stratotype section of the Mazegouan Stage in the Yushe Basin, Shanxi Province

面的麻则沟组下部出露较好(邱占祥等, 1987, 图 61), 因此被选为麻则沟阶的层型剖面。位于大马岚西北约 7 km 的西周村北剖面出露了麻则沟组的上部地层。整个麻则沟组是一套厚约 175 m 以黄砂和紫红色黏土互层并逐步过渡到以黏土为主的沉积。

此次在云簇地区重新观察了赵庄一大马岚剖面, 分层及厚度依据邱占祥等(1987)的测量, 总厚度约 95 m, 对地层描述略有补充。所含小哺乳动物化石依据 Flynn 等的资料整理(Flynn *et al.*, 1997)。剖面在赵庄起点的地理坐标为 112° 49′ 46.4″ E、37° 03′ 57.7″ N, 海拔高度为 1041 m; 在大马岚终点的地理坐标为 112° 48′ 00.8″ E、37° 04′ 33.8″ N, 海



拔高度为 1012 m。该剖面地层以约 3° 向西倾斜, 岩石序列从顶到底如下所列:

上新统麻则沟组(未见顶)

7. 土黄色薄层粉砂岩, 夹泥灰岩、钙质粉砂岩和粗砂岩, 含串珠状排列的具钙质壳的灰白色眼状砂岩结核, 单个结核的长径 20~30 cm, 核心常为泥灰岩构成的黑色“眼球”部分(图 2), 风化后成瘤状结核。该层特征明显, 可作为麻则沟组的标志层。含 *Pliorpetawista rugose*, *Dipus fraudator*, *Mesosiphneus paratingi*, *Germanomys* sp., *Mimomys irtysheensis*, *Micromys tedfordi*, *Chardinomys nihowanicus*, *Chasmaporthetes kani*, *Pachycrocuta orientalis*, *P. perrieri*, *Hipparion houfenense*, *H. pater* 等哺乳动物化石 11.1 m
6. 紫红色黏土夹薄层砂岩成钙板, 含 *Apodemus zhangwagouensis*, *Vulpes beihaiensis*, *Anancus sinensis* 等哺乳动物化石 约 30 m
5. 紫红色坚硬砂岩, 底部为一小砾石层, 砾石成分复杂, 有外来成分和石英等, 砾径约 1 cm, 砂岩有时变为粗砂岩, 含 *Eucyon zhoui*, *Pachycrocuta pyrenaica*, *Chasmaporthetes kani*, *Hipparion houfenense* 等哺乳动物化石 22.9 m

——不 整 合——

上新统高庄组

4. 中薄层砂岩与黏土互层, 偶夹厚层砂岩, 向上黏土成分逐渐增多, 含 *Yanshuella primaeva*, *Scaptochirus* sp., *Ochotona lagrelii*, *Hypolagus* sp., *Sciurus* sp., *Castor anderssoni*, *Dipus fraudator*, cf. *Neocricetodon grangeri*, *Allocricetus* sp., *Cricetinus* sp., *Mesosiphneus praetingi*, *Germanomys* sp., *Mimomys* sp., *Apodemus quiui*, *Huaxiamys downsi*, *Micromys tedfordi*, *Chardinomys yusheensis*, *H. insperatum*, *H.*



图 2 麻则沟组下部地层(赵庄剖面第 7 层)中的砂岩结核(左:串珠状排列的结核;右:单个结核细部)

Fig.2 Sandstone concretions in the lower part of the Mazegou Formation (Layer 7 of the Zhaozhuang section)

(Left: moniliform arrangement of the concretions; Right: detail of a single concretion)

<i>platyodus</i> 等哺乳动物化石	24. 6 m
3. 中厚层黄砂与薄层黏土互层	1. 7 m
2. 厚层黏土与疏松黄砂互层, 黏土中夹黑色黏土	0. 9 m
1. 黄砂层与咖啡色黏土互层, 底部黄砂很厚, 具大交错层理, 向上砂层逐渐变薄, 黏土逐渐增厚(未见底)	3. 9 m

二、麻则沟期动物群

邱占祥、邱铸鼎发表了一个榆社盆地的麻则沟动物群详细的名单, 包含了产自整个麻则沟组中的化石(Qiu Zhan-xiang & Qiu Zhur ding, 1995)。此后, 又有一些新描述的种类以及进一步的修订(Flynn *et al.*, 1997; 李强、邱铸鼎, 2005; 陈冠芳, 1997、1999; Deng Tao, 2005; Qiu Zhanxiang *et al.*, in press)。麻则沟动物群中目前已知包括食虫目猬科的刺猬(cf. *Erinaceus* sp.), 鼯鼠科的似短尾鼯鼠(cf. *Blarinoides*)、上新裴氏鼯(*Peisorex pliocaenicus*), 鼯鼠科的原始小鼯鼠(*Yanshuella primaeva*)、鼯鼠(*Scaptochirus* sp.); 兔形目兔科的联合翼兔(? *Alilepus annectens*)、施氏次兔(*Hypodagus schreuderi*), 鼠兔科的复齿拟鼠兔(*Ochotonoides complicidens*)、拉氏鼠兔(*Ochotona lagrelii*); 啮齿目松鼠科的皱纹上新鼯鼠(*Pliopetaurista rugosa*), 河狸科的杨氏真河狸(*Eucastor youngi*)、梅氏假河狸(*Dipoides majori*), 豪猪科的豪猪(*Hystrix* sp.), 跳鼠科的伪三趾跳鼠(*Dipus fraudator*), 竹鼠科的山西竹鼠(*Rhizomys shansius*), 仓鼠科的仓鼠(? *Cricetulus* sp.), 鼯鼠科的副丁氏中鼯鼠(*Mesosiphneus paratingi*), 科的日耳曼鼠(*Germanomys* sp.), 额尔齐斯模鼠(*Mimomys irtyschensis*), 鼠科的张洼沟姬鼠(*Apodemus zhangwagouensis*)、戴氏巢鼠(*Micromys tedfordi*)、泥河湾日进鼠(*Chardinomys nihowanicus*); 食肉目犬科的白海狐(*Vulpes beihaiensis*)、丁氏貉(*Nyctereutes tingi*)、中华貉(*N. sinensis*)、戴氏始犬(*Eucyon davisi*)、周氏始犬(*E. zhoui*)、直隶狼(*Canis chihliensis*)、熊科的郊熊(*Agriotherium* sp.)、熊(*Ursus* sp.), 鼬科的猪形副獾(? *Parameles suillus*)、似无爪水獭(*Enhydriodon aonychoides*)、原臭鼬(*Promephitis* sp.)、潘诺貂(? *Pannonictis* sp.)、前虎鼬(*Vormela prisca*)、师氏貂(*Martes zdanskyi*)、贾氏獾(? *Meles chiai*)、鬣狗科的甘氏豹鬣狗(*Chasmaporthetes kani*)、裂骨豹鬣狗(*C. cf. ossifragus*)、东方硕鬣狗(*Pachycrocuta orientalis*)、佩氏硕鬣狗

(*P. perrieri*)、河南斑鬣狗(*Crocuta honanensis*)、灵猫科的大灵猫(*Megaviverra* sp.), 猫科的横断山锯齿虎(*Homotherium hengduanshanense*)、大后猫(*Metailurus major*)、小后猫(*M. parvulus*)、山西猞猁(*Lynx shansius*)、裴氏猫(*Felis peii*)、虎(*Panthera* sp.)、西瓦猎豹(*Sivapanthera* sp.); 长鼻目嵌齿象科的中间中华乳齿象(*Sinomastodon intermedius*)、中华互棱齿象(*Anancus sinensis*), 真象科的南方猛犸象(? *Mammuthus meridionalis*); 蹄兔目的中间后裂爪兽(*Postschizotherium intermedium*); 奇蹄目马科的黄河三趾马(*Hipparion huangheense*)、贺丰三趾马(*H. houfense*)、原始长鼻三趾马(? *Proboscideipparion pater*)、中国长鼻三趾马(*P. sinense*), 犀科的林氏山西犀(*Shansirhinus ringstroemi*)、两角犀(*Dihoplus* sp.); 偶蹄目猪科的猪(*Sus* sp.), 骆驼科的巨副驼(*Paracamelus gigas*), 鹿科的双枝似麂(*Paracervulus biden*)、湖麂(*Muntiacus lacustris*)、山西轴鹿(*Axis shansius*), 长颈鹿科的古麟(? *Palaeotragus* sp.), 牛科的桑氏旋角羚(*Antilospira licenti*)、中国羚羊(*G. sinensis*)、榆社羚羊(*G. yushensis*)、步氏羚羊(*G. blacki*)、小型中国山羊(*Sinocapra minor*)、巨羊(*Megalovis* sp.)、撒旦琴角羚牛(*Lyrocerus satan*)、榆社绵羊(*Ovis yushensis*) 和古中华野牛(? *Bison palaeosinensis*) 等。

麻则沟动物群的特点是哺乳动物多为高庄动物群的延续, 但有新分子出现, 在属一级水平上包括: 小哺乳动物中的 *Ochotonoides*, 大哺乳动物中的 *Vulpes*, *Meles*, *Homotherium*, *Lynx*, *Panthera*, *Sivapanthera*, *Megaviverra*, *Mammuthus*, *Postschizotherium*, *Sus*, *Sinocapra*, *Ovis*, *Megalovis* 和 *Antilospira* 等; 在种一级水平上包括 *Ochotonoides complicidens*, *Hypodagus schreuderi*, *Mesosiphneus paratingi*, *Mimomys irtyschensis*, *Chardinomys nihowanicus*, *Apodemus zhangwagouensis*, *Vulpes beihaiensis*, *Pachycrocuta perrieri*, *Hipparion sinense*, *Sinocapra minor* 和 *Antilospira licenti* 等。在麻则沟组顶部发现真象, 没有真马化石(邱占祥、邱铸鼎, 1990)。在麻则沟期绝灭的属或种包括 *Trischizolagus*, *Dipoides*, *Paratalactaga*, *Kowalskia*, *Pseudomeriones*, *Huaxiamys*, *Chardinia*, *Mesosiphneus*, *Eucyon*, *Enhydriodon*, *Pachycrocuta*, *Metailurus*, *Sinomastodon*, *Mammut*, *Hipparion pater*, *Dihoplus*, *Paracervulus*, *Palaeotragus* 和 *Sinocapra* 等。因此, 麻则沟期的哺乳动物与高庄

期有明显区别。以牛科为例,高庄期的牛科类型在麻则沟期之前均灭绝,这包括 *Huabeitragus*, *Dorcadoryx*, *Sinoryx*, *Sinoreas*, *Gazella gaozhuanensis* 和 *G. nihensis* 等。麻则沟期牛科属种明显减少,尤其是新类型出现明显少。但它意味着古老牛类属种(指晚中新世及其之前的属种)的灭绝,以及现生牛类属(种)的出现和发展(陈冠芳、张兆群, 2009)。

麻则沟阶层型剖面(赵庄一大马岚)的化石以哺乳动物为特点,包括大、小哺乳动物,其中有许多晚上新世的哺乳动物化石新种。除丰富的哺乳动物化石以外,麻则沟组中还含有腹足类、双壳类、介形类和轮藻等化石(郑家坚等, 1999)。

李传夔等(1984)根据在陕西渭南发现的由 14 种哺乳动物组成的游河动物群(薛祥煦, 1981)命名了游河期,将其与欧洲的 Villanyian 期对比,相当于 MN 16, 包含的哺乳动物化石地点或动物群有北京周口店的顶盖堆积和河北蔚县狭义泥河湾层之下的东窑子头动物群等。邱占祥、邱铸鼎(1990)提出榆社期的晚上新世部分以麻则沟动物群为代表,对应于欧洲的 Villafranchian 早期,同期的近似哺乳动物又增加了河北泥河湾盆地的稻地动物群(蔡保全, 1989)。不过,童永生等(1995)认为游河期的晚期属于泥河湾期的早期,含义不清,因而将其弃用。

三、麻则沟阶底界

根据全国地层委员会(2001)提出的定义,中国陆相新近系上新统麻则沟阶与“国际地层年表”中海相的皮亚琴察(Piacenzian)阶对比,同时麻则沟期也与欧洲陆生哺乳动物分期的 Villanyian 早期对比。王乃文、何希贤(2005)建议将麻则沟阶与皮亚琴察阶直接对比,其共同的底界年龄为 3.4 Ma。然而,皮亚琴察阶的底界位于 C2An 地磁极性年代带之底,即高斯(Gauss)正极性带之底,天文年代学年龄为 3.6 Ma,同时也为浮游有孔虫 *Globorotalia margaritae*(PL3 带之底)和 *Pulleniatina primalis* 的灭绝面。皮亚琴察阶的 GSSP 位于意大利西西里岛 Punta Piccola 第 77 碳酸盐旋回米黄色层的底部,1997 年已获得批准(Castradori et al., 1998)。由于 Villanyian 期和 MN 16 的底界在古地磁 C2An. 3n 之内,年龄为 3.4 Ma(Steininger et al., 1996),因此作为哺乳动物分期的麻则沟期底界就被对比到这一年龄为 3.4 Ma 的界线(Deng Tao, 2006)。这样,与麻则沟期对应的麻则沟阶与皮亚琴察阶的底界不一致,有 0.2 Myr 的差距。实际上,在榆社赵

庄一大马岚剖面,麻则沟阶的底界就位于麻则沟组下部(Flynn et al., 1995, fig. 3),麻则沟动物群产在这条界线之上(Flynn et al., 1997, fig. 5)。因此,将麻则沟阶的底界下移到此界线而与皮亚琴察阶的底界一致是合理的。欧洲哺乳动物分期中与 Villaroyian 期等同的 Villafranchian 期的下限最近也被划在高斯期的下限(Rook & Martinez Navarro, 2010)。

基于上述讨论,麻则沟阶的底界位于古地磁高斯正极性带之底,与海相的皮亚琴察阶一致,年龄为 3.6 Ma。麻则沟阶的顶界即是上覆的泥河湾阶的底界,位于古地磁高斯期/松山(Matuyama)期界线,年龄为 2.6 Ma(张宗祜等, 2008),与海相的格拉斯(Gelasian)阶底界一致(Rio et al., 1998)。

1 麻则沟阶底界的生物标志

麻则沟动物群代表了麻则沟期最典型的动物群,包括不少首次出现的化石属种,由于这个动物群的分布时限为整个麻则沟期(从 3.6 Ma 到 2.6 Ma) 1 Myr 的时间长度,因此其中较早的首现属种才对麻则沟阶的底界有更重要的指示意义(图 3)。

在小哺乳动物中, *Ochotonoides complicidens* 在榆社麻则沟组首现,其他早期层位包括甘肃灵台剖面第 V 组合(郑绍华、张兆群, 2001)、陕西渭南游河动物群(薛祥煦, 1981)、山西静乐贺丰动物群(Teilhard de Chardin & Young, 1931),与榆社盆地的首现时间相同;这个种最晚记录在陕西蓝田中更新世的陈家窝地点(周明镇、李传夔, 1965)。 *Hypolagus* 在榆社盆地最早出现于高庄组。 *H. schreuderi* 的最早记录是在麻则沟组下部,年龄约为 3.4 Ma(Flynn et al., 1997),泥河湾盆地的蔚县组也有分布(蔡保全等, 2007);其最晚记录是早更新世早期的周口店 18 地点(Teilhard de Chardin, 1940)和山东淄博孙家山第 4 地点裂隙动物群(郑绍华等, 1997)。郑绍华(1997)对凹枕型鼯鼠的进化模式进行了探讨,指出 *Mesosiphneus praetingi* 在晚上新世初期同时分化出 *M. paratingi*、*M. intermedius* 和 *Yangia omegodon*。这样,从 *M. praetingi* 到 *M. paratingi* 的进化谱系是清楚的,而前者在榆社剖面正好出现在麻则沟组之下的高庄组顶部,因此后者是麻则沟阶底界的生物标志之一。 *Mesosiphneus paratingi* 还出现于山西静乐贺丰动物群(周晓元, 1988)、河北蔚县东窑子头大南沟剖面底部(蔡保全等, 2007),它在 2.6 Ma 之前绝灭,贯穿整个麻则沟期,未进入第四纪。 *Mimomys irtyshensis* 在中国只发现于榆社盆地麻则沟组(Flynn et al.,

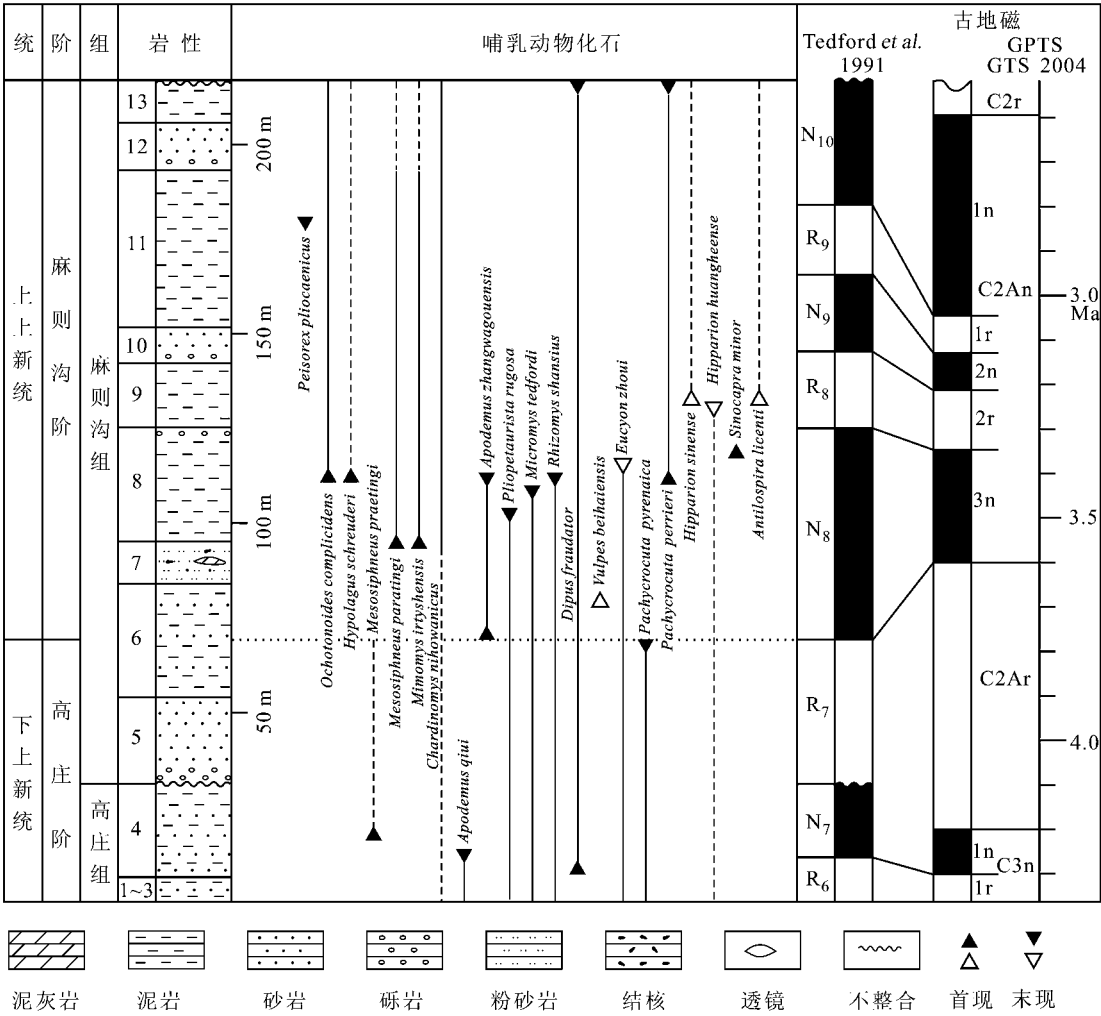


图3 山西榆社盆地麻则沟阶地层综合剖面
实线和实心三角: 本剖面分布; 虚线 其他剖面分布; 空心三角: 推测位置

Fig. 3 Comprehensive column of the strata of the Mazegouan Stage in the Yushe Basin, Shanxi Province
Solid line and triangle: this section, Dashed line: other sections, Open triangle: estimated position

1997), 在西伯利亚则只出现在 MN 17 (Zazhigin, 1980)。但关于该种的属级地位仍有争议, 或认为应该归入 *Cromeromys* 属, 因为如此进步的模鼠不可能在晚上新世出现。 *Cromeromys* 是一类高冠的、进化速度非常缓慢的鼠平类。 *M. irtyshensis* 的 m1 具有清楚的模鼠角, 齿槽内白垩质稀少, 唇侧珐琅质曲线起伏较低等特点而显得比 *Cromeromys gansuensis* 原始, 从而构成后者的直接祖先。但从甘肃灵台的雷家河剖面判断, *C. gansuensis* 的最早记录在大约 3.6 Ma 左右, 这似乎说明 *M. irtyshensis* 的首现应该更早, 因此不宜把它作为麻则沟阶的底界标志。 *Chardinomys nihowanicus* 在榆社盆地的分布从麻则沟组下部到第四纪海眼组 (Flynn et al., 1997), 但在雷家河剖面首现于高庄阶上部的 IV 带, 年龄分布于 4.8 ~ 3.0 Ma (崔宁, 2003)。 *Apodemus zhangwagouensis* 在榆社盆地是麻则沟

组特有的化石, 它与其下高庄组中的 *A. qiui* 的区别仅在于颞孔位置的不同, 前者的颞孔紧挨咬肌嵴前端, 具有更进步的特点 (吴文裕, Flynn, 1992)。 *A. zhangwagouensis* 也分布于泥河湾的蔚县组 (郑绍华等, 2006)。

在大哺乳动物中, 榆社盆地的 *Hipparion sinense* 主要分布于早更新世的海眼组, 少数标本的地点和层位不确切, 因此在麻则沟组内的地层意义尚有疑问。 *H. huangheense* 此前仅发现于陕西蒲城东窑村 (任炳辉, 1965) 和榆社盆地的未知地点, 仅推测其属于麻则沟期 (邱占祥等, 1987)。最近在内蒙古阿巴嘎旗的高特格动物群也发现了 *H. huangheense* 的化石, 说明它至少在高庄阶上部已经出现 (庞丽波, 2011)。 *Vulpes beihaiensis* 在狐类中具有一系列近祖性状, 如门、犬齿尺寸小, 脑颅部不特别加宽, 具有残存的 P4 前附尖, 明显比现生的

沙狐(*V. corsac*)原始。*V. beihaiensis* 的标本产于榆社盆地麻则沟和张洼沟一带的麻则沟组中、下部,但具体层位并不清楚(邱占祥、Tedford, 1990)。*Pachycrocuta perrieri* 在榆社盆地出现于麻则沟组,而高庄组中是更原始的*P. pyrenaica*。*P. perrieri* 在 Villafranchian 期底界首现,年龄为 3.6 Ma,发现的地点相当广泛,包括法国的 Etouaires、St. Vallier、Senèze, 荷兰的 Tegelen, 西班牙的 Villarroya、Puebla de Valverde, 意大利的 Montopoli, 土耳其的 Gülyazi, 贯穿整个上新世。它在榆社盆地发现的最低层位年龄仅略晚,约 3.4 Ma,一直延续至上新世末期,并演化为第四纪的*P. brevirostris* (Qiu Zhanxiang, 1987)。*Anancus sinensis* 在榆社的确切记录出现于麻则沟组,但在高庄组上部可能也有,其分布范围包括河北、山西、陕西、甘肃和青海等地(陈冠芳, 1999)。*Sinocapra minor* 的化石仅产自榆社赵庄附近的麻则沟组黄色砂层中,但材料只有角心,因此其系统演化关系尚不得而知(陈冠芳, 1991)。*Antilocapra* 是一类中等大小的转角羚羊,发现于山西和河北的晚上新世和早更新世的地层中,其主要特征是头骨弯曲,脑颅部短,眶前窝大,角心外转,前棱发育,位于眼眶之上,角后窝大而深(陈冠芳、张兆群, 2009),榆社盆地麻则沟组的*Antilocapra licenti* 是其最早代表。

麻则沟动物群包含了一系列末次出现的属种,大、小哺乳动物都有代表。*Peisorex pliocaenicus* 比更新世的*P. pohaiensis* 约大 15%,其下关节突不如后者的那样靠前,下颌孔较小,额孔较靠后(Flynn、吴文裕, 1994)。*Pliopetaurista rugosa* 首现于榆社盆地的马会组,在麻则沟组绝灭,也发现于内蒙古化德早上新世的哈尔鄂博动物群(Qiu Zhuding, 1991)。*Micromys tedfordi* 在榆社盆地最早出现于高庄组,未现于麻则沟组,是该属中已知最大的种,具有一系列进步的性状,如 M1 有 5 齿根, M1 和 M2 的唇侧附尖弱或呈齿带状。*Micromys* 在榆社盆地不同层位的分布反映了这个属的演化趋向: m1 的中央小根由中央移向唇侧,齿骨上的额孔由侧方逐渐移向齿虚背面(吴文裕、Flynn, 1992)。*M. tedfordi* 在雷家河剖面约为 5.3~3.2 Ma(郑绍华、张兆群, 2001),在泥河湾出现于蔚县组(郑绍华等, 2006)。*Rhizomys shansius* 未现于麻则沟组,绝对年龄为 3 Ma(Flynn, 1993)。*Dipus fraudator* 首次出现于内蒙古二登图,也分布于哈尔鄂博,在麻则沟和甘肃合水末次出现。*Dipus* 的演化速度缓慢,自晚中新世出现以来,其牙齿的演化趋势不很明显。

地理分布似乎也没有发生显著的变化。*D. fraudator* 是中国惟一定名的三趾跳鼠化石种,另一种是现生的*D. sagitta*(李强、邱铸鼎, 2005)。*Eucyon zhoui* 和*E. davisii* 都首现于高庄组,前者可能最晚出现于麻则沟组下部,其头骨大于*E. davisii*,但似乎*E. zhoui* 出现得较早些,不过,这两个种的化石层位都不太确切(Tedford & Qiu Zhanxiang, 1996)。

在上述首现种中,它们在麻则沟阶底界之上出现的位置并不相同。在有精确层位的小哺乳动物化石中,恰好在 3.6 Ma 界线之上出现的种类是*Apodemus zhangwagouensis*,并有对应的晚中新世最晚期的更原始的谱系种(*A. qiui*),因此*A. zhangwagouensis* 的首现可以作为麻则沟阶底界的生物标志。首现位置比较接近麻则沟阶底界的小哺乳动物化石有*Ochotonoides complicidens*, *Hypolagus schreuderi* 和*Mesosiphneus praetingeri* 等,大哺乳动物化石有*Vulpes beihaiensis*, *Pachycrocuta perrieri*, *Sinocapra minor* 和*Antilocapra licenti* 等,它们都可以作为麻则沟阶底界的参考生物标志(图 3)。靠近麻则沟阶底界的末现属种,如*Pliopetaurista rugosa*, *Rhizomys shansius* 和*Micromys tedfordi* 的最高层位也可以作为参考标志。

2 麻则沟底界的古地磁标志

Tedford 等(1991)发表了榆社盆地的古地磁剖面, Flynn 等(1995)对这个剖面的对比作了修订。从马会组到海眼组的整个榆社剖面记录了 10 个正极性带和 10 个负极性带,从下到上对应于 Chron C3An. 2n 至 C2r. 2r, 年龄为 6.5~2.3 Ma。相当长的第 8 个正极性带位于麻则沟组下部,很好地对应于标准极性柱的 Chron C2An. 3n, 而其下较短的第 7 个负极性带位于麻则沟组底部,可以对比于 Chron C2Ar 的上部,即古地磁高斯期的底界位于麻则沟组下部。根据古地磁对比结果,作为麻则沟阶底界标志的 Chron C2An. 3n 底部的精确位置在榆社赵庄一大马岚剖面第 6 层麻则沟组下部紫红色黏土层中部,年龄为 3.6 Ma(图 3)。

四、麻则沟期动物和地层的对比

麻则沟动物群具有典型的上新世特点,存在许多更进步的类型。麻则沟动物群与甘肃灵台地区的任家沟动物群和雷家河 V 带动物群非常相似,拥有不少共同的成员,在大哺乳动物方面,麻则沟和任家沟动物群都有*Nyctereutes sinensis*, *Hipparion houfense*, *Paracamelus* sp., *Gazella blacki* 和

Antispira licenti (张云翔等, 1999); 在小哺乳动物方面, 麻则沟和雷家河 V 带动物群都具有 *Ochotona lagrellii*, *Ochotonoides complicidens*, *Dipus*, *Cricetulus*, *Mesosiphneus paratingi*, *Chardinomys nihowanicus* 和 *Micromys tedfordi* 等(郑绍华、张兆群, 2001)。任家沟和雷家河 V 带动物群都对应于中国的 NMU 13 或欧洲的 MN 16(郑绍华、张兆群, 2001; Deng Tao, 2006), 因此麻则沟动物群的 NMU 13 属性以及与欧洲 MN 16 的对比(Qiu Zhurding & Li Chuankui, 2003)是有更多旁证的。

在欧洲, 与麻则沟期同时的陆生哺乳动物分期为 Villafranchian 早期, 即以 MN 16 为代表, 其分布的范围相当广泛, 已经延伸到亚洲蒙古的 Shamar 和俄罗斯外贝加尔地区的 Udunga(Rook & Martinez Navarro, 2010)。与 Ruscinian 期的情况相比, 欧洲在 Villafranchian 早期的哺乳动物化石记录不算丰富, 且组成与 Ruscinian 期相似, 这种关系也表现在中国的麻则沟期与高庄期哺乳动物组成上。Villafranchian 早期的哺乳动物群以 Triversa 动物群为代表, 其成员包括 *Tapirus arvernensis*, *Mammut borsoni*, *Anancus arvernensis*, *Sus minor*, *Mesopithecus monspessulanus*, *Leptobos stenometopon*, *Stephanorhinus elatus*, *Pseudodama lyra*, *Pachycrocuta perrieri*, *Chasmaporthetes lunensis*, *Homotherium crenatidens* 和 *Sivapanthera pardinensis* 等。意大利的 Villafranchian 早期动物群分布于 Villafranca d' Asti 盆地的 Piedmont 地点, 以及托斯卡纳的西侧和南侧, 如上 Valdarno 盆地的 Santa Barbara 地点。在法国, Villafranchian 早期的化石地点以中央高地(Central Massif)的 Viallette 地点为代表。在西班牙, Villarroja 地点发现了欧洲最早的 *Megantereon cultridens* (Palmqvist et al., 2007)。这些欧洲地点与麻则沟动物群在属级水平上有许多相同的分子, 如 *Pachycrocuta*, *Chasmaporthetes*, *Homotherium*, *Sivapanthera*, *Anancus* 和 *Sus* 等。

基于哺乳动物化石组成, 其他与麻则沟动物群相当的中国晚上新世动物群还有陕西渭南的游河动物群(薛祥煦, 1981)、四川德格的汪布顶动物群(宗冠福等, 1996)、山西静乐的贺丰动物群(Teilhard de Chardin & Young, 1931; 周晓元, 1988; 陈晓峰, 1994)、河北阳原的稻地动物群(蔡保全, 1987)等。虽然中国麻则沟期的哺乳动物群不算少, 但仅在山西榆社、河北泥河湾和甘肃灵台有发育良好的穿越麻则沟阶底界的连续剖面。还有一些剖面包含了麻

则沟阶底界上下的地层, 但目前的工作程度较低, 哺乳动物生物地层学还有进一步深入研究的必要, 如西藏札达盆地、青海昆仑山口盆地、云南元谋盆地等。

泥河湾盆地的花豹沟剖面位于河北省蔚县北水泉镇西窑子村西北 1 km 处, 出露的地层下部为厚度约 5 m 的壶流河组, 岩性为深红色含角砾黏土; 上部为厚约 40 m 的蔚县组, 岩性以红色黏土为主, 夹多层砾石、砂、粉砂等透镜体。在两个组中发现的哺乳动物都相当丰富(王安德, 1982)。张兆群等(2003)根据追索对比, 认为壶流河组与蔚县组从岩性上无法分开, 应予合并, 保留蔚县组名称, 壶流河组不再存在。蔚县组中已发现哺乳动物化石至少有 20 种, 呈现为上新世哺乳动物群的面貌(李强等, 2008), 其中与高庄组共有的化石包括 *Chardina truncatus*, *Huaxiamys downsi*, *Nyctereutes sinensis*, *Canis* sp. 和 *Hipparion houfenense* 等; 与麻则沟组共有的化石包括 *Apodemus zhangwagouensis*, *Chardinomys nihowanicus*, *Canis* sp., *N. sinensis*, *Palaeotragus* sp. 和 *Gazella blacki* 等。泥河湾盆地还有多条剖面的蔚县组中产有上新世的哺乳动物化石, 包括老窝沟、洞沟、牛头山、大南沟、红崖、荒子沟、后沟、小水沟、连接沟、将军沟、台儿沟等, 整体的化石组合共包含 57 种哺乳动物, 其中小哺乳动物 46 种、大哺乳动物 11 种, 可与晚上新世麻则沟期的贺丰、麻则沟、雷家河 V 带、游河、任家沟等动物群对比, 相当于欧洲的 Villanyian 早期, 即 MN 16(李强等, 2008)。邓成龙等研究了泥河湾盆地多条剖面的磁性地层学, 在花豹沟剖面测得 3 个正向期和 3 个反向期, 将 N1~N3 分别对比于 Brunhes、Jaramillo 和 Olduvai 事件, 这样整个剖面处于第四纪内(Deng C. L. et al., 2008)。不过, 根据哺乳动物化石限定的时代, 将 N1~N3 分别对比于 Chron C2An. 1n~3n 更为合理, 这样, 花豹沟剖面的蔚县组实际上记录了整个古地磁高斯期的沉积, 作为麻则沟阶底界的高斯期底界, 即 Chron C2An. 3n 的底界位于剖面下部 1 m 处(Deng C. L. et al., 2008, fig. 7)(图 4)。这一古地磁界线在泥河湾盆地的红崖剖面也存在(Deng C. L. et al., 2008; 李强等, 2008), 而台儿沟剖面存在作为泥河湾阶底界的古地磁高斯/松山带界线(张宗祜等, 2008), 即麻则沟阶的上界。因此, 泥河湾盆地包含了完整的麻则沟阶地层。

灵台雷家河地区的新生代沉积覆盖于白垩系之上, 由三趾马红土、河湖相的雷家河组和午城黄土堆

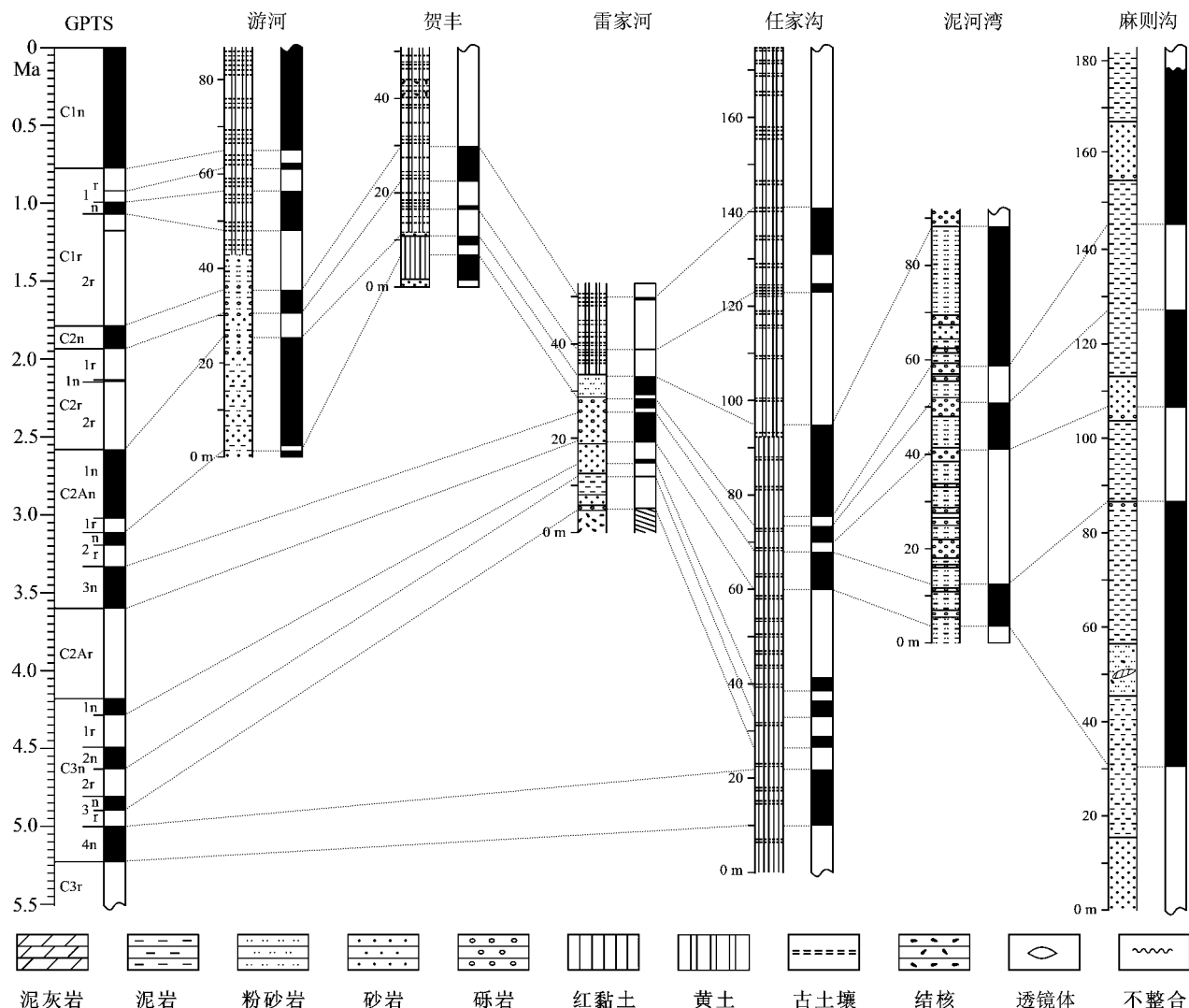


图 4 有古地磁测年数据的麻则沟阶地层剖面对比

Fig. 4 Correlation among the Mazegouan sections with paleomagnetic dating in China

积组成。这个剖面厚约 78 m, 依据小哺乳动物化石组合, 自下而上可以划分为 6 个生物地层带。根据郑绍华、张兆群(2001)的对比, 雷家河 V 带含有丰富的小哺乳动物化石, 相当于榆社麻则沟组的动物组合, 两地共有的小哺乳动物有 *Erinaceus*, *Ochotona lagrelii*, *Ochotonoides complicidens*, *Dipus*, *Cricetulus*, *Mesosiphneus paratingi*, *Chardinomys nihowanicus* 和 *Micromys tedfordi* 等, 对比于晚上新世麻则沟期的 NMU 13 或欧洲 Villanyian 期的 MN 16。其中的大哺乳动物 *Anancus sinensis* 也是榆社麻则沟期的代表性化石(陈冠芳, 2002)。根据哺乳动物化石对比, 麻则沟期的下限应在雷家河 V 带底部, 对应到地层剖面, 则麻则沟阶底界应在雷家河文王沟剖面第 13 层底部。对文王沟剖面所做古地磁的分析表明, 第 13 层的底部在高斯带的底界, 年龄为 3.58 Ma(魏兰英等, 1993; 郑绍

华、张兆群, 2001), 正是麻则沟阶的底界位置。

在灵台任家沟发育一套包含黄土—红黏土的土状堆积, 厚度逾 300 m, 上部的黄土厚 170 m, 下部的静乐红土厚 68 m、保德红土厚 58 m。张云翔等(1999)在任家沟剖面中部发现了哺乳动物化石, 包括 *Chardinomys* sp., *Nyctereutes sinensis*, *Gomphotheriidae*, *Hipparion houfense*, *Rhinocerotidae*, *Paracamelus* sp., *Gazella* sp., *G. blacki* 和 *Antilopira licenti*, 这一化石组合属于麻则沟期的 NMU 13 或欧洲 Villanyian 期的 MN 16。丁仲礼等对任家沟剖面的古地磁工作显示, 作为麻则沟阶底界的 Chron C2An. 3n 之底, 即高斯带底界存在于静乐红土中部(Ding Z. L. et al., 1999); 作为麻则沟阶顶界, 即泥河湾阶底界的古地磁高斯/松山带界线位于静乐红土顶部, 因此这条剖面包含了完整的麻则沟阶地层。任家沟地点交通方便、地层出露

完好, 沉积连续、颗粒细小, 具有进行高分辨率古地磁测年的良好条件。如果能找到更丰富的哺乳动物化石, 特别是小哺乳动物化石, 任家沟剖面将是榆社盆地之外麻则沟阶层型的又一候选或辅助剖面。

汪布顶组出露于金沙江上游、四川最西部的德格县汪布顶一带, 由一套典型的河流相沉积构成。汪布顶化石点位于金沙江东岸的高阶地上, 海拔 3700 m, 产有许多哺乳动物化石, 包括啮齿目的 *Mimomys* cf. *hengduanshanensis*, 兔形目的 *Ochotona* cf. *hengduanshanensis*, 食肉目的 *Indarctos*? sp.、*Ursus* cf. *thibetanus*、*Martes* cf. *pachygnathus*、*Meles chiai*、*Pachycrocuta licenti*、*Metailurus hengduanshanensis*、*Homotherium hengduanshanensis*、*Lynx shansius*、*Panthera pardus*、*Sivapatheria pleistocaenicus*, 蹄兔目的 *Hengduanshanhyrax tibetensis*, 奇蹄目的 *Chalicotheridae* gen. et sp. indet., 偶蹄目的 *Muntiacus lacustris*、*M. hengduanshanensis*、*Gazella* sp.、*Ovis*? sp.、*O.* cf. *shantongensis*? 和 *Spirocerus*? sp. 等(宗冠福等, 1996; 陈冠芳, 2003)。宗冠福等(1996)认为汪布顶哺乳动物群具有华北地区早更新世泥河湾动物群的面貌, 从而确定它的生存时代为早更新世。然而, 汪布顶动物群具有下列特点: 1) 缺失我国南方更新世时期大熊猫-剑齿象动物群的基本成员 *Ailuropoda* 和 *Stegodon*; 2) 存在 *Metailurus*, 而目前已知, *Metailurus* 主要的生存时代是晚中新世至上新世, 在中国最晚出现在山西榆社盆地晚上新世的麻则沟组中(Qiu Zhanxiang & Qiu Zhuding, 1995); 3) 始终未发现真马和真象化石, 这可能表明它们还没有在该动物群中出现, 而真马化石在欧亚大陆最早出现的时间不会早于距今 2.6 Ma(邓涛、薛祥煦, 1999); 4) 出现了 *Mimomys*, *Homotherium*, *Lynx* 和 *Muntiacus* 等类型, 它们是中国上新世晚期和更新世早期常见的哺乳动物类型。因此, 陈冠芳(2003)认为汪布顶动物群的时代可能为上新世晚期, 即麻则沟期。该化石地点的汪布顶组发育于古生代黑色板岩的陡崖之上, 残存面积不到 300 m², 厚度小于 16 m, 由底部的粗砾石层向上逐渐过渡为细砾及砂质黏土夹层(宗冠福等, 1996)。这样的剖面条件很难进行古地磁测年, 因此在汪布顶无法确定麻则沟阶的底界位置。

德日进与杨钟健的静乐红土剖面位于山西省静乐县段家寨乡贺丰村的小红凹。该地点的红土上覆马兰黄土, 其下依次为厚约 40 m 的午城黄土、由 9 m 红黏土和 1 m 砂层组成的静乐组、厚约 3 m 的砾

石层, 下伏侏罗系砂岩(周晓元, 1988; 岳乐平、张云翔, 1998)。静乐组的化石最早由德日进与杨钟健记述了 6 种(Teilhard de Chardin & Young, 1930, 1931), 此后周晓元(1988)又报道了新发现的小哺乳动物化石, 陈晓峰(1994)报道了大哺乳动物化石。目前经修订后的化石包括 *Ochotona* sp., *Mesosiphneus paratingi*, *Ungaromys* sp., *Arvicolidae* gen. et sp. indet., *Allocricetus* sp., *Cricetinae* gen. et sp. indet., *Chardinomys nihowanicus*, *Nyctereutes sinensis*, *Metailurus* cf. *major*, “*Elephas*” sp., *Hipparion houfenense*, *Rhinocerotidae* gen. et sp. indet., *Cervus* sp., *Antilospira licenti* 和 *Gazella blacki*, 其中不少成员都出现于榆社的麻则沟期地层中。陈晓峰(1994)对贺丰剖面做了初步的磁性地层学工作, 认为静乐组位于高斯正向期内, 年龄为 2.5~3.4 Ma。岳乐平、张云翔(1998)对贺丰剖面进行了更精细的古地磁研究, 结果显示: 静乐红土记录了高斯正极性带, 其中包括 Kaena 负极性亚带(Chron C2An.1r), 而 Mammoth 负极性亚带(Chron C2An.2r)未被记录。因此, 贺丰剖面的静乐红土的年龄为 2.5~3.0 Ma, 时代为晚上新世, 即麻则沟期。显然在这条剖面上缺失麻则沟阶的底界(Chron C2An.3n 之底)。

陕西省渭南市河西乡张家坡的游河下游一带出露一套以灰绿、灰白、青灰色砂质黏土为主, 并含有泥灰岩的地层, 原来归为早更新世的三门组下部, 被称为“绿三门”, 以区别于上部的深黄色亚黏土和亚砂土(“黄三门”)。薛祥煦(1981)在这套绿色地层中发现了以哺乳类为主的脊椎动物化石, 并将其命名为游河组, 时代定为早更新世早期。李传夔等(1984)根据中国陆相新近系所含哺乳动物化石与欧洲的对比, 厘定该组的时代为晚上新世, 与欧洲的 Villanyian 期(MN 16)相当, 并据此动物群将中国的晚上新世哺乳动物分期命名为游河期。经修订后的游河动物群包括以下成员: *Ochotonoides* cf. *complicidens*, ? *Spermophilus* sp., ? *Kowalskia* sp., *Mimomys youhenicus*, *M. orientalis*, *M. banqiaonicus*, cf. *Rattus* sp., ? *Chardinomys* sp., *Nyctereutes sinensis*, *Mammuthus rumanus*, *Hipparion houfenense*, *Rhinocerotidae* gen. et sp. indet., *Sus subtriquetra*, *Cervavitus* sp. 和 *Cervus* sp. 等(Jacobs & Li C. K., 1982)。游河组底部与下伏晚中新世蓝田组的红黏土沉积为不整合接触、与上覆的三门组(即“黄三门”)为假整合接触。岳乐平、薛祥煦(1996)发表了游河剖面的古地磁测量结果,

表明游河组记录了高斯正极性带,但最下部仅达到Kaena副极性亚带。因此,游河剖面与静乐剖面相似,底部年龄约3.0 Ma,未包含麻则沟阶底界附近的地层。

从图4可以看出,包含麻则沟阶地层的各条剖面具有相当不同的沉积速率,河湖相的榆社盆地为222 mm/ka,而土状堆积的灵台任家沟剖面只有36 mm/ka,这是与它们的沉积特征和构造位置相吻合的。处于太行山西麓的榆社盆地接受了新近纪晚期太行山快速隆起而产生的大量剥蚀产物,而处于黄土高原中心地带的灵台地区则缓慢堆积了晚中新世以来风尘来源的红黏土和黄土。游河剖面下部和泥河湾的沉积速率与榆社盆地相似,游河剖面上部和贺丰剖面与任家沟剖面的沉积速率接近。雷家河的情况则相当特别,其沉积序列为典型的河湖相,但其沉积速率(14 mm/ka)比任家沟的土状堆积还要缓慢,显然存在着频繁和强烈的侵蚀,还需要做深入的研究以便得出更精确的时代和年龄判断。

衷心感谢邱占祥院士、邱铸鼎研究员、Laurence Flynn博士在野外考察和室内研究中的大力支持与帮助。

参 考 文 献

蔡保全. 1987. 河北阳原—蔚县晚上新世小哺乳动物化石. 古脊椎动物学报, 25(2): 124-136

蔡保全. 1989. 河北阳原—蔚县晚上新世兔形类化石. 古脊椎动物学报, 27(3): 170-181

蔡保全, 郑绍华, 李 强. 2007. 蔚县盆地牛头山(铺路)剖面晚上新世/早更新世小哺乳动物. 古脊椎动物学报, 45(3): 232-245

陈冠芳. 1991. 山西榆社上新世山羊类一新属. 古脊椎动物学报, 29(3): 230-239

陈冠芳. 1997. 榆社盆地新第三纪晚期的*Gazella*羚羊. 古脊椎动物学报, 35(4): 233-249

陈冠芳. 1999. 中国北部上新世的互棱齿象(*Anancus* Aymard, 1855). 古脊椎动物学报, 37(3): 175-189

陈冠芳. 2002. 甘肃灵台雷家河新第三纪晚期的大哺乳动物组合及其时代. 古脊椎动物学报, 40(1): 70-79

陈冠芳. 2003. 四川德格上新蹄兔亚科(*Pliohyracinae*)一新属. 古脊椎动物学报, 41(3): 240-248

陈冠芳, 张兆群. 2009. 中国新近纪牛科分类及演化规律. 古脊椎动物学报, 47(4): 265-281

陈晓峰. 1994. 山西静乐县“静乐期”地层及大哺乳动物化石. 第四纪研究, (4): 339-353

崔 宁. 2003. 甘肃灵台雷家河剖面中的日进鼠(*Charadinomys*). 古脊椎动物学报, 41(4): 289-305

邓 涛, 侯素宽, 王太明, 穆永清. 2010. 中国陆相上新统高庄阶. 地层学杂志, 34(3): 225-240

邓 涛, 薛祥煦. 1999. 中国的真马化石及其生活环境. 北京: 海洋出版社. 1-158

李 强, 邱铸鼎. 2005. 对拟鼯鼠属(*Sminthoides* Schlosser)的重新认识. 古脊椎动物学报, 43(1): 24-35

李 强, 郑绍华, 蔡保全. 2008. 泥河湾盆地上新世生物地层序列与环境. 古脊椎动物学报, 46(3): 210-232

李传夔, 吴文裕, 邱铸鼎. 1984. 中国陆相新第三系的初步划分与对比. 古脊椎动物学报, 22(3): 163-178

庞丽波. 2011. 内蒙古高特格上新世三趾马化石及其意义. 古脊椎动物学报, 49(2): 210-222

邱占祥, 黄为龙, 郭志慧. 1987. 中国的三趾马化石. 中国古生物志, 新丙种, 25: 1-250

邱占祥, 邱铸鼎. 1990. 中国晚第三纪地方哺乳动物的排序及其分期. 地层学杂志, 14(4): 241-260

邱占祥, Tedford R H. 1990. 山西榆社狐化石一新种. 古脊椎动物学报, 28(4): 245-258

全国地层委员会. 2001. 中国地层指南及中国地层指南说明书(修订版). 北京: 地质出版社. 1-59

任炳辉. 1965. 陕西蒲城三趾马和古菱齿象化石. 古脊椎动物学报, 9(3): 298-301

童永生, 郑绍华, 邱铸鼎. 1995. 中国新生代哺乳动物分期. 古脊椎动物学报, 33(4): 290-314

王安德. 1982. 泥河湾地区上新世哺乳动物群的发现及其意义. 科学通报, (4): 227-229

王乃文, 何希贤. 2005. 新近系. 见: 中国地质调查局地层古生物研究中心编. 中国各地质时代地层划分与对比. 北京: 地质出版社. 523-558

魏兰英, 陈明扬, 赵惠敏, 孙继敏, 卢 逊. 1993. 雷家河上新世一晚中新世湖相地层剖面磁性地层学研究. 见: 纪念袁复礼教授诞辰100周年学术讨论会组织委员会编. 纪念袁复礼教授诞辰100周年学术讨论会论文集. 北京: 地震出版社. 63-67

吴文裕, Flynn L J. 1992. 记山西榆社晚新生代鼠科化石新属种. 古脊椎动物学报, 30(1): 17-38

薛祥煦. 1981. 陕西渭南一早更新世哺乳动物群及其层位. 古脊椎动物学报, 19(1): 35-44

杨钟健. 1936. 三门系之历史的检讨. 地质论评, 1(3): 323-330

岳乐平, 薛祥煦. 1996. 中国黄土古地磁学. 北京: 地质出版社. 1-136

岳乐平, 张云翔. 1998. 山西静乐贺丰三趾马动物群与磁性地层. 古脊椎动物学报, 36(1): 76-80

张云翔, 孙东怀, 安芷生, 薛祥煦. 1999. 甘肃灵台上新世晚期红黏土中的哺乳动物化石. 古脊椎动物学报, 37(3): 190-199

张兆群, 郑绍华, 刘建波. 2003. 泥河湾盆地上新世小哺乳动物生物地层学及相关问题讨论. 古脊椎动物学报, 41(4): 306-313

张宗祜, 闵隆瑞, 王喜生, 朱关祥, 郑绍华, 张 静, 张俊牌, 赵 华. 2008. 中国陆相第四系泥河湾阶综合研究报告. 见: 第三届全国地层委员会编. 中国主要断代地层建阶研究报告(2001~2005). 北京: 地质出版社. 1-12

郑家坚, 何希贤, 刘淑文, 李芝君, 黄学诗, 陈冠芳, 邱铸鼎. 1999. 中国地层典 第三系. 北京: 地质出版社. 1-163

郑绍华. 1997. 凹枕型鼯鼠(*Mesosiphneinae*)的进化历史及环境变迁. 见: 童永生, 张银运, 吴文裕, 李锦玲, 史立群编. 演化的实证——纪念杨钟健教授百年诞辰论文集. 北京: 海洋出版社. 137-150

- 郑绍华, 蔡保全, 李 强. 2006. 泥河湾盆地洞沟剖面上新世/更新世小哺乳动物. 古脊椎动物学报, **44**(4): 320-331
- 郑绍华, 张兆群. 2001. 甘肃灵台晚中新世—早更新世生物地层划分及其意义. 古脊椎动物学报, **39**(3): 215-228
- 周明镇, 李传夔. 1965. 陕西蓝田陈家窝中更新世哺乳类化石补记. 古脊椎动物学报, **9**(4): 377-393
- 周晓元. 1988. 山西静乐上新世小哺乳动物群及静乐组的时代讨论. 古脊椎动物学报, **26**(3): 181-197
- 宗冠福, 陈万勇, 黄学诗, 徐钦琦. 1996. 横断山地区新生代哺乳动物及其生活环境. 北京: 海洋出版社. 1-279
- Cai Baoquan. 1987. A preliminary report on the Late Pliocene micromammalian fauna from Yangyuan and Yuxian, Hebei. *Vertebrata Palasiatica*, **25**(2): 124-136
- Cai Baoquan. 1989. Fossil lagomorphs from the Late Pliocene of Yangyuan and Yuxian, Hebei. *Vertebrata Palasiatica*, **27**(3): 170-181
- Cai Baoquan, Zheng Shaohua & Li Qiang. 2007. Pliocene small mammals from the Niutoushan section of the Yuxian Basin, China. *Vertebrata Palasiatica*, **45**(3): 232-245
- Castradori D, Rio D, Hilgen F J & Lourens L J. 1998. The Global Standard Stratotype section and Point (GSSP) of the Piacenzian Stage (Middle Pliocene). *Episodes*, **21**: 88-93
- Chen Guangfang. 1991. A new genus of Caprini (Bovidae, Artiodactyla) from Upper Pliocene of Yushe, Shansi. *Vertebrata Palasiatica*, **29**(3): 230-239
- Chen Guangfang. 1997. The genus *Gazella* Blainville, 1816 (Bovidae, Artiodactyla) from the late Neogene of Yushe Basin, Shanxi Province, China. *Vertebrata Palasiatica*, **35**(4): 233-249
- Chen Guangfang. 1999. The genus *Anancus* Aymard, 1855 (Proboscidea, Mammalia) from the late Neogene of northern China. *Vertebrata Palasiatica*, **37**(3): 175-189
- Chen Guangfang. 2002. The late Neogene macromammalian assemblages from Lingtai, Gansu Province, China. *Vertebrata Palasiatica*, **40**(1): 70-79
- Chen Guangfang. 2003. A new genus of Pliohyracinae (Hyracoidae, Mammalia) from the Late Pliocene of Dege, Sichuan, China. *Vertebrata Palasiatica*, **41**(3): 240-248
- Chen Guangfang & Zhang Zhaoqin. 2009. Taxonomy and evolutionary process of Neogene Bovidae from China. *Vertebrata Palasiatica*, **47**(4): 265-281
- Chen Xiaofeng. 1994. Stratigraphy and large mammals of the "Jirglean" Stage, Shanxi, China. *Quaternary Sciences*, (4): 339-353
- Chinese Committee on Stratigraphy. 2001. Stratigraphic Guide of China and its explanation (Revised Edition). Beijing: Geological Publishing House. 1-59
- Chow Minchen & Li Chuankui. 1965. Mammalian fossils in association with the mandible of Lantian Man at Chenchiaou, in Lantian, Shensi. *Vertebrata Palasiatica*, **9**(4): 377-393
- Cui Ning. 2003. Fossil *Chardinomys* (Muridae, Rodentia, Mammalia) from Leijiahe sections, Lingtai, Gansu. *Vertebrata Palasiatica*, **41**(4): 289-305
- Deng C L, Zhu R X, Zhang R, Ao H & Pan Y X. 2008. Timing of the Nihewan formation and faunas. *Quaternary Research*, **69**: 77-90
- Deng Tao. 2005. New cranial material of *Shansirhinus* (Rhinocerotidae, Perissodactyla) from the Lower Pliocene of the Linxia Basin in Gansu, China. *Geobios*, **38**: 301-313
- Deng Tao. 2006. Chinese Neogene mammal biochronology. *Vertebrata Palasiatica*, **44**(2): 143-163
- Deng Tao, Hou Shikuan, Wang Taiping & Mu Yongqing. 2010. The Gaozhuangian Stage of the continental Pliocene Series in China. *Journal of Stratigraphy*, **34**(3): 225-240
- Deng Tao & Xue Xiangxi. 1999. Chinese fossil horses of *Equus* and their environment. Beijing: China Ocean Press. 1-158
- Ding Z L, Xiong S F, Sun J M, Yang S L, Gu Z Y & Liu T S. 1999. 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. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **152**: 49-66
- Flynn L J. 1993. A new bamboo rat from the Late Miocene of Yushe Basin. *Vertebrata Palasiatica*, **31**(2): 95-101
- Flynn L J, Qiu Z X, Opdyke N D & Tedford R H. 1995. Ages of key fossil assemblages in the late Neogene terrestrial record of northern China. *Geochronology Time Scales and Global Stratigraphic Correlation, SEPM Special Publication*, **54**: 365-373
- Flynn L J & Wu Weiyu. 1994. Two new shrews from the Pliocene of Yushe Basin, Shanxi Province, China. *Vertebrata Palasiatica*, **32**(2): 73-86
- Flynn L J, Wu W Y & Downs W R. 1997. Dating vertebrate microfaunas in the late Neogene record of northern China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **133**: 227-242
- Jacobs L L & Li C K. 1982. A new genus (*Chardinomys*) of murid rodent (Mammalia, Rodentia) from the Neogene of China, and comments on its biography. *Geobios*, **15**: 255-259
- Jen P H. 1965. Mammalian fossils from an upper Cenozoic section at Puchen, Shensi. *Vertebrata Palasiatica*, **9**(3): 298-301
- Li Chuankui, Wu Weiyu & Qiu Zhiding. 1984. Chinese Neogene: subdivision and correlation. *Vertebrata Palasiatica*, **22**(3): 152-157
- Li Qiang & Qiu Zhiding. 2005. Restudy in *Sminthoides* Schlosser, a fossil genus of three-toed jerboa from China. *Vertebrata Palasiatica*, **43**(1): 24-35
- Li Qiang, Zheng Shaohua & Cai Baoquan. 2008. Pliocene biostratigraphic sequence in the Nihewan Basin, Hebei, China. *Vertebrata Palasiatica*, **46**(3): 210-232
- Palmqvist P, Torregrosa V, Pérez Claros J A, Martínez Navarro B & Turner A. 2007. A reevaluation of the diversity of *Megarterion* (Mammalia, Carnivora, Machairodontinae) and the problem of species identification in extinct carnivores. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **27**: 160-175
- Pang Libo. 2011. Fossils of Pliocene *Hipparion* (Equidae, Perissodactyla) from Gaotege locality, Nei Mongol (Inner Mongolia) and their implications. *Vertebrata Palasiatica*, **49**(2): 210-222

- Qiu Zhaixiang. 1987. Die Hyaeniden aus dem Ruscinium und Villafranchium Chinas. *Münchner Geowissenschaftliche Abhandlungen*, **9**: 1-109
- Qiu Zhaixiang, Huang Weilong & Guo Zhihui. 1987. The Chinese hipparionine fossils. *Palaeontologia Sinica* (New Series C), **25**: 1-250
- Qiu Zhaixiang & Qiu Zhurding. 1990. Neogene local mammalian faunas: succession and ages. *Journal of Stratigraphy*, **14**(4): 241-260
- Qiu Zhaixiang & Qiu Zhurding. 1995. Chronological sequence and subdivision of Chinese Neogene mammalian faunas. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **116**: 41-70
- Qiu Zhaixiang, Qiu Zhurding, Deng Tao, Li C K, Zhang Z Q, Wang B Y & Wang X M (in press). Chinese Neogene land mammal ages and biochronology. In: Wang X M, Flynn L J & Fortelius M eds. *Asian Mammal Biostratigraphy and Geochronology*. New York: Columbia University Press
- Qiu Zhaixiang & Tedford R H. 1990. A Pliocene species of *Vulpes* from Yushe, Shanxi. *Vertebrata Palasiatica*, **28**(4): 245-258
- Qiu Zhurding. 1991. The Neogene mammalian faunas of Ertemte and Har Obo in Inner Mongolia (Nei Mongol), China. 8. *Sciuridae* (Rodentia). *Senckenbergiana Lethaea*, **71**: 223-255
- Qiu Zhurding & Li Chuankui. 2003. Rodents from the Chinese Neogene: biogeographic relationships with Europe and North America. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, **279**: 586-602
- Rio D, Sprovieri R, Castradori D & Di Stefano E. 1998. The Gelasian Stage (Upper Pliocene): a new unit of the global standard chronostratigraphic scale. *Episodes*, **21**: 82-87
- Rook L & Martinez Navarro B. 2010. Villafranchian: the long story of a Plior Pleistocene European large mammal biochronologic unit. *Quaternary International*, **219**: 134-144
- Steininger F F, Berggren W A, Kent D V, Bernor R L, Sen S & Agustí J. 1996. Circum-Mediterranean Neogene (Miocene and Pliocene) marine continental chronologic correlations of European mammal units. In: Bernor R L, Fahlbusch V & Mittmann H-W eds. *The evolution of Western Eurasian Neogene Mammal Faunas*. New York: Columbia University Press. 7-46
- Tedford R H & Qiu Zhaixiang. 1996. A new canid genus from the Pliocene of Yushe, Shanxi Province. *Vertebrata Palasiatica*, **34**(1): 27-40
- Tedford R H, Flynn L J, Qiu Z X, Opdyke N D & Downs W R. 1991. Yushe Basin, China: paleomagnetically calibrated mammalian biostratigraphic standard from the late Neogene of eastern Asia. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **11**: 519-526
- Teilhard de Chardin P. 1940. The fossils from Locality 18 near Peiking. *Palaeontologia Sinica* (New Series C), **9**: 1-94
- Teilhard de Chardin P & Young C C. 1930. Preliminary observations on the pre-Loessic and post-Pontian formations in western Shansi and northern Shensi. *Memoir of the Geological Survey of China* (Series A), **8**: 1-54
- Teilhard de Chardin P & Young C C. 1931. Fossil mammals from the Late Cenozoic of northern China. *Palaeontologia Sinica* (Series C), **9**(1): 1-89
- Tong Yongsheng, Zheng Shaohua & Qiu Zhurding. 1995. Cenozoic mammal ages of China. *Vertebrata Palasiatica*, **33**(4): 290-314
- Wang An de. 1982. Discovery of the Pliocene mammalian fauna from Nihewan and its implication. *Chinese Science Bulletin*, (4): 227-229
- Wang Nanwen & He Xixian. 2005. Neogene System. In: Centre for Stratigraphy and Palaeontology, China Geological Survey ed. *Stratigraphic division and correlation of each geologic period in China*. Beijing: Geological Publishing House. 523-558
- Wei Laiying, Chen Mingyang, Zhao Huimin, Sun Jimin & Lu Xun. 1993. Magnetostratigraphic study on the Late Miocene Pliocene lacustrine sediments near Leijiahe. In: *Monograph of the Meeting in Honor of Prof. Yuan Fuli on the Hundredth Anniversary of His Birth*. Beijing: Seismological Publishing House. 63-67
- Wu Wenyu & Flynn L J. 1992. New murid rodents from the late Cenozoic of Yushe Basin, Shanxi. *Vertebrata Palasiatica*, **30**(1): 17-38
- Xue Xiangxi. 1981. An Early Pleistocene mammalian fauna and its stratigraphy of the River You, Weinan, Shensi. *Vertebrata Palasiatica*, **19**(1): 35-44
- Young C C. 1936. Review for the history of the Sanmen Series. *Geological Review*, **1**(3): 323-330
- Yue Leiping & Xue Xiangxi. 1996. Palaeomagnetism of Chinese Loess. Beijing: Geological Publishing House. 1-136
- Yue Leiping & Zhang Yurxiang. 1998. *Hipparion* fauna and magnetostratigraphy in Hefeng, Jingling, Shanxi Province. *Vertebrata Palasiatica*, **36**(1): 76-80
- Zazhigin V S. 1980. Late Pliocene and Anthropogene rodents of the south of Western Siberia. *Trans Acad Sci USSR*, **339**: 3-155 (in Russian)
- Zhang Yurxiang, Sun Donghuai, An Zhiheng & Xue Xiangxi. 1999. Mammalian fossils from Late Pliocene (lower MN 16) of Lingtai, Gansu Province. *Vertebrata Palasiatica*, **37**(3): 190-199
- Zhang Zhaohui, Zheng Shaohua & Liu Jianbo. 2003. Pliocene micromammalian biostratigraphy of Nihewan Basin, with comments on the stratigraphic division. *Vertebrata Palasiatica*, **41**(4): 306-313
- Zhang Zonghu, Ming Longrui, Wang Xisheng, Zhu Guangxiang, Zheng Shaohua, Zhang Jing, Zhang Junpai & Zhao Hua. 2008. Comprehensive research report on the terrestrial Quaternary Nihewanian Stage of China. In: Third China National Commission on Stratigraphy ed. *Reports on Establishing the Major Stages of Stratigraphy in China (2001-2005)*. Beijing: Geological Publishing House. 1-12
- Zheng Jirjian, He Xixian, Liu Shurwen, Li Zhijun, Huang Xueshi, Chen Guangfang & Qiu Zhurding. 1999. Chinese stratigraphical Thesaurus, Tertiary. Beijing: Geological Publishing House. 12-163
- Zheng Shaohua. 1997. Evolution of the Mesosiphneinae (Siphon

dae, Rodentia) and environmental change. In: Tong Yongsheng, Zhang Yin2yun, Wu Wen2yu, Li Jie2ling & Shi Li2qun eds. Evidence for Evolution: Essays in Honor of Prof. Chun2gchian Young on the Hundredth Anniversary of His Birth. Beijing: China Ocean Press. 1372150

Zheng Sha2hua, Cai Ba2quan & Li Qiang. 2006. The Pli2Pleistocene small mammals from Donggou section of Nihewan Basin, Hebei, China. *Vertebrata Palasiatica*, **44**(4): 320331

Zheng Sha2hua & Zhang Zhao2qun. 2001. Late Miocene2Early Pleistocene biostratigraphy of the Leijiahe area, Lingtai, Gansu. *Vertebrata Palasiatica*, **39**(3): 212228

Zhou Xia2yuan. 1988. The Pliocene micromammalian fauna from Jingle, Shanxi: a discussion of the age of Jingle Red Clay. *Vertebrata Palasiatica*, **26**(3): 182197

Zong Guan2fu, Chen Wan2yong, Huang Xu2shi & Xu Qin2qi. 1996. Cenozoic mammals and environment of Hengduan Mountains Region. Beijing: China Ocean Press. 2279

THE MAZEGOUAN STAGE OF THE CONTINENTAL PLIOCENE SERIES IN CHINA

DENG Tao and HOU Su2kuan

Key Laboratory of Evolutionary Systematics of Vertebrates, Institute of Vertebrate Paleontology and
Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044

Abstract The chronostratigraphic unit, Mazegouan Stage, is one of the two stages of the Chinese Pliocene Series, representing the continental Upper Pliocene. It was formally nominated by the Second China National Commission on Stratigraphy in 1999, corresponding to the Mazegouan Age. The name "Mazegou" is derived from the lithostratigraphic unit Mazegou Formation, and its typical section is located at Zhao2zhuang2Damalan in Yuncu Town, Yushe County, Shanxi Province. The Mazegouan Stage is correlated to the marine Piacenzian Stage in the International Stratigraphical Chart, and they share the same definition of the lower boundary at the base of the paleomagnetic Chron C2An.3n, i.e., the base of the Gauss epoch, with an age of 3.6 Ma. At the Zhao2zhuang section in the Yushe Basin, this boundary is situated in the middle part of the purple clays of the Mazegouan Formation at Bed 6 of this section, marked by the first appearance of the rodent *Apodemus zhongwagouensis*. The Mazegouan Age is correlated to the early Villanyian age or the early Villafranchian age of the European land mammal ages, and it includes a Neogene mammal faunal unit, i.e., NMU 13, corresponding to the European MN 16. The Mazegouan fauna from the Yushe Basin belongs to NMU 13. Among the Pliocene mammalian faunas in China, the Renjiagou fauna and Leijiahe fauna V from the Lingtai, Gansu, the Daodi fauna from Yangyuan, Hebei, the Youhe fauna from Weinan, Shaanxi, the Hefeng fauna from Jingle, Shanxi, and the Wangbuding fauna from Dege, Sichuan also belong to NMU 13. The Huabaogou section of the Nihewan Basin in Hebei is a supplementary candidate stratotype of the Mazegouan Stage.

Key words chronostratigraphy, terrestrial deposit, stratotype, mammal fauna, Mazegouan Stage, Pliocene, China