

# 新近系保德阶建阶研究新进展

邓涛<sup>1)</sup> 王伟铭<sup>2)</sup> 岳乐平<sup>3)</sup> 张云翔<sup>3)</sup>

(1) 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所 北京 100044;

2) 中国科学院南京地质古生物研究所 江苏南京 210008; 3) 西北大学地质系 陕西西安 710069)

**摘要:** 根据与古地磁极性年表的对比,山西保德冀家沟剖面含保德动物群的保德组上界年龄为 5.30Ma, 底界年龄不超过 10Ma, 其红黏土的底界为 8Ma, 显示该剖面不存在定义的保德阶 11.2Ma 的下界, 也没有保存保德阶下部的沉积。《国际地层指南》提倡用选择下界的界线层型来确定年代地层单位, 其上界应该由后续单位的下界来确定。冀家沟剖面显然不具备保德阶的下界, 但甘肃临夏盆地郭泥沟剖面含三趾马动物群的红黏土之下还有发育的中中新世沉积出露, 因此, 后一个地点应存在保德阶的下界, 并有保德阶最底部的化石和适合于作古地磁分析的沉积物, 所以临夏盆地是一个有可能建立保德阶下界界线层型的有利地点。

**关键词:** 保德阶, 建阶, 研究进展, 新近系

中图法分类号: P 534.62 文献标识码: A 文章编号: 0253-4959(2004)01-0041-07

在中国, 三趾马动物群是古生物学研究中的第一个大型化石动物群, 对它的研究标志着中国古脊椎动物学的诞生。山西保德是中国三趾马动物群的代表性地点, 发现于上个世纪 20 年代, 在世界古生物学界享有盛名。Zdansky (1923) 在保德县冀家沟一带和河曲县南沙洼等地将一套产三趾马化石的红色土状堆积称之为“三趾马红土或三趾马层”, 时代定为上新世; 同时, 他将在保德县芦子沟出露的, 位于“三趾马红土”之下的一套河湖相沉积物命名为“芦子沟系”或“芦子沟砾岩”并划入中新统。德日进和杨钟健 (Teilhard & Young, 1930) 认为芦子沟系是三趾马红土的底砾层, 它们属同一时代的不同相。裴文中等 (1963) 仍将“三趾马红土”和“芦子沟系”作为两个不同的地层单元处理, 并首次将前者称为“保德阶”。然而, 当时的“保德阶”的概念与现代地层学的“阶”的定义相去甚远。最近, 在全国地层委员会的倡议和资助下, 我们开展了建立符合现代地层学规范的“保德阶”的尝试。

## 一、剖面选择

山西省区调队在 1978 年对保德地区进行调查, 重新厘定了新生代晚期地层, 在上新统内确切地分出了下部的“保德组”和上部的“静乐组”, 保德组包含了原芦子沟系和三趾马红土下部。至今, 这一组名仍沿用于山西北部和中部的广大地区。

Zdansky (1923) 命名保德“三趾马红土”的地点主要在山西省保德县的冀家沟、戴家沟和岳家里。戴家沟剖面出露不太好, 岳家里剖面由于水土改造早已湮灭; 冀家沟南北长 4.8km, 东西宽 4km, 系黄土高原被河流切割而成, 保德组在沟中出露完好, 其下为石炭纪煤系。Zdansky 在冀家沟并没有一条具体的剖面, 而是有一系列在冀家沟内的地点, 如 43 地点桑家梁沟、49 地点杨木沟、108 地点陈家卯沟和 110 地点王家梁沟等。为了保持剖面的传统性和连续性, 我们在冀家沟村南主沟谷南侧支沟中 (地理坐标 39°00'10.5"N, 111°09'48.5"E) 选择了一条连续且出露完好的剖面进行研究 (岳乐平等, 2004)。该剖面上留有 Zdansky 等当年采集化石的坑道遗迹, 当地老乡现仍然在同一层位上挖掘“龙骨”。该剖面有两个哺乳动物化石层: 下层位于上 (第 10 层)、下 (第 8 层) 砾石层之间第 9 层红黏土中, 下化石层含有丰富的大唇犀 (*Chilotherium*), 并有较多的三趾马 (*Hipparion*)、萨摩麟 (*Samotherium*) 及羚羊 (*Gazella*) 等; 上化石层位于该剖面第 11 层的红黏土中, 化石较少, 上化石层以含丰富的鹿科化石为特点。我们还在剖面上以平均约 20cm 的间距采集了孢粉样品。

## 二、化石组合

保德三趾马红土中的哺乳动物化石从二十世纪

全国地层委员会中国新近系地层建阶研究项目 (批准号: No. 14)、中国科学院知识创新工程项目 (批准号: KZCX2-103)、国家自然科学基金重点项目 (批准号: 40232023) 和全国优秀博士论文作者专项基金 (批准号: RJZ2001-105) 资助。

文稿接受日期: 2003-09-28; 修改稿收到日期: 2003-10-10。

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、生物地层和环境演变研究。

20 年代以来已被详细研究, 包括食肉目 (Zdansky, 1924)、长鼻目 (Hopwood, 1935)、犀科 (Ringstrom, 1924)、三趾马 (Sefve, 1927)、猪科 (Pearson, 1928)、长颈鹿科 (Bohlin, 1926)、洞角类 (Bohlin, 1935) 等以及 Teilhard 和 Young (1931) 的综合研究。自 20 年代以后虽然对中国的三趾马动物群又有许多重要的发现, 但并未在保德进行过大规模的发掘, 只是对保德的材料作一些修订, 特别是三趾马 (Forsten, 1985; 邱占祥等, 1987; Bernor *et al.*, 1990)。

通常描述的保德三趾马动物群中并不仅仅包括保德地点的化石, 还有河南新安等地的材料。冀家沟剖面已知的哺乳动物化石包括: 啮齿目的师氏中华河狸 (*Sinocastor zdanskyi*), 食肉目的原始扁鼻犬 (*Sinocyon aff. primigenius*)、拉氏印度熊 (*Indactos lagrelii*)、中华印度熊 (*I. sinensis*)、长颌中华貂 (*Sinictis dolichognathus*)、古中华貂 (*Mustela palaeosinensis*)、小原臭獾 (*Procyon minor*)、短颌近狼獾 (*Plesiogulo brachygnathus*)、似无爪水獭 (*Lutra aonychoidea*)、中华副美洲獾 (*Parataxidea sinensis*)、粗壮副美洲獾 (*P. crassa*)、大密齿獾 (*Melodon majori*)、疑密齿獾 (? *M. incertum*)、原臭鼬 (*Pramphitid cf. maotica*)、维氏始蜜獾 (*Eumelivora wimani*)、中华鼬鬣狗 (*Ictitherium sinensis*)、高氏鼬鬣狗 (*I. gaudryi*)、翁氏黑海鬣狗 (*Thalassictis wongii*)、鬣形兽 (*Hyaenictitherium hyaenoides*)、变异副鬣狗 (*Adcrocuta variabilis*)、疑狼鬣狗 (? *Lycyaena dubia*)、巴氏剑齿虎 (*Machairodus palanderi*)、丁氏剑齿虎 (*M. tingii*)、大后猫 (*Metailurus major*)、小后猫 (*M. minor*)、长鼻目的保德四棱齿象 (*Tetralophodon exoletus*)、奇蹄目的林氏额鼻角犀 (*Dicerorhinus ringstrami*)、哈氏大唇犀 (*Chilotherium habereri*)、安氏大唇犀 (*C. anderssoni*)、古中华无鼻角犀 (*Acerorhinus palaeosinensis*)、拉氏中华板齿犀 (*Sinotherium lagrelii*)、浅窝三趾马 (*Hipparion hippidiodus*)、膜鼻三趾马 (*H. dematorhinum*)、窝孔三趾马 (*H. fossatum*)、圆尖三趾马 (*H. plocodus*)、福氏三趾马 (*H. forsternae*)、偶蹄目的斯氏弓颌猪 (*Chleuastochoerus stehlini*)、大弱獠猪 (*Microstonyx major*)、似猪兽原河猪 (*Propotamochoerus hyotherioides*)、新罗斯祖鹿 (*Cervoceros novorossiae*)、宽额原狗 (*Procapreolus latifrons*)、小齿古麟 (*Palaeotragus microdon*)、腔额古麟 (*P. cf. coelophryx*)、萨摩麟 (*Samotherium sp.*)、舒氏河南兽 (*Honanotherium schlosseri*)、中间

乌米兽 (*Uromiatherium intermedium*)、戴氏近旋角羊 (*Plesiaddax depereti*)、显羊角羚牛 (*Tragocerus spectabilis*)、保德羚羊 (*Gazella paodehensis*)、似瞪羚羊 (*G. dorcadoides*)、高冠羚羊 (*G. altidensis*)、拉氏山羚羊 (? *Tragoreas lagrelii*)、安氏山羚羊 (? *T. anderssoni*)、古中华山羚羊 (? *T. palaeosinensis*)、维氏中华羚 (*Sinotragus wimani*)、小副原大羚 (*Paraprotoryx minor*)、中华古大羚 (*Palaeoryx sinensis*) 等。

保德组还富含鱼类、介形类、软体动物类以及孢粉等化石。介形类有土星介 (*Ilyocypris*)、球星介 (*Cycloocypris*)、金星介 (*Cypris*)、美星介 (*Cyprinotus*)、小玻璃介 (*Candoniella*) 和玻璃介 (*Candona*) 等。孢粉以被子植物为主, 裸子植物含量低; 阔叶树以榆 (*Ulmus*) 为主, 次有桦 (*Betula*)、栎 (*Quercus*)、鹅耳枥 (*Carpinus*)、榛木 (*Corylus*) 和枫香 (*Liquidambar*) 等, 针叶树以云杉 (*Picea*) 占多数; 草本植物有藜 (*Chenopodiaceae*)、蒿 (*Artanisia*)、菊 (*Compositae*) 等, 反映当时该地为相对温凉湿润气候条件下的森林、灌丛和草原混交景观。

### 三、古地磁记录

我们在冀家沟剖面以 20cm 左右的间距采集了古地磁样品, 根据与古地磁极性年表 (Cande & Kent, 1995) 作了对比, 冀家沟剖面记录了 13 个正极性段与 12 个负极性段。上部黄土显示了正极性, 记录了高斯正极性带的一部分。该剖面黄土底部与红土顶部均有缺失, 黄土与红土之间为假整合接触。剖面的第 13 层与 12 层红色黏土 (1—15.4m) 记录了 7 个正极性段与 6 个负极性段, 年龄约为 2.60—5.30Ma, 因此该段地层的时代相当于榆社期。另一方面, 第 13 层与 12 层所代表的静乐组在本剖面的厚度不大, 顶部明显有缺失, 所以其保留的地磁极性变化与标准极性柱对比有些差异。剖面的第 11 层红色黏土 (15.4—26.1m) 记录了 2 个正极性段与 3 个负极性段, 分别为 C3r, C3An.1n, C3An.1r, CAn.2n 及 C3Ar 上部, 年龄约 5.30—6.60Ma。第 11 层顶部的化石层记录了 C3r 上部, 年龄 5.50Ma 左右。剖面的第 9 层至第 3 层 (26.1—54.0m) 记录了 3 个正极性段与 3 个负极性段, 年龄约为 6.60—8.00Ma。其中第 9 层的化石层对应于 C3Ar, 年龄约 6.50—7.00Ma。由于第 4、8、10 层为砾石层, 没有取样, 可能遗漏了 1—2 个短暂的极性段, 但是 C4n.2n 与 C3An.2n 两个长极性段被记录了下来, 在与标准极性年表对比中成为标志。剖面最底部的砾石层胶结

坚硬且不含砂泥岩夹层, 无法取样作磁性测量, 按照上部地层砾石层沉积速率估算, 15m 厚的砾石层沉积时间不会超过 2Ma。综上所述, 冀家沟红黏土底界年龄约为 8Ma, 剖面新近系的底界年龄不会超过 10Ma。

原来的上新统榆社阶的年龄为 5.3—2.5Ma (童永生等, 1995), 现将榆社阶分割为下上新统的高庄阶和上上新统的麻则沟阶以后, 实际上高庄阶的下界即是上新统的下界。根据保德冀家沟剖面古地磁测量结果, 显示该剖面上部沉积了高庄期的地层, 并存在其下界。换句话说, 冀家沟剖面存在保德阶的上界, 即保德阶的上部地层是完整的。

在保德地区众多的三趾马动物群化石地点中, 戴家沟和冀家沟可作为典型代表。冀家沟的主要含化石层位是下化石层, 位于剖面的第 9 层。Zdansky 所记述的 30 地点戴家沟与冀家沟仅一梁之隔, 直线距离约 2km, 通过追踪对比, 戴家沟地点的化石层可与冀家沟的下化石层位直接对比。此次的古地磁测定证明下化石层的红色黏土记录了 C3Ar, C3Bn, 古地磁年龄应当在 6.5—7.0Ma 之间。冀家沟剖面上化石层以含丰富的鹿科化石为特点, 相当于 Zdansky 所记述的 49 地点杨木沟的层位。上化石层位于第 11 层顶部, 相当于 C3r 的上部, 年龄 5.5Ma 左右。在冀家沟剖面上化石层比下化石层高出大约 15m 左右, 二者古地磁年龄相差 1.0—1.5Ma, 这一现象与府谷老高川三趾马动物群化石地点的情况相似 (薛祥煦等, 1995), 只是在老高川剖面上, 上述二层位间的间距更大一些。

#### 四 讨 论

哺乳动物演化迅速的特点已被证明是划分新生代陆相地层的有效证据, 含哺乳动物化石的陆相沉积的地层学也取得了长足的进步, 特别是在新近纪方面。在北美建立了陆生哺乳动物期 (land mammal age) (Tedford *et al.*, 1987), 而在欧洲, 现在不仅建立了一些陆生哺乳动物期, 而且还根据哺乳动物群的进化阶段提出类似于“生物带”的部分哺乳动物年代“带”(MN zonation) 的划分方案 (Mein, 1989)。此外, 类似的陆生哺乳动物期在南美大陆也已建立了起来。

我国的新近纪地层以陆相沉积为主, 但其生物地层工作在 1978 年以前更侧重于对化石的描述, 哺乳动物群的排序工作并没有得到应有的重视, 其他门类化石也只是限于地方性报道。Chiu C. S. 等 (1979) 回顾总结了我国新近纪哺乳动物群的研究工

作, 首次提出了这些动物群的年代排序方案。李传夔等 (1984), Qiu Z. X. (1989), 邱占祥等 (1990), 童永生等 (1995) 和 Qiu Z. X. 等 (1999) 相继建立了中国新近纪哺乳动物期的划分方案。然而被排序的动物群中仅有不到一半是以地层实体为基础的, 最重要和最多样化的动物群组合却经常是彼此孤立的, 化石在年代表中的相对位置只能根据动物群中各分类单元的系统发育关系来确定。

实际上, 中国比欧洲更具备建立精确的生物地层层序的条件 (Tedford, 1995), 因为欧洲新近纪的陆相盆地沉积不那么发育, 很多著名的哺乳动物群均发现于裂隙堆积中。根据现代地层学的原理, “期”是与年代地层单位“阶”对应的地质年代单位, 因此将中国新近纪的哺乳动物“期”转换为相应的“阶”似乎是顺理成章的。然而, 这些所谓的“阶”离现代地层学的要求还有很大的距离, 因为这些“阶”尽管都有对应的剖面, 但并没有按《国际地层指南》的要求建立相应的界线层型并测定其准确的绝对年龄数据。由于缺乏测年材料, 因此中国的新近纪生物年代代表与国际地质年表的直接关系无法确定, 所以绝对年龄的测定对于阶的建立至关重要。由于进行同位素年龄测定的材料较少, 目前在中国新近纪研究中最广泛应用的时间标尺是磁性地层学。

李传夔等 (1984) 以保德三趾马动物群命名了保德期, 童永生等 (1995) 进一步阐明了该期的特征: 啮齿目中的鼠形类占绝对统治地位, 新生代晚期广泛分布的鼠科 (Muridae) 崛起, 现代分布在我国北方的鼯鼠科 (Siphneidae) 及南方的竹鼠科 (Rhizomyridae) 和豪猪科 (Hystricidae) 也在这一时期出现; 食肉目中的鼬科 (Mustelidae)、鬣狗科 (Hyaenidae) 和猫科 (Felidae) 开始繁盛; 长鼻目进一步多样化; 奇蹄目以三趾马属 (*Hipparion*) 和大唇犀属 (*Chilotherium*) 占优势, 爪兽科和獾科趋于衰落; 反刍类和其他偶蹄类更加蓬勃发展。一个在高阶元组成上与现代哺乳动物相似的格局已经形成。大量的新属出现, 如 *Sinocastor*, *Kowalskia*, *Sinocricetus*, *Eozapus*, *Lophocricetus*, *Apodemus*, *Ailopus*, *Ochotona*, *Mustela*, *Machairodus*, *Tetralophodon*, *Stegodon*, *Hipparion*, *Chleuastochoerus*, *Cervavitus*, *Honanotherium*, *Gazella* 等。

李传夔等 (1984) 将保德期与欧洲 Turolian 期或 MN 11—13 对比, 时代定为晚中新世。邱占祥等 (1990) 认为李传夔等 (1984) 原定的灞河期与保德期在哺乳动物组成上缺乏明显的分期特征, 应归入保德期。童永生等 (1995) 采用了这个观点, 将保德期对

应于欧洲的 Vallesian 期和 Turolian 期的总和。全国地层委员会(2001)编撰的《中国地层指南(修订版)》所附的“中国区域年代地层(地质年代)表”中根据与哺乳动物分期对应的原则将中国中新统的最上部一个阶命名为保德阶。根据童永生等(1995)表述的保德期的定义,则保德阶代表了中国的整个上中新统,其下界年龄即相当于欧洲 Vallesian 期的下界,被确定为 12Ma。但 Rio 等(1996)提出晚中新世的下界年龄应与 Tortonian 期的下界一致,而这个界线的年龄按照 Berggren 等(1995)的工作应为 11.2Ma。因此, Qiu Z X. 等(1999)也将中国晚中新世的下界年龄修改为 11.2Ma,相应地保德阶的下界年龄应为 11.2Ma。

童永生等(1995)的保德期中包括了柴达木、灞河、禄丰、保德和二登图 5 个代表性动物群以及阿木乌苏、布隆、吉隆、松山和庆阳 5 个相关动物群。在他们的对比中,柴达木、灞河、禄丰、阿木乌苏和布隆约相当于欧洲的 Vallesian 期,而保德、二登图、吉隆、松山和庆阳约相当于欧洲的 Turolian 期。Qiu Z X. 等(1999)将上述动物群与欧洲的 MN 9 至 MN 13 对比。

在欧洲, Vallesian 期包含了 MN 9 和 MN 10 带, Turolian 期包含了 MN 11 至 MN 13 带。MN 9 带下限的定义是 *Hipparion* 的首次出现,但保德的 *Hipparion* 在中国并不是首次出现。中国最早的 *Hipparion* 可能是在甘肃临夏盆地东乡发现的 *H. dongxiangense* (邱占祥等, 1998)。Bohlin (1937) 报道的柴达木动物群中大量的安琪马动物群的残存分子和最早的三趾马动物群的分子共生,也可能代表中国三趾马动物群的最早层位(邱占祥等, 1990)。Qiu Z D. (1988) 报道的阿木乌苏动物群中也含有安琪马和三趾马,可能也是中国最早三趾马地点之一。上述 3 个地点的整个动物群组成都远比保德的原始,因此在保德地区没有沉积含中国最早 *Hipparion* 出现的地层。不仅如此, *Dinocrocuta gigantea* 似乎是亚洲早期三趾马动物群的特征类型,在灞河、临夏和府谷都有发现(刘东生等, 1978; 邱占祥等, 1988; 张云翔等, 1996), 它在外高加索和东特提斯地区也出现在 MN 10 带,而在保德地区冀家沟下层的动物群中也没有出现 *Dinocrocuta gigantea*。因此,保德可能缺失了晚中新世早期含相当于 Vallesian 期动物群的沉积,即保德地区含哺乳动物化石的红黏土部分不包含保德阶下部沉积。实际上,保德地区的三趾马动物群仅与欧洲晚中新世晚期的 Turolian 动物群相当。在欧洲 MN 11 带首次出现的 *Hyaenic-*

*titherium*、*Metailurus*、*Eumellivora*、*Tragoreas*、*Gazella* 和 *Cervocerus* 在保德动物群中已相当丰富,因此保德动物群应比 MN 11 带还要晚。MN 11 带的下界年龄,即 Turolian 期的下界年龄据估计为 8Ma (Dam, 1997) 或约 9Ma (Bernor 等, 1996)。在欧洲 MN 12 带首次出现的 *Chilotherium* 在保德动物群中占绝对优势,但并不是中国最原始的类型,在府谷和临夏出现的 *Ch. winani* 就比保德的 *Ch. anderssoni* 和 *Ch. habereri* 原始(邓涛, 2001a, c)。MN 12 带的下界年龄据估计为 7.5Ma,而我们此次测定的冀家沟下化石层的年龄为 6.5—7Ma,这与动物群之间的对比吻合。冀家沟剖面的上化石层古地磁年龄约为 5.5Ma,已在 MN 13 的范围之内(Steininger, 1999; Mein, 1999)。冀家沟剖面保德组的最上部一层红黏土,即第 11 层的顶部年龄为 5.3Ma,这正是 MN 13 带的结束年龄,也是上新世的下界年龄。因此,冀家沟剖面沉积了保德阶上部的完整地层。现代地层学的原则不要求建立阶的顶界层型,其年龄应以其上一个阶的下界年龄为准。

Qiu Z X. 等(1999)认为,保德动物群与 Maragha, Pikemi 和 Samos 等经典的三趾马动物群相当。Maragha 的年龄为 9.0—7.6Ma (MN 11 到 MN 12 中期), Samos 的年龄为 7.2—7.0Ma (MN 12 晚期) (Bernor *et al.*, 1996)。冀家沟第 9 层的化石层对应于 C3Ar, 年龄大约 6.5—7.0Ma。我们此次的古地磁测年工作证明上述判断是完全正确的。从年龄上看,保德动物群与 Samos 动物群接近。MN 12 带的下界为 C4n<sub>2n</sub> 的底界,年龄为 8Ma, 上界为 C3An<sub>2n</sub> 的底界,年龄为 6Ma。所以,冀家沟剖面的下化石层无论从动物群面貌和年龄上来说,都与 MN 12 带最为接近。冀家沟剖面的上化石层相当于 C3r 的上部,年龄约 5.5Ma 左右,与 MN 13 带相当。

此次的研究表明冀家沟剖面含保德动物群的保德组的底界年龄不超过 10Ma,其红黏土的底界为 8Ma,显示保德冀家沟剖面上并不存在保德阶的 11.2Ma 的下界。经过我们在保德地区的野外追踪及前人的工作,发现在保德组最具代表性的冀家沟剖面也没有保存保德阶下部的沉积。按照现代地层学的原理,阶是根据它的界线层型来定义的,阶的层型应该在一个基本连续的沉积序列之内,最好是海相沉积,但《国际地层指南》也指出在某些情况下除外,这就包括第三纪非海相序列中以哺乳动物群为依据建立的阶(Salvador, 1994)。《国际地层指南》提倡将重点放在选择下界的界线层型来确定年代地层

单位, 其上界应该由后续单位的下界来确定。但冀家沟剖面显然没有保德阶的下界, 而保德阶的上界应该由高庄阶的下界来确定。上新统的下界为 5.3 Ma, 即 C3n<sub>4n</sub> 的下界。在冀家沟剖面上, 上新统或高庄阶的下界相当第 12 层红黏土的底界, 也即静乐组底界。

由于柴达木动物群是保德期最早的动物群之一, 因此保德阶的下界可能存在于柴达木盆地。邱占祥等 (1998) 报道了在甘肃临夏盆地东乡县汪集发现的晚中新世最早期的 *Hipparion dongxiangense* 和 *Pareiasmitherium simplicum* 化石, Qiu Z X. (1999) 将汪集动物群与柴达木动物群对比。邓涛 (2001b) 描述了产自东乡县郭泥沟剖面的 *Pareiasmitherium linxiaense* 及其伴生的 *Dinocrocuta gigantea*, *Machairodus palanderi*, *Tetralophodon exoletus*, *Hipparion dongxiangense* 和 *Shaansipira* sp.。郭泥沟剖面含三趾马动物群的红黏土之下还有发育的中中新世沉积出露, 因此, 这个地点应存在保德阶的下界, 并有保德阶最底部的化石和适合于作古地磁分析的沉积物。所以, 临夏盆地是一个有可能建立保德阶下界界线层型的有利地点。

在中国西部, 陕西府谷老高川剖面红黏土底界的年龄约为 7.4 Ma (薛祥煦等, 1995)。甘肃西峰巴家嘴剖面红黏土的底界在古地磁的 C3An<sub>2n</sub>, 年龄约为 6.6 Ma。陕西蓝田段家坡剖面红黏土的底界年龄约为 6.8 Ma, 与巴家嘴剖面基本一致 (孙东怀等, 1997)。甘肃灵台任家坡剖面红黏土的底界在 C3Bn 内, 年龄为约 7.2 Ma (孙东怀等, 1998)。甘肃灵台朝那剖面红黏土的底界在 C4r 的顶部, 年龄大约为 8.1 Ma (宋有桂等, 2000)。甘肃泾川杨家崖村剖面红黏土的底界在 C4n<sub>1r</sub> 之下, 年龄约为 8.0 Ma (杨石岭等, 2000)。保德冀家沟剖面红黏土的底界在 C4n<sub>2n</sub>, 年龄约为 8.0 Ma, 与朝那和杨家崖剖面基本一致。欧洲 MN 12 带的底界正在 C4n<sub>2n</sub>, 所以保德的红黏土底界与其相当。Turolian 期是从 MN 11 带开始的, 这样, 保德地区甚至不存在相当于 Turolian 期的下界。另一方面, 红黏土的沉积在中国具有非常重要的意义。黄土高原地区晚中新世的红黏土是一种风成堆积, 指示了东亚古季风的发育, 标志着亚洲干旱化的开始, 是青藏高原隆升、太阳辐射和全球尤其是北半球冰量变化多种因素相互作用的产物 (丁仲礼等, 1997; 孙东怀等, 1998)。《国际地层指南》建议, 如果在连续沉积序列中的某一特殊点位上能够识别出地球发展历史中的重大事件, 这些事件或许就是阶的界线层型的理想点位。MN 11 带的底界在

C4r<sub>2r</sub> 的底部, 年龄为 8.7 Ma, 即 Turolian 期的下界在 8.7 Ma (Steininger, 1999)。如果进一步的工作能在中国发现更早一些的红黏土沉积, 将可以建立相当于 Turolian 期下界的辅助年代地层单位界线层型, 即保德阶内亚阶的层型, 它将有清楚的生物标志, 并能反映重大的气候环境演变事件。

## 参 考 文 献

- 丁仲礼, 孙继敏, 朱日祥, 郭 斌. 1997. 黄土高原红黏土成因及上新世北方干旱化问题. 第四纪研究, (2): 147- 157.
- 邓 涛. 2001a. 陕西府谷发现的晚中新世维氏大唇犀 (奇蹄目, 犀科) 新材料. 古脊椎动物学报, 39 (2): 129- 138.
- 邓 涛. 2001b. 甘肃东乡晚中新世新发现的副板齿犀 (奇蹄目, 犀科) 化石. 古脊椎动物学报, 39 (4): 306- 311.
- 邓 涛. 2001c. 维氏大唇犀 (奇蹄目, 犀科) 头骨的个体发育. 见: 第八届中国古脊椎动物学学术年会论文集. 北京: 海洋出版社. 101- 112.
- 刘东生, 李传夔, 翟人杰. 1978. 陕西蓝田上新世脊椎动物化石. 地层古生物论文集, 7: 149- 200.
- 孙东怀, 刘东生, 陈明扬, 安芷生. 1997. 中国黄土高原红黏土序列的磁性地层学与气候变化. 中国科学 (D 辑), 27 (3): 265- 270.
- 孙东怀, 陈明扬, Shaw J, 鹿化煜, 孙有斌, 岳乐平, 张云翔. 1998. 晚新生代黄土高原风尘堆积序列的磁性地层年代与古气候记录. 中国科学 (D 辑), 28 (1): 79- 84.
- 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.
- 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, 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 (175): 1- 243.
- 邱占祥, 谢骏义, 阎德发. 1988. *Dinocrocuta gigantea* 头骨的发现. 古脊椎动物学报, 26 (2): 128- 138.
- 邱占祥, 谢骏义. 1998. 记甘肃东乡汪集的板齿犀和三趾马化石. 古脊椎动物学报, 36 (1): 13- 23.
- 宋有桂, 方小敏, 李吉均, 安芷生, 杨 东, 吕连清. 2000. 六盘山东麓朝那剖面红黏土年代及其构造意义. 第四纪研究, 20 (5): 457- 463.
- 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.
- 张云翔, 薛祥煦. 1996. 陕西府谷巨鬣狗的新材料. 古脊椎动物学报, 34 (1): 18- 26.
- 杨石岭, 侯圣山, 王 旭, 陈 卓, 熊尚发, 丁仲礼. 2000. 泾川晚第三纪红黏土的磁性地层及其与灵台剖面的对比. 第四纪研究, 20 (5): 423- 434.
- 岳乐平, 邓 涛, 张云翔, 王建其, 张 睿, 杨利荣, F. Heller. 2004. 保德阶层型剖面年代及含哺乳动物化石层年龄. 地层学杂志, 28 (1): 39- 44.
- 董永生, 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.
- 裴文中, 周明镇, 郑家坚. 1963. 中国的新生界. 北京: 科学出版社. 1- 31.

- 薛祥煦, 张云翔, 岳乐平. 1995 陕西府谷老高川三趾马动物群的发现及时代分期. *科学通报*, **40** (5): 447- 449.
- Berggren W A, Kent D V, Swisher III C C & Aubry M-P. 1995. A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. *Society for Sedimentary Geology, Special Publication*, **54**: 129- 212.
- Bernor R L, Fahlbusch V, Andrews P, Bruijn H de, Fortelius M, Rogl F, Steininger F F & Werdelin L. 1996. The evolution of western Eurasia Neogene mammal faunas: a chronologic, systematic, biogeographic and paleoenvironmental synthesis. In: Bernor R, Fahlbusch V & Mitternann H-W eds. *The Evolution of Western Eurasian Mammal Faunas*. New York: Columbia University Press. 449- 469.
- Bernor R L, Qiu Z X & Hayek L-A C. 1990. Systematic revision of Chinese *Hipparion* species described by Sefve, 1927. *American Museum Novitates*, (2984): 1- 60.
- Bohlin B. 1926. Die Familie Giraffidae mit besonderer Berücksichtigung der fossilen Formen aus China. *Palaeontologia Sinica, Series C*, **4** (1): 1- 178.
- Bohlin B. 1935. Cavicornier der *Hipparion*-Fauna Nord-Chinas. *Palaeontologia Sinica, Series C*, **9** (4): 1- 166.
- Bohlin B. 1937. Eine Tertiäre Säugetier-Fauna aus Tsaidam. *Palaeontologia Sinica, Series C*, **14**: 1- 111.
- Cande S C & Kent D V. 1995. Revised calibration of geomagnetic polarity timescale for the Late Cretaceous and Cenozoic. *Journal of Geophysical Research*, **100**: 6093- 6095.
- Chiu C S, Li C K & Chiu C T. 1979. The Chinese Neogene: a preliminary review of the mammalian localities and faunas. *Annales Geologiques des Pays Helleniques, Hors Serie*, (1): 263 - 272.
- Dam J A van. 1997. The small mammals from the Upper Miocene of the Teruel- Alfambrá region (Spain): paleobiology and paleoclimatic reconstruction. *Geologica Ultraiectina*, **156**: 1- 204.
- Forsten A. 1985. Chinese Tertiary *Hipparion* in the Lagrelius Collection. *Bulletin of the Geological Institutions of the University of Uppsala, New Series*, **11**: 113- 124.
- Hopwood A T. 1935. Fossil Proboscidea from China. *Palaeontologia Sinica, Series C*, **9**(3): 1- 108.
- Mein P. 1989. Updating of MN Zones. NATO ASI Series, (A), **180**: 73- 90.
- Mein P. 1999. European Miocene mammal biochronology. In: Rossner G E & Heissig K eds. *The Miocene land mammals of Europe*. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil. 25- 38.
- Pearson H S. 1928. Chinese fossil Suidae. *Palaeontologia Sinica, Series C*, **5** (5): 1- 75.
- Qiu Z D. 1988. Neogene micromammals of China. In: Chen E K J ed. *The Paleoenvironment of East Asian from the Mid-Tertiary*, II Hong Kong: University of Hong Kong. 834- 848.
- Qiu Z X. 1989. The Chinese Neogene mammalian biochronology: its correlation with the European Neogene mammalian zonation. NATO ASI Series, (A), **180**: 527- 556.
- Qiu Z X, Wu W Y & Qiu Z D. 1999. Miocene mammal faunal sequence of China: palaeozoogeography and Eurasian relationships. In: Rossner G E & Heissig K eds. *The Miocene Land Mammals of Europe*. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil. 443- 455.
- Ringstrom T. 1924. Nashorner des *Hipparion*-Fauna Nord-Chinas. *Palaeontologia Sinica, Series C*, **1** (4): 1- 156.
- Rio D, Cita M B, Jaccarino S, Gelati R & Gnaccolini M. 1996. Langhian, Serravallian, and Tortonian historical stratotypes. *Development in Paleontology and Stratigraphy*, **15**: 57- 87.
- Salvador A. 1994. *International Stratigraphic Guide: A Guide to Stratigraphic Classification, Terminology and Procedure*, 2nd edition. International Union of Geological Sciences and Geological Society of America. 1- 214.
- Sefve I. 1927. Die *Hipparion*en Nord-Chinas. *Palaeontologia Sinica, Series C*, **4** (2): 1- 94.
- Steininger F F. 1999. Chronostratigraphy, geochronology and biochronology of the Miocene "European Land Mammal Mega-Zones" (ELMMZ) and the Miocene "Mammal-Zones (MN-Zones)". In: Rossner G E & Heissig K eds. *The Miocene Land Mammals of Europe*. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil. 9 - 24.
- Tedford R H. 1995. Neogene mammalian biostratigraphy in China: past, present, and future. *Vertebrata Palasiatica*, **33** (4): 272 - 289.
- Tedford R H, Skinner M F, Fields R W, Rensberger J M, Whistler D P, Galusha T, Taylor B E, Macdonald J R & Webb S D. 1987. Faunal succession and biochronology of the Arikarean through Hemphillian interval (Late Oligocene through earliest Pliocene epochs) in North America. In: Woodburne M O ed. *Cenozoic Mammals of North America*. Berkeley: University of California Press. 153- 210.
- Teilhard de Chardin P & Young C C. 1930. Some correlations between the geology of China proper and geology of Mongolia. *Bulletin of the Geological Society of China*, **9** (2): 119- 125.
- Teilhard de Chardin P & Young C C. 1931. Fossils from the Late Cenozoic of Northern China. *Palaeontologia Sinica, Series C*, **9** (1): 1- 67.
- Zdansky O. 1923. Fundorte der *Hipparion*-Fauna um Pao-Te-Hsien in NW-Shansi. *Bulletin of the Geological Survey of China*, (5): 69- 81.
- Zdansky O. 1924. Jungtertiäre Carnivoren Chinas. *Palaeontologia Sinica, Series C*, **2** (1): 1- 150.

## NEW ADVANCES IN THE ESTABLISHMENT OF THE NEOGENE BAODE STAGE

DENG Tao<sup>1)</sup>, WANG Weiming<sup>2)</sup>, YU Leping<sup>3)</sup>, and ZHANG Yunxiang<sup>4)</sup>

(1) *Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, the Chinese Academy of Sciences, Beijing, 100044;*

2) *Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, the Chinese Academy of Sciences, Nanjing, 210008;*

3) *Department of Geology, Northwest University, Xi'an, 710069)*

**Abstract** The upper boundary of the Baode Formation with the Baode Fauna is 5.30 Ma, the lower boundary is later than 10 Ma, and the bottom of the red clay is 8 Ma at the Jijiagou section in Baode, Shanxi. The present study indicates that the Jijiagou section has no the defined lower boundary of the Baode Stage at 11.2 Ma, and the most representative section of the Baode Formation at Jijiagou does not contain the lower part of the Baode Stage. According to the principles of the modern stratigraphy, the upper and lower boundaries of the well-baseted unit-stratotype of a complete stage are the boundary-stratotypes of this stage. On the other hand, the International Stratigraphic Guide advocates to mainly choose the lower boundary-stratotype in order to determine a chronostratigraphic unit, and the upper boundary of this unit should be determined by the lower boundary of its subsequent unit. Although the Jijiagou section has no the lower boundary of the Baode Stage obviously, the Guonigou section in the Linxia Basin of Gansu has well-developed Middle Miocene deposits under the red clay with the *Hipparion* fauna. Therefore, the lower boundary of the Baode Stage should be present at Guonigou. The fossils of the lowest part of the Baode Stage and the fine deposits for the paleomagnetic dating appear at the Guonigou section. Consequently, the Linxia Basin is a favorable place where the lower boundary-stratotype of the Baode Stage may be established.

**Key words** Baode Stage, Neogene, stratotype, China

(上接第 40 页)

## Carbon and Oxygen isotope stratigraphy of the Lower Triassic at Northern Pingdingshan section of Chaohu, Anhui Province, China

ZUO Jingxun<sup>1)</sup>, TONG Jin-nan<sup>1)</sup>, QU Hai-ou<sup>2)</sup>, and ZHAO Lai-shi<sup>1)</sup>

(1) *Faculty of earth sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074;*

2) *Faculty of Material Science and Chemical Engineering, China University of Geosciences, Wuhan 430074)*

**Abstract** Results of 124 carbonate samples for carbon and oxygen isotopic analysis collected in the Northern Pingdingshan Section in Chaohu, Anhui Province, show relatively low mean values in  $\delta^{13}\text{C}$  of -1.77‰ in Induan, followed by a large negative shift with the mean values of -3.90‰ in the earliest Olenekian, and then a distinctive positive shift with the mean values of 3.65‰ in the Middle Olenekian. Similarly, the mean values in  $\delta^{18}\text{O}$  decrease from -6.87‰ in Induan to -8.56‰ in the earliest Olenekian, and then return up to -6.52‰ in the Middle Olenekian. Consequently, a gradual increase, a sharp negative shift and a pronounced positive shift in values of  $\delta^{13}\text{C}$  occurred in Induan, in the earliest Olenekian and in the Middle Olenekian, respectively. The characteristics of carbon and oxygen isotopic trends imply a harsh environment that was disadvantageous to marine faunas, suggesting a very slow recovery in the Early Triassic. Furthermore, the repeated geological events might have been responsible for the prolonged recovery interval following the mass extinction.

**Key words** Lower Triassic, carbon and oxygen isotopic stratigraphy, Chaohu