

中国新近系山旺阶建阶研究新进展¹⁾

邓 涛¹ 王伟铭² 岳乐平³

(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 南京 210008)

(3 西北大学地质系 西安 710069)

摘要 中国新近系的年代地层单位山旺阶与哺乳动物分期的山旺期相对应,其定义的生物带相当于欧洲的 MN3 ~ MN5,下界年龄应为 20.5Ma。按照现代地层学的建阶原则对山东临朐的山旺剖面进行综合研究,得出山旺组的底界年龄约为 18Ma,山旺动物群的地质时代也由原来认为的与欧洲 MN5 相当提早到与 MN4 相当。尽管如此,研究结果证实山旺组仍然缺失定义的山旺阶下部沉积和 MN3 动物群。《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。甘肃兰州盆地和秦安地区有发育的渐新世至中新世沉积出露,并有山旺阶最底部的化石和适合于作古地磁分析的沉积物,因此,是有可能建立山旺阶下界界线层型的有利地点。

关键词 新近系,山旺阶,建阶,研究进展

中图法分类号 P534.621

中国的陆相新近系尚未有严格依据《国际地层指南》或《中国地层指南》建立的阶。目前的状况是以哺乳动物为基础,建立了系统的陆生哺乳动物期(land mammal age)。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,现阶段仅是将上述哺乳动物分期假定与新近系年代地层的“阶”相对应。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”尽管有发育比较完好的剖面,但并没有按国际地层指南的要求建立单位层型,也没有建立相应的界线层型并测定其准确的绝对年龄数据。山旺动物群是解放前发现的少数几个中新世动物群之一,以化石门类众多、保存精美而闻名于世。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“山旺阶”的尝试。

1 剖面

杨钟健(1936)建立的“山旺系”是指覆盖于“青山群”(即现在的牛山组玄武岩)之上的一套富含动、植物化石的含凝灰质砂、砾岩及薄层页岩,时代定为早中新世或中中新世。在其上部的含油页岩层被分出建立上新世的尧山组以后,孙艾玲(1961)正式使用了“山旺组”一名,裴文中等(1963)对山旺组作了详细的论述。

1) 全国地层委员会中国新近系地层建阶研究项目(编号:No. 14)、国家自然科学基金重点项目(编号:40232023)和全国优秀博士论文作者专项基金(编号:RJZ2001-105)资助。

收稿日期:2003-04-02

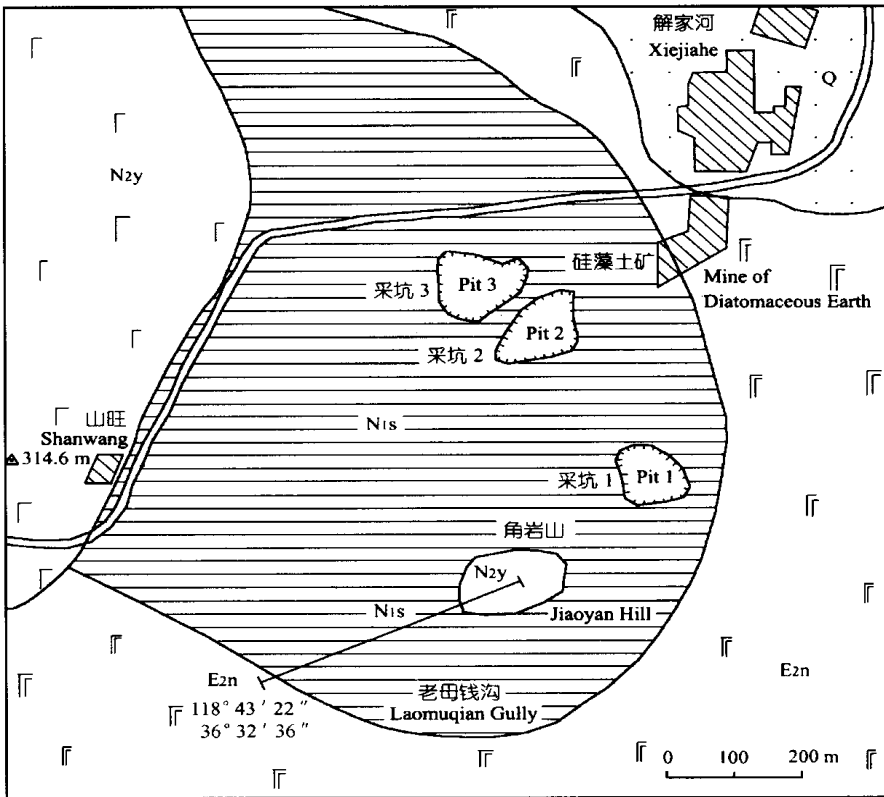


图 1 山东临朐山旺盆地剖面位置

Fig. 1 Section location in the Shanwang Basin, Linqu, Shandong

E2n:牛山组橄榄玄武岩;N1s:山旺组砂砾岩、硅藻土;N2y:尧山组橄榄玄武岩;Q:第四系

山旺盆地面积不大,四周丘陵环抱,盆地主体出露约 0.3km²。山旺盆地近圆形,微向西北方向伸展,盆地基底不平,东南高起,向西北方向倾伏,沉积物仅分布在山旺解家河村附近,许多地方被第四纪浮土所盖,在角岩山南侧冲沟(老母钱沟)中及几个硅藻土采坑处出露较好(图 1)。由于山旺盆地在沉积过程中发生过多次岩浆活动,加上后期的浮土覆盖,使岩层的接触关系不十分清楚,所以长期以来颇多争议。根据反复勘察,我们认为山旺盆地中山旺组的沉积可以分为湖岸与湖心两部分,其下部出露于角岩山西南侧冲沟的凝灰质砂砾岩属于湖岸相,与出露于采坑的湖心相硅藻土为相变关系(图 2)。这样,我们可以通过湖岸相完整剖面的古地磁测年以及玄武岩夹层的同位素测年获得山旺剖面的年龄数据。阎德发等(1983)测制的剖面最有代表性,但未将山旺组分出。我们在角岩山和采坑新测了山旺组剖面,并进行了古地磁和同位素样品的采集。剖面如下:

尧山组(底部)

- 8. 灰黄色、灰褐色玄武质砂砾岩,结构松散,极易风化。主要分布在尧山周边,在角岩山顶仅局部分布其风化残积物。未见顶

———平行不整合———

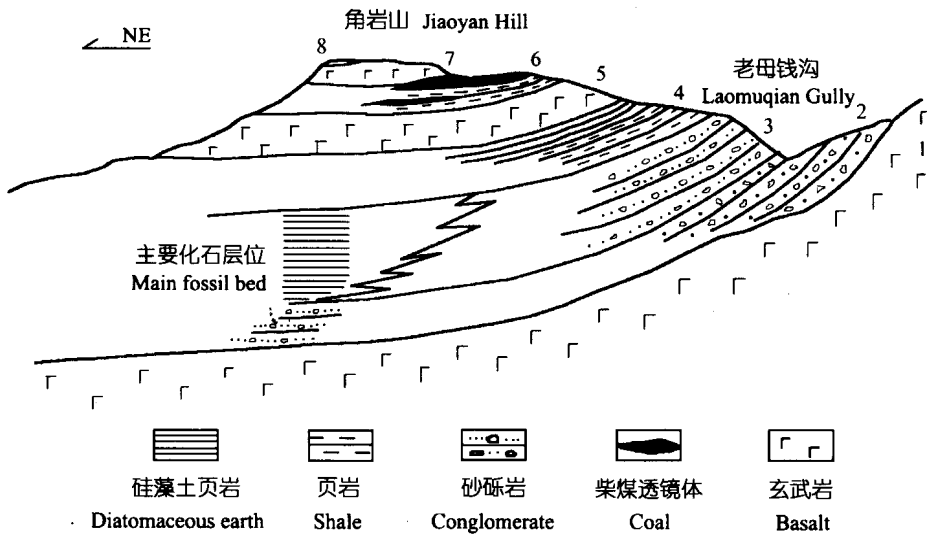


图2 角岩山西北侧山旺组剖面

Fig. 2 The section of the Shanwang Formation on the northeast side of Jiaoyan Hill

山旺组

7. 钢灰色致密玄武岩,斑状和块状结构,含橄榄石斑晶,所含气孔较小,孔径一般为2mm,节理发育,并有方解石脉充填 5m
 6. 灰绿色和黄色页岩夹炭质页岩,炭质页岩呈透镜体状分布,局部地段形成柴煤或草煤,含脊椎动物化石 12m
 5. 紫灰色气孔橄榄玄武岩,斑状和块状结构,含橄榄石斑晶,气孔多而大,孔径一般为5mm 15m
 4. 灰绿色、灰黄色泥页岩,底部含灰黑色油页岩,偶见薄层粉砂岩,含动物化石 18m
 3. 灰黄色含砾、砂质泥岩和页岩。砾岩成分主要为玄武岩,此外尚有变质岩和花岗岩;砾径一般在20~30mm之间,磨圆度较好,在角岩山西南沟可见向下相变成含褐色条带状泥质页岩;再往下则变为灰绿色、灰白色和灰色含硅藻的页岩。该层向北倾斜,进入盆地中心变为湖心相硅藻土,质地纯正,常伴有磷结核发现。富含动植物化石 24m
 2. 棕黄色凝灰质砂砾岩。砾石成分基本与上层相同,但含量较多;砾石分选差,砾径一般20~30mm,最大者可达50~60mm;次圆至棱角状,凝灰质、砂质和泥岩胶结,结构松散。底部颜色较深,堆积物也更为粗糙。上部含哺乳动物和爬行动物化石 25m
- 不整合———

牛山组

1. 青灰色斑点状橄榄玄武岩,柱状节理发育,顶部有红色风化壳。未见底

山旺组的哺乳动物化石产自剖面第2、3、4、6层。第3层硅藻土中的化石最为丰富,化石呈黑色,常常保存有完整的骨架。第2、4、6层中的化石较少,化石呈黄褐色,极少有完整骨架发现。

2 化石

山旺组的沉积物,特别是硅藻土中含有丰富的动植物化石,其中以哺乳动物化石最具

时代意义,是进行陆相地层划分和对比的主要依据。杨钟健(1937)最早研究了山旺组中的哺乳动物化石,此后,众多的作者进一步记述和修订了山旺的哺乳动物化石,包括翼手目(杨钟健,1977),啮齿目(李传夔,1974;邱铸鼎,1981;邱铸鼎、孙博,1988),食肉目(邱占祥等,1985b,1986),长鼻目(阎德发等,1983),奇蹄目的犀科(胡长康,1957;王伴月,1965;阎德发,1983;Yan and Heissig,1986;谢万明,1982)、獬科(谢万明,1979;邱占祥等,1991),偶蹄目的猪科(张玉萍,1974;Liu et al.,2002)、鹿科(Teilhard de Chardin,1939;胡长康,1957;杨钟健,1964;周本雄、时墨庄,1978;邱占祥等,1985a)。

山旺组已报道的哺乳动物相当多,经过详细的修订(Qiu and Qiu,1995;Liu et al.,2002),如下的属种是有效的:翼手目的意外山旺蝙蝠(*Shanwangia unexpectula*),啮齿目的山旺半圆齿鼠(*Ansomys shanwangensis*)、中华近松鼠(*Plesiosciurus* aff. *P. sinensis*)、亚洲梅氏飞松鼠(*Meinia asiatica*)、山东硅藻鼠(*Diatomys shantungensis*),食肉目的孔子犬熊(*Amphicyon confucianus*)、杨氏半熊(*Hemicyon youngi*)、东方祖熊(*Ursavus orientalis*)、豺熊亚科未定属种(*Thaumastocyoninae* gen. et sp. indet.),长鼻目的嵌齿象(*Gomphotherium* sp.),奇蹄目的解家河古獬(*Palaeotapirus xiejiaheensis*)、矢木氏近獬(*Plesiotapirus yagii*)、爪兽(*Chalicotherium* sp.)、山旺近无角犀(*Plesiaceratherium shanwangensis*)、纤细近无角犀(*P. gracile*)、对鼻角犀(*Diaceratherium* sp.)、山旺矮脚犀(*Brachypotherium shanwangensis*),偶蹄目的临朐中国拟猪(*Sinapriculus linqunensis*)、山旺猪兽(*Hyotherium shanwangense*)、半岛猪兽(*H. penisulus*)、三角原古鹿(*Palaeomeryx tricornis*)、柯氏柄杯鹿(*Lagomeryx colberti*)、德氏柄杯鹿(*L. teilhardi*)、辛氏柄杯鹿(*L. simpsoni*)、汤氏皇冠鹿(*Stephanocemas* cf. *S. thomsoni*)。山旺组中的其他脊椎动物化石至少还包括6种鸟类、3种爬行类、8种两栖类和6种鱼类。

山旺组孢粉组合特征是以被子植物花粉居优势,一般在组合中占80%左右,其次是裸子植物花粉,蕨类植物孢子含量零星。组合中的主要科有松科(Pinaceae)、山毛榉科(Fagaceae)、桦木科(Betulaceae)、胡桃科(Juglandaceae)、榆科(Ulmaceae)和金缕梅科(Hamamelidaceae)等;重要属包括松属(*Pinus*)、云杉属(*Picea*)、铁杉属(*Tsuga*)、栎属(*Quercus*)/青冈属(*Cyclobalanopsis*)、榛属(*Corylus*)、桤木属(*Alnus*)、桦木属(*Betula*)、山毛榉属(*Fagus*)、山核桃属(*Carya*)、胡桃属(*Juglans*)、枫杨属(*Pterocarya*)、榆属(*Ulmus*)、榛属(*Zelkova*)、枫香属(*Liquidambar*)、蕈树属(*Altingia*)和少量锥栗属(*Castanopsis*)等,含部分亲缘关系不明的类型;草本植物的花粉含量低,个别见有藜科(Chenopodiaceae)、禾本科(Gramineae)和蓼科(Polygonaceae)等分子(Liu and Leopold,1992;Wang and Yamanoi,1996)。山旺组的孢粉组合面貌与陕西渭盆地冷水沟组、渤海海域馆陶组上段、南黄海盆地黄海组、以及苏北盆地下盐城组上旋回的孢粉组合特点相似,同时与日本新近纪气候最适期孢粉组合相对应,时代为早中新世晚期—中中新世早期(Wang and Yamanoi,1996)。山旺组中的昆虫、植物和硅藻化石也非常丰富。

3 山旺期

李传夔等(1984)以山旺动物群命名了山旺期,并把江苏泗洪和方山等动物群归入这一时期。童永生等(1995)进一步阐述了该期的特征:从渐新世残留下来的大部分科已经

或几乎绝迹,现生的科或亚科出现,如鼯鼠亚科(Petauristinae)、熊科(Ursidae)、长颈鹿科(Graffidae)等。我国发现的睡鼠科(Giridae)最早也见于这一时期。大量新属出现于山旺期,如 *Megacricetodon*、*Democricetodon*、*Alloptox*、*Hemicyon*、*Plesiaceratherium*、*Anchitherium* 和 *Hyotherium* 等。总之,哺乳动物在山旺期进入了演化上的一个崭新时期:啮齿目真正开始了以松鼠形类和鼠形类占统治地位的时期;肉齿目完全为新肉食类所代替;长鼻目出现;奇蹄目没落,古老的奇蹄类已绝灭,只有犀科、爪兽科和马科中新出现的安琪马属较常见;反刍类明显分化。但是,生存于这一时期的哺乳动物几乎所有的属都未能延续至今,因此可以认为山旺期仅仅是开始了一个哺乳动物现代化的时期。

李传夔等(1984)认为山旺期大体可与欧洲的 Orleanian 期或 MN3 ~ MN5 相比,时代为中中新世早期。山旺和江苏泗洪动物群的小哺乳动物化石中有 3 个共有属: *Ansomys*、*Plesiosciurus* 和 *Diatomys*, 而山旺的个体都稍大些,形态上略显进步。类似的情况在食肉目和偶蹄目化石中也可以看到。在欧洲, *Chalicotherium grande* 和有较复杂角的 *Lagomeryx* 都从 MN5 开始出现。邱占祥、邱铸鼎(1990)及 Qiu et al. (1999) 认为从食肉类、奇蹄类和偶蹄类的进化水平可以证明山旺动物群的时代相当于欧洲的 MN5。在日本,覆盖于 Nakamura 组上的 Hiramaki 组的哺乳动物群与山旺动物群非常相似,而与 Nakamura 组同时的 Toki 组的哺乳动物群也正好与泗洪动物群相似。Hiramaki 组的年龄为 16.4 ~ 17.2Ma (Tomida and Setoguchi, 1994; Steininger et al., 1996)。

童永生等(1995)将山旺期置于早中新世晚期至中中新世早期,与欧洲的 Orleanian 期相当,下限年龄根据对比为 21Ma。山旺期的早期以泗洪动物群为代表,方山动物群与其相当;晚期以山旺动物群为代表,肖店动物群与其相当。

欧洲的 Orleanian 期包含了 MN3 ~ MN5, 而山旺早期的泗洪动物群只相当于 MN4, 在中国还没有发现确切的相当于 MN3 的哺乳动物群(Qiu et al., 1999)。欧洲 MN3 的下限在古地磁的 Chron C6r 底部,年龄为 20.5Ma; MN4 的下限在 Chron C5Dr 内,年龄为 18Ma; MN5 的下限在 Chron C5Cr 内,年龄为 17.0Ma (Steininger, 1999)。

在欧洲, Orleanian 期或 MN3 的开始以安琪马(*Anchitherium*)的出现为标志。但在欧洲的许多这一时期的地点都没有发现安琪马化石,因此 *Eucricetodon infralactorensis* 同时被选择来作为 Orleanian 期或 MN3 开始的标志,因为在这个时段最早的地点之一,法国的 Estrepeouy 这两种动物是同时存在的。中国的泗洪和山旺动物群中也没有安琪马化石发现。阎德发等(1983)曾提到山旺动物群中有一段安琪马的髌骨,但实际上是属于獭类的(邱占祥、邱铸鼎,1990)。

MN4 以 *Democricetodon* 从亚洲迁徙到欧洲为标志, *Megacricetodon* 稍后也侵入了欧洲(Mein, 1999)。内蒙古阿拉善左旗的乌尔图动物群和甘肃兰州盆地对亭沟动物群都以小哺乳动物为主(王伴月、王培玉, 1990; 邱占祥等, 1997)。 *Megacricetodon* 和 *Protalactaga* 在乌尔图和对亭沟动物群中的共生说明这两个动物群是同时的,但它们是否与泗洪动物群相当还不太清楚(Qiu et al., 1999)。这两个动物群中 *Democricetodon* 表明它们可能与 MN4 带相当,但 Qiu et al. (1999) 认为对亭沟动物群也可能与 MN3 相当,因为它的古地磁年龄早于 18Ma, 而 MN3 的上限,即 MN4 的下限是 18Ma。泗洪动物群则能很好地与 MN4 对比,因为已经证明 *Democricetodon*、*Megacricetodon* 和 *Dorcatherium* 在这个动物群中是首次出现。

朱铭等(1985)对山旺组下伏的牛山组上部玄武岩的钾 - 氩年龄测定为 16.78 ±

0.13Ma。按照这个数据,则山旺组的底界也大致相当于 MN5 的下限。

4 山旺阶

由于“阶”是与“期”对应的年代地层单位,所以“山旺阶”的生物地层学和年代含义就应与“山旺期”一致。因此,定义的山旺阶底界的生物标志应与山旺期的安琪马首次出现事件一致,而定义的山旺阶的底界年龄就相当于 MN3 的下限 20.5Ma。山旺阶大致可与国际地层表中的布尔迪加尔阶(Burdigalian)对比(邓涛,2002)。

我们本次对山旺组的古地磁和同位素年龄初步测量结果表明,岩石地层单位山旺组的底界年龄约为 18Ma(有关年龄测定将另文发表),比朱铭等(1985)测定的牛山组上部玄武岩的年龄还要老。按照这个新的年龄数据,则山旺动物群相当于欧洲的 MN4,比原来所认为的 MN5 向下延伸了一个哺乳动物化石带。

实际上,邱占祥等(1985a)在讨论山旺动物群中发现的三角原古鹿(*Palaeomeryx tricomis*)时就认为,如果以欧洲 *Palaeomeryx* 个体增大的规律对山旺的 *P. tricomis* 进行推测,把山旺放在 MN4 也是适合的,因为 *Palaeomeryx* 在欧洲的 MN3 首次出现。山旺的东方祖熊(*Ursavus orientalis*)是这个属目前已知最小的一个种,与欧洲的已知种相比,它大约与 *U. elmensis* 在进化水平上最接近或稍进步些,根据其进化水平推断山旺动物群的地质时代应相当于欧洲的 MN4(邱占祥等,1985b)。山旺的杨氏半熊被归入 *Phoberocyon* 亚属,即 *Hemicyon* (*Phoberocyon*) *youngi* (邱占祥等,1986),而 *Phoberocyon* 亚属在欧洲仅发现于 MN3~MN4,在北美这个亚属仅发现于佛罗里达的 Thomas Farm 动物群中,其时代大约为 18Ma。山旺的豺熊亚科未定属种(*Thaumastocyoninae* gen. et sp. indet.)与捷克 Tucherin 发现的标本最接近,而捷克地点的地质时代为 MN3(邱占祥等,1986)。邱占祥等(1991)在讨论山旺的矢木氏近獭(*Plesiotapirus yagii*)时指出,在欧洲前臼齿半臼齿化的 *Paratapirus* 到早中新世的 Aquitanian 期(MN1~MN2)分化成若干种,在北美前臼齿臼齿化的中新獭(*Miotapirus*)出现于早中新世的 Harrison 组(距今约 22Ma),*Plesiotapirus* 虽然不与它们属于同一支系,但在进化水平上也属于上前臼齿半臼齿化这一进化阶段,只是比 *Paratapirus* 和 *Miotapirus* 都更进步一些,因此属于 18Ma 左右的 MN4 带是合理的。Liu et al. (2002)认为张玉萍(1974)描述的山旺动物群中的半岛猪兽(*Hyotherium penisulus*)实际上应属于利齿猪亚科(Listriodontinae),可能是 *Bunolistriodon*,它应该与利齿猪在欧洲出现的最早时间 MN4 同时。此外,山旺动物群中具有嵌齿象(*Gomphotherium*)在欧洲也首次出现于 MN3(Göhlich, 1999)。山旺动物群中代表性的山东硅藻鼠(*Diatomys shantungensis*)也发现于日本长崎佐世保盆地野岛群(Nojima Group)的 Fukazuki 组,其裂变径迹年龄为 18.9 ± 2.9 Ma 和 18.5 ± 2.3 Ma(Kato and Otsuka, 1995)。

然而,尽管此次的研究已将山旺动物群的时代由原来认为的 MN5 提早到与 MN4 相当,但山旺剖面仍然缺乏定义的山旺阶底部相当于 MN3 的动物群,即山旺组底部缺失了山旺阶早期自 20.5Ma~18Ma 期间的沉积。按照现代地层学的原理,阶是根据它的界层型来定义的。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)。对于出露状况良好的完整的阶的单位层型,其上、下界线就

是该阶的界线层型,但山旺剖面显然不具备山旺阶的下界。另一方面,《国际地层指南》还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。因此,山旺阶建阶的主要任务就是建立山旺阶下界的界线层型,而其上界应该由通古尔阶的下界来确定。

山旺组下伏的牛山组主要由玄武岩构成,中间夹有长石砂岩或砾岩,广泛出露于山旺地区,围绕于山旺组沉积区外,岩性、厚度和层序等各地略有不同,通常下粗上细,其顶部时有红色黏土发育。在山旺附近的牛山组地层中缺乏确定时代的生物标志,仅在西北部苏家庄地区曾找到大型哺乳动物牙齿碎片,估计其形态近于犀类(李凤麟,1991)。另一方面,在临朐牛山朱壁店东沟牛山组地层中发现的牛山犀獾(*Heptodon niushanensis*)的时代应为早始新世中期,相当于北美的 Lysite 期(周明镇、李传夔,1965)。这说明牛山组与山旺组之间有很长的时间间断。如果说朱铭等(1985)测定的牛山组顶部玄武岩的年龄有参考意义的话,也仅表明这层玄武岩与牛山组的主体沉积之间也存在很长的间断。因此在山旺地区,不仅是山旺组,而且其下的地层中也不存在定义的山旺阶下部沉积。显然,我们不可能在这一地区建立山旺阶的下界层型。

相当于 MN4 带的泗洪动物群采自江苏泗洪的下草湾组,岩性为一套砂质泥岩,是华东地区已知新近纪层位最低、含哺乳动物化石最丰富的一个层位。但该组出露零星,岩性不稳定,一些孤立的露头难以确定其相对位置。因此,目前还未发现泗洪地区有存在定义的山旺阶下界的可能。

甘肃秦安的晚新生代剖面有从 22Ma ~ 6.2Ma 的几乎连续的风成沉积序列(Guo et al., 2002),显然,其下部地层穿越了定义的山旺阶的下界。在这个剖面上发现了 7 个小哺乳动物组合,在 197m 深度的第 5 组合(A5)中的 *Sinolagomys* 出现于谢家动物群,*Ansomy* 和 *Sayimys* 出现于泗洪动物群,*Ansomy* 也出现于山旺动物群。A5 中的 *Sayimys minor* 在巴基斯坦的古地磁年龄为 18Ma (Bruijn et al., 1981)。在秦安剖面,古地磁 Chron C6r 的底界在深度 205m 处,位于化石组合 A5 之下。而在 220m 深度的 A6 组合中已有丰富的早中新世和晚渐新世类型,包括 *Distylomys*、*Litodonomys* 和 *Sinolagomys* 等。因此,无论从哺乳动物组合还是古地磁年龄都证明秦安剖面存在定义的山旺阶的下界,这个剖面将是建立山旺阶下界层型的理想地点之一。

甘肃兰州盆地是建立山旺阶下界层型的又一个有利地点。杨钟健、卞美年(1936)创建了咸水河组,并记述了其中的中中新世哺乳动物化石。邱占祥等(1997)进一步将咸水河组划分为三段,中段的时代为早中新世,含张家坪和对亭沟动物群。对亭沟剖面保存了厚约 225m 的咸水河组中段沉积以及其下的属早渐新世晚期至晚渐新世的下段沉积。在咸水河中段下部含张家坪动物群,其中的 *Ictiocyon socialis* 和 *Plesictis vireti* 在欧洲发现于早中新世的 MN3,还明确地出现了象类的化石,奇蹄类中 *Aprotodon lanzhouensis* 比在哈萨克斯坦咸海组中的 *A. aralensis* 进步,但比巴基斯坦 Bugti 组中的 *Aprotodon* 原始,小哺乳动物化石与谢家动物群很接近,因此张家坪动物群被认为相当于 MN2 的上部(Qiu et al., 1999)。对亭沟动物群中的 *Parasminthus* 和 *Sinolagomys* 的最晚记录是早中新世,还有较早的 *Megacricetodon* 和 *Democricetodon*,其中的皇冠鹿 *Stephanocemas* 也比通古尔动物群的小,因此对亭沟动物群被认为与欧洲的 MN4 相当,或部分相当于 MN3 (Qiu et al., 1999)。这样,兰州盆地的咸水河中段应该存在定义的山旺阶的下界,这条界线在对亭沟剖面应位于

含对亭沟动物群的层位与含张家坪动物群的层位之间。目前存在的问题是,兰州盆地虽已有古地磁成果发表,但由于采样间隔较大,平均达 2.2m (Qiu et al., 2001),因此古地磁解释有些疑问。例如,代表 MN3 下限的古地磁 Chron C6r 已处在咸水河组下段(岳乐平等,2000),而从下段上部的峡沟动物群看,其面貌明显属于晚渐新世。因此有必要在对亭沟剖面进行更细致的古生物和古地磁工作,以寻找到山旺阶的确切下界和化石标志。

致谢 邱占祥教授对此项研究给予了全面的指导,野外考察得到中国地质大学李凤麟教授和山旺古生物化石保护所李俊德所长的大力协助,在此表示诚挚的谢意。

RECENT ADVANCES OF THE ESTABLISHMENT OF THE SHANWANG STAGE IN THE CHINESE NEOGENE

DENG Tao¹ WANG Wei-Ming² YUE Le-Ping³

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

(2 Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences Nanjing 210008)

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

Key words Neogene, Shanwang Stage, stage establishment, research advance

Abstract

The Shanwang Stage, a chronostratigraphic unit of the Chinese Neogene, corresponds to the Shanwang Mammal Age (Deng, 2002). The defined biostratigraphic zones of the Shanwang Stage correspond to MN3 ~ MN5 of the European mammal ages, and its lower boundary should be at 20.5 Ma according to the paleomagnetic dating of the lower boundary of MN3 (Steininger, 1999). On the basis of the principles of the modern stratigraphy for the stage establishment, the Shanwang Formation is studied on the biostratigraphy and dated by paleomagnetic and isotopic methods. The new dating indicates that the lower boundary of the Shanwang Formation is at 18 Ma. As a result, the age of the Shanwang mammalian fauna is advanced to correspond to MN4 of the European mammal ages from MN5 in the traditional viewpoint (Qiu et al., 1999). Actually, Qiu et al. (1985a, 1985b, 1991) considered that *Palaeomeryx tricornis*, *Ursavus orientalis*, *Thaumastocyoninae* gen. et sp. indet., and *Plesiotapirus yagii* from the Shanwang fauna should imply an age corresponding to MN4. Liu et al. (2002) indicated that *Hyotherium penisulus* of the Shanwang fauna should be referred into *Listriodontinae*, and it has the same age with MN4, the earliest appearance of this subfamily.

On the other hand, the mammalian fauna corresponding to MN3 in the lower part of the defined Shanwang Stage is still absent on the section of the Shanwang Formation. There are no deposits of the early Shanwang Age from 20.5 Ma to 18 Ma so that the lower boundary of the Shanwang Stage cannot be found in the Shanwang section. International Stratigraphic Guide advocates basically determining the lower boundary-stratotype in order to establish a chronostratigraphic unit, and its upper boundary should be determined by the lower boundary of its overlying unit (Salvador, 1994). In the Lanzhou Basin and Qin'an Area of Gansu Province, the thick deposits from the Oligocene to the Miocene are well exposed, with the mammalian fossils of the lower part of the Shanwang Stage and fit deposits for the paleomagnetic dating (Qiu et al., 1997; Guo et al., 2002). Consequently, they are favorable localities to establish the lower boundary-stratotype of the Shanwang Stage.

References

- Bruijn H, Hussain S T, Leiders J J M, 1981. Fossil rodents from the Murree Formation near Banda Daud Shah, Kohat, Pakistan. *Proc K Ned Akad Wet, Ser B*, **84**: 71 ~ 79
- Chang Y P(张玉萍), 1974. Miocene suids from Kaiyuan, Yunnan and Linchu, Shantung. *Vert PalAsiat (古脊椎动物学报)*, **12**(2): 117 ~ 123 (in Chinese with English summary)
- Chow B S(周本雄), Shih M C(时墨庄), 1978. A skull of *Lagomeryx* from Middle Miocene of Linchu, Shantung. *Vert PalAsiat (古脊椎动物学报)*, **16**(2): 111 ~ 122 (in Chinese with English summary)
- Chow M C(周明镇), Li C K(李传夔), 1965. *Homogalax* and *Heptodon* of Shantung. *Vert PalAsiat (古脊椎动物学报)*, **9**(1): 15 ~ 22 (in Chinese with English summary)
- Deng T(邓涛), 2002. Neogene. In: National Commission on Stratigraphy of China ed. *Instruction for the Chinese Regional Chronostratigraphic Scale (Geological Time)*. Beijing: Geological Publishing House. 12 ~ 15 (in Chinese)
- Gölich U B, 1999. Order Proboscidea. In: Rössner G E, Heissig K eds. *The Miocene Land Mammals of Europe*. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil. 157 ~ 168
- Gao Z T, Ruddiman W F, Hao Q Z et al., 2002. Onset of Asian desertification by 22 Myr ago inferred from loess deposits in China. *Nature*, **416**: 159 ~ 163
- Hu C K(胡长康), 1957. An antler fragment of *Stephanocemas* and some teeth of *Aceratherium* from Linchu, Shantung. *Vert PalAsiat (古脊椎动物学报)*, **1**(2): 163 ~ 166 (in Chinese with English summary)
- Kato T, Otsuka H, 1995. Discovery of the Oligo-Miocene rodents from west Japan and their geological and paleontological significance. *Vert PalAsiat (古脊椎动物学报)*, **33**(4): 315 ~ 329
- Li C K(李传夔), 1974. A probable geomoid rodent from Middle Miocene of Linchu, Shantung. *Vert PalAsiat (古脊椎动物学报)*, **12**(1): 43 ~ 53 (in Chinese with English summary)
- Li C K(李传夔), Wu W Y(吴文裕), Qiu Z D(邱铸鼎), 1984. Chinese Neogene: subdivision and correlation. *Vert PalAsiat (古脊椎动物学报)*, **22**(3): 163 ~ 178 (in Chinese with English summary)
- Li F L(李凤麟), 1991. Reconsideration of the Shanwang Formation, Linqu, Shandong. *J Stratigr (地层学杂志)*, **15**(2): 123 ~ 129 (in Chinese with English abstract)
- Liu G W, Leopold E B, 1992. Paleocology of a Miocene flora from the Shangwang Formation, Shandong Province, Northern East China. *Palynology*, **16**: 187 ~ 212
- Liu L P, Fortelius M, Pickford M, 2002. New fossil Suidae from Shanwang, Shandong, China. *J Vert Paleont*, **22**: 152 ~ 163
- Mein P, 1999. European Miocene mammal biochronology. In: Rössner G E, Heissig K eds. *The Miocene Land Mammals of Europe*. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil. 25 ~ 38
- Pei W Z(裴文中), Zhou M Z(周明镇), Zheng J J(郑家坚), 1963. *The Chinese Cenozoic Erathem*. Beijing: Science Press. 1 ~ 31 (in Chinese)
- Qiu Z D(邱铸鼎), 1981. A new sciuroptere from Middle Miocene of Linqu, Shandong. *Vert PalAsiat (古脊椎动物学报)*, **19**(3): 228 ~ 238 (in Chinese with English summary)
- Qiu Z D(邱铸鼎), Sun B(孙博), 1988. New fossil micromammals from Shanwang, Shandong. *Vert PalAsiat (古脊椎动物学报)*, **26**(1): 50 ~ 58 (in Chinese with English summary)
- Qiu Z X(邱占祥), Qiu Z D(邱铸鼎), 1990. Neogene local mammalian faunas: succession and ages. *J Stratigr (地层学杂志)*, **14**(4): 241 ~ 260 (in Chinese)
- Qiu Z X, Qiu Z D, 1995. Chronological sequence and subdivision of Chinese Neogene mammalian faunas. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*, **116**: 41 ~ 70
- Qiu Z X(邱占祥), Wang B Y(王伴月), Qiu Z D(邱铸鼎) et al., 1997. Recent advances in study of the Xianshuihe Formation in Lanzhou Basin. In: Tong Y S, Zhang Y Y, Wu W Y et al. eds. *Evidence for Evolution—Essays in Honor of Prof. Chungchien Young on the Hundredth Anniversary of His Birth*. Beijing: China Ocean Press. 177 ~ 192 (in Chinese with English summary)
- Qiu Z X, Wang B Y, Qiu Z D et al., 2001. Land mammal geochronology and magnetostratigraphy of mid-Tertiary deposits in the Lanzhou Basin, Gansu Province, China. *Eclogae Geol Helv*, **94**: 373 ~ 385
- Qiu Z X, Wu W Y, Qiu Z D, 1999. Miocene mammal faunal sequence of China: palaeozoogeography and Eurasian relationships. In: Rössner G E, Heissig K eds. *The Miocene Land Mammals of Europe*. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil. 443 ~ 455
- Qiu Z X(邱占祥), Yan D F(阎德发), Jia H(贾航) et al., 1985a. Preliminary observations on the newly found skeletons of *Palaeomeryx* from Shanwang, Shandong. *Vert PalAsiat (古脊椎动物学报)*, **23**(3): 173 ~ 195 (in Chinese with English summary)

summary)

- Qiu Z X(邱占祥), Yan D F(阎德发), Jia H(贾航) et al., 1985b. Dentition of the *Ursavus* skeleton from Shanwang, Shandong Province. *Vert PalAsiat* (古脊椎动物学报), **23**(4): 264~275 (in Chinese with English summary)
- Qiu Z X(邱占祥), Yan D F(阎德发), Jia H(贾航) et al., 1986. The large-sized ursid fossils from Shanwang, Shandong. *Vert PalAsiat* (古脊椎动物学报), **24**(3): 182~194 (in Chinese with English summary)
- Qiu Z X(邱占祥), Yan D F(阎德发), Sun B(孙博), 1991. A new genus of Tapiridae from Shanwang, Shandong. *Vert PalAsiat* (古脊椎动物学报), **29**(2): 119~135 (in Chinese with English summary)
- Salvador A, 1994. *International Stratigraphic Guide: A Guide to Stratigraphic Classification, Terminology and Procedure*. 2nd edition. New York: International Union of Geological Sciences and Geological Society of America. 1~214
- Steininger F F, 1999. Chronostratigraphy, geochronology and biochronology of the Miocene "European Land Mammal Megazones" (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
- Steininger F F, Berggren W A, Kent D V et al., 1996. Circum-Mediterranean Neogene (Miocene and Pliocene) marine-continental chronologic correlation 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
- Sun A L(孙艾玲), 1961. Notes on fossil snakes from Shanwang, Shantung. *Vert PalAsiat* (古脊椎动物学报), **5**(4): 306~312 (in Chinese with English summary)
- Teilhard de Chardin P, 1939. The Miocene cervids from Shantung. *Bull Geol Soc China*, **19**(2): 269~278
- Tomida Y, Setoguchi T, 1994. Tertiary rodents from Japan. In: Tomida Y, Li C K, Setoguchi T eds. *Rodent and Lagomorph Families of Asian Origins and Diversification*. Tokyo: National Science Museum. 185~195
- Tong Y S(童永生), Zheng S H(郑绍华), Qiu Z D(邱铸鼎), 1995. Cenozoic mammal ages of China. *Vert PalAsiat* (古脊椎动物学报), **33**(4): 290~314 (in Chinese with English summary)
- Wang B Y(王伴月), 1965. A new Miocene aceratherine rhinoceros of Shanwang, Shantung. *Vert PalAsiat* (古脊椎动物学报), **9**(1): 109~112 (in Chinese with English summary)
- Wang B Y(王伴月), Wang P Y(王培玉), 1990. Discovery of Early Miocene mammal fauna from Urtu Area, Alxa Zuoqi, Nei Mongol. *Chinese Sci Bull* (科学通报), (8): 607~611 (in Chinese)
- Wang W M, Yamanoi T, 1996. New data on Miocene pollen floras of the Oga Peninsula, Northeast Honshu of Japan, with comparison to those of Northern China. *Japanese J Palynol*, **42**(1): 1~13
- Xie W M(谢万明), 1979. First discovery of the *Palaeotapirus* in China. *Vert PalAsiat* (古脊椎动物学报), **17**(2): 146~148 (in Chinese with English abstract)
- Xie W M(谢万明), 1982. New discovery on aceratherine rhinoceros from Shanwang in Linchu, Shandong. *Vert PalAsiat* (古脊椎动物学报), **20**(2): 133~137 (in Chinese with English abstract)
- Yan D F(阎德发), 1983. On classification and morphology of rhinocerotid genus *Plesiaceratherium*. *Vert PalAsiat* (古脊椎动物学报), **21**(2): 134~143 (in Chinese with English summary)
- Yan D F, Heissig K, 1986. Revision and autopodial morphology of the Chinese-European rhinocerotid genus *Plesiaceratherium* Young 1937. *Zitteliana*, (14): 81~109
- Yan D F(阎德发), Qiu Z D(邱铸鼎), Meng Z Y(孟振亚), 1983. Miocene stratigraphy and mammals of Shanwang, Shandong. *Vert PalAsiat* (古脊椎动物学报), **21**(3): 210~222 (in Chinese with English summary)
- Yang J J(杨钟健), 1977. On some Salientia and Chiroptera from Shanwang, Linqi, Shandong. *Vert PalAsiat* (古脊椎动物学报), **15**(1): 76~80 (in Chinese with English summary)
- Young C C, 1936. On the Cenozoic geology of Itu, Changlo and Kinchu districts (Shantung). *Bull Geol Soc China*, **15**(2): 171~188
- Young C C, 1937. On a Miocene mammalian fauna from Shantung. *Bull Geol Soc China*, **17**(2): 209~244
- Young C C(杨钟健), 1964. On a new *Lagomeryx* from Lantian, Shensi. *Vert PalAsiat* (古脊椎动物学报), **8**(4): 329~340 (in Chinese with English summary)
- Young C C, Bien M N, 1936. Cenozoic geology of the Kaolarr Yungteng Area of central Kansu. *Bull Geol Soc China*, **16**(2): 221~245
- Yue L P(岳乐平), Heller F, Qiu Z X(邱占祥) et al., 2000. Tertiary magnetostratigraphic age and paleoenvironmental records in the Lanzhou Basin. *Chinese Sci Bull* (科学通报), **45**(18): 1998~2002 (in Chinese)
- Zhu M(朱铭), Hu H G(胡华光), Zhao D Z(赵东植) et al., 1985. Potassium-argon dating of Neogene basalt in Shanwang area, Shandong Province. *Petrological Research* (岩石学研究), (5): 47~59 (in Chinese with English abstract)