

中国陆相下中新统山旺阶下界层型的选择<sup>①</sup>王世骥<sup>1)2)</sup> 邓涛<sup>1)2)3)</sup> 王洪江<sup>4)</sup> 李春晓<sup>1)2)3)</sup> 江左其杲<sup>1)2)3)</sup> 温都苏<sup>5)</sup>

1) 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室 北京 100044;

2) 中国科学院生物演化与环境卓越创新中心 北京 100044;

3) 中国科学院大学 北京 100049;

4) 内蒙古锡林郭勒盟文物站 内蒙古锡林浩特 026000;

5) 内蒙古苏尼特博物馆 内蒙古苏尼特左旗 011300

**摘要:** 山旺期是中国陆相新近纪地质年代中的一个时段, 代表了古老哺乳动物类群式微、现代化的哺乳动物类群滥觞的全新时期。山旺期大体与全球海相的布尔迪加尔期(Burdigalian)对应, 开始的时代大约在 20 Ma (百万年)左右。但长期以来, 中国代表山旺期开始时段的地层中, 很少有哺乳动物化石发现, 因而学术界对这一重要时期的哺乳动物演化面貌知之甚少。这也使得相对应的陆相年代地层单位山旺阶的下界迟迟难以确定。近年来对内蒙中部生物地层学的研究, 在苏尼特左旗敖尔班地区发现了含有谢家—山旺时期丰富哺乳动物化石的连续剖面(敖尔班组), 为以上困难的解决提供了一切有利条件。敖尔班组的沉积连续, 从下往上哺乳动物群经历了明显的变化, 下部的下敖尔班动物群中含有双柱鼠类(distylomyids)、拟速掘鼠(*Tachyoryctoides*)、中华鼠兔(*Sinolagomys*)、基干有角类(basal pecoran)等原始类群; 而上部的上敖尔班动物群中, 上述类群已完全绝灭, 出现了巨尖古仓鼠(*Megacricetodon*)、古仓鼠(*Cricetodon*)、跳兔(*Alloptox*)等新类群, 鹿科(Cervidae)开始适应辐射, 并出现了从非洲迁移而来的嵌齿象类(gomphotheres)和从美洲迁移来的安琪马(*Anchitherium*)。动物群的特征反映出下敖尔班动物群很可能还处于谢家期的末尾而上敖尔班动物群已进入了山旺期。古地磁数据显示敖尔班组的时代大约在 21~17.5 Ma 之间, 可以包含海相布尔迪加尔期开始的时间点。本文推荐以最原始的冠群鹿科双叉鹿亚科(Dicrocerinae)在敖尔班剖面上的首现作为山旺阶下界的标志, 该层位恰位于古地磁极性带 C6n 的底界, 时间为 19.722 Ma。在中国地区, 其它包含山旺阶下界的剖面还包括甘肃兰州盆地的对亭沟剖面、青海西宁盆地的谢家剖面、新疆准噶尔盆地的铁尔斯哈巴合剖面等, 与上述剖面相比, 敖尔班剖面在 20~18 Ma 之间的哺乳动物群最为丰富, 因此是建立山旺阶下界层型的最佳地点。

**关键词:** 下界层型, 年代地层, 山旺期, 早中新世, 敖尔班**中图分类号:** P534.62**文献标识码:** A**文章编号:** 0253-4959(2019)01-0001-17

山旺阶是中国陆相中新统的第二个阶, 位于下中新统谢家阶之上, 中中新统通古尔阶之下(全国地层委员会, 2014)。“山旺”之名来源于山东省临朐县上林乡(后更名为山旺镇)山旺村, 主要的地层及化石出露地点在山旺村附近的解家河剖面(图 1)。杨钟健 1936 年建立了“山旺系”, 是指覆盖于“青山群”(即现在的牛山组玄武岩)之上富含动、植物化石的含凝灰质砂砾岩及薄层硅藻土页岩(Young C. C., 1936)。后来其上部的含油页岩层被分出, 建立了上新世尧山组。孙艾玲(1961)正式使用了“山旺组”一名。由于山旺地区的化石在中国古生物研究

历史上的重要地位, 李传夔等(1984)在首次对中国陆相新近纪依据哺乳动物群演化进行分期时, 即提出了山旺期, 对应于欧洲早中新世奥尔良(Orleanian)期(MN 3~5)。

山旺期的重要性在于开始了一个哺乳动物的新时代(童永生等, 1995)。山旺期之前的谢家期, 虽然已进入了中中新世, 但哺乳动物群基本上是渐新世残留下来的成员, 例如谢家动物群中的 *Sinolagomys*, *Eucricetodon*, *Parasminthus*, *Litodonomys*, *Yindirtemys* 等(李传夔等, 1980; Deng *et al.*, 2018), 只不过它们的种都比渐新世相应属的种进步。而在山旺期,

① 科学技术部基础性工作专项(2015FY310100-14)和中国地质调查局(DD20160120-04), 中国科学院战略性先导科技专项项目(批准号: XDA20070203, XDB26000000, QYZDY-SSW-DQC022, GJHZ1885), 国家自然科学基金项目(批准号: 41872001, 41430102) 共同资助。

文稿接受日期: 2018-11-05; 修改稿收到日期: 2019-01-15。

第一作者简介: 研究员, 从事晚新生代哺乳动物和陆相地层的研究; e-mail: wangshiqi@ivpp.ac.cn

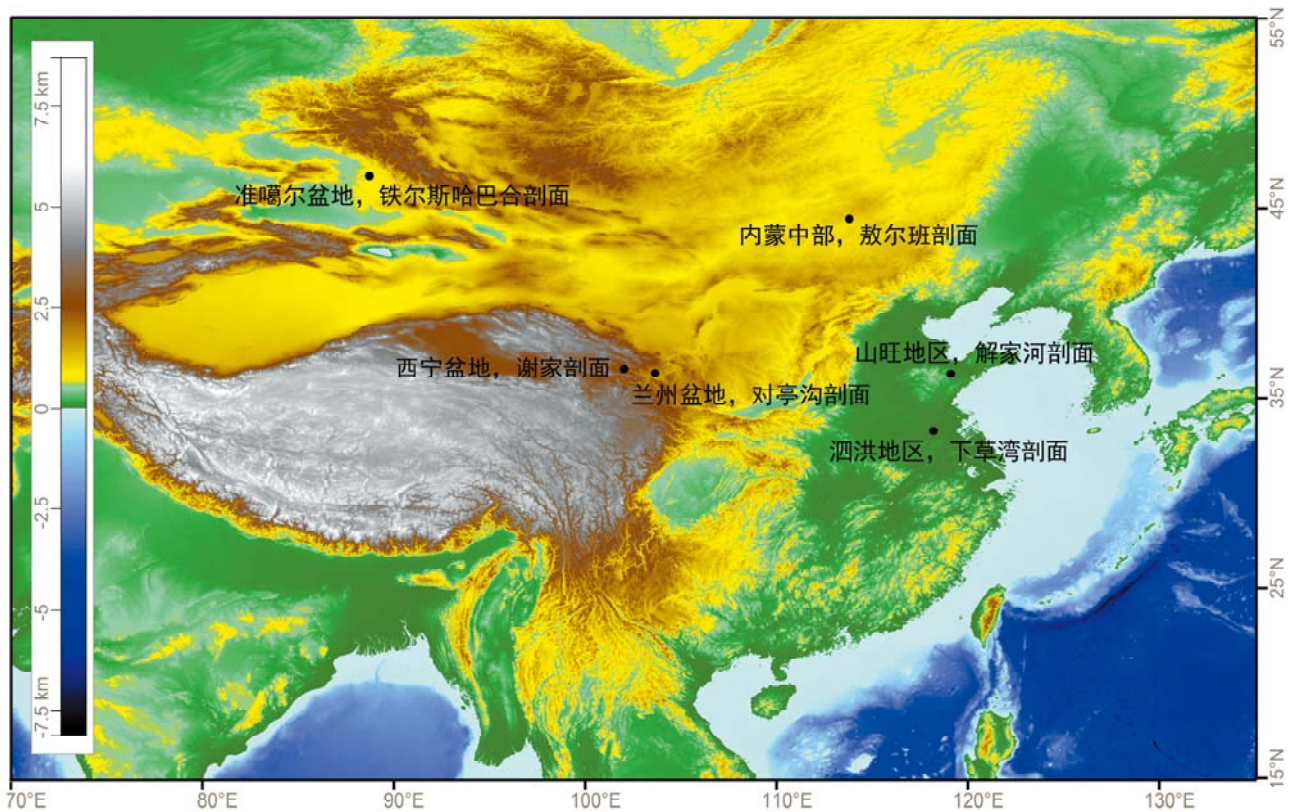


图 1 包含山旺期哺乳动物化石的地区及剖面

Fig. 1 Localities that contain Shanwangian fossil mammals

从渐新世残留下来的大部分科业已绝迹, 一些现生的科或亚科出现, 例如, 现生反刍类的牛科、长颈鹿科、鹿科; 及食肉类的熊科、鬣狗科均有证据表明在山旺期内或稍早首次出现。啮齿目开始了以松鼠形和鼠形类占优势的时期; 肉齿目在这一时期末现; 奇蹄目进入了演化的没落期, 而偶蹄类中的反刍类则开启了它们的繁荣阶段; 一些重要的动物类群在大洲之间出现了新的迁徙, 例如长鼻类在欧亚大陆的出现, 以及安琪马从美洲迁移到欧亚大陆。山旺期动物群的演化可能对应于早中新世晚期全球气候的阶段性地缓慢回升(Mosbrugger *et al.*, 2005); 也受到全球海陆分布变化的影响, 例如, 在山旺期内, 非洲板块与欧亚板块靠近, 出现联系两者的嵌齿象陆桥(Rögl, 1999)这一重要地质事件, 致使长鼻类由非洲往欧亚大陆迁移。但山旺期几乎所有的属均未能生存至今, 仅仅是开始了哺乳动物的现代化的时期(童永生等, 1995)。

在传统上, 山旺阶一直与全球新近系海相的 Burdigalian 阶, 以及欧洲新近系陆相的 Orleanian 阶对比。关于海相的 Burdigalian 阶, 对其下界的认识尚无统一意见(Hilgen *et al.*, 2012)。目前有四种

代表性观点: 1)21.12 Ma 有孔虫 *Paraloborotalia kuglei* 的末现; 2)20.43 Ma 海洋球石藻 *Helicosphaera ampliaptera* 的首现; 3)20.04 Ma 磁性极性带 C6An 的顶; 4)19.03 Ma 海洋球石藻 *Sphenolithus belemnos* 的首现。在现行的国际地层表上, Aquitanian/ Burdigalian 的界线(即 Burdigalian 下界)暂定为 20.43 Ma *Helicosphaera ampliaptera* 的首现。无论采用哪一种意见, 海相 Burdigalian 阶下界都应该在 21~19 Ma 左右。关于欧洲陆相的 Orleanian 阶, Steininger(1999)认为从哺乳动物群演化的角度, Orleanian 阶的下界应与欧洲哺乳动物群分带的 MN 3 一致——当时暂定为磁性极性带 C6r 的底 20.5 Ma——并且可以与海相的 Burdigalian 阶的下界, 以及中特提斯的 Eggenburgian 阶及东特提斯的 Sakaraulian 阶的下界对比。如果认为中国地区山旺阶的下界应该与 Burdigalian 阶及 Orleanian 阶的下界对比, 那么其年代也将落在 21~19 Ma 左右的范围。如要寻找适合于建立山旺阶下界层型的剖面, 首要条件是该剖面包含有该年代时间点的连续地层。首先我们将在经典的山旺地区探讨这一问题。

## 1 山旺动物群及其年代

山旺组的硅藻土中含有丰富的动植物化石, 具有时代意义的哺乳动物化石尤其丰富, 包括 *Lusorex taishanensis*, *Shanwangia unexpectula*, *Ansomys shanwangensis*, *Plesiosciurus* aff. *P. sinensis*, *Tamiops asiaticus*, *Sciurus lii*, *Oriensciurus linguensis*, *Diatomys shantungensis*, *Amphicyon confucianus*, *Ysengrinia* sp., *Phoberocyon youngi*, *Ballusia orientalis*, *Gomphotherium* cf. *G. annectens*, *Plesiotapirus yagii*, *Anisodon* sp., *Plesiaceratherium gracile*, *Diaceratherium* sp., *Sinapriculus linguensis*, *Hyotherium shanwangense*, *Bunolistriodon penisulus*, *Sinomeryx tricornis*, *Ligeromeryx colberti*, *L. teilhardi*, *Heterocemas simpsoni* 等(Qiu Z. D. & Qiu Z. X., 2013)。山旺地点是中国山旺期最重要的化石地点之一, 然而山旺地点的动物群并不能完全代表中国山旺期面貌, 尤其对于山旺期的开始时段而言。

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, 从年代学的角度, 山旺地点恰恰不存在建立山旺阶下界层型的条件。邓涛等(2003)报道, 山旺组的底界年龄约为 18 Ma。近年来, He H. Y. 等(2011)对山旺地区的火山喷出岩进行了精确的  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  同位素测年。山旺组之下的牛山组玄武岩的  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  年龄为  $21.0 \pm 2.5$  Ma, 山旺组之上的尧山组玄武岩的  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  年龄为  $17.3 \pm 1.5$  Ma, 而山旺组之中, 化石层之下的玄武岩夹层的  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  年龄在 17~18 Ma 之间。根据以上年龄限制, 山旺动物群的年龄应该在 17 Ma 左右, 这个年龄已远超出 21~19 Ma 的范围。而且, 山旺组之下也缺失了 18 Ma 之前的沉积(邓涛等, 2003), 这就意味着山旺动物群无法反映山旺期开始时哺乳动物群的演化情况, 因此, 无法在山旺地区建立山旺阶的下界层型。

新近系陆相分期是建立在新近系哺乳动物群演化的基础之上。之前, 已有大量的研究工作证明, 山旺动物群中的哺乳动物最有可能与欧洲 MN 4 的动物群相对比。例如三角中华原古鹿(*Sinomeryx tricornis*), 东方祖熊(*Ballusia orientalis*), 矢木氏近獭(*Plesiotapirus yagii*), 半岛丘利齿猪(*Bunolistriodon penisulus*)等均最有可能与欧洲 MN 4 的相近属种对比, 年龄在~18 Ma 左右(邓涛等, 2003)。这里可再举 2 例: 如 Yan D. F. 等人(1983)报道了山旺的嵌齿象(*Gomphotherium* sp.), 嵌齿象在欧洲

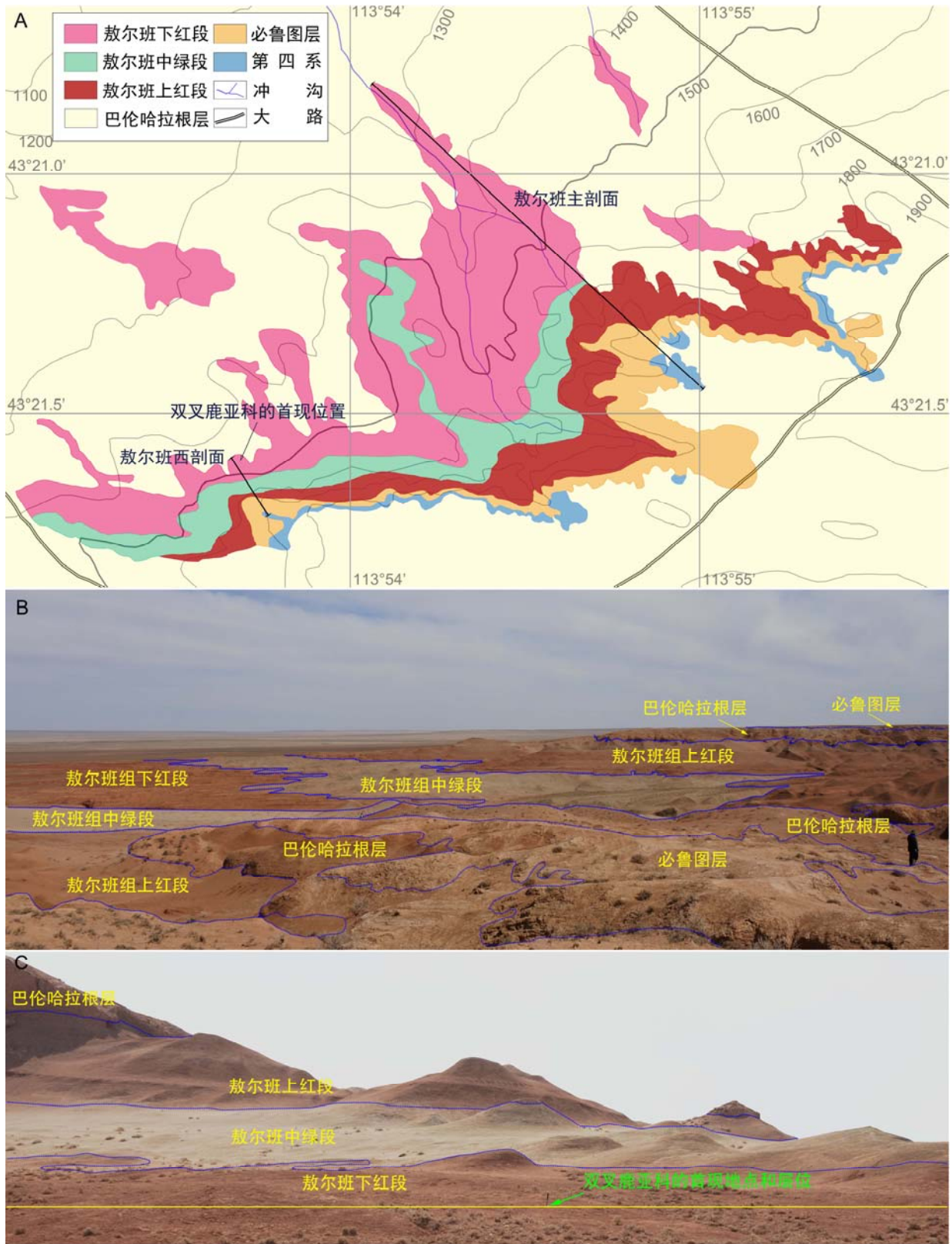
最早出现在 MN 3 (Göhlich, 1999), 在东亚地区则可能比欧洲稍早, 可达到 21~20 Ma (Sun B. Y. et al., 2018)。山旺地区发现的嵌齿象化石经我们深入研究, 认为与日本 Hiramaki 组约 18.5 Ma (Tomida et al., 2013)原始的联合嵌齿象(*Gomphotherium annectens*)形态上比较相近(Tassy, 1994), 但稍显进步(例如, 第四脊更发达, 第二脊主齿柱有较发达的后中心小尖), 因此被归为联合嵌齿象相似种(*Gomphotherium* cf. *G. annectens*)(Wang S. Q. et al., 2019), 其年代可能为 17~18 Ma 之间, 可以与欧洲的 MN 4 相对比。再如, 山旺地点的两种卢瓦鹿(*Ligeromeryx*)——柯氏卢瓦鹿(*L. colberti*)和德氏卢瓦鹿(*L. teilhardi*), 以及一种异小鹿——辛氏异小鹿(*Heterocemas simpsoni*) (Young C. C., 1937, 1964; Teilhard de Chardin, 1939)均比西欧 MN 3 的 *Ligeromeryx praestans* 和 *Heterocemas* sp. 尺寸更大, 角枝更复杂(Azanza & Ginsburg, 1997); 但山旺地点的卢瓦鹿远比通古尔 MN 7/8 的三叉卢瓦鹿(*L. triacuminatus*)尺寸小, 角柄细弱(Colbert, 1936)。因此将山旺地点的动物群归入 MN 4 是比较合理的解释。

欧洲 Orleanian 阶的下界与欧洲哺乳动物群分带的 MN 3 一致。由于欧亚大陆动物群在新近纪的紧密交流, 两者在动物群的面貌上有较高的相似性。因此, 中国的山旺阶的下部应该也包含有相当于欧洲 MN 3, 年代在 21~18 Ma 之间的动物群。但遗憾的是, 在这个时段, 中国发现的动物群相当稀少(Deng T., 2006)。这为山旺阶下界层型的选择和建阶工作带来了很大的困难(Qiu Z. X. et al., 1999)。但近二十年来, 对中国新近纪早期哺乳动物化石研究水平不断提高, 新的哺乳动物化石点也相继发现, 为我们解决这一问题提供了良好的地点和材料, 其中内蒙古的敖尔班地区是建立山旺阶下界层型的最有利的地点。

## 2 敖尔班地区关于山旺阶下界的讨论

### 2.1 敖尔班地区的地层

敖尔班, 亦称“奥尔班”、“敖尔翁”, 位于内蒙古自治区中部(图 1), 锡林郭勒盟苏尼特左旗南偏东 60 km, 为 2004 年新发现的化石地点(Wang X. M. et al., 2009)。敖尔班地区地层露头位于敖尔班台地北缘的陡峭部分, 出露面积不大, 约 3 km<sup>2</sup>(图 2A), 为一套细碎屑沉积物为主的河湖相地层。该露头上



A. 敖尔班地区的地质填图(1: 50000; 修改自 Wang X. M. *et al.*, 2019), B. 敖尔班主剖面照片, 显示各地层体之间的叠覆关系, C. 敖尔班西剖面照片, 显示 *Dicrocerinae* 的首现地点层位  
 A. geological units mapped on 1: 50000 Chinese topographic map(Bilutu Quadrangle; revised after Wang X. M. *et al.*, 2019), B. photograph of the main Aoerban section, indicating the superposition of the geological units, C. photograph of the west Aoerban section, showing the first appearance datum event of *Dicrocerinae*

图 2 敖尔班地区的地质及野外照片  
 Fig. 2 Geological map and outcrops of the Aoerban Area

部的巴伦哈拉根层和必鲁图层为河道沉积与河堤、河漫滩沉积为主, 时代从中中新世晚期到晚中新世晚期, 与之下的地层呈不整合接触, 并具有较长时间的沉积间断(图 2B, C)。而下部的敖尔班组为一套红色夹绿色的河漫滩沉积为主的泥岩及粉砂岩, 夹有灰绿色块状、厚层状或透镜状的泥灰岩层, 并发育有成熟的古土壤层。敖尔班组下部未见底, 顶部被上覆巴伦哈拉根层切割, 与之成平行不整合接触。敖尔班组露头为基本连续的沉积, 可分为下部红色泥岩段(下红段)、中部绿色泥岩段(中绿段)和上部红色泥岩段(上红段), 三段之间为整合接触(图 2B, C)。在下红段和上红段均发现了大量的哺乳动物化石, 目前已超过了 70 个种, 以小哺乳动物为主, 其中啮齿类动物尤为丰富, 将近 40 种; 该露头还发现了一定数量有鉴定意义的大型哺乳动物, 这在中国早中新世的化石地点中是比较少见的。敖尔班组中的动物群被分为下敖尔班和上敖尔班动物群, 两个动物群的组成显示了哺乳动物群从渐新世残留分子为主的早期面貌向中新世进步类型的后期面貌而转变的特征, 时代上代表了从谢家期向山旺期的过渡时段(Wang X. M. *et al.*, 2009)。尤其是偶蹄类双叉鹿亚科在敖尔班露头中部的出现, 更是记录了该剖面上一个非常重要的生物事件。古地磁的测年数据也证实其年龄在 21~17.5 Ma 之间 (Wang X. M. *et al.*, 2019)。因此, 敖尔班露头具备建立山旺阶下界层型的一切有利条件。

敖尔班组的层型剖面建立在敖尔班露头中部的最厚部分(Wang X. M. *et al.*, 2009), 在此我们也将将其选为山旺阶下界层型的候选剖面(称敖尔班主剖面, 图 2A)。在双叉鹿亚科的 *Acteocemas*<sup>®</sup> sp. 首现的位置, 我们还测量了一个对比剖面(称敖尔班西剖面, 图 2B), 对于这两个剖面的具体描述如下:

敖尔班主剖面, 起点 43°21'13.58"N 113°54'5.75"E; 终点 43°20'35.11"N 113°54'53.49"E (图 3C)。

#### 上中新统必鲁图层

1. 灰绿黄色(10Y8/2, Munsell 色表, 下同)薄层状钙质粉砂岩, 胶结坚硬 0.3 m
2. 灰蓝绿色(5BG8/2)厚层状中—粗粒角砾岩, 砾径约  $\Phi$  2 cm, 分选较好, 泥质杂基支撑, 砾石成分为钙质粉砂岩, 发现哺乳动物化石 0.7 m
3. 中棕色(5YR4/4)薄层状粉砂质泥岩 0.05 m

4. 灰绿黄色(10Y8/2)薄层状粉砂质泥岩 0.2 m
5. 黑黄色(5Y6/4)中层状粉砂质泥岩 0.4 m

~~~~~ 不整合 ~~~~~

#### 中中新统巴伦哈拉根层

6. 浅棕色(5YR5/6)中层状含钙粉砂质泥岩夹灰黄绿色(10GY7/2)薄层状粉砂岩 3.5 m
7. 浅棕色(5YR5/6)块状含钙粉砂质泥岩 1.65 m
8. 灰黄绿色(10GY7/2)薄层状粉砂岩 0.15 m
9. 灰橘色(10RY7/4)偶夹浅灰橘色(10YR8/2)薄层状粉砂质泥岩 3.7 m
10. 灰橘色(10RY7/4)薄层—中层状粗砾岩与细砾岩互层, 夹有 2 层灰橘色(10RY7/4)薄层状粗砂岩; 具小规模平行层理; 砾岩次圆状, 分选较好, 泥质杂基支撑, 砾石成分为钙质粉砂, 发现哺乳动物化石 1.5 m

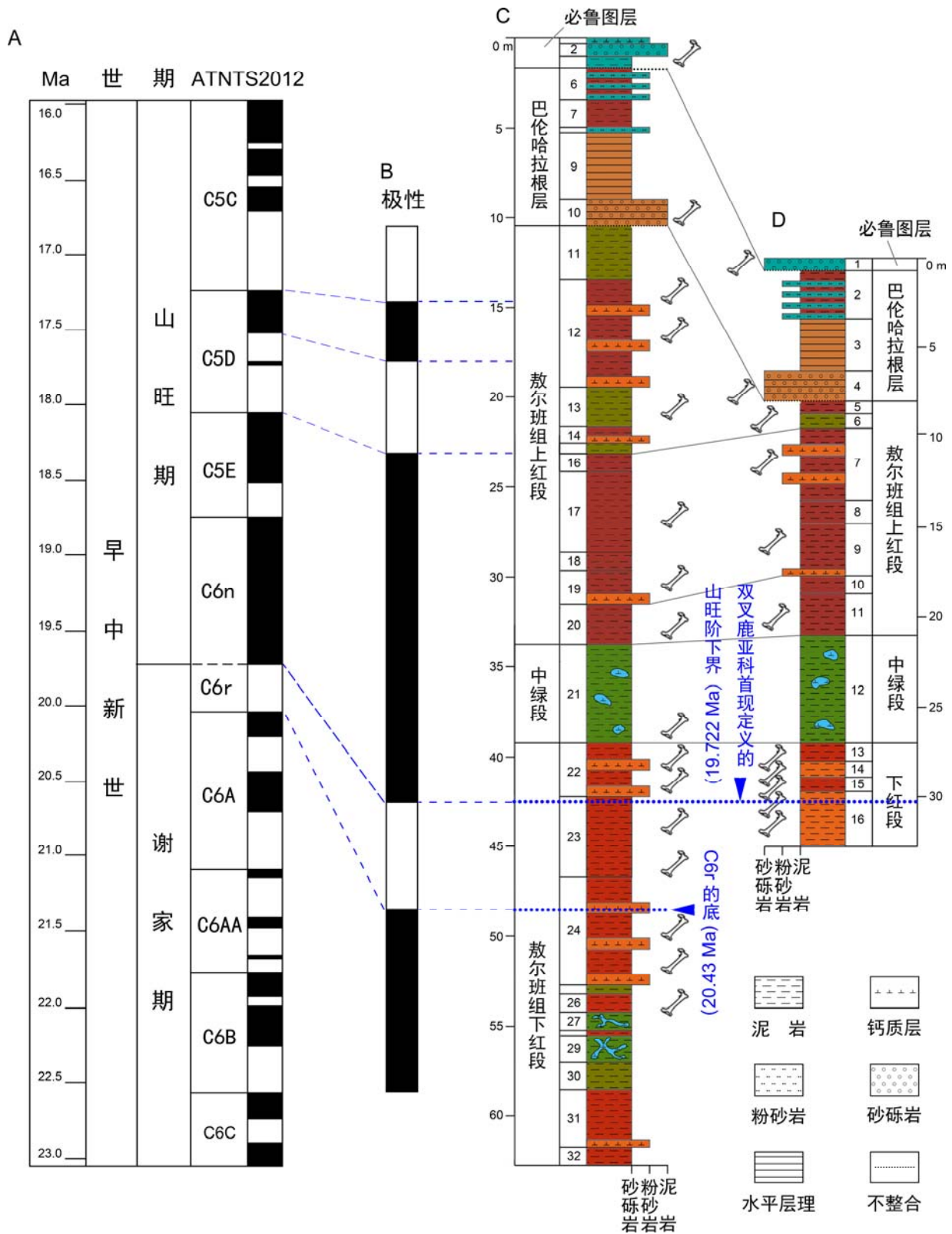
~~~~~ 不整合 ~~~~~

#### 下中新统敖尔班组

##### 敖尔班组上红段

11. 浅榄灰色(5Y5/2)块状泥岩 3.0 m
12. 浅棕色(5YR6/4)中层状钙质粉砂质泥岩与浅棕色(5YR5/6)块状含钙粉砂质泥岩互层, 两者的断面均有黑色铁锰质斑痕(含 2~3 层古土壤), 该层为小哺乳动物化石采样点, 发现大量小哺乳动物化石 6.0 m
13. 浅榄灰色(5Y5/2)块状泥岩, 发现哺乳动物化石 2.2 m
14. 浅棕色(5YR5/6)厚层状含钙粉砂质泥岩, 底部有一浅棕色(5YR6/4)中层状钙质粉砂质泥岩, 两者的断面均有黑色铁锰质斑痕(含 1 层古土壤) 0.9 m
15. 浅榄灰色(5Y5/2)厚层状泥岩 0.6 m
16. 中黄棕色(10YR5/4)块状泥岩, 断面有黑色铁锰质斑痕 1 m
17. 浅棕色(5YR5/6)块状含钙粉砂质泥岩, 发现哺乳动物化石 3.9 m
18. 中黄棕色(10YR5/4)块状泥岩, 断面有黑色铁锰质斑痕 1 m
19. 浅棕色(5YR5/6)块状含钙粉砂质泥岩, 底部有一浅棕色(5YR6/4)中层状钙质粉砂质泥岩, 两者的断面均有黑色铁锰质斑痕(含 1 层古土壤), 发现哺乳动物化石 1.9 m
20. 中黄棕色(10YR5/4)块状泥岩, 断面有黑色铁锰质斑痕, 发现哺乳动物化石 2.2 m

① *Acte-*, 拉丁文意指忍冬科植物矮接骨木 *Sambucus ebulus*; *cemas-*, 源自希腊文 κενρασ-, 意指小鹿。该属尚未有中文译名



A. 标准磁性地层年表, B. 敖尔班组磁性地层(Wang X. M. *et al.*, 2019), C. 敖尔班主剖面(层型剖面), D. 敖尔班西剖面  
 A. magnetostratigraphic timescale, B. magnetic polarity of the Aoerban Formation (Wang X. M. *et al.*, 2019), C. the main Aoerban section, the stratotype, D. the west Aoerban section

图3 敖尔班地区剖面柱状图及对比及山旺阶的下界选择(古地磁年代数据及对比依据 Wang X. M. *et al.*, 2019)

Fig. 3 Lithologic columns and their correlation in Aoerban Area, and the choice of the lower boundary of the Chinese Shanwangian in the stratotype (paleomagnetic dating based on Wang X. M. *et al.*, 2019)

## 敖尔班组中绿段

21. 浅榄色(5Y6/2)块状含钙泥岩, 断面有成片的黑色铁锰质斑痕, 局部夹浅灰蓝色(5B8/2)的钙质泥岩团块, 发现哺乳动物化石 5.5 m

## 敖尔班组下红段

22. 浅棕色(5YR5/6)中—厚层状含钙粉砂质泥岩与浅灰棕色(5YR7/6)中层状钙质粉砂岩互层, 前者的断面有黑色铁锰质斑痕及  $\Phi$  2 mm 的方解石晶洞(含 1~2 层古土壤), 该层为小哺乳动物化石采样点, 发现大量小哺乳动物化石 3.0 m
23. 浅灰棕色(5YR7/6)块状钙质粉砂质泥岩, 发现哺乳动物化石 4.5 m
24. 浅棕色(5YR5/6)中—厚层状含钙粉砂质泥岩与浅灰棕色(5YR7/6)中层状钙质粉砂岩互层, 前者的断面有黑色铁锰质斑痕及  $\Phi$  2 mm 的方解石晶洞(含 2~3 层古土壤), 该层为小哺乳动物化石采样点, 发现大量小哺乳动物化石 6.0 m
25. 浅榄灰色(5Y5/2)中层状泥岩, 局部断面有黑色铁锰质斑痕 0.5 m
26. 中棕色(5YR4/4)块状泥岩, 断面有少量黑色铁锰质斑痕, 发现哺乳动物化石 1.0 m
27. 灰绿黄色(10Y8/2)、灰黄绿色(5GY7/2)厚层状泥岩, 夹有浅灰蓝色(5B8/2)呈树枝状的钙质粉砂岩 1.0 m
28. 中棕色(5YR4/4)中层状泥岩, 断面有少量黑色铁锰质斑痕 0.3 m
29. 灰绿黄色(10Y8/2)、灰黄绿色(5GY7/2)厚层状泥岩, 夹有浅灰蓝色(5B8/2)呈树枝状方解石的钙质粉砂岩 1.5 m
30. 浅榄灰色(5Y5/2)块状泥岩 1.5 m
31. 中棕色(5YR4/4)块状泥岩, 断面有少量黑色铁锰质斑痕, 底部有一灰绿黄色(10Y8/2)薄层状粉砂岩(含 1 层古土壤) 3.2 m
32. 中棕色(5YR4/4)块状泥岩, 断面有少量黑色铁锰质斑痕 >0.5 m

未见底

敖尔班西剖面, 起点 43°20'24.39"N 113°53'48.34"E;

终点 43°20'20.20"N 113°53'56.72"E(图 3D)。

## 上中新统必鲁图层

1. 黄灰色(5Y7/2)块状粗粒夹细粒角砾岩, 分选较差, 泥质杂基支撑, 砾石成分为钙质粉砂岩, 无层理, 发现哺乳动物化石 0.7 m

不整合

## 中中新统巴伦哈拉根层

2. 中棕色(5YR4/4)中—厚层状粉砂质泥岩夹浅榄灰色(5Y6/1)薄层状钙质粉砂岩 2.7 m

3. 灰橘色(10RY7/4)薄层状粉砂岩, 具水平层理 2.9 m
4. 灰橘色(10RY7/4)薄层—中层状粗砾岩与细砾岩互层, 夹有多层灰橘色(10RY7/4)薄层状中—粗粒砂岩; 具小规模平行层理; 砾岩次圆或次棱角状, 分选较好, 泥质杂基支撑, 砾石成分为钙质粉砂, 发现哺乳动物化石 1.7 m

不整合

## 下中新统敖尔班组

## 敖尔班组上红段

5. 浅灰棕色(5YR6/6)厚层状泥岩, 纵向裂隙中有灰黄绿色(5GY7/2)泥岩 0.7 m
6. 灰榄色(10Y6/2)及灰黄棕色(10YR6/2)厚层状泥岩, 断面有黑色铁锰质斑痕及少量黄色锈斑, 发现哺乳动物化石 0.8 m
7. 浅榄棕色(5Y5/6)厚层—块状粉砂质泥岩与浅灰棕色(5YR6/6)钙质粉砂质泥岩互层, 两者的断面均有黑色铁锰质斑痕(含 2~3 层古土壤), 发现哺乳动物化石 4.0 m
8. 浅灰棕色(5YR5/4)块状泥岩, 断面有黑色铁锰质斑痕 1.3 m
9. 浅榄棕色(5Y5/6)块状粉砂质泥岩; 底部有一浅灰棕色(5YR7/6)中层状粉砂质泥岩, 两者的断面均有黑色铁锰质斑痕(含 1 层古土壤), 发现哺乳动物化石 2.9 m
10. 浅榄棕色(5Y5/6)块状粉砂质泥岩, 断面有黑色铁锰质斑痕 1.0 m
11. 浅榄棕色(5Y5/6)块状含钙粉砂质泥岩, 发现哺乳动物化石 2.3 m

## 敖尔班组中绿段

12. 浅榄色(5Y6/2)块状含钙泥岩, 断面有成片的黑色铁锰质斑痕, 局部夹灰蓝色(5B8/2)的钙质泥岩团块 6.0 m

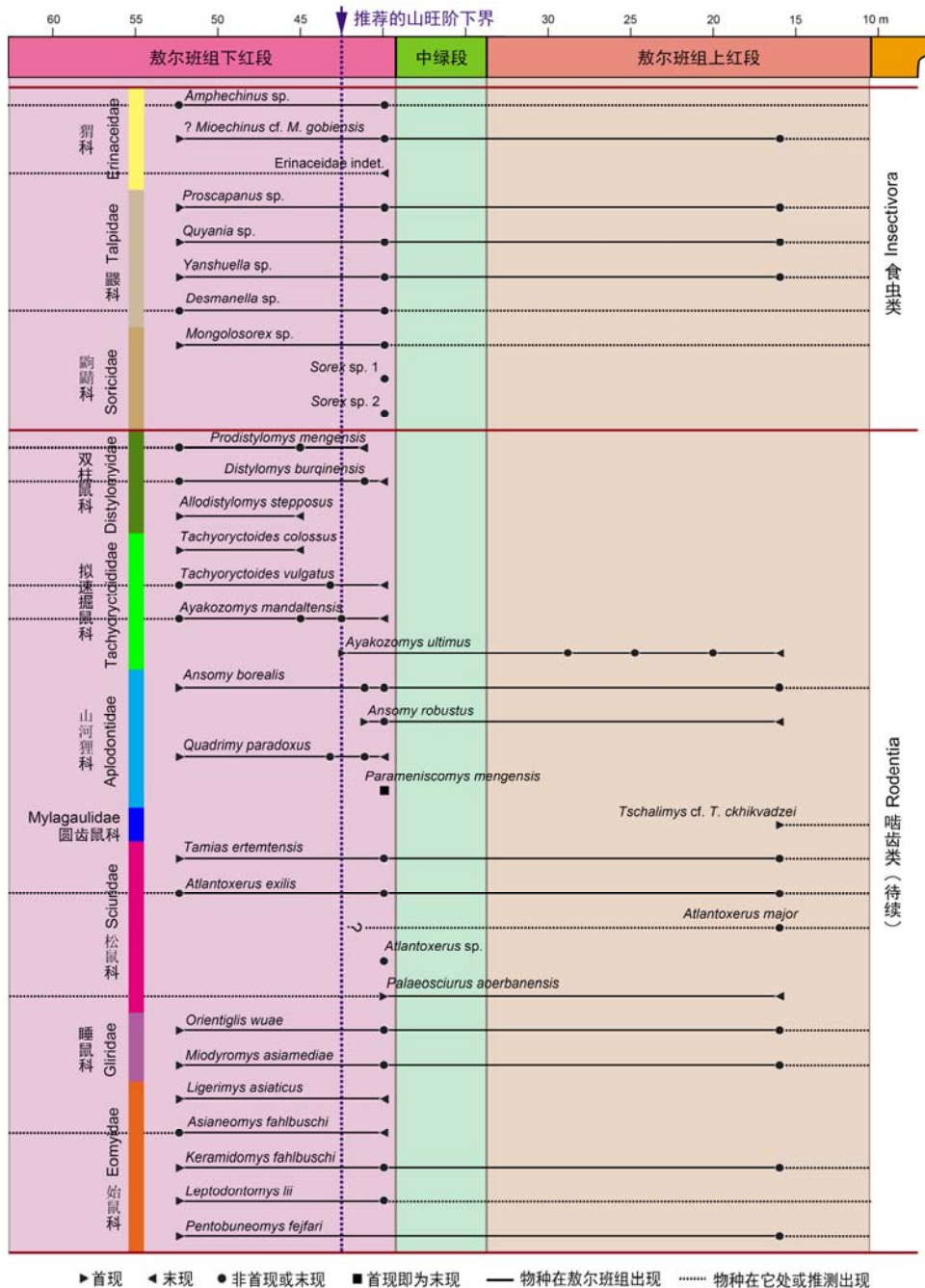
## 敖尔班组下红段

13. 浅棕色(5YR5/6)厚层状粉砂质泥岩, 断面有黑色铁锰质斑痕, 发现哺乳动物化石 1.0 m
14. 浅灰棕色(5YR6/6)厚层状钙质粉砂质泥岩(含 1 层古土壤), 发现哺乳动物化石 0.9 m
15. 浅棕色(5YR5/6)厚层状粉砂质泥岩, 断面有黑色铁锰质斑痕, 发现哺乳动物化石 0.8 m
16. 浅灰棕色(5YR6/6)块状含钙粉砂质泥岩, 局部断面有黑色铁锰质斑痕, 发现哺乳动物化石, 其中为 0.6 m 处为 *Dicrocerinae* 的首现层位 >3.1 m  
未见底

### 2.2 敖尔班组中动物群的演化

Wang X. M.等(2009)注意到,敖尔班组中从下到上可以划分为两个动物组合。下敖尔班动物组合主要产于敖尔班组下红段,该动物组合的特点是保存有大量渐新世出现的科,如双柱鼠科(Distylomyidae)、拟速掘鼠科(Tachyoryctoididae)、山河狸科(Aplodontidae)及林跳鼠科(Zapodidae)。但该动物组合中有超过半数的属(27 属中 14 属)是中新世才出现的,如小哺乳动物阿亚科兹鼠(*Ayakozomys*)、花鼠(*Tamias*)、阿特拉旱松鼠(*Atlantoxerus*)、卢瓦鼠(*Ligerimys*)、小齿鼠(*Leptodontomys*)、蹶鼠(*Sicista*)、

众古仓鼠(*Democricetodon*)和巨尖古仓鼠(*Megacricetodon*)等(邱铸鼎、李强, 2016)。中国北方渐新统常见的梳趾鼠科(Ctenodactylidae)、察干鼠科(Tsaganomyidae)在下敖尔班动物组合中已不再出现;但中国北方中新统常见的跳鼠科(Dipodidae)和近古仓鼠亚科(Plesiodipinae)在下敖尔班动物组合中尚未发现(邱铸鼎、李强, 2016),以上信息均证明,下敖尔班动物组合的时代大约在早中新世的中期,即谢家期的晚期和山旺期的早期,大约可以与欧洲的 MN2~3 对比(图 4)。在大哺乳动物方面,下敖尔班动物组合中发现有食肉





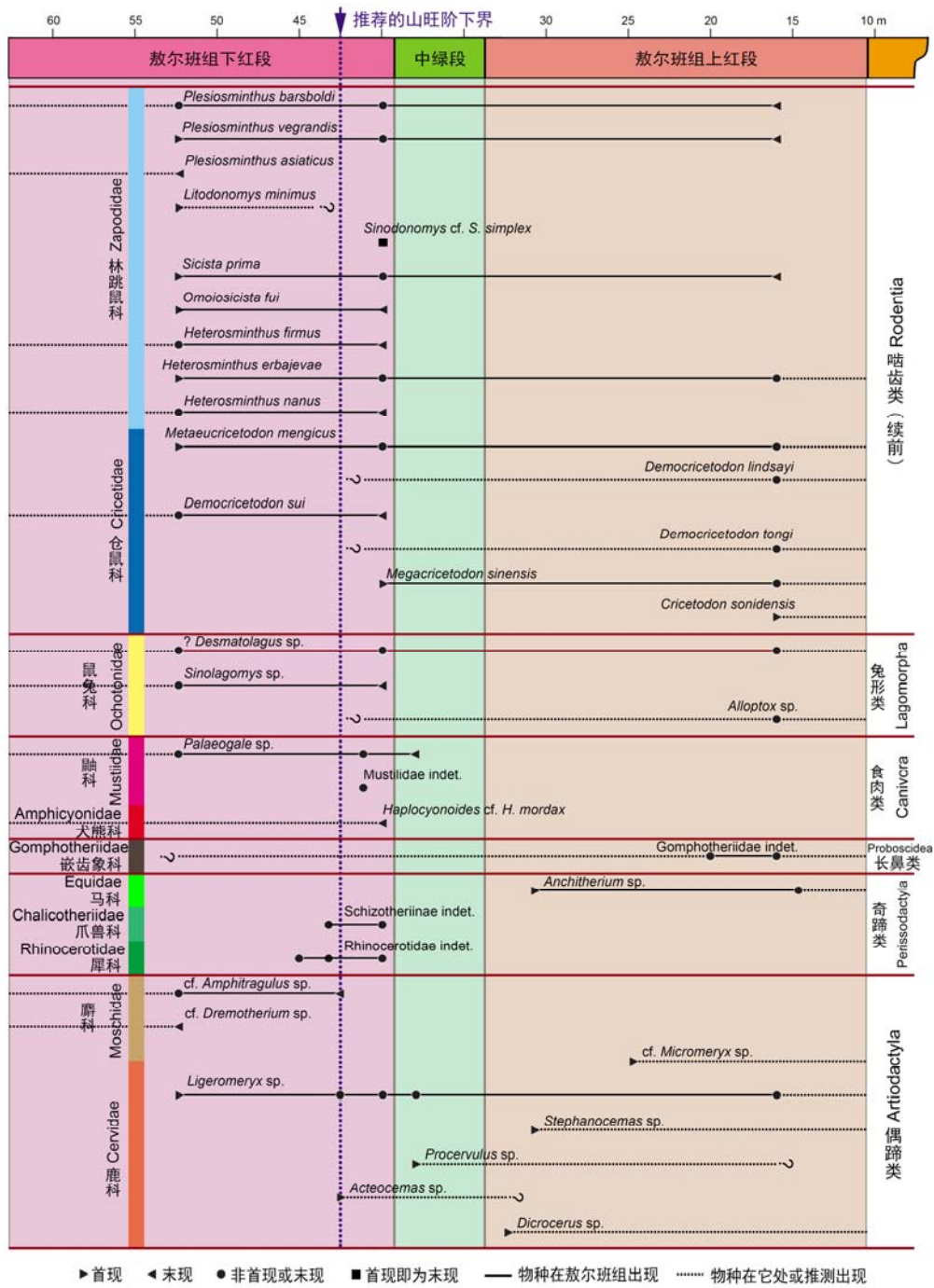


图 4 各哺乳动物化石在敖尔班组中的延限(依据邱铸鼎、李强, 2016; Wang X. M. *et al.*, 2009 及本研究)  
 Fig. 4 Biostratigraphic range of various fossil mammals within the Aoerban Formation (mainly based on Qiu & Li, 2016; Wang X. M. *et al.*, 2009 and the current research)

类的古鼬 (*Palaeogale*), 之前在中国的早中新世很少报道; 还存在咬合拟筒齿犬熊相似种(*Haplocyonoides cf. H. mordax*), 可以与欧洲早中新世的咬合拟筒齿犬熊对比(Wang X. M. *et al.*, 2017)。奇蹄类方面下敖尔班动物组合中有裂爪兽亚科(*Schizotheriinae*)的残留(可能为叶裂爪兽 *Phyllotillon*), 以及原始的犀科(*Rhinocerotidae*), 但未发现有保存较好的材料(图

4)。偶蹄类方面最重要的发现是鹿角(可能为卢瓦鹿 *Ligeromeryx*)的出现, 证明鹿科在该层位已经存在, 这也是中国发现的最早的鹿科地点之一, 而欧洲的鹿科最早在 MN 3 发现。在下红层的上部, 还出现了具角环锥形的进步类群 *Acteocemas*, 详细讨论见下文。除真正的鹿科外, 下敖尔班动物组合下部层位的一些偶蹄类的牙齿, 这里被鉴定为驰鹿相

似属(cf. *Dremotherium*)和双麋鹿相似属(cf. *Amphitragulus*) (图 4), 而驰鹿与双麋鹿均是欧洲 MN 1~2 常见的早期有角类。驰鹿、双麋鹿与鹿科的共存, 也证明下敖尔班动物组合可能位于谢家期的晚期和山旺期的早期的过渡带上。

上敖尔班动物组合主要出产于敖尔班组上红段。该动物组合与下敖尔班动物组合的面貌有明显不同(Wang X. M. *et al.*, 2009)。小哺乳动物方面, 在渐新世繁荣的一些原始的科绝迹, 如双柱鼠科, 另一些则分异度大大下降, 如山河狸科、始鼠科和林跳鼠科, 但出现了圆齿鼠科(Mylagaulidae)的奇氏察里圆齿鼠相似种(*Tschalimys* cf. *T. ckhikvadzei*) (图 4); 一些古老的属消失, 如拟速掘鼠科的拟速掘鼠(*Tachyoryctoides*)、始鼠科的亚洲始鼠(*Asianeomys*)和卢瓦鼠(*Ligerimys*)、林跳鼠科的筒齿鼠(*Litodonomys*)、食虫类的双猬(*Amphechinus*)和兔形类的中华鼠兔(*Sinolagomys*) (图 4); 新出现的动物包括仓鼠科的古仓鼠(*Cricetodon*)和兔形类的跳兔(*Alloptox*)等(图 4)(邱铸鼎、李强, 2016)。这些均能说明, 上敖尔班动物组合比下敖尔班动物组合具有一定的进步性, 但仍然缺少典型的中中新世的种类, 如原跳鼠(*Protalactaga*)、近古仓鼠(*Plesiodipus*)、戈壁古仓鼠(*Gobicricetodon*)等, 其时代仍然处于早中新世山旺期, 大约能与欧洲的 MN 4~5 对比。上敖尔班动物组合最具有鲜明时代特征的大哺乳动物是奇蹄类的安琪马(*Anchitherium*)与长鼻类嵌齿象科(*Gomphotheriidae* indet.)的出现(图 4)。如同大多数马科动物一样, 安琪马起源于北美洲, 在早中新世的中期到达欧亚大陆。在欧洲, 安琪马的出现通常作为陆相 Orleanian 阶开始的标志(Mein, 1999), 从理论上说, 中国地区安琪马的出现不应晚于欧洲, 也可以作为山旺期的标志性生物。但在中国的大多数山旺期地点, 安琪马化石非常稀少, 此前最早的安琪马化石出现在泗洪下草湾剖面(Qiu Z. D. & Qiu Z. X., 2013), 上敖尔班动物组合的小哺乳动物组成与下草湾动物群比较接近, 时代相似, 考虑到上敖尔班动物组合的下部与下敖尔班动物组合连续相接以及古地磁对比的结果, 安琪马在敖尔班剖面的首现大约处于上红层底部向上 3 m 的位置, 古地磁年代约为 18.8 Ma。这一时间应该比下草湾动物群稍早, 因此, 上敖尔班动物组合的安琪马也可能是中国发现的最早的安琪马化石记录。而长鼻类是另一种山旺期的标志性

生物。长鼻类起源于非洲, 最早至渐新世晚期即到达南亚次大陆(Antoine *et al.*, 2003), 在欧洲, 长鼻类首现的时间大约在 MN 3 的晚期, 约~19 Ma 左右(Tassy, 1990)。在中国, 长鼻类的首现很可能比欧洲要略早, 目前报道的长鼻类在中国的早期记录有 19~20 Ma 的兰州张家坪动物群(Qiu Z. X. *et al.*, 2001), 以及 20~21 Ma 的武山杨坪(Sun B. Y. *et al.*, 2017)。嵌齿象在敖尔班剖面的首现可能比以上两个地点稍晚。但考虑到, 无论是安琪马还是嵌齿象, 在早期的化石记录都是非常稀缺的, 目前在敖尔班剖面上发现的安琪马和嵌齿象的首现事件, 可能并不能真正代表两者在东亚地区的首次出现。另一类已经在下敖尔班动物组合出现的哺乳动物, 偶蹄类的鹿科, 在上敖尔班剖面则出现了一个大的适应辐射, 不仅原始的卢瓦鹿仍然存在, 还出现了真正掌状角, 并具有脱落疤痕的皇冠鹿(*Stephanocemas*), 而棘状角的鹿类包括不发育角环的原小鹿(*Procervulus*)以及具有角环锥形的双叉鹿(*Dicrocerus*) (图 4), 特别是双叉鹿之前在欧洲最早发现于 MN5 的地点(Gentry *et al.*, 1999), 而在中国也仅在中中新世的准噶尔盆地的哈拉玛盖组(Ye *et al.*, 1989), 以及通古尔地区有报道(Colbert, 1936)。敖尔班的双叉鹿无疑是该属的最早报道。

### 2.3 双叉鹿亚科(Dicrocerinae)在敖尔班剖面的首现及山旺阶下界的选择

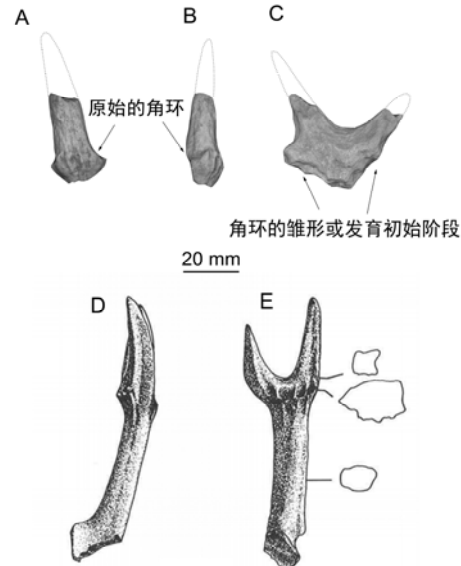
鹿科属于偶蹄目反刍亚目, 是偶蹄目中最年轻也是最特化的科之一(Gentry *et al.*, 1999), 鹿科以可周期性脱换的鹿角为关键鉴定特征。在欧洲, 鹿科的出现于 MN 3 的早期, 以具有多分枝或掌状角的柄杯鹿类的卢瓦鹿(*Ligeromeryx*)和具有棘状角的鹿类如原小鹿(*Procervulus*)及 *Acteocemas* 为代表。然而在中国地区, 鹿科的出现似乎要早于欧洲。例如, 张兆群等(2011)报道了大庙 DM16 地点的鹿科 *Lagomeryx* sp., *Stephanocemas* sp. nov.等(但无棘状角的鹿类), 该地点还报道了 *Tachyoryctoides*, *Prodistylomy*, *Distylomy*, *Plesiosminthus*, *Pseudothe-riodromys*, *Sinolagomys*, *Metaxallerix* 和 *Amphechinus* 等主要存在于渐新世的属, 因此将该地点对比为谢家期, 并可以与欧洲的 MN 2 对比。Kaakinen 等(2015)的古地磁数据将大庙 DM 16 地点对比为约 20~21 Ma。而在敖尔班剖面, 鹿科的从剖面最底

部即已出现, 以 *Ligeromeryx* sp. 为代表, 根据 Wang X. M. 等(2019)的古地磁数据, 敖尔班剖面底部的年代在约 20~21 Ma 之间(图 3)。因此, 鹿科在中国地区的出现在谢家期末期, 大概要早于欧洲。

现代的鹿科冠群的鹿角可脱换部分的最近端, 均具有一圈突出于基部角枝的环状骨质结节, 称为角环(董为, 2008)。角环的出现标志着鹿角的稳定脱换, 在鹿科中为一大进步特征, 最早具角环的鹿科均被归为双叉鹿亚科(Dicrocerinae)。在欧洲, 最早双叉鹿亚科始于法国 MN 3 Chilleurs-aux-Bois 地点的 *Acteocemas infans* (Azanza, 2000)。在敖尔班组, 具角环雏形结构的鹿角, 即最早的双叉鹿亚科成员出现在敖尔班组下红层的上部。例如, IVPP(中国科学院古脊椎动物与古人类研究所标本编号)V25236 为一不完整的鹿角, 仅保存一个角枝的近端, 且角基部未分叉的部分也仅保存一半(图 5A, B)。然而, 保存的角基部分清楚地存在着呈环状分布的结节, 即角环的雏形结构。每一结节均沿角生长的纵向向两端延伸, 中部最为膨大, 这些膨大的结节中部组成了围绕角基的环。相比于现生的鹿科冠群的鹿角, 这些结节向外周凸出的程度较弱, 尚未形成明显的凸缘状角环, 但该结构与真正的角环具有同源性是无可争议的。该角的形态与上文所提到的 *Acteocemas infans* 的鹿角结构非常相似(图 5D, E)。IVPP V25237 为另一鹿角, 两个角枝的远端均稍有破损。在鹿角的近端基部, 发育有一些不规则的沿纵向分布的结节, 有一个结节非常凸出, 有如从角基部分出的“第三角枝”。这些结节尚未形成明显的环状, 与 IVPP V25236 形态有一定差别(图 5C)。由于该角的尺寸较小, 可能处于未成年的个体发育阶段, 或许是造成两者形态上有一定差别的原因。由于两者层位接近, 这里暂将两个材料都归为 *Acteocemas* sp.。*Acteocemas* sp. 的最低出现层位(IVPP V25237), 也即双叉鹿亚科的首现层位在敖尔班西剖面敖尔班组下红层的上部, 距下红层与中绿层的交界面 3.3 m, 在西剖面 30.3 m 处; 对应于主剖面 43.65 m 处(图 3)。

在本文中, 我们选择双叉鹿亚科的首现作为山旺阶下界的标志性, 原因基于以下几点。1) 鹿科是现代哺乳动物群中的一个重要分子, 在全球广泛分布, 双叉鹿亚科具有至少是角环的雏形结构, 是鹿科冠群中的最原始的成员, 其出现具有标志性的意义; 2) 上敖尔班动物组合中记录了鹿

科的早期适应辐射事件, 许多鹿类群, 如 *Stephanocemas*, *Procervulus*, *Dicrocerus* 均在上敖尔班动物组合出现, 双叉鹿亚科中 *Acteocemas* sp. 的出现可能代表这一辐射事件的开始, 而下敖尔班已经出现的鹿科动物 *Ligeromeryx* sp. 不具有鹿科冠群的角环结构, 双叉鹿亚科很可能是从不具角环的 *Ligeromeryx* sp. 演化而来; 3) 敖尔班地区地层中, 鹿类动物的数量非常丰富, 不存在鹿类空缺的哑地层, 相反, 另外一些标志性的物种, 如安琪马或长鼻类, 它们在出现的早期数量非常稀少, 目前我们在地层中发现它们出现的最低层位, 可能并不能代表它们的真正首现的时间点; 4) 双叉鹿亚科在敖尔班剖面的首现恰位于古地磁极性带 C6n 的底, 可以作为山旺阶下界的非生物性标志; 5) 东亚地区的鹿科材料非常丰富, 鹿科在东亚地区的出现可能要早于欧洲, 东亚地区或许是鹿科动物的演化中心, 因此, 双叉鹿亚科的出现东亚地区可能有普遍性, 并且与欧洲的双叉鹿亚科(*Acteocemas infans*)的首次出现(MN3)在时间上可以对比。基于以上几点, 我们将双叉鹿亚科的首现选定为山旺阶下界的标志。



A. IVPP V 25236, *Acteocemas* sp. 鹿角的一枝, 产于敖尔班主剖面, 侧面视, B. 同上, 前或后面视, C. IVPP V 25237, *Acteocemas* sp. (幼年?) 鹿角, 产于敖尔班西剖面, 侧面视, D. *Acteocemas infans* (属型种), 正型标本, 前面视(引自 Azanza, 2000), E. 同上, 内侧面视(引自 Azanza, 2000)

图 5 *Acteocemas* 的鹿角化石  
Fig. 5 Antlers of *Acteocemas*

Meng J.等人(2013)认为,中国陆生哺乳动物年代单位建立应当反映中国地区哺乳动物演化的区域性特点,不必需要与欧洲和美洲的地区哺乳动物群进行严格的对比;并且,应当与建立全球年代地层表采用同样的规则。作为例子,Meng J.等(2013)在新疆乌伦古河的铁尔斯哈巴合剖面(图1)上依据单个物种的首现建立了中国谢家阶的下界层型,该层型以苏氏众古仓鼠(*Democricetodon sui*)为标志哺乳动物,以 *Democricetodon sui* 在层型剖面(即铁尔斯哈巴合剖面)上的首现定义了中国谢家阶的下界。虽然我们对敖尔班剖面的地层研究尚未完全成熟,但敖尔班剖面可以满足依据单个物种的首现定义下界层型的条件,这里选择双叉鹿亚科首现层位作为标志哺乳动物定义中国山旺界的下界。

名称: 山旺阶(Shanwangian)。

地点: 敖尔班剖面,位于内蒙古自治区锡林郭勒盟苏尼特左旗敖尔班台地北侧中部,剖面出露最厚的部分。剖面起点 43°21'13.58"N 113°54'5.75"E; 终点 43°20'35.11"N 113°54'53.49"E。

命名层型: 命名地点位于山东省临朐县山旺村解家河剖面。

下界定义: 双叉鹿亚科的最低出现层位在敖尔班西剖面敖尔班组下红层的上部,距下红层与中绿层的交界面 3.3 m,对应于主剖面 43.65 m 处(图3),该点被选为山旺阶的下界点。

下界的年代: 根据古地磁研究的结果(Wang X. M. et al., 2019),双叉鹿亚科首现层位恰在磁性极性带 C6n 的底(图3)。根据 ATNTA 2012 对新近纪各磁性极性带时间的校正, C6n 底的年代为 19.722 Ma (Hilgen et al., 2012)。

岩性标志: 敖尔班组下红层为一套棕红色河漫滩相粉砂质泥岩沉积夹有多层古土壤层,下不见底;之上的中绿层为一套灰绿色潜育化的泥岩沉积。

矿物与同位素: 尚未开展该项研究。

古地磁: 古地磁研究的结果将由 Wang X. M. 等(2019)发表,双叉鹿亚科首现层位位于磁性极性带 C6n 的底(图3)。

时间跨度: 山旺期的时间跨度将由山旺期的下界以及之上的通古尔期的下界共同确定。目前通古尔阶下界的主要候选层型位于内蒙古自治区苏尼特左旗推饶木剖面中部砂层之下 7.6 m (完整剖

面 12.4 m 处),古地磁解释位于极性带 C5Bn.1r 的底(Deng T. et al., 2007),年龄为 15.032 Ma;如依此为准,山旺阶的时间跨度为 4.69 myr(百万年)。推饶木剖面的古地磁解释尚有争议(Wang X. M. et al., 2003; Qiu Z. D. et al., 2013)。如果以铲齿象 *Platybelodon tongxinensis* 的首现作为通古尔阶的标志生物,通古尔阶的下界可以考虑在宁夏同心庙儿岭剖面或新疆准噶尔夺勒布勒津剖面重建,山旺阶的时间跨度也可能会因此改变。

生物特征: 这里主要包括哺乳类中食虫目、啮齿目、兔形目、食肉目、奇蹄目、长鼻目、偶蹄目等的成员。

我们将山旺阶的下界划在下敖尔班动物群之内,但目前的研究中把下敖尔班动物群中山旺阶的成员分离出来有一定的困难。但注意到与敖尔班剖面不远的嘎顺音阿德格动物群,其成员与下敖尔班动物群相近,但出现了一些具有较进步性状或者在后期动物群存在的属种,因此我们将嘎顺音阿德格动物群的成员也列出,作为山旺阶开始时的动物群代表。

嘎顺音阿德格动物群组合包括: *Amphechinus* sp., *Mioechinus* cf. *M. gobiensis*, *Metexallerix* sp., *Proscapanus* sp., *Quyania* sp., *Yanshulla* sp., *Desmanella* sp., ?*Sorex* sp. 1, ?*Sorex* sp. 2, *Mongolosorex* sp., *Heterosoricinae* indet., *Prodistylomys mengensis*, *Distylomys tedfordi*, *D. burqinensis*, *Tachyoryctoides colossus*, *T. vulgatus*, *Ayakozomys mandaltensis*, *A. ultimus*, *Ansomy borealis*, *A. robustus*, *Quadrимys paradoxus*, *Tamias ertemtensis*, *Atlantoxerus exilis*, *A. major*, *Palaeosciurus aoerbanensis*, *Orientiglis wuae*, *Miodromys asiamediae*, *Ligerimys asiaticus*, *Asianeomys fahlbuschi*, *Keramidomys fahlbuschi*, *Leptodontomys gansus*, *Pentobuneomys fejfari*, *Plesiosminthus vegrandis*, *Litodonomys minimus*, *Sinodonomys simplex*, *Metaeucricetodon mengicus*, *Democricetodon lindsayi*, *D. sui*, *D. tongi*, *Megacricetodon sinensis*, *Alloptox* sp.等(Qiu Z. D. et al., 2013; 邱铸鼎、李强, 2016)。

上敖尔班动物组合包括: ?*Mioechinus* cf. *M. gobiensis*, *Proscapanus* sp., *Quyania* sp., *Yanshuella* sp., *Ayakozomys ultimus*, *Ansomy borealis*, *A. robustus*, *Tschalimys* cf. *T. ckhikvadzei*, *Tamias ertemtensis*, *Atlantoxerus exilis*, *A. major*, *Palaeosciurus aoerbanensis*, *Orientiglis wuae*, *Miodromys asiamediae*, *Keramidomys fahlbuschi*, *Pentobuneomys fejfari*, *Plesiosminthus*

*barsboldi*, *P. vegrandis*, *Sicista prima*, *Heterosminthus erbajevae*, *Metaeucricetodon mengicus*, *Democricetodon lindsayi*, *D. tongi*, *Megacricetodon sinensis*, *Cricetodon sonidensis*, ?*Desmatolagus* sp., *Alloptox* sp., Gomphotheriidae indet., *Anchitherium* sp., Schizotheriinae indet., Rhinocerotidae indet, cf. *Micromeryx* sp., *Ligeromeryx* sp., *Stephanocemas* sp., *Procervulus* sp., *Acteocemas* sp., *Dicrocerus* sp.等(Qiu Z. D. et al., 2013; 邱铸鼎、李强, 2016)

综合嘎顺音阿德格和上敖尔班动物群, 我们可以列出如下山旺阶在内蒙古中部地区的哺乳动物特征:

首次出现的成员为 *Distylomys tedfordi*, *Tschalimys*, *Atlantoxerus major*, *Leptodontomys gansus*, *Desmocricetodon lindsayi*, *Cricetodon sonidensis*, *Alloptox*, Gomphotheriidae, *Anchitherium*, *Micromeryx*, *Acteocemas*, *Dicrocerus* 等。

末次出现的成员为 *Tachyoryctoides*, *Ansomys robustus*, *Ligerimys*, *Asianeomys*, *Plesiosminthus*, *Litodonomys*, *Metaeucricetodon* 等。

亚阶划分: 根据 Deng T.(2006), 山旺阶潜在可以划分出 NMU 4 和 NMU 5 两个动物群。但上敖尔班动物组合可能成为一个独立于 NMU 4, 时代更早的动物群, 目前关于此点仍需进一步研究, 因此这里暂不进行划分。

前承期: 山旺期的开始即为谢家期的结束, 在敖尔班剖面以下敖尔班动物组合为代表。

地理的延限: 山旺期在中国范围内定义, 可以拓展到动物群可以对比的周边区域。

沉积环境和古环境解释: 目前该研究尚未深入开展。

另一种观点认为, 中国山旺阶的下界应与海相的 Burdigalian 阶一致, 但目前, 海相的 Burdigalian 阶下界尚未确定。如果按国际地层表上暂行的 Burdigalian 阶下界, 应位于 20.43 Ma, 该点位于中绿层之下 9.3 m, 主剖面 49.65 m(图 3)。如按此方式定义, 该点即为敖尔班剖面上山旺阶的下界。

### 3 中国其它地区包含山旺阶下界的剖面

甘肃兰州盆地是中国新生代地层研究最早的地区之一(图 1), 发育有从早始新世到晚中新世比较连续的沉积, 其中上渐新统一中新统咸水河组具有丰富的中新世早期和中期的哺乳动物化石(邱占祥等, 1990; Qiu Z. X. et al., 2001)。其中咸水河组

被分为下、中、上三段。下段出产南坡坪和峡沟动物群, 被认为是早渐新和晚渐新世, 中段则进入早中新世, 其中夹有多层成熟度较高的白色砂岩, 发现了丰富的哺乳动物化石。下部为张家坪动物群, 发现的哺乳动物化石有 *Sinolagomys kansuensis*, *S. cf. S. pachygnathus*, *Tachyoryctoides* sp., *Tataromys plicidens*, *Yindirtemys gobiensis*, *Sayimys* sp., *Hyaenodon* sp., *Ictiocyon* cf. *socialis*, *Plesictis* cf. *P. vireti*, Amphicyonidae indet., Proboscidea indet., Indricotheriinae indet., *Aprotodon lanzhouensis*, *Phyllotillon huangheensis*, Cervidae indet., Bovidae indet. 等。该动物群中存在很多渐新世的残留分子, 与谢家动物群非常相似(见下文), 其中含有下敖尔班动物组合没有的塔塔鼠(*Tataromys*)、阴河鼠(*Yindirtemys*)等梳趾鼠类, 说明时代比下敖尔班动物组合更早一些。大动物中的巨犀(*Indricotheriinae* indet.)、鬣齿兽(*Hyaenodon* sp.)、副豨(*Paraentelodon* sp.)均是渐新世的残留种类; 但出现了中新世的代表类群长鼻类(Proboscidean indet.)、鹿科(*Cervidae* indet.)、牛科(*Bovidae* indet.)。长鼻类的在兰州盆地的出现很可能是中国最早的长鼻类地点之一, 而鹿科和牛科均未发现角或角心, 其可靠性还需进一步调查。张家坪动物群之上则为对亭沟动物群, 发现的哺乳动物化石有 *Sinolagomys* sp., *Megacricetodon* sp., *Democricetodon* sp., *Heterosminthus* sp., *Protalactaga* sp., *Parasminthus* sp., *Stephanocemas* sp.。该动物群中已经完全没有了梳趾鼠类、拟速掘鼠(*Tachyoryctoides*)等渐新世的残留分子, 显然已进入了山旺期, 其中巨尖古仓鼠(*Megacricetodon*)、众古仓鼠(*Democricetodon*)、皇冠鹿(*Stephanocemas*)的出现说明对亭沟动物群很可能与上敖尔班动物组合时代相近。根据 Zhang P. 等(2016)发表的对亭沟剖面的古地磁结果, 张家坪动物群的时代从~24 Ma 延续到~20.5 Ma 左右, 而对亭沟动物群的年代在~19 Ma 左右。兰州盆地无疑是早中新世早期动物群最丰富的地区之一, 也具有建立山旺阶下界的有利条件。但在~20 Ma 没有化石发现, 终究是一个缺憾。

青海西宁盆地的陆相新生代地层发育非常广泛, 并且发育了从晚古新世到更新世比较连续的沉积(图 1)。其中新近系地层单位包括上渐新统一下中新统谢家组、下中新统车头沟组、中中新统一上中新统关家山组、上中新统一上新统莫家庄组(后两者为原咸水河组)(Zhang W. L. et al., 2017; 李春晓等, 2018)。其中关家山组报道了以嵌齿象

(*Gomphotherium*)、库班猪(*Kubanochoerus*)为代表的中新世通古尔期动物群;而下部的谢家组发现的谢家动物群,成为中国谢家期的代表动物群(李传夔等, 1980),发现的哺乳动物化石有 *Sinolagomys pachygnathus*, *Eucricetodon youngi*, *Parasminthus xiningensis*, *Parasminthus huangshuiensis*, *Litodonomys lajeensis*, *Yindirtemys suni*, *Y. xiningensis*, *Tachyoryctoides kokonorensis*, *Turpanotherium elegans*, *Sinopalaeoceros xiejiaensis*(李传夔等, 1980; Deng *et al.*, 2018)。其中阴河鼠(*Yindirtemys*)、吐鲁番巨犀(*Turpanotherium*)等为渐新世的残留分子;而所谓“牛科”的谢家中华古羊(*Sinopalaeoceros xiejiaensis*), 据 Menecart(个人通讯)研究,可能为一种特化的高冠齿的麋鹿,最早的牛科动物的标志——角心的出现应该在山旺期内,不早于 20 Ma。而谢家组与关家山组之间的车头沟组,则发现了山旺期的动物群,包括 *Megacricetodon sinensis*, *Heterosminthus orientalis*, *?Eumyarion* sp. 以及 *Cervidae* indet., *Rhinocerotidae* indet. 等(邱铸鼎等, 1981)。其中中华巨尖古仓鼠(*Megacricetodon sinensis*)在上、下敖尔班动物组合中均有发现。根据 Xiao G. Q. *et al.*(2013)发表的临近塔山剖面的古地磁结果,车头沟组底部的砂砾岩层的时代位于 C6r 的反向期内,时代约为~20 Ma,位于潜在的山旺阶下界附近,而该层正是车头沟组的化石层位。然而,仅有?美小鼠(*?Eumyarion* sp.)一种动物发现于谢家剖面,两者可以直接对比,其它的车头沟组的动物群发现于齐家沟口、担水路等地,与谢家剖面难以直接对比。相比于敖尔班剖面,西宁盆地谢家或塔山剖面,虽然具有较长的近连续地层及较多的化石层位,从而给出较可靠的古地磁解释,但谢家/山旺界线一带,以及整个山旺阶之内的动物化石稀少,难以反映山旺期动物演化的面貌。

新疆准噶尔盆地北缘(图 1)发育有从始新世到渐新世比较连续的新生代地层,其中上渐新统一早中新统索索泉组为一套以风成堆积为主的红色地层。在铁尔斯哈巴合台地的索索泉组中发现有多个化石层位,其中索 I 带为晚渐新世,索 II 带与索 III 带均为早中新世。上部的索 III 带动物组合包括 *Amphechinus bohlini*, *A. cf. A. minimus*, *Metexallerix junggarensis*, *Sinolagomys ulungurensis*, *Atlantoxerus* sp., *Dipodidae* gen. et sp., *Litodonomys* sp., *Heterosminthus* aff. *H. firmus*, *H. cf. H. nanus*, *Protalactaga* sp., *Cricetodon* sp. nov., *Democricetodon sui*, *Tachyo-*

*ryctoides* sp., *Proditylomys sinjiangensis*, *P. lii*, *Palaeogale* cf. *P. sectoria*, *Aprotodon* sp., *Cervidae* indet.。其中 *Amphechinus*, *Metexallerix*, *Sinolagomys*, *Atlantoxerus*, *Litodonomys*, *Heterosminthus*, *Democricetodon*, *Tachyoryctoides*, *Proditylomys*, *Palaeogale* 等 10 个属均在下敖尔班动物组合中出现,只不过索 III 动物组合中出现了原跳鼠(*Protalactaga*)等中新世常见的属。因此,索 III 动物组合的时代与下敖尔班动物组合的时代相当,可能要稍晚。孟津等(2006)的铁尔斯哈巴合剖面的古地磁数据表明,索 III 动物组合的时代跨度大约在 21.5~20 Ma 之间。因此,铁尔斯哈巴合台地的索索泉组,应包含有山旺阶的下界位置。然而,在索 III 之上的山旺阶的地层中,哺乳动物化石比较缺乏。索索泉组中两个发现山旺期哺乳动物化石的地点,南干渠和黑山头,均与铁尔斯哈巴合台地相距甚远,地层难以直接对比。最近, Wang S. Q. 等(2019)在铁尔斯哈巴合台地索索泉组的上部发现了山旺期的原互棱齿象(*Protanancus* sp.)和皇冠鹿(*Stephanocemas* sp.)的化石,年代约为 18.6 Ma。只不过,目前在该地点的化石种类还比较稀少,距之下的索 III 动物组合还有一段暂时空白的地层。因此,如果试图在铁尔斯哈巴合台地的索索泉组中建立山旺阶的下界,还需要在索 III 动物组合之上的地层中发现更多的化石。

#### 4 结 论

位于内蒙古中部的敖尔班组是中国早中新世中期化石种类最丰富,地层最连续的新生代陆相地层,该区域填补了中国新近纪约 20 Ma 左右的陆生哺乳动物化石记录,具备建立山旺阶下界层型的条件。因此在本文中,我们把敖尔班剖面作为中国新近纪陆相下中新统山旺阶的推荐层型剖面,山旺阶的下界选择在原始的鹿科冠群双叉鹿亚科的首现层位,同时也是磁性极性带 C6n 的底,年代为 19.722 Ma。中国其它具备建立山旺阶下界的剖面还包括甘肃兰州盆地的对亭沟剖面、青海西宁盆地的谢家(或塔山)剖面、新疆准噶尔盆地的铁尔斯哈巴合剖面等。

感谢中国科学院古脊椎动物与古人类研究所邱铸鼎、叶捷、吴文裕和美国洛杉矶自然历史博物馆王晓鸣在化石及地层对比方面,以及文章撰写方面提供了很多帮助;感谢瑞士巴塞尔自然史博物馆 B. Menecart, 德国斯图加特自然史博物馆

M. Aiglstorfer 在化石标本对比中提供的帮助, 感谢中国科学院古脊椎动物与古人类研究所李录、王健、冯文清、时福桥、索超, 中国科学院地质与地球物理研究所孙露, 内蒙古阿巴嘎旗博物馆陈海峰, 内蒙古苏尼特博物馆额尔登等人参与野外工作。

## 参 考 文 献

- 邓 涛, 王伟铭, 岳乐平. 2003. 中国新近系山旺阶建阶研究新进展. 古脊椎动物学报, **41**(4): 314-323.
- 董 为. 2008. 鹿角形态演化综述//董为编. 第十一届中国古脊椎动物学学术年会论文集. 北京: 海洋出版社. 133-150.
- 李传夔, 邱铸鼎. 1980. 青海西宁盆地早中新世哺乳动物化石. 古脊椎动物学报, **18**(3): 198-214.
- 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.
- 李春晓, 王世骥, 郝呈禄, 陈光庭, 孙博阳, 郑妍, 许泗建. 2018. 早期西宁盆地嵌齿象化石地点考证及地层对比. 地层学杂志, **42**(3): 313-3248.
- 孟 津, 叶 捷, 吴文裕, 岳乐平, 倪喜军. 2006. 准噶尔盆地北缘谢家阶底界—推荐界线层型及其生物—年代地层和环境演变意义. 古脊椎动物学报, **44**(3): 205-235.
- 邱铸鼎, 李 强. 2016. 内蒙古中部新近纪啮齿类动物, 中国古生物志, 新丙种, **30**: 1-684.
- 邱占祥, 王伴月, 邱铸鼎. 1997. 甘肃兰州盆地咸水河组研究的新进展//童永生, 张银运, 吴文裕, 李锦铃, 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. 177-192.
- 全国地层委员会. 2016. 中国地层指南及中国地层指南说明书. 北京: 地质出版社. 1-62.
- 孙艾玲. 1961. 山东山旺中新世蛇化石. 古脊椎动物与古人类, (4): 306-312.
- 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.
- 阎德发, 邱铸鼎, 孟振亚. 1983. 山东山旺中新世地层及哺乳动物化石. 古脊椎动物与古人类, **21**(3): 210-222.
- 张兆群, 王李花, 刘丽萍, 傅明楷. 2011. 内蒙古大庙中新世哺乳动物群序列与环境变化. 第四纪研究, **31**(4): 608-613.
- Antoine P O, Welcomme J L, Marivaux L, Baloch I, Benammi M & Tass P. 2003. First record of Paleogene Elephantoidea (Mammalia, Proboscidea) from the Bugti hills of Pakistan. Journal of Vertebrate Paleontology, **23**(4): 977-980.
- Azanza B. 2000. Los Cervidae(Artiodactyla, Mammalia)del Mioceno de las cuencas del Duero, Tajo, Calatayud-Teruel y Levante. Memorias del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza, **8**: 1-376.
- Azanza B & Ginsburg L. 1997. A revision of the large lagomerycid artiodactyls of Europe. Palaeontology, **40**: 461-485.
- Colbert E H. 1936. Tertiary deer discovered by the American Museum Asiatic Expeditions. American Museum Novitates, **854**: 1-21.
- Deng T. 2006. Chinese neogene mammal biochronology. Vertebrata Palasiatica, **44**(2): 143-163.
- Deng T, Hou, S K & Wang S Q. 2018. Neogene integrative stratigraphy and timescale of China. Science China: Earth Sciences, **61**: doi: org/10.1007/s1143001791554
- Gentry A W, Rössner G E & Heizmann E P. 1999. Suborder Ruminantia //Rössner G E & Heissig K eds. The Miocene Land Mammals of Europe. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil. 225-258.
- Göhlich U B. 1999. Order Proboscidea//Rössner G E & Heissig K eds. The Miocene land mammals of Europe. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil. 157-168.
- He H Y, Deng C L, Pan Y X, Deng T, Luo Z H, Sun J M & Zhu R X. 2011. New <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar dating results from the Shanwang Basin, eastern China: Constraints on the age of the Shanwang Formation and associated biota. Physics of the Earth and Planetary Interiors, **187**: 66-75.
- Hilgen F J, Lourens L J & van Dam J A. 2012. The Neogene period// Gradstein F M, Ogg J G, Schmitz M D & Ogg G M eds. The Geologic Time Scale. 923-978.
- Kaakinen A, Aziz H A, Passey B H, Zhang Z Q, Liu L P, Salminen J, Wang L H, Krijgsman W & Fortelius M. 2015. Age and stratigraphic context of Pliopithecus and associated fauna from Miocene sedimentary strata at Damiao, Inner Mongolia, China. Journal of Asian Earth Sciences, **100**: 78-90.
- Mein P. 1999. European Miocene Mammal Biochronology//Rössner G E & Heissig K eds. The Miocene Land Mammals of Europe. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil. 25-38.
- Meng J, Ye J, Wu W Y, Ni X J & Bi S D. 2013. A single-point base definition of the Xiejian Age as an exemplar for refining Chinese Land Mammal Ages//Wang X M, Flynn L & Fortelius M eds. Fossil Mammals of Asia: Neogene Terrestrial Mammalian Biostratigraphy and Chronology of Asia. New York: Columbia University Press.
- Mosbrugger V, Utescher T & Dilcher D L. 2005. Cenozoic continental climatic evolution of Central Europe. Proceedings of the National Academy of Sciences, **102**: 14964-14969.
- Qiu Z D & Qiu Z-X. 2013. Early Miocene Xiejiahe and Sihong fossil localities and their faunas, eastern China//Wang X M, Flynn L J & Fortelius M eds. Neogene Terrestrial Mammalian Biostratigraphy and Chronology of Asia. New York: Columbia University Press. 142-154.
- Qiu Z D, Wang X M & Li Q. 2013. Neogene faunal succession and biochronology of Central Nei Mongol (Inner Mongolia)//Wang X M, Flynn L J & Fortelius M eds. Neogene Terrestrial Mammalian Biostratigraphy and Chronology of Asia New York: Columbia University Press. 155-186.
- Qiu Z X, Wu W Y & Qiu Z D. 1999. Miocene mammal faunal sequence of China: Palaeozoogeography and Eurasian relationships//Rössner G E & Heissig K eds. The Miocene Land Mammals of Europe. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil. 443-455.
- Qiu Z X, Wang B Y, Qiu Z D, Heller F, Yue L P, Xie G P, Wang X M & Engesser B. 2001. Land mammal geochronology and magnetostratigraphy of mid-Tertiary deposits in the Lanzhou Basin, Gansu Province, China. Eclogae Geologicae Helvetiae, **94**: 373-385.
- Rögl F. 1999. Circum-Mediterranean Miocene Paleogeography//Rössner G E & Heissig K eds. The Miocene Land Mammals of Europe. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil. 39-48.
- Steininger F F. 1999. Chronostratigraphy, geochronology and biochronology of the Miocene "European land mammal megazones"(ELMMZ) and the Miocene "mammal-zones(MNZones)"//Rössner G E & Heissig K eds. The Miocene Land Mammals of Europe. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil. 9-24.
- Sun B Y, Wang X X, Ji M X, Pang L B, Shi Q Q, Hou S K, Sun D H & Wang S H. 2018. Miocene mammalian faunas from Wushan, China and their evolutionary, biochronological, and biogeographic significances. Palaeoworld, **27**: 258-270.

- Tassy P. 1990. The “proboscidean datum event: ” how many proboscideans and how many events?//Lindsay E H, Fahlbusch V & Mein P eds. European Neogene Mammal Chronology. New York: Plenum Press. 237-252.
- Tassy P. 1994. Gaps, parsimony, and Early Miocene elephantoids (Mammalia), with a re-evaluation of *Gomphotherium annectens* (Matsumoto, 1925). Zoological Journal of the Linnean Society, **112**: 101-117.
- Teilhard de Chardin P. 1939. The Miocene cervids from Shantung. Bulletin of the Geological Society of China, **19**(3): 269-278.
- Tomida Y, Nakaya H, Saegusa H, Miyata K & Fukuchi A. 2013. Miocene land mammals and stratigraphy of Japan//Wang X M, Flynn L J & Fortelius M eds. Fossil Mammals of Asia: Neogene Biostratigraphy and Chronology of Asia. New York: Columbia University Press. 314-333.
- Wang S Q, Li C X, Zhang X X, Jiang-Zuo Q G, Ye J, Li L & Li F C. 2019. An record of the early *Protanancus* and *Stephanocemas* from the North of the Junggar Basin, and its implication for the Chinese Shanwangian. Vertebrata PalAsiatica, DOI: 10.19615/j.cnki.1000-3118.181108
- Wang X M, Qiu Z D & Opdyke N D. 2003. Litho-, bio-, and magnetostratigraphy and paleoenvironment of Tunggur Formation (Middle Miocene) in central Inner Mongolia, China. American Museum Novitates, **3411**: 1-31.
- Wang X M, Qiu Z D, Li Q, Tomida Y, Kimura Y, Tseng Z J & Wang H J. 2009. A new Early to Late Miocene fossiliferous region in central Nei Mongol: Lithostratigraphy and biostratigraphy in Auerban strata. Vertebrata PalAsiatica, **47**(2): 111-134.
- Wang X M, Li Q, Sun L, Deng C L, Li Q & Wen D. 2019. Biostratigraphy, magnetostratigraphy, and geochronology of lower Miocene Auerban strata in central Inner Mongolia. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, Doi: <https://doi.org/10.1016/j.palaeo.2018.12.006>
- Xiao G Q, Guo Z T, Dupont-Nivet G, LU H Y, Wu N Q, Ge J Y, Hao Q Z, Peng S Z, Li F J, Abels H A & Zhang K X. 2012. Evidence for northeastern Tibetan Plateau uplift between 25 and 20 Ma in the sedimentary archive of the Xining Basin, Northwestern China. Earth and Planetary Science Letters. **317-318**: 185-195.
- Ye J. 1989. Middle Miocene artiodactyls from the northern Junggar Basin. Vertebrata PalAsiatica, **27**(1): 37-52.
- Young C C. 1936. On the Cenozoic geology of Itu, Changlo and Linchü Districts. Bulletin of the Geological Society of China, **15**: 171-187.
- Young C C. 1937. On a Miocene mammalian fauna from Shantung. Bulletin of the Geological Society of China, **17**(2): 209-244.
- Young C C. 1964. On a new *Lagomeryx* from Lantian, Shensi. Vertebrata PalAsiatica, **8**(4): 329-340.
- Zhang P, Ao H, Dekkers M J, Li Y X & An Z S. 2016. Late Oligocene- Early Miocene magnetostratigraphy of the mammalian faunas in the Lanzhou Basin-environmental changes in the NE margin of the Tibetan Plateau. Scientific Reports, 6: 38023, doi: 10.1038/srep38023
- Zhang W L, Zhang T, Song C H, Appel E, Mao Z Q, Fang Y H, Lu Y, Meng Q Q, Yang R S, Zhang D W, Li B S & Li J. 2017. Termination of fluvial-alluvial sedimentation in the Xining Basin, NE Tibetan Plateau, and its subsequent geomorphic evolution. Geomorphology, **297**: 86-99.

## SELECTION OF THE LOWER BOUNDARY STRATOTYPE OF THE CHINESE TERRESTRIAL LOWER MIOCENE SHANWANGIAN STAGE

WANG Shi-Qi<sup>1)2)</sup>, DENG Tao<sup>1)2)3)</sup>, WANG Hong-Jiang<sup>4)</sup>, LI Chun-xiao<sup>1)2)3)</sup>,  
JIANGZUO Qi-Gao<sup>1)2)3)</sup> and WEN Du-su<sup>5)</sup>

1) Key Laboratory of Vertebrate Evolution and Human Origins of Chinese Academy of Sciences, Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044;

2) CAS Center for Excellence in Life and Paleoenvironment, Beijing 100044;

3) University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049;

4) Administration Station of Cultural Relics of Xilinguole League, Xilinhaote 026000;

5) Sonid Museum, Sonid Zuoqi 011300

**Abstract** The terrestrial Shanwangian is a component age of the Chinese Neogene Period. In this age ancient mammalian groups declined and modern mammalian groups began to diversify. The Shanwangian age is approximately correlated to the global marine Burdigalian which begins at about 20 Ma. However, for a long time, fossil mammals were poorly documented from the early Shanwangian in China, which obstructs the understanding of the mammalian evolution in this time interval and also hinders the establishment of the lower boundary of the Shanwangian Stage of Chinese terrestrial Neogene System. The Neogene sediments recently discovered from the Auerban area (Auerban Formation), Sonid Zuoqi, Inner Mongolia, provide an excellent stratigraphic profile to address the problem mentioned above. The sediments of the Auerban Formation are continuously deposited, preserving abundant fossil mammals that reveal important faunal changes. The lower Auerban assemblage is characterized by the survival of Oligocene relict mammals, such as distylomyids, *Tachyoryctoides*, *Sinolagomys*, and basal pecorans. In the upper Auerban assemblage, the above-mentioned Oligocene relict taxa disappear, and newcomers include *Megacricetodon*, *Cricetodon*, and *Alloptox*. Cervidae shows



a great adaptive radiation, and gomphotheres and *Anchitherium* migrated from Africa and North America, respectively. The faunal changes indicate a late Xiejian age for the lower Aoerban assemblage and an early Shanwangian age for the upper Aoerban assemblage. Palaeomagnetic data reveal a time span of ~21–17.5 Ma for the Aoerban Formation, encompassing the beginning time of the Burdigalian Age. In the present paper, we suggest the first appearance datum (FAD) of Dicrocerinae, the earliest member of the crown Cervidae, as a biostratigraphic marker of the Shanwangian lower boundary. The FAD of *Acteocemas* sp. locates exactly at the bottom of the magnetostratigraphic polarity zone C6n with the age of 19.722 Ma. In China, other stratigraphic sections containing the lower boundary of Shanwangian include the Duitinggou section in the Lanzhou Basin, Gansu; the Xiejia (or Tashan) section in the Xining Basin, Qinghai; and the Tiersihabahe section in the Junggar Basin, Xinjiang. Relative to the other sections, the Aoerban section is preferred as the lower boundary stratotype of Chinese terrestrial Shanwangian Stage because it contains more abundant mammalian fossils during ~20–18 Ma.

**Key words** chronostratigraphy, lower boundary stratotype, Shanwangian, Early Miocene, Aoerban