

内蒙古四子王旗晚中新世哺乳动物群的发现及其古动物地理意义

邓涛^①, 梁忠^{①②}, 王世骥^①, 侯素宽^{①③}, 李强^①

① 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;

② 中国地质图书馆, 北京 100083;

③ 中国科学院研究生院, 北京 100049

E-mail: dengtao@ivpp.ac.cn

2010-05-10 收稿; 2010-10-27 接受

国家自然科学基金重点项目(40730210)、中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-YW-Q09-120)和国家重点基础研究发展计划(2006CB806400)资助

摘要 乌兰花哺乳动物群发现于内蒙古四子王旗的晚中新世红土剖面底部。中国的红黏土堆积相当广泛, 其中富含三趾马动物群化石, 在山西、陕西、河南和甘肃都有众多化石地点。蒙古高原也是新近纪沉积非常发育的地区, 尤其是在内蒙古中部, 已建立起哺乳动物群序列。乌兰花动物群的发现进一步完善了这个序列, 并且对于三趾马动物群的地理分布和红黏土的气候环境背景也具有重要的指示意义。乌兰花动物群中的化石种类大多数与保德动物群相同或很接近, 也有一些与保德动物群相比在系统演化水平上稍高, 可能代表比后者略晚的地质时代, 其年龄约为距今 7 Ma。乌兰花动物群的组成表明, 当时该地区周围可能是典型的温带稀树草原环境, 为确定中国北方晚中新世三趾马动物群东西分区的界线提供了直接证据。

关键词

王旗
晚中新世
红黏土
哺乳动物
动物地理

内蒙古自治区中部(包括锡林郭勒盟和乌兰察布市的部分地区)盛产新近纪哺乳动物化石, 尤其是经典的通古尔台地的铲齿象和二登图的小哺乳动物化石早已为人所知^[1,2], 但极少发现与华北地区相似的赋存于晚中新世红黏土, 即三趾马红土中的化石动物群。最近, 在四子王旗乌兰花镇南的一处红黏土露头上发现了大量哺乳动物化石(图 1), 已揭露出来的化石埋藏情况表明, 它们是属于晚中新世三趾马动物群的化石, 其中以安氏大唇犀(*Chilotherium anderssoni*)最为丰富, 其个体数量在动物群中占有绝对优势。中国晚中新世的三趾马动物群化石地点众多, 尤其是在西北地区的红黏土堆积之中, 而东部地区的化石地点相对较少, 埋藏环境与西部明显不同, 都产自河流相砂岩或湖相泥灰岩中。中国的中新世哺乳动物群存在东西方向的差异是与地理格局吻合的, 然而, 此前的证据

大多发现在早中新世时期^[3], 到晚中新世这一差异是否依然存在? 其具体界线在什么位置? 这一直是我国新近纪工作者感到困惑的问题。四子王旗的红黏土堆积相当靠东, 而且是中国相当靠北的三趾马红土化石埋藏地点, 其特殊的地理位置为解决这一问题提供了契机。我们近年来多次实地考察了乌兰花化石地点并对原地埋藏以及发掘收集到的化石进行了鉴定。结果证实, 哺乳动物化石主要发现于这个地点红黏土露头剖面的底部, 整个剖面厚约 23 m (图 2), 还在剖面下部发现一个啮齿类新种。从化石组合情况判断, 这个动物群的时代比保德动物群稍晚。

在整个华北地区, 晚中新世红黏土中含丰富哺乳动物化石的地点相当多, 尤其是山西保德、陕西府谷、河南新安和甘肃临夏等地^[4]。其中最出名的、也是较早发现的地点是山西保德^[5-8]。这个地点发现于



图 1 四子王旗乌兰花化石地点的地理位置

20 世纪 20 年代, 1922 年开始由奥地利古生物学家 O.Zdansky 组织进行系统发掘, 出土了大量标本, 其中包括不少保存较好的头骨和牙床, 至少代表 57 种大哺乳动物^[9], 其地质年代为 7.2 Ma^[10,11]. 乌兰花地区发现的三趾马动物群化石, 其主要成员与保德动物群非常接近. 本文拟对这一地点的地层及化石的鉴定结果进行报道, 以完善内蒙古中部地区新近纪的哺乳动物群序列, 同时为确定晚中新世华北地区动物群东西分区的界线提供重要依据.

1 地层概况

南梁隶属内蒙古自治区乌兰察布市四子王旗乌

兰花镇, 在镇南约 3 km(图 1). 化石点位于呼锡公路(101 省道)西侧 250 m 处, 集中于南梁砖瓦厂的取土现场, 小丘南坡的中段. 由于取土, 这里形成一个 3 m 高的红黏土陡坎, 化石的富集地点在陡坎前的平整处(41°29'45.4"N, 111°41'31.1"E, 海拔 1490 m), 已有 2 个正规的化石发掘坑, 大量化石保留在原地. 与此同时, 在红黏土陡坎上也发现了一些化石. 已报道了乌兰花地点的一个安琪马类新种粗壮中华马(*Sinohippus robustus*)^[12]. 在陡坎之上的山坡被草皮覆盖, 已开挖一条剖面揭露原生的晚中新世红黏土沉积. 剖面始自化石坑最低处, 止于山坡顶, 总厚约 23 m(图 2). 整个剖面总体看为红黏土沉积, 夹有泥灰岩条带, 未见底. 具体剖面如下(自上而下):

第四系

15. 晚更新世黄土和现代土壤层, 厚度约 0.5 m

~~~~~不整合~~~~~

### 上中新统

14. 黄褐色泥灰岩, 胶结坚硬, 岩性致密, 有大量点状铁锰质分布, 直径小于 1 mm, 富含晶孔和裂缝, 直径或宽度均小于 1 mm 1.2 m
13. 褐红色泥质粉砂岩, 胶结疏松, 部分空隙中可见钙质沉淀, 含白色钙质泥砾, 最大直径 7 mm, 偶见黑色变质岩小砾石, 砾径约 4 mm 1.15 m
12. 紫红色钙质结核层, 结核形态不规则, 呈棱角状钙质胶结块, 平均直径约 15~20 cm. 具有丰富的裂缝孔隙, 缝隙中有白色钙质胶膜. 1 mm 直径的小晶洞丰富, 钙质块内部也呈团块结构. 偶见植物根系 5.08 m
11. 紫红色钙质粉砂质泥岩, 胶结致密, 有密集的铁锰质颗粒和白色钙质颗粒, 二者粒径均小于 1 mm. 偶见钙质晶洞, 直径约 0.5 mm 0.44 m

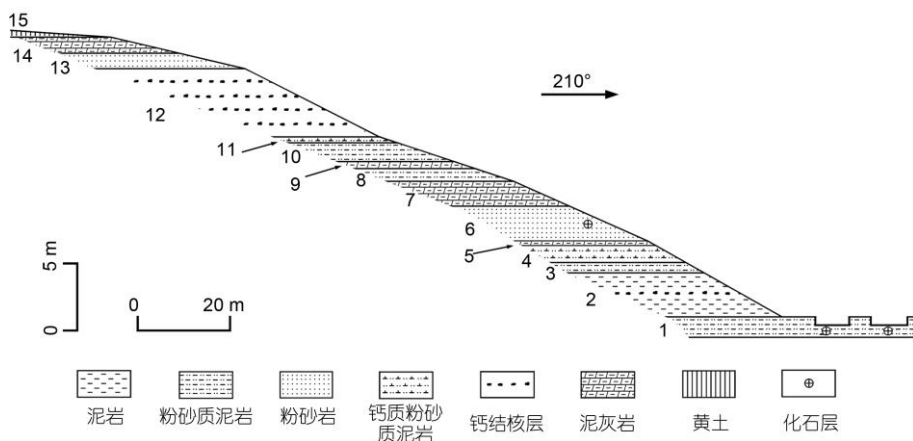


图 2 四子王旗乌兰花化石地点的地层剖面

10. 古土壤层. 紫红色粉砂质泥岩, 胶结疏松, 呈土壤化的团块结构, 含大量白色泥灰岩角砾, 最大砾径达 10 mm 1.4 m
9. 黄褐色泥灰岩, 胶结坚硬. 有大量小晶洞, 直径小于 1 mm, 有些晶洞相互连通成不规则的管网状 0.52 m
8. 浅褐色粉砂质泥岩, 钙质胶结坚硬, 有钙质小晶洞, 直径小于 1 mm, 偶见直径 3 mm 的白色钙质颗粒 0.95 m
7. 黄褐色泥灰岩, 含丰富粉砂质颗粒, 胶结坚硬, 致密度较低, 有白色小晶洞, 直径小于 1 mm 1.85 m
6. 浅紫红色泥质粉砂岩, 夹少量灰黑色变质岩和灰岩的小砾石, 最大砾径 4 mm. 含小哺乳动物 *Brachyscirtetes* sp. nov. 化石 2.6 m
5. 黄褐色泥灰岩, 胶结坚硬, 岩性致密, 偶见石英质砂粒, 粒径约 1 mm 0.32 m
4. 浅紫红色钙质胶结粉砂质泥岩, 有大量白色钙质小晶洞, 直径约 1 mm 1.28 m
3. 古土壤层. 紫红色粉砂质泥岩, 胶结疏松, 形成土壤化的团粒结构, 含黑色铁锰质颗粒 0.77 m
2. 浅紫红色钙质胶结泥岩, 含微量粉砂, 结构致密, 硬度较大. 有星散状铁锰质微粒, 偶见方解石晶体颗粒, 呈棱角状, 粒径 4 mm. 中部含一层钙质结核, 结核最大直径 7 cm, 球度较高 3.28 m
1. 紫红色粉砂质泥岩, 呈团粒结构, 含大量黑色铁锰质胶膜, 有稀疏的白色钙质砂粒, 粒径约 0.5 mm. 底部含大量哺乳动物化石, 包括 *Hyaenictitherium* sp., *Machairodus* sp., *Sinohippus robustus*, *Hipparion teilhardi*, *H. platyodus*, *Chilotherium anderssoni*, *Cervavitus novorossiae*, *Palaeotragus microdon*, *Samotherium sinense*, *Gazella gaudryi*, *Plesiaddax depereti* 和 *?Tragoreas palaeosinensis* 等 1.52 m

在乌兰花以北约 60 km 的大庙乡布拉格地区的相同沉积中, 曾报道发现有 *Dipoides major*, *Hipparion* sp. 和 *Chilotherium* sp. 等<sup>[13]</sup>. 乌兰花和布拉格的这套地层在岩性上与内蒙古临河地区的乌兰图克组相似, 后者为一套胶结较疏松的棕红色岩组, 岩性单一, 以灰黄、棕红色泥岩与棕灰、灰白色细粉砂岩互层为主, 偶夹薄层泥灰岩或砾岩层. 乌兰图克组已发现的哺乳动物化石有 *Ochotona* sp., *Sinohippus zitteli*, *Hipparion* sp., *Cervus* sp., *Chilotherium* sp. 和 *Gazella* sp. 等<sup>[14]</sup>.

## 2 哺乳动物化石

以下是目前采集到的乌兰花地点哺乳动物化石的

鉴定名单: 低冠蹶鼠新种 (*Brachyscirtetes* sp. nov.)、鼬鬣狗 (*Hyaenictitherium* sp.)、剑齿虎 (*Machairodus* sp.)、粗壮中华马 (*Sinohippus robustus*)、德氏三趾马 (*Hipparion teilhardi*)、平齿三趾马 (*H. platyodus*)、安氏大唇犀 (*Chilotherium anderssoni*)、新罗斯祖鹿 (*Cervavitus novorossiae*)、小齿古麟 (*Palaeotragus microdon*)、中国萨摩麟 (*Samotherium sinense*)、高氏羚羊 (*Gazella gaudryi*)、戴氏近旋角羊 (*Plesiaddax depereti*) 和古中华山羊羚 (*?Tragoreas palaeosinensis*) 等.

上述动物多数与保德动物群中的成员相同或很接近, 如 *Machairodus* sp., *Chilotherium anderssoni*, *Cervavitus novorossiae*, *Palaeotragus microdon*, *Samotherium sinense*, *Plesiaddax depereti*, *?Tragoreas palaeosinensis*, 可能还有 *Hyaenictitherium* sp. 等. 一些种类与保德动物群成员相比, 在进化水平上稍高, 因而可能代表略晚地质时代的, 如 *Sinohippus robustus*, *Hipparion teilhardi*, *H. platyodus*, *Gazella gaudryi* 等. 少数动物是在保德动物群中没有发现过的, 如小哺乳动物 *Brachyscirtetes* sp. nov. 等. 乌兰花动物群中目前还缺少保德动物群的一些重要分子, 除了发现过 1 枚剑齿虎的上犬齿和一些鬣狗粪化石以外, 尚未发现保德动物群中的大量食肉类化石, 如 *Indarctos*, *Plesiogulo*, *Parataxidea*, *Adcrocuta*, *Metailurus* 等, 缺少的种类还有长鼻目的 *Tetralophodon*, 奇蹄目的 *Dicerorhinus*, *Sinotherium*, 偶蹄目的 *Chleuastochoerus*, *Sinotragus*, *Palaeoryx* 等<sup>[9]</sup>. 乌兰花动物群中代表性成员的重要特征描述如下:

*Hipparion teilhardi* 的个体大, 上颊齿列长 159.3 mm, 下颊齿列长 164 mm. 鼻切迹底部在 P2 中部水平. P2 端附尖内侧有一收缩沟, 将其与牙齿其他部分分开; 原尖扁圆, 两端较尖; 原小尖刺和马刺均长大; 没有明显的次尖收缩, 次尖沟清楚. 下颊齿双叶三趾马型<sup>[15]</sup>, 即下后尖近圆形, 下后附尖次三角形; 外谷宽大而长, 双叶谷为 U 形, 在白齿上还有双叶谷褶; 下原尖和下次尖外壁圆隆, 越向后越强烈; 后谷底部中央有一个显著的褶曲; 下次附尖发达, 在 p4 上向舌侧强烈弯转. 下前臼齿的下内尖大, 具鸟喙状突起, 在 p2 上尤其发达. p2 下前尖三角形, 三壁皆褶皱, 下原尖饱满的豆荚状, 下次尖窄长, 下后尖小而圆. p3 双叶皆有细柄, 前谷前、后各有一枚细长的刺(图 3(c)).

*Hipparion platyodus* 的面嵴高耸, 前端在 P4/M1 界线水平. 内鼻孔呈宽大的 U 形, 底部在 M2 原尖前部水平. 门齿齿坎具有微弱褶曲, 唇、舌面无明显纵



图3 乌兰花动物群的部分哺乳动物化石

(a) 安氏大唇犀(*Chiloterium anderssoni*)头骨和下颌骨; (b) 古中华山羊羚(?*Tragoreas palaeosinensis*)右上颊齿 P3~M1; (c) 德氏三趾马(*Hipparion teilhardi*)右下颊齿列; (d) 小齿古麟(*Palaeotragus microdon*)左下颊齿列; (e) 平齿三趾马(*Hipparion platyodus*)左上颊齿列; (f), (g1), (g2) 中国萨摩麟(*Samotherium sinense*), (f) 右上颊齿列, (g) 左下颊齿列; (h1), (h2) 新罗斯祖鹿(*Cervavitus novorossiae*)左下颊齿列. (a), (g2), (h2)为侧面视, 其余为冠面视. 比例尺=5 cm

沟. 上颊齿褶皱强烈, 次尖沟宽深的 V 形, 次尖强烈向内后方向伸展, 无次尖收缩; 原尖短, 前后端呈尖角, 唇侧圆, 舌面平, 臼齿上尤其明显, 成为半圆形. P2 端附尖短圆, 原尖圆, 前、后窝的釉质褶皱丰富而细长; 次附尖刺一枚, 位于后壁中央, 直指前方; 马刺细小(图 3(e)). 上颊齿列长 157 mm.

*Chiloterium anderssoni* 的头骨顶面呈宽缓的马鞍形凹陷, 顶嵴间距离宽阔. 面嵴近直角上转. 颧骨眶后突显著, 颧弓宽大. 内鼻孔窄 V 形, 基枕骨中嵴薄锐. 枕大孔至内鼻孔底部距离 236.5 mm. 下颌联合部唇面呈宽大的凹陷, 前端宽 155 mm, 后部最窄处 112 mm. 水平支厚实, 高度中等. 上升支宽度 128

mm, 整体近直立, 前缘略向后倾, 上部外壁呈宽深的凹陷, 下颌角边缘为强烈突起的嵴缘(图 3(a)). 髌状突处上升支高度 193 mm. 上齿列向前收敛, 颊齿外壁圆滑, 有白垩质覆盖, 无前尖肋, 前附尖褶微弱, 这是该种的典型特点<sup>[5]</sup>. 颊齿无小刺. 前臼齿内齿带发达, 臼齿无内齿带. DP1 小, 圆三角形, 在老年个体中仍存在. P2 内壁中央呈宽浅的凹陷, 原脊后倾, 外壁直, 中谷和后谷封闭, 后窝大于中窝. P3 前附尖宽大并强烈向前突伸; 原尖大, 不收缩, 与较小的次尖连接而封闭中谷; 原尖和次尖皆不圆, 原尖前端和次尖后端角状; 前刺粗壮, 末端圆; 后谷窄深. P4 的原脊、后脊斜; 反前刺发达, 向后延伸与次尖相连而



封闭中谷;后谷宽深. M1 外壁波状起伏;前附尖宽大,向前突伸,末端平;原尖、次尖舌缘平,原尖收缩;反前刺和前刺粗壮;原脊、后脊后倾,后脊较短,后谷宽深. M2 与 M1 相似,但原尖在齿冠上部不收缩,后附尖更发达,外壁上部有微弱的中附尖肋. M3 冠面轮廓近三角形,原脊后倾,外后脊后部向内侧弯曲;前附尖粗大突伸;原尖收缩,舌缘平;前刺粗壮长大,反前刺相当长,末梢伸至中谷口;前齿带内半部发达,无内齿带,后齿带呈宽大的板状. 化石坑中以安氏大犀犀为优势种类.

*Samotherium sinense* 的齿冠高度中等,釉质具相当粗的褶皱. 除一枚左 M2 有发达的中柱外,其余能观察到的颊齿无中柱. 上前臼齿的窝扁长,外壁皆连接,前附尖发达,中附尖宽大,后附尖相对较弱. P2 无内齿带, P3, P4 内齿带发达,皆无外齿带. 上臼齿方形,粗壮,无齿带; M2 最大, M3 后部微有收缩;外壁中间垂直棱强壮,偏向前端;前外谷窄深,后外谷宽浅;前附尖和中附尖很发育,前尖外嵴较为圆滑,后尖外嵴微弱或无;前、后褶曲发达,较尖锐;前尖和后尖皆愈合,前、后附尖分别向前和向后倾斜(图 3(f)). 下颊齿无齿带,下后尖和下内尖舌面隆突,齿列全长 194.5 mm. 下前臼齿较大,前叶发达,后叶微弱. p3, p4 具封闭的前窝,纵向窄长;后窝接近封闭,横向窄长;下后尖发达. m1 和 m2 的前外新月形嵴较平,其余下颊齿的外新月形嵴皆呈圆弧形. m3 的跟座相当发达,其新月形为圆的 3/4,内侧向前伸而与下内尖后延部分接触(图 3(g)).

*Palaeotragus microdon* 的颊齿中等冠高,釉质轻微褶皱. 上前臼齿粗壮,单一的内新月形嵴有内突伸入凹中,无内齿带. M1 呈外宽内窄的梯形,中柱缺失;前附尖和中附尖很发育,后附尖后倾;前、后尖接触但未愈合,前尖外嵴圆滑,后尖外嵴低而窄. 下前臼齿较小, p3 缺内壁,釉质褶皱明显. 下臼齿的外新月形嵴相当平,下原尖和下次尖之间无中柱,下后尖和下内尖舌面相当平,下后附尖弱. m3 跟座窄长(图 3(d)).

*Cervavitus novorossiae* 的颊齿低冠,无齿带,在上牙内侧和下牙外侧具短而尖的底柱. 上前臼齿有内、外两新月形嵴,新棱和内棱显著,前尖肋发达. P2 内中凹微弱, P3, P4 内壁圆隆. 上臼齿中附尖发达,中凹内有附刺. 下前臼齿具古鹿褶,白齿无. p4 原始,下前尖和下内尖后伸,下后尖扁长,下三角凹和下内凹几乎封闭,但下后尖不与下前尖和下内尖愈合;下内尖后伸,包裹下跟凹口;下次凹发达. 下臼齿下中附尖发达. m3 跟座较小,短而圆(图 3(h)).

*Plesiaddax depereti* 的个体大,头骨粗壮,顶面平,弯曲发生在角基前缘水平(图 4(a)). 鼻骨窄. 眼眶圆,其前缘位于 M3 后缘之后,向侧方强烈突出. 眶前窝显著. 脑颅部短,头骨角后部分陡立,与枕骨在同一平面,顶嵴不发育. 顶骨窄于枕骨,枕嵴外侧部分粗壮而突出(图 4(b)). 头颅后部为一对短的、指向两侧的角,基部围绕着骨质角心扩展,末端尖. 角心位于眼眶之后,向头骨两侧平伸. 角基在额骨面上占据的面积大,无角柄. 基枕骨短而宽,呈六边形.

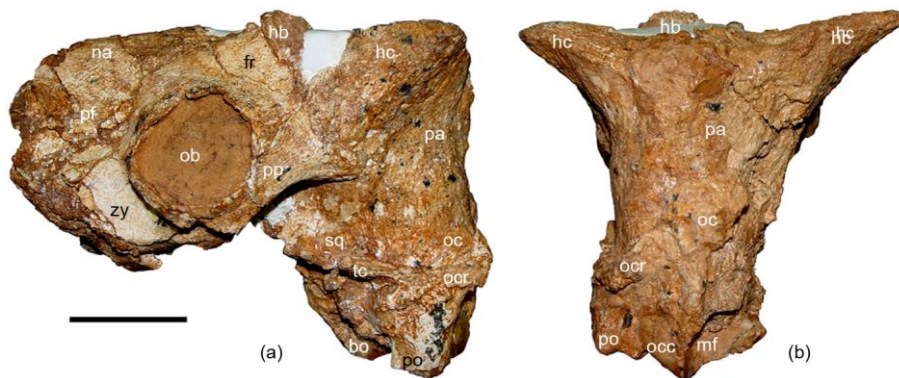


图 4 乌兰花的戴氏近旋角羊(*Plesiaddax depereti*)头骨

(a) 侧面视; (b) 枕面视. 比例尺=5 cm. 缩写: bo, 基枕骨(basioccipital); fr, 额骨(frontal); hb, 角基(horn base); hc, 角心(horn core); mf, 枕大孔(magnum foramen); na, 鼻骨(nasal); ob, 眼眶(orbit); oc, 枕骨(occipital); occ, 枕髁(occipital condyle); ocr, 枕嵴(occipital crest); pa, 顶骨(parietal); pf, 眶前窝(preorbital fossa); po, 副枕突(paroccipital process); pp, 眶后突(postorbital process); sq, 鳞颞骨(squamosal); tc, 颞嵴(temporal crest); zy, 颧骨(zygomatic)

上颊齿齿窝内可见小刺。上臼齿齿冠较低，宽度较长度小得多，釉质褶皱显著，无齿柱，外肋弱。下臼齿无齿柱。

?*Tragoreas palaeosinensis* 的头骨窄长，几乎不弯曲。颊齿齿冠低，无底柱(图 3(b))。前臼齿列短，窝后部有微弱小刺，P3 相对较长，P4 短而宽。P2 和 P3 近似半圆形，唇面微凹，后附尖发育，舌面圆弧形。P4 窄的拱形，唇面微凸，舌面圆弧形，前、后附尖均显著，外肋向牙齿基部逐渐消失。上臼齿的前附尖和中附尖发育，后附尖弱，前外肋显著，釉质中孔发达。M1 较小，宽大于长，M2 和 M3 较大，长大于宽。M3 后附尖宽大，向后突伸。下臼齿前缘无外褶。

*Gazella gaudryi* 的头骨狭长，角心之后的颅顶部短，属短头型。枕面窄而高，枕中嵴不发育。基枕部呈梯形，前部明显窄。角心纤细，两角心间距离宽，分散度小，略向外倾并向后弯曲，横切面椭圆形，具明显的纵棱，棱间沟较浅。角心全长 94.5 mm，基部前后径 23 mm。臼齿高冠，无齿柱，肋不发达。下颊齿列长 51 mm。

*Brachyscirtetes* sp. nov. 为该属中个体较小者。牙齿冠面形态脊形化程度较低，M2 的前尖较为丘形，M2 的中脊和后边脊及 m2 的下中脊未分别与前尖、后尖和下后尖融合。m1 下原尖和下后尖近纵轴对称，分别指向前外侧和前内侧，两者之间夹角为钝角，前部下外脊长且近纵轴。

如前所述，乌兰花动物群的大多数种类与保德动物群的成员相同或相近，但乌兰花的两种三趾马是保德没有发现过的。*Hipparion platyodus* 此前的可靠产地只有山西榆社和武乡以及甘肃武都一带，其时代主要为晚中新世保德期，也可延续至早上新世高庄期<sup>[15,16]</sup>。与陕西横山油房头的同种标本相比<sup>[15]</sup>，乌兰花 *Hipparion teilhardi* 标本的双叶谷宽阔，外谷在 p3 上就已深入到双叶颈内，没有下原附尖。从这些特征看，乌兰花的 *H. teilhardi* 比油房头的标本更原始一些，时代应该略早。与保德的 *Plesiaddax depereti* 标本相比<sup>[17]</sup>，乌兰花标本的枕面更窄而高，角基之间的距离更近，几乎融合；角基前缘相对靠后，位于眼眶后部水平。与保德的 ?*Tragoreas palaeosinensis* 标本相比<sup>[17]</sup>，乌兰花标本的前臼齿列更短，前者的前臼齿列长度与颊齿列长度之比为 43.3%，而后者只有 30.9%，明显更进步一些。乌兰花的小哺乳动物 *Brachyscirtetes* sp. nov. 在尺寸上明显小于内蒙

古化德二登图的 *B. wimani*，在牙齿形态上相对较窄长、脊形化程度较低，具有 *Brachyscirtetes* 属演化上较原始的特征，据此推断其产出地层的时代可能早于二登图、哈尔鄂博和比例克等地点<sup>[18,19]</sup>。综合整个组成特征来看，乌兰花动物群的时代应该介于保德和二登图动物群之间，可能与内蒙古阿巴嘎旗的宝格达乌拉动物群<sup>[2,20]</sup>同时，年龄为距今约 7 Ma<sup>[21]</sup>。

乌兰花动物群中以食草的大唇犀和三趾马为主要成员，还有祖鹿、羚羊、近旋角羊等偶蹄类动物，因此代表一种开阔的环境。另一方面，乌兰花动物群的中华马是低冠的以嫩叶为食的马类<sup>[12]</sup>，而两种长颈鹿都能取食高树的树叶，说明当时该地区的自然条件适合这些动物的生存。因此，乌兰花动物群的整体组成表明，当时该地区可能为典型的温带稀树草原环境。

### 3 古动物地理意义

从新近纪的哺乳动物分布看，早中新世、中中新世中国东西部的动物群分化显著，在中中新世结束前有一条明显的分界线，即沿太行山东麓向南-西南延伸，跨过黄河直达武当山-神农架东麓。界线以东的动物群中富含森林型的低冠鹿类动物，而界线以西则以大量开阔环境的高冠牛科动物为代表。但以前对于晚中新世动物群东西差异的证据不多，因此也没有明确提出，而是强调这一时期南北方三趾马动物群的不同，着重于与青藏高原隆升有关的古动物地理南北区系的形成<sup>[3,22]</sup>。中中新世之前的东西差异具有截然不同的生态类型，即茂密森林和开阔草原的区别，易于判断；而自晚中新世开始，在青藏高原隆升和内陆干旱气候的共同影响下，东部的茂密森林向稀疏化转变，形成森林草原类型，与西部的开阔草原存在较多的相似性，因此较难区别。青藏高原位于中国的西南部，显然其影响力将由西向东呈现梯度的降低。然而，在青藏高原已经显著隆升后的晚中新世，以前却没有发现动物群东西部差异的明显界线。从观察到的动物群组成以及沉积物性质判断，东西分界线实际上在华北地区仍然存在，可以划分出次一级的动物地理分区。在东部地区的山西榆社马会、山东章丘巴漏河、河南新乡潞王坟、内蒙古苏尼特右旗沙拉和阿巴嘎旗宝格达乌拉等一系列地点的三趾马动物群就赋存于河流相的砂岩或湖相的泥灰岩中，而与山西保德、陕西府谷和蓝田、甘肃庆阳和临夏等众多西部地点的三趾马红土不同。这条界

线在南部的准确位置在河南新安与新乡之间、中部在山西保德与榆社之间，但向北延伸此前不能做出准确的判断，乌兰花动物群的发现使其清晰起来，即位于内蒙古四子王旗(乌兰花动物群)与苏尼特右旗(沙拉动物群)之间(图 5)。在晚中新世时期，这条界线以东地区为较湿润的森林草原环境，继承了早中新世以来的趋势，而以西地区则为干燥的开阔草原环境，与中中新世相比环境有剧烈的改变，显然受到青藏高原强烈隆升的巨大影响。对比现代动物地理区划<sup>[23]</sup>，还说明中国的动物地理分布从中新世开始就已经奠定了现代的格局。中中新世全球变暖事件(MMCO<sup>[24]</sup>)结束后，气候突变造成大哺乳动物几乎没有在属级水平上延续到晚中新世，而上新世和第四纪的动物群在经过长时期的适应进化后，其分布范围会得到扩展。

在动物群组成上，晚中新世这条界线以西的生态系统中大唇犀呈现非常繁盛的状况，成为动物群内个体数量占绝对优势的类群，其次就是大量草原性的鬣狗，形成中国特有的一个土著动物群。中国大

唇犀属的化石在种级水平上都是特有的，不同于中中新世时期在种级水平上从西欧到东亚广布的板齿犀 *Hispanotherium matritense*<sup>[25]</sup>。大唇犀尽管在欧亚大陆的其他地区也有发现，但从未成为动物群中的主要成员<sup>[26]</sup>。界线以东的动物群中大唇犀数量变得非常稀少，而是以三趾马化石为主。青藏高原在晚中新世的影响不仅表现在东、西部动物群的差异上，在西部地区的动物群内部这种差异仍然存在，如甘肃临夏盆地晚中新世动物群中的一些种类，包括黑犀 (*Diceros gansuensis*)、和政羊(*Hezhengia bohlini*)、巨鬣狗(*Dinocrocuta gigantea*)等<sup>[27]</sup>，就不见于山西的保德动物群中。

这条东西动物群分异的界线与今天中国地貌的第一、第二台阶界线大致接近，对动物的迁徙形成障碍，而气候以及植被<sup>[28,29]</sup>在控制这条界线两侧哺乳动物群的分布中也起了非常重要的作用。但与现代动物地理的情况相似，这样的界线并非完全是泾渭分明，而是在界线两侧存在动物群之间的相互渗透<sup>[23]</sup>，晚中新世时期的三趾马就是渗透的典型代表。中新世时我国东部和西部的地势、环境相差悬殊：东部海拔低，易受海洋暖湿气候影响；西部海拔较高，其高度可能已使夏季东南季风难以施加影响，因而使这一地区的动物和植被明显地不同于东部<sup>[30]</sup>。东部地区沉积物的特征，即颜色、成分和粒度，似乎不仅说明了相当稳定的沉积环境，而且也反映了这一时期的高气温，局部地区雨量丰富<sup>[31]</sup>。显然，这种变化与青藏高原在渐新世开始隆升有关，因为高原的抬升必然使地形、地势发生变化。这些变化不仅改变了沉积环境和堆积物成分的构成，而且会导致我国气候格局的改变，出现季风，并使此前东西走向的行星风系越来越弱，因而出现了土状堆积的大面积分布<sup>[32,33]</sup>。随着地理环境和气候的变化，动、植物群的组成和分布必然跟着发生改变<sup>[3]</sup>。

四子王旗地点发育了中国最北部的红黏土沉积，在纬度上与中国西部干旱区平行，甚至更加靠北。红黏土被认为是冬季风携带来的粉尘，由于冬季风来自西北方向<sup>[34]</sup>，说明蒙古高原是中国北方红黏土重要的粉尘来源地之一。

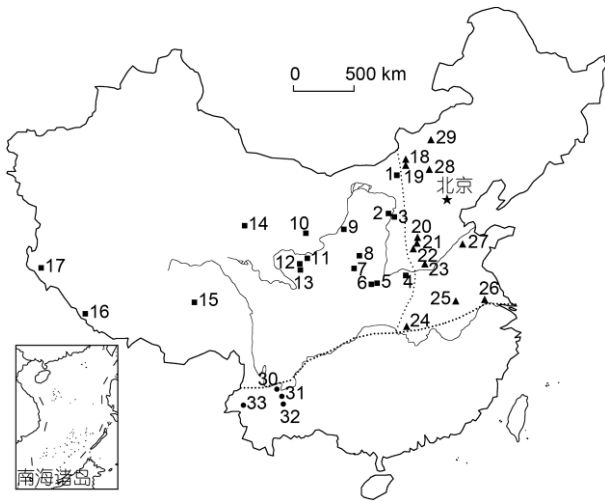


图 5 中国晚中新世的动物地理分区

西部(■): 1, 乌兰花; 2, 府谷; 3, 保德; 4, 新安; 5, 灊河; 6, 蓝田; 7, 灵台; 8, 庆阳; 9, 吴忠; 10, 松山; 11, 郭泥沟; 12, 杨家山; 13, 大深沟; 14, 托素湖; 15, 布隆; 16, 吉隆; 17, 札达。华北东部(▲): 18, 阿木乌苏; 19, 沙拉; 20, 后墙; 21, 贾峪村; 22, 大南沟; 23, 潞王坟; 24, 掇刀石; 25, 老洞; 26, 六合; 27, 巴漏河; 28, 二登图; 29, 宝格达乌拉。南方(●): 30, 永仁; 31, 元谋; 32, 禄丰; 33, 保山

致谢 感谢内蒙古自治区四子王旗国土资源局与甘肃省和政古动物化石博物馆的陈善勤先生在野外工作中给予的大力支持。

## 参考文献

- 1 Wang X M, Qiu Z D, Opdyke N D. Litho-, bio-, and magnetostratigraphy and paleoenvironment of Tunggur Formation (Middle Miocene) in central Inner Mongolia, China. *Amer Mus Novitates*, 2003, 3411: 1—31
- 2 Qiu Z D, Wang X M, Li Q. Faunal succession and biochronology of the Miocene through Pliocene in Nei Mongol (Inner Mongolia). *Vert PalAsiat*, 2006, 44: 164—181
- 3 邱铸鼎, 李传夔. 中国哺乳动物区系的演变与青藏高原的抬升. *中国科学 D 辑: 地球科学*, 2004, 34: 845—854
- 4 Deng T. Chinese Neogene mammal biochronology. *Vert PalAsiat*, 2006, 44: 143—163
- 5 Ringström T. Nashörner der *Hipparion*-Fauna Nord-Chinas. *Palaeont Sin Ser C*, 1924, 1: 1—159
- 6 Zdansky O. Jungtertiäre Carnivoren Chinas. *Palaeont Sin, Ser C*, 1924, 2: 1—150
- 7 Bohlin B. Die Familie Giraffidae mit besonderer berücksichtigung der fossilen Formen aus China. *Palaeont Sin Ser C*, 1926, 4: 1—178
- 8 Sefve I. Die Hipparionen Nord-Chinas. *Palaeont Sin Ser C*, 1927, 4: 1—94
- 9 邓涛, 王伟铭, 岳乐平, 等. 新近系保德阶建阶研究新进展. *地层学杂志*, 2004, 28: 41—47
- 10 岳乐平, 邓涛, 张云翔, 等. 保德阶层型剖面磁性地层学研究. *地层学杂志*, 2004, 28: 48—51
- 11 Zhu Y M, Zhou L P, Mo D W, et al. A new magnetostratigraphic framework for late Neogene *Hipparion* red clay in the eastern Loess Plateau of China. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*, 2008, 268: 47—57
- 12 侯素宽, 邓涛, 何文, 等. 记甘肃和内蒙古新发现的中华马化石. *古脊椎动物学报*, 2007, 45: 213—231
- 13 齐陶. 记内蒙古大庙地区上新世晚期几种化石哺乳类. *古脊椎动物学报*, 1979, 17: 259—260
- 14 张兴璟. 内蒙临河地区新生代的地质层序问题. *石油勘探与开发*, 1983, (4): 1—8
- 15 邱占祥, 黄为龙, 郭志慧. 中国的三趾马化石. *中国古生物志*, 新丙种, 1987, 25: 1—243
- 16 张云翔, 薛祥熙. 甘肃武都龙家沟三趾马动物群埋藏学. 北京: 地质出版社, 1995. 1—96
- 17 Bohlin B. Cavicornier der *Hipparion*-Fauna Nord-Chinas. *Palaeont Sin Ser C*, 1935, 9: 1—166
- 18 Qiu Z D, Storch G. The Early Pliocene micromammalian fauna of Bilike, Inner Mongolia, China (Mammalia: Lipotyphla, Chiroptera, Rodentia, Lagomorpha). *Senck Leth*, 2000, 80: 173—229
- 19 Qiu Z D. The Neogene mammalian faunas of Ertemte and Harr Obo in Inner Mongolia (Nei Mongol), China. - 12. Jerboas - Rodentia: Dipodidae. *Senck Leth*, 2003, 83: 135—147
- 20 Tseng Z J, Wang X M. The first record of the Late Miocene *Hyaenicttherium hyaenoides* Zdansky (Carnivora: Hyaenidae) in Inner Mongolia and an evaluation of the genus. *J Vert Paleont*, 2007, 27: 699—708
- 21 罗修泉, 陈启桐. 内蒙古新生代玄武岩年代学初步研究. *岩石矿物学杂志*, 1990, 9: 37—46
- 22 童永生, 郑绍华, 邱铸鼎. 中国新生代哺乳动物区系演变. *古脊椎动物学报*, 1996, 34: 215—227
- 23 张荣祖. *中国动物地理*. 北京: 科学出版社, 1999. 1—502
- 24 Zachos J, Pagani M, Sloan L, et al. Trends, rhythms, and aberrations in global climate 65 Ma to Present. *Science*, 2001, 292: 686—693
- 25 Deng T. New material of *Hispanotherium matritense* (Rhinocerotidae, Perissodactyla) from Laogou of Hezheng County (Gansu, China), with special reference to the Chinese Middle Miocene elasmotheres. *Geobios*, 2003, 36: 141—150
- 26 Heissig K. Family Rhinocerotidae. In: Rössner G E, Heissig K, eds. *The Miocene Land Mammals of Europe*. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 1999. 175—188
- 27 Deng T. Character, age and ecology of the Hezheng Biota from northwestern China. *Acta Geol Sin*, 2005, 79: 739—750
- 28 Wang Y, Deng T. A 25-Ma record of paleodiet and environmental change from carbon and oxygen isotopes in mammalian tooth enamel and paleosols from the NE margin of the Tibetan Plateau. *Earth Planet Sci Lett*, 2005, 236: 322—338
- 29 Zhang C F, Wang Y, Deng T, et al. C<sub>4</sub> expansion in the central Inner Mongolia during the latest Miocene and Early Pliocene. *Earth Planet Sci Lett*, 2009, 287: 311—319
- 30 Guo Z T, Peng S Z, Hao Q Z, et al. Late Miocene-Pliocene development of Asian aridification as recorded in an eolian sequence in northern China. *Glob Planet Change*, 2004, 41: 135—145
- 31 Sun X J, Wang P X. How old is the Asian monsoon system?—Palaeobotanical records from China. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*, 2005, 222: 181—222
- 32 Ding Z L, Sun J M, Liu T S, et al. Wind-blown origin of the Pliocene red clay formation in central Loess Plateau, China. *Earth Planet Sci Lett*, 1998, 161: 135—143
- 33 Ding Z L, Sun J M, Yang S L, et al. Geochemistry of the Pliocene red clay formation in the Chinese Loess Plateau and implications for its origin, source provenance and paleoclimate change. *Geochim Cosmochim Acta*, 2001, 65: 901—913
- 34 汪品先. 全球季风的地质演变. *科学通报*, 2009, 54: 535—556