

临夏盆地晚新生代哺乳动物群演替 与青藏高原隆升背景

邓涛

(中国科学院古脊椎动物与古人类研究所,北京 100044)

摘要 临夏盆地的晚新生代沉积中富含哺乳动物化石,以晚渐新世巨犀动物群、中中新世铲齿象动物群、晚中新世三趾马动物群和早更新世真马动物群的化石最为丰富。晚新生代是青藏高原快速隆升的时期,临夏盆地的4个主要哺乳动物群在构造剧烈变化的背景下发生了显著的更替。通过对不同动物群所代表的生态特征的分析,恢复了临夏盆地晚新生代以来的气候环境演变过程:晚渐新世以温暖湿润的森林环境为主,间杂有一些开阔地带;中中新世的森林更加茂密,水体更加丰富;晚中新世演变为炎热半干旱的稀树草原环境,季节性变化加强;早更新世气候寒冷而干燥,并伴有显著的海拔升高。青藏高原在晚渐新世的隆升幅度还不足以阻挡大型哺乳动物在高原南北的交流,但到中中新世已成为明显的障碍,至晚中新世对动物迁徙的阻碍作用更加突出,而临夏盆地在早更新世已经达到相当大的高度,产生了一个高原或高山的动物群。

关键词 临夏盆地 晚新生代 哺乳动物群 青藏高原
中图分类号 P534.6, P941.74 **文献标识码** A

甘肃临夏盆地发育并出露从渐新世至全新世的连续沉积序列,其中含有大量哺乳动物化石,这是我国,也是整个欧亚大陆,晚新生代哺乳动物化石最富集的地区之一^[1]。临夏盆地以晚渐新世巨犀动物群、中中新世铲齿象动物群、晚中新世三趾马动物群和早更新世真马动物群的化石最为丰富^[2]。哺乳动物对气候环境的变化极其敏感,而青藏高原在晚新生代的大幅度隆升对气候环境所造成的巨大影响肯定会反映在哺乳动物群的演替上。临夏盆地处于青藏高原与黄土高原的过渡地带,在青藏高原隆升的晚新生代关键时段,既有能准确判定时代的哺乳动物化石组合,又有广泛出露的能够反映气候环境演变的沉积物,从河湖相突然转变为与风积作用有关的红粘土,又至黄土,为研究青藏高原隆升的历史及其对气候环境的影响提供了很好的基础。这种情况可以与青藏高原南缘经典的西瓦立克(Sivaliks)地区相媲美,甚至更好。

谨以此文纪念为探讨青藏高原的隆升历史和形成机制提供了重要思路的著名大地构造学家和古生

物学家黄汲清院士诞辰100周年。

1 晚渐新世巨犀动物群

临夏盆地以准噶尔巨犀(*Dzungariotherium*)为代表的晚渐新世哺乳动物群产自椒子沟组下部的砂砾岩中,椒子沟组上部以河湖相的紫红色泥岩为主。临夏巨犀动物群中已知的种类包括啮齿类的阿尔泰查干鼠(*Taganomys altaicus*),肉齿类的巨翼齿兽(*Megalopterodon* sp.),奇蹄类的河套裂爪兽(*Schizotherium ordosium*)、三趾原犀(*Triplopus* sp.)、阿丁犀(*Ardynia* sp.)、阿丁犀新种(*Ardynia* sp. nov.)、异无角犀(*Allacerops* sp.)、霍尔果斯准噶尔巨犀(*Dzungariotherium orgosense*)、副巨犀(*Paraceratherium* sp.)、龙佐犀(*Ronzotherium* sp.)、兰州巨猿犀(*Aprtodon lanzhouensis*),偶蹄类的巨颌副(*Paraentelodon macrognathus*)等^[1,3]。

巨犀是地质历史中最大的陆生哺乳动物,体长可超过8m,肩高可超过5m,而准噶尔巨犀是已知最大的巨犀^[4]。巨犀的颈部和四肢长,颊齿为构造原

* 作者简介:邓涛男 41岁 研究员 新近纪哺乳动物学专业 E-mail: dengtao@ivpp.ac.cn

国家自然科学基金重点项目(批准号:40232023)、全国优秀博士论文作者专项基金(批准号:RJZ2001-105)、国家重点基础研究发展规划项目(批准号:G2000077700)和中国科学院知识创新工程项目(批准号:KZCX2-103)资助

2004-03-31收稿,2004-04-25收修稿

始的低冠齿,以柔嫩多汁的树叶和树枝等为食。巨犀是亚洲的土著类型,除在中国有最为丰富的化石发现以外,在蒙古、哈萨克斯坦、格鲁吉亚和巴基斯坦等地也有分布。巨犀的颈椎较长,不同于现生的犀牛,这样便于它在取食高树的枝叶时向前上方斜伸头部。巨犀的前腿明显比后腿长,特别是桡骨要比胫骨长许多,因此在巨犀在站立时,前半身能抬得更高,显然这也是取食树叶的适应性状^[5]。巨犀化石在临夏盆地的发现反映出晚渐新世时期森林广布,能够支持食量巨大的巨犀生存。

临夏巨犀动物群中的其他种类也大都低冠的食树叶动物,其中最典型的是河套裂爪兽。爪兽是奇蹄类中惟一的脚上有爪而不是有蹄的,前腿比后腿长。巨獠犀(*Aprotodon*)属于犀科,它的下颌联合部十分宽大,在形态上相似于河马,最初的研究者曾因此将它当作是河马的一类^[6],巨獠犀在临夏盆地的存在反映当时应该有大量的水体^[7]。临夏盆地巨犀动物群中还包括4种跑犀,即三趾原犀、异无角犀和2种阿丁犀。跑犀的个体较小,具有长而侧向受力的掌骨,适应于奔跑的生活方式^[8]。由于跑犀具有善跑的习性,因此它们生活的环境中森林不会过于茂密,可能有大量的林间疏地。

2 中中新世铲齿象动物群

临夏盆地的铲齿象动物群产于中中新世老沟组的河湖相砂砾岩中,化石包括兔形类的跳兔(*Alloptox* sp.),灵长类的上猿(*Pliopithecus* sp.),食肉类的德氏半熊(*Hemicyon teilhardi*)、他伦半犬(*Amphicyon tairumensis*)、通古尔中鬣狗(*Percrocuta tungurensis*)、长鼻类的嵌齿象(*Gomphotherium* sp.)、谷氏铲齿象(*Platybelodon grangeri*)、轭齿象(*Zygodon* sp.)、奇蹄类的戈壁安琪马(*Anchitherium gobiensis*)、奇无角犀(*Alicornops* sp.)、马德里西班牙犀(*Hispanotherium matritense*)、爪兽(*Chalicotherium* sp.)、偶蹄类的蒙古利齿猪(*Listriodon mongoliensis*)、库班猪(*Kubanochoerus gigas*)、通古尔古麟(*Palaeotragus tungurensis*)、土耳其羊(*Turcocerus* sp.)等^[9]。

临夏盆地的铲齿象动物群中以长鼻类最为丰富,除铲齿象以外,还有嵌齿象和轭齿象,它们都是相当大型的动物,如铲齿象的身长可达6m,肩高2.8m,体重4.5吨。铲齿象是长鼻类动物中取食方式高度特化的类群,其强烈延长的下颌联合部和着生在前端的宽板形下门齿共同构成“铲板”突伸于头骨之前。下门齿前端磨蚀面与齿板上表面相交成楔形,表明动物

下颌前部具有铲的功能,利用下门齿前部下表面与地面接触向前滑动铲起食物^[10]。根据铲齿象特有的杯形下颌联合部可以推断它以水生植物为食^[11]。铲齿象具有釉质厚实的研磨-剪切功能结构型颊齿,适合于咀嚼掺合少量泥砂的柔嫩短纤维水生植物。因此,铲齿象的生活环境中必定有丰富的水体存在。

铲齿象动物群中的其他类型则指示了森林环境。安琪马具有相对简单的低冠齿和宽阔的带肉垫的三趾型前、后脚,是一种生活于森林环境的动物,主要以柔嫩的植物,特别是叶子为食。安琪马的食物也可能随季节的改变而改变,有化石证据显示它甚至可能吃植物的果实^[12]。上猿很少与其他灵长类一道发现,在临夏盆地的中中新世地层中也是如此。实际上,在中国发现上猿的地点,如宁夏中宁丁家二沟和新疆准噶尔盆地的中中新世哈拉玛盖组中,上猿也都是惟一的灵长类^[13, 14]。对上猿牙齿的微磨痕研究显示它完全是取食树叶的,因此显然是一种森林动物^[15]。现代的猪是杂食性的,具有宽广的环境适应性。临夏盆地中中新世的库班猪的低到中冠的臼齿显示它是取食树叶的,其生存环境的季节性变化很小^[16]。

3 晚中新世三趾马动物群

临夏盆地的三趾马动物群主要产于晚中新世的柳树组红粘土中,已知的种类包括啮齿类的原鼯鼠(*Prosiphneus* sp.)、副竹鼠(*Pararhizomys hipparionum*)、甘肃豪猪(*Hystrix gansuensis*)、食肉类的短吻犬(*Simocyon* sp.)、中华副美洲獾(*Parataxidea sinensis*)、近狼獾(*Pleisiogulo* sp.)、原臭鼬(*Promephitis* sp.)、霍氏原臭鼬(*P. hootoni*)、大密齿獾(*Melodon majori*)、中华貂(*Sinictis* sp.)、鼬鬣狗(*Ictitherium* sp.)、鬣形兽(*Hyaenictitherium hyaenoides*)、翁氏鬣形兽(*H. wongii*)、变异副鬣狗(*Adcrocuta variabilis*)、巨鬣狗(*Dinocrocuta gigantea*)、剑齿虎(*Machairodus* sp.)、巴氏剑齿虎(*Machairodus palanderi*)、野猫(*Felis* sp.)、后猫(*Metailurus* sp.)、小后猫(*M. minor*)、长鼻类的四棱齿象(*Tetralophodon* sp.)、保德四棱齿象(*T. exoletus*)、奇蹄类的三趾马(*Hipparion* sp.)、东乡三趾马(*H. dongxiangense*)、贾氏三趾马(*H. chiai*)、渭河三趾马(*H. weihoense*)、腔脊三趾马(*H. coelophyes*)、膜鼻三趾马(*H. dematorhinum*)、和政无鼻角犀(*Acerorhinus hezhengensis*)、维氏大唇犀(*Chilotherium wimani*)、伊朗犀(*Iranotherium morgani*)、简单副板齿犀(*Parelastotherium simplym*)、临夏副板齿犀(*P. lirxiaense*)、林氏额鼻角犀(*Dicerorhinus ringstromi*)、钩爪

兽 (*Ancylotherium* sp.), 偶蹄类的斯氏弓颌猪 (*Chleuastochoerus stehlini*)、弱獠猪 (*Microstonyx major*)、叉角鹿 (*Dicrocerus* sp.)、后麂 (*Metacervulus* sp.)、新罗斯祖鹿 (*Cervavitus novorossiae*)、萨摩兽 (*Samotherium* sp.)、舒氏河南兽 (*Honanotherium schlosseri*)、小齿古麟 (*Palaeotragus microdon*)、羚羊 (*Gazella* sp.)、步氏和政羊 (*Hezhengia bohlini*)、中新羚 (*Miotragocerus* sp.)、中华羚 (*Sinotragus* sp.)、原大羚 (*Protoryx* sp.)、陕西旋角羊 (*Shaanxispira* sp.) 等^[1, 2]。

三趾马在晚中新世晚期达到最大的分异度,这在临夏盆地也表现得相当明显,晚中新世时至少有6种三趾马生活于这个地区。三趾马具有高冠的颊齿,白垩质覆盖厚实,釉质褶皱复杂,显示它是典型的取食高纤维低水分草本植物的动物。与现代马相比,三趾马的四肢更为细长,因此具有卓越的奔跑能力,表明它生活于相当开阔的草原环境。三趾马是适应于温暖气候的动物,但在东亚地区已很好地习惯了与现代东非稀树草原非常相似的半干旱生活环境^[17]。与临夏盆地以及整个华北地区相比,华南的三趾马动物群要稀少得多,而云南地区的三趾马动物群与西瓦立克更相似。欧洲的三趾马动物群在晚中新世早期为森林类型,到晚期才转变为草原类型。而在华北地区,从未发现过真正的森林型三趾马,这在临夏盆地表现得尤为突出。

中国的三趾马动物群中,数量上占绝对优势的是犀科动物,临夏盆地的三趾马动物群也不例外,包含了6种犀类,其中以大唇犀最为丰富。大唇犀的吻部构造特殊,下颌联合部异常宽阔,具有一对硕大无比的下门齿,其内刃上翻,颊齿高冠、磨蚀剧烈,前臼齿相当小,这些特点反映出它应是以温暖地带的硬草为食^[18, 19]。板齿犀是临夏盆地犀类中的另一个代表性类群,它们具有发达的高冠齿,白垩质非常丰富,釉质褶皱异常强烈,反映出它们是典型的草原性硬草取食者;它们还具有相对纤细的肢骨,表明其奔跑能力很强,是开阔草原的栖居者。

临夏盆地的三趾马动物群中还包含有丰富的偶蹄类动物。根据头骨形态等方面的分析,弱獠猪被认为适应于开阔的生活环境^[20],它在中国的化石地点总是与弓颌猪共生^[21]。弓颌猪是小型的地方性种类,也适应于草原地带的生活^[22]。在临夏盆地发现了3种长颈鹿,即河南兽、萨摩兽和古麟,它们共生于稀树草原上,其生活环境没有显著的区别,不同于以前曾认为的生态分异^[23]。临夏盆地晚中新世

的林栖性的鹿科动物无论在种类和数量上都很少,而草原性的牛科动物却非常繁盛。因此,临夏盆地的三趾马动物群作为一个整体是生活于炎热半干旱的稀树草原环境。

4 早更新世真马动物群

临夏盆地以真马 (*Equus*) 为代表的早更新世哺乳动物群产于午城黄土中,已知的种类包括啮齿类的东方高冠松鼠 (*Aepyosciurus orientalis*)、小旱獭 (*Marmota parva*)、河狸 (*Castor* sp.)、甘肃模鼠 (*Mimomys* cf. *gansunicus*)、灞河鼠 (*Bahomys* sp.)、兔形类的矮脚丝绸兔 (*Sericolagus brachypus*)、灵长类的安氏猴 (*Macaca* cf. *andersoni*)、甘肃副长吻猴 (*Paradolichopithecus gansuensis*)、食肉类的鸡骨山狐 (*Vulpes chikushanensis*)、德氏犬 (*Canis teilhardi*)、龙担犬 (*C. longdanensis*)、短头犬 (*C. brevicephalus*)、拟震旦豺 (*Sinicuon* cf. *dubius*)、硕獾鼬 (*Eirictis robusta*)、德氏狗獾 (*Meles teilhardi*)、进步豹鬣狗 (*Chasmaporthetes progressus*)、桑氏硕鬣狗 (*Pachycrocuta licenti*)、河南斑鬣狗 (*Crocuta honanensis*)、锯齿虎 (*Homotherium crenatidens*)、泥河湾巨颚虎 (*Megantereon nihowanensis*)、临夏西瓦猎豹 (*Sivapanthera linxiaensis*)、古中华虎 (*Panthera palaeosinensis*)、德氏猫 (*Felis teilhardi*)、山西猞猁 (*Lynx shansius*)、奇蹄类的中国长鼻三趾马 (*Hipparion sinense*)、埃氏马 (*Equus eisenmannae*)、泥河湾披毛犀 (*Coelodonta nihowanensis*)、黄昏爪兽 (*Hesperotherium* sp.)、偶蹄类的野猪 (*Sus* sp.)、龙担日本鹿 (*Nipponicervus longdanensis*)、步氏羚羊 (*Gazella* cf. *blacki*)、短角丽牛 (*Leptobos brevicornis*) 和秀丽半牛 (*Hemibos gracilis*) 等^[24, 25]。

临夏盆地的埃氏马的体型和头骨在欧亚大陆的真马中是最大的,其面部和吻部在所有马类中也是最长的,根据贝格曼法则可以推断临夏盆地早更新世的气候条件应比泥河湾等地区更寒冷。动物的身体大小还对决定它的代谢需求至关重要,每单位体重的能量需求随体重的增加而减少^[26]。在食草动物中,绝对的身体大小对可承受的食物纤维/蛋白质比率有决定意义:越大的动物所需的蛋白质越少,所以也能承受更大比例的纤维素。因此,埃氏马巨大的体型显示它可能是生活在一个寒冷的高纤维硬草植被环境中。对现生有蹄动物的食性分析表明,马类食物中的营养成分最少,马类取食高纤维含量的植物,而反刍类取食低纤维植物,与此对应的是临夏

真马动物群中反刍类非常少,犀牛也只有高冠的披毛犀一种。临夏盆地早更新世的披毛犀个体较小,颊齿中等高冠,其宽阔的前唇和侧扁的鼻角非常适合拨开积雪寻找草本植物,它的出现说明临夏盆地在早更新世的温度确实已非常低^[27]。对埃氏马头骨形态的分析也支持上述关于气候较冷的推论。在马类的演化中扩展的面部是为了适应变大的食草性牙齿组合,以便处理低消化率的硬草^[26, 28, 29]。马类头骨的面部长度与取食的植物类型有关,更大的面部长度能够容纳更长的颊齿列,以便能更有效地咀嚼和研磨干旱环境中少汁的硬草。

临夏真马动物群中的小型哺乳动物也表现出寒冷气候的特征。高冠松鼠适应于摄食比较坚硬的食物,如坚果、树皮、树根等,它很可能是青藏高原地区的特有种^[30]。旱獭在早更新世的发现表明,临夏盆地可能已有适于其生活的高山草甸或草原的生态环境^[25]。典型的林栖动物只有黄昏爪兽,而无论是食肉类还是食草类中草原性动物都相当多,如羚羊、丽牛、鬣狗和猎豹等。因此,临夏盆地在早更新世为寒冷干燥的草原环境,并具有较高的海拔。

5 环境背景变迁

动物群的生态特征显示临夏盆地在晚新生代发生了强烈的气候环境变化:晚渐新世以温暖湿润的森林环境为主,间杂有一些开阔地带;中中新世的森林更加茂密,水体更加丰富;晚中新世演变为炎热半干旱的稀树草原环境,季节性变化加强;早更新世气候寒冷而干燥,并伴有显著的海拔升高。临夏盆地独特的地理位置使其动物群的演替与青藏高原在晚新生代的隆升密切相关(图1)。

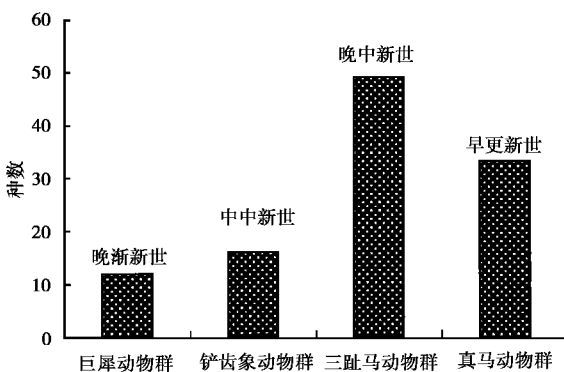


图1 临夏盆地晚新生代哺乳动物群的分异度变化

Fig. 1 Diversity variation of the Late Cenozoic mammalian faunas in the Linxia Basin

临夏盆地晚渐新世的巨犀动物群中以犀类占绝

对优势,捕猎性的动物还相当原始,只有少量以巨翼齿兽为代表的肉齿类存在(图2)。临夏盆地位于青藏高原北缘,而在青藏高原南侧的印巴次大陆西瓦立克地区,晚渐新世的地层中也有巨犀化石分布。全球范围在约30MaB. P.时有一次大幅度的海退,大致与此同时图尔盖海峡消失^[31]。青藏高原可能在早渐新世的末期发生了第一次范围较大的隆升,其影响在宁夏海原盆地及甘肃兰州盆地和党河盆地都有所表现。然而,巨犀动物群在青藏高原的南、北两侧的发现表明,青藏高原在晚渐新世时的隆升幅度还不大,还不足以阻挡大型哺乳动物群的交流,巨犀、巨獬和爪兽等都还可以在“青藏高原”的南、北之间比较自由地迁徙^[32]。

随着中新世的来临,渐新世的动物大都绝灭了,到中中新世的铲齿象动物群中已没有任何巨犀动物群的成分存在。铲齿象动物群的结构也发生了明显的变化,中新世新出现的长鼻类在动物群中占据显著位置;食肉类也成为生态系统中的重要组成部分;偶蹄类在分异度上超过了奇蹄类,成为动物群中最大的类群(见图2)。在横向上,铲齿象在青藏高原北侧的很多地点都有发现,而同一时期在青藏高原南侧的印巴次大陆已见不到这类动物的踪迹,反映出青藏高原在中中新世已经隆升到足以阻碍动物交流的高度。在更大的范围上,临夏盆地的铲齿象动物群还记录了安琪马在北美和欧亚大陆之间的扩散事件。这一事件发生在约20MaB. P.前,在晚渐新世和中中新世之间的一次寒冷期,海平面下降使白令海峡连通为陆桥^[33]。临夏盆地发现的安琪马的时间稍晚于欧亚大陆最早的记录,实际上,在整个亚洲地区发现的安琪马都晚于欧洲,最早记录是早中新世晚期的江苏泗洪动物群,年龄约18MaB. P.。这从安琪马的迁徙路径来看是一个奇怪的现象,尚待发现更多的化石来解决。以前认为安琪马在中国可以生活至晚中新世早期的柴达木动物群,但最近的研究显示安琪马在柴达木盆地仍然只是生活于中中新世时期^[34]。安琪马的绝灭显然是由于森林环境被扩散的草原所取代而造成的。

临夏盆地在晚中新世来临时哺乳动物群再度发生巨变,铲齿象动物群中没有任何属种延续至三趾马动物群中。最早的三趾马跨越白令陆桥从北美扩散到亚洲,这次事件发生在11.2MaB. P.以前,然后迅速地扩散到欧洲和非洲北部,随之而来的高度适应辐射是欧亚大陆的一次重要事件^[33, 35]。三趾马进入印巴次大陆西瓦立克地区的时间也相当早,几

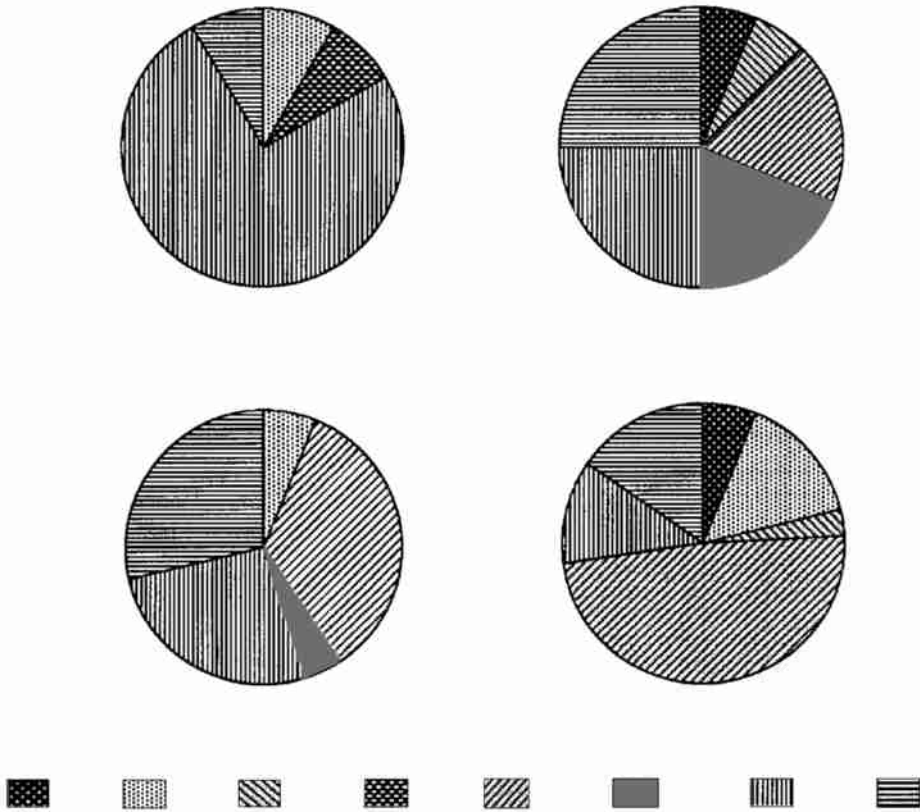


图 2 临夏盆地晚新生代哺乳动物群目级分布饼状图

Fig. 2 Pie charts showing the distribution of the Late Cenozoic mammalian faunas at the order level

乎与欧亚大陆的其他地点同时,但此时青藏高原对动物迁徙的阻碍作用更加明显,所以三趾马应该是从西面进入次大陆的^[36]。欧洲最早的三趾马是发现于维也纳盆地的原始三趾马(*Hipparion primigenium*),而在中国则是发现于临夏盆地的东乡三趾马^[37]。临夏盆地的三趾马动物群中,现代分布在我国北方的鼯鼠科及南方的竹鼠科和豪猪科出现;食肉类中的鼬科、鬣狗科和猫科开始繁盛;长鼻类进一步多样化;奇蹄类除繁荣的三趾马以外,犀科占有明显优势,爪兽科和獾科趋于衰落;偶蹄类中,牛科和长颈鹿科蓬勃发展(见图 2)。三趾马动物群在高阶元的组成上已与现代哺乳动物格局相似^[38]。随着地球进入一个新的气候阶段,全球环境在中新世末期发生了剧烈的变化。这种变化也反映在临夏的哺乳动物群上,在中新世晚期达到最大的分异度之后,三趾马的数量开始减少,临夏盆地早上新世三趾马动物群的分异度和个体数量已急剧下降。欧洲和北美的化石记录也非常显著地在接近中新世末期时经历了重大的绝灭事件^[12]。另一方面,临夏盆地三趾马动物群的生态环境与欧洲也有显著的区别,例如,对希腊晚中新世匹克米三趾马动物群的研究显示其

生活于常绿林地环境,与今天中印度北部季风区森林和草地相间的环境相似,而不同于临夏盆地的稀树草原环境^[39]。

临夏盆地物种异常丰富的热带稀树草原在第四纪初被分异度较低的寒带干旷草原取代。临夏盆地早更新世的真马动物群在组成上是很特殊的:首先小哺乳动物特别少,啮齿类只有 4 种,兔形类只有 1 种,缺乏食虫类和小型鼬科动物;食肉类化石特别多,达 16 个种,在种数上几乎是已知该动物群总种数的一半;相反,某些更新世初期最常见的门类,例如象、貉、熊类等完全没有,另一些通常化石极为丰富的门类,特别是偶蹄类,例如鹿和羚羊等的数量很少(见图 2)^[25]。上述特点与已发现的大多数早更新世哺乳动物群的组成都不同,与现生哺乳动物群也有很大差别。一般来说,小哺乳动物的属种和个体数量在动物群的组成中所占的比重都很大;食肉类的种数总是远小于动物群总种数的一半,个体数量也少;草食的奇蹄类和偶蹄类动物,特别是后者,在种类和数量上应构成动物群的主体。对临夏盆地的真马动物群而言,小哺乳动物的稀少并不一定是该动物群本身的特点,而是化石采集偏移的结

果。但是对大中型哺乳动物而言,上述现象就无法用采集上的偏移来解释,这种不均衡的分布现象很可能就是临夏早更新世哺乳动物群本身的特点。仅仅是干燥寒冷的气候环境尚不足以解释这个奇特的组成,而现代的高原动物群却与其有着惊人的相似性。除掉由于采集偏移而不能对比的小哺乳动物,临夏盆地的早更新世哺乳动物群与珠穆朗玛峰地区

的现代哺乳动物群在分类单元和分异上都高度相似(图3)。此外,科属的相似度也非常高,临夏早更新世哺乳动物群中有12个科和8个属在现代的珠峰地区仍能见到^[40]。从这个对比可以看出,临夏盆地在早更新世已经达到相当大的高度,因此才产生了这样一个高原或高山的动物群,这也与动物群中不同种类所反映的生态特征吻合。

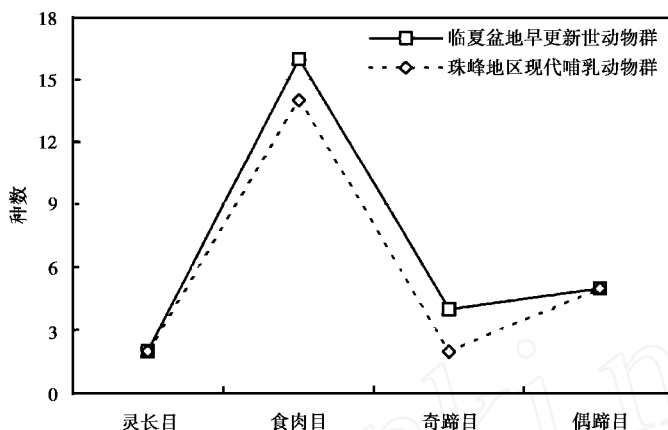


图3 临夏盆地早更新世哺乳动物群与珠穆朗玛峰地区现代哺乳动物群大型动物分布对比

Fig. 3 Distribution comparison between the Early Pleistocene fauna of the Linxia Basin and the modern fauna of the Mt. Qumolanna area

致谢 衷心感谢邱占祥教授、王伴月教授、王晓鸣博士、倪喜军博士和刘丽萍博士在野外工作及室内研究中的大力支持和帮助。

参考文献 (References)

- 1 邓涛, 王晓鸣, 倪喜军等. 临夏盆地的新生代地层及其哺乳动物化石证据. 古脊椎动物学报, 2004, 42 (1): 45 ~ 66
Deng Tao, Wang Xiaoming, Ni Xijun *et al.* Cenozoic stratigraphic sequence of the Linxia Basin in Gansu, China and its evidence from mammal fossils. *Vertebrata Palasiatica*, 2004, 42 (1): 45 ~ 66
- 2 Deng Tao, Wang Xiaoming, Ni Xijun *et al.* Sequence of the Late Cenozoic mammalian faunas from the Linxia Basin in Gansu, China. *Acta Geologica Sinica*, 2004, 78 (1): 8 ~ 14
- 3 邱占祥, 王伴月, 邓涛. 甘肃临夏盆地牙沟的哺乳动物化石及有关地层问题. 古脊椎动物学报, 2004, 42 (4): 261 ~ 268
Qiu Zhanxiang, Wang Banyue, Deng Tao. Mammal fossils from Yagou, Linxia Basin, Gansu, and related stratigraphic problems. *Vertebrata Palasiatica*, 2004, 42 (4): 261 ~ 268
- 4 邱占祥. 新疆准噶尔盆地巨犀化石. 古脊椎动物学报, 1973, 9 (4): 182 ~ 191
Chiu Chansiang. A new genus of giant rhinoceros from Oligocene of Dzungaria, Sinkiang. *Vertebrata Palasiatica*, 1973, 9 (4): 182 ~ 191

- 5 Lucas S G, Sobus J C. The systematics of indricotheres. In: Prothero D R, Schoch R M eds. *The Evolution of Perissodactyls*. New York: Oxford University Press, 1989. 358 ~ 378
- 6 Foster-Cooper C. New genera and species of mammals from the Miocene deposits of Baluchistan: Preliminary notice. *Annals and Magazine of Natural History (Series 8)*, 1915, 16: 404 ~ 410
- 7 Deng Tao, Downs W. Evolution of Chinese Neogene Rhinocerotidae and its response to climatic variations. *Acta Geologica Sinica*, 2002, 76 (2): 139 ~ 145
- 8 Prothero D R, Gu Bin C, Manning E. The history of the Rhinocerotidae. In: Prothero D R, Schoch R M eds. *The Evolution of Perissodactyls*. New York: Oxford University Press, 1989. 321 ~ 340
- 9 Deng Tao. 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 (2): 141 ~ 150
- 10 叶捷, 吴文裕, 贾航. 同心铲齿象闭合肌组复原及长颌象向短颌象进化过程中头部变化的机制. 古脊椎动物学报, 1990, 28 (4): 284 ~ 295
Ye Jie, Wu Wenyu, Jia Hang. Reconstruction of the jaw-closing muscles of *Platybelodon tongxinensis* (Amelodontidae, Proboscidea) and discussion of cranial evolution from long-jawed mastodon to short-jawed elephantid. *Vertebrata Palasiatica*, 1990, 28 (4): 284 ~ 295

- 11 Borissiak A. On a new direction in the adaptive radiation of mastodonts. *Palaeobiologica*, 1929, **2**: 19 ~ 33
- 12 Hulbert R C Jr. The ancestry of the horse. In: Olsen S L ed. *Horses Through Time*. Boulder: Roberts Rinehart Publishers, 1995. 11 ~ 34
- 13 邱占祥, 关键. 宁夏同心发现的一颗上猿牙齿. *人类学学报*, 1986, **5** (3): 201 ~ 207
- Qiu Zhanxiang, Guan Jian. A lower molar of *Pliopithecus* from Tongxin, Ningxia Hui Autonomous Region. *Acta Anthropologica Sinica*, 1986, **5** (3): 201 ~ 207
- 14 吴文裕, 孟津, 叶捷. 新疆准噶尔盆地北缘 *Pliopithecus* 的发现. *古脊椎动物学报*, 2003, **41** (1): 76 ~ 86
- Wu Wenyu, Meng Jin, Ye Jie. The discovery of *Pliopithecus* from northern Junggar Basin, Xinjiang. *Vertebrata Palasiatica*, 2003, **41** (1): 76 ~ 86
- 15 Köhler M, Mby à Sol à S, Andrews P. Order Primates. In: Rössner G E, Heissig K eds. *The Miocene Land Mammals of Europe*. München: Verlag Dr. Friedrich Pfeil, 1999. 91 ~ 104
- 16 Fortelius M, van der Made J, Bernor R L. Middle and Late Miocene Suidae of central Europe and the eastern Mediterranean: Evolution, biogeography, and paleoecology. In: Bernor R L, Fahlbusch V, Mittmann H W eds. *The Evolution of Western Eurasian Neogene Mammal Faunas*. New York: Columbia University Press, 1996. 348 ~ 377
- 17 Alberdi M T. A review of Old World hipparionine horses. In: Prothero D R, Schoch R M eds. *The Evolution of Perissodactyls*. New York: Oxford University Press, 1989. 234 ~ 261
- 18 Ringström T. Nashorner der *Hipparion*-Fauna Nord-Chinas. *Palaeontologia Sinica* (Series C), 1924, **1** (4): 1 ~ 159
- 19 邱占祥, 阎德发. 山西榆社一有角大唇犀. *古脊椎动物学报*, 1982, **20** (2): 122 ~ 132
- Qiu Zhanxiang, Yan Defa. A horned *Chilotherium* skull from Yushe, Shansi. *Vertebrata Palasiatica*, 1982, **20** (2): 122 ~ 132
- 20 Thenius E. *Microstonyx antiquus* aus dem Alt-Pliozän Mittel-Europas: Zur Taxonomie und evolution der Suidae (Mammalia). *Annalen des Naturhistorischen Museums Wien*, 1972, **76**: 539 ~ 586
- 21 Liu Liping, Kostopoulos D S, Fortelius M. Late Miocene *Microstonyx* remains (Suidae, Mammalia) from northern China. *Geobios*, 2004, **37**(1): 49 ~ 64
- 22 Pearson H S. Chinese fossil Suidae. *Palaeontologia Sinica* (Series C), 1928, **5** (5): 1 ~ 75
- 23 Kurt B. The Chinese *Hipparion* fauna. *Commentationes Biologicae Societatis Scientiarum Fennicae*, 1952, **13**: 1 ~ 82
- 24 邱占祥, 王伴月, 邓涛等. 甘肃省东乡族自治县龙担黄土底部新发现的哺乳动物群初步报道. *第四纪研究*, 2002, **22** (1): 33 ~ 38
- Qiu Zhanxiang, Wang Banyue, Deng Tao *et al.* Notes on the mammal fauna from the bottom of loess deposits at Longdan, Dongxiang County, Gansu Province. *Quaternary Sciences*, 2002, **22** (1): 33 ~ 38
- 25 邱占祥, 邓涛, 王伴月. 甘肃东乡龙担早更新世哺乳动物群. *中国古生物志* (新丙种), 2004, **27**: 1 ~ 198
- Qiu Zhanxiang, Deng Tao, Wang Banyue. Early Pleistocene mammalian fauna from Longdan, Dongxiang, Gansu, China. *Palaeontologia Sinica* (New Series C), 2004, **27**: 1 ~ 198
- 26 Janis C M. The evolutionary strategy of the Equidae and the origins of rumen and cecal digestion. *Evolution*, 1976, **30**: 757 ~ 774
- 27 邓涛. 甘肃临夏盆地发现已知最早的披毛犀化石. *地质通报*, 2002, **21** (10): 604 ~ 608
- Deng Tao. The earliest known woolly rhino discovered in the Linxia Basin, Gansu Province, China. *Geological Bulletin of China*, 2002, **21** (10): 604 ~ 608
- 28 Radinsky L R. Allometry and reorganization in horse skull proportions. *Science*, 1983, **221**: 1 189 ~ 1 191
- 29 Radinsky L R. Ontogeny and phylogeny in horse skull evolution. *Evolution*, 1984, **38**: 1 ~ 15
- 30 Wang Banyue, Qiu Zhanxiang. Aepyosciurinae: A new subfamily of Sciuridae (Rodentia, Mammalia) from basal loess deposits at the northeastern border of Tibetan Plateau. *Chinese Science Bulletin*, 2003, **48** (7): 691 ~ 695
- 31 Haq B U, Hardenbol J, Vail P R. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, 1987, **235**: 1 156 ~ 1 167
- 32 邱占祥, 王伴月, 邱铸鼎等. 甘肃兰州盆地咸水河组研究的新进展. 见: 童永生, 张银运, 吴文裕等主编. *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, 1997. 177 ~ 192
- Qiu Zhanxiang, Wang Banyue, Qiu Zhuding *et al.* Recent advances in study of the Xianshuihe Formation in Lanzhou Basin. In: Tong Yongsheng, Zhang Yinyun, Wu Wenyu *et al.* eds. *Evidence for Evolution: Essay in Honor of Prof. Chungchien Young on the Hundredth Anniversary of His Birth*. Beijing: China Ocean Press, 1997. 177 ~ 192
- 33 Woodburne M O, Swisher C C. Land mammal high-resolution geochronology, intercontinental overland dispersal, sea level, climate, and vicariance. *Society of Economic Paleontologists and Mineralogists, Special Publication*, 1995, **54**: 335 ~ 364
- 34 邓涛, 王晓鸣. 柴达木盆地新近纪犀科化石新材料. *古脊椎动物学报*, 2004, **42** (3): 216 ~ 229
- Deng Tao, Wang Xiaoming. New material of the Neogene rhinocerotids from the Qaidam Basin in Qinghai, China. *Vertebrata Palasiatica*, 2004, **42** (3): 216 ~ 229
- 35 Bernor R L, Koufos G D, Woodburne M O *et al.* The evolutionary history and biochronology of European and southwest Asian Late Miocene and Pliocene hipparionine horses. In: Bernor R L, Fahlbusch V, Mittmann H W eds. *The Evolution of Western Eurasian Neogene Mammal Faunas*. New York: Columbia University Press, 1996. 307 ~ 338
- 36 Woodburne M O, Bernor R L, Swisher C C. An appraisal of the stratigraphic and phylogenetic bases for the "*Hipparion*" datum in the Old World. In: Bernor R L, Fahlbusch V, Mittmann H W eds. *The Evolution of Western Eurasian Neogene Mammal Faunas*. New York: Columbia University Press, 1996. 124 ~ 136
- 37 邱占祥, 谢骏义. 记甘肃东乡汪集的板齿犀和三趾马化石. *古脊椎动物学报*, 1998, **36** (1): 13 ~ 23
- Qiu Zhanxiang, Xie Junyi. Notes on *Parelasmotherium* and *Hipparion* fossils from Wangji, Dongxiang, Gansu. *Vertebrata Palasiatica*, 1998, **36** (1): 13 ~ 23

- 38 童永生, 郑绍华, 邱铸鼎. 中国新生代哺乳动物分期. 古脊椎动物学报, 1995, 33 (4): 290 ~ 314
Tong Yongsheng, Zheng Shaohua, Qiu Zhuding. Cenozoic mammal ages of China. *Vertebrata Palasiatica*, 1995, 33 (4): 290 ~ 314
- 39 Solounias N. The paleoecology of the Pliocene biome and the savanna myth. In: Agusti J, Rook L, Andrews P eds. Hominoid Evolution and Climatic Change in Europe : The Evolution of Neogene Terrestrial Ecosystems in Europe. Edinburgh: Cambridge University Press, 1999. 436 ~ 453
- 40 钱燕文, 冯祚建, 马莱岭. 珠穆朗玛峰地区鸟类和哺乳类的区系调查. 见: 中国科学院青藏高原综合科学考察队编. 珠穆朗玛峰地区科学考察报告: 生物与高山生理. 北京: 科学出版社, 1974. 1 ~ 23
Qian Yanwen, Feng Zuojian, Ma Lailing. Survey to the avian and mammalian faunas in the Mt. Qumolanma area. In: The Comprehensive Scientific Expedition to the Qinghai-Xizang Plateau, Academia Sinica ed. Reports of the Scientific Expedition to the Mt. Qumolanma Area: Biology and Alpine Physiology. Beijing: Science Press, 1974. 1 ~ 23

EVOLUTION OF THE LATE CENOZOIC MAMMALIAN FAUNAS IN THE LINXIA BASIN AND ITS BACKGROUND RELEVANT TO THE UPLIFT OF THE QINGHAI-XIZANG PLATEAU

Deng Tao

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

Abstract

A continuous sedimentary sequence from the Oligocene to the Holocene is well developed and exposed in the Linxia Basin (Gansu, China), in which very abundant mammal fossils are discovered. The Linxia Basin is one of the regions with the richest Late Cenozoic mammal fossils in China as well as the whole Eurasia. The Late Oligocene *Dzungariotherium* fauna, the Middle Miocene *Platybelodon* fauna, the Late Miocene *Hipparion* fauna, and the Early Pleistocene *Equus* fauna are the most representative in the Linxia Basin. Mammals are very sensitive to climatic and environmental changes. The strong uplift of the Qinghai-Xizang Plateau during the Late Cenozoic greatly influenced climate and environment, which would be reflected from the evolution of mammalian faunas. The Linxia Basin is situated at the transitional zone between the Qinghai-Xizang Plateau and Loess Plateau. During the important period of the uplift of the Qinghai-Xizang Plateau in the Late Cenozoic, the Linxia Basin has the mammal fossil assemblages, which can determine geological ages, and the thick deposits, which can accurately reflect climatic variations. As a result, the Linxia Basin is a best site to study the uplift process of the Qinghai-Xizang Plateau and its influence to climate and environment. For the study to the Qinghai-Xizang Plateau, the Linxia Basin can correspond to or be better than the classical Siwaliks on the south margin of the Qinghai-Xizang Plateau. The ecological features of the distinct faunas indicate that the Linxia Basin came through great climatic and environmental changes: warm and humid forest mixed with some open lands in the Late Oligocene, denser forest with richer water bodies in the Middle Miocene, tropical semiarid savanna with strong seasonal variation in the Late Miocene, to cold and arid climate with high elevation in the Early Pleistocene. The particular geographical position of the Linxia Basin implies that the evolution of its mammalian faunas is tightly related to the uplift of the Qinghai-Xizang Plateau in the Late Cenozoic. The uplift of the Qinghai-Xizang Plateau was not enough to baffle the dispersal of large mammals between north and south of this plateau in the Late Oligocene, but it became an obvious barrier for the mammal migration in the Middle Miocene and more obvious in the Late Miocene. The Linxia Basin reached a relatively high elevation in the Early Pleistocene, so that a plateau or alpine mammalian fauna appeared in this area.

Key words Linxia Basin, Late Cenozoic, mammalian fauna, Qinghai-Xizang Plateau