

甘肃和政古动物化石地质遗迹特征及其科学意义

刘刚¹⁾, 牟全海²⁾, 姚海涛³⁾

1) 中国地质科学院, 北京, 100037; 2) 临夏自治州和政县国土资源局, 甘肃临夏, 731200;

3) 中国地质科学院地质力学研究所, 北京, 100081

内容提要:甘肃和政古动物化石地质遗迹是一个以丰富的渐新世至更新世的古动物化石为特色的地质奇观。和政古动物化石地质遗迹主要发育 4 个古动物化石群: 底部红色砂砾岩中埋藏着距今 30 Ma 的巨犀动物群; 下部河湖地层中, 埋藏着 13 Ma 前的铲齿象动物群; 中部以红土为主, 埋藏着距今 10 Ma 左右的三趾马动物群; 上部黄土堆积中埋藏着 2 Ma 前的真马动物群。这些古动物化石地质遗迹记录了渐新世以来地球历史的丰富信息和演化过程, 是研究青藏高原隆升历史的重要证据。甘肃和政古动物化石地质遗迹孕育了分布密集、保存完好、种类繁多的古动物化石, 且甘肃和政临近我国“一带一路”战略中“丝绸之路经济带”的中联点。这些世界罕见的古动物化石, 具有不可替代的珍藏价值、游览价值、科普价值和科学研究价值。

关键词: 临夏盆地; 古动物化石; 地质遗迹; 古生态

甘肃和政古动物化石地质遗迹主要发育在临夏盆地, 主要分布于甘肃和政古生物化石国家地质公园范围内。临夏盆地是青藏高原东北边缘的一个新生代断陷盆地, 它位于祁连山与西秦岭之间, 四周被基岩山地所包围, 其西以积石山逆冲断裂与青藏高原分界, 北以马衔山、兴隆山等与兰州盆地相隔, 南与属青藏高原一部分的甘南高原毗邻, 其间隔以西秦岭北麓边界断裂, 属古近纪大型陇中盆地的西南隅。盆地中新生界非常发育, 大致以大夏河近南北向的正断层为界, 将盆地一分为二。西部盆地紧接青藏高原, 古近纪红层厚达 1600 m, 并已强烈变形和褶皱。东部盆地仅南侧与西秦岭相接, 构造相对稳定, 古近纪红层在盆地中部仅厚约 400~500 m, 地层水平, 延伸稳定。整个盆地在红层之上均为 100~400 m 左右的新近纪湖相地层和黄土。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 (Deng Tao et al., 2004a, 2004b, 2005, 2009)。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 (Xie Junyi 1991; Tong Yongsheng et al., 1995; Wang Banyue et al., 2002,

2003, 2005; Xie Guangpu 1999, 2011; Wang Shiqi 2014; Deng Tao et al., 2001a, 2001b, 2002a, 2002b, 2011, 2013a, 2013b, 2013c, 2014; Qiu Zhanxiang et al., 1987, 1997, 1998, 2000, 2002, 2004a, 2004b, 2004c, 2009, 2014)。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更替上。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 (Li Jijun et al., 1995, 2001, 2013, 2015), 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, 这些都为甘肃和政古动物化石地质遗迹形成的环境演化研究提供了很好的基础。

1 地质背景

临夏盆地是位于青藏高原东北缘拉脊山东侧的积石山和西秦岭北缘山前的一个山前拗陷盆地 (Kang Jiancheng and Li Jijun, 1993; Zhong Wei et al., 1997, 1998, 2001; Li Jijun et al., 1995, 2001) (图 1)。早新生代期间, 该区一直是巨大的内陆湖盆, 沉积了巨厚的陆相沉积物, 后期这一湖盆遭到了

注: 本文为中央级公益性科研院所基本科研业务费项目 (YWF201507) 资助的成果。

收稿日期: 2016-04-09; 改回日期: 2016-06-22; 责任编辑: 黄敏。

作者简介: 刘刚, 男, 1977 年生。博士, 副研究员, 构造地质学和沉积地层学专业。Email: liugang@cags. ac. cn。

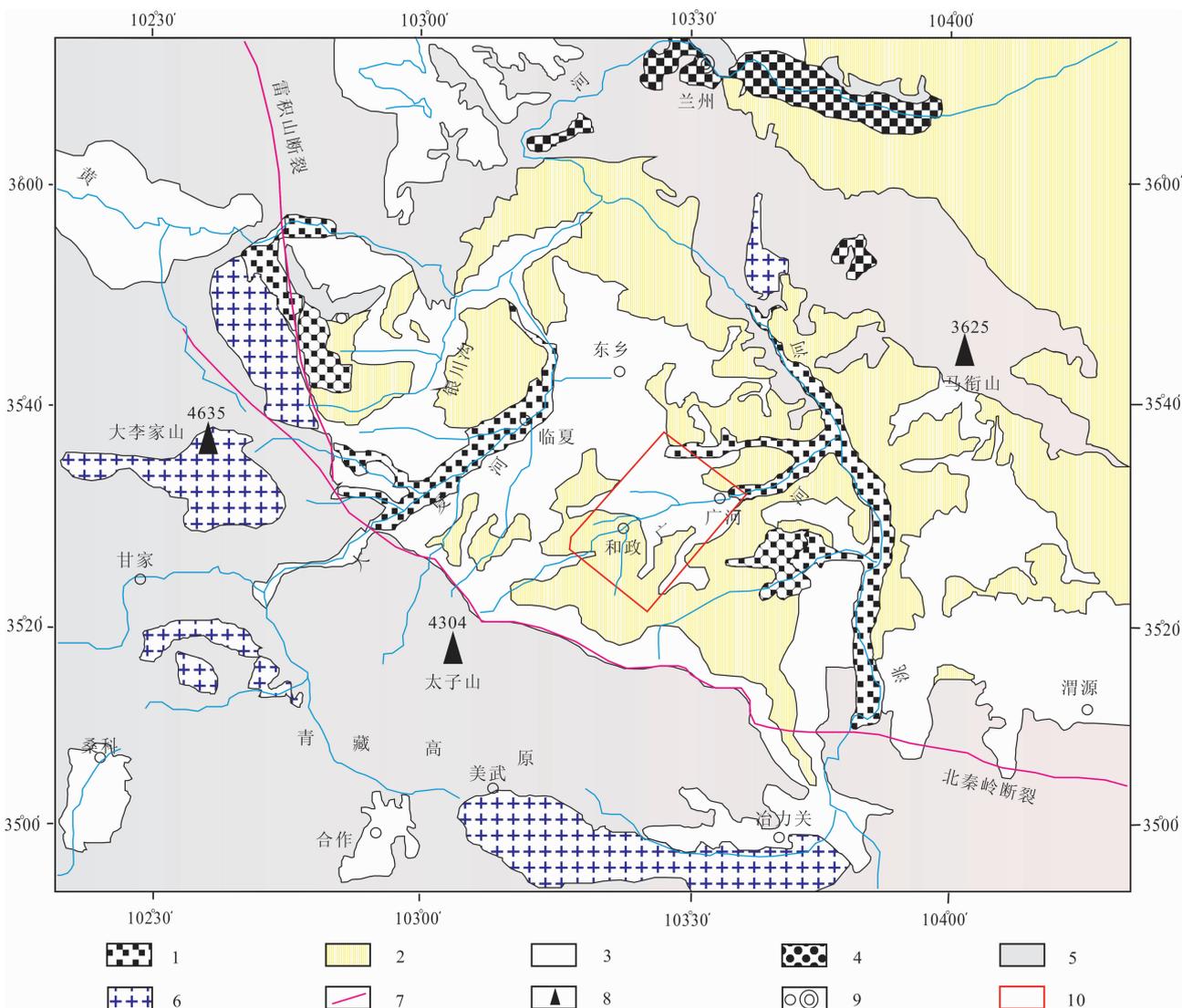


图1 临夏盆地地质概况(据 Zhong Wei et al. ,2001;Li Jijun et al. ,1995,2001 修改)

Fig.1 Geological map of Linxia Basin(modified after Zhong Wei et al. ,2001;Li Jijun et al. ,1995,2001)

- 1—冲积物;2—黄土;3—古近系—新近系;4—砾岩;5—基岩;6—花岗岩;7—断裂;8—山峰;9—城镇;10—化石产区
- 1—Alluvium deposit;2—loess;3—Paleogene-Neogene;4—conglomerate;5—basement rock;6—granite;
- 7—fault;8—mountain peak;9—town;10—fossil-developing region

隆起并褶皱成山,形成典型的挤压型盆岭构造,成为青藏高原向北东方向扩展的最新组成部分。晚新生代地层基本水平,构造变形不明显。但盆地西部由于受拉脊山断裂和西秦岭北缘断裂的控制和影响,已强烈褶皱和变形,形成一个北北西向的不对称背斜构造,反映了拉脊山断裂由西向东逆冲和扩展的特征。盆地发展的每一个阶段都对应于相关的逆冲构造事件,早期的深水环境可以解释为活动的逆冲构造带位于盆地较远的位置;后期由于逆冲造山带向前推进,发生在7.8 Ma左右的构造变动引起的挠曲使盆地沉降量减少,大量碎屑的输入形成浅水型沉积,同时在盆地内开始发育生长地层,形成生长

不整合。1.8 Ma左右临夏盆地内部的褶皱变形最终形成,整个盆地结束了沉积历史,开始遭受侵蚀作用(Li Jijun et al. ,1995,2001;Xie Guangpu 1999, 2011;Liu Xiuming et al. ,2012)。

2 古动物化石地质遗迹分布的地层划分

Qiu Zhanxiang et al. (2004c) and Xie Junyi (1991)认为原来的临夏组4个段全部属于中新世(即现今的晚中新世),将其第一、二段命名为椒子沟组,时代为早中新世;将以第三段为主的地层命名为东乡层,时代为中中新世;将临夏组一名限于原划

分的第四岩性段,时代为晚中新世。Li Jijun et al. (1995)对临夏盆地的晚新生代地层重新进行了详

细的划分,命名了一套全新的岩石地层单位,并进行了以古地磁为主要方法的年龄测定。Fang

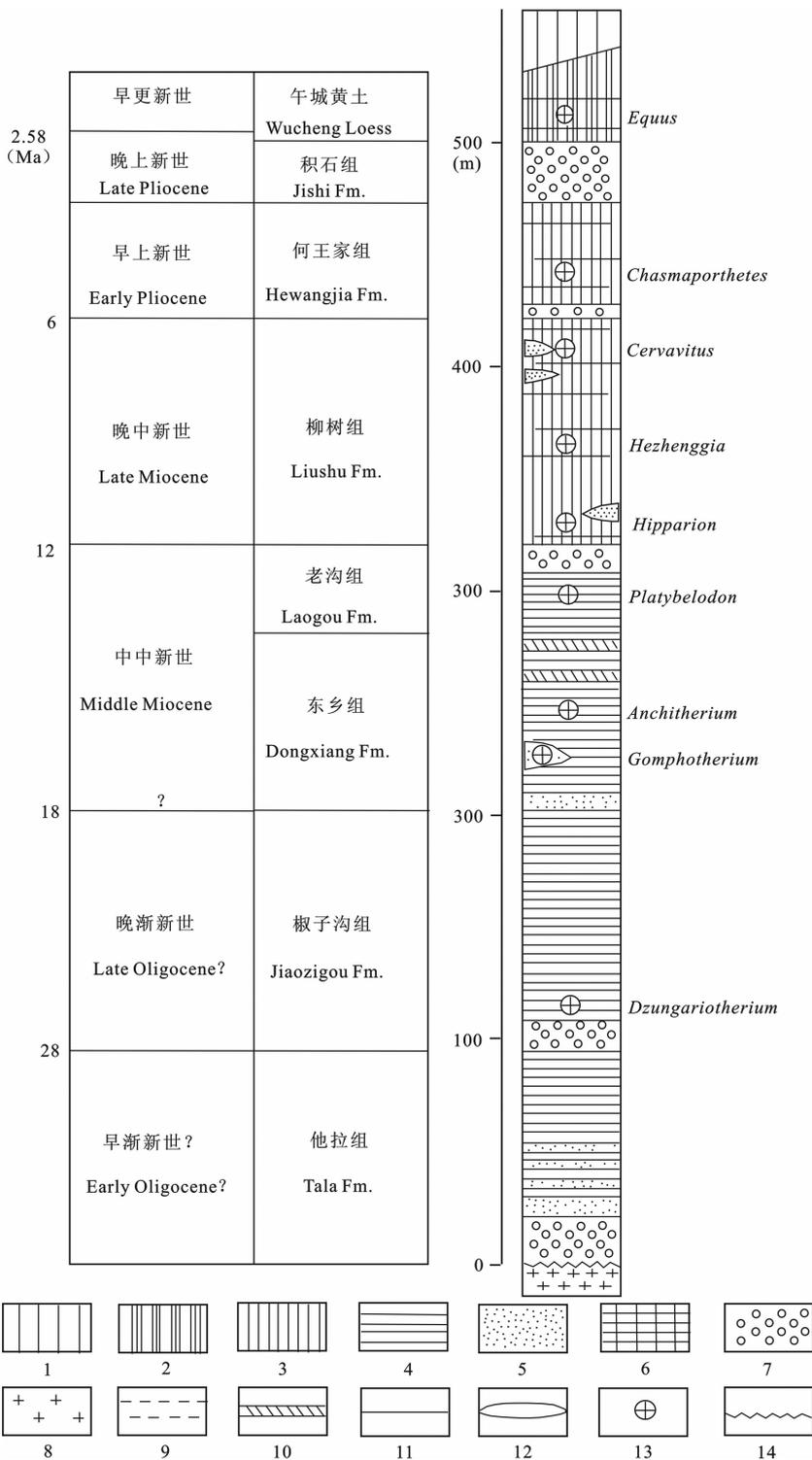


图 2 临夏盆地新生代地层综合柱状图(据 Deng Tao et al., 2004a 修改)

Fig. 2 Cenozoic stratigraphic column in the Linxia Basin(modified after Deng Tao et al., 2004a)

1—马兰黄土;2—午城黄土;3—红粘土;4—泥岩;5—粉砂岩;6—砂岩;7—砾岩;8—花岗岩;9—钙结核;
10—泥灰岩;11—古土壤;12—透镜体;13—化石层;14—不整合

Malan loess; 2—Wucheng loess; 3—red clay; 4—mudstone; 5—siltstone; 6—sandstone; 7—conglomerate; 8—granite;
9—carbonate concretions; 10—marlite; 11—paleosol; 12—lenticular body; 13—fossil bed; 14—unconformity

Xiaomin et al. (1997, 2002) 利用磁性地层学对临夏盆地新生代地层绝对年代进行了测定与划分。Gu Zugang et al. (1995a, 1995b) 利用古生物化石对临夏盆地古近系地层进行了研究。Deng Tao et al. (2004a, 2013a) 综合前人资料也进行了地层划分(图 2)。

2.1 早渐新世他拉组

主要分布于东乡县东塬乡毛沟一带,不整合于加里东期花岗闪长岩之上,岩性可分为三段:下段为紫红色砂砾岩,产准同生石膏;中段为紫红色粉砂岩和泥岩互层,钙质胶结强烈;上段为块状紫红色泥岩;厚度 90 m(Zhang Kexin et al., 2006)。

2.2 晚渐新世椒子沟组

主要分布于东乡县东塬乡椒子沟一带。岩性可分为上下两段:下段为褐黄色砂岩和砂砾岩,夹少量紫红色泥岩,含石膏,产哺乳动物化石,包括啮齿类的阿尔泰查干鼠(*Tsaganomys altaicus*),肉齿类的巨翼齿兽(*Megalopterodon* sp.),奇蹄类的霍尔果斯准噶尔巨犀(*Dzungariotherium orgosense*)等和偶蹄类的巨颌副猪(*Paraentelodon macrognathus*)等;上段为褐红色泥岩,具韵律层理,含大量石膏。

2.3 中中新世早期东乡组

主要分布于广河县买家巷乡达浪沟一带,岩性为黄色砂砾岩、钙质胶结粉砂岩、砂岩夹少量泥岩,递变为紫红色泥岩夹青灰色泥灰岩条带。所含哺乳动物化石包括食肉类的半熊(*Hemicyon* sp.),长鼻类的嵌齿象(*Gomphotherium* sp.),奇蹄类的安琪马(*Anchitherium gobiensis*)等。

2.4 中中新世晚期老沟组

主要分布于和政县三合镇老沟、广河县朱家川、虎家梁等地。岩性可分为上下两段:下段为灰色、黄色含砾砂岩,胶结疏松,为主要的化石层位,产哺乳动物化石,包括食肉类的德氏半熊(*Hemicyon teilhardi*)等,长鼻类的谷氏铲齿象(*Platybelodon grangeri*)等,奇蹄类的戈壁安琪马(*Anchitherium gobiensis*)等和偶蹄类的库班猪(*Kubanochoerus gigas*)等;上段为灰色、局部呈锈黄色砾岩。老沟组为河流相沉积,厚度变化较大,最厚超过 50 m。

2.5 晚中新世柳树组

主要分布于和政县吊滩、新庄、关滩沟、卜家庄、达浪、买家集、三合、卅里铺,广河县阿力麻土、官坊、买家巷、庄禾集,东乡县那勒寺等地。岩性均一,为褐黄色粉砂质泥岩,含大量 2~10 cm 的钙质结核层。该组厚度在不同剖面差别很大,主要由后期差

异侵蚀作用造成。在盆地中部厚度为 100 m 左右,在靠近盆地西南缘,夹有多层砾石,厚度可达近 200 m。该组中可以明显地分为下、中、上 3 个三趾马动物群化石层位,已知的种类包括啮齿类的原鼯鼠(*Prosiphneus* sp.)等,食肉类的鼬鬣狗(*Ictitherium* sp.)、巨鬣狗(*Dinocrocuta gigantea*)、剑齿虎(*Machairodus* sp.)等,长鼻类的保德四棱齿象(*T. exoletus*)等,奇蹄类的三趾马(*Hipparion* sp.)、维氏大唇犀(*Chilotherium wimani*)等和偶蹄类的萨摩兽(*Samotherium* sp.)、步氏和政羊(*Hezhengia bohlini*)等(Qiu Zhanxiang et al., 1987, 2000)。

2.6 早上新世何王家组

主要分布于广河县城关、和政县三合、东乡县龙担一带。岩性分为两段:下段为砂砾岩,钙质胶结或未胶结;上段为褐黄色粉砂质泥岩(红粘土),含大量钙质结核。该组厚度极不稳定,在不少地点被完全剥蚀,其底砾岩的变化也很大。最大厚度 60 m,其中底砾岩厚 11 m,红粘土厚 49 m。红粘土中产哺乳动物化石,包括啮齿类的甘肃豪猪(*Hystrix gansuensis*),食肉类的豹鬣狗(*Chasmaporthetes* sp.)、奇蹄类的三趾马(*Hipparion* sp.)和偶蹄类的古麟(*Palaeotragus* sp.)、中华羚(*Sinotragus* sp.)等。

2.7 晚上新世积石组

主要分布于和政县三合,东乡县龙担等地。为灰黑色砾岩,坚硬,钙质胶结,表面常被钙质壳包裹;砾石成分复杂,主要为石英岩、板岩和火成岩;磨圆和滚圆均好,可见巨砾;局部含黑色薄层、具斜层理的砂岩和棕红色粉砂岩透镜体。该组厚度变化较大,通常为 10~30 m(Zhang Kexin et al., 2006)。

2.8 早更新世东山组

主要分布于东乡县龙担一带。分为 3 段:下段为褐黄色湖相粉砂岩,含层状钙质结核,产真马(*Equus*)等化石,厚 35 m;中段为褐黑色湖沼相粉砂岩,含腐树,厚 30 m;上段为块状含大量钙质结核的褐黄色湖相粉砂岩,厚 12 m。在盆地东部,与东山组下段相当的层位为黄土堆积,应相当于中国中、东部的午城黄土,碳酸钙结核个体大,多呈块状,分布于古土壤层的底部和黄土层中,成形差,结核与黄土之间的界线不清,呈过渡关系。黄土中含丰富的哺乳动物化石,包括啮齿类的甘肃模鼠(*Mimomys cf. gansunicus*)等,兔形类的矮脚丝绸兔(*Sericolagus brachypus*),灵长类的甘肃副长吻猴(*Paradolichopithecus gansuensis*),食肉类的龙担

犬 (*C. longdanensis*)、锯齿虎 (*Homotherium crenatidens*)、泥河湾巨鬃虎 (*Megantereon nihowanensis*) 等, 奇蹄类的中国长鼻三趾马 (*Hipparion sinense*)、埃氏马 (*Equus eisenmannae*) 等和偶蹄类的野猪 (*Sus* sp.)、步氏羚羊 (*Gazella* cf. *blacki*) (Qiu Zhanxiang et al., 1998, 2004a)。

3 主要古动物化石地质遗迹发育特征

甘肃和政古动物化石地质遗迹按地层时代划分主要发育出产 4 个古动物化石群: 底部红色砂砾岩中埋藏着距今 30 Ma 的巨犀动物群; 下部河湖地层中, 埋藏着 13 Ma 前的铲齿象动物群; 中部以红土为主, 埋藏着距今 10 Ma 左右的三趾马动物群; 上部黄土堆积中埋藏着 2 Ma 前的真马动物群。甘肃和政古动物化石地质遗迹产地主要分布于甘肃和政古生物化石国家地质公园范围内 (Zhao Ting et al., 2005), 园区内有老沟化石点、桦林化石点等 22 处重要地质遗迹化石点, 园区外有龙担真马动物群化石点等 6 处重要地质遗迹化石点。大部分出土古动物化石保存在和政古动物化石博物馆中。

3.1 晚渐新世巨犀动物群

以准噶尔巨犀 (*Dzungariotherium*) 为代表的晚渐新世哺乳动物群产于椒子沟组下部的砂砾岩中, 代表性地质遗迹化石点为东乡县东塬乡他拉化石点。包括啮齿类的阿尔泰查干鼠 (*Tsaganomys 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.)、阿尔丁犀 (*Ardynia* sp.)、阿尔丁犀新种 (*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.)、兰州巨獠犀 (*Aprotodon lanzhouensis*)、偶蹄类的巨颌副犀 (*Paraentelodon macrognathus*) 等 (Qiu Zhanxiang et al., 1987, 1998; Deng Tao et al., 2001a, 2001b, 2002a, 2002b)。

巨犀是地质历史中最大的陆生哺乳动物, 体长可超过 8 m, 肩高可超过 5 m, 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。

3.2 中中新世铲齿象动物群

铲齿象动物群产于中中新世老沟组的河湖相砂砾岩中, 代表性地质遗迹化石点为老沟园区老沟化

石点 (Deng Tao et al., 2013c, 2014)。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 (*Zygodolophodon* sp.) (图 3ab), 奇蹄类的戈壁安琪马 (*Anchitherium gobiensis*)、奇无角犀 (*Aicornops* 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*) (图 3c)、通古尔古麟 (*Palaeotragus tungurensis*)、土耳其羊 (*Turcocerus* sp.) 等。

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。近年来和政地区发现的较完整铲齿象 (*Gomphotherium* sp.) 头骨和下颌化石已有 60 多件, 这一数字超过了世界上任何一个铲齿象动物群化石的出土地。铲齿象是一类现已灭绝的古代象, 其颊齿仍然为低冠齿, 但下颌特化, 前端伸长变宽, 一对门齿变长板状, 恰似一把大铁铲, 故名之。它生存于距今大约 15 Ma~12 Ma 的中中新世, 主要分布于亚洲和欧洲东部, 是这一地质历史时期的主要代表性动物。铲齿象化石虽然在整个旧大陆到处都有所发现, 但最典型、最好的化石主要是在我国发现的。更为珍贵的是, 和政古动物化石中有一套目前世界上保存最好的铲齿象个体发育史系列头骨标本 (图 3b)。这对研究铲齿象个体发育、生物演化和全面了解当时的古地理、古气候与环境有重要的意义。

3.3 晚中新世三趾马动物群

三趾马动物群主要产于晚中新世的柳树组红粘土中, 已发现的地质遗迹化石点分布广泛, 在临夏盆地的许多地方都有产地 (Chen Shaokun et al., 2012; Li Yan et al., 2014), 代表性化石点为桦林园区的小红崖、半苍岭、桦林、古鲁山, 老沟园区的曹家山、南阳山, 广河县的寺沟、武家坪, 积石山县的龙光, 临夏县的龙卧。已知的种类包括啮齿类的原鼯鼠 (*Prosiaphneus* 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



图3 临夏盆地中新世铲齿象动物群古动物化石特征
Fig. 3 Features of the the Middle Miocene Platybelodon fauna in the Linxia Basin

(a)一铲齿象复原骨架化石;(b)一从幼年到成年的系列铲齿象头骨化石;(c)一库班猪复原骨架化石

(a)—Platybelodon skeleton fossil; (b)—Platybelodon skull fossils series from childhood to adulthood; (c)—Kubanochoerus gigas skeleton fossil

(*Sinictis* sp.)、鼬鬣狗(*Ictitherium* sp.) (图4a)、鬣形兽(*Hyaenictitherium hyaenoides*)、翁氏鬣形兽(*H. wongii*)、变异副鬣狗(*Adcrocuta variabilis*)、巨鬣狗(*Dinocrocuta gigantea*) (图4b)、剑齿虎(*Machairodus* sp.) (图4c)、巴氏剑齿虎(*Machairodus palanderi*)、野猫(*Felis* sp.)、后猫(*Metailurus* sp.) (图4d)、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.) (图4e)、东乡三趾马(*H. dongxiangense*)、贾氏三趾马(*H. chiaii*)、渭河三趾马(*H. weihoense*)、腔脊

三趾马(*H. coelophyes*)、膜鼻三趾马(*H. dermatorhinum*)、和政无鼻角犀(*Acerorhinus hezhengensis*) (图4f)、维氏大唇犀(*Chilotherium wimani*)、伊朗犀(*Iranotherium morgani*)、简单副板齿犀(*Parelasmotherium simplym*)、临夏副板齿犀(*P. linxiaense*) (Deng Tao et al., 2001a)、林氏额鼻角犀(*Dicerorhinus ringstromi*)、钩爪兽(*Ancylotherium* sp.)、偶蹄类的斯氏弓颌猪(*Chleuastochoerus stehlini*)、弱獐猪(*Microstonyx major*)、叉角鹿(*Dicrocerus* sp.)、后鹿(*Metacervulus* sp.)、新罗斯祖鹿(*Cervavitus novorossiae*)、萨摩兽(*Samotherium* sp.) (图4g)、舒氏河南兽(*Honanotherium schlosseri*)、小齿古麟(*Palaeotragus microdon*)、羚羊(*Gazella* sp.)、步氏和政羊(*Hezhengia bohlini*) (图4h)、中新羚(*Miotragocerus* sp.)、中华羚(*Sinotragus* sp.)、原大羚(*Protoryx* sp.)、陕西旋角羊(*Shaanxispira* sp.)等。

三趾马动物群包括100多种大型动物,和现在生活在非洲大草原上的动物群性质接近。三趾马动物群主要生存于距今约10 Ma~7 Ma的晚中新世。三趾马动物群是哺乳动物演化历史中非常重要的一个动物群。和政地区三趾马动物群储藏量和已采集的头骨化石数量,是欧亚大陆最丰富的,近年来和政地区发现的三趾马动物群头骨标本超过6000件。和政地区的三趾马动物群化石在数量和质量上不但超过了中国著名的山西保德和陕西府谷,也超过了欧洲最著名的希腊Pikermi和Samos。

临夏盆地的三趾马动物群中以犀科化石,尤其是大唇犀(*Chilotherium*)的化石最为丰富(Qiu Zhanxiang et al., 1987) (图4f)。临夏盆地的大唇犀主要是维氏大唇犀(*Chilotherium wimani*) (Deng Tao 2001b, 2002a; Chen Shaokun et al., 2011),是临夏盆地三趾马动物群中的一个典型代表。在和政三趾马动物群化石中,专家们还发现了目前世界上最大的鬣狗化石。由于这种鬣狗个体巨大,人们暂时将其命名为巨鬣狗(*Dinocrocuta gigantea*)。

步氏和政羊(*Hezhengiaboehlini*)是在甘肃和政地区发现的一种牛科动物(Qiu Zhanxiang et al., 2000) (图4h)。和政羊虽然在个体大小和体态上与现代羊很接近,但其头骨的构造、角的形态和颈部的特征却与现今仅生存于北美阿拉斯加的麝牛更接近,是麝牛类早期的祖先类型。和政羊具有短而粗

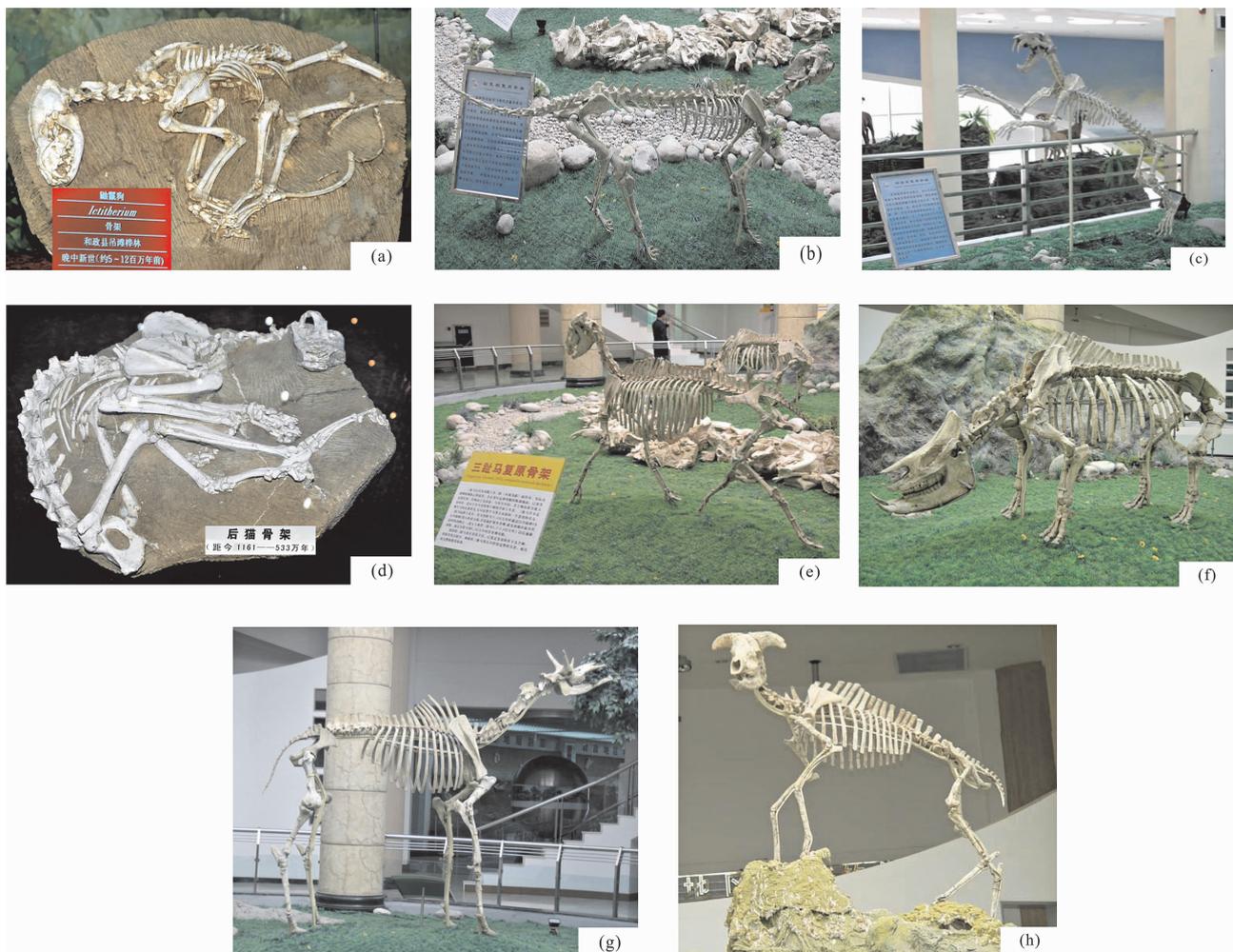


图 4 和政地区晚中新世三趾马动物群古动物化石特征

Fig. 4 Features of the the Late Miocene Hipparion fauna in the Linxia Basin

(a) — 鼬獾骨架化石; (b) — 鬣狗复原骨架化石; (c) — 剑齿虎复原骨架化石; (d) — 后猫骨架化石; (e) — 三趾马复原骨架化石; (f) — 大唇犀复原骨架化石; (g) — 萨摩兽复原骨架化石; (h) — 和政羊复原骨架化石

(a) — *Ictitherium* sp. skeleton fossil; (b) — *Dinocrocuta gigantean* skeleton fossil; (c) — *Machairodus* sp. skeleton fossil; (d) — *Metailurus* sp. skeleton fossil; (e) — *Hipparion* sp. skeleton fossil; (f) — *Chiloterium* skeleton fossil; (g) — *Samotherium* sp. skeleton fossil; (h) — *Hezhengiabohlini* skeleton fossil

的角心,其横切面呈三角形,左右角心的基部在头骨上非常靠近甚至愈合,这是麝牛亚科的重要特点之一。和政羊是和政地区三趾马动物群中最有代表性的动物之一,其数量也是非常丰富的。

3.4 早更新世真马动物群

以真马(*Equus*)为代表的早更新世哺乳动物群产于午城黄土中(Qiu Zhanxiang et al., 2002, 2004a, 2009; Wang Banyue et al., 2003, 2005),代表性地质遗迹化石点为东乡县那勒寺乡龙担化石点。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. anderssoni*)、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*)、泥河湾巨颞虎(*Megantereon nihowanensis*)、临夏西瓦猎豹(*Siva panthera 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*) (图 5a)、泥河湾披毛犀(*Coelodonta nihowanensis*) (图 5b)、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。

在早更新世真马动物群中，埃氏马是在和政地区早更新世黄土地层中发现的一种新的真马化石，埃氏马(*Equus eisenmannae*)是世界上最大的真马(Qiu Zhanxiang et al., 2002, 2004a)，它的头骨长度达到 0.73 m，同时它的脸部无论从绝对还是相对两个方面来说在马类中都最长的，也就是说，它具有世界上最长的马脸。在和政真马动物群中，还发现了一件目前世界上年代最为久远的披毛犀(*Coelodonta nihowanensis*)完整头骨化石(Qiu Zhanxiang et al., 2002, 2004a; Deng Tao 2002b)，以往发现的披毛犀化石大都在距今 0.5 Ma~0.4 Ma 左右，而和政地区发现的披毛犀化石却在距今 2.5 Ma~2.1 Ma 之间。披毛犀是已绝灭的最著名的冰期动物之一，具有非常粗壮的骨架、厚重的皮毛和巨大的前角。披毛犀化石出现于第四纪初期，因此，和政地区的披毛犀是大冰期开始的一个重要指示。

4 讨论

和政古动物化石地质遗迹化石群主要形成于 30 Ma 前的渐新世至距今 10 Ka 的更新世，由于生物与环境密切相关，而哺乳动物对环境的变化尤其敏感，因此我们可以从临夏盆地的化石中了解过去地球环境的特点和变化。正是地质地貌和生态环境的改变，导致了临夏盆地分别以巨犀、铲齿象、三趾马和真马为代表的各个动物群的更替(Tong Ming et al., 2011a, 2011b)。

临夏盆地的巨犀动物群生活于 30 Ma 前的渐新世晚期，那时以温暖湿润的森林环境为主，间杂有一些开阔地带。巨犀动物群中已知的种类中以各种犀牛占绝对优势，还有爪兽和巨猪等，捕猎性的动物相当原始，只存在少量的巨翼齿兽。临夏盆地处于青藏高原北缘，而在青藏高原南缘巴基斯坦的渐新世地层中也有巨犀化石。由此可以推测，青藏高原可能在渐新世发生了第一次范围较大的隆升，但隆升的幅度不太大，还不足以阻挡大型哺乳动物的交

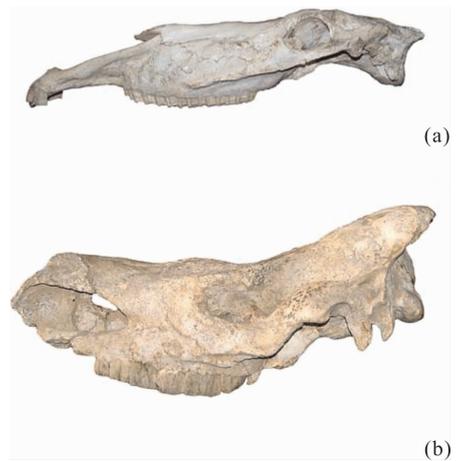


图 5 和政地区早更新世真马动物群古动物化石特征

Fig. 5 Features of the the Early Pleistocene Equus

fauna in the Linxia Basin

(a)—埃氏马头骨化石；(b)—披毛犀头骨化石

(a)—*Equus eisenmannae* skull fossil;

(b)—*Coelodonta nihowanensis* skull fossil

流，巨犀、巨獠犀和爪兽等都还可以在“青藏高原”的南北之间自由地迁徙(Deng Tao 2004b, 2009, 2011, 2013b)。巨犀化石在临夏盆地的发现反映出晚渐新世时期该地区森林广布，能够支持食量巨大的巨犀生存(Qiu Zhanxiang et al., 1997, 2004b)。

从距今 30 Ma 到 15 Ma，中国西北的生物和环境经历干旱气候的波动，但又重新回到森林环境，并比 30 Ma 前更加温暖和湿润。临夏盆地的铲齿象动物群生活在 13 Ma 前的中新世，根据铲齿象特有的板形下颌联合部可以推断其以水生植物为食。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，因而铲齿象的生活环境中必定有丰富的水体存在(图 3ab)。铲齿象在青藏高原北侧的很多地点都有发现，但与巨犀的情况不同，在青藏高原南侧的印巴次大陆却见不到铲齿象的踪迹，这反映出青藏高原此时已经隆升到足以阻碍动物交流的高度。沉积地层也显示，这铲齿象动物群化石都产于河湖相的砂砾岩地层中。

在距今 12 Ma 的中新世中、晚期之交，临夏盆地发生了剧烈的气候环境变化，森林消失了，代之以半干旱的稀树草原，季节性变化加强。此时三趾马生活在地势低平的热带，亚热带森林草原上，它分布极其广泛，在欧亚大陆，北美及非洲都有过它的足迹，是上新世动物的典型。和它共生的动物有犀牛、长颈鹿、羚羊等，总称三趾马动物群。在我国华北，西北地区及印度北部等地的上新世地层中，三趾马

动物群化石常有出现。这说明当时三趾马动物群生活的地方,地势比较低,气候也比较暖湿。临夏盆地的三趾马动物群化石不但在数量和质量上超过了山西保德和陕西府谷,甚至也超过了欧洲最著名的希腊 Pikermi 和 Samos。三趾马动物群在高等分类单位的组成上已与现代哺乳动物格局相似(Tong Yongsheng et al., 1995),它们的出现,使临夏盆地在中新世晚期成为生物多样性最丰富的时期(图 4)。沉积地层研究表明,三趾马动物群化石产在与风成作用有关的褐黄色粉砂质泥岩层中。

随着地球进入一个新的气候阶段,全球环境在第四纪(距今 2.59 Ma 以来)初期发生剧变,周期性的冰期和间冰期的交替自此以后达到了顶峰。临夏盆地也在更新世(距今 2.59 Ma~10 Ka)早期历经了同样的过程,气候变得寒冷而干燥,环境成为多样性较低的寒带干旷草原,真马动物群也随之替代了曾经盛极几百万年的三趾马动物群。在马类演化中面部扩展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。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(Janis CM 1976; Radinsky LR 1983, 1984)。因此,埃氏马巨大的体型显示其可能生活在一个寒冷干旱的高纤维硬草植被环境。临夏盆地的真马动物群在组成上是很特殊的,小哺乳动物特别少,缺乏食虫类和小型鼯类;食肉类化石特别多,在种数上几乎占目前已知该动物群总种数的一半;偶蹄类,如鹿和羚羊的数量很少。上述特点与已发现的大多数更新世早期哺乳动物群的组成都不同,这种不均衡的分布现象很可能就是临夏盆地真马动物群本身的特点,而且与现代高原动物群有着惊人的相似性。与真马动物群同时代的沉积黄土也显示,当时为干旱寒冷的气候条件(Deng Tao, 2004b, 2009; Li Jijun, 2013)。

5 结论

甘肃和政古动物化石地质遗迹主要发育老沟、桦林等 28 个重要地质遗迹化石点,4 个按地层时代划分的古动物化石群:底部红色砂砾岩中埋藏着距今 30 Ma 的巨犀动物群,生存在温暖湿润的森林环境;下部河湖相地层中,埋藏着距今 13 Ma 的铲齿象动物群,生存在森林更加茂密,水体更加丰富的环境中;中部以红土为主,埋藏着距今 10 Ma 左右的三趾马动物群,生存在半干旱的稀树草原;上部黄土

堆积中埋藏着 2 Ma 前的真马动物群,生存在干旱寒冷的气候条件下。

甘肃和政古动物化石地质遗迹出土的古动物化石大部分保存在和政古动物化石博物馆中,馆藏的渐新世以来的古脊椎动物化石,绝大多数标本相当完整。出土的化石填补了我国古脊椎动物化石研究中的一个重要空白,其数量之丰富、种类之繁多、保存之完好,世界罕见,富含古脊椎动物化石的连续剖面也是研究青藏高原隆升历史不可多得的证据。为保护和研究这些珍贵的地质遗迹,甘肃和政古生物化石国家地质公园已于 2013 年揭牌开园。甘肃和政临近我国“一带一路”战略中“丝绸之路经济带”的中联点,甘肃和政古动物化石地质遗迹具有极高的游览价值、珍藏价值、科普价值和科学研究价值。

致谢:在 2013 年中国地质科学院协助甘肃临夏州政府举办甘肃和政古生物国家地质公园揭牌开园和中国和政古动物化石保护与开发学术研讨会后,2014 年中国地质科学院与甘肃临夏州政府、中国科学院古脊椎动物与古人类研究所签署三方合作框架协议,建立临夏州古动物化石保护与研究长效合作机制。本文为三方合作部分成果,和政县国土资源局和和政古动物化石博物馆对本文给予了相关帮助,在此一并致以诚挚的谢意!

References

- Chen Shaokun, Deng Tao, He Wen, Chen Shanqin. 2011. A Dental Pathological Deformity of *Chilotherium wimani* from the Linxia Basin of Gansu, China. *Vertebrata Palasiatica*, 49(2): 223~228.
- Chen Shaokun, Deng Tao, He Wen, Chen Shanqin. 2012. A New Species of *Chalicotheriinae* (*Perissodactyla*, *Mammalia*) from the Late Miocene in the Linxia Basin of Gansu, China. *Vertebrata Palasiatica*, 50(1):53~73(in English with Chinese abstract).
- Deng Tao. 2001a. New Remains of *Parelasmotherium* (*Perissodactyla*, *Rhinocerotidae*) from the Late Miocene in Dongxiang, Gansu, China. *Vertebrata Palasiatica*, 39(4):306~311(in Chinese with English abstract).
- Deng Tao. 2009. Late Cenozoic Environmental Changes in the Linxia Basin (Gansu, China) as Indicated by Cenograms of Fossil Mammals. *Vertebrata Palasiatica*, 47(4):282~298(in Chinese with English abstract).
- Deng Tao, Wang Xiaoming, Ni Xijun, Liu Liping, Liangzhong. 2004a. Cenozoic Stratigraphic Sequence of the Linxia Basin in Gansu, China and its Evidence from Mammal Fossils. *Vertebrata Palasiatica*, 42(1):45~66(in Chinese with English abstract).

- Deng Tao, Hou Sukuan, Xie Guangpu, Wang Shiqi, Shi Qinqin, Chen Shaokun, Sun Boyang, Lu Xiaokang. Chronostratigraphic Subdivision and Correlation of The Upper Miocene of the Linxia Basin in Gansu, China. *Journal of Stratigraphy*, 37 (4): 417 ~ 427 (in Chinese with English abstract).
- Deng Tao, Lu Xiaokang, Shi Qinqin, Sun Boyang, Wang Shiqi. 2014. A new species of crown-antlered deer *Stephanocemas* (Cervidae, Artiodactyla) from the Middle Miocene of the Linxia Basin in Gansu, China. *Vertebrata Palasiatica*, (2):171 ~ 182(in English with Chinese abstract).
- Deng Tao. 2002a. Limb Bones of *Chilotherium Wimani* (Perissodactyla, Rhinocerotidae) from the Late Miocene of the Linxia Basin in Gansu, China. *Vertebrata Palasiatica*, 40(4): 305~316(in Chinese with English abstract).
- Deng Tao. 2002b. The earliest known woolly rhino discovered in the Linxia basin, Gansu Province, China. *Geological Bulletin of China*, 21(10):604~608(in Chinese with English abstract).
- Deng Tao. 2004b. Evolution of the Late Cenozoic Mammalian Faunas in the Linxia Basin and its Background Relevant to the Uplift of the Qinghai-Xizang Plateau. *Quaternary Sciences*, (24)4:413~420(in Chinese with English abstract).
- Deng Tao. 2011. Diversity variations of the late Cenozoic mammals in the Linxia Basin and their response to the climatic and environmental backgrounds. *Quaternary Sciences*, 31(4):577 ~ 588.
- Deng Tao. 2013. Mammalian evolution related to the Tibetan Plateau uplift. *Chinese Journal of Nature*, (3):193~199.
- Deng Tao. 2001b. Cranial Ontogenesis of *Chilotherium Wimani* (Perissodactyla, Rhinocerotidae). *Proceedings of the Eighth Annual Meeting of the Chinese Society of Vertebrate Paleontology*. Beijing: China Ocean Press. 101 ~ 112 (in English with Chinese abstract).
- Deng Tao. 2013. Incisor fossils of *Aprotodon* (Perissodactyla, Rhinocerotidae) from the Early Miocene Shangzhuang Formation of the Linxia Basin in Gansu, China. *Vertebrata Palasiatica*, 51 (2): 131 ~ 140 (in English with Chinese abstract).
- Dong Ming, Fang Xiaomin, Ming Qingzhong, Shi Zhengtao, Su Huai. 2011. Evolution of early pleistocene environment in Linxia basin, Gansu province. *Journal of Lanzhou University (Natural Sciences)*, 47(1):1~5.
- Dong Ming, Fang Xiaomin, Shi Zhengtao, Ming Qingzhong, Su Huai. 2011. Early Pleistocene lacustrine Spore-Pollen Records and Evolution of Paleoclimate in Linxia Basin, Gansu Province, China. *Quaternary Sciences*, 31(1):104~111.
- Janis C. 1976. The evolutionary strategy of the Equidae and the origins of rumen and cecal digestion. *Evolution*, 30(4):757 ~ 774.
- Kang Jiancheng, Li Jijun. 1993. The Linxia Loess Section in China; an Excellent Record of Paleoenvironmental Evolution for the Last 150000 Years. *Geological Review*, 39(2):165 ~ 175 (in Chinese with English abstract).
- Li Jijun, Fang Xiaomin, Pan Baotian, Zhao Zhijun, Song Yougui. 2001. Late Cenozoic Intensive Uplift of Qinghai-Xizang Plateau and its Impacts on Environments in Surrounding Area. *Quaternary Sciences*, 21 (5): 381 ~ 391 (in Chinese with English abstract).
- Li Jijun, Zhou Shangzhe, Zhao Zhijun, Zhang Jun. 2015. Main scene on the Qinghai- Tibet movement. *Science China*, (10): 1597~1608.
- Li Jijun. 1995. Uplift of Qinghai-Xizang(Tibet) Plateau and Global Change. Lanzhou:Lanzhou University Press. 38~39.
- Li Jijun. 2013. Late Cenozoic environmental change and uplift of Qinghai-Tibet Plateau. *Journal of Lanzhou University (Natural Sciences)*, (2):154~159.
- Li Yan, Zhang Yuguang, He Wen, Sun Zhiqian, Wang Qihua. A new vulture fossil from the late Miocene of Gansu Linxia basin. *Journal of Northwest Normal University (Natural Science)*, 2014(5):66~70.
- Liu Xiuming, Guo Hui, Liu Zhi, Li Pingyuan, Li Zhizhong, Lü Bin, Chen Xiuling, Mao Xuegang, Yu Mingtong, Chen Qu, Lei Guoliang, Chen Jiasheng, Jiang Xiuyang, Guo Xuelian, Zhao Guoyong. Magnetic Anisotropy of Red Stratum in Linxia Basin and its Environment of Sedimentation. *Quaternary Sciences*, 32(4):615~625.
- Qiu Zhanxiang, Deng Tao, Wang Banyue. 2014. A Late Miocene *Ursavus* skull from Guanghe, Gansu, China. *Vertebrata Palasiatica*, 52(3):265~302.
- Qiu Zhanxiang, Deng Tao, Wang Banyue. 2004. *Palaeontologia Sinica*. Beijing: Science Press. 1~198.
- Qiu Zhanxiang, Deng Tao, Wang Banyue. 2009. First Ursine Bear Material from Dongxiang, Gansu-Addition to the Longdan Mammalian Fauna(2). *Vertebrata Palasiatica*, 47(4):245 ~ 264(in Chinese with English abstract).
- Qiu Zhanxiang, Wang Banyue, Deng Tao. 2002. Notes on the Mammal Fauna from the Bottom of Loess Deposits at Longdan, Dongxiang County, Gansu Province. *Quaternary Sciences*, 22(1):33~38(in Chinese with English abstract).
- Qiu Zhanxiang, Wang Banyue, Deng Tao. 2004. *Indricotheres* (Perissodactyla, Mammalia) from Oligocene in Linxia Basin, Gansu, China. *Vertebrata Palasiatica*, 42(3):177 ~ 192 (in Chinese with English abstract).
- Qiu Zhanxiang, Wang Banyue, Deng Tao. 2004. Mammal Fossils from Yagou, Linxia Basin, Gansu, and Related Stratigraphic Problems. *Vertebrata Palasiatica*, 42 (4): 276 ~ 296 (in Chinese with English abstract).
- Qiu Zhanxiang, Wang Banyue, Qiu Zhuding. 1997. 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).
- Qiu Zhanxiang, Wang Banyue, Xie Guangpu. 2000. Preliminary Report on a New Genus of *Ovibovinae* from Hezheng District, Gansu, China. *Vertebrata Palasiatica*, 38(2):128 ~ 134 (in

- Chinese with English abstract).
- Qiu Zhanxiang, Xie Junyi. 1998. Notes on Parelasmotherium and Hipparion Fossils From Wangji, Dongxiang, Gansu. *Vertebrata Palasiatica*, 36(1): 13~23 (in Chinese with English abstract).
- Qiu Zhanxiang, Yan Defa, Xie Junyi. 1987. A new chilotere skull from Hezheng, Gansu, China, with special reference to the Chinese "Diceratherium". *Science in China(Series B)*, (5):545~552.
- Radinsky L. 1983. Allometry and reorganization in horse skull proportions. *Science*, 221(4616):1189~1191.
- Radinsky L. 1984. Ontogeny and phylogeny in horse skull evolution. *Evolution*, 38(1):1~15.
- Tong Yongsheng, Zheng Shaohua, Qiu Zhuding. 1995. Cenozoic Mammal Ages of China. *Vertebrata Palasiatica*, 33(4):290~314 (in Chinese with English abstract).
- Dong Ming, Fang Xiaomin, Ming Qingzhong, Shi Zhengtao, Su Huai. 2011a. Evolution of early pleistocene environment in Linxia basin, Gansu province. *Journal of Lanzhou University (Natural Sciences)*, 47(1):1~5 (in Chinese with English abstract).
- Dong Ming, Fang Xiaomin, Shi Zhengtao, Ming Qingzhong, Su Huai. 2011b. Early Pleistocene Lacustrine Spore-Pollen Records and Evolution of Paleoclimate in Linxia Basin. *Gansu Province, China. Quaternary Sciences*, 31(1):104~111.
- Wang Banyue, Qiu Zhanxiang. 2002. A Porcupine from Late Miocene of Linxia Basin, Gansu, China. *Vertebrata Palasiatica*, 40(1):23~33 (in Chinese with English abstract).
- Wang Banyue. 2005. Beaver (Rodentia, Mammalia) Fossils From Longdan, Gansu, China-Addition to the Early Pleistocene Longdan Mammalian Fauna (1). *Vertebrata Palasiatica*, 43(3):237~242 (in Chinese with English abstract).
- Wang Shiqi. 2014. Gomphotherium inopinatum, a basal Gomphotherium species from the Linxia Basin, China, and other Chinese members of the genus. *Vertebrata Palasiatica*, 52(2):183~200 (in English with Chinese abstract).
- Xie Junyi. 1991. Neogene stratigraphy and fossil mammals in Gansu Province. *Journal of Stratigraphy*, 15(1):35~41.
- Zhang Kexin, Zhu Yunhai. 2006. Report of Linxia 1 : 250000 Regional Geological Survey (Revision).
- Zhao Ting and Zhao Xun. 2005. Present State and Prospects of World Geological Relics Conservation and Geoparks Construction. *Geological Review*, 51(3):301~308 (in English with Chinese abstract).
- Zhong Wei, Li Jijun, Fang Xiaomin, Zhu Junjie. 1997. Geochemical Features of the Sediment in Wangjiashan Section in Linxia Basin and Monsoon Evolution. *Marine Geology and Quaternary Geology*, 17(4):55~61 (in Chinese with English abstract).
- Zhong Wei, Fang Xiaomin, Li Jijun, Zhu Junjie. 1998. The Geochemical Record of Paleoclimate During About 7.0Ma-0.73Ma in Linxia Basin, Gansu Province. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, 12(1):36~43 (in Chinese with English abstract).
- Zhong Wei, Li Jijun, Fang Xiaomin. 2001. The Characteristics of Cenozoic Sediment in Linxia Basin and the Uplifts of Tibetan Plateau. *Journal of Xinjiang University (Natural Science edition)*, 18(4):401~407 (in Chinese with English abstract).

参 考 文 献

- 陈少坤, 邓涛, 何文, 陈善勤. 2011. 记临夏盆地维氏大唇犀一牙齿异常个体. *古脊椎动物学报*, 49(2):223~228.
- 陈少坤, 邓涛, 何文, 陈善勤. 2012. 临夏盆地晚中新世爪兽亚科(奇蹄目, 哺乳纲)一新种. *古脊椎动物学报*, 50(1):53~73.
- 邓涛, 侯素宽, 颜光普, 王世骥, 史勤勤, 陈少坤, 孙博阳, 卢小康. 2013a. 临夏盆地上中新统的年代地层划分与对比. *地层学杂志*, 37(4):417~427.
- 邓涛, 卢小康, 史勤勤, 孙博阳, 王世骥. 2014. 甘肃临夏盆地中新世皇冠鹿一新种. *古脊椎动物学报*, (2):171~182.
- 邓涛, 王晓鸣, 倪喜军, 刘丽萍, 梁忠. 2004a. 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*, 42(1):45~66.
- 邓涛. 2001a. 甘肃东乡晚中新世新发现的副板齿犀(奇蹄目, 犀科)化石. *古脊椎动物学报*, 39(4):306~311.
- 邓涛. 2001b. 维氏大唇犀(奇蹄目, 犀科)头骨的个体发育. 第八届中国古脊椎动物学学术年会论文集, 北京:海洋出版社. 101~112.
- 邓涛. 2002a. 临夏盆地晚中新世维氏大唇犀(奇蹄目, 犀科)肢骨化石. *古脊椎动物学报*, 40(4):305~316.
- 邓涛. 2002b. 甘肃临夏盆地发现已知最早的披毛犀化石. *地质通报*, 21(10):604~608.
- 邓涛. 2004b. 临夏盆地晚新生代哺乳动物群演替与青藏高原隆升背景. *第四纪研究*, 4(24):413~420.
- 邓涛. 2005. 中国西北和政生物群的性质、年代和环境. *地质学报*, 79(6):747~747.
- 邓涛. 2009. 哺乳动物化石群落线指示的甘肃临夏盆地晚新生代环境演变. *古脊椎动物学报*, 47(4):282~298.
- 邓涛. 2011. 临夏盆地晚新生代哺乳动物的多样性变化及其对气候环境背景的响应. *第四纪研究*, 31(4):577~588.
- 邓涛. 2013b. 青藏高原隆升与哺乳动物演化. *自然杂志*, (3):193~199.
- 邓涛. 2013c. 临夏盆地早中新世上庄组的巨犀门齿化石. *古脊椎动物学报*, 51(2):131~140.
- 董铭, 方小敏, 明庆忠, 史正涛, 苏怀. 2011a. 早更新世甘肃省临夏盆地的环境演化. *兰州大学学报:自然科学版*, 47(1):1~5.
- 董铭, 方小敏, 史正涛, 明庆忠, 苏怀. 2011b. 甘肃省临夏盆地更新世早期湖泊沉积孢粉记录的古气候演化. *第四纪研究*, 31(1):104~111.
- 方小敏, 高军平, 宋春晖, 聂军胜, 颜茂都, 徐先海, 孙东. 2002. 青藏高原东北边缘晚新生代哺乳动物化石的磁性地层学. *科学通报*, 47(23):1824~1828.
- 方小敏, 李吉均, 朱俊杰. 1997. 甘肃临夏盆地新生代地层绝对年代测定与划分. *科学通报*, 42(14):1457~1471.
- 康建成, 李吉均. 1993. 甘肃临夏黄土剖面:15万年环境演变的良好记录. *地质论评*, 39(2):165~175.
- 谷祖纲, 王四海, 胡向阳. 1995b. 临夏地区第三纪红层生物地层学研

- 究进展. 青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统研究学术论
文年刊(1994). 北京: 科学出版社, 41~95.
- 谷祖纲, 王四海, 黄钊文. 1995a. 甘肃临夏盆地第三系的年代地层学
研究与 *Giraffokeryx* 在中国的发现, 科学通报, 40(5): 440
~442.
- 颀光普. 1999. 甘肃和政县文化馆馆藏古脊椎动物化石的特征及其
意义. 丝绸之路, S1: 1005~2115.
- 颀光普. 2011. 化石及甘肃新生代的哺乳动物化石和其隐寓的古环
境发展变化. 陇右文博, 1: 70~73.
- 李吉均, 方小敏, 潘保田, 赵志军, 宋友柱. 2001. 新生代晚期青藏高
原强烈隆起及其对周边环境的影响. 第四纪研究, 21(5): 381
~391.
- 李吉均, 方小敏, 朱俊杰. 1995b. 临夏盆地新生代地层古地磁年代与
模式序列. 青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统研究学术
论文年刊(1994). 北京: 科学出版社, 41~54.
- 李吉均, 方小敏, 朱俊杰. 1995c. 临夏盆地约 3Ma 以来 CaCO_3 含量
变化与气候演变. 青藏高原形成演化、环境变迁与生态系统研
究学术论文年刊(1994). 北京: 科学出版社, 55~66.
- 李吉均, 周尚哲, 赵志军, 张军. 2015. 论青藏运动主幕. 中国科学: 地
球科学, (10): 1597~1608.
- 李吉均. 2013. 青藏高原隆升与晚新生代环境变化. 兰州大学学报:
自然科学版, (2): 154~159.
- 李岩, 张玉光, 何文, 孙志谦, 汪琪华. 2014. 甘肃临夏盆地晚中新世
鸢类化石一新材料. 西北师范大学学报(自然科学版), (5): 66
~70.
- 刘秀铭, 郭晖, 刘植, 李平原, 李志忠, 吕篁, 陈秀玲, 毛学刚, 俞鸣同,
陈渠, 雷国良, 陈家胜, 姜修洋, 郭雪莲, 赵国永. 2012. 甘肃临夏
盆地红色地层磁组构特征与沉积环境分析. 第四纪研究, 32
(4): 615~625.
- 邱占祥, 阎德发, 谢俊义. 1987. 记甘肃和政新发现的大唇犀类化
石——兼论中国“对鼻角犀”的性质. 中国科学(B辑), (5): 545
~552.
- 邱占祥, 邓涛, 王伴月. 2004a. 甘肃东乡龙担早更新世哺乳动物群.
中国古生物志, 北京: 科学出版社. 1~198.
- 邱占祥, 邓涛, 王伴月. 2009. 甘肃东乡首次发现熊亚科化石—龙担
哺乳动物群补充报道之二. 古脊椎动物学报, 47(4): 245~264.
- 邱占祥, 邓涛, 王伴月. 2014. 记甘肃广河晚中新世祖熊头骨化石. 古
脊椎动物学报, 52(3): 265~302.
- 邱占祥, 王伴月, 邓涛. 2002. 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, 22(1): 33~38.
- 邱占祥, 王伴月, 邓涛. 2004b. 甘肃临夏盆地的渐新世巨犀化石. 古
脊椎动物学报, 42(3): 177~192.
- 邱占祥, 王伴月, 邓涛. 2004c. 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, 42(4): 276~296.
- 邱占祥, 王伴月, 颀光普. 2000. 甘肃和政地区麝牛亚科一新属的初
步报道. 古脊椎动物学报, 38(2): 128~134.
- 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. 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, 177~192.
- 邱占祥, 谢骏义. 1998. 记甘肃东乡汪集的板齿犀和三趾马化石. 古
脊椎动物学报, 36(1): 13~23.
- 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.
- 王伴月, 邱占祥. 2002. 甘肃临夏盆地晚中新世豪猪一新种. 古脊椎
动物学报, 40(1): 23~33.
- 王伴月, 邱占祥. 2003. 青藏高原东北缘黄土底部发现松鼠科一新亚
科. 科学通报, 48(2): 183~186.
- 王伴月. 2005. 甘肃东乡龙担的河狸(啮齿类, 哺乳动物)化石—龙担
哺乳动物群补充报道之一. 古脊椎动物学报, 43(3): 237~242.
- 王世骥. 2014. 中国最原始的嵌齿象—意外嵌齿象(*Gomphotherium*
inopinatum) 在临夏盆地的发现兼论中国的嵌齿象. 古脊椎动物
学报, 52(2): 183~200.
- 谢骏义. 1991. 甘肃晚第三纪地层及哺乳动物化石. 地层学杂志, 15
(1): 35~41.
- 张克信, 朱云海. 2006. 临夏市幅 1: 25 万区域地质调查(修测)报
告. 中国地质大学(武汉).
- 赵汀, 赵逊. 2005. 世界地质遗迹保护和地质公园建设的现状和展
望. 地质论评, 51(3): 301~308.
- 钟巍, 方小敏, 李吉均, 朱俊杰. 1998. 近 7.0~0.7MaBP 期间甘肃临
夏盆地古气候演变的沉积物地球化学记录. 干旱区资源与环
境, 12(1): 36~43.
- 钟巍, 李吉均, 方小敏, 朱俊杰. 1997. 临夏盆地王家山剖面沉积物地
球化学元素特征与季风演化. 海洋地质与第四季地质, 17(4):
55~61.
- 钟巍, 李吉均, 方小敏. 2001. 临夏盆地晚新生代沉积特征与青藏高
原隆升. 新疆大学学报(理工版), 18(4): 401~407.

Features of Mammalian Fossil Geoheritage in Hezheng, Gansu and Their Scientific Significances

LIU Gang¹⁾, MU Quanhai²⁾, YAO Haitao³⁾

1) *Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100037;*

2) *Hezheng Bureau of Land and Resources, Linxia, 731200;*

3) *Institute of Geomechanics, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing, 100081*

Abstract

Hezheng(Gansu,China) mammalian fossil geoheritage is a geological wonder because of its enrichment which is very rich in mammalian fossils. 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. The mammalian fossil geoheritage records the abundant information and the evolution history of the earth since Oligocene, revealing the Tibetan uplift. Hezheng(Gansu, China) mammalian fossil geoheritage with dense distributed, well preserved and a wide variety of mammalian fossils possess collection value, tourism value, popularization of science value and scientific value.

Key words: Linxia basin; mammalian fossil; geoheritage; paleoecological