

甘肃马鬃山地区早白垩世晚期恐龙化石

张茜楠¹, 尤海鲁¹, 李大庆²

ZHANG Qiannan¹, YOU Hailu¹, LI Daqing²

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

2. 甘肃地质博物馆, 甘肃 兰州 730050

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, China;*

2. *Gansu Geological Museum, Lanzhou 730010, Gansu, China*

摘要: 结合以往的研究对发现于甘肃马鬃山地区公婆泉盆地和俞井子盆地的恐龙化石进行了总结。基于恐龙化石的产出层位和组合成员的相似性, 将两地的恐龙归入同一个恐龙化石组合——马鬃山恐龙化石组合, 其时代为早白垩世阿普特—阿尔布早中期。另外, 通过与辽西热河生物群早白垩世的恐龙化石进行对比, 归纳出该组合的特点。马鬃山恐龙化石组合对深入研究中国北方早白垩世恐龙化石的演化过程具有重大意义。

关键词: 马鬃山地区; 俞井子盆地; 公婆泉盆地; 早白垩世; 马鬃山恐龙化石组合

中图分类号: P534.53; Q915.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-2552(2015)05-0890-08

Zhang Q N, You H L, Li D Q. Dinosaurs from late Early Cretaceous in the Mazongshan area, Gansu Province. *Geological Bulletin of China*, 2015, 34(5): 890-897

Abstract: Dinosaur fossils from Gongpoquan and Yujingzi basins in the Mazongshan area of Gansu Province were reviewed in this paper, and they can be assigned to the Mazongshan dinosaur assemblage (Aptian—Albian) based on the similarity of the output layers and members of dinosaur fossils. This assemblage has several characteristics by comparing with dinosaurs from the Jehol Biota. In general, Mazongshan dinosaur fossil assemblage is of great significance to further study of dinosaurs from Early Cretaceous strata of northern China.

Key words: Mazongshan area; Yujingzi Basin; Gongpoquan Basin; Early Cretaceous; Mazongshan dinosaur assemblage

马鬃山地区位于甘肃西北部, 河西走廊酒泉—玉门—敦煌沿线以北, 是北山地区的重要组成部分。北山地区东起内蒙古弱水西岸, 西南楔入新疆罗布泊洼地东缘, 与祁连山(南山)遥遥相对, 由马鬃山、合黎山、龙首山等一系列雁行状山脉组成, 其间分布有众多的小型山间盆地。这些沉积盆地中普遍发育侏罗系和白垩系沉积, 并产出数量众多的动、植物化石, 尤其是在马鬃山地区的公婆泉和俞井子2个盆地的早白垩世地层中发现了大量恐龙化石。

公婆泉盆地的恐龙化石主要是在1992年“中—日丝绸之路恐龙考察计划”和1997—2000年“中—美马鬃山恐龙考察计划”实施过程中被发现和发掘的。尤海鲁等^[1]对公婆泉盆地的恐龙化石组合进行了总结, 认为这一恐龙化石组合包含了在晚白垩世繁盛的若干恐龙类群的基干成员或早期代表(如鸭嘴龙超科和新角龙类), 且某些种类在其各自的类群中体型较大(如似鸟龙类和镰刀龙类)。俞井子盆地位于公婆泉盆地南偏东约100km(图1), 这里的恐龙化石主要是由甘肃省地质矿产勘查开发局

收稿日期: 2014-09-09; 修订日期: 2015-03-19

资助项目: 国家自然科学基金项目(批准号: 41072019、41472020)、中国科学院百人计划、甘肃省国土资源厅项目

作者简介: 张茜楠(1988-), 女, 在读硕士生, 地球生物学专业, 古爬行类方向。E-mail: zhang_qiannan@sina.cn

和中国地质科学院地质研究所在过去的 10 年间采集的。目前已经研究报道的化石包括 3 个兽脚类、1 个巨龙形类、2 个鸭嘴龙超科和 2 个新角龙类属种,其化石种类和公婆泉盆地相当(表 1)。

鉴于俞井子盆地众多恐龙化石的新发现,以及近年对马鬃山地区和邻区下白垩统研究取得的新进展,本文试图在更加精确的地层框架下对俞井子盆地和公婆泉盆地的恐龙化石进行对比,总结马鬃山地区恐龙化石组合的特点,并对马鬃山地区和辽西热河生物群中的恐龙化石进行对比研究,以期对中国北方早白垩世恐龙动物群的演化有更全面和深入的认识。

1 马鬃山地区恐龙化石的产地、层位和年代

马鬃山地区气候干燥,由于长期风化和沉积作用,山体剥蚀,表面呈现碎砾石状,部分山体已准平原化,形成了若干荒漠盆地。早白垩世沉积广泛出露于区内,层序较全、分布较广,以红色和灰色河湖相沉积为主,富含各门类动植物化石,其中以恐龙为代表的脊椎动物化石主要发现于俞井子盆地和公婆泉盆地的下白垩统中沟组中。

1.1 地理位置

俞井子盆地位于马鬃山地区东南,地处甘肃与内蒙古自治区交界处,嘉峪关北约 90km(图 1),隶属甘肃省肃北蒙古族自治县和金沙县,分布范围为 $E98^{\circ}15' \sim 99^{\circ}00'$ 、 $N40^{\circ}15' \sim 40^{\circ}40'$,平均海拔

1200~2000m。

公婆泉盆地位于马鬃山地区北段,俞井子盆地北西约 100km(图 1),隶属甘肃省肃北蒙古族自治县,分布范围约为 $E97^{\circ}30' \sim 98^{\circ}10'$ 、 $N41^{\circ}30' \sim 41^{\circ}45'$,平均海拔 1300~1500m。

1.2 地层划分、对比及年代

马鬃山地区位于天山褶皱带的东段,俞井子盆地和公婆泉盆地均是在天山—兴蒙褶皱系海西优地槽褶皱带基础上发育的中新生代小型山间断陷盆地。盆地内部沉积早白垩世河湖相陆源碎屑岩,沉积物以紫红色碎屑岩为主,夹杂温湿条件下的暗色沉积^[2]。地层由下至上可以分为赤金堡组、下沟组和中沟组,各组之间为整合接触关系。长期以来,依据化石、孢粉组合等资料将下沟组和中沟组归为下白垩统^[3]。根据彭楠^[4]的研究,马鬃山地区下白垩统可以和酒西地区对比,酒西地区的早峡盆地下沟组上部玄武岩和安山玄武岩的年龄为 $113.7 \pm 1.8\text{Ma}$,显示早峡盆地的下沟组和中沟组的界线恰好位于下白垩统阿普特阶和阿尔布阶界线附近,即下沟组沉积物形成年代以阿普特期为主,而中沟组沉积物形成年代以阿尔布期为主。

综合以往的研究结果和地质资料,现分别介绍俞井子盆地和公婆泉盆地的恐龙化石产出层位和地层划分对比情况,并归纳以图示(图 2)。

1.2.1 俞井子盆地

李大庆^[5]在俞井子盆地测制了一条未见顶底的

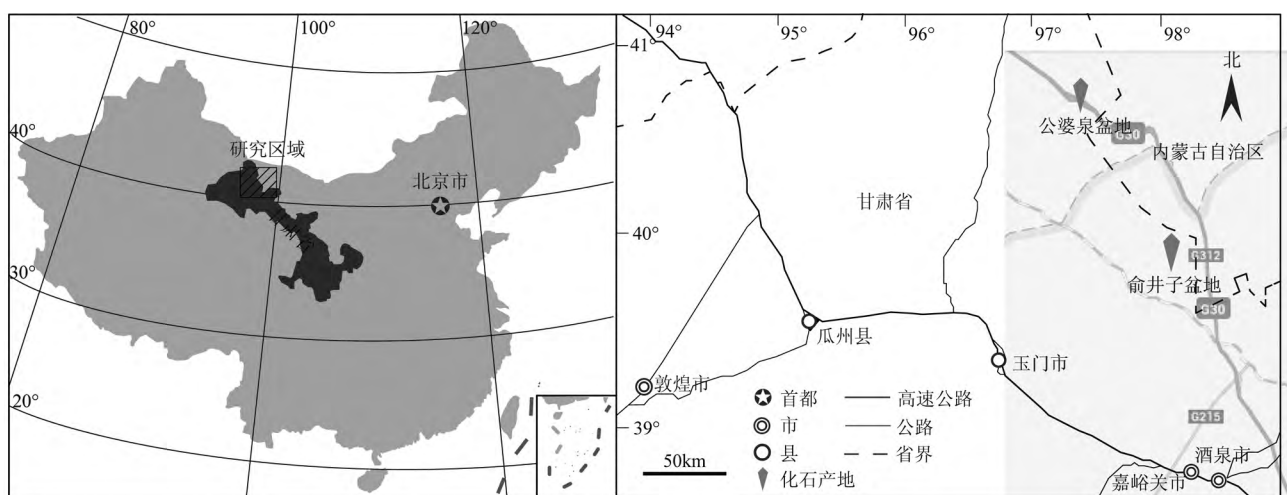


图 1 马鬃山地区恐龙化石产地俞井子盆地和公婆泉盆地

Fig. 1 Dinosaur fossil localities in the Mazongshan area
(Yujingzi Basin and Gongpoquan Basin)

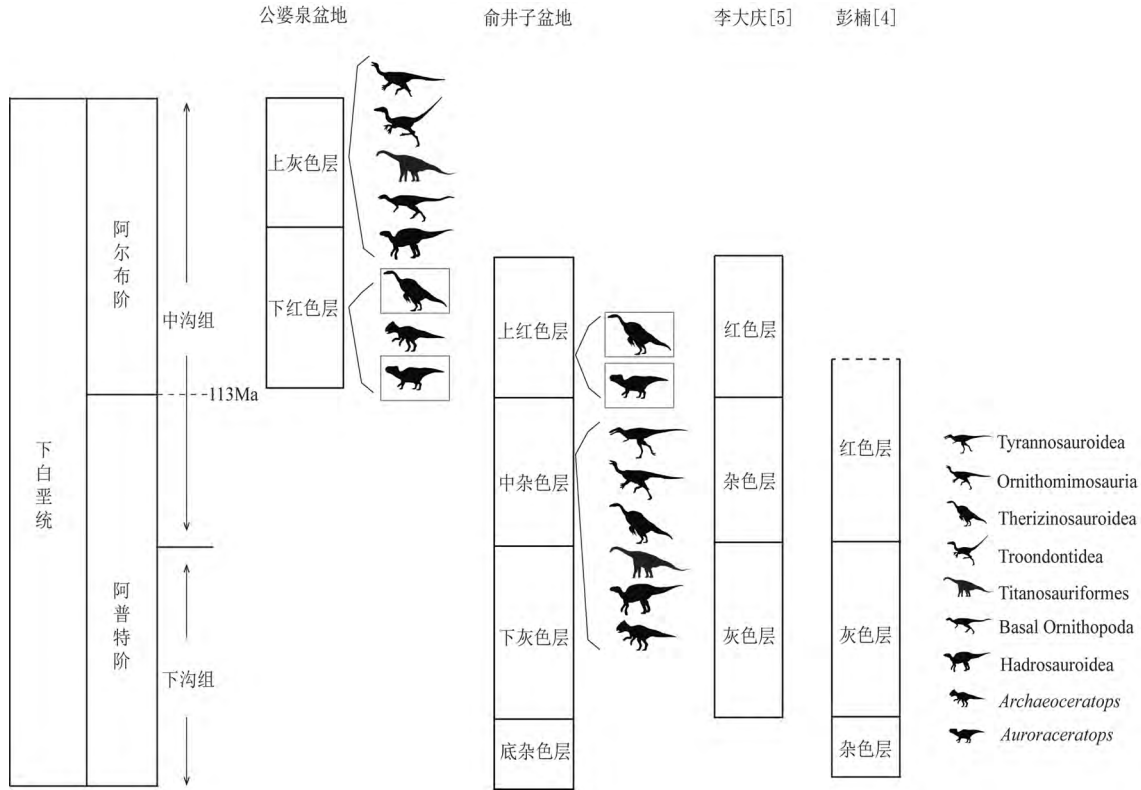


图 2 马鬃山地区恐龙化石在俞井子盆地和公婆泉盆地中的产出情况及层位示意图

Fig. 2 Dinosaurs and their bearing beds in Yujingzi and Gongpoquan basins in the Mazongshan area

剖面,剖面厚度 67.19m,共计 19 层,并将其划分为 3 个非正式的岩性段——下段、中段和上段。下段为灰色层,夹杂灰色和绿色的泥岩;中段为杂色层,由红色泥岩、灰色泥岩、红色砂岩和红色砾岩组成;上段为红色层,含丰富的砾岩、红色砂岩和红色泥岩。

彭楠^[4]在俞井子盆地测制了另一条厚度为 330m 的剖面,共计 78 层,认为该剖面主体部分属于下沟组,上部沉积属于中沟组。该剖面按照岩性也可大致划分为 3 段:下段为杂色层,以灰色、灰黄色的砾岩、含砾砂岩为主;中段为灰色层,由灰色泥岩夹杂灰绿色钙质粉砂岩组成;上段为红色层,含红褐色粉砂岩和砂岩等。依据岩性、厚度、化石赋存关系等,推测彭楠剖面上段基本可以和李大庆剖面中段和上段对比,而其中段则相当于后者的下段,其下段在后者的剖面中未见。下沟组和中沟组的界线位于彭楠剖面的中段灰色层和上段红色层之间,也即李大庆剖面下段灰色层和中段杂色层之间。综合上述成果,认为可以将俞井子盆地下白垩统自下

而上划分为底杂色层、下灰色层、中杂色层和上红色层(图 2)。

在俞井子盆地上红色层中发现了大量 *Auroraceratops* sp. (黎明角龙未定种) 和 *Suzhousaurus megalotherioides* (似大地懒肃州龙) 的部分标本,而包括 *Archaeoceratops yujingziensis* (俞井子古角龙) 等其他恐龙类群的标本均发现于中杂色层(图 2)。

1.2.2 公婆泉盆地

据 Tang 等^[2]测得剖面资料可将公婆泉盆地下白垩统划分为 2 个非正式的岩性段,下段为红色层,由泥岩夹杂粉砂岩组成;上段为灰色层,以细砂岩、粉砂岩为主^[2]。在公婆泉盆地南缘下段红色层中发现了 *Auroraceratops rugosus* (皱褶黎明角龙),在盆地中部红色层中发现了 *Archaeoceratops oshimai* (大岛古角龙) 和“*Nanshinungosaurus*” *bohlini* (布氏“南雄龙”),而其他恐龙均发现于上段灰色层。根据灰色层中存在早期被子植物花粉的孢粉学证据,Tang 等^[2]和彭楠^[4]认为其时代为早白垩世阿尔布期中晚期。

表 1 公婆泉盆地和俞井子盆地恐龙化石组合
Table 1 List of dinosaur assemblages in Gongpoquan and Yujingzi basins

		公婆泉盆地	俞井子盆地
蜥臀类 Saurischia	暴龙超科 Tyrannosauroidae		白魔雄关龙 <i>Xiongguanlong baimoensis</i>
	似鸟龙类 Ornithomimosauria	似鸟身女妖龙相似种 cf. <i>Harpymimus</i>	巨大北山龙 <i>Beishanlong grandis</i>
	兽脚类 Theropoda	镰刀龙超科 Therizinosauroidae	似大地懒肃州龙 <i>Suzhousaurus megatherioides</i>
		伤齿龙科 Troodontidae	“ <i>Nanshinungosaurus</i> ” <i>bohlini</i> 中国鸟脚龙未定种 <i>Sinornithoides</i> sp.
		蜥脚类 Sauropoda	神州戈壁巨龙 <i>Gobititan shenzhouensis</i>
		Titanosauriformes	康熙桥湾龙 <i>Qiaowanlong kangxii</i>
鸟臀类 Ornithischia	基干鸟脚类 Basal Ornithopoda	张骞丝路龙 <i>?Siluosaurus zhangqiani</i>	
	鸟脚类 Ornithopoda	诺曼马鬃龙 <i>Equijubus normani</i>	半月金塔龙 <i>Jintasaurus meniscus</i>
		鸭嘴龙超科 Hadrosauroidae	马鬃山公婆泉龙 <i>Gongpoquanlong mazongshanensis</i>
			曰伦叙五龙 <i>Xuwulong yueluni</i>
		角龙类 Ceratopsia	大岛古角龙 <i>Archaeoceratops oshimai</i>
		基干新角龙类 Basal Neoceratopsia	皱褶黎明角龙 <i>Auroraceratops rugosus</i>
		俞井子古角龙 <i>Archaeoceratops yujingziensis</i>	
		黎明角龙未定种 <i>Auroraceratops</i> sp.	

通过对比发现,俞井子盆地上段与公婆泉盆地
下段的沉积物主体均为红色,且两者相距仅 100km,
很可能反映了同一背景条件下的同期沉积。更为
关键的是,在这 2 个盆地的红色层中均发现了黎明
角龙和镰刀龙类化石(图 2)。因此,笔者推测俞井
子盆地上段红色层与公婆泉盆地地下段红色层可进
行对比,即表明俞井子盆地的沉积主体要早于公婆
泉盆地,但二者在时间上有部分重叠。以往的孢粉
研究表明^[2,5],俞井子盆地下段灰色层不含有早期
被子植物孢粉,这一结论也支持本文的推测。笔者
认为,相较酒西地区的早峡盆地而言,中沟组与
下沟组的界线可能略低一些,即下沟组沉积物形
成年代以阿普特期为主,而中沟组沉积物形成年代
以阿普特中晚期和阿尔布期为主。马鬃山地区含
恐龙化石层位均属于中沟组,其中俞井子盆地的恐
龙化石层形成时代可能为阿普特晚期—阿尔布早
中期,而公婆泉盆地恐龙化石层形成时代为阿尔
布中晚期。

2 马鬃山地区俞井子盆地早白垩世恐龙化石

尤海鲁等^[1]总结了发现于马鬃山地区公婆泉盆

地早白垩世的恐龙化石,但至今未有新的研究报
道。现就发现于俞井子盆地的早白垩世恐龙化石
做一小结,并讨论其与公婆泉盆地相应类群之间的
关系。

2.1 兽脚类 Theropoda

2.1.1 暴龙超科 Tyrannosauroidae

Xiongguanlong baimoensis (白魔雄关龙)标本
(FRDC-GS JB16-2-1)包括一个体的头骨、部分脊
椎、右髌骨和右股骨。*Xiongguanlong* 身长约 6m,
体重约 280kg,属中型暴龙超科恐龙,其吻部长而狭
窄,缺乏头冠,脊椎比较粗壮^[6]。

目前公婆泉盆地尚未发现暴龙超科恐龙化石。

2.1.2 似鸟龙类 Ornithomimosauria

Beishanlong grandis (巨大北山龙)正模
(FRDC-GS GJ06-01-18)为一个体的部分颅后骨
骼,副模(FRDC-GS JB07-01-01)包括一对耻骨和
一个后肢骨,*Beishanlong* 体型粗壮,身长约 7m,
体重约 550kg,属于大型似鸟龙类恐龙^[7]。

公婆泉盆地的 cf. *Harpymimus* (似鸟身女妖龙相
似种)是较原始的似鸟龙类^[8]。*Beishanlong* 与 *Har-*

pyimimus 构成一个单系^[9],与 cf. *Harpymimus* 也有较近的亲缘关系。

2.1.3 镰刀龙超科 Therizinosauroidea

Suzhousaurus megatherioides (似大地懒肃州龙) 正模发现于中段杂色层, (FRDC-GS JB-99) 包括同一个体的十节背椎、若干肋骨、右肩胛骨、右肱骨及部分髌骨和耻骨。*Suzhousaurus* 身长约 6m, 体重约 1.3t, 是早白垩世已知最大的镰刀龙超科^[10]。另一件归入标本 (FRDC-GS JB-2004) 发现于上段红色层, 包括最后三节背椎、荐椎、前六节尾椎、部分左侧腰带和 2 个股骨^[11]。

“*Nanshiungosaurus*” *bohlini* (布氏“南雄龙”) 发现于公婆泉盆地地下段红色层^[12], 但“*Nanshiungosaurus*” *bohlini* 与模式种 *Nanshiungosaurus brevispinus* (短棘南雄龙)^[13] 相比, 年代差异较大, 且缺乏共有衍征, 因此可能自成独立的一属^[14]。Li 等^[10] 认为, *Suzhousaurus megatherioides* 可能是“*Nanshiungosaurus*” *bohlini* 的同物异名, 所以俞井子盆地和公婆泉盆地目前仅有镰刀龙超科一个种 *Suzhousaurus bohlini*。

2.2 蜥脚类 Sauropoda

巨龙形类 Titanosauriformes

Qiaowanlong kangxii (康熙桥湾龙) 标本 (FRDC-GS GJ07-14) 包括三节关连的颈椎、右侧腰带及一些无法辨别的碎片^[15]。*Qiaowanlong* 身长约 12m, 体重 10t 左右, 最初被认为是第一个在中国发现的腕龙科 (Brachiosauridae)。后来的研究认为它可能属于 *Somphospondyli*, 即腕龙科的姐妹群^[16]。

公婆泉盆地同样也曾发现过巨龙形类的 *Gobititan shenzhouensis* (神州戈壁巨龙)^[17], *Qiaowanlong* 和 *Gobititan* 都属于巨龙形类的早期成员。

2.3 鸟脚类 Ornithopoda

鸭嘴龙超科 Hadrosauroidea

Jintasaurus meniscus (半月金塔龙) 标本 (GSGM GJ 06-2-52) 包括头骨后半部, 半月形的副枕骨突有一个很长的下垂支, 其末端位于枕髁腹缘之下, *Jintasaurus* 属基干鸭嘴龙超科^[18]。*Xuwulong yueluni* (曰伦叙五龙) 标本 (GSGM GSJB 06-17-04) 包括一个完整的头骨、部分脊柱及完整的左侧腰带, 属基干鸭嘴龙超科^[19]。

公婆泉盆地的 *Equijubus normani* (诺曼马鬃龙) 同样也是鸭嘴龙超科的基干成员^[20]。McDonald^[21] 认为 *Xuwulong* 和 *Equijubus* 是姐妹群。

2.4 角龙类 Ceratopsia

基干新角龙类 Basal Neoceratopsia

Archaeoceratops yujingziensis (俞井子古角龙) 发现于中段杂色层, 该标本 (IGCAGS VD003) 保存有部分右侧头骨和完整的右下颌支、部分脊椎、部分右肩胛骨、两侧股骨、2 个蹠骨和 3 个趾骨^[22]。与模式种 *Archaeoceratops oshimai* (大岛古角龙)^[23] 相比, 主要区别是: 上颌前端略向外侧扩张, 前颌齿列置于上颌齿列外侧, 前颌齿齿冠具纵向条纹, 上颌齿无主嵴, 下颌齿冠底部有一水平切迹。

Auroraceratops sp. (黎明角龙未定种)^[24] 发现于上段红色层, 标本包括一副关联的具有头骨带下颌的部分骨架, 与模式种 *Auroraceratops rugosus* (皱褶黎明角龙)^[25] 相比, 未定种具有较长的吻部, 较窄的鼻骨及其他一些特征^[24]。

Archaeoceratops 和 *Auroraceratops* 在公婆泉和俞井子盆地的陆续发现, 使马鬃山地区下白垩统成为世界上保存大量基干新角龙类的重要区域。

3 讨论

3.1 马鬃山地区早白垩世恐龙化石组合的特点

尤海鲁等^[1] 认为公婆泉盆地早白垩世的恐龙化石具有 2 个明显特征: ①包括在晚白垩世繁盛的几个主要恐龙类群的基干成员; ②某些种类在其各自的类群中体型较大。俞井子盆地的恐龙化石研究报道较晚, 但包含的类群比较丰富, 且与公婆泉盆地极为相似 (表 1)。基于恐龙化石的相似性及产出层位的可对比性, 在此将这 2 个盆地的恐龙化石归入同一个马鬃山恐龙化石组合。该组合除上述 2 个特征外, 还具有一定的生物多样性, 表现为同一恐龙类群往往包含多个亲缘关系密切的不同属种。

3.2 与辽西热河生物群恐龙化石组合的关系

中国北方早白垩世恐龙化石产地众多, 为了更加全面地了解马鬃山恐龙化石组合的特征, 需要选取与其时代相近或化石类群具有可比性的地区进行比较。中国辽西早白垩世热河生物群中的恐龙化石保存好且研究多, 马鬃山恐龙化石组合的主要门类均可以与其进行对比。尤海鲁等^[1] 初步研究发现, 尽管二者关系密切, 但就种属的演化程度, 公婆泉盆地恐龙化石组合整体比辽西热河群进步。现补充俞井子盆地的恐龙化石, 并将马鬃山恐龙化石组合与辽西热河生物群的恐龙化石组合进行对比。

暴龙超科包括若干基干原始的成员和暴龙科。已知暴龙超科化石主要发现于白垩纪中期的巴雷姆期及晚白垩世晚期的坎潘期和马斯特里赫特期,这期间有一段长达40Ma的化石记录断层。俞井子盆地的 *Xionguanlong* 填补了暴龙超科化石记录在早白垩世晚期的空白^[6]。

在暴龙超科的系统发育关系中, *Xionguanlong* 是早白垩世最进步的暴龙超科成员,是晚白垩世 *Alectrosaurus olseni* 的姐妹群,比热河生物群中发现的 *Sinotyrannus kazuoensis*^[26], *Dilong paradoxus*^[27] 和 *Raptorex kriegsteini*^[28] 都要进步^[29]。最近报道的辽西的 *Yutyrannus huali* (华丽羽暴龙)^[30] 和 *Dilong paradoxus* 一样都较 *Eotyrannus lengi* (郎氏始暴龙)^[31] 原始,因此也较 *Xionguanlong* 原始。

马鬃山恐龙组合中的 *Beishanlong grandis* 属于基干似鸟龙类恐龙,与 *Harpymimus okladnikovi* 可构成一个单系,但其个体要大于后者。它们比辽西义县组的 *Shenzhousaurus orientalis* (东方神州龙)^[32] 和 *Hexing qingyi* (轻翼鹤形龙)^[9] 都要进步。

俞井子盆地的 *Suzhousaurus megatherioides* 和公婆泉盆地的“*Nanshinungosaurus*” *bohlini* 无法完全区分,二者可能是同物异名^[11]。 *Suzhousaurus* 比辽宁义县组的 *Beipiaosaurus inexpectus* (意外北票龙)^[33] 更为进步。最近在辽西义县组发现的 *Jianchangosaurus yixianensis* (义县建昌龙)^[34] 较 *Beipiaosaurus* 更基干,是亚洲最原始的镰刀龙类。

马鬃山恐龙组合中的 *Qiaowanlong kangxii* 和 *Gobititan shenzhouensis* 都属于巨龙形类的基干成员,最新研究表明辽西义县组的 *Dongbeititan dongi* (董氏东北巨龙)^[35] 还不属巨龙形类,要更原始^[36]。

俞井子盆地的 *Jintasaurus meniscus*, *Xuwulong yueluni* 和公婆泉盆地的 *Equijubus normani* 均属于鸭嘴龙超科的基干类群。根据 Ramírez-Velasco 等^[37], 辽西义县组的 *Jinzhouosaurus yangi* (杨氏锦州龙)^[38] 属于鸭嘴龙超科的最基干类群,比 *Equijubus* 和 *Jintasaurus* 原始^[37]。另外,最近报道的义县组 *Bolong yixianensis* (义县薄氏龙) 比 *Jinzhouosaurus* 还要原始^[39]。

马鬃山地区发现的新角龙类 *Archaeoceratops* 和 *Auroraceratops* 均属于新角龙类的基干类群,而发现于辽西义县组的 *Liaoceratops* 一直被认为是最原始的新角龙类。但是, Morschhauser^[40] 的研究显示, *Archaeoceratops yujingziensis* 的演化位置比 *Liaoceratops* 更原

始,且与 *Archaeoceratops oshimai* 分离。

Psittacosaurus (鹦鹉嘴龙) 是东亚地区早白垩世最典型的小型原始角龙类恐龙,其中以辽西热河生物群的产出数量最多,保存最完整,如九佛堂组的 *Psittacosaurus meileyingensis*^[41], 义县组的 *Psittacosaurus lujiatunensis*^[42] 和 *Psittacosaurus major*^[43]。

Psittacosaurus mazongshanensis^[44] 发现于公婆泉盆地东邻的算井子盆地,隶属内蒙古自治区额济纳旗,埋藏地层同属于下白垩统^[2]。之前的研究认为,公婆泉盆地恐龙组合代表了中国北方早白垩世鹦鹉嘴龙恐龙动物群进化阶段的晚期^[1]。尽管算井子盆地与公婆泉距离较近且时代相近,但两者之间还没有精确的地层对比,目前只能认定算井子盆地含鹦鹉嘴龙层位为早白垩世。因此暂不将其归入马鬃山龙化石组合,而鹦鹉嘴龙的缺失是马鬃山恐龙化石组合的又一特征。

3.3 与北美早白垩世恐龙的交流

早白垩世的暴龙超科化石发现于北方各大陆,在北美西部的犹他州早白垩世雪松山组曾发现过一些暴龙超科的前颌骨牙齿^[45]。另外,同在犹他州的雪松山组和马里兰州阿普特晚期的阿朗德尔组还发现过新角龙类的牙齿材料^[46]。Farke 等^[47] 报道了在蒙大拿州卡本县阿尔布期克洛夫利组发现的一个小型基干新角龙类的头骨。以上这些发现均表明,在早白垩世的阿普特期和阿尔布期,亚洲和北美恐龙之间存在交流,不过还不能确定这一交流是直接在地之间还是间接通过欧洲大陆进行的。

4 结 论

甘肃省马鬃山地区公婆泉盆地和俞井子盆地的恐龙化石可以归入同一个恐龙化石组合——马鬃山恐龙化石组合,其化石均产出于中沟组,时代为早白垩世阿普特期中晚期至阿尔布期早中期。该组合具有如下4个特点:①包括了在晚白垩世繁盛的几个主要恐龙类群(如鸭嘴龙超科和新角龙类)的基干成员;②同一恐龙类群中包含多个亲缘关系密切的不同属种;③某些种类在其各自分支中体型较大,如似鸟龙类的 *Beishanlong grandis* (巨大北山龙) 和镰刀龙超科的 *Suzhousaurus megatherioides* (似大地懒肃州龙);④缺失鹦鹉嘴龙科恐龙,这也是该组合与辽西热河生物群恐龙组合之间的主要区别之一。马鬃山恐龙化石整体上较辽西热河

群的进步,因此马鬃山恐龙化石组合代表了中国北方早白垩世恐龙演化的一个新阶段。

参考文献

- [1] 尤海鲁, 罗哲西. 中国甘肃省酒泉地区公婆泉盆地早白垩世恐龙化石[J]. 地质学报, 2008, 82(1): 139-144.
- [2] Tang F, Luo Z X, Zhou Z H, et al. Biostratigraphy and palaeoenvironment of the dinosaur-bearing sediments in Lower Cretaceous of Mazongshan area, Gansu Province, China[J]. Cretaceous Research, 2001, 22(1): 115-129.
- [3] 《中国地层典》编委会, 郝诒纯, 等. 中国地层典: 白垩系[M]. 北京: 地质出版社, 2000.
- [4] 彭楠. 北祁连—北山地区早白垩世沉积盆地分析及古地理特征[D]. 中国地质大学(北京)博士学位论文, 2013.
- [5] 李大庆. 中国甘肃酒泉地区俞井子盆地早白垩世镰刀龙类恐龙化石[D]. 中国地质大学(北京)博士学位论文, 2008.
- [6] Li D Q, Norell M A, Gao K Q, et al. A longirostrine tyrannosauroid from the Early Cretaceous of China[J]. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 2010, 277(1679): 183-190.
- [7] Makovicky P J, Li D Q, Gao K Q, et al. A giant ornithomimosaur from the Early Cretaceous of China[J]. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 2010, 277(1679): 191-198.
- [8] Shapiro M D, You H L, Shubin N H, et al. A large ornithomimid pes from the Lower Cretaceous of the Mazongshan Area, northern Gansu Province, People's Republic of China[J]. Journal of Vertebrate Paleontology, 2003, 23(3): 695-698.
- [9] Jin L Y, Chen J, Godefroit P. A new basal ornithomimosaur (Dinosauria: Theropoda) from the Early Cretaceous Yixian Formation, Northeast China[J]. Bernissart Dinosaurs and Early Cretaceous Terrestrial Ecosystems, 2012: 467-487.
- [10] Li D Q, Peng C, You H L, et al. A large therizinosauroid (Dinosauria: Theropoda) from the Early Cretaceous of northwestern China[J]. Acta Geologica Sinica-English Edition, 2007, 81(4): 539-549.
- [11] Li D Q, You H L, Zhang J P. A new specimen of Suzhousaurus megatherioides (Dinosauria: Therizinosauroida) from the Early Cretaceous of northwestern China[J]. Canadian Journal of Earth Sciences, 2008, 45(7): 769-779.
- [12] Dong Z M, You H L. A new segnosaur from Mazongshan area, Gansu Province, China[C]//Sino-Japanese Silk Road Dinosaur Expedition. Beijing: China Ocean Press, 1997: 90-95.
- [13] 董枝明. 华南白垩系的恐龙化石, 华南中、新生代红层[C]//广东南雄“华南白垩纪—早第三纪红层现场会”论文选集. 北京: 科学出版社, 1979: 342-350.
- [14] Zanno L E. A taxonomic and phylogenetic re-evaluation of therizinosauria (Dinosauria: Maniraptora)[J]. Journal of Systematic Palaeontology, 2010, 8(4): 503-543.
- [15] You H L, Li D Q. The first well-preserved Early Cretaceous brachiosaurid dinosaur in Asia[J]. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 2009, 276(1675): 4077-4082.
- [16] Ksepka D T, Norell M A. The illusory evidence for Asian Brachiosauridae: new material of Erketu ellisoni and a phylogenetic reappraisal of basal titanosauriformes[J]. American Museum Novitates, 2010, (3700): 1-27.
- [17] You H L, Tang F, Luo Z X. A new basal titanosaur (Dinosauria: Sauropoda) from the Early Cretaceous of China[J]. Acta Geologica Sinica-English Edition, 2003, 77(4): 424-429.
- [18] You H L, Li D Q. A new basal hadrosauriform dinosaur (Ornithischia: Iguanodontia) from the Early Cretaceous of northwestern China[J]. Canadian Journal of Earth Sciences, 2009, 46(12): 949-957.
- [19] You H L, Li D Q, Liu W C. A new hadrosauriform dinosaur from the Early Cretaceous of Gansu Province, China[J]. Acta Geologica Sinica-English Edition, 2011, 85(1): 51-57.
- [20] You H L, Luo Z X, Shubin N H, et al. The earliest-known duck-billed dinosaur from deposits of late Early Cretaceous age in northwest China and hadrosaur evolution[J]. Cretaceous Research, 2003, 24(3): 347-355.
- [21] McDonald A T. Phylogeny of basal iguanodonts (Dinosauria: Ornithischia): an update[J]. PloS. One, 2012, 7(5): e36745.
- [22] You H L, Tanoue K, Dodson P. A new species of Archaeoceratops (Dinosauria: Neoceratopsia) from the Early Cretaceous of the Mazongshan Area, northwestern China[C]//Ryan M J, Chinnery-Allgeier B J, Eberth D A. New Perspectives on Horned Dinosaurs: The Royal Tyrrell Museum Ceratopsian Symposium. Bloomington and Indianapolis: Indiana University Press, 2010: 59-67.
- [23] Dong Z M, Azuma Y. On a primitive neoceratopsian from the Early Cretaceous of China[C]//Sino-Japanese Silk Road Dinosaur Expedition. Beijing: China Ocean Press, 1997: 68-89.
- [24] 尤海鲁, 李大庆. 中国西北马鬃山地区早白垩世黎明角龙属(恐龙: 新角龙类)——未定种[J]. 古脊椎动物学报, 2012, 50(2): 170-180.
- [25] You H L, Li D Q, Ji Q, et al. On a new genus of basal neoceratopsian dinosaur from the Early Cretaceous of Gansu Province, China[J]. Acta Geologica Sinica, 2005, 79(5): 593-597.
- [26] 季强, 姬书安, 张立军. 中国早白垩世热河生物群中大型霸王龙类化石的发现[J]. 地质通报, 2009, 28(10): 1369-1374.
- [27] Xu X, Norell M A, Kuang X, et al. Basal tyrannosauroids from China and evidence for protofeathers in tyrannosauroids[J]. Nature, 2004, 431: 680-684.
- [28] Sereno P C, Tan L, Brusatte S L, et al. Tyrannosaurid skeletal design first evolved at small body size[J]. Science, 2009, 326: 418-422.
- [29] Loewen M A, Irmis R B, Sertich J J W, et al. Tyrant dinosaur evolution tracks the rise and fall of Late Cretaceous oceans[J]. PloS One, 2013, 8(11): e79420.
- [30] Xu X, Wang K, Zhang K, et al. A gigantic feathered dinosaur from the Lower Cretaceous of China[J]. Nature, 2012, 484: 92-95.
- [31] Hutt S, Naish D, Martill D M, et al. A preliminary account of a new tyrannosauroid theropod from the Wessex Formation (Early Cretaceous) of southern England[J]. Cretaceous Research, 2001, 22: 227-242.

- [32] Ji Q, Norell M A, Makovicky P J, et al. An early ostrich dinosaur and implications for ornithomimosaur phylogeny[J]. *American Museum Novitates*, 2003, 3420: 1–19.
- [33] Xu X, Tang Z-L, Wang X L. A therizinosauroid dinosaur with integumentary structures from China[J]. *Nature*, 1999, 399: 350–354.
- [34] Pu H, Kobayashi Y, Lü J, et al. An unusual basal therizinosaur dinosaur with an ornithischian dental arrangement from Northeastern China[J]. *PloS One*, 2013, 8(5): e63423.
- [35] Wang X R, You H L, Meng Q J, et al. *Dongbeititan dongi*, the first sauropod dinosaur from the Lower Cretaceous Jehol Group of western Liaoning Province, China[J]. *Acta Geologica Sinica—English Edition*, 2007, 81(6): 911–916.
- [36] Mannion P D, Upchurch P, Barnes R N, et al. Osteology of the Late Jurassic Portuguese sauropod dinosaur *Lusotitan atalaiensis* (Macronaria) and the evolutionary history of basal titanosauriforms[J]. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 2013, 168: 98–206.
- [37] Ramírez-Velasco A A, Benammi M, Prieto-Márquez A, et al. *Huehucanauhtlus tiquichensis*, a new hadrosauroid dinosaur (Ornithischia: Ornithopoda) from the Santonian (Late Cretaceous) of Michoacán, Mexico[J]. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 2012, 49(2): 379–395.
- [38] Wang X L, Xu X. A new iguanodontid (*Jinzhousaurus yangi* gen. et sp. nov.) from the Yixian Formation of western Liaoning, China[J]. *Chinese Science Bulletin*, 2001, 46: 1669–1672.
- [39] Wu W H, Godefroit P. Anatomy and Relationships of *Bolong yixianensis*, an Early Cretaceous iguanodontoid Dinosaur from Western Liaoning, China[J]. *Bernissart Dinosaurs and Early Cretaceous Terrestrial Ecosystems*, 2012: 293–333.
- [40] Morschhauser E M. The anatomy and phylogeny of *Auroraceratops* (Ornithischia: Ceratopsia) from the Yujingzi Basin of Gansu Province, China[D]. Doctoral Dissertation of University of Pennsylvania, 2012.
- [41] Sereno P C, Chao S, Cheng Z, et al. *Psittacosaurus meileyingensis* (Ornithischia: Ceratopsia), a new psittacosaur from the Lower Cretaceous of northeastern China[J]. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 1998, 8: 366–377.
- [42] Zhou C F, Gao K Q, Fox R C, et al. A new species of *Psittacosaurus* (Dinosauria: Ceratopsia) from Early Cretaceous Yixian Formation, Liaoning, China[J]. *Palaeoworld*, 2006, 15: 100–114.
- [43] Sereno P C, Zhao X, Brown, et al. New psittacosaurid highlights skull enlargement in horned dinosaurs[J]. *Acta Palaeontologica Polonica*, 2007, 52: 275–284.
- [44] Xu X. A new psittacosaur (*Psittacosaurus mazongshanensis* sp. nov.) from Mazongshan area, Gansu Province, China[C]//Sino-Japanese Silk Road Dinosaur Expedition. China Ocean Press, Beijing, 1997: 48–67.
- [45] Zanno L E, Makovicky P J. On the earliest record of Cretaceous tyrannosauroids in western North America: implications for an Early Cretaceous Laurasian interchange event[J]. *Historical Biology*, 2011, 23: 317–325.
- [46] Chinnery B J, Lipka T R, Kirkland J I, et al. Neoceratopsian teeth from the Lower to Middle Cretaceous of North America, Lower and Middle Cretaceous terrestrial Ecosystems[J]. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, 1998, 14: 297–302.
- [47] Farke A, Maxwell D, Cifelli R, et al. Biogeography of basal neoceratopsian dinosaurs illuminated by a skull from the Cloverly Formation (Lower Cretaceous) of Montana[C]//Journal of Vertebrate Paleontology, 73rd Annual Meeting Society of Vertebrate Paleontology, Westin Bonaventure Hotel & Suites, Los Angeles, CA, USA, October 30–November 2, 2013, Program and Abstracts, 125.