

河南栾川地区晚白垩世脊椎动物群研究进展

魏雪芳^{1,2,3}, 夏梦丽^{4*}, 徐莉⁴, 杨丽丽⁴, 张纪明⁴, 石宝山⁵, 万晓樵²

WEI Xuefang^{1,2,3}, XIA Mengli^{4*}, XU Li⁴, YANG Lili⁴, ZHANG Jiming⁴, SHI Baoshan⁵, WAN Xiaqiao²

1. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037;

2. 中国地质大学(北京), 北京 100083;

3. 中国地质调查局自然资源实物地质资料中心, 北京 100192;

4. 河南自然博物馆, 河南 郑州 450016;

5. 淅川县林业局, 河南 南阳 474450

1. Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;

2. China University of Geosciences(Beijing), Beijing 100083, China;

3. Cores and Samples Centre of Natural Resources, China Geological Survey, Beijing 100192, China;

4. Henan Natural History Museum, Zhengzhou 450016, Henan, China;

5. Forestry Bureau of Xichuan County, Nanyang 474450, Henan, China

摘要: 栾川地区脊椎动物化石赋存在上白垩统秋扒组的中下部, 时代可能为坎潘期晚期, 以小型兽脚类恐龙骨骼为主。化石点多分布在潭头盆地北部边缘 2 km 的范围, 搬运距离不远。栾川动物群的化石组合包括至少 8 种恐龙(其中已命名 6 种)、2 种蜥蜴类、2 种哺乳类及数量众多的恐龙蛋等, 代表一典型晚白垩世动物群, 称为栾川动物群。栾川动物群与中国南方的赣州盆地和蒙古 Nemegt 盆地晚白垩世恐龙动物群具有很高的相似性, 均以兽脚类恐龙为主, 兼有其他脊椎动物组合。栾川动物群的研究对了解东亚晚白垩世恐龙动物群的生态面貌、恐龙多样性演化, 以及环境变化对恐龙迁徙和灭绝的影响等具有重要意义。

关键词: 晚白垩世; 秋扒组; 栾川; 兽脚类恐龙; 脊椎动物组合

中图分类号: P534.53; Q91 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-2552(2021)07-1178-11

Wei X F, Xia M L, Xu L, Yang L L, Zhang J M, Shi B S, Wan X Q. Advances of the studies on Late Cretaceous vertebrate fauna from Luanchuan in Henan Province. *Geological Bulletin of China*, 2021, 40(7): 1178–1188

Abstract: Vertebrate fossils from the Luanchuan area in Henan Province, dominated by small theropods, are mainly from the Late Cretaceous Qiupa Formation(Campanian). Most of the fossil sites are distributed within 2 km in the northern margin of Tantou Basin, and the transport distance is not far. Vertebrate assemblage includes at least 8 dinosaurs(with 6 named dinosaurs), 2 lizards, 2 mammals and abundant dinosaur eggs/eggshells, and it represents a distinct Late Cretaceous fauna named as “Luanchuan Fauna”. Luanchuan Fauna is similar to those of the Late Cretaceous dinosaur faunas from the Ganzhou Basin and Nemegt Basin, which are all represented by theropod dinosaurs along with other vertebrate animals. Luanchuan Fauna is of great significance for understanding the ecological features of the Late Cretaceous dinosaur faunas in East Asia, the dinosaur evolution and diversity, and the impact of environment changes on the dinosaur migration and extinction.

Key words: Late Cretaceous; Qiupa Formation; Luanchuan; theropods; vertebrate assemblage

中生代是亚洲与太平洋板块碰撞-岩浆喷发事件活动最强烈的时期。晚白垩世早期, 亚洲东部受

太平洋板块挤压, 产生了一系列陆内断裂带, 沿断裂带沉积了一系列陆相红色小型山间或断陷盆地,

收稿日期: 2020-10-09; 修订日期: 2021-05-24

资助项目: 国家自然科学基金项目《克拉通破坏与陆地生物演化》(批准号: 41672019)、河南省财政项目《河南省重要古生物化石产地调查与分级评价》(编号: 豫财环[2016]25号)、《河南省白垩纪巨型蜥脚类恐龙研究项目》(编号: 2015-1992-22)

作者简介: 魏雪芳(1988-), 女, 在读博士生, 工程师, 从事中生代爬行动物和地层研究。E-mail: weixuefang1208@163.com

* 通信作者: 夏梦丽(1978-), 女, 高级工程师, 从事自然博物馆管理与研究。E-mail: menglixia666@163.com

如南雄盆地、苏北盆地、胶莱盆地、松辽盆地等^[1]。该时期的盆地沉积以冲积扇—河流相为主,发育洪泛平原、小范围浅湖沉积等。晚白垩世晚期,太平洋板块持续俯冲导致亚洲板块隆升,盆地范围缩小,沉积环境转入河流—滨浅湖相,干旱—半干旱气候条件下的石膏和钙质结核广泛发育^[2]。晚白垩世的火山活动减弱,沉积环境较稳定,为恐龙等生物提供了良好的生存场所,盆地及其附近地区发现有大量的恐龙骨骼及蛋化石。恐龙骨骼和恐龙蛋化石分布广泛且呈现集群埋藏特点^[3],自南向北如中国南方的粤北—赣南一带的河源盆地^[4-5]、南雄盆地^[6-7]与赣州盆地^[8-9],浙江天台盆地^[10-12];中部地区的河南潭头盆地^[13-15]和山东诸城盆地^[16-17];北方的山西天镇^[18-19]、内蒙古巴音满都呼^[20-21]和二连盐池盆地^[22];蒙古东戈壁地区 Bayn Shire 地区和南戈壁 Nemegt 盆地^[23-24];中国黑龙江嘉荫盆地^[25-26]等。

断陷盆地内产脊椎动物化石的层位普遍含有腹足类、介形类、轮藻等,以及松柏类等植物化石。恐龙骨骼及蛋化石常常集中发现在湖滩及河漫滩附近,反映了许多恐龙成群活动、傍水群居筑巢等行为。季节性山洪爆发及河流泛滥使大量的恐龙蛋被迅速埋藏而完整保存下来,如浙江天台与广东河源;生活在洪泛平原区的恐龙遭受洪水灾难,来不及逃走而被洪水淹没和冲散,造成后期形成的恐龙骨骼化石破碎且不完整,如山东诸城;或恐龙集体来不及逃亡被瞬间埋藏,则保留近乎完整的骨骼个体,如河南栾川。

亚洲东部地区,特别是中国和蒙古,白垩纪以来的恐龙集群埋藏地的考察、研究与报道已有很多^[1, 27-30],但是多聚焦于恐龙的分类学或埋藏学的独立研究,区域性范围以动物群为单位的综合对比较少^[31-32]。生物的集群埋藏从来不是一个简单的孤立事件^[27],通过动物群之间的系统性对比与分析,对于了解动物群之间是否存在某些物种的交流,气候变化对动物群多样性及迁徙的影响程度等具有重要意义。

河南省栾川县脊椎动物化石的发现经历了 3 个阶段。最早在 1972 年,栾川县秋扒乡蒿坪村附近修建一个小型水库时,首次发现了几枚大型兽脚类恐龙的牙齿^[6]。1992—1993 年,当地修建公路时又发现了一批零散的恐龙骨骼化石。2006—2008 年,河南省地质博物馆和中国地质科学院地质研究所共

同在栾川地区开展了大规模的、系统的恐龙考察与发掘工作。经过 3 年的考察与发掘,共发现化石点 90 处,其中勘查发掘了 38 处,获取的脊椎动物化石数量和种类远超以往。初步的修复和鉴定结果显示,多种类型的小型兽脚类恐龙占绝对优势,Lü 等^[13]将其命名为栾川动物群,代表东亚地区晚白垩世典型的以小型兽脚类恐龙多样性为特色,兼有哺乳类和蜥蜴类的恐龙动物群。近十年来,栾川动物群研究取得了一系列新的成果,丰富了栾川动物群的物种多样性,栾川地区晚白垩世脊椎动物研究由此进入全新阶段。

在河南栾川地区潭头盆地晚白垩世秋扒组发现的脊椎动物群处于东亚晚白垩世南方与北方脊椎动物群的中间地带。基于 2006—2008 年栾川地区潭头盆地秋扒组及其周边的脊椎动物考察与发掘状况,简述含脊椎动物化石层位的特点及其研究成果,探讨栾川地区脊椎动物化石组合的特点,并与赣州盆地、巴音满都呼地区和蒙古 Nemegt 盆地的恐龙动物群对比,以期对东亚晚白垩世恐龙的动物群的面貌、多样性演化和环境变化对恐龙迁徙与灭绝的影响有更深入地认识。

1 地理位置与地质背景

1.1 地理位置

栾川动物群位于河南省洛阳市栾川县北部潭头镇与秋扒乡之间,地理坐标为东经 $111^{\circ}11' \sim 112^{\circ}01'$ 、北纬 $33^{\circ}39' \sim 34^{\circ}11'$ 之间。

1.2 地质背景

栾川地区位于河南省熊耳山南麓的中新生代潭头盆地,大地构造属于华北地台(一级构造单元)南部边缘、华熊台缘坳陷(二级构造单元)内的山间断陷盆地(三级构造单元)。白垩纪早期,区内近东西向的马超营大断裂强烈活动,产生了一系列北东向压扭性断裂。2 组断裂的共同作用在潭头地区形成了一个向东、向南倾斜,平面形态近似弓形的断陷小盆地,即潭头盆地,之后盆地接受陆源碎屑沉积。至古近纪晚期—新近纪,区内地壳抬升,盆地结束沉积,并在近东西向挤压作用下,使晚白垩世—古近纪地层发生倾斜和断裂(图 1)^[14, 33-34]。

潭头盆地发育完整的晚白垩世—古近纪早期河湖相陆源红色碎屑沉积序列,以细砂岩、粉砂岩、粘土岩等细碎屑沉积为主,局部间夹少量粗砂岩、

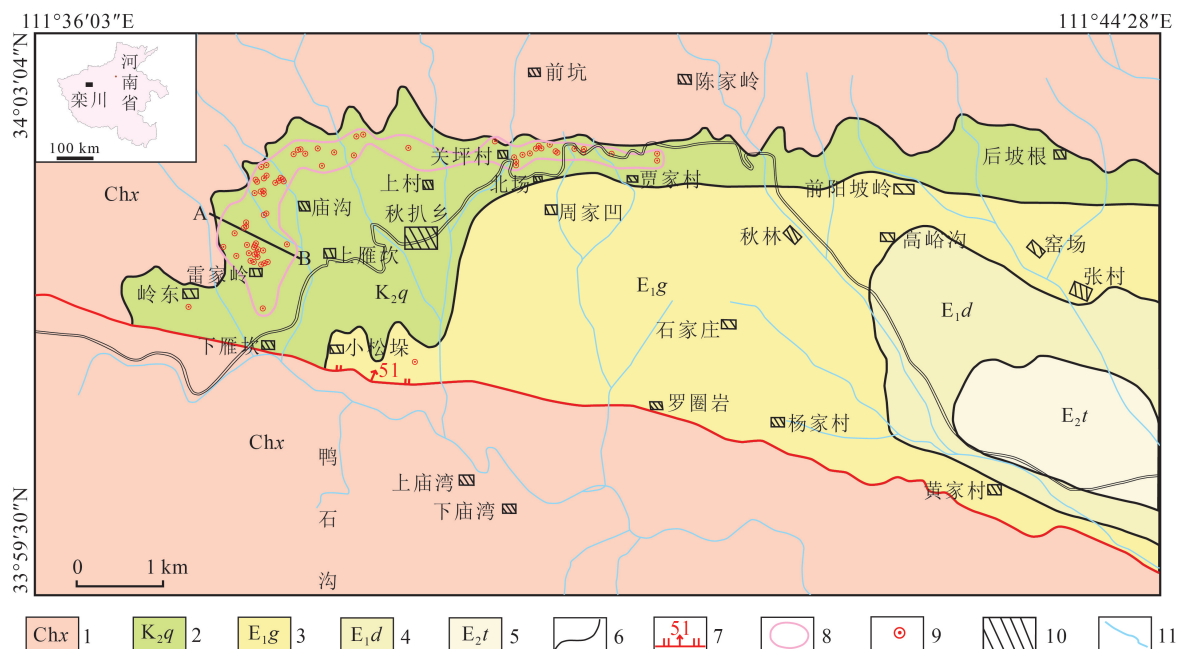


图1 河南栾川潭头盆地地质概况及脊椎动物化石分布示意图

Fig. 1 Geological setting showing distribution of vertebrate fossil sites in Tantou Basin of Luanchuan, Henan Province

- 1—长城系熊耳群; 2—上白垩统秋扒组; 3—古近系高峪沟组; 4—古近系大章组; 5—新近系潭头组; 6—地质界线;
7—正断层及倾向; 8—脊椎动物及恐龙蛋化石分布范围; 9—脊椎动物及恐龙蛋化石点; 10—村庄; 11—小河流

砂砾岩、砾岩等粗碎屑堆积物,总沉积厚达 1714~3305 m,早期发育山麓洪积相堆积且沉积环境极稳定,晚期转入河湖相沉积。盆地内发育地层自下而上分为上白垩统秋扒组(K_2q)、古新统高峪沟组(E_{1g})、古新统大章组(E_{1d})、始新统潭头组(E_{2t})^[14]。脊椎动物化石主要发现于潭头盆地的边缘地带,分布范围主要是栾川县至嵩县一带,出露面积约 80 km²。化石赋存层位主要集中在秋扒组中下部,高峪沟组亦有零星原始哺乳类化石的发现。

盆地内秋扒组主要分布在西凹、窑沟、黄土庄、关坪、李家庄、后阳坡岭、后坡根一带,呈东西向沿盆北缘延伸约 20 km,与下伏熊耳群角度不整合接触,与上覆高峪沟组整合接触(图 1)。秋扒组为一套陆源碎屑沉积序列,按照岩性特征可分为下、中、上 3 段:下段以紫红色厚-巨厚层状粗砾岩、粉砂质泥岩夹含砾粗砂岩为主;中段由灰色紫红色砾岩、含砾粗砂岩和粉砂质泥岩组成;上段为灰黄色含砾岩屑砂岩、杂色泥质细砂岩及钙质细砂岩、粉砂岩、粉砂质泥岩、泥岩等。其中,砾石分选性较差,大小混杂,粒径 3~20 cm,最大粒径可达 55 cm,磨圆度

较差,呈次棱角状、次圆状,砾石间多为杂基支撑。秋扒组总体表现为辫状河三角洲和滨浅湖亚相的多旋回沉积^[33-36]。来自盆地内的孢粉及地球化学 Th/U 值的分析证据显示,晚白垩世栾川地区为半湿润-半干旱的热带-亚热带气候,古近纪早期气候开始有变干旱的趋势^[34-35]。

2 脊椎动物化石埋藏特征与组合类型

2.1 埋藏特征

潭头盆地脊椎动物化石多赋存在秋扒组的中下部,岩性为紫红色泥质粉砂岩。发现恐龙骨骼的层位几乎都有恐龙蛋壳碎片化石。秋扒组自下而上含脊椎化石的层位共有 12 层(图 2)。

栾川地区的化石点大多分布在距盆地北部边缘 2 km 范围内。几乎所有化石点的脊椎动物化石均呈散乱堆积、大小混杂,每个化石点都有多个近乎完整的个体。总体以恐龙骨骼为主,个体不大且较完整。骨骼埋藏状态显示化石虽然经过搬运,但搬运距离不远,被水流搬运之前躯体还未完全腐烂就被冲到盆部边缘水动力弱的低凹处堆积埋藏。后经盆地抬升,地层被剥蚀,化石暴露于地表。

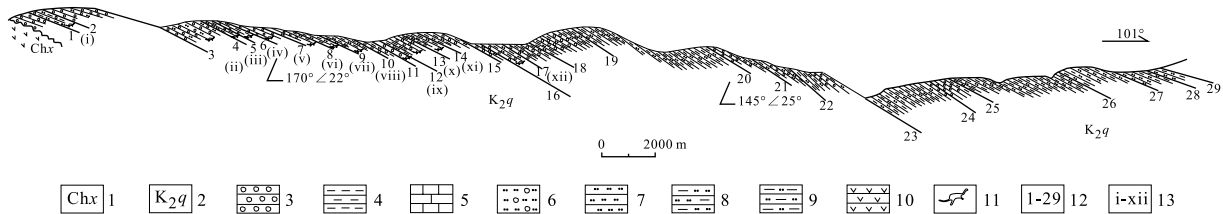


图 2 栾川县秋扒乡雁坎村—大松垛上白垩统秋扒组剖面及其脊椎动物化石层位^[14]

Fig. 2 Stratigraphic section and vertebrate-bearing layers of the Qiupa Formation from Yankan Village to Dasongduo Village, Qiupa Town, Luanchuan County

1—长城系熊耳群; 2—上白垩统秋扒组; 3—砾岩; 4—泥岩; 5—灰岩; 6—含砾粉砂岩; 7—粉砂岩;

8—泥质粉砂岩; 9—粉砂质泥岩; 10—安山玢岩; 11—含脊椎动物及恐龙蛋化石层; 12—岩性分层号; 13—化石层号

脊椎动物化石研究与鉴定结果显示: 恐龙蛋/蛋皮碎片数量丰富, 保存较多, 在各个化石层位均有发现; 小型兽脚类恐龙数量多且化石点集中, 多样性明显, 包括驰龙类、窃蛋龙类、似鸟龙类、阿尔瓦兹龙类等; 蜥脚类恐龙数量不多且属于中型个体, 晚于小型兽脚类出现; 蜥蜴类、哺乳类和反鸟类数量不多, 个体保存较完整, 基本与小型兽脚类恐龙处于同层位; 大型兽脚类恐龙主要有特暴龙类、疑似镰刀龙类等, 数量少, 且均为不完整个体的骨骼, 特暴龙类出现最晚(图 3)。

该地区恐龙动物群中植食性的中型蜥脚类恐龙与中小型兽脚类恐龙在生态系统中可能属于共生关系(图 4)。小型兽脚类恐龙中的驰龙类、似鸟龙类、窃蛋龙类、阿尔瓦兹龙类几乎同时出现, 可能共同杂居在同一生态空间。甲龙类、蜥脚类等大中型个体的恐龙出现在当时气候环境最佳时候, 植物最茂盛期, 其化石发现层位及其上下亦发现丰富的植物孢粉化石。蜥蜴类、鸟类和哺乳类在恐龙族群的夹缝空间中求得一息生存之机, 它们的数量少, 保存下来的化石数量也较少。另外, 还发现少量不完整的疑似鸟脚类骨骼, 数量不多, 可能与兽脚类恐龙存在生存竞争且处于劣势。

恐龙蛋的延续时间最长, 说明该盆地初期应该是别处的恐龙动物群迁徙到此处, 或者是恐龙动物群路线中的一个栖息点。这一点可以从地层发育方面佐证, 盆地形成于晚白垩世, 缺失中生代侏罗纪和三叠纪及古生代地层, 不可能由本土侏罗纪恐龙延续演化而来。恐龙很可能是迁徙到该地区, 产下蛋后离开, 或者因为生存条件适宜而留下来, 随着时间推移, 恐龙种类和数量逐渐增多, 恐龙蛋数量也随之增多, 地

层中保存下来的恐龙蛋化石也丰富, 甚至保存有近乎完整的成窝恐龙蛋。之后, 气候干旱导致环境恶化, 该地区不再适宜生存, 恐龙逐渐迁出, 规模逐渐缩小, 产蛋数量也随之减少, 而产下的蛋均未能成功孵化, 导致该层位只发现少量恐龙蛋而无骨骼化石。蛋皮破碎也应与当时气候环境恶劣有关。

不同类型的恐龙出现在不同的层位, 也说明动物群中的各类恐龙很可能是陆续到达该盆地, 而非恐龙动物群同时整体迁徙至此。

2.2 脊椎动物组合类型

截至目前, 栾川地区生活着至少 8 种不同类型的恐龙(其中已命名的有 6 种), 2 种早期哺乳动物, 2 种有鳞类(表 1), 以及未定名的属于中型个体蜥脚类和疑似小型原角龙类恐龙, 少量属于龟鳖类的化石碎片。

(1) 驰龙科 Dromaeosauridae

河南栾川盗龙 *Luanchuanraptor henanensis*^[37] 正型标本包括 4 枚近乎完整的牙齿, 1 个近乎完整的左额骨, 1 个后部颈椎, 1 个前部背椎(可能为第 1 背椎), 2 个前部尾椎, 2 个中部尾椎, 13 个最后部尾椎, 前部、中部及后部脉弧, 1 个完整的左肩胛-鸟喙骨, 1 个右肱骨, 1 个完整的右肠骨和左耻骨, 以及部分碎骨(标本编号: 41HIII-0100)。

栾川盗龙是亚洲地区除蒙古、内蒙古和辽西外发现的地理位置最南端的驰龙类恐龙。

(2) 似鸟龙科 Ornithomimidae

河南秋扒龙 *Qiupalong henanensis*^[38] 正型标本包括肠骨、耻骨, 部分坐骨, 右后肢(胫骨, 跖骨和趾骨)(标本编号: HGM 41HIII-0106)。

秋扒龙是亚洲地区除蒙古和内蒙古外发现的地理位置最南端的似鸟龙类恐龙。

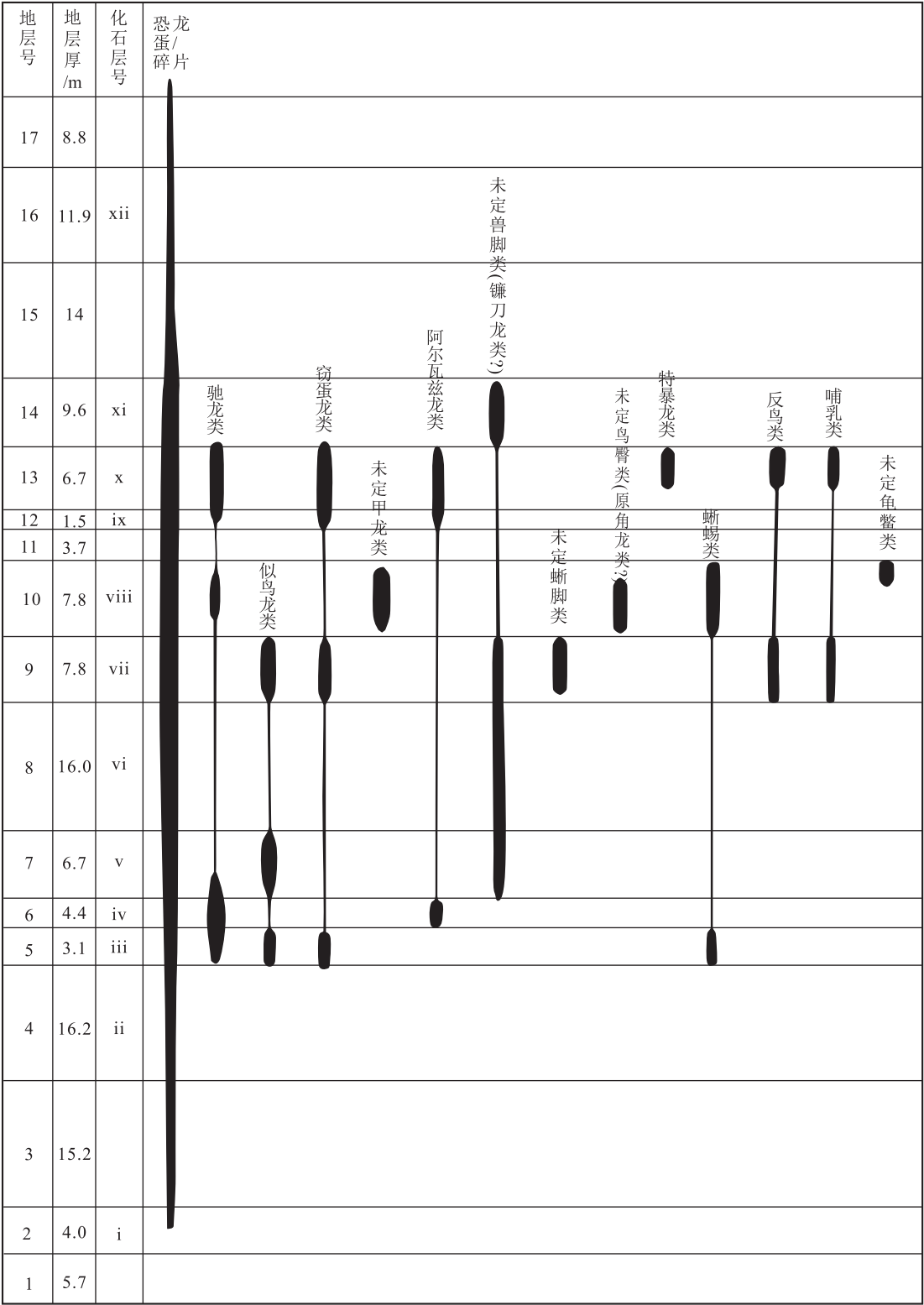


图3 栾川地区上白垩统秋扒组脊椎动物化石类型垂直分布
Fig. 3 Vertical distribution of vertebrate fossils from the Late Cretaceous Qiupa Formation of Luanchuan area

(3)窃蛋龙科 Oviraptoridae
迷你豫龙 *Yulong mini*^[39] 正型标本包括多个幼年

个体标本:一具有头骨和下颌的保存完整的化石骨架(HGM 41HIII-0107);近乎完整的头骨和下颌



图 4 栾川动物群生态形象复原图

Fig. 4 Ecological reconstruction of Luanchuan Fauna

表 1 晚白垩世栾川动物群脊椎动物化石组合

Table 1 Vertebrate assemblage from the Late Cretaceous Luanchuan Fauna

大类	亚类	科	属种
恐龙类 Dinosauria	兽脚类 Theropoda	驰龙科 Dromaeosauridae	河南栾川盗龙 ^[37] <i>Luanchuanraptor henanensis</i>
		似鸟龙科 Ornithomimidae	河南秋扒龙 ^[38] <i>Qiupalong henanensis</i>
		窃蛋龙科 Oviraptoridae	迷你豫龙 ^[39] <i>Yulong mini</i>
		阿尔瓦兹龙科 Alvarezsauridae	张氏秋扒爪龙 ^[15] <i>Qiupanykus zhangi</i>
		暴龙科 Tyrannosauridae	栾川霸王龙 ^[6] <i>Tyrannosaurus luanchuanensis</i>
	蜥脚类 Sauropoda	未定	来自化石的观察
	甲龙类 Ankylosauria	未定	未定 ^[14]
	鸟脚类 Ornithopoda	原角龙科(?) Protoceratopsidae(?)	来自化石观察
	有鳞类 Squamata	蜥蜴类 Lacertiformes	郑氏天宇蜥 ^[40] <i>Tianyusaurus zhengi</i>
			栾川伏牛蜥 ^[41] <i>Fumiusaurus luanchuanensis</i>
龟鳖类 Testudines	未定	未定	来自化石观察
哺乳类 Mammalia	多瘤齿兽类 Multituberculata	白垩齿兽科 Cimolodonta	中原豫俊兽 ^[42] <i>Yubaatar zhongyuanensis</i>
	三角齿兽类 Deltatheroidea	三角齿兽科 Deltatheridiidae	孟氏洛阳袋兽 ^[43] <i>Lotheridium mengi</i>

(HGM 41HIII-0108);近乎完整的头骨、下颌和部分头后骨骼(HGM 41HIII-0109);部分头骨、下颌和少量颈椎(HGM 41HIII-0110)。

迷你豫龙幼年个体,死亡时不足 1 岁,个体娇小,体长约 60 cm。栾川地区发现了可能来自于同一巢穴的至少 5 个个体。

(4) 阿尔瓦兹龙科 Alvarezsauridae

张氏秋扒爪龙 *Qiupanykus zhangi*^[15] 正型标本,包括多数后部椎体及部分后肢,与窃蛋龙类蛋壳碎片共同保存(标本编号:41HIII-0101)。

张氏秋扒爪龙属于小型阿尔瓦兹龙类,体重约 515 g,前肢构造独特,短小粗壮,只有一个拇指和锋利的爪子,可能是真正的“偷蛋家族”,且以窃蛋龙类蛋为食的可能性极大。

(5) 暴龙科 Tyrannosauridae

栾川霸王龙 *Tyrannosaurus luanchuanensis*^[6] 正型标本包括 5 枚保存完整的牙齿(标本编号:IVPP 4733)。

Holtz^[44] 将其归入在地缘关系上较近的、发现于蒙古的特暴龙类,并作为 *Tarbosaurus bataar* 的同物异名。

(6) 甲龙类 Ankylosauria

甲龙类标本^[14] 包括单枚牙齿(HGM 41HIII-0105),一几乎完整的背椎(标本编号:HGM 41HIII-0113-1),大部分背肋(标本编号:HGM 41HIII-0113-2)和坐骨的近端(标本编号:HGM 41HIII-0113-3)。由于标本破碎且保存不完整,无法鉴定到具体的属种。

栾川的甲龙标本是中原地区继洛阳中原龙 *Zhongyuanosaurus luoyangi*^[45] 之外的第二件标本,体长推测可达 6 m。亚洲地区甲龙类主要生活在蒙古南戈壁地区、中国内蒙古及山西天镇一带,栾川地区发现的甲龙说明它们的生活范围又向南扩展了一些。

(7) 蜥蜴类 Boreoteiioidea 超科

郑氏天宇蜥 *Tianyusaurus zhengi*^[40] 正型标本包括头骨和下颌,前八节颈椎和近乎完整的肩带(标本编号:SDTNM-05-f702)。在赣州地区的晚白垩世南雄组也发现天宇蜥的头骨材料(标本编号:NHMG8502, NHMG9316, NHMG9317)^[46]。

天宇蜥头骨功能独特,下颞弓-翼骨的坚固连接,阻止了方骨下颌关节的向前扭转,导致其可能

拥有独特的进食方式。

(8) 多凿齿蜥科 Polyglyphanodontidae

栾川伏牛蜥 *Funiusaurnis luanchuanensis*^[41] 正型标本包括一个不完整的头骨和下颌,以及一些错位的骨骼(标本编号:HGM 41HIII-114)。

栾川伏牛蜥是第二件发现于栾川的蜥蜴类,个体比天宇蜥小很多,两者之间属于姐妹群关系,共同生活在同一地区,但可能占据了不同的生态位置,以避免种间竞争。

(9) 多瘤齿兽目 Multituberculata

中原豫俊兽 *Yubaatar zhongyuanensis*^[42] 正型标本包括一完整的头骨及相关联的下颌与头后骨骼,头后骨骼包括未关联的前肢,呈关联的部分后肢、腰带及尾椎(标本编号:HGM 41HIII-0111)。

中原豫俊兽是晚白垩世亚洲地区地理位置最南端的多瘤齿兽类,也是目前欧亚大陆已知最大的中生代多瘤齿兽类。

(10) 三角齿兽目 Deltatheroidea

孟氏洛阳袋兽 *Lotheridium mengi*^[43] 正型标本包括近乎完整的头骨和下颌(标本编号:ZMNH M9032)。

洛阳袋兽是目前保存头骨最完整的三角齿兽类。它的发现进一步表明,三角齿兽类已具有后兽亚纲的齿式、牙齿替换模式等进步特征,也说明三角齿兽更加多样化,地理分布也更广泛。

3 对比与讨论

3.1 对比

晚白垩世集群埋藏的恐龙动物群主要分布在东亚和北美地区^[47],欧洲、非洲和南美州的阿根廷亦有分布^[3]。东亚地区的恐龙动物群研究对于了解全球晚白垩世的脊椎动物多样性演化和迁徙,特别是亚洲与北美之间的迁徙具有十分重要的意义。

东亚地区恐龙动物群集群埋藏地主要有中国粤北—赣南、浙东天台、河南栾川与西峡、山东诸城、山西天镇、内蒙古巴音满都呼与二连浩特、黑龙江嘉荫,以及蒙古南部的戈壁地区,种类丰富,数量较多,埋藏环境多为河流—湖泊相或洪泛平原地带。粤北—赣南、河南栾川、内蒙古巴音满都呼与二连地区,以及蒙古南戈壁 Nemegt 盆地等地区,脊椎动物组合类型丰富,包括恐龙类、龟鳖类、有鳞类、哺乳类,以及恐龙蛋等,其中,恐龙类别有蜥脚类、甲龙类、鸭嘴龙类、兽脚类等。山东诸城和黑龙江嘉

荫地区的恐龙以单一鸭嘴龙类骨骼化石为主(占 90%),兼霸王龙类、小型兽脚类恐龙等。恐龙蛋化石丰富的地区主要有粤北—赣南、浙江天台、河南栾川与西峡、内蒙古巴音满都呼,以及蒙古 Nemegt 盆地等。

北美的恐龙动物群集群埋藏地点主要有美国中部的 Montana 地区和加拿大 Alberta 地区,以鸭嘴龙类、角龙类和甲龙类为主,以及大型兽脚类霸王龙类等。埋藏环境与东亚地区类似,主要集中在河流湖泊三角洲、河漫滩环境。南美洲的阿根廷和巴西,欧洲的西班牙、保加利亚和罗马尼亚,以及非洲发现的恐龙以巨型蜥脚类为主,但它们在数量和种类丰富度上远逊于东亚和北美地区^[3, 47]。

晚白垩世恐龙化石产地众多,选择与其时代相近或化石类群具有可比性的地区进行比较,可以更

全面地了解一个地区恐龙化石组合的特征^[32]。来自东亚地区赣州盆地、内蒙古巴音满都呼地区和蒙古 Nemegt 盆地的脊椎动物群均为晚白垩世且有多种兽脚类恐龙(表 2),可与栾川动物群对比。

对比显示:①兽脚类恐龙的丰度和多样性方面,Nemegt 组动物群最丰富,其次是栾川动物群,而后依次为巴音满都呼动物群和赣州动物群,Barungoyot 组动物群多样性最低。②栾川动物群与 Nemegt 组动物群的组合类型更相似,均以小型兽脚类恐龙为主,兼有丰富的蜥蜴类和原始哺乳类,但其物种数量和多样性程度低于后者。③巴音满都呼地区与 Barungoyot 组的脊椎动物群组合类型更相似,恐龙个体偏大中型化,除兽脚类恐龙外,还有数量丰富的甲龙、角龙及有鳞类,二者亦属于同一大型沉积盆地。④赣州动物群的恐龙蛋数量最丰富,

表 2 栾川动物群与中国赣州、巴音满都呼 and Nemegt 盆地动物群的脊椎动物组合对比
Table 2 Comparison of vertebrate assemblages between Luanchuan Fauna and those from Ganzhou, Bayan Mandahu in China and Nemegt Basin in Mongolia

大类	亚类	科	栾川动物群	赣州动物群	巴音满都呼动物群	蒙古 Nemegt 盆地	
						Barungoyot 组动物群	Nemegt 组动物群
恐龙类	蜥脚类		*	*	*	—	*
		驰龙科	*	—	*	* *	*
		伤齿龙科	—	—	*	—	* *
		窃蛋龙科	*	* * * *	* *	*	* * * *
	兽脚类	似鸟龙科	*	—	—	—	* *
		阿尔瓦兹龙科	*	—	*	—	* *
		镰刀龙科	* (?)	—	—	—	*
		霸王龙科	*	*	*	—	* *
	鸭嘴龙类		—	—	*	—	*
	角龙类		* (?)	—	* * * *	* *	—
	甲龙类		*	—	* * * *	* *	*
	肿头龙类		—	—		*	*
两栖类	无尾类		—	—	—	*	*
龟鳖类			* (?)	*	*	* *	* *
有鳞类			*	*	* * * *	* * * *	* * *
鳄类			—	—	*	—	*
鸟类			*	—	—	*	*
哺乳类	后兽类		*	—	* *	* * *	*
	猬类		—	—	—	*	—
恐龙蛋/皮			* *	* *	* *	* *	* *

注: *: 1~2 种; * *: 3~4 种; * * *: 5~6 种; * * * *: 7 种或以上; ?: 疑似; —: 未见

其次是栎川动物群。⑤赣州动物群和 Nemegt 组动物群中的窃蛋龙类多样性较栎川动物群更丰富。⑥栎川地区是似鸟龙类、阿尔瓦兹龙类和甲龙类在亚洲地区向南分布的最远地区。

3.2 讨论

赣州盆地含脊椎动物化石层位时代最早,属于赛诺曼期至康尼亚克期^[48]。内蒙古巴音满都呼地区含脊椎动物化石层位为乌兰苏海组,时代稍早于 Baruungoyot 组^[49-51],应属于坎潘期早中期。由于缺乏火山沉积,蒙古 Nemegt 地区 Baruungoyot 组与 Nemegt 组没有可靠的同位素数据佐证地层的准确年龄,但 Baruungoyot 组属于坎潘期中晚期,Nemegt 组属于马斯特里赫特期早期被广泛接受^[49, 52-54]。依据上述动物群面貌的相似性,推测栎川动物群的时代更接近于 Nemegt 组,时代可能为坎潘期晚期。

赣州、栎川和 Nemegt 盆地的小型兽脚类恐龙存在物种间的交流:赣州盆地的窃蛋龙类与蒙古 Nemegt 组的窃蛋龙系统发育关系更接近,且均成为生态系统的主角之一^[7, 9, 55];亚洲地区驰龙类、似鸟龙类主要发现于蒙古 Nemegt 盆地和中国内蒙古一带,栎川地区发现的该类化石说明它们的活动范围又向南扩展了一些^[37-38]。似鸟龙类、窃蛋龙类、驰龙类、阿尔瓦兹龙类及特暴龙类在亚洲的中国北方、蒙古南部和北美均有分布,说明它们的迁徙能力可能较强。

基于赣州、栎川至内蒙古和蒙古南部地区不同恐龙的分布范围,笔者推测,东亚地区晚白垩世恐龙动物群的地理分布范围自南向北逐渐萎缩,恐龙存在自南向北的迁徙趋势,赣州—栎川—巴音满都呼—Nemegt 可能反映了晚白垩世中晚期恐龙迁徙的大致路线。迁徙过程中,由于不同物种迁徙能力的不同,动物群内不同物种的迁徙时间可能不同步。

东亚地区晚白垩世气候逐渐干旱可能是恐龙迁徙和活动范围萎缩的主要原因之一。来自气候的证据显示,赣州盆地康尼亚克期气候已经非常干旱炎热^[48];栎川地区秋扒组晚期的气候趋于干旱炎热^[34];巴音满都呼地区乌兰苏海组的气候趋于半干旱^[56]。蒙古 Nemegt 盆地在 Baruungoyot 时期的气候为半干旱—半湿润,并伴随季节性的干湿波动,到 Nemegt 组中后期气候又返回到湿润半湿润状态^[24, 57]。

4 结论

栎川动物群是晚白垩世东亚地区一典型的以小型兽脚类恐龙为主的动物群。化石赋存在秋扒组中下部,时代为坎潘期晚期。该动物群与蒙古 Nemegt 盆地晚白垩世 Nemegt 组的动物群组合类型相似。化石类型显示晚白垩世栎川地区的生态空间是以小型兽脚类恐龙为主体,龟鳖类、哺乳类、反鸟类、中型植食性恐龙及大型肉食性恐龙共存的状态,湖岸漫滩或洪泛平原地带可能是它们共同生活的良好场所,形成一个复杂的食物链,兽脚类恐龙为次级消费者,霸王龙类为食物链的顶端。

晚白垩世中晚期,东亚的恐龙活动范围有自南向北逐渐萎缩的趋势,可能是气候趋于干旱导致的。气候的总体干旱趋势,以及频繁的气候异常状态造成河湖淡水水位下降,水域范围收缩,植被大量减少,恐龙的宜居生态范围随之大幅度缩小。食物的匮乏和环境的恶化导致了恐龙活动范围的萎缩与恐龙的灭绝。

致谢: 特别感谢已故的知名古脊椎动物学家吕君昌研究员。在成稿过程中得到中国地质科学院地质研究所姬书安研究员、中国地质大学(北京)席党鹏副教授等的指导和建议,沈才智博士、梁银萍博士、周炫宇、张建华等给予了很大支持与帮助,栎川动物群生态形象复原图由啄木鸟科学小组美术总监赵闯绘制,在此致以衷心感谢。

参考文献

- [1] 席党鹏,万晓樵,李国彪,等.中国白垩纪综合地层和时间框架[J].中国科学:地球科学,2017,49(1): 257-288.
- [2] 曹珂.中国陆相白垩系沉积特征与古地理面貌[D].北京:中国地质大学(北京)博士学位论文,2010.
- [3] 王能盛,旷红伟,柳永清,等.中国东部晚白垩世恐龙化石集群埋藏特征及国内外对比[J].古地学报,2015,17(5): 593-610.
- [4] 凌秋贤,张显球.广东河源盆地红层的初步研究[J].地层学杂志,2002,26(4): 264-271.
- [5] 吕君昌,刘艺,黄志清,等.广东河源盆地晚白垩世霸王龙类牙齿化石的发现及其意义[J].地质通报,2009,28(6): 701-704.
- [6] 董枝明.华南白垩系的恐龙化石[C]//中国科学院古脊椎动物与古人类研究所,南京地质古生物研究所.华南中新世红层——广东南雄“华南白垩纪—早第三纪红层现场会议”论文集.北京:科学出版社,1979: 342-350.
- [7] 吕君昌.中国南方窃蛋龙类化石[M].北京:地质出版社,2005: 1-200.
- [8] 何发林,黄新结,李晓勇.江西赣州盆地恐龙化石赋存规律与埋藏特征[J].华东地质,2017,38(4): 250-254.

- [9] Lyu J C, Li G Q, Kundrát M, et al. High diversity of the Ganzhou Oviraptorid Fauna increased by a new “cassowary-like” crested species[J]. Scientific Reports, 2017, 7: 6393.
- [10] 姜杨, 钱迈平, 陈荣, 等. 浙江天台盆地白垩纪含恐龙骨骼及蛋化石地层[J]. 地层学杂志, 2011, 35(3): 258–267.
- [11] 姜杨, 钱迈平, 邢光福, 等. 浙江天台盆地含恐龙骨骼及蛋化石地层的锆石 U–Pb 年代学[J]. 地层学杂志, 2016, 40(3): 272–277.
- [12] 汪筱林, 王强, 蒋顺兴, 等. 中国晚白垩世陆相红层与恐龙蛋化石群序列及其地层学意义[J]. 地层学杂志, 2012, 2: 270–286.
- [13] Lyu J C, Kobayashi Y, Lee Y N, et al. A new vertebrate assemblage from the Late Cretaceous of Luanchuan, Henan Province, China[J]. Society of Vertebrate Paleontology, 2008: 108A.
- [14] 贾松海, 吕君昌, 徐莉, 等. 河南栾川晚白垩世秋扒组甲龙类化石的发现及意义[J]. 地质通报, 2010, 29(4): 483–487.
- [15] Lyu J C, Xu L, Chang H L, et al. A new alvarezsaurid dinosaur from the Late Cretaceous Qiupa Formation of Luanchuan, Henan Province, central China[J]. China Geology, 2018, 1: 28–35.
- [16] Zhang J L, Wang Q, Jiang S X, et al. Review of historical and current research on the Late Cretaceous dinosaurs and dinosaur eggs from Laiyang, Shandong[J]. Vertebrata Palasiatica, 2017, 55(2): 187–200.
- [17] 旷红伟, 柳永清, 董超, 等. 山东诸城晚白垩世恐龙化石埋藏学研究[J]. 地质学报, 2014, 88(8): 1353–1371.
- [18] 程政武, 庞其清, 杨剑平, 等. 山西天镇晚白垩世恐龙动物群的发现[J]. 地质论评, 1996, 42(2): 192.
- [19] Xu S C, You H L, Wang J W, et al. A new hadrosauroid dinosaur from the Late Cretaceous of Tianzhen, Shanxi Province, China[J]. Vertebrata Palasiatica, 2016, 54(1): 67–78.
- [20] 刘晴, 殷志刚, 戴瑞明, 等. 内蒙古巴音满都呼地区古脊椎动物化石研究概述[J]. 西部资源, 2020, 1: 194–203.
- [21] 殷志刚, 郭斌. 内蒙古自治区巴彦淖尔市—巴音满都呼地区恐龙化石研究综述[J]. 西部资源, 2016, 2: 73–76.
- [22] 邢海, 贺一鸣, 李丽国, 等. 内蒙古二连达巴苏组的地层学、沉积学与古生物学研究综述[C]//董为. 第十三届中国古脊椎动物学学术年会论文集. 北京: 海洋出版社, 2012: 1–44.
- [23] Bell P R, Evans D C, Eberth D A, et al. Sedimentological and taphonomic observations on the “Dragon”’s Tomb” *Saurolophus* (Hadrosauridae) bonebed, Nemegt Formation (Upper Cretaceous), Mongolia [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2018, 494: 75–90.
- [24] Benton M J, Shishkin M A, Unwin D M, et al. The age of dinosaurs in Russia and Mongolia[M]. Cambridge: University Press, 2000: 1–696.
- [25] 海树林. 黑龙江乌拉嘎地区发现的恐龙埋葬群[C]//第九届中国古脊椎动物学学术年会论文集. 北京: 海洋出版社, 2004: 9–16.
- [26] 吕君昌, 韩建新. 黑龙江嘉荫地区晚白垩世兽脚类恐龙牙齿的发现及其意义[J]. 地质学报, 2012, 86(3): 363–370.
- [27] 柳永清, 旷红伟, 彭楠, 等. 鲁东诸城地区晚白垩世恐龙集群埋藏地沉积相与埋藏学初步研究[J]. 地质论评, 2010, 56(4): 457–468.
- [28] 旷红伟, 许克民, 柳永清, 等. 胶东诸城晚白垩世恐龙骨骼化石地球化学及埋藏学研究[J]. 地质论评, 2013, 59(6): 1001–1010.
- [29] Funston G F. Anatomy, systematics, and evolution of Oviraptorosauria (Dinosauria, Theropoda) [D]. Canada: Department of Biological Sciences, University of Alberta. PhD Thesis, 2019.
- [30] Lyu J C, Xu L, Jiang X J, et al. A preliminary report on the new dinosaurian fauna from the Cretaceous of the Ruyang Basin, Henan Province of central China[J]. Journal of the Paleontological Society of Korea, 2009, 25(1): 43–56.
- [31] 周忠和, 王原. 热河生物群脊椎动物生物多样性的分析以及其他动物群的比较[J]. 中国科学: 地球科学, 2010, 40(9): 1250–1265.
- [32] 张茜楠, 尤海鲁, 李大庆. 甘肃马鬃山地区早白垩世晚期恐龙化石[J]. 地质通报, 2015, 34(5): 890–898.
- [33] 王长征, 胡斌, 杨凯. 豫西潭头盆地上白垩统秋扒组遗迹化石与沉积环境[J]. 沉积学报, 2014, 32(6): 1007–1015.
- [34] 毛志芳, 周洪瑞, 李淑娟, 等. 豫西栾川潭头盆地白垩纪—古近纪古气候研究[J]. 沉积与特提斯地质, 2013, 33(1): 20–26.
- [35] 朱淑慧, 白万备, 乔雨. 潭头盆地恐龙化石埋藏层位古气候和物源分析[J]. 河南理工大学学报(自然科学版), 2015, 34(6): 784–790.
- [36] 江小均, 柳永清, 姬书安, 等. 豫西栾川—潭头盆地含脊椎动物化石地层序列和 K/T 界线初步研究[J]. 中国科学: 地球科学, 2011, 41(5): 738–744.
- [37] Lyu J C, Xu L, Zhang X L. New dromaeosaurid dinosaur from the Late Cretaceous Qiupa Formation of Luanchuan area, western Henan, China[J]. Geological Bulletin of China, 2007, 26(7): 777–786.
- [38] Xu L, Kobayashi Y, Lyu J C, et al. A new ornithomimid dinosaur with north American affinities from the Late Cretaceous Qiupa Formation in Henan Province of China[J]. Cretaceous Research, 2011, 32: 213–222.
- [39] Lyu J C, Currie P J, Xu L, et al. Chicken-sized oviraptorid dinosaurs from central China and their ontogenetic implications[J]. Naturwissenschaften, 2013, 100(2): 165–175.
- [40] Lyu J C, Ji S A, Dong Z M, et al. An Upper Cretaceous lizard with a lower temporal arcade[J]. Naturwissenschaften, 2008, 95: 663–669.
- [41] Xu L, Wu X C, Lyu J C, et al. A new lizard (Lepidosauria: Squamata) from the Upper Cretaceous of Henan, China [J]. Acta Geologica Sinica, 2014, 88(4): 1041–1050.
- [42] Xu L, Zhang X L, Pu H Y, et al. Largest known Mesozoic multituberculate from Eurasia and implications for multituberculate evolution and biology[J]. Scientific Reports, 2015, 5: 14950.
- [43] Bi S D, Jin X S, Li S, et al. A new Cretaceous metatherian mammal from Henan, China[J]. PeerJ, 2015, 3: e896. DOI: 10.7717/peerj.896.
- [44] Holtz T R. Tyrannosauroida [C]//Dodson W P, Osmólska H. The Dinosauria (second edition). University of California Press, Berkeley, 2004: 111–126.
- [45] 徐莉, 吕君昌, 张兴辽, 等. 河南汝阳白垩纪一新的结节龙类恐龙化石[J]. 地质学报, 2007, 81(4): 433–440.
- [46] Mo J Y, Xu X, Evans S E. The evolution of the lepidosaurian lower temporal bar: new perspectives from the Late Cretaceous of South China[J]. Proceeding of the Royal Society B, 2010, 277: 331–336.
- [47] 董枝明. 中国的恐龙动物群及其层位[J]. 地层学杂志, 1980, 4(4): 256–263.
- [48] 江西省地质矿产勘查开发局. 中国区域地质志·江西志[M]. 北京: 地质出版社, 2017: 213–240.
- [49] Khand Y, Badamgarav D, Ariunchimeg Y B, et al. Cretaceous system

- in Mongolia and its depositional environments[J]. Developments in Palaeontology and Stratigraphy, 2000, 17: 40–79.
- [50] Jerzykiewicz T, Currie P J, Eberth D A, et al. Djadokha Formation correlative strata in Chinese Inner Mongolia: an overview of the stratigraphy, sedimentary geology, and paleontology and comparisons with the type locality in the pre-Altai Gobi[J]. Canadian Journal of Earth Sciences, 1993, 30: 2180–2195.
- [51] Eberth D A, Russell D A, Braman D R, et al. The age of the dinosaur-bearing sediments at Tebch, Inner Mongolia, People's Republic of China[J]. Canadian Journal of Earth Sciences, 1993, 30: 2101–2106.
- [52] Currie P J. Dinosaurs of the Gobi: following in the footsteps of the Polish–Mongolian Expeditions [J]. Acta Palaeontologica Polonica, 2016, 67: 83–100.
- [53] Currie P J, Wilson J A, Fanti F, et al. Rediscovery of the type localities of the Late Cretaceous Mongolian sauropods *Nemegtosaurus mongoliensis* and *Opisthocoelecaudia skarzynskii*: stratigraphic and taxonomic implications [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2018, 494(1): 5–13.
- [54] Tsogtbaatar C, Kobayashi Y, Tsogtbaatar K, et al. Ornithomimosaurs from the Nemegt Formation of Mongolia: manus morphological variation and diversity [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2018, 494(1): 91–100.
- [55] 吕君昌. 长羽毛恐龙及翼龙研究新发现[J]. 地球学报, 2016, 37(2): 129–140.
- [56] 郭殿勇. 内蒙古巴彦满达呼的上白垩统及动物群垂直分布特征[J]. 内蒙古地质, 2001, (2): 21–27.
- [57] Eberth D A. Stratigraphy and paleoenvironmental evolution of the dinosaur-rich Baruungoyot–Nemegt succession (Upper Cretaceous), Nemegt Basin, southern Mongolia [J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 2018, 494(1): 29–50.