

Discovery of the Early Cretaceous Ankylosaur Gastroliths and Scale Impressions from the Ordos Basin, Inner Mongolia, China

Shu'an Ji^{1*}, Shan Jiang², Lifu Zhang³, Jianqiang Hao⁴

¹Key Laboratory of Stratigraphy and Paleontology, Ministry of Land and Resources, and Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing

²Natural History Museum of Guangxi, Nanning Guangxi

³Administration of the Otog Dinosaur Trace National Nature Reserve, Otog Inner Mongolia

⁴Inner Mongolia General Team, China Building Material Geology Investigation Center, Huhhot Inner Mongolia
Email: jishu_an@sina.com

Received: Oct. 5th, 2016; accepted: Oct. 24th, 2016; published: Oct. 27th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The Early Cretaceous terrestrial Zhidan Group of the Ordos Basin, Inner Mongolia produced abundant fossil vertebrates including several dinosaur groups such as theropods, stegosaurs and psittacosaurids. Recently, an incomplete ankylosaur skeleton has been found from the Luohandong Formation at Laolonghuozi site, Hangjin Qi. Fortunately, a cluster of gastroliths and some area of scale impressions are clearly preserved. At least 22 pebbles are presented at the position just ahead of synsacrum. They are hard and rounded, with each pebble roughly 20 millimeters to 35 millimeters in long axis. These pebbles should be interpreted as gastroliths (stomach stones). More than 40 square centimeters of scale impressions are exposed near the cervical vertebrae. Each scale is generally trapezoid in outline, with the area varying from 6 square millimeters to 12 square millimeters. These scales are small and separate, compared with the relatively large and various shaped osteoderms in ankylosaurs. This specimen represents not only the first finding of ankylosaur dinosaurs among the Early Cretaceous vertebrate fauna in Ordos Basin, but also the first example of the ankylosaur gastroliths and scale impressions in China.

Keywords

Ankylosaurs, Gastroliths, Scale Impressions, Early Cretaceous, Ordos

*通讯作者。

文章引用: 姬书安, 蒋珊, 张笠夫, 郝建强. 内蒙古鄂尔多斯早白垩世甲龙类胃石与鳞片印痕化石的发现[J]. 地球科学前沿, 2016, 6(5): 355-360. <http://dx.doi.org/10.12677/ag.2016.65037>

内蒙古鄂尔多斯早白垩世甲龙类胃石与鳞片印痕化石的发现

姬书安^{1*}, 蒋 珊², 张笠夫³, 郝建强⁴

¹中国地质科学院地质研究所, 国土资源部地层与古生物重点实验室, 北京

²广西自然博物馆, 广西 南宁

³鄂托克恐龙地质遗迹国家自然保护区管理局, 内蒙古 鄂托克旗

⁴中国建筑材料地质勘查中心内蒙古总队, 内蒙古 呼和浩特

Email: jishu_an@sina.com

收稿日期: 2016年10月5日; 录用日期: 2016年10月24日; 发布日期: 2016年10月27日

摘 要

内蒙古鄂尔多斯盆地北部早白垩世志丹群陆相沉积中产有丰富的脊椎动物化石, 其中包含兽脚类、剑龙类和鸚鵡嘴龙类等恐龙类群。1件不完整的甲龙类化石最近发现于杭锦旗老龙豁子罗汉洞组中, 该化石保存有一团胃石以及局部鳞片印痕。至少22枚坚硬且磨圆度较好的砾石保存在联合荐椎和左肠骨前方, 砾石长径为20 mm至35 mm, 显示该甲龙类大体呈原位保存的胃石的存在。在颈椎附近露出有面积约为40 cm²的鳞片印痕, 单个鳞片基本上呈四边形、相互不接触不叠覆, 面积多在6 mm²与12 mm²之间。该标本不仅代表了鄂尔多斯盆地早白垩世甲龙类化石的首次发现, 也是我国第1例保存有胃石与鳞片印痕的甲龙类化石, 在研究甲龙类的生态习性方面等具有较为重要的科学价值。

关键词

甲龙类, 胃石, 鳞片印痕, 早白垩世, 鄂尔多斯

1. 前言

内蒙古鄂尔多斯地区出露有一套较为发育的早白垩世陆相沉积地层, 其中发现有以鸚鵡嘴龙(*Psittacosaurus*)为代表的脊椎动物群化石。20世纪80年代后期“中国—加拿大恐龙考察”以及近年的一些研究成果, 揭示了这一重要动物群的基本组成和性质。目前已正式描述的四足类脊椎动物化石有: 龟类、离龙类、鳄形类、恐龙、鸟类等[1] [2] [3] [4]。其中恐龙化石包括伤齿龙类 *Sinornithoides youngi* [5] [6]、剑龙类 *Wuerhosaurus ordosensis* [7]、鸚鵡嘴龙类 *Psittacosaurus neimongoliensis* 和 *P. ordosensis* [8], 但甲龙类恐龙未有报道。在2012年的野外调查中, 我们在鄂尔多斯市杭锦旗境内发现了一件不完整的甲龙类化石, 包括部分颈椎、背肋、尾椎、肠骨、肢骨等材料, 化石产于杭锦旗西约50千米的老龙豁子早白垩世罗汉洞组灰色粗砂岩中。

甲龙类是四足行走的鸟臀类恐龙, 通常具有短宽、低平的头骨, 其颈部、身体以及尾部的背面及侧面多覆盖形态不同的骨质甲板或棘刺[9]。该类化石常见于北美和欧亚大陆, 近年来在我国新疆、内蒙、山东、山西、辽宁、河南、浙江、甘肃等地陆续发现了一些新的甲龙类化石[10], 表明我国是甲龙类较为重要的分布区之一。本文报道的甲龙类化石代表了鄂尔多斯盆地早白垩世甲龙类化石的首次发现, 进一

步丰富了该盆地早白垩世恐龙动物群的内容。值得注意的是，该甲龙类左肠骨前方保存有一团胃石，其分离的颈椎附近还保存一块面积较小的鳞片印痕。这是甲龙类胃石与鳞片印痕化石在我国的首次发现，为我们认识甲龙类的生活习性等提供了一些新的信息，具有重要科学价值。

2. 甲龙类胃石与鳞片印痕描述

该甲龙类化石材料零散保存，仅局部相互关联，其中左侧肠骨、背肋等保存较为清晰，显示出甲龙类特有的特征：肠骨前突发达、向前侧部伸出，后部背肋较长且几乎不弯曲，伸向侧方与肠骨前突相接触(图 1)。这些特点表明该恐龙无疑应归入甲龙类，但由于化石修理尚未完全完成，其属种的归属仍有待进一步确认。

1) 胃石

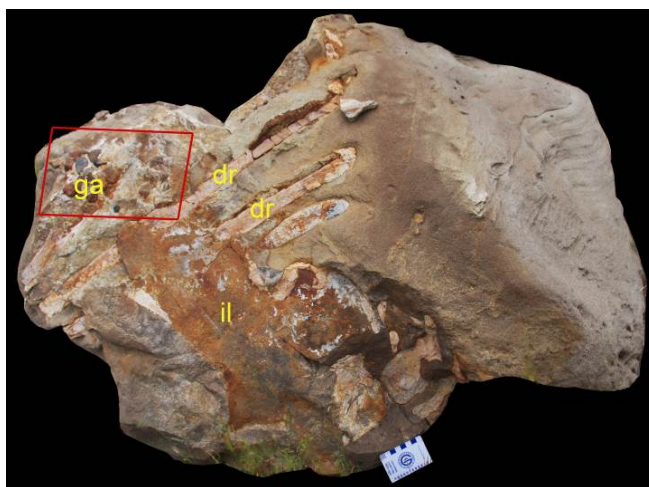
大约 22 枚胃石仍残留在岩石上，位于该甲龙类左侧后部背肋与左肠骨的前方(图 1)。这些胃石彼此较为紧密地相互保存在一起，具有较好的磨圆度，其表面发育有较多的小凹坑。由于胃石没有从岩石中取出，因此对其三维长度数据的准确测量尚未能进行，但绝大多数胃石的长径约在 20 mm 至 35 mm 之间(图 2)。这些胃石质地坚硬，岩性主要有白色石英岩、灰色灰岩、紫红色侵入岩等，其颜色及岩性与保存该甲龙类化石地层的灰色粗砂岩相差很大。

2) 鳞片印痕

鳞片印痕仅出露大约 40 cm²，保存在几枚关联的颈椎附近，可能为该恐龙颈部附近的鳞片印痕。鳞片形态多为长的不规则四边形或多边形，大多数鳞片的面积介于 6 mm² 与 12 mm² 之间。鳞片表面粗糙，但不拱凸、不凹陷。这些鳞片没有明显的排列规律，相邻鳞片间不覆压、不重叠。鳞片之间的间隙相对较大，其宽度大多为 2 mm 至 3 mm (图 3)。

3. 比较与讨论

根据联合荐椎和肠骨关联程度较好、部分尾椎和背椎等相互关联的保存状态，有理由推测该甲龙在埋藏时没有经过长距离搬运，至少有一部分骨骼能够反映它们的相对位置。该甲龙左侧后部背肋的前方保存有一团磨圆度较好的砾石，它们所保存的位置亦显示为该恐龙腹腔的左后部；此外，砾石颜色和岩



dr, 背肋(dorsal rib); ga, 胃石(gastroliths); il, 肠骨(ilium)

Figure 1. The posterior dorsal ribs and left ilium of an incomplete ankylosaur skeleton (scale bar: 8 cm)

图 1. 不完整甲龙类的后部背肋与肠骨(比例尺: 8 cm)



Figure 2. The gastroliths of the above ankylosaur specimen (scale bar: 8 cm)

图 2. 甲龙类的胃石(比例尺: 8 cm)



Figure 3. The scale impressions of the above ankylosaur specimen (scale bar: 8 cm)

图 3. 甲龙类的鳞片印痕(比例尺: 8 cm)

性与化石地层的岩性区别很大,且在化石附近的地层中未见类似的砾石,因而这些砾石无疑应被解释为该甲龙的胃石。依据胃石、后部背肋、肠骨的相对位置关系可以断定,这些胃石应大体呈原位保存。已报道的恐龙类胃石多发现于原蜥脚类、蜥脚类、鸚鵡嘴龙类等植食性恐龙类群[11] [12],胃石的数量往往较多,主要用来帮助碾碎食物。甲龙类的牙齿较为细弱,适宜于取食植物的茎叶。甲龙类的胃石鲜有报道,这里记述的胃石是甲龙类胃石在我国的首次记录,为认识甲龙类的食性、消化等方面提供了新资料。胃石在甲龙类中的存在,表明甲龙类亦能取食较为坚硬的植物部分或具有较坚硬外皮的植物种子等,胃石能够有效地帮助其磨碎这些坚硬的食物。

与恐龙的骨骼、蛋、足印等相比,恐龙皮肤鳞片亦难于保存为化石。目前就全球范围来讲,恐龙皮肤或其印痕仅在美国、加拿大、英国、蒙古、韩国、中国等地有零星记录,已知的化石标本主要为蜥脚类、兽脚类、鸭嘴龙类、剑龙类、角龙类等的个别属种[13] [14]。恐龙皮肤鳞片多为不规则的多边形或亚

圆形鳞片，鳞片间互相不叠覆；这些鳞片可能随其着生部位的不同，其大小和形态会有所变化，在有的恐龙类型中，在不规则多边形鳞片间还散布着较大的鳞片。

甲龙类身体低矮，其颈部、身体和尾部的背面与侧面通常覆盖有较为厚重甲板。这些甲板的大小、形态、纹饰等在不同部位有明显差异，有的还演变为较为尖锐的棘刺[9] [15]，在鉴定甲龙类不同属种中具有重要参考依据。例如北美晚白垩世的 *Ankylosaurus magniventris* [16]、蒙古晚白垩世的 *Saichania chulsanensis* [17]、中国河南晚白垩世的 *Zhongyuansaurus luoyangensis* [18]、中国浙江白垩纪中期的 *Dongyangopelta yangyanensis* [19]等等，均发育有不同形态、不同大小的甲板或盾甲。与相对保存较多的甲板相比，甲龙类的角质鳞片却鲜有记录。2013年，Arbour等人报道了蒙古和加拿大的2件保存有角质鳞片的甲龙类标本[20]，这些鳞片或位于较大的甲板之间或与甲板处于不同的层面上，为我们提供了认识甲龙类鳞片的珍贵实物依据。本文记述的甲龙类鳞片印痕，不仅代表了我国首次发现的以及目前唯一的甲龙类鳞片印痕，也进一步显示甲龙类身体表面除了大小形态不等的甲板外，在身体的某些部分还披有相对较小的鳞片。

我国的恐龙皮肤或其印痕化石目前仅正式报道过4例，分别发现于四川自贡和辽宁西部，隶属于几个不同大类：四川自贡晚侏罗世的剑龙类 *Gigantospinosaurus sichuanensis* [21] [22]、蜥脚类 *Mamenchisaurus youngi* [23]、以及辽宁北票和凌源早白垩世的鸚鵡嘴类 psittacosaurids [24] [25]。内蒙古杭锦旗早白垩世甲龙类鳞片印痕化石的发现，将我国恐龙皮肤鳞片印痕化石的分布地区从四川自贡、辽宁西部扩展到了内蒙古西部，同时也将保存有鳞片印痕的恐龙类别记录从剑龙类、蜥脚类、鸚鵡嘴龙类扩展至甲龙类，为我们认识不同类别恐龙的表皮鳞片特征等提供了重要的实物材料。

4. 结论

1) 鄂尔多斯杭锦旗的甲龙类化石，代表了鄂尔多斯盆地早白垩世脊椎动物群中甲龙类化石首次发现，进一步丰富了这一动物群的内容，对更好的对比早白垩世时期中国北方不同地区脊椎动物群之间的关系提供了新材料。

2) 鄂尔多斯的甲龙类化石，保存有大体原位的胃石以及部分鳞片印痕，是我国首次记录的甲龙类胃石与鳞片印痕。胃石的存在表明甲龙类能够取食较为坚硬的植物；鳞片印痕则显示甲龙类除了在身体背部与侧部披有较为坚厚的甲板外，身体表面的其他部分还覆盖有较小的鳞片。该化石为我们提供了甲龙类胃石和鳞片的一些重要信息，对认识甲龙类的生活习性、表皮鳞片等的形态等亦具有重要价值。

基金项目

国家自然科学基金项目(编号41372026)；中国地质调查专项项目(编号121201102000150010、12120114026801)。

参考文献 (References)

- [1] Dong, Z.M. (1996) Early Cretaceous Dinosaur Faunas in China: An Introduction. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **33**, 2096-2100.
- [2] Tong, H.Y. and Brinkman, D.B. (2013) A New Species of *Sinemys* (Testudines: Cryptodira: Sinemydidae) from the Early Cretaceous of Inner Mongolia, China. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*, **93**, 355-366. <http://dx.doi.org/10.1007/s12549-012-0110-8>
- [3] 侯连海. 内蒙古晚中生代鸟类及鸟类飞行进化[J]. 古脊椎动物学报, 1994, 32(4): 258-266.
- [4] Li, J.J., Li, Z.H., Zhang, Y.G., Zhou, Z.H., Bai, Z.Q., Zhang, L.F. and Ba, T.Y. (2008) A New Species of *Cathayornis* from the Lower Cretaceous of Inner Mongolia. *Acta Geologica Sinica*, **82**, 1115-1123.
- [5] Russell, D.A. and Dong, Z.M. (1993) A Nearly Complete Skeleton of a New Troodontid Dinosaur from the Early Cre-

- taceous of the Ordos Basin, Inner Mongolia, People's Republic of China. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **30**, 2163-2173. <http://dx.doi.org/10.1139/e93-187>
- [6] Currie, P.J. and Dong, Z.M. (2001) New Information on Cretaceous Troodontids (Dinosauria, Theropoda) from the People's Republic of China. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **38**, 1753-1766. <http://dx.doi.org/10.1139/e01-065>
- [7] Dong, Z.M. (1993) A New Species of Stegosaur (Dinosauria) from the Ordos Basin, Inner Mongolia, People's Republic of China. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **30**, 2174-2176. <http://dx.doi.org/10.1139/e93-188>
- [8] Russell, D.A. and Zhao, X.J. (1996) New Psittacosaur Occurrences in Inner Mongolia. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **33**, 637-648. <http://dx.doi.org/10.1139/e96-047>
- [9] Vickaryous, M.K., Maryanska, T. and Weishampel, D.B. (2004) Ankylosauria. In: Weishampel, D.B., Dodson, P. and Osmolska, H., Eds., *The Dinosauria*, 2nd Edition, University of California Press, Berkeley, 363-392. <http://dx.doi.org/10.1525/california/9780520242098.003.0020>
- [10] 董枝明, 尤海鲁, 彭光照. 中国古脊椎动物志. 第二卷. 两栖类, 爬行类, 鸟类. 第五册. 鸟臀类恐龙[M]. 北京: 科学出版社, 2015: 1-179.
- [11] Currie, P.J. (1997) Gastroliths. In: Currie, P.J. and Padian, K., Eds., *Encyclopedia of Dinosaurs*, Academic Press, San Diego, 270.
- [12] Xu, X. (1997) A New Psittacosaur (*Psittacosaurus mazongshanensis* sp. nov.) from Mazongshan Area, Gansu Province, China. In: Dong, Z.M., Ed., *Sino-Japanese Silk Road Dinosaur Expedition*, China Ocean Press, Beijing, 48-67.
- [13] Czerkas, S.A. (1997) Skin. In: Currie, P.J. and Padian, K., Eds., *Encyclopedia of Dinosaurs*, Academic Press, San Diego, 669-675.
- [14] Paik, I.S., Kim, H.J. and Huh, M. (2010) Impressions of Dinosaur Skin from the Cretaceous Haman Formation in Korea. *Journal of Asian Earth Sciences*, **39**, 270-274. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jseaes.2010.02.015>
- [15] Hayashi, S., Carpenter, K., Scheyer, T.M., Watabe, M. and Suzuki, D. (2010) Function and Evolution of Ankylosaur Dermal Armor. *Acta Palaeontologica Polonica*, **55**, 213-228. <http://dx.doi.org/10.4202/app.2009.0103>
- [16] Carpenter, K. (2004) Redescription of *Ankylosaurus magniventris* Brown 1908 (Ankylosauridae) from the Upper Cretaceous of the Western Interior of North America. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **41**, 961-986. <http://dx.doi.org/10.1139/e04-043>
- [17] Carpenter, K., Hayashi, S., Kobayashi, Y., Maryanska, T., Barsbokd, R., Sato, K. and Obata, I. (2011) *Saichania chulsanensis* (Ornithischia, Ankylosauridae) from the Upper Cretaceous of Mongolia. *Palaeontographica Abt. A*, **294**, 1-61. <http://dx.doi.org/10.1127/pala/294/2011/1>
- [18] 徐莉, 吕君昌, 张兴辽, 贾松海, 胡卫勇, 张纪明, 吴炎华, 季强. 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): 433-438.
- [19] Chen, R.J., Zheng, W.J., Azuma, Y., Shibata, M., Lou, T.L., Jin, Q. and Jin, X.S. (2013) A New Nodosaurid Ankylosaur from the Chaochuan Formation of Dongyang, Zhejiang Province, China. *Acta Geologica Sinica*, **87**, 658-671. <http://dx.doi.org/10.1111/1755-6724.12077>
- [20] Arbour, V.M., Lech-Hernes, N.L., Guldberg, T.E., Hurum, J.H. and Currie, P.J. (2013) An Ankylosaurid Dinosaur from Mongolia with *in Situ* Armour and Keratinous Scale Impressions. *Acta Palaeontologica Polonica*, **58**, 55-64.
- [21] 欧阳辉. 自贡发现的剑龙皮肤化石[J]. 成都地质学院学报, 1991, 18(3): 38-39.
- [22] 邢立达, 彭光照, 舒纯康. 四川自贡地区晚侏罗世剑龙类皮肤印痕化石新观察[J]. 地质通报, 2008, 27(7): 1049-1053.
- [23] 欧阳辉, 皮孝忠, 叶勇. 我国发现的首例蜥脚类恐龙皮肤化石[J]. 矿物岩石, 1998, 18(增刊): 146-149.
- [24] 姬书安, 薄海臣. 鹦鹉嘴龙类皮肤印痕化石的发现及其意义[J]. 地质论评, 1998, 44(6): 603-606.
- [25] 姬书安. 辽西凌源鹦鹉嘴龙皮肤印痕化石[J]. 地质论评, 2004, 50(2): 170-174.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：ag@hanspub.org