

辽西建昌早白垩世九佛堂组甲龙类化石的首次发现

周长付¹, 刘 晴¹, 王鑫悦¹, 张洪钢^{1,2}

(1. 山东科技大学 地球科学与工程学院, 山东 青岛 266590;

2. 沈阳师范大学 古生物博物馆, 辽宁 沈阳 110034)

摘要:本研究描述了一件产自辽西建昌九佛堂组的甲龙类化石, 代表这一地区的首次记录。化石为一幼年个体骨架, 体长约 300 mm, 以前颌齿发育、下颌关节窝低于齿列、末端尾椎前关节突拉长、指/趾爪背视呈三角形等为特征。依据这些特征, 将其归入辽宁龙。辽宁龙化石大量发现于义县和凌源等地区的义县组, 之前仅有一例九佛堂组的化石报道。本次发现进一步表明辽宁龙在辽西地区可能具有更为广泛的古地理分布和时代延续。同时, 辽宁龙成体化石的缺失和幼体化石的大量发现, 暗示了以森林-湖泊为主的热河生态系统或许更适于幼年甲龙的生存。

关键词:辽西; 热河生物群; 早白垩世; 九佛堂组; 甲龙类; 辽宁龙

中图分类号: P641.1

文献标志码: A

First discovery of Ankylosaurian fossil from the Early Cretaceous Jiufotang Formation of Jianchang, western Liaoning

ZHOU Changfu¹, LIU Qing¹, WANG Xinyue¹, ZHANG Honggang^{1,2}

(1. College of Earth Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology,

Qingdao, Shandong 266590, China;

2. Paleontological Museum of Liaoning, Shenyang Normal University, Shenyang, Liaoning 110034, China)

Abstract: This study describes an Ankylosaurian fossil from the Early Cretaceous Jiufotang Formation of Jianchang, western Liaoning, which is the first record in this area. The fossil is a juvenile skeleton, about 300 mm long, characterized by premaxillary teeth, mandibular articular fossa lower than the horizontal level of the tooth row, elongated prezygapophysis of distal caudal vertebrates, and triangular claws in dorsal view. Based on these features, we assign it to *Liaoningosaurus*, which is flourished in underlying Yixian Formation of Yixian and Lingyuan areas. As a second evidence in Jiufotang Formation, this discovery further supports the possible wider paleogeographic and temporal distribution of *Liaoningosaurus* in western Liaoning. Furthermore, the lack of adults and plenty of juveniles of *Liaoningosaurus* imply that the forest-and lake-dominated Jehol ecosystem might be more suitable for the survival of juvenile Ankylosaurians.

Key words: western Liaoning; Jehol Biota; Early Cretaceous; Jiufotang Formation; Ankylosaurian; *Liaoningosaurus*

建昌盆地是辽西地区中生代的一个重要沉积盆地, 产出了大量的热河生物群化石(图 1)。近十多年来, 在该地区相继发现了大量的四足动物化石, 比如龟鳖类、蜥蜴类、离龙类、恐龙类、鸟类和哺乳动物等类群^[1-9]。但恐龙化石的研究程度较低, 仅发现有驰龙类的长羽盗龙(*Changyuraptor*)和镰刀龙类的建昌龙(*Jianchangosaurus*)等属种^[6-7]。本研究报道了一件产自建昌喇嘛洞九佛堂组的甲龙类化石, 代表了该地区

收稿日期: 2021-03-19

基金项目: 国家自然科学基金国际合作与交流项目(42161134003); 山东省高等学校优秀青年创新团队支持计划项目(2019KJH004); 山东省泰山学者青年专家计划项目(tsqn201812070)

作者简介: 周长付(1979—), 男, 山东枣庄人, 教授, 博士生导师, 主要从事中生代四足动物分类与演化研究。

E-mail: zhoucf528@sdust.edu.cn

的首次发现。

甲龙类(Ankylosauria)是一个奇特的恐龙类群,身披骨甲(甚至头骨也被骨甲),四足行走,以植物为食。该类群化石分布广泛,最早发现于中侏罗世,最晚延续至白垩纪末期^[10]。我国的甲龙类化石也较为丰富,主要集中于北方地区。其中,辽宁西部地区早白垩世热河生物群的甲龙类化石发现数量最多,但研究程度不高^[11-16]。目前,在该地区仅建立了2属2种:奇异辽宁龙(*Liaoningosaurus paradoxus*)^[11]和朝阳传奇龙(*Chuanqilong chaoyangensis*)^[12]。辽宁龙的发现数量最多,已报道有几十至上百件骨架,皆为幼年个体,化石主要集中于阜新一义县盆地和凌源—三十家子盆地的义县组^[11-14],仅有一件化石产自喀左盆地的九佛堂组^[15]。但传奇龙化石很少,仅一件正型标本,产自喀左盆地的凌源白石嘴^[12]。另外,在喀左县小城子的九佛堂组也报道过2块不完整的甲龙类骨骼(肩胛乌喙骨和肱骨)^[16]。上述九佛堂组化石的发现都集中于喀左盆地。因此,新标本在建昌盆地的发现进一步增加了九佛堂组甲龙类化石的数量和分布范围(图1)。

本研究对这一化石进行了描述,标本为一个幼体骨架,体长约300 mm,具有辽宁龙的一些鉴定特征,如前颌齿发育,末端尾椎前关节突拉长,指/趾爪背视呈三角形等。该发现增加了对辽宁龙的骨骼形态、生态习性以及古地理分布和地层延续等方面的认识。

1 材料与方法

1.1 标本材料

PMOL-AD00105为一件近完整的关联骨架(图2),呈压型保存,收藏于辽宁古生物博物馆。化石分为正板(A)和副板(B);副板(图2)的骨骼分布更为清晰,被作为本次研究描述的重点。PMOL-AD00105为一幼年个体,体长约300 mm;可见分离的椎体、椎弓以及未骨化的腕骨等。

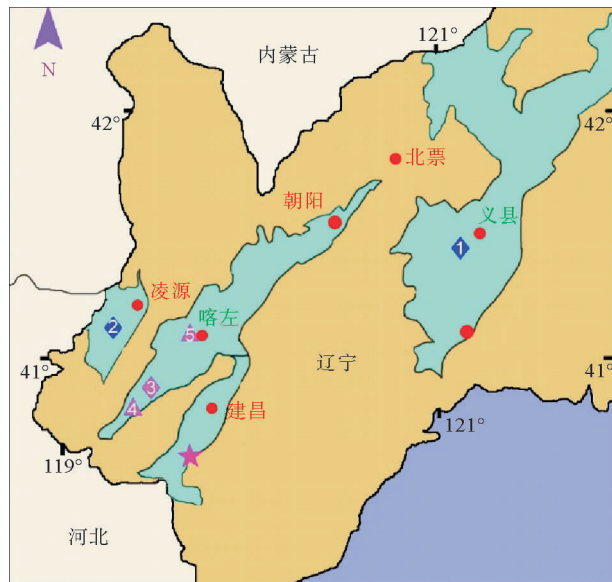
1.2 技术方法

化石和图片处理:化石的正、副板都经过清理和加固;在双目实体显微镜下,使用碳钢针对部分骨块进行了手工修雕,使其形态充分暴露;借助数码相机对化石标本进行拍照,并利用Photoshop软件进行图片处理和线条绘制等工作。机构名称简写:IVPP—中国科学院古脊椎动物与古人类研究所;PMOL—辽宁古生物博物馆;XHPM—星海古生物博物馆。

2 描述与比较

2.1 头骨

头骨受到劈开的影响,骨块暴露较差,仅可鉴别出上下颌骨以及部分牙齿。前颌骨部分暴露,可见2~3个空齿槽;上颌骨可见残存的齿根和空的齿槽。据此推断可能具有8~9枚牙齿,比正型标本少1~2枚。左右下颌骨都有暴露,可见较完整的齿列以及部分牙齿特征。前颌骨未能识别,可能已脱离。右侧夹板骨位于齿骨内侧,呈薄板状;前部与齿列的前端平齐,向后延伸可与下颌骨最高处平齐。下颌的冠状突较弱,与齿列高度相当。在传奇龙(*Chuanqilong*)中,冠状突明显发育,高于齿列^[12];下颌关节窝位置较低,明显低于下颌齿列。这一特征也不同于传奇龙,后者的关节窝位置较高,近于齿列平齐^[12]。下颌外窗闭合,但在正型



1—阜新一义县盆地的义县王家沟,义县组;2—凌源—三十家子盆地的凌源市大王杖子;3—喀左盆地的凌源市四合当,九佛堂组;4—喀左盆地的凌源市白石嘴,九佛堂组;5—喀左盆地的喀左县小城子,九佛堂组;★—建昌盆地的建昌县喇嘛洞,九佛堂组

图1 辽西地区热河生物群甲龙类化石点和中生代古盆地分布图

Fig. 1 Fossil localities of Ankylosaurian in the Jehol Biota and Mesozoic basins in western Liaoning

呈近似五边形,前中部发育一个明显突;两侧发育明显的关节凹面,可能用以关联乌喙骨;后侧突发育较弱;后缘中部呈弧形。与之相比,甲龙类的胸骨多呈桨状或菱形,且发育一明显的后侧突^[17]。



图3 辽宁龙(PMOL-AD00105)的下颌牙齿侧视图

Fig. 3 Labial side of dentary teeth of *Liaoningosaurus* (PMOL-AD00105)

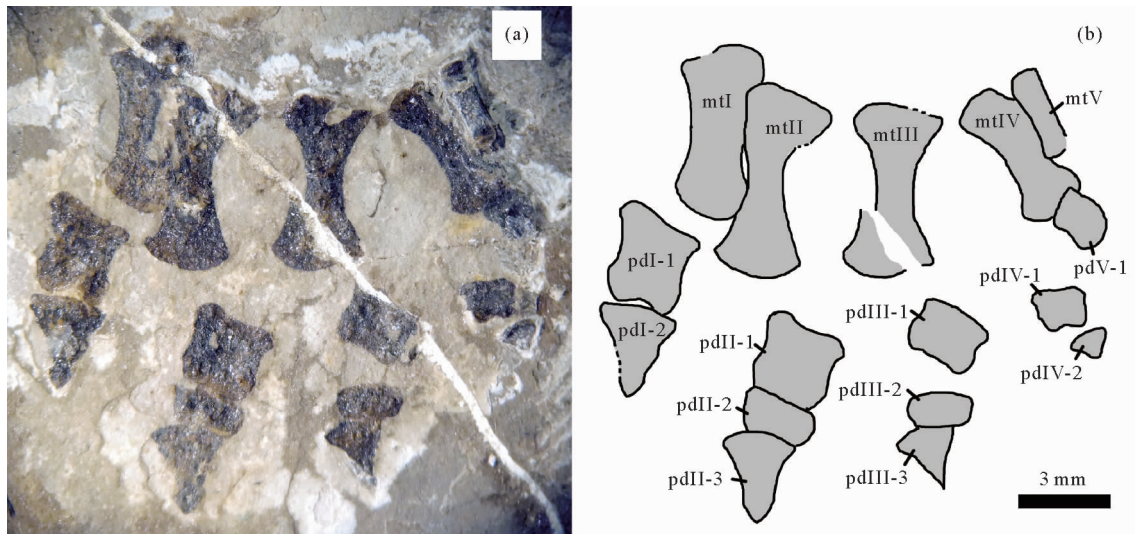
肱骨与辽宁龙已知标本(IVPP V12560 和 XHPM-1206)相似,但比其它甲龙类明显纤细,可能属于幼年阶段特征。肱骨的近端宽大,约占其长度的35%。三角肌嵴发育,长度约占肱骨的一半。肱骨的中部明显收缩,最窄处的直径不及肱骨近端的一半。肱骨向远端逐渐加宽,其宽度与近端相当。

尺骨和桡骨明显短于肱骨。尺骨较桡骨强壮,并在近端发育鹰嘴突。鹰嘴突短,与其它幼年个体相似,如绘龙(*Pinacosaurus*)和传奇龙,不同于强烈发育的成年个体,可能代表了甲龙类的一个发育特征^[12]。桡骨呈棒状,远端较近端膨大。腕骨没有骨化。同一情况也见于IVPP V12560 和 XHPM-1206^[11,13],可能属于幼年阶段特征。

左前足保存较好(图4)。5块掌骨都有保存,并呈发散状排列。第1~4掌骨发育程度相当,但第2掌骨稍长一些。与之相比,第5掌骨明显短小,不及第2掌骨的一半。掌骨远端与指骨的间隙明显,暗示其软骨化程度较高。指骨保存较好,为2-3-3-2-1+。辽宁龙正型标本(IVPP V12560)的指骨被报道为2-3-3-2^[11],缺少第5指可能是由于保存的问题,因为第5指也完整的保存在XHPM-1206中^[13]。因此,完整的指骨应为2-3-3-2-2^[15]。指节短粗,前4指具爪,第5指的指爪未保存。第1指的第1指节最大,长稍大于宽,其它指节的长度皆小于宽度,特别是第2和3指的第2指节,长度不及宽度的一半。指爪呈三角形,近端最宽,向远端快速变窄。这一特征也见于传奇龙和倍甲龙(*Dyoplosaurus*),不同于其它甲龙类群的蹄状指爪^[17]。

在腰带中,肠骨的特征最为明显,呈长板状,其长度远大于股骨。肠骨的髌臼前突最为发育,向前侧方延伸,并与另外一侧肠骨呈近90°夹角。这一特征符合甲龙类背部宽大的特点^[10,15,17]。髌臼后突强烈收缩变短。髌臼没有观察到。甲龙类恐龙的髌臼通常是内侧封闭的,而不同于大多数恐龙开放性的髌臼^[10]。此外,一块短而弯曲的骨块位于右侧肠骨的内侧,可能为耻骨。耻骨通常与肠骨愈合,所以特征不是很清楚。标本保存的耻骨,近端宽大,远端腹向弯曲变窄,侧视呈钩爪状,不同于棒状的坐骨。

股骨保存较差,仅可观察出左侧股骨的外形。股骨长约27.8 mm,稍长于胫骨和腓骨。在甲龙类中,股骨和胫骨长度相当,曾被认为是幼年发育阶段特征,但是相似的比例也出现在体形较大的克氏龙(*Crichtonsaurus*)和传奇龙中,说明股骨/胫骨比例也具有一定的分类意义^[12,15]。股骨两端宽大,中部收缩变窄,最窄处为4.7 mm,约为远端宽度(9 mm)的一半。



mtI-V—第1-5趾骨; pdI-1-2—第1趾骨; pdII-1-3—第2趾骨; pdIII-1-3—第3趾骨; pdIV-1-2—第4趾骨; pdV-1—第5趾骨第1趾节

图4 辽宁龙(PMOL-AD00105)左前足的照片(a)和线条图(b)

Fig. 4 Photograph (a) and line drawings (b) of left manus of *Liaoningosaurus* (PMOL-AD00105)

胫骨明显比腓骨粗壮。胫骨的两端宽大,中间收缩变窄,最窄处不及两端的一半。腓骨纤细,呈棒状;近端轻微扩展,并逐渐向远端收缩。腓骨远端被胫骨覆盖,其发育程度不能确定。跗骨明显骨化,近端与胫骨关联。

后足在左侧暴露较好,可见3块跗骨(第2~4跗骨),而两侧的第1跗骨和第5跗骨未见保存。相似的情况也存在于右侧,因此较难判断是否为保存问题。不过,辽宁龙在已知标本(IVPP V12560和XHPM-1206)中,5块跗骨都有发育^[11,13]。跗骨在甲龙类恐龙中的变化较大,既有5块跗骨的蜥结龙(*Sauropelta*),也有4块跗骨的篮尾龙(*Talarurus*)以及3块跗骨的包头龙(*Euoplocephalus*)。功能性的跗骨都是第2~4跗骨^[10]。跗骨明显比掌骨发育,长度约为后者的2倍,类似于IVPP V12560和XHPM-1206,以及传奇龙和怪嘴龙(*Gargoyleosaurus*)^[11-12]。

趾骨的暴露较差,完整的趾式不能确定。近端,趾骨与跗骨关节紧密,没有明显空隙,表明跗骨的骨化程度高,不同于软骨化程度高的前足。前后足骨化程度的差异可能暗示后足在运动过程中的功能性较前足大。此外,趾节粗壮,彼此间的关节也较为紧密。

盾甲(Armor)在颈部可观察到2列,与正型标本(IVPP V12560)类似。第1列包括近乎对称的两段:左侧的位于左侧肩带之前,由2块关节大小不等的甲片构成,外侧端很小,而内侧端呈带状;右侧的靠近右侧肱骨保存,结构和组成也与左侧相同。二者之间的区域也有些分散骨块,但无法判断是否为甲片。第2列的保存位置靠近左侧肱骨和肩带,是由2块大小相当的带状甲片关联而成。盾甲在其它部位未见保存,可能是未发育。相似的情况也见于其它标本(IVPP V12560和XHPM-1206)以及绘龙的幼年标本^[11,17]。

3 讨论

新标本(PMOL-AD00105)展示了甲龙类恐龙的一些典型特征,比如:背部宽大,背肋侧向延伸强烈;肋骨向前外侧延伸;颈部发育多列盾甲^[10,17]。甲龙类化石在辽西热河生物群中已发现有辽宁龙(*Liaoningosaurus*)和传奇龙(*Chuanqilong*)^[11-12]。其中,辽宁龙的体形很小,体长通常不超过半米,发育壳状腹甲,梯形胸骨发育一个后侧突和一个短的内侧关节面,后足长于前足的2倍^[11]。之后,辽宁龙的鉴定特征被修订为以下特征组合:前颌齿发育,指/趾爪背视呈三角形,远端尾椎的前关节突拉长,延伸至前一个椎体的中部^[17]。相比,传奇龙属于大型甲龙类,虽然正型标本为幼年个体,但体长已达4.5 m。它的鉴定特征较多,包括:泪骨纤细,呈楔形;下颌关节窝与齿列平齐;关节后突长;坐骨中部收缩;肱骨与股骨的长度比为0.88;

肱骨的近端宽度为长度的一半;三角形的指/趾爪^[12]。然而,由于化石保存的限制,二者的鉴定特征难以有效比对,比如辽宁龙的头骨特征形态信息不多,传奇龙的前颌齿情况不明,幼体特征的可靠性仍待检验^[17]。一个较为有效的区别特征是末端尾椎的前关节突:在辽宁龙中明显拉长,但在传奇龙中则较短^[11-12,15,17]。新标本发育辽宁龙的鉴定特征组合,其中末端尾椎上也具有加长的前关节突。此外,新标本的下颌关节窝位置明显低于下颌齿列,也区别于传奇龙。因此,本研究将新标本(PMOL-AD00105)归入辽宁龙。

辽宁龙化石已报道有几十至上百件骨架,多数体长不超过 500 mm^[11,13-15]。这些化石的骨化程度低,具有明显的幼年发育阶段特征,比如椎体和椎弓分离,可能都属于幼年个体^[11,14-15,17]。但也有不同观点,认为辽宁龙的骨化程度低,可能是适应水生或半水生习性的结果,不能被视为幼体的判别特征^[13]。但是,这一说法没有得到骨组织学的支持^[14-15]。相反,骨组织学特征显示了这些个体仍处于生长发育的早期,年龄不超过 1 岁^[14-15]。新标本与其它辽宁龙化石相似,体形很小,体长仅为 300 mm,骨化程度低,代表了一个幼年个体。这表明辽宁龙在九佛堂组的化石发现与义县组相似,也以幼体化石为主。鉴于成体化石的缺失和幼体化石的大量发现,这或许说明了以森林-湖泊为主的热河生态系统更适于幼年甲龙的生存。

新标本的发现揭示了一些新的特征,比如下颌齿、下颌外窗、胸骨等。下颌齿的形态与上颌齿不同,不发育齿环,棱嵴发育不强烈。相比,上颌齿的齿环发育,棱嵴向下延伸较远,近乎达到齿冠的基部^[11,13]。下颌外窗在正型标本(IVPP V12560)中被描述为开放^[11],但新标本显示下颌外窗应该为闭合。这一情况符合甲龙类头骨特点,头骨骨化程度高,并发育次生骨板,以增加防护^[10,17]。胸骨在正型标本(IVPP V12560)中有过描述,但特征并不明确^[11,17]。新标本保存了一个近似五边形的复合骨块,可能代表了一对胸骨。该胸骨的后侧突发育较弱,但在外侧发育一个明显的关节凹面,可能用以关联乌喙骨。这一特征不同于已知的甲龙类的胸骨:形态多为桨状或菱形,并发育一明显的后侧突^[17]。如果判断正确的话,新标本将支持之前的描述,辽宁龙可能具有一个独特的胸骨^[11]。

此外,新标本的发现进一步扩展了辽宁龙的古地理分布。过去,辽宁龙化石集中于义县和凌源等地的义县组,分属于阜新一义县盆地和凌源—三十家子盆地,仅有一件标本产自喀左盆地的九佛堂组(图 1)^[11,13-15]。新标本的发现不仅将辽宁龙的古地理分布扩展至建昌盆地,而且进一步确立了其在九佛堂组的地层分布。这也表明了辽宁龙在辽西地区可能具有更为广泛的古地理和地层分布。作为一个典型的陆生类群,辽宁龙在这些盆地的分布,表明盆地间具着一定的生物交流和延续。因此,作为热河生物群化石的一个重要富集地,建昌盆地的生物多样性,尤其是恐龙多样性,未来需要更多关注。

4 结论

研究了一件产自建昌喇嘛洞地区九佛堂组的幼年甲龙类化石,并将其归入辽宁龙。这一发现不仅将辽宁龙的古地理分布扩展至建昌盆地,而且进一步确立了其在九佛堂组的地层分布。同时,基于辽宁龙成体化石的缺失和幼体化石的大量发现,这或许说明以森林-湖泊为主的热河生态系统更适于幼年甲龙的生存。

参考文献:

- [1] ZHOU C F. A new eucryptodiran turtle from the Early Cretaceous Jiufotang Formation of western Liaoning, China[J]. *Zootaxa*, 2010, 2676(1): 45-56.
- [2] LI L, JOYCE W G, LIU J. The first soft-shelled turtle from the Jehol Biota of China[J/OL]. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 2015, 35. DOI: 10.1080/02724634.2014.909450.
- [3] WANG Y, EVANS S E. A gravid lizard from the Cretaceous of China and the early history of squamate viviparity[J]. *Naturwissenschaften*, 2011, 98(9): 739-743.
- [4] 周长付, 王超凡, 常美静. 辽西建昌早白垩世九佛堂组矢部龙新材料研究[J]. *山东科技大学学报(自然科学版)*, 2021, 40(1): 1-7.
ZHOU Changfu, WANG Chaofan, CHANG Meijing. New material of *Yabeinosaurus* from the Early Cretaceous Jiufotang Formation of Jianchang, western Liaoning, China[J]. *Journal of Shandong University of Science and Technology(Natural Science)*, 2021, 40(1): 1-7.
- [5] 张伟, 高克勤. 辽西早白垩世离龙类地理地史分布及其演化[J]. *古地理学报*, 2014, 16(2): 205-216.

- ZHANG Wei, GAO Keqin. Early Cretaceous evolution of choristoderes in western Liaoning based on geographic and stratigraphic evidence[J]. *Journal of Palaeogeography*, 2014, 16(2): 205-216.
- [6] HAN G, CHIAPPE L M, JI S A, et al. A new raptorial dinosaur with exceptionally long feathering provides insights into dromaeosaurid flight performance[J]. *Nature Communication*, 2014, 5: 1-9.
- [7] PU H, KOBAYASHI Y, LÜ J, et al. An unusual basal therizinosaur dinosaur with an ornithischian dental arrangement from northeastern China[J/OL]. *PLoS ONE*, 2013, 8(5). DOI: 10.1371/journal.pone.0063423.
- [8] ZHOU Z H, LI Z H. A new Lower Cretaceous bird from China and tooth reduction in early avian evolution[J]. *Proceedings of the Royal Society B*, 2010, 277(1679): 219-227.
- [9] MENG J, WANG Y Q, LI C. Transitional mammalian middle ear from a new Cretaceous Jehol eutriconodont[J]. *Nature*, 2011, 472(7342): 181-185.
- [10] VICKARYOUS M K, MARYANSKA T, WEISHAMPEL D B. *Ankylosauria*[M]// WEISHAMPEL D B, P, OSMÓLSKA H. *The dinosauria* (second edition). Berkeley: University of California Press, 2004: 363-392.
- [11] XU X, WANG X L, YOU H L. A juvenile ankylosaur from China[J]. *Naturwissenschaften*, 2001, 88(7): 297-300.
- [12] HAN F, ZHENG W, HU D, et al. A new basal Ankylosaurid (dinosauria; ornithischia) from the Lower Cretaceous Jiufotang Formation of Liaoning Province, China[J/OL]. *PLoS ONE*, 2014, 9(8). DOI: 10.1371/journal.pone.0104551.
- [13] 季强, 吴肖春, 程延年, 等. 中国辽西白垩纪甲龙(恐龙, 鸟臀目)研究新进展[J]. *地质学刊*, 2016, 40(2): 183-190.
- JI Qiang, WU Xiaochun, CHENG Yennien, et al. Fish hunting Ankylosaurs (dinosauria, ornithischia) from the Cretaceous of China[J]. *Journal of Geology*, 2016, 40(2): 183-190.
- [14] 郑文杰, 徐星, 金幸生. 奇异辽宁龙(鸟臀类: 甲龙亚目)的骨组织学和骨骼形态学[C]// 中国古生物学会第十二次全国会员代表大会暨第29届学术年会论文摘要集. 郑州: 中国古生物学会, 2018: 98.
- [15] 郑文杰. 中国白垩纪甲龙科新材料及甲龙科的早期演化[D]. 北京: 中国科学院大学, 2018.
- ZHENG Wenjie. New materials of Ankylosaurs from the Cretaceous of China and its early evolution[D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences, 2018.
- [16] JI S, ZHANG L, ZHANG S, et al. Large-sized Ankylosaur (dinosauria) from the Lower Cretaceous Jiufotang Formation of western Liaoning, China[J]. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 2014, 88(4): 1060-1065.
- [17] ARBOUR V M, CURRIE P J. Systematics, phylogeny and palaeobiogeography of the Ankylosaurid dinosaurs[J]. *Journal of Systematic Palaeontology*, 2016, 14(5): 385-444.

(责任编辑:高丽华)