文章编号：1004—5589（2018）02—0327—07

辽西热河生物群一新的巨龙型类恐龙

周长付[1,2,3]，吴文昊[4]，关谷透[5]，董枝明[6]

1. 沈阳师范大学 古生物研究所，沈阳 110034；
2. 辽宁古生物博物馆，沈阳 110034；
3. 山东科技大学 地球科学与工程学院，山东 青岛 266590；
4. 吉林大学 古生物学与地层学研究中心，长春 130026；
5. 日本福井县立恐龙博物馆，福井 胜山 911－8601，日本；
6. 中国科学院 古脊椎动物与古人类研究所，北京 100044

摘要：初步研究了辽西地区热河生物群的一具近完整的蜥脚类恐龙骨架，其代表了一新的巨龙型类恐龙——中国辽宁巨龙（*Liaoningotitan sinensis* gen. et sp. nov）。其主要特征为：上颌骨腹缘下凸，上颌齿列短且位于前部；颧骨前端近平齐于眶前窗的前缘；翼骨的方骨支基部收缩；上颌齿呈叠瓦状排列；上颌齿冠窄勺形，切面呈D字形，缺失唇侧沟和小锯齿；下颌齿9枚，明显小于上颌齿，排列稀松；下颌齿冠不对称，切面呈椭圆形，舌侧的沟和嵴发育，齿冠基部向舌侧膨大；肱骨近端扩展，约为长度的54.9%；肠骨前髋臼突前端较尖。初步的支序分析显示，辽宁巨龙属于巨龙型类恐龙，是比盘足龙和梁龙更为进步的类群。

关键词：辽西；热河生物群；早白垩世；义县组；巨龙型类

中图分类号：Q915.864　　**文献标识码**：A　　**doi**：10.3969/j.issn.1004-5589.2018.02.001

A new titanosauriformes dinosaur from Jehol Biota of western Liaoning, China

ZHOU Chang-fu[1,2,3], WU Wen-hao[4], SEKIYA Toru[5], DONG Zhi-ming[6]

1. *Paleontological Institute, Shenyang Normal University, Shenyang 110034, China*;
2. *Paleontological Museum of Liaoning, Shenyang 110034, China*;
3. *College of Earth Science and Engineering, Shandong University of Science & Technology, Qingdao 266590, Shandong, China*;
4. *Research Center of Paleontology & Stratigraphy, Jilin University, Changchun 130026, China*;
5. *Fukui Prefectural Dinosaur Museum, Fukui 911-8601, Katsuyama, Japan*;
6. *Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, CAS, Beijing 100044, China*

Abstract: A nearly complete sauropod skeleton, collected from the Jehol Biota of western Liaoning, is described briefly as a new titanosauriformes, *Liaoningotitan sinesis* gen. et sp. nov. Its diagnostic characters include: ventral margin of maxilla is convex, upper tooth row is short and anteriorly positioned; anterior extension of jugal nearly reaches the level of the anterior margin of the antorbital fenestra; quadrate wing of the pterygoid constricted basally; upper teeth are imbricated, narrow spatulate crown is D-shaped in cross section, with labial grooves and

收稿日期：2017-02-02；**改回日期**：2017-03-29
基金项目：国土资源部公益性行业专项经费（201311120）与辽宁省百千万人才工程（千层次）项目（2014Q110）联合资助.
通讯作者：吴文昊（1981－），男，副教授，主要从事中生代古脊椎动物研究. E-mail：paleovert@jlu.edu.cn

denticles absent; well reduced and un-imbricated nine lower teeth; lower tooth crown is asymmetric, elliptical-like in cross section, lingual grooves and ridge present, basal crown bulbous lingually; proximal expansion of the humerus is about 54.9% the length of the humerus, ilium with a pointed preacetabular process. Preliminary result of the phylogenetic analysis shows that *Liaoningotitan* falls into the clade of titanosauriformes, and is more derived than *Euhelopus* and *Brachiosaurus*.

Key words: western Liaoning; Jehol Biota; Early Cretaceous; Yixian Formation; titanosauriformes

0 引言

热河生物群是白垩纪早期一个重要的世界级化石宝库，已发现大量精美的动植物化石，如带羽毛恐龙，早期鸟类，哺乳动物，以及早期被子植物等门类。与已发现的数量较多的带毛恐龙和鸟臀类恐龙相比，大型蜥脚类恐龙化石发现稀少，仅见零星牙齿和部分头后骨架[1,2]。2007年，沈阳师范大学古生物博物馆在辽西北票小北沟下白垩统义县组发掘出一具近乎完整的蜥脚类恐龙骨架。经初步研究，该骨架代表了一个新的巨龙型类恐龙。此外，该化石还保存了头骨和下颌骨，揭示了一些重要的头骨特征（比如：上颌骨腹缘下凸，仅在前部发育齿列；颧骨前端近平齐于眶前窗的前缘；翼骨的方骨支基部收缩；下颌骨U形；上颌齿呈叠瓦状排列；齿冠窄勺形，切面呈D字形，缺失唇侧沟和小锯齿；下颌齿9枚，明显小于上颌齿，排列稀松；下颌齿冠不对称，切面呈椭圆形，舌侧的沟和嵴发育，齿冠基部向舌侧膨大），为研究巨龙型类恐龙的头骨形态演化提供了重要依据。系统的骨骼学研究将在未来详细开展。

1 材料与方法

标本编号为PMOL-AD00112（图1-3），收藏于辽宁古生物博物馆。该标本为一具压型保存的，近完整的蜥脚类恐龙骨架，保存有头骨和下颌骨，以及近关联的头后骨骼。在辽宁古生物博物馆，标本经过专业修理；头骨和下颌骨，以及附肢骨已与围岩分离，暴露较好；但中轴骨骼仍以一侧面暴露。

系统发育分析是通过Paup＊4.0 beta10[3]的分支和绑定搜索（Branch and Bound Search），共产生6个最简约树，步长425（CI=0.616 5，HI=0.383 5，RI=0.774 6），严格合意树见图4。性状矩阵基于Wilson[4]的研究，包括80个分类单元和234个性状特征；其中，盘足龙的特征编码更新自Wilson & Upchurch[5]的研究。辽宁巨龙的性状编码见表1。

2 系统古生物学

恐龙超目 Dinosauria Owen，1842

蜥臀目 Saurischia Seeley，1887

蜥脚亚目 Sauropoda Marsh，1878

巨龙型类 Titanosauriformes Salgado et al.，1997

辽宁巨龙（新属）*Liaoningotitan* gen. nov.

词源：‘*Liaoning*’（汉语拼音）辽宁，新属产地所在省区；‘*titan*’（希腊语），希腊神话中的巨兽，常被用来形容大型蜥脚类恐龙。

属征：辽宁巨龙区别于其他巨龙型类恐龙的特征组合：前颌骨相对较宽；上颌骨腹缘下凸，仅在前部发育齿列；颧骨前端近平齐于眶前窗的前缘；翼骨的方骨支基部收缩；上颌齿呈叠瓦状排列；上颌齿冠窄勺形，切面呈D字形，缺失唇侧沟和小锯齿；下颌齿9枚，明显小于上颌齿，排列稀松；下颌齿冠不对称，切面呈椭圆形，舌侧的沟和嵴发育，齿冠基部向舌侧膨大；肱骨近端扩展，约为长度的54.9%；肠骨前髋臼突前端较尖。

中国辽宁巨龙（新属、新种）

***Liaoningotitan sinensis* gen. et. sp. nov.**

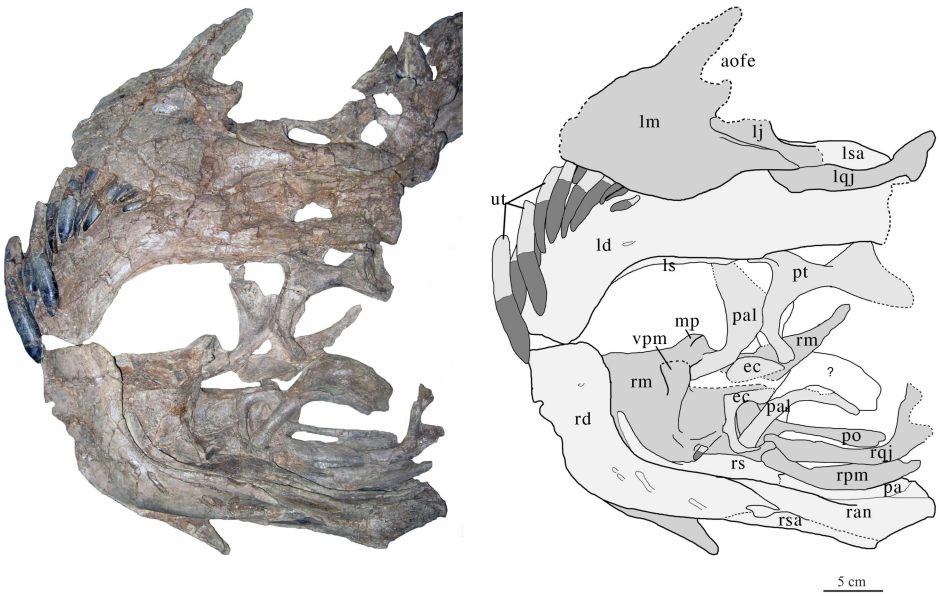
（图1-3，表1）

词源：‘sino’（拉丁文）中国，化石产地所在国家。

模式标本：PMOL-AD00112，一近完整的骨架，包括有头骨和下颌骨。

产地与层位：辽宁西部北票市上园镇小北沟；早白垩世义县组尖山沟层（约125 Ma[6]）。

种征：同属征。



Aofe. antorbital fenestra 眶前窗；ec. ectopterygoid 外翼骨；l. lacrimal 泪骨；ld. left dentary 左齿骨；lj. left jugal 左颧骨；lm. left maxilla 左上颌骨；lqj. left quadratojugal 左方颧骨；ls. left splenial 左夹板骨；lsa. left surangular 左上隅骨；mp. medial process of maxilla 上颌骨内侧突；pa. prearticular 前关节骨；pal. Palatine 腭骨；po. postorbital 眶后骨；pt. pterygoid 翼骨；ran. right angular 右隅骨；rd. right dentary 右齿骨；rm. right maxilla 右上颌骨；rpm. right premaxilla 右前颌骨；rqj. right quadratojugal 右方颧骨；rs. right sphenial 右夹板骨；rsa. right surangular 右上隅骨；ut. upper teeth 上颌牙齿；vpm. ventral process of maxilla 上颌骨腹突；?. unknown element 未知骨块.

图 1　辽宁巨龙的头骨和下颌骨

Fig. 1　Skull and lower jaws of *Liaoningotitan sinensis* gen. et sp. nov.

表 1　中国辽宁巨龙的性状编码

Table 1　The codings of *Liaoningotitan sinensis* gen. et sp. nov.

10	20	30	40	50	60	
?? 10? ?????	?? 0?? 0????	????? ???? 1	? 1??? ?? 1? 1	? 0??? ?????	???? 0 0????	
70	80	90	100	110		
? 1?? 1 20111	12100 0? 1??	011?? 01???	? 1010 1? 110	10101 10???		
120	130	140	150	160	170	
?? 0?? ?? 10?	????? ?????	10010 0 – – ? 0	? 10 – 0 ? 011?	1???? ??? 01	? 101? ? 0?? 0	
180	190	200	210	220	230	234
11?? 0 ? 1011	? 10? 1 1? 1??	0110? 11? 1?	? 0? 10 ?????	????? ? 100?	11? 0? ?????	????

描述及对比

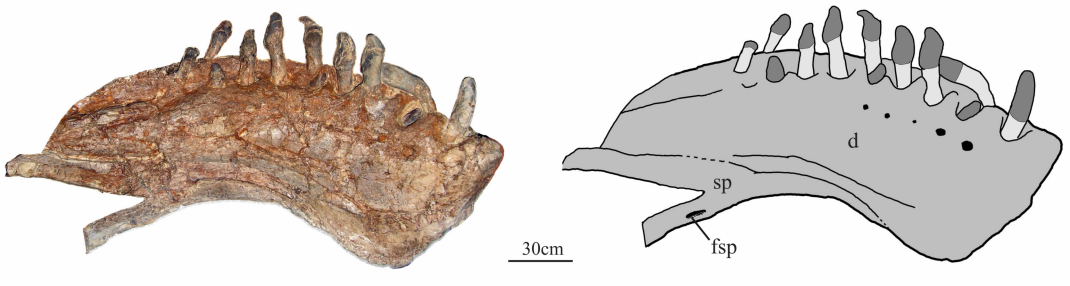
头骨（图 1）：吻端短而高，同盘足龙、圆顶龙和腕龙，但不同于吻端拉长的巨龙类和梁龙类。同盘足龙和圆顶龙，辽宁巨龙的前颌骨近长方形，相对较宽，大约为上颌骨口缘的一半长度。前颌骨的升支细长，背侧发育一纵向的沟，用以关联鼻骨。

上颌骨大而呈板状，口缘向下微凸，前半部分排列有牙齿。口缘的后部明显翘起。颧骨支纤细，向后可能与方颧骨连接。背侧，上颌骨参与构成眶前窗。眶前窗的下方，上颌骨发育一凹缺，可能用以连接泪骨和颧骨。上颌骨的背支较长，长度与上颌齿列相当；基部向内发育一内侧突。

颧骨位置靠前，与眶前窗的前缘近平齐，这也是辽宁巨龙的一个鉴定特征。后腹方，颧骨背腹向收缩变窄，构成下颞窗的腹缘。方颧骨细长呈棒

状；前部收缩变尖，发育一个倾斜的前腹缘；后部发育一背突，夹角近 90°。该突内凹、外凸。泪骨保存部分纤细呈棒状，直径 6.1 mm；腹末端扩展呈板状，可能叠覆于颧骨外侧。

腭部骨骼分散保存在上下颌之间的区域中，可鉴定出犁骨、腭骨、外翼骨和翼骨等骨块。左侧犁骨保存，呈板状；侧视，近三角形，最大长度 74.8 mm，最大高度 29 mm。腭骨的主体也为板状，但发育一棒状的上颌骨支。主体窄，近三角形。上颌骨支长，切面近圆形，同圆顶龙。外翼骨呈板状，卵圆形，发育一侧突。侧突呈棒状，并与外翼骨主体构成一明显的弧形。侧突的末端扩展，形成一个板状的关节面。翼骨呈三射状，发育前突、侧突和后侧的方骨支。前突宽而呈扇状，背缘直。侧突弯曲呈棒状。方骨支背腹向扩展，并在后部分叉，背侧突短于腹侧突。方骨支的腹缘近圆弧形。方骨支的基部强烈收缩，呈瓶颈状，切面为近圆形，同梁龙，但不同于未收缩的其他蜥脚类恐龙（如圆顶龙、腕龙和 *Rapetosaurus*）。



d. dentary 齿骨；fsp. foramen of splenial 夹板骨孔；sp splenial 夹板骨.

图 2 辽宁巨龙的左下颌骨内视图

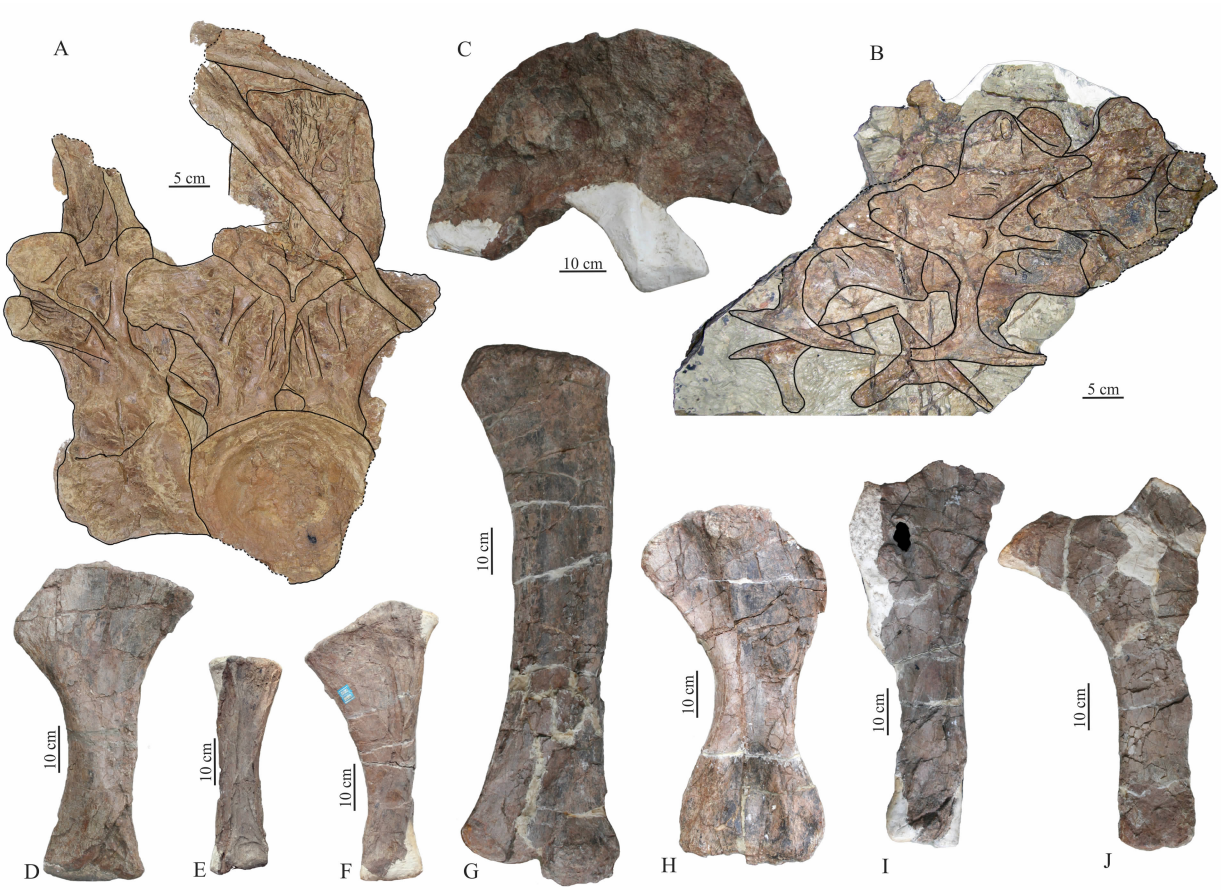
Fig. 2 Left mandible of *Liaoningotitan sinensis* gen. et sp. nov. in medial view

下颌骨（图 1 和图 2）：腹视，呈 U 字形。下颌骨腹缘的长度为 360 mm。齿骨联合腹向轻微扩展。由于挤压破碎的原因，下颌外窗的发育情况不能确定。齿骨为下颌中最大的骨块，腹缘的长度为 225 mm。齿骨的前半部强烈内弯，与后半部近成 90°。后部，齿骨发育一个腹侧突，部分覆盖隅骨。隅骨构成下颌骨的后腹部。内侧，夹板骨呈板状，向前收缩，近乎延伸至齿骨联合。在夹板骨的前腹部发育一个裂隙状的孔。该孔在左右两侧的夹板骨上都有发育。该孔呈前后向延伸，位置比 *Nemegtosaurus* 的孔更靠前[7]。后部，夹板骨发育一短突，可能镶嵌在前关节骨和隅骨之间，同腕龙和圆顶龙。

齿系（图 1 和图 2）：辽宁巨龙的齿系包括 4 枚前颌齿、8 ~ 9 枚上颌齿和 9 枚下颌齿。上颌齿列长约 210 mm，明显长于下颌齿列（150 mm）。同其他蜥脚类恐龙，最大的牙齿排列在前端，向后依次减小。上颌齿排列紧密呈叠瓦状；下颌齿排列稀松，具有明显的齿间隙（图 2）。同梁龙，上颌齿的齿冠轻微扩展，呈窄勺形（narrow spatulate），切面呈 D 字形。纤细指数（SI）[8]，即齿冠的背腹向的最大长度与前后向的最大宽度的比值，为 3.2 ~ 3.6。齿冠的唇侧面凸出，缺失唇侧沟和小锯齿；舌侧面光滑，缺失舌侧突起，不同于类似盘足龙的蜥脚类恐龙[1, 5, 9]。同其他巨龙型类恐龙，牙齿釉质层呈细密的纹饰，并向齿端变光滑。牙齿磨蚀面近与齿冠的舌侧面平行。

下颌齿 9 枚呈原位保存。它们排列稀松，齿间距明显大于上颌齿，SI 值在 1.45 ~ 2.2 之间。齿冠不对称，切面呈椭圆形。相对于齿冠的长轴，齿端略向舌侧和后侧倾斜。舌侧，舌侧嵴宽，致使齿冠的舌侧面略向内凸，并与前后缘分别形成一个短的舌侧沟。齿冠的基部向内膨大，切面近圆形。与上颌齿相比，下颌齿的磨蚀面没有发育。

中轴骨（图 3A – B）：前部颈椎短高，呈后凹型。前关节突向前延伸，超出椎体；而后关节突近与椎体后缘平齐。神经棘的背缘可能沿纵向分开。颈椎上的棱板发育，比如前关节突–横突，后关节突–横突，神经棘–横突等之间的棱板。椎体侧凹被一棱板分开。



A. dorsal vertebrae 背椎；B. cervical vertebrae 颈椎；C. ilium 肠骨；D. tibia 胫骨；E. radius 桡骨；F. ulna 尺骨；G. femur 股骨；H. humerus 肱骨；I. pubis 耻骨；J. ischium 坐骨.

图 3　辽宁巨龙的部分头骨骨骼（A－J）

Fig. 3　Selected elements of postcranial skeleton of *Liaoningotitan sinensis* gen. et sp. nov.

一些颈肋与颈椎呈分离保存，说明辽宁巨龙的颈肋和颈椎可能呈未愈合状态。在蜥脚类恐龙中，颈肋通常与颈椎愈合。颈肋为双头型，发育肋骨头和肋骨结节。肋骨结节细长，而肋骨头短粗。肋骨结节表面光滑，前后缘近平行，不同于肋骨结节发育刺状突的盘足龙[5]。近端，颈肋还发育一前突。相对于肋骨头和肋骨结节，前突明显短而纤细。肋骨的远端骨干拉长，略长于对应的颈椎，同盘足龙和圆顶龙，但区别于颈肋极度拉长的马门溪龙类恐龙[10]。

背椎后凹型。神经弓的高度约是椎体高度的两倍。神经棘向后背方倾斜。后视，神经棘顶端未分叉，两侧缘近平行；两侧宽度明显大于神经棘的前后长度。神经棘表面粗糙，发育很多小的圆形凹窝。横突侧向伸展。下椎弓突–下椎弓凹关节（hyposphene-hypantrum articulation）轻微发育。背椎的棱板发达，连接于横突、副突、神经棘、前关节突和后关节突等之间（图 3A）。

远端尾椎保存较好，呈侧视面暴露。椎体为前凹型。神经弓位于椎体的前部；前关节突长，明显超出椎体前缘；神经棘低，向后倾斜。

附肢骨骼（图 3C－J）：肩胛骨呈长板状，近端扩展；乌喙骨没有保存。前肢相对较长，约为后肢长度的 68.8%。肱骨长约 71 cm。近端扩展，约为肱骨长度的 54.9%；三角肌嵴粗壮且侧向扩展。肱骨远端的髁间窝发育较好。尺骨略短于肱骨，长约 53.5 cm。鹰嘴突发育明显。尺骨的近端约为远端宽度的 3 倍。桡骨明显纤细，长约 42 cm；近端发育一凹面，用以关节肱骨的桡骨髁；远端也呈凹形，外侧略低于内侧。

腰带的肠骨、耻骨和坐骨都保存较好。肠骨侧视呈近半圆形，背侧隆起，最高处约32 cm；腹缘长约71 cm，耻骨柄未保存，但前髋臼突保存较好，与蜀龙[11]相似，前髋臼突前端较尖、下弯；髋臼部分宽大，坐骨柄的位置破损，发育程度不能确定。耻骨长度大于74.5 cm，近端呈板状，可见弧形的髋臼部分；闭孔发育，长轴约6 cm，短轴约3 cm，位于耻骨近端的中后部。耻骨远端收缩变窄，末端保存不完整。坐骨长约68 cm，略短于肠骨和耻骨；呈三射状，发育明显的坐骨突和肠骨突；坐骨骨干远端收缩，边缘近平行。

股骨为肢骨中最长的骨块，左右侧长度分别为105 cm和108 cm。骨干的最小宽度分别为18 cm和21 cm。股骨头略向内倾斜，与骨干的夹角较小。胫骨明显短于股骨，长约60 cm。胫骨嵴非常发育，致使胫骨近端宽大，超过胫骨长度的一半。

3 讨论

目前，在热河生物群中，蜥脚类恐龙化石仅限于零星牙齿和部分头后骨骼。其中，Wang et al.[2]基于一具不完整的头后骨架，建立了董氏东北巨龙。东北巨龙的鉴定特征主要集中在乌喙骨和耻骨。通过上述描述，辽宁巨龙虽然没有保存乌喙骨，但耻骨的形态特征却明显区别于东北巨龙。东北巨龙的耻骨近端宽大，髋臼部分呈明显的凸形；而辽宁巨龙的耻骨相对较窄，髋臼部分呈明显的凹形。此外，辽宁巨龙的胫骨自胫骨峰向下收缩明显，胫骨近端与骨干中部宽度的比值为2.7，而在东北巨龙中这一比值仅为2.3。因此，这两类大型蜥脚类恐龙可能同时存在于辽西的热河生物群中。

系统演化分析的结果（图4）显示辽宁巨龙处于巨龙型类（Titanosauriformes）支系，并与巨龙类（Titanosauria）互为姐妹群关系，系统位置高于梁龙和盘足龙。这一分析结果与之前的研究发现相似，说明巨龙型类恐龙是中国早白垩世时期一个主要的蜥脚类恐龙支系。

此外，辽宁巨龙的头骨形态结构呈现出一些过渡特征，为探讨巨龙型类头骨形态的演化分异提供了重要依据。在巨龙型类中，头骨形态有着明显的差异，比如进步的巨龙类头骨低长，与梁龙类相似；而原始的腕龙和盘足龙的头骨短而高，与圆顶龙类相似[4, 12]。辽宁巨龙的头骨虽然仍以短而高为特点，但是上颌骨略有拉长（致使眶前窗位置后移），口缘呈凸形，仅在前部发育齿列，后部明显向上拱起。这些特征明显不同于盘足龙和腕龙类（*Abydosaurus*，*Brachiosaurus*），则更似于巨龙类（如 *Nemegtosaurus*，*Repetosaurus*，*Tapuisasaurus*，*Sarmientosaurus*）[7, 9, 13-16]。因此，辽宁巨龙的发现为研究巨龙型类的演化分异有着重要意义。系统的古生物学研究将在未来详细开展。

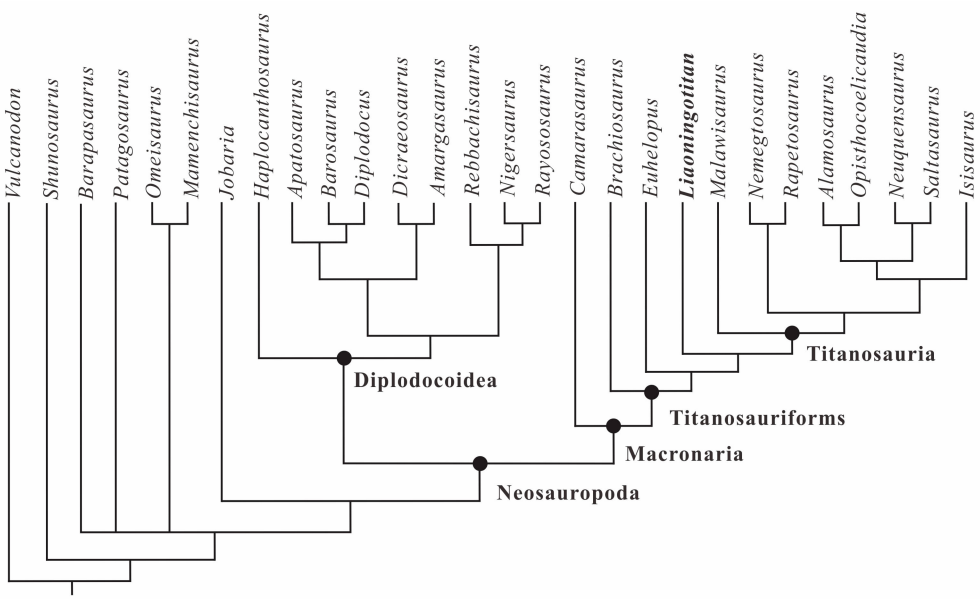


图4 辽宁巨龙系统演化分析严格合意树

Fig. 4 Strict consensus tree of phylogenetic analysis of *Liaoningotitan sinensis* gen. et sp. nov.

致谢　感谢辽宁古生物博物馆馆长孙革教授对本研究的支持和鼓励，以及博物馆野外挖掘和室内修复人员在化石发掘和修复方面的辛勤工作。感谢国土资源部东北亚古生物重点实验室、教育部东北亚古生物演化与环境重点实验室及辽宁省古生物演化与古环境变迁重点实验室对本研究的支持。

参考文献：

[1] Barrett P M, Wang X L. Basal titanosauriform (Dinosauria, Sauropoda) teeth from the Lower Cretaceous Yixian Formation of Liaoning Province, China [J]. Palaeoworld, 2007, 16: 265-271.

[2] Wang X, You H, Meng Q, et al. *Dongbeititan dongi*, the first sauropod dinosaur from the Lower Cretaceous Jehol Group of western Liaoning Province, China [J]. Acta Geologica Sinica, 2007, 81 (6): 911-916.

[3] Swofford D L. PAUP *: phylogenetic analysis using parsimony (* and other method), Version 4.0b 10 [M]. Sunderland: Sinauer Associates, 2002.

[4] Wilson J A. Sauropod dinosaur phylogeny: critique and cladistic analysis [J]. Zoological Journal of the Linnean Society, 2002, 136 (2): 217-276.

[5] Wilson J A, Upchurch P. Redescription and reassessment of the phylogenetic affinities of *Euhelopus zdanskyi* (Dinosauria: Sauropoda) from the Early Cretaceous of China [J]. Journal of Systematic Paleontology, 2009, 7 (2): 199-239.

[6] Chang S C, Zhang H, Renne P R, et al. High-precision $^{40}Ar/^{39}Ar$ age for the Jehol Biota [J]. Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology, 2009, 280 (1/2): 94-104.

[7] Wilson J A. Redescription of the Mongolian sauropod *Nemegtosaurus mongoliensis* Nowinski (Dinosauria: Saurischia) and comments on Late Cretaceous sauropod diversity [J]. Journal of Systematic Paleontology, 2005, 3 (3): 283-318.

[8] Upchurch P. The phylogenetic relationships of sauropod dinosaurs [J]. Zoological Journal of the Linnean Society, 1998, 124: 43-103.

[9] Poropat S F, Kear B P. Photographic atlas and three-dimensional reconstruction of the holotype skull of *Euhelopus zdanskyi* with description of additional cranial elements [EB/OL]. PLoS ONE, 2013, 8 (11): e79932. doi: 10.1371/journal.pone.0079932.

[10] 吴文昊, 周长付, Wings O, 等. 新疆鄯善中侏罗世巨型蜥脚类恐龙的发现 [J]. 世界地质, 2013, 32 (3): 437-446.
WU Wen-hao, ZHOU Chang-fu, Wings O, et al. A new gigantic sauropod dinosaur from the Middle Jurassic of Shanshan, Xinjiang [J]. Global Geology, 2013, 32 (3): 437-446.

[11] 张奕宏. 蜥脚类 (一), 蜀龙, 四川自贡大山铺中侏罗世恐龙动物群, 第 3 集 [M]. 成都: 四川科学技术出版社. 1988: 1-89.
ZHANG Yi-hong. *Shunosaurus*, sauropod dinosaurs (1). The Middle Jurassic Dinosaur fauna from Dashanpu, Zigong, Sichuan, Volume III [M]. Chengdu: Sichuan Publishing House of Science and Technology, 1988: 1-89.

[12] D'Emic M D. The early evolution of titanosauriform sauropod dinosaurs [J]. Zoological Journal of the Linnean Society, 2012, 166 (3): 624-671.

[13] Chure D, Britt B B, Whitlock J A, et al. First complete sauropod dinosaur skull from the Cretaceous of the Americas and the evolution of sauropod dentition [J]. Naturwissenschaften, 2010, 97 (4): 379-391.

[14] Martínez R D F, Lamanna M C, Novas F E, et al. A basal lithostrotian titanosaur (Dinosauria: Sauropoda) with a complete skull: implications for the evolution and paleobiology of Titanosauria [EB/OL]. PLoS ONE, 2016, 11 (4): e0151661. doi: 10.1371/journal.pone.0151661.

[15] Wilson J A, Pol D, Carvalho A B, et al. The skull of the titanosaur *Tapuiasaurus macedoi* (Dinosauria: Sauropoda), a basal titanosaur from the Lower Cretaceous of Brazil [J]. Zoological Journal of the Linnean Society, 2016, 178 (3): 611-662.

[16] Zaher H, Pol D, Carvalho A B, et al. A complete skull of an Early Cretaceous sauropod and the evolution of advanced titanosaurians [EB/OL]. PLoS ONE, 2011, 6 (2): e16663. doi: 10.1371/journal.pone.0016663.