

A new specimen of *Diandongosaurus acutidentatus* (Sauropterygia) from the Middle Triassic of Yunnan, China

LIU Xue-Qing¹ LIN Wen-Bin^{2*} Olivier RIEPPEL³ SUN Zuo-Yu² LI Zhi-Guang²
LU Hao² JIANG Da-Yong²

(1 Beijing Geology Prospecting and Developing Bureau Beijing 100195, China)

(2 Department of Geology and Geological Museum, Peking University Beijing 100871, China)

* Corresponding author: linwb13@pku.edu.cn)

(3 Center for Integrative Research, The Field Museum Chicago, IL 60605-2496, USA)

Abstract A new nearly complete specimen of *Diandongosaurus acutidentatus* Shang et al., 2011 is described from the Upper Member of the Guanling Formation (Anisian, Middle Triassic) of Luoping, Yunnan Province. With the new information derived from the new specimen, some elements of the skeleton that were either uncertain or controversial in the previous studies are confirmed and discussed, and the diagnosis of *D. acutidentatus* is revised. The result of our phylogenetic analysis suggests that *Diandongosaurus* is an eosauroptrygian, closely related to the Eusauroptrygia.

Key words Luoping, Yunnan; Middle Triassic; eosauroptrygian, *Diandongosaurus acutidentatus*

云南罗平中三叠世利齿滇东龙(鳍龙超目)一新材料

刘学清¹ 林文彬^{2*} Olivier RIEPPEL³ 孙作玉² 李志广² 鲁昊² 江大勇²

(1 北京市地质矿产勘查开发局 北京 100195)

(2 北京大学地球与空间科学学院 北京 100871 * 通讯作者)

(3 美国芝加哥菲尔德博物馆综合研究中心 芝加哥 IL 60605-2496)

摘要: 记述了产自云南省罗平县中三叠世安尼期关岭组上段一件近乎完整的利齿滇东龙 (*Diandongosaurus acutidentatus*) 新标本。根据该标本所提供的新信息, 讨论了部分前人研究中不确定或者存在争议的骨骼特征, 并重新厘定了滇东龙的鉴定特征。分支系统学分析表明滇东龙属于始鳍龙类, 且与真鳍龙亚目的亲缘关系较近。

关键词: 云南罗平, 中三叠世, 始鳍龙类, 利齿滇东龙

中图法分类号: Q915.864

文献标识码: A

文章编号: 1000-3118(2015)04-0281-10

收稿日期: 2015-7-17

近年来,云南罗平大凹子村附近中三叠统关岭组上段发现了数量极其丰富的海生脊椎动物化石,其中已描述的海生爬行动物属种有:鱼龙类 *Mixosaurus* cf. *M. panxianensis* Jiang et al., 2006 (Liu et al., 2011a), *Phalarodon atavus* Quenstedt, 1852 (Liu et al., 2013); 鳍龙类 *Dianopachysaurus dingi* Liu et al., 2011b, *Diandongosaurus acutidentatus* Shang et al., 2011, *Nothosaurus zhang* Liu et al., 2014; 龙龟类 *Sinosaurosphargis yunguiensis* Li et al., 2011, *Largocephalosaurus polycarpon* Cheng L et al., 2012 (曾被认为是鳍龙类,后被Li et al., 2014厘定为龙龟类); 以及 *Atopodentatus unicus* Cheng et al., 2014。其中,利齿滇东龙(*Diandongosaurus acutidentatus*)最早由Shang et al. (2011)根据一件保存完整的标本所建立,认为是一小型的似肿肋龙类海生爬行动物,提出其主要鉴定特征为:前颌骨和下颌骨前部犬齿型齿发育、上颌具1或2个犬齿型齿、19节颈椎和19节背椎、锁骨具有明显的前外侧突以及后肢末端发育膨大的爪趾骨。Shang et al. (2011)所进行的分支系统学分析提出滇东龙与由乌蒙龙(*Wumengosaurus* Jiang et al., 2008)、幻龙类(nothosauroids)和欧洲肿肋龙类(*Anarosaurus* Rieppel & Lin, 1995, *Dactylosaurus* Sues & Carroll, 1985, *Sperpianosaurus* Rieppel, 1989和*Neusticosaurus* Carroll & Gaskill, 1985)所构成的分支亲缘关系较近,为始鳍龙类(eosauropterygians)的基干类群。Sato et al. (2014)报道了发现自同层位的一件滇东龙标本,补充了滇东龙的部分骨骼信息,而其分支系统学分析结果则显示滇东龙、贵州龙(*Keichousaurus* Young, 1958, Lin and Rieppel, 1998)和滇肿龙(*Dianopachysaurus* Liu et al., 2011)与幻龙超科(*Nothosauroidae* Rieppel, 2000)的关系比与欧洲肿肋龙类的关系更近,这与Shang et al. (2011)的认识不同。本文描述了一件保存完整的滇东龙新标本,补充及修正了滇东龙头部和头后的部分骨骼特征,并根据该标本所提供的新的骨骼学信息,重新进行了分支系统学分析。

馆藏机构缩写 IVPP, 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所; NMNS, 中国台湾自然科学博物馆; BGPDB, 北京市地质矿产勘查开发局地球环境变迁与古生物演化博物馆。

1 系统古生物学

鳍龙超目 *Sauropterygia* Owen, 1860

始鳍龙目 *Eosauropterygia* Rieppel, 1994

科未定 *Incertae sedis*

滇东龙属 *Diandongosaurus* Shang et al., 2011

利齿滇东龙 *Diandongosaurus acutidentatus* Shang et al., 2011

正型标本 IVPP V 17661。

参考标本 BGPDB-R0001; NMNS-000933-F03498。均为保存完整的骨架。

产地及层位 云南罗平, 中三叠统安尼阶关岭组上段(Zhang et al., 2009)。

修订特征 前颌骨和下颌骨前部犬齿型齿发育。上颌骨具1或2个犬齿型齿。眶间距宽。前额骨与后额骨相接, 将额骨与眼眶隔开。颧骨与鳞骨相接, 将眶后骨与下颞孔分隔开。外翼骨发育。具有19节颈椎和19节背椎。侧边腹膜肋末端肿大并弯曲。锁骨具有明显

的前外侧突。后肢末端爪趾骨膨大。前肢指式为2-4-5-6-3，后肢趾式为2-3-4-(6/5)-(4/3)。

2 标本描述

依据以下与正型标本相同的特征，可以将本文标本鉴定为利齿滇东龙：具有19节颈椎和19节背椎。第3对至第8对尾肋的长度超过荐肋，远端平。锁骨具有明显的前外侧突。后肢末端爪趾骨膨大。本文描述的标本保存完整，为腹视保存(图1)，全长为275 mm。通过比较荐前椎长、肱骨长及尺骨长等可以看出本文描述的标本与模式标本大小相当，但比NMNS-000933-F03498小。

头骨 头骨为腹视保存(图2)，长(吻端到枕髁)为24.0 mm。成对的前颌骨在前部包围了犁骨的前突，而在后部则进入内鼻孔，并将上颌骨与犁骨分开。这与Sato et al. (2014)描述的不同，其前颌骨未与内鼻孔相接。内鼻孔成椭圆状，被前颌骨、上颌骨和颧骨所包围。

上颌骨构成内鼻孔的侧缘。前端与前颌骨相接，缝合线弯曲。内侧与颧骨相接，缝合线平直，向后外侧延伸。犁骨呈三角状。侧缘构成内鼻孔的前内侧边缘。后内侧与翼骨相接。Sato et al. (2014)描述在参考标本NMNS-000933-F03498的犁骨上有3个小齿，但在新标本中未见有小齿的存在，而正型标本此部位尚未修理出来。犁骨齿在始鳍龙类群中相当罕见，滇东龙是否真的存在犁骨齿，需要进一步核实。颧骨前端构成内鼻孔的后缘，并且与犁骨的末端相接，将翼骨与内鼻孔隔开，其内侧和后侧被翼骨和外翼骨包围。左侧颧骨与翼骨的缝合线呈锯齿状。两块翼骨未愈合，沿着中线相接。其前端为两个细长的前突，而末端宽。翼骨脊发育。在翼骨中部，Sato et al. (2014)所描述的“前翼间孔”在本文标本上并未发现。相反，翼骨末端可见一个自然的长椭圆状的“后翼间孔”。枕髁位于翼骨后端，由基枕骨构成。其后端表面内凹。未见上翼骨。翼骨的方骨分支向后外侧延伸，与方骨的翼骨分支在枕部的外侧相接。外翼骨呈不规则椭圆形，与翼骨横突的前外侧和颧骨的后外侧相接。

下颌保存完整，长(吻端到反关节突)27.5 mm。两块齿骨在前端相接，构成了下颌骨愈合部。夹板骨呈带状，并进入下颌骨愈合部。冠状突可见，位于前关节骨前背侧。



图1 利齿滇东龙新材料(BGPDB-R0001)腹视

Fig. 1 A new specimen of *Diandongosaurus acutidentatus* (BGPDB-R0001) in ventral view

隅骨向前与齿骨缝合, 向后则变窄, 构成反关节突的外腹侧。前关节骨外腹侧与隅骨缝合, 后部支撑下颌骨与方骨的关节, 并参与构成反关节突。

前颌齿5个, 较大且明显平伏。上颌具有1或者2个犬齿型齿, 由于上下颌存在咬合, 上颌齿的总数无法确定。下颌前部犬齿型齿发育。

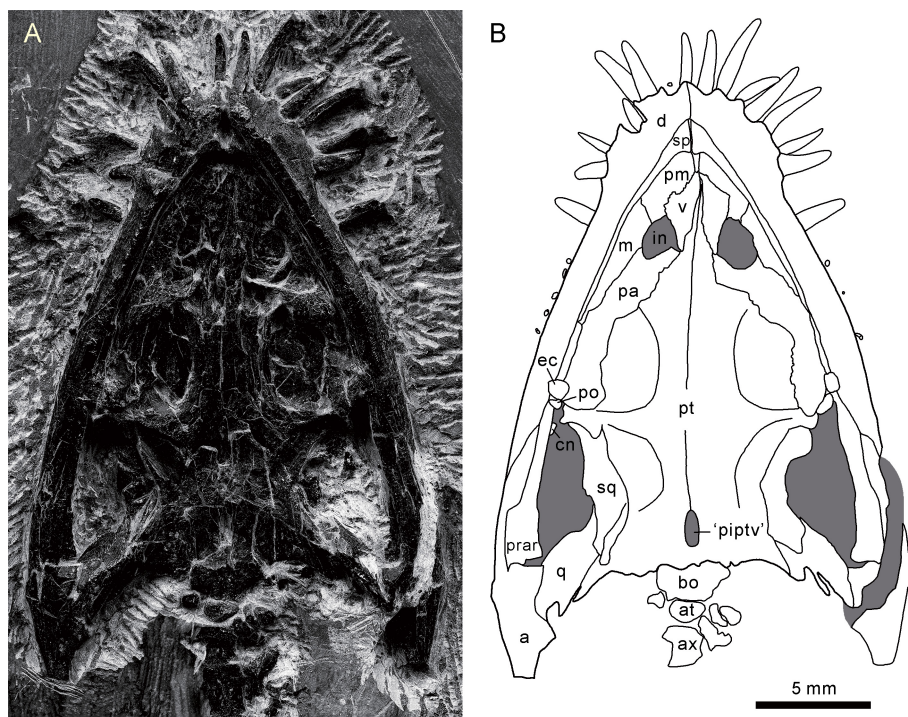


图2 利齿滇东龙(BGPDB-R0001)头骨照片(A)和素描(B)腹视

Fig. 2 Photo (A) and interpreted drawing (B) of skull of *Diandongosaurus acutidentatus* (BGPDB-R0001) in ventral view

Abbreviations: a. angular 隅骨; at. atlas 寰椎; ax. axis 枢椎; bo. basioccipital 基枕骨; cn. coronoid 冠状骨; ec. ectopterygoid 外翼骨; d. dentary 齿骨; in. internal naris 内鼻孔; m. maxilla 上颌骨; pa. palatine 颞骨; 'piptv'. 'posterior interpterygoid vacuity' "后翼间孔"; pm. premaxilla 前颌骨; po. postorbital 眶后骨; prar. prearticular 前关节骨; pt. pterygoid 翼骨; q. quadrate 方骨; sq. squamosal 鳞骨; v. vomer 犁骨

脊椎骨 标本保存69节脊椎骨, 尾椎有缺失。其中, 荐前椎有38节(长为138.0 mm), 荐椎3节, 尾椎28节。在锁骨-间锁骨组合之前有19节椎体, 并且第19节椎体的肋骨是最后一根保存自由前突的肋骨, 其长度也明显小于第20节椎体的肋骨, 因此认定新标本有19节颈椎(长为64.0 mm), 19节背椎。这与模式标本一致, 而不同于Sato et al. (2014)描述的标本, 后者于锁骨-间锁骨组合之前有20节椎体, 虽然第20节椎体肋骨的前突丢失, 但末端仍是尖的, 因此被认为有20节颈椎, 18节背椎。

寰椎保存完整。椎体椭圆, 长0.9 mm, 最宽处1.5 mm。神经弓近似三角形, 其与枢椎未愈合。枢椎腹面侧缘明显向内收缩, 椎体长1.9 mm, 最窄处1.6 mm。第3至19节椎体腹视保存, 侧缘收缩, 椎体长度向后逐渐增加, 但是增幅不大。背椎全部为腹视保存,

椎体长度自前向后逐渐增加。背肋为单头,最后一节背肋平直且明显短于其他背肋。荐椎有3节,长13.0 mm。荐肋未与其对应的荐椎愈合,远端稍微扩展,且汇聚于髂骨的后端。

标本尾部末端缺失,保存有28节尾椎,长105.0 mm。最后一节保存有肋骨的为第十三节尾椎,而模式标本最后一节保存有肋骨的为第十五节, Sato et al. (2014)描述的标本为第十四节,这个差异可能是后期保存或者种内差异所造成的。

肩带 在标本BGPDB-R0001中,锁骨与间锁骨和肩胛骨保存较好(图3)。间锁骨前突略发育,而后突缺失。锁骨上具有滇东龙典型的前外侧突,但与模式标本相比则要纤细。锁骨两内侧突向中间强烈收缩,并且在间锁骨前相接。肩胛骨部分出露。乌喙骨具有开放的乌喙骨孔,位于乌喙骨前内侧边缘。

腰带 髂骨腹视保存,可见与耻骨和坐骨关节面。耻骨较大,呈板状。近端与髂骨和坐骨关节。前缘和后缘几乎呈对称收缩,内缘外凸,外缘外凸。坐耻孔开放。坐骨较大。近端部分收缩,向远端扩展呈扇状。内缘直,后内侧缘外凸。

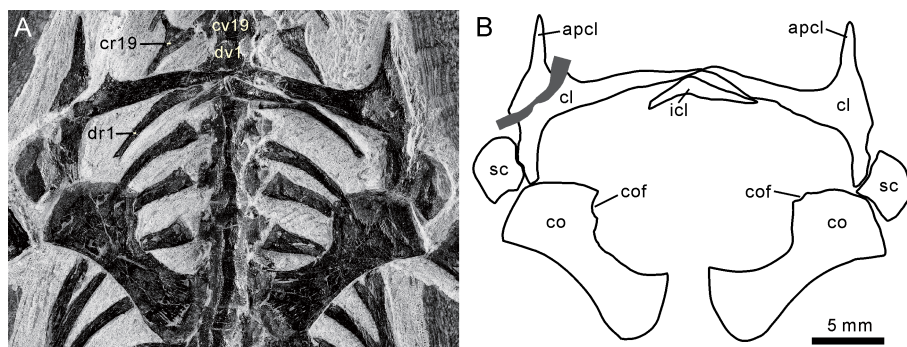


图3 利齿滇东龙(BGPDB-R0001)肩带照片(A)和素描(B)腹视

Fig. 3 Photo (A) and interpreted drawing (B) of pectoral girdle of *Diandongosaurus acutidentatus* (BGPDB-R0001) in ventral view

Abbreviations: apcl. anterolateral process of clavicle 锁骨前外侧突; cl. clavicle 锁骨; co. coracoid 乌喙骨; cof. coracoid foramen 乌喙骨孔; cr. cervical rib 颈肋; cv. cervical vertebra 颈椎椎体; dr. dorsal rib 背肋; dv. dorsal vertebra 背椎椎体; icl. interclavicle 间锁骨; sc. scapula 肩胛骨

前肢 肱骨腹视保存。长16 mm,近端宽4.4 mm,远端宽4.2 mm,最窄处宽2.4 mm。明显弯曲,前缘外凸,后缘内凹。三角肌脊不发育。内髁孔缺失,外髁槽几乎封闭。

桡骨长于尺骨。桡骨长8.5 mm,近端宽2.4 mm,远端宽2.3 mm,最窄处宽1.4 mm。其近端稍微扩展,内外侧边缘收缩,在距近端1/3处明显转折。尺骨长8 mm,近端宽2.4 mm,远端宽2.1 mm,最窄处宽1.2 mm。近端与远端均稍微扩展。

标本保存2枚腕骨。间腕骨位于桡骨与尺骨的远端关节面之间,近圆形。尺侧腕骨正对尺骨远端关节面,近圆形。远端腕骨缺失。左侧掌骨为细长的棒状,前后缘收缩。第III掌骨最长,近端略比远端扩展。掌骨长度依次为:2.1, 3.6, 4.3, 4.1和3.1 mm。指骨保存不完整。

后肢 左后肢保存完整,为腹视保存(图4)。股骨长于肱骨,长22 mm,近端宽6.2 mm,远端宽5.1 mm,最窄处宽2.2 mm。股骨平直,前后缘几乎对称收缩,近端与远端均

明显扩展。

左胫骨骨干稍微弯曲，前后缘收缩，但前缘收缩程度相对较小，这与NMNS-000933-F03498相同，而不同于模式标本，其前后缘对称收缩。长11.3 mm，近端宽4.7 mm，远端宽3.3 mm，最窄处宽2.2 mm。近端扩展程度稍大于远端。左腓骨骨干弯曲，前缘内凹，后缘外凸，近端部分被胫骨近端覆盖，长12 mm，近端宽约4.4 mm，远端宽4.2 mm，最窄处宽1.2 mm。从保存条件来看，远端扩展程度较近端大。

标本保存2枚跗骨。其中，较大者为距骨，近椭圆形；较小者为跟骨，近圆形。无远端跗骨。左侧跖骨前后缘收缩。第I跖骨最短，第IV跖骨最长，长度依次为：3.1, 6.1, 7.2, 7.3和6.1 mm。左侧趾骨保存完整，第I至IV末端爪趾骨异常膨大。保存的趾式为2-3-4-5-4。

3 比较和讨论

虽然BGPDB-R0001归为利齿滇东龙，但仍有一些特征与模式标本不同。这些特征包括：间锁骨后突缺失，乌喙骨孔发育。锁骨前外侧突较模式标本更为纤细，胫骨近端稍微弯曲。另外，标本后肢保存的趾式为2-3-4-5-4，而模式标本为2-3-4-6-4，因此模式标本第IV趾多一个趾节。BGPDB-R0001与Sato et al. (2014)描述的标本亦有不同。在头骨方面，BGPDB-R0001未见犁骨齿，且在其他始

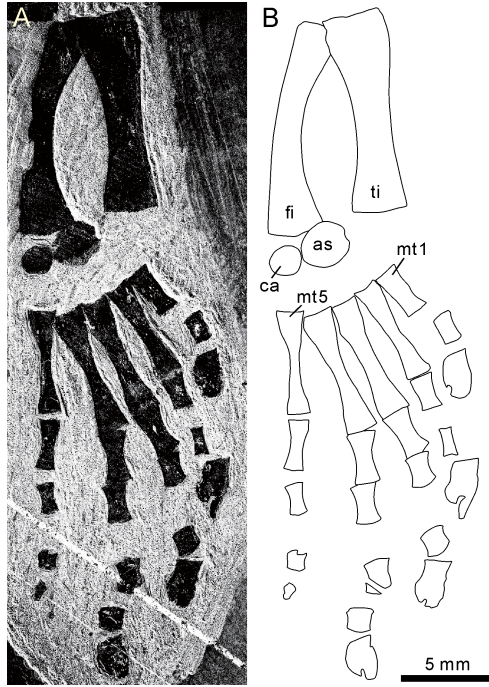


图4 利齿滇东龙(BGPDB-R0001)左后肢照片(A)和素描(B)腹视

Fig. 4 Photo (A) and interpreted drawing of left hind limb of *Diandongosaurus acutidentatus* (BGPDB-R0001) in ventral view

Abbreviations: as. astragalus 距骨; ca. calcaneum 跟骨; fi. fibula 腓骨; mt. metatarsal 跖骨; ti. tibia 胫骨

鳍龙中也未曾报道具有犁骨齿，因此该特征值得进一步讨论，需要有更多标本来证实。另外，BGPDB-R0001未见“前翼间孔”。相反，保存有Sato et al. (2014)不确定是否存在的“后翼间孔”，其位置和形态与纯信龙类的翼间孔较接近。翼间孔仅在较进步的纯信龙类(*Yunguisaurus*, *Augustasaurus*, *Pistosaurus*和*plesiosaurs*)中有报道，可能反映了该属种与纯信龙类的亲缘性。在头后方面，标本有9节颈椎和19节背椎，不同于Sato et al. (2014)描述的标本，后者被认为有20节颈椎，18节背椎。这可能是保存原因或者为种内差异所造成的。Sato et al. (2014)描述的标本后肢保存的趾式为2-3-4-5-3，与模式标本及新标本均不同。三件标本后肢第V趾末端均未保存膨大的爪趾骨，这可能表明滇东龙后肢第V趾末端终生未发育膨大的爪趾骨。

滇肿龙是另一发现于云南罗平中三叠统关岭组上段的小型始鳍龙，但其与滇东龙明显不同。在头骨方面，滇肿龙的前额骨、后额骨和后眶骨的形状，方颧骨的位置以及牙齿形态均与滇东龙有差别。在头后骨骼方面，滇肿龙不同于滇东龙的特征有：1) 具有20节颈椎和19节背椎；2) 锁骨没有前外侧突；3) 肱骨发育内髁孔；4) 尺骨前缘内凹，后缘外凸，且与桡骨等长；5) 至少有4枚腕骨；6) 股骨弯曲，近‘S’型；7) 后肢趾骨末端未发育膨大的爪趾骨等。因此，将它们归属于两个不同的属应是合理的。

根据BGPDB-R0001所提供的新信息，结合近年来新发现的鳍龙类材料(Neenan et al., 2013; Jiang et al., 2014; Ma et al., 2015), 本文重新检验了滇东龙在鳍龙超目中的位置，并讨论其与其他相关属种的亲缘关系。本文选取Ma et al. (2015)的性状矩阵对滇东龙重新编码和分析(附录1), 并重新编码*Wangosaurus* Ma et al., 2015的两个性状(Character 3由0改为1; Character 65由0改为1)。新矩阵共141个性状，41个内类群和1个编码全为零的外类群。所有性状为同权重。矩阵的运算采用PAUP 4.0b10 (Swofford, 2002), 树的搜索采用启发式(heuristic search)运算法则。利用最简约法则，最终得到了14棵最简约树，最简约树步长为534, 一致性指数为0.3521, 保留指数为0.6817。在这14棵最简约树的基础上，计算严格合意树(图5), 并进行了Bootstrap分析。Bootstrap分析采用重复计算1000次，树的搜索采用启发式运算法则，并将各分支支持数值超过50%的标示在严格合意树(图5)上。

从分支系统学分析的结果来看，滇东龙属于始鳍龙目(Eosauropterygia) (图5)。同时，分析结果也不支持肿肋龙的单系性。发现于中国的*Hanosaurus*, *Wumengosaurus*和*Qianxisaurus*处于始鳍龙目的最基干位置。滇东龙与真鳍龙亚目(Eusauropterygia)的亲缘关系较近，滇东龙、马家山龙构成的分支与真鳍龙亚目构成姐妹群关系。另外，之前的一些研究(Holmes et al., 2008; Shang et al., 2011; Cheng Y N et al., 2012; Wu et al., 2011; Sato et al., 2014)不支持真鳍龙亚目的单系性，而本文分析结果显示真鳍龙亚目为单系，由幻龙超科和纯信龙次亚目(Pistosauroidae Rieppel, 2000)构成。

从Bootstrap分析可知，很多分支的值低于50%, 表明谱系演化关系不稳定。自20世纪90年代以来，我国发现并报道了大量的鳍龙类化石，这为鳍龙类研究提供了很多新的信息。但是，这些研究均主要基于Rieppel et al. (2002)根据欧洲、北美以及少量中国华南的材料对鳍龙超目进行分支系统学分析的基础之上，只是加入新发现的属种，对性状编码进行微调，而没有全面对比中国材料与欧洲、北美材料的异同，导致鳍龙超目谱系演化关系非常不稳定，存在诸多争议，为鳍龙超目的分支系统学分析带来挑战。因此，在今后的研究中，不仅需要更多的化石新材料，更需要将欧洲、北美和中国华南的材料全盘考虑，以期更好地解决鳍龙内部谱系演化。

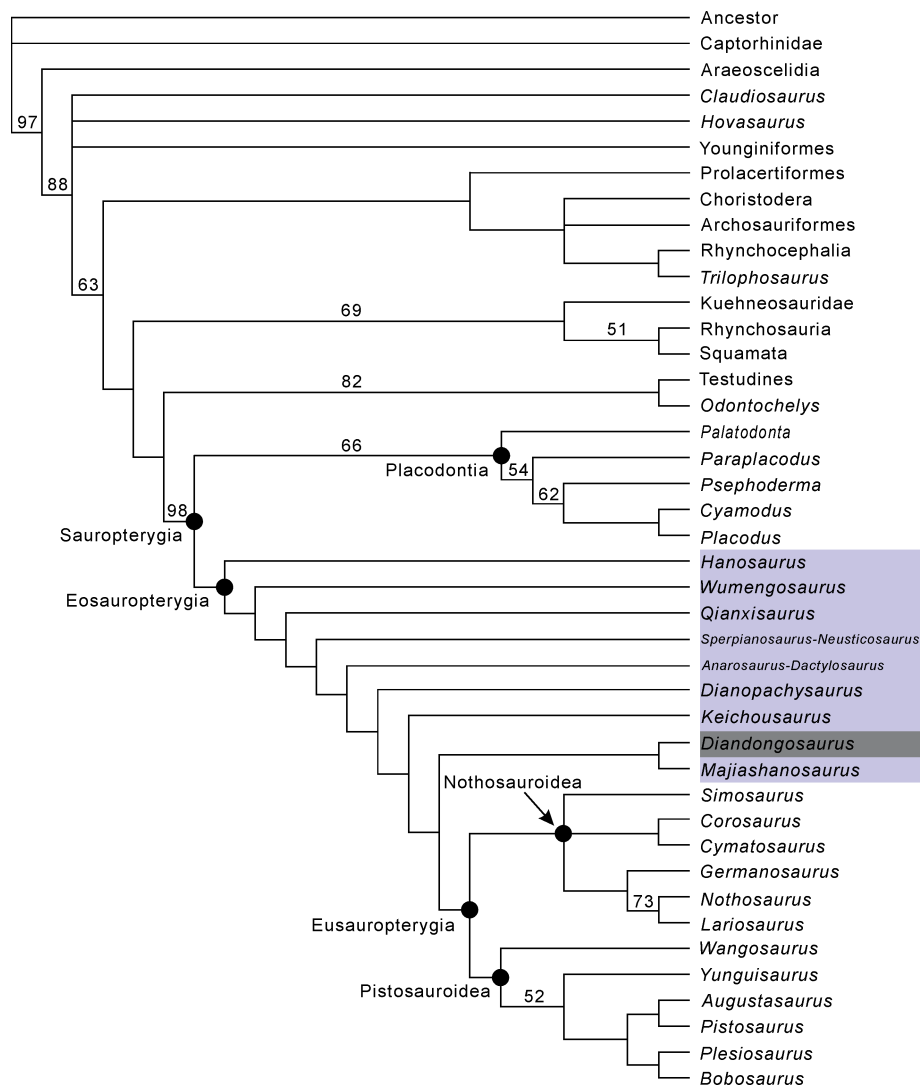


图 5 利齿滇东龙与其他三叠纪鳍龙谱系关系的严格合意树
Fig. 5 Strict consensus tree indicating relationship between *Diandongosaurus acutidentatus* and other Triassic stem sauropterygians

致谢 北京大学地球与空间科学学院付宛璐、周敏和倪培刚在标本观察、图件处理和文章写作过程中给予大力帮助，谨此致谢。

References

Carroll R L, Gaskill P, 1985. The nothosaur *Pachypleurosaurus* and the origin of plesiosaurs. *Philos Trans R Soc London*, Ser B, 309: 343–393

Cheng L, Chen X, Zeng X et al., 2012. A new eosauropterygian (Diapsida: Sauropterygia) from the Middle Triassic of Luoping, Yunnan Province. *J Earth Sci*, 23: 33–40

- Cheng L, Chen X H, Shang Q H et al., 2014. A new marine reptile from the Triassic of China, with a highly specialized feeding adaptation. *Naturwissenschaften*, 101: 251–259
- Cheng Y N, Wu X C, Sato T et al., 2012. A new eosauroptrygian (Diapsida: Sauroptrygia) from the Triassic of China. *J Vert Paleont*, 32: 1335–1349
- Holmes R, Cheng Y N, Wu X C, 2008. New information on the skull of *Keichousaurus hui* (Reptilia: Sauroptrygia) with comments on sauroptrygian interrelationships. *J Vert Paleont*, 28: 76–84
- Jiang D Y, Rieppel O, Motani R et al., 2008. A new Middle Triassic eosauroptrygian (Reptilia, Sauroptrygia) from southwestern China. *J Vert Paleont*, 28: 1055–1062
- Jiang D Y, Motani R, Tintori A et al., 2014. The Early Triassic eosauroptrygian *Majiashanosaurus discocoracoidis*, gen. et sp. nov. (Reptilia, Sauroptrygia) from Chaohu, Anhui Province, People's Republic of China. *J Vert Paleont*, 34: 1044–1052
- Li C, Rieppel O, Wu X C et al., 2011. A new Triassic marine reptile from southwestern China. *J Vert Paleont*, 31: 303–312
- Li C, Jiang D Y, Cheng L et al., 2014. A new species of *Largocephalosaurus* (Diapsida: Saurosphargidae), with implications for the morphological diversity and phylogeny of the group. *Geol Mag*, 151: 100–120
- Lin K, Rieppel O, 1998. Functional morphology and ontogeny of *Keichousaurus hui* (Reptilia, Sauroptrygia). *Fieldiana (Geol)*, New Ser, 39: 1–35
- Liu J, Jonathan C A, Sun Y Y et al., 2011a. New mixosaurid ichthyosaur specimen from the Middle Triassic of SW China: further evidence for the diapsid origin of ichthyosaurs. *J Paleont*, 85: 32–36
- Liu J, Rieppel O, Jiang D Y et al., 2011b. A new pachypleurosaur (Reptilia: Sauroptrygia) from the lower Middle Triassic of southwestern China and the phylogenetic relationships of Chinese pachypleurosaur. *J Vert Paleont*, 31: 291–302
- Liu J, Motani R, Jiang D Y et al., 2013. The first specimen of the Middle Triassic *Phalarodon atavus* (Ichthyosauria: Mixosauridae) from South China, showing postcranial anatomy and peri-Tethyan distribution. *Palaeontology*, 56: 849–866
- Liu J, Hu S X, Rieppel O et al., 2014. A gigantic nothosaur (Reptilia: Sauroptrygia) from the Middle Triassic of SW China and its implication for the Triassic biotic recovery. *Sci Rep*, 4: 7142, doi: 10.1038/srep07142
- Ma L T, Jiang D Y, Rieppel O et al., 2015. A new pistosauroid (Reptilia, Sauroptrygia) from the late Ladinian Xingyi marine reptile level, southwestern China. *J Vert Paleont*, 35: 1, e881832, doi: 10.1080/02724634.2014.881832
- Neenan J M, Klein N, Scheyer T M, 2013. European origin of placodont marine reptiles and the evolution of crushing dentition in Placodontia. *Nat Commun*, 4: 1621, doi: 10.1038/ncomms2633
- Owen R, 1860. *Palaeontology; Or, A Systematic Summary of Extinct Animals and Their Geologic Remains*. Edinburgh: Adam and Charles Black. 1–435
- Rieppel O, 1989. A new pachypleurosaur (Reptilia: Sauroptrygia) from the Middle Triassic of Monte San Giorgio, Switzerland. *Philos Trans R Soc London, Ser B*, 323: 1–73
- Rieppel O, 1994. Osteology of *Simosaurus gaillardoni* and the relationships of stem-group Sauroptrygia (Reptilia: Diapsida). *Fieldiana (Geol)*, New Ser, 28: 1–85
- Rieppel O, 2000. Sauroptrygia I: Placodontia, Pachypleurosauria, Nothosauroida, Pistosauroidea. In: Wellnofer P ed. *Encyclopedia of Paleoherpetology*, 12A. Mñüichen: Verlag Dr. Friedrich Pfeil. 1–134

Rieppel O, Lin K, 1995. ‘Pachypleurosaurs’ (Reptilia: Sauropterygia) from the Lower Muschelkalk, and a review of the Pachypleurosauroidea. *Fieldiana (Geol)*, New Ser, 32: 1–4

Rieppel O, Sander P M, Storrs G W, 2002. The skull of the pistosaur *Angustasaurus* from the Middle Triassic of northwestern Nevada. *J Vert Paleont*, 22: 577–592

Sato T, Cheng Y N, Wu X C et al., 2014. *Diandongosaurus acutidentatus* Shang, Wu & Li, 2011 (Diapsida: Sauropterygia) and the relationships of Chinese eosauropterygians. *Geol Mag*, 151(1): 121–133

Shang Q H, Wu X C, Li C, 2011. A new eosauropterygian from the Middle Triassic of eastern Yunnan Province, southwestern China. *Vert PalAsiat*, 49: 155–173

Sues H-D, Carroll R L, 1985. The pachypleuroosaurid *Dactylosaurus schoederi* (Diapsida: Sauropterygia). *Can J Earth Sci*, 22: 1602–1608

Swofford D L, 2002. PAUP* 4.0b10. Phylogenetic Analysis Using Parsimony. Sunderland: Sinauer Associates Incorporated

Wu X C, Cheng Y N, Li C et al., 2011. New information on *Wumengosaurus delicatmandibularis* Jiang et al., 2008 (Diapsida: Sauropterygia), with revision of the osteology and phylogeny of the taxon. *J Vert Paleont*, 31: 70–83

Young C C, 1958. On the new Pachypleurosauroidea from Kweichow, southwest China. *Vert PalAsiat*, 2: 69–81

Zhang Q Y, Zhou C Y, Lü T et al., 2009. A conodont-based Middle Triassic age assignment for the Luoping Biota of Yunnan, China. *Sci China, Ser D*, 52: 1673–1678

附录 1 滇东龙分支系统学分析的性状编码

Appendix 1 List of coding for *Diandongosaurus* (Modified from Ma et al., 2015)

<i>Diandongosaurus</i>							
0100100002	2001111100	0110111030	2000011101	00?0???10?	0000?01011	1000110011	?001001010
0011010110	0001111110	210?021100	111131102?	0111111112	1001100013	0	