

doi:10.12097/j.issn.1671-2552.2022.09.001

广西扶绥那派盆地早白垩世棘龙类牙齿化石新材料

姬书安¹, 张培², 陆道林³

Ji Shu'an¹, ZHANG Pei², LU Daolin³

1. 中国地质科学院地质研究所/自然资源部地层与古生物重点实验室, 北京 100037;

2. 中国古生物化石保护基金会, 北京 100034;

3. 广西自然资源档案博物馆, 广西 南宁 530028

1. Key Laboratory of Stratigraphy and Palaeontology, Ministry of Natural Resources/Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;

2. China Paleontological Preservation Foundation, Beijing 100034, China;

3. Guangxi Natural Resources Museum and Archives, Nanning 530028, Guangxi, China

摘要: 广西扶绥县那派盆地早白垩世新隆组中产有以蜥脚类、兽脚类、禽龙类等恐龙为代表并包含弓鲛类、辐鳍鱼类、龟鳖类、鳄形类的脊椎动物群, 其与泰国东北地区 Khorat 群 Khok Kruat 组(阿普特阶)脊椎动物群面貌相近。最新发现于那派盆地的棘龙类牙齿化石新材料, 其齿冠横断面为宽略小于长的亚圆形, 齿冠前后缘无小锯齿, 齿冠表面具明显纵嵴和纵沟, 单侧面纵嵴数目 12~15 条。这些形态表明, 那派盆地的棘龙类牙齿可归入棘龙亚科(Spinosaurinae), 且与泰国东北地区 Khok Kruat 组棘龙类牙齿的形态类型 II (Siamosaurus 形态类型) 可对比。新发现的牙齿化石还显示, 那派盆地目前仅存在一种类型的棘龙类, 其可能与泰国的暹罗龙(Siamosaurus)关系较密切。

关键词: 棘龙亚科; 牙齿; 下白垩统; 那派盆地; 广西

中图分类号: P534.53; Q911.2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-2552(2022)09-1509-07

Ji S A, Zhang P, Lu D L. New materials of the Early Cretaceous spinosaurid (Theropoda) teeth of Napai Basin, Fusui County, Guangxi. Geological Bulletin of China, 2022, 41(9): 1509-1515

Abstract: The late Early Cretaceous vertebrate fauna from the Napai Basin in Fusui County (southwestern Guangxi) is featured mainly by sauropod, theropod, iguanodontian dinosaurs, with other clades such as hybodont sharks, actinopterygians, turtles and crocodiles. This vertebrate fauna shows the close relationships to that of the Khok Kruat Formation in northeastern Thailand, both to be considered as Aptian in age. The newly discovered spinosaurid teeth from the Napai Basin possess such characters: tooth crown sub-circular in cross-section, denticles on carinae absent, longitudinal ridges and flutes distinct with the ridge numbers on each side about 12 to 15. These teeth can be further included within the subfamily Spinosaurinae. Only one morphotype of the spinosaurid teeth is identified from the Napai Basin, which falls within the range of Morphotype II (Siamosaurus morphotype) of spinosaurid teeth from the Khok Kruat Formation in northeastern Thailand. The similar spinosaurid teeth most probably suggest their closer affinity of spinosaurids between the Napai Basin in Guangxi and the northeastern Thailand during the late Early Cretaceous.

Key words: Spinosaurinae; teeth; Lower Cretaceous; Napai Basin; Guangxi

收稿日期: 2022-01-18; **修订日期:** 2022-02-10

资助项目: 广西壮族自治区自然资源厅项目《扶绥县那派盆地古生物化石保护》、国家自然科学基金项目《内蒙古阿拉善地区晚白垩世原角龙类动物群研究》(批准号: 41872026)

作者简介: 姬书安(1964-), 男, 博士, 研究员, 从事中生代爬行类化石及其地层学研究。E-mail: jishu_an@sina.com

广西壮族自治区扶绥县那派盆地是中国南方早白垩世恐龙化石的重要产地之一。该地区的恐龙化石自 20 世纪 70 年代初被广西区测队发现以来,历经广西博物馆、中国科学院古脊椎动物与古人类研究所、广西自然博物馆以及法国、泰国、瑞士等国研究机构(法国巴黎高等师范学院、法国里昂第一大学、泰国马哈沙拉堪大学、瑞士自然历史博物馆)组成的国际科研团队、中国古生物化石保护基金会、中国地质科学院地质研究所的调查研究,命名了多个恐龙类属种^[1-4]。随着那派盆地恐龙化石的不断发现与研究,有学者对侯连海等最初命名的恐龙化石属种^[1]作了修订或提出不同认识^[5-7]。目前已确认的恐龙类型有蜥脚类的赵氏扶绥龙 *Fusuisaurus zhaoi*^[2]、何氏六棱龙 *Liubangsaurus hei*^[3],兽脚类的棘龙科未定属种 *Spinosauridae* gen. et sp. indet.^[1,7]、鲨齿龙科未定属种 *Carcharodontosauridae* gen. et sp. indet.^[8],基干禽龙类的广西那派龙 *Napaisaurus guangxiensis*^[4]。此外,该地区还存在弓鲛类(软骨鱼类)、辐鳍鱼类(硬骨鱼类)、龟鳖类、鳄形类等脊椎动物化石^[9-10]。这些化石分布于那派盆地北翼新隆组第二段地层中,含化石地层为湖相、河湖相紫红色含砾砂岩、岩屑砂岩夹含钙泥质粉砂岩、粉砂质泥岩。那派盆地早白垩世脊椎动物化石总体面貌与泰国东北地区 Khorat 群 Khok Kruat 组脊椎动物群非常接近,两者的地质时代大体相当,均为早白垩世晚期阿普特期(Aptian)^[9]。

那派盆地的棘龙类化石,最初依据数件牙齿材料被认为是淡水水生爬行类“上龙科”一独立的种——“扶绥中国上龙 *Sinopliosaurus fusiensis*”^[1],后来被认为是兽脚亚目棘龙科尚不能鉴定至属种的类型^[7]。之后该地区虽有棘龙类牙齿标本的零星发现,但对该类牙齿的研究未能更进一步。2020 年,笔者在那派盆地平搞村下妙屯北化石点(图 1)开展了恐龙化石抢救性发掘工作,发现了多枚保存较好的棘龙类牙齿化石,为进一步研究提供了很好的材料。

1 化石材料与研究方法

新发现的棘龙类牙齿化石 20 余枚,本文选取局部特征保存较好的 9 枚进行研究,化石编号分别为 FS-20-069、FS-20-074、FS-20-106、FS-20-111、FS-20-115、FS-20-116、FS-20-120、FS-20-122、

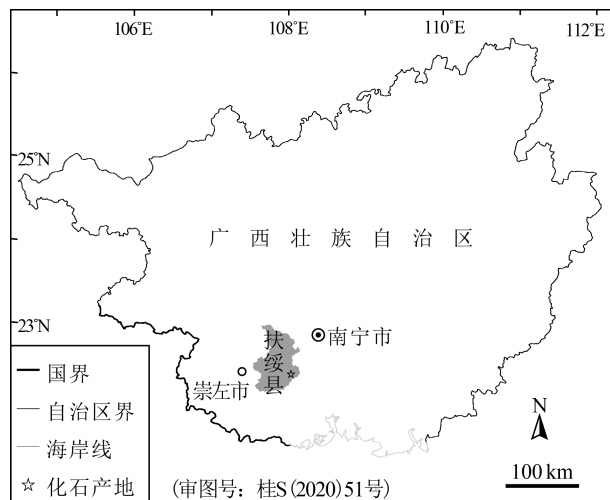


图 1 广西扶绥县棘龙类牙齿化石产地地理位置

Fig. 1 Locality of the fossil spinosaurid teeth in Fusui County, Guangxi

FS-20-134(图版 I),均采于那派盆地下妙屯北化石点下白垩统新隆组第二段。这些牙齿化石已初步修理,但尚未从岩石中完全取出,其侧面(唇面或舌面)出露较好,且有保存程度不等的纵脊和纵沟,主要特征均能较好地识别。

本文对棘龙类牙齿的形态描述和测量使用了以下几个术语^[11-12]:齿冠基部长度的(crown base length, CBL)、齿冠基部宽度(crown base width, CBW)、齿冠基部比率(crown base ratio, CBR)(指齿冠基部宽度与长度的比,显示齿冠侧扁程度)、齿冠长度(apical length, AL)(指齿冠前缘基部至顶端的长度)、齿冠高度(crown height, CH)(指齿冠后缘基部至顶端的长度)和齿冠高度比率(crown height ratio, CHR)(指齿冠高度与齿冠基部长度的比,显示齿冠拉长程度)。这些数据的测量均与齿冠基部相关,由于本文记述的个别牙齿标本未保存齿冠基部分,因此只能测量这些牙齿齿冠保存部分的高度。

2 化石描述

蜥臀目 Saurischia Seeley, 1888

兽脚亚目 Theropoda Marsh, 1881

僵尾龙类 Tetanurae Gauthier, 1986

棘龙科 Spinosauridae Stromer, 1915

棘龙亚科 Spinosaurinae Stromer, 1915

图版 I Plate I



a~i.广西扶绥棘龙类牙齿标本侧面观;a.标本编号 FS-20-069;b.标本编号 FS-20-106;c.标本编号 FS-20-116;d.标本编号 FS-20-134;e.标本编号 FS-20-115;f.标本编号 FS-20-111;g.标本编号 FS-20-074;h.标本编号 FS-20-122;i.标本编号 FS-20-120

属种未定 *Spinosaurinae* gen.et sp.indet.

本文记述了 9 件棘龙类牙齿化石标本,其中 3 枚(FS-20-074、FS-20-122、FS-20-134)保存有近完整的齿冠和部分齿根,2 枚(FS-20-111、FS-20-120)齿冠基本完整但与残存少部分齿根之间的界线不清晰,1 枚(FS-20-115)齿冠基部与齿根部分界线不明显且齿冠顶端部分缺损,其余 3 枚(FS-20-069、FS-20-106、FS-20-116)齿冠未保存至基部位置(图版 I)。这些牙齿基本都出露为侧面,但无法断定出露面是唇面或是舌面,亦不能断定其来自上颌还是下颌。

这些牙齿大小相差较大,牙齿标本 FS-20-120 的齿冠及齿根保存部分的整体高度最大,可达 71.5 mm;而牙齿标本 FS-20-069 的齿冠保存高度最小,仅 22.0 mm。除保存不完整的牙齿齿冠标本外,笔者尽可能地给出了牙齿标本的相关测量数据,其齿

冠基部长(CBL)变化范围为 8.5~16.8 mm、齿冠长度(AL)变化范围为 33.2~68.3 mm,齿冠高度(CH)变化范围为 31.4~67.0 mm(表 1)。尽管该 9 枚牙齿齿冠保存下来的高度、保存状态等有差异,但均显示出相同或相似的形态特征:牙齿齿冠整体形态呈亚圆锥状,齿冠自基部向顶端逐渐向后弯曲,弯曲程度小;齿冠顶端较尖锐;齿冠前缘明显向外(前)拱出,而齿冠后缘向内(前)略凹;齿冠前缘和后缘均不发育小锯齿。有 5 件牙齿标本(FS-20-074、FS-20-111、FS-20-120、FS-20-122、FS-20-134)齿冠部分保存基本完好,其齿冠高度比率(CHR)分别为 3.87、2.66、4.50、3.69、3.37(表 1),平均比率约为 3.62,表明牙齿齿冠较高。

本文描述的 9 枚牙齿标本中,有 6 枚(FS-20-074、FS-20-111、FS-20-115、FS-20-120、FS-20-122、FS-20-134)的齿冠基部长(CBL)能够准确

表 1 广西扶绥棘龙类牙齿标本测量
Table 1 Measurements of spinosaurid teeth specimens
from Fusui County, Guangxi

标本编号	CBL /mm	CBW /mm	CBR	AL /mm	CH /mm	CHR	齿冠单 侧纵嵴 数目/条
FS-20-069	-	-	-	-	-	-	14
FS-20-074	9.3	-	-	38.0	36.0	3.87	14
FS-20-106	-	-	-	-	-	-	13~14
FS-20-111	12.0	-	-	33.2(e)	31.9(e)	2.66(e)	15
FS-20-115	16.8	-	-	-	-	-	14
FS-20-116	-	-	-	-	-	-	13~14
FS-20-120	14.9	-	-	68.3(e)	67.0(e)	4.50(e)	14~15
FS-20-122	8.5	-	-	34.0	31.4	3.69	12~13
FS-20-134	10.8	8.0(e)	0.74(e)	39.2	36.4	3.37	14~15

注: AL—齿冠长度; CBL—齿冠基部长度; CBR—齿冠基部比率; CBW—齿冠基部宽度; CH—齿冠高度; CHR—齿冠高度比率; (e)—估计值; “-”——未定值

测量,在 8.5~16.8 mm 之间(表 1)。由于牙齿未从岩石中完全取出,因此多数牙齿的齿冠基部或近基部保存部分的宽度未完全出露,其中仅标本 FS-20-134 的齿冠基部断面出露了大部分,据此推断该牙齿的齿冠基部宽度(CBW)约为 8.0 mm,故该牙齿齿冠基部比率(CBR)为 0.74。而在其他 5 件标本中,根据齿冠侧面凸出弧度不难断定,这些牙齿齿冠基部或近基部的横断面应为宽略小于长的亚圆形,齿冠侧扁程度较小。

这些牙齿齿冠表面均具有明显的纵嵴和相间的纵沟,尤以标本 FS-20-069、FS-20-111 中保存清晰(图版 I-a、f)。齿根表面不发育类似的纵嵴与纵沟,而是较光滑,如在标本 FS-20-074、FS-20-134 中,齿冠部分纵嵴与纵沟较明显,而在接近齿冠基部位置变得低浅,并很快过渡到表面较光滑的齿根部分(图版 I-d、g)。齿冠表面纵嵴顶端和纵沟底部不尖锐而是较圆滑,纵嵴自齿冠基部至齿尖连续分布,不分叉、不断开,自基部向齿尖逐渐变窄变弱。纵嵴在齿冠单侧面的数目在不同标本中相差不大,变化范围在 12~15 条之间(表 1)。这些数目的变化可能反映了不同个体或不同部位之间的牙齿差异。

绝大多数牙齿齿冠表面的釉质在保存或采掘过程中有脱落,仅极少量釉质残存下来。在牙齿

FS-20-111 齿冠近基部表面,保存有完好的釉质层,仅齿尖端部约 1/3 部分的釉质脱落(图版 I-f)。釉质层较厚,釉质表面较光滑,局部有微弱起皱现象。

3 讨论

棘龙类是吻部侧扁狭长、牙齿齿冠亚圆锥状、身体形态显著特化的大型兽脚类恐龙,棘龙科(Spinosauridae)可分为 2 个亚科^[5,13]:重爪龙亚科(Baryonychinae)、棘龙亚科(Spinosaurinae)。这 2 个亚科的成员除在头骨形态、牙齿排列方式、背椎等方面不同外,其牙齿本身的形态也有较明显的区别。相比于棘龙亚科,重爪龙亚科牙齿齿冠侧扁程度更显著,牙齿齿冠后弯程度更大;重爪龙亚科牙齿齿冠前后缘通常具有细小均一的锯齿,而棘龙亚科牙齿缺少这样的小锯齿;不同于棘龙亚科牙齿齿冠表面更突出的纵嵴,重爪龙亚科牙齿齿冠表面的纵嵴相对微弱且通常局限于舌面^[14]。

本文描述的棘龙类牙齿,齿冠横断面为亚圆形,齿冠前后缘无小锯齿,齿冠表面纵嵴和纵沟凹凸程度明显,与棘龙亚科的牙齿特征基本一致,无疑可归入棘龙亚科(Spinosaurinae)。

这里记述的 9 件牙齿标本,虽然在大小、齿冠高度比率、弯曲程度、齿冠单侧面纵嵴数目等方面有差异,但其基本特征一致:齿冠较高、向后弯曲程度较小、齿冠横断面为宽略小于长的亚圆形、单侧纵嵴数目变化范围很小(12~15)等,表明这些牙齿代表了同一种类型的棘龙亚科成员,然而其确切属种暂不能确认(Spinosaurinae gen. et sp. indet.)。

侯连海等^[1]报道了扶绥那派盆地的 5 件棘龙类牙齿(最初被认为是“上龙类”的“扶绥中国上龙 *Sinophiosaurus fusuiensis*”);Buffetaut 等^[7]重新观察了这些标本,正确地将其归入兽脚类恐龙的棘龙类。其中 1 枚保存完好的牙齿标本(IVPP V4793),其齿冠基部长度(CBL)、宽度(CBW)分别为 16.5 mm、13.0 mm,齿冠基部比率(CBR)为 0.79;齿冠高度(CH)为 69.0 mm,齿冠高度比率(CHR)为 4.18^[7];其基本特征与本文标本几乎一致。该牙齿齿冠单侧纵嵴数目为 12^[7],亦在本文研究的牙齿齿冠纵嵴数目变化范围内。可见,那派盆地已发现的棘龙类牙齿化石均属于同一种形态类型。

亚洲的棘龙类牙齿化石与其他地区的棘龙类牙齿化石材料存在较明显的不同^[12]。亚洲东部地

区除中国广西扶绥外,棘龙类化石在东南亚泰国、老挝、马来西亚一带^[12, 15-17]及日本^[18-20]都有发现,且均产于下白垩统。

泰国是东南亚棘龙类化石发现地点最多的国家,主要分布于泰国东北地区部分地点 Khorat 群 Sao Khua 组(巴雷姆阶)^[16, 21-22]和 Khok Kruat 组(阿普特阶)^[12, 23],以及泰国东南地区 Kut 岛下白垩统(巴雷姆阶?)^[17]。尽管泰国东北部地区 Sao Khua 组、Khok Kruat 组中分别有零星头后骨骼的发现^[16, 23],但棘龙类牙齿化石数量更丰富,分布地点更广,研究也更详细。

萨氏暹罗龙 *Siamosaurus suteethorni* 是依据泰国东北地区 Khon Kaen 省 Phu Wiang 地点 Sao Khua 组中数枚牙齿标本建立的棘龙类属种^[21],其牙齿齿冠两侧面釉质层均具有纵向嵴和纵沟,单侧纵沟数目约为 15,齿冠微弱弯曲,横断面近圆形,前后缘无小锯齿结构。泰国东北地区 Nakhon Phanom 省 Phu Din Daeng 地点,以及泰国东南地区 Kut 岛的相当地层中也存在形态类似的棘龙类牙齿^[17, 22]。泰国东北地区 Khok Kruat 组中亦产较丰富的棘龙类牙齿化石,均归入棘龙亚科,并进一步分为 2 个形态类型:形态类型 I (Khok Kruat 形态类型)、形态类型 II (*Siamosaurus* 形态类型),预示该组中可能同时存在 2 类不同的棘龙类属种。形态类型 I 的牙齿齿冠纵嵴细弱且釉质层表面较光滑,齿冠单侧面纵嵴数目为 21~32;而形态类型 II 的牙齿齿冠纵嵴显著且较粗,釉质层表面有起皱现象,齿冠单侧面纵嵴数目变化范围为 11~16^[12]。中国那派盆地棘龙类牙齿齿冠单侧的纵嵴数目为 12~15,齿冠整体形态、横断面形状、釉质层较厚等均与形态类型 II 的牙齿相近,因此可归入这一形态类型。

老挝南部 Savannakhet 盆地 Grès supérieurs 组(阿普特阶)的老挝鱼猎龙 *Ichthyovenator laosensis* 是亚洲目前骨骼化石保存最多且唯一一个依据关联部分头后骨骼建立的棘龙类属种,最初被归入重爪龙亚科^[24]。之后发现的化石材料中包括 3 枚牙齿,其齿冠较直、无边缘小锯齿,显示出与棘龙亚科更近的系统关系^[25]。由于该属种牙齿未被描述,尚不能与那派盆地牙齿进行详细比较。

马来西亚的马来半岛地区下白垩统 Tembeling 群,大体可与泰国 Khorat 群进行对比。Tembeling 群中也曾报道棘龙类牙齿化石,其齿冠前后缘具有

极其细小的锯齿状结构^[26],但该地区牙齿化石由于未详细研究,也暂不能与那派盆地棘龙类牙齿进行对比。

在东亚地区,日本群马县和福井县下白垩统也有棘龙类牙齿化石的发现。群马县 Sanchu 群 Sebayashi 组(山中群濑林组,巴雷姆阶)仅报道了 2 枚牙齿(两者产出的地层层位相差 230~282 m),其中 1 枚的齿冠近于完整,齿冠单侧具 12 条纵嵴,齿冠前后缘无小锯齿^[18],与泰国 *Siamosaurus* 牙齿形态及中国扶绥那派盆地棘龙类牙齿形态相似;另 1 枚仅保存有部分齿冠中部的牙齿齿冠的前缘则可见微小锯齿结构^[19],与那派盆地棘龙类牙齿略有差别。日本福井县 Tetori 群 Kitadani 组(手取群北谷组,阿普特阶)中 18 枚棘龙类牙齿的大小和形态变化较大,其齿冠单侧纵沟数目为 11~18,其中 2 枚牙齿齿冠的后缘基部和前缘端部还发育小锯齿结构^[20],那派盆地棘龙类牙齿与日本福井棘龙类牙齿形态亦有一定差别,仅依据牙齿难以断定两地间棘龙类的关系。

综上所述,对亚洲东部已知的棘龙类牙齿化石形态比较后发现:中国扶绥那派盆地的棘龙类牙齿化石与泰国东北地区 Khok Kruat 组棘龙类牙齿的形态类型 II 完全可以比较,它们应属于同一类型棘龙类。那派盆地新隆组脊椎动物化石群与泰国东北地区 Khok Kruat 组脊椎动物化石群的整体面貌相近,两者的地质时代亦相当,且中国华南地区与东南亚一带在早白垩世晚期可能组成了一个“南方古动物地理区系”^[9]。扶绥地区新的棘龙类牙齿化石材料为这一观点提供了更多依据。

在中国,棘龙类牙齿化石除广西扶绥那派盆地早白垩世晚期的新隆组中有较多数量外,在河南汝阳盆地、西峡盆地晚白垩世地层中亦各有 1 枚牙齿被报道。汝阳盆地莽川组(塞诺曼阶?)的 1 枚较完整牙齿被初步归入棘龙类^[27],该牙齿齿冠高度(CH)约 10 mm,齿冠基部长(CBL)约 5 mm,显著小于扶绥的牙齿化石;其齿冠断面近圆形,齿冠表面具有纵向嵴状条纹,前后缘无锯齿。然而,该牙齿的描述与对比不够详细,需进一步深入研究。西峡盆地马家村组(桑顿阶?)1 枚近完整的牙齿化石,显示重爪龙亚科牙齿的特征^[28],其齿冠高度(CH)52 mm,齿冠基部长(CBL)和宽度(CBW)分别为 15 mm 和 9 mm,齿冠基部比率(CBR)仅

0.6,显示牙齿齿冠较侧扁;齿冠前后缘具有细小的锯齿状结构(约4.5/mm),齿冠釉质层较平滑,缺少明显的纵向条纹。有学者认为,该牙齿较侧扁且釉质表面较光滑,并不具备典型棘龙类牙齿特征,因此其分类归属尚存疑问^[17,19]。目前,中国棘龙类化石的确切产地仅有广西扶绥那派盆地,而河南晚白垩世的“棘龙类”化石还需要更多化石材料进一步讨论。

4 结 论

广西扶绥那派盆地早白垩世新隆组棘龙类牙齿化石新材料,以牙齿齿冠横断面为宽略小于长的亚圆形、齿冠前后缘无小锯齿、齿冠表面纵嵴和纵沟凹凸程度明显、单侧纵嵴数目12~15条的特征,可进一步归入棘龙亚科(*Spinosaurinae*),且呈现了泰国东北地区 Khok Kruat 组(阿普特阶)棘龙类牙齿形态类型 II (*Siamosaurus* 形态类型)的特征。目前已发现的牙齿化石材料表明,扶绥那派盆地仅有一种类型的棘龙类,其可能与泰国的暹罗龙(*Siamosaurus*)具有较近的关系。

致谢:广西壮族自治区自然资源厅、扶绥县自然资源局、扶绥县山圩镇平搞村和下妙屯对化石野外抢救性发掘工作给予了支持,中国古生物化石保护基金会化石保护与修复技术研发中心承担化石发掘与标本修理工作,中国地质科学院地质研究所助理研究员李明协助绘制插图,在此表示衷心感谢。

参考文献

- [1] 侯连海,叶祥奎,赵喜进.广西扶绥爬行动物化石[J].古脊椎动物与古人类,1975,13(1): 24-33.
- [2] Mo J Y, Wang W, Huang Z T, et al. A basal titanosauriform from the Early Cretaceous of Guangxi, China[J]. Acta Geologica Sinica, 2006, 80(4): 486-489.
- [3] Mo J Y, Xu X, Buffetaut E. A new eusauropod dinosaur from the Lower Cretaceous of Guangxi Province, southern China [J]. Acta Geologica Sinica, 2010, 84(6): 1328-1335.
- [4] 姬书安,张培.中国南方首次发现的基于禽龙类化石新属种[J].地球学报,2022,43(1): 1-10.
- [5] Holtz Jr T R. Basal Tetanurae [C]//Weishampel D B, Dodson P, Osmólska H. The Dinosauria (Second Edition). Berkeley: University of California Press, 2004: 71-110.
- [6] Upchurch P, Barrett P M, Dodson P. Sauropoda [C]//Weishampel D B, Dodson P, Osmólska H. The Dinosauria (Second Edition).

- Berkeley: University of California Press, 2004: 259-322.
- [7] Buffetaut E, Suteethorn V, Tong H Y, et al. An Early Cretaceous spinosaurid theropod from southern China [J]. Geological Magazine, 2008, 145(5): 745-748.
- [8] Mo J Y, Huang C L, Xie S W, et al. A megatheropod tooth from the Early Cretaceous of Fusui, Guangxi, southern China [J]. Acta Geologica Sinica, 2014, 88(1): 6-12.
- [9] Mo J Y, Buffetaut E, Tong H Y, et al. Early Cretaceous vertebrate from the Xinlong Formation of Guangxi (southern China): a review [J]. Geological Magazine, 2016, 153(1): 143-159.
- [10] Cuny G, Mo J Y, Amiot R, et al. New data on Cretaceous freshwater hybodont sharks from Guangxi Province, South China [J]. Research & Knowledge, 2017, 3(1): 11-15.
- [11] Smith J B, Vann D R, Dodson P. Dental morphology and variation in theropod dinosaurs: implications for the taxonomic identification of isolated teeth [J]. The Anatomical Record A, 2005, 285A: 699-736.
- [12] Wongko K, Buffetaut E, Khamha S, et al. Spinosaurid theropod teeth from the red beds of the Khok Kruat Formation (Early Cretaceous) in northeastern Thailand [J]. Tropical Natural History, 2019, 19(1): 8-20.
- [13] Hone D W E, Holtz Jr T R. A century of spinosaurs—a review and revision of the Spinosauridae with comments on their ecology [J]. Acta Geologica Sinica, 2017, 91(3): 1120-1132.
- [14] Bertin T. A catalogue of material and review of the Spinosauridae [J]. Palarch's Journal of Vertebrate Palaeontology, 2010, 7(4): 1-39.
- [15] Samathi A, Chanthasit P, Sander P M. A review of theropod dinosaurs from the Late Jurassic to mid-Cretaceous of Southeast Asia [J]. Annales de Paléontologie, 2019, doi.org/10.1016/j.annpal.2019.03.003.
- [16] Samathi A, Sander P M, Chanthasit P. A spinosaurid from Thailand (Sao Khua Formation, Early Cretaceous) and a reassessment of *Camarillasaurus cirugedae* from the Early Cretaceous of Spain [J]. Historical Biology, 2021, Doi: 10.1080/08912963.2021.1874372.
- [17] Buffetaut E, Suteethorn S, Suteethorn V, et al. Spinosaurid teeth from the Lower Cretaceous of Ko Kut, eastern Thailand [J]. Annales de Paléontologie, 2019, 105: 239-243.
- [18] Hasegawa Y, Buffetaut E, Manabe M, et al. A possible spinosaurid tooth from the Sebayashi Formation (Lower Cretaceous), Gunma, Japan [J]. Bulletin of Gunma Museum of Natural History, 2003, 7: 1-5.
- [19] Kubota K, Takakuwa Y, Hasegawa Y. Second discovery of a spinosaurid tooth from the Sebayashi Formation (Lower Cretaceous), Kanna Town, Gunma Prefecture, Japan [J]. Bulletin of Gunma Museum of Natural History, 2017, 21: 1-6.
- [20] Hattori S, Azuma Y. Spinosaurid teeth from the Lower Cretaceous Kitadani Formation of the Tetori Group, Fukui, Japan [J]. Memoir of the Fukui Prefectural Dinosaur Museum, 2020, 19: 1-9.
- [21] Buffetaut E, Ingavat R. Unusual theropod dinosaur teeth from the Upper Jurassic of Phu Wiang, northeastern Thailand [J]. Revue de Paléobiologie, 1986, 5(2): 217-220.
- [22] Tong H Y, Buffetaut E, Suteethorn V, et al. Phu Din Daeng, a new Early Cretaceous vertebrate locality on the Khorat Plateau, NE Thailand [J]. Annales de Paléontologie, 2019, 105: 223-237.

- [23] Buffetaut E, Suteethorn V, Le Loeuf J, et al. The dinosaur fauna from the Khok Kruat Formation (Early Cretaceous) of Thailand [C]// Wannakao L, Youngme W, Srisuk K, et al. Proceedings of the International Conference on Geology, Geotechnology and Mineral Resources of Indochina. Khon Kaen: Khon Kaen University, 2005: 575–581.
- [24] Allain R, Xaisnavong T, Richir P, et al. The first definitive Asian spinosaurid (Dinosauria: Theropoda) from the Early Cretaceous of Laos [J]. *Naturwissenschaften*, 2012, 99: 369–377.
- [25] Allain R. New material of the theropod *Ichthyovenator* from Ban Kalum type locality (Laos): implications for the synonymy of *Spinosaurus* and *Sigilmassasaurus* and the phylogeny of Spinosauridae [J]. *Journal of Vertebrate Paleontology*, Program and Abstracts, 2014: 78.
- [26] Sone M, Hirayama R, He T Y, et al. First dinosaur fossils from Malaysia: spinosaurid and ornithischian teeth [C]// 2nd International Symposium on Asian Dinosaurs, Program and Abstracts. Bangkok: Asian Dinosaur Association, 2015: 18.
- [27] Lü 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.
- [28] Hone D W E, Xu X, Wang D Y. A probable baryonychine (Theropoda: Spinosauridae) tooth from the Upper Cretaceous of Henan Province, China [J]. *Vertebrata Palasiatica*, 2010, 48(1): 19–26.