

王珑翰, 李晓波, 陈军. 长春龙动物群中的兽脚类材料及其多样性. 吉林大学学报(地球科学版), 2022, 52(6):1844-1854. doi:10.13278/j.cnki.jjuese.20210379.

Wang Longhan, Li Xiaobo, Chen Jun. Theropod Materials from *Changchunsaurus* Fauna and Its Diversity. Journal of Jilin University (Earth Science Edition), 2022, 52(6):1844-1854. doi: 10.13278/j.cnki.jjuese.20210379.

# 长春龙动物群中的兽脚类材料及其多样性

王珑翰<sup>1,2</sup>, 李晓波<sup>1,2</sup>, 陈 军<sup>1,2</sup>

1. 吉林大学地球科学学院/恐龙演化研究中心/未来科学国际合作联合实验室, 长春 130061

2. 教育部哲学社会科学实验室(吉林大学生物考古实验室), 长春 130012

**摘要:**吉林省中部地区白垩系泉头组中保存了一个典型的脊椎动物化石群, 该动物群以基于鸟脚类娇小长春龙为代表, 还包括禽龙类、角龙类、兽脚类、蜥脚类、鳄类、真兽类, 以及恐龙蛋等 8 类陆生脊椎动物化石, 笔者将其定名为长春龙动物群。为了研究该动物群的物种多样性, 笔者对该动物群中的兽脚类牙齿材料进行了较为详细系统的研究。我们将测量获取的化石特征数据绘制成二维散点图进行分析, 并结合牙齿特征开展标本的骨骼形态学对比与鉴定。研究发现在该动物群中至少存在 4 种不同类型兽脚类恐龙, 分别为跃龙类、驰龙类、暴龙类和未定类。其中, 驰龙类材料在松辽盆地中生代地层中是首次发现。长春龙动物群中兽脚类的分异性, 从侧面说明了长春龙动物群应为一个物种组成十分丰富的脊椎动物群落。

**关键词:** 长春龙动物群; 兽脚类; 牙齿化石; 多样性

doi:10.13278/j.cnki.jjuese.20210379

中图分类号: P52; Q915.86

文献标志码: A

## Theropod Materials from *Changchunsaurus* Fauna and Its Diversity

Wang Longhan<sup>1,2</sup>, Li Xiaobo<sup>1,2</sup>, Chen Jun<sup>1,2</sup>

1. College of Earth Sciences/Dinosaur Evolution Research Centre/International Centre of Future Science, Jilin University, Changchun 130061, China

2. Laboratory of Philosophy and Social Sciences, Ministry of Education (Biological Archaeology Laboratory of Jilin University), Changchun 130012, China

收稿日期: 2021-11-23

作者简介: 王珑翰(1998—), 男, 博士研究生, 主要从事古脊椎动物学方面的研究, E-mail: wanglh20@mails.jlu.edu.cn

通信作者: 陈军(1977—), 男, 苗族, 研究馆员, 主要从事古脊椎动物学及博物馆内容设计方面的研究, E-mail: cj@jlu.edu.cn

基金项目: 中国地质调查局项目(WT2021036B); 科技部国家自然科技资源共享平台项目(3D5201540506); 国家自然科学基金项目(41688103); 吉林大学未来科学国际合作联合实验室基金项目(419020201280); 吉林大学交叉学科团队资助计划项目(10183JXTD202006)

Supported by the Project of China Geological Survey (WT2021036B), the National Natural Science and Technology Resource Sharing Platform Project (Ministry of Science and Technology of the People's Republic of China) (3D5201540506), the National Natural Science Foundation of China(41688103), the Funding of International Center of Future Science (419020201280) and the Interdisciplinary Team Funding Program of Jilin University (10183JXTD202006)

**Abstract:** A typical vertebrate assemblage has been discovered in the Cretaceous Quantou Formation in Changchun area of Jilin Province. It is represented by eight main fossil vertebrate groups, including the basal Ornithopoda, Iguanodontia, Ceratopsia, Theropoda, Sauropoda, Crocodilia, Eutheria and dinosaur eggs. The basal ornithopod *Changchunsaurus parvus* is the most dominant taxon, with a large number of fossil bones. Herein, we define this assemblage as “*Changchunsaurus* Fauna”. In order to study the diversity of this fauna, the theropod dental materials in our collections have been studied in detail. The selected measurement data from the specimens are plotted on a two-dimensional scatter diagram for analysis, and the morphological comparison and identification of the specimens are carried out in combination with the features of the teeth. The study found that there are at least four different types of theropods in the fauna, respectively allosaurs, dromaeosaurs, tyrannosaurs, and a large indeterminate theropod. Among them, dromaeosaurs are reported for the first time in the Mesozoic strata in Songliao basin. The high diversity of theropods in *Changchunsaurus* Fauna indicates that this assemblage should be a vertebrate community with a rich species composition.

**Key words:** *Changchunsaurus* Fauna; theropod; tooth fossil; diversity

## 0 引言

吉林省长春地区是我国重要的白垩纪恐龙化石产地之一,但重要的化石材料均是 21 世纪才发现的,研究起步相对较晚。近年来,在该地区的白垩系泉头组中曾相继出土了鸟脚类(含基干鸟脚类和禽龙类)<sup>[1-3]</sup>、角龙类<sup>[4]</sup>、兽脚类<sup>[5-6]</sup>、蜥脚类<sup>[7]</sup>等恐龙化石,以及恐龙蛋<sup>[8]</sup>、鳄类<sup>[5]</sup>、真兽类<sup>[5, 9]</sup>等化石。这些种类繁多的脊椎动物化石为我们呈现了一幅多样性十足的白垩纪陆地生物群落景象,其中化石分布数量最多的基干鸟脚类娇小长春龙是该生物群落的典型代表物种,因此我们也将这一生物群称为长春龙动物群。

在该动物群化石中,6 枚兽脚类牙齿材料曾在文献<sup>[5-6]</sup>中被提及,被归类到异特龙科的吉蓝泰龙属(*Chilantaisaurus*)和暴龙科后弯齿龙属(*Aublysodon*)<sup>[6]</sup>,但上述研究的工作程度均较浅,不能系统和全面地反映此区域中兽脚类动物古生态组合的情况;此外,随着近年来对大型兽脚类研究的深入,吉蓝泰龙属的 4 个种被认为至少在科一级上并不是同类,该属也随之解体<sup>[10]</sup>。因此,笔者认为十分有必要对吉林省中部地区发现的这批兽脚类牙齿材料进行更为详细和系统的研究。笔者对上述标本重新进行了详细的实验测量及描述,不仅限于传统的外形与锯齿特征分析,而且将测量数据绘制成二维散点图进行分析,对比已知的主要兽脚类牙齿化石特征,对实验材料进行了重新分类,区分出了 4

个类型的兽脚类,以期进一步丰富对白垩纪时期该地区生物多样性及食物链顶端生态组合的认识。

## 1 标本描述

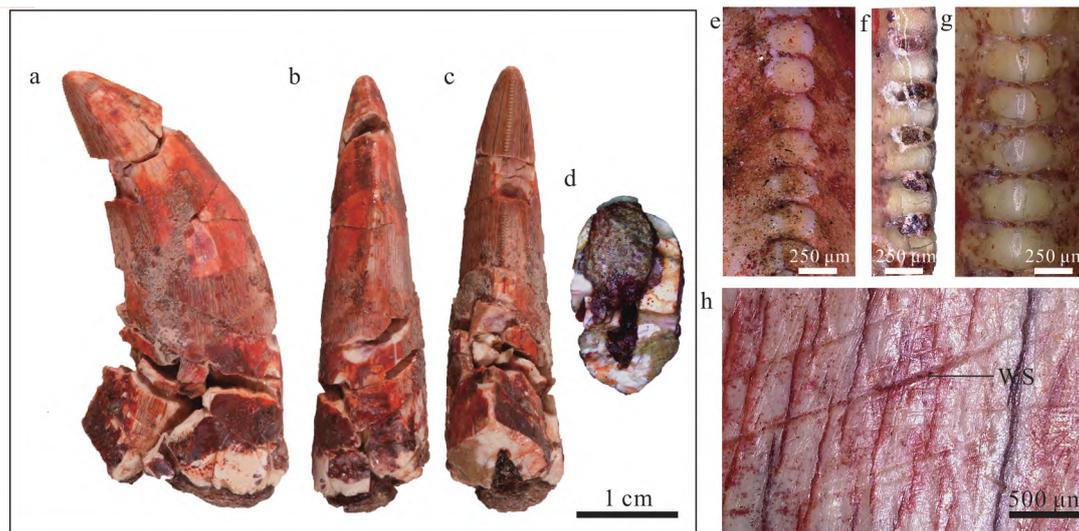
**产地及层位:**研究材料均来自吉林省中部长春市所辖公主岭市刘房子镇山前村附近的上白垩统泉头组剖面,出露地层为一套暗红色泥质砂岩与白色细砂岩互层,化石产于底部厚层暗红色泥质砂岩中,从岩性上对比上分析大致属于泉头组三段至四段之间<sup>[1, 5]</sup>。

**材料:**6 颗单独保存的兽脚类恐龙牙齿化石,吉林大学地质博物馆(原吉林大学博物馆)科研标本野外编号为 JLUML-04-02 Ya1、Ya2、Ya3、Ya4、Ya5、Ya6,该批标本后经整理,现存放在吉林大学恐龙演化研究中心实验室,对应编号为 JLUM-Y1、Y2、Y3、Y4、Y5、Y6。

**描述:**本文采用 Hendrickx 等<sup>[11]</sup>于 2015 年提出的兽脚类牙齿描述方法,从牙齿形态、齿冠、锯齿、纹饰、齿根等 5 个方面进行描述,相关名词与缩写也以其为准。从形态上分析,所选实验材料可以分为 4 种类型,详细记述如下。

**类型 I (未定类,包括 1 枚牙)。**

JLUM-Y1(图 1):1 枚中等大小的兽脚类牙齿,根部缺失,仅保留齿冠部分。齿冠高度为 34.28 mm,唇舌两侧较为对称。牙齿基部破损,牙齿呈匕首形向后侧强烈弯曲,CA(crown angle,由齿冠基部长度与齿冠尖端长度两矢量形成的夹角)



a. 舌侧视图; b. 前视图; c. 后视图; d. 底部截面; e. 前缘锯齿正视; f. 后缘锯齿侧视; g. 后缘锯齿正视; h. 唇侧局部放大图。

图 1 兽脚类(未定类)牙齿化石 JLUM-Y1

Fig.1 Theropod (Theropoda fam., gen. et sp. Indet.) tooth fossil JLUM-Y1

约为  $38^\circ$ 。CBR(crown base ratio, 齿冠基部宽度与齿冠基部长度的比值)值为 0.58, 齿冠为微弱的侧向压缩。齿冠表面覆盖有薄层牙釉质, 釉质表面纹理呈无定向排列, 齿冠顶部位置的牙釉质因磨损部分剥落, 在裸露出的齿质上可观察到微弱的齿痕。牙齿表面发育有明显的纵向条纹, 在唇侧还可观察到零散的近垂直于后缘的磨损条纹(WS, wear striation)(图 1h)以及小规模分布的波状牙釉质。前缘中脊偏向舌侧, 于齿冠中部消失; 后缘中脊与前缘不同, 并不向唇舌两侧偏移, 而是一直竖直延伸至齿冠基部。齿冠前后缘上均发育有垂直于中脊的凿状小锯齿, 但程度不同, 前缘小锯齿发育程度较差, 且可能受到了后期的磨损作用, 只有尖部保存了小锯齿; 后缘锯齿较为明显, 但由于基部破损, 锯齿保存不完整。锯齿间不发育齿间沟。齿冠前缘尖端每 5 mm 约有 15 个小锯齿; 后缘尖端每 5 mm 发育有 20 个小锯齿, 中部每 5 mm 约有 17 个小锯齿, 由于前缘中部小锯齿的缺失, 无法估算 DSDI(denticle size density index, 牙齿大小密度指数, 表示前后缘锯齿大小差异的比值)。锯齿形状近似方形, 外边缘较为平坦, 相邻小锯齿之间没有血槽, 以上特征与大部分的大型兽脚类牙齿类似<sup>[12-13]</sup>。齿冠基部横截面呈透镜形。

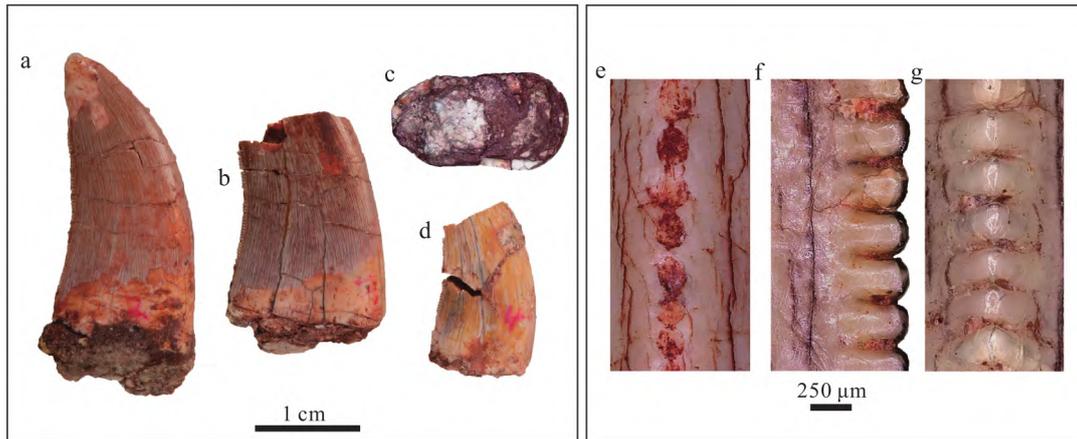
类型 II(跃龙类, 包括 3 枚牙)。

这 3 枚牙齿(JLUM-Y2, Y3, Y4, 图 2)采自同一层位同一地点, 其外形、基部截面形状、锯齿、齿冠

的前后缘隆起等具有鉴定意义的特征相似, 可视为同类型牙齿, 具体为: 形态呈短钝匕首状, 从保留部分来看, 弯曲度大致相近; 基部截面均呈哑铃形; 锯齿形状均近似方形; 齿冠的前缘隆起在靠近基部处偏向舌侧且逐渐变宽直至消失, 后缘隆起则竖直且靠近唇侧。

JLUM-Y2(图 2a): 1 枚中等大小的兽脚类牙齿, 根部缺失, 齿冠保留较为完整。齿冠高度为 24.63 mm, 表面有横向的裂纹。齿冠整体呈匕首形向后方弯曲, 牙齿尖部唇舌两侧均有磨损面。CBR 为 0.58。齿冠表面覆盖有牙釉质, 其纹理呈不规则状。牙齿表面可见明显纵向条纹。前缘中脊偏向舌侧, 自尖部向基部延伸, 但在齿冠的  $1/3 \sim 1/2$  处随即消失, 与之一同消失的还有前缘锯齿。后缘中脊竖直, 但位于靠近唇侧一侧, 使其唇舌两侧不对称。前后两侧可见不同发育程度的凿状小锯齿, 前侧小锯齿磨损较为严重, 后侧小锯齿发育明显, 不间断地向下延伸, 锯齿间无血槽, 无齿间沟。前侧中部每 5 mm 有 20 个小锯齿, 后侧中部每 5 mm 有 16 个小锯齿。小锯齿整体形状近似方形, 外边缘较为平坦, 中部与基部的锯齿相较尖部更长。整体强烈侧向压缩, 齿冠唇舌两侧中部可观察到明显凹陷的浅沟, 靠近基部位置浅沟较宽, 靠近尖部位置则逐渐尖灭, 致使横截面近哑铃形。

JLUM-Y3(图 2b): 1 枚中等大小的兽脚类牙齿, 根部、尖部缺失, 无法测量齿冠高度, 表面布满裂



a. JLUM - Y2 的唇侧视图; b,c. JLUM - Y3 的唇侧视图与底部截面图; d. JLUM - Y4 的唇侧视图; e. JLUM - Y3 前缘锯齿; f, g. JLUM - Y3 后缘锯齿。

图 2 跃龙类牙齿化石 JLUM - Y2, Y3, Y4

Fig.2 Allosauria teeth fossil, JLUM - Y2, Y3, Y4

纹, 齿冠整体呈匕首状。CBR 为 0.49。牙釉质纹理不规则。表面具有密集的纵向条纹。前缘中脊偏向舌侧并在延伸至齿冠基部后消失, 后缘中脊竖直、靠近唇侧。锯齿发育情况与 JLUM - Y2 类似, 前缘较为微弱且基部锯齿基本消失(图 2e), 后缘锯齿为形态近似方形的凿状, 锯齿间无血槽(图 2f, g)。前缘中部每 5 mm 有 25 个锯齿, 后缘中部每 5 mm 有 17 个锯齿。JLUM - Y3 底部横截面同 JLUM - Y2 一样, 呈近哑铃形(图 2c)。

JLUM - Y4(图 2d): 1 枚较小的兽脚类牙齿, 破损严重, 根部与尖部缺失, 中部与基部断裂分离。形状为匕首状。CBR 为 0.62。具有不规则纹理的牙釉质, 且多处牙釉质后期脱落。表面纵向条纹明显。前缘锯齿与中脊的发育情况与该类型其他 2 枚牙齿相似, 均不发育且延伸至基部时逐渐消失。后缘的中部锯齿磨损严重, 基部锯齿保留较为完好, 锯齿间无血槽。前后缘中部每 5 mm 均有 20 个锯齿。横截面呈近哑铃形。前缘隆起在基部偏向舌侧, 后缘隆起竖直且靠近唇侧。

类型 III(驰龙类, 包括 1 枚牙)。

JLUM - Y5(图 3): 1 枚较小的兽脚类牙齿, 破损严重, 齿尖、部分基部及以下的根部均缺失。整体布满裂纹。形状呈匕首状, 侧向压缩较为强烈, CBR 值约为 0.50。牙齿表面布满纵向的细纹。具有不规则的牙釉质纹理, 多处牙釉质被剥落。前后缘均有锯齿发育, 但由于后期的破坏作用, 前缘中部锯齿均

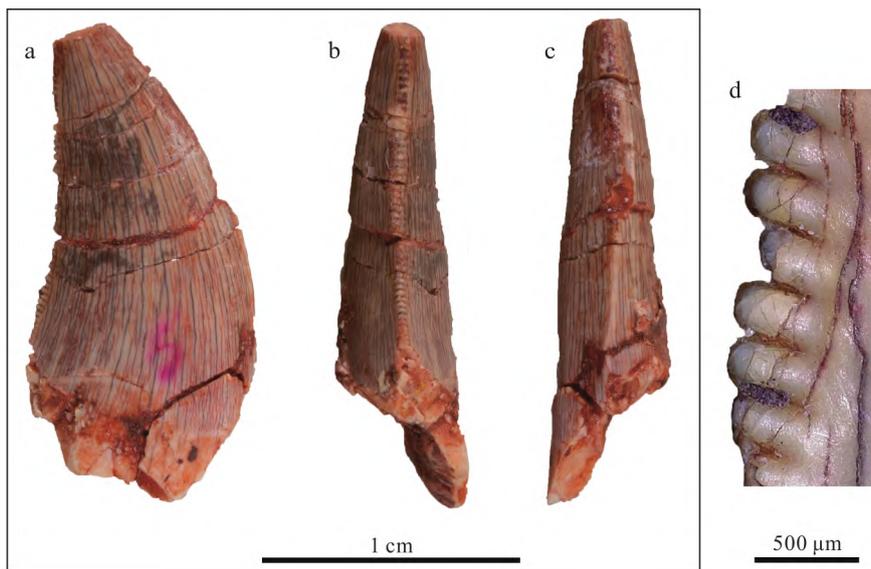
被磨平, 仅能观察到锯齿根部的痕迹; 基部锯齿与前文所描述标本相同, 逐渐缩小至不可见。后缘锯齿则大部分破碎, 但可观察到其呈钩状, 微微倾斜, 指向尖端(图 3d), 锯齿间无血槽。前缘中部每 5 mm 有 24 个小锯齿, 后缘中部每 5 mm 有 20 个小锯齿。横截面形状呈透镜状。后缘中脊正常向基部延伸, 前缘中脊在基部偏向舌侧。

类型 IV(暴龙类, 包括 1 枚牙)。

JLUM - Y6(图 4), 1 枚粗短且较小的兽脚类牙齿, 外形趋于门齿化, 齿冠高度为 11.97 mm, 缺失根部。齿冠部位保存较为完整, 无碎裂部位。侧视形状呈匕首状, 其曲率与其他标本相比较小。齿冠表面通体具有纵向细纹。CBR 值为 0.69。具有不规则的牙釉质纹理, 近中端基部牙釉质被大范围剥落。齿冠尖部具有磨损面。该牙不发育锯齿。其舌侧面有一纵向延伸的脊, 该处有严重的磨损痕迹。牙齿横截面为典型的 U 形横截面, 此特征广泛存在于暴龙类的牙齿中<sup>[13]</sup>。

## 2 对比讨论

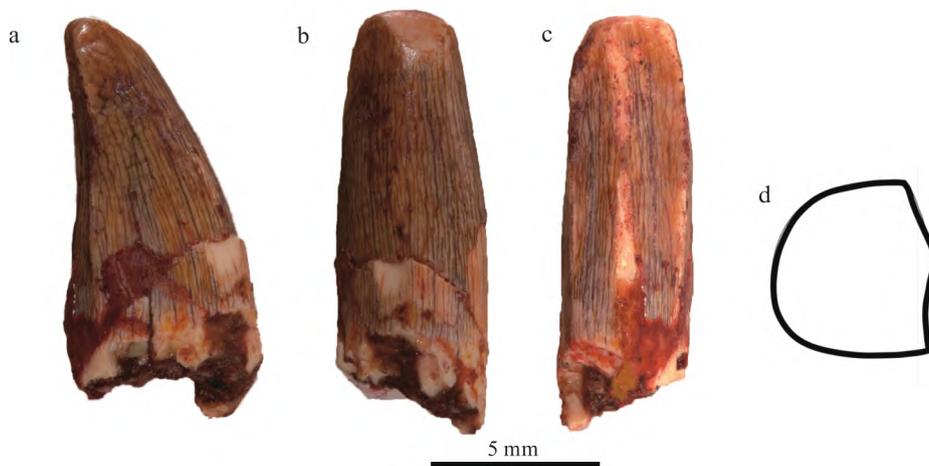
Smith 等<sup>[12]</sup>在对兽脚类牙齿的研究中, 通过大量的特征数据统计分析, 引入了数值信息 CBR 值二维散点图, 对零散的兽脚类牙齿进行系统分类。这类方法在研究中被证明是有效的<sup>[14-16]</sup>, 在国内的应用效果也较好<sup>[14]</sup>。笔者采用各类兽脚类牙齿的特征数据对比图(图 5)以及 CBR 值二维散点图



a. 唇侧视图; b. 后视图; c. 前视图; d. 后缘小锯齿放大图。

图 3 驰龙类牙齿化石 JLUM-Y5

Fig.3 Dromaeosauria tooth fossil JLUM-Y5



a—c. 依次为 JLUM-Y6 侧视、唇侧、舌侧特写; d. JLUM-Y6 横截面素描。

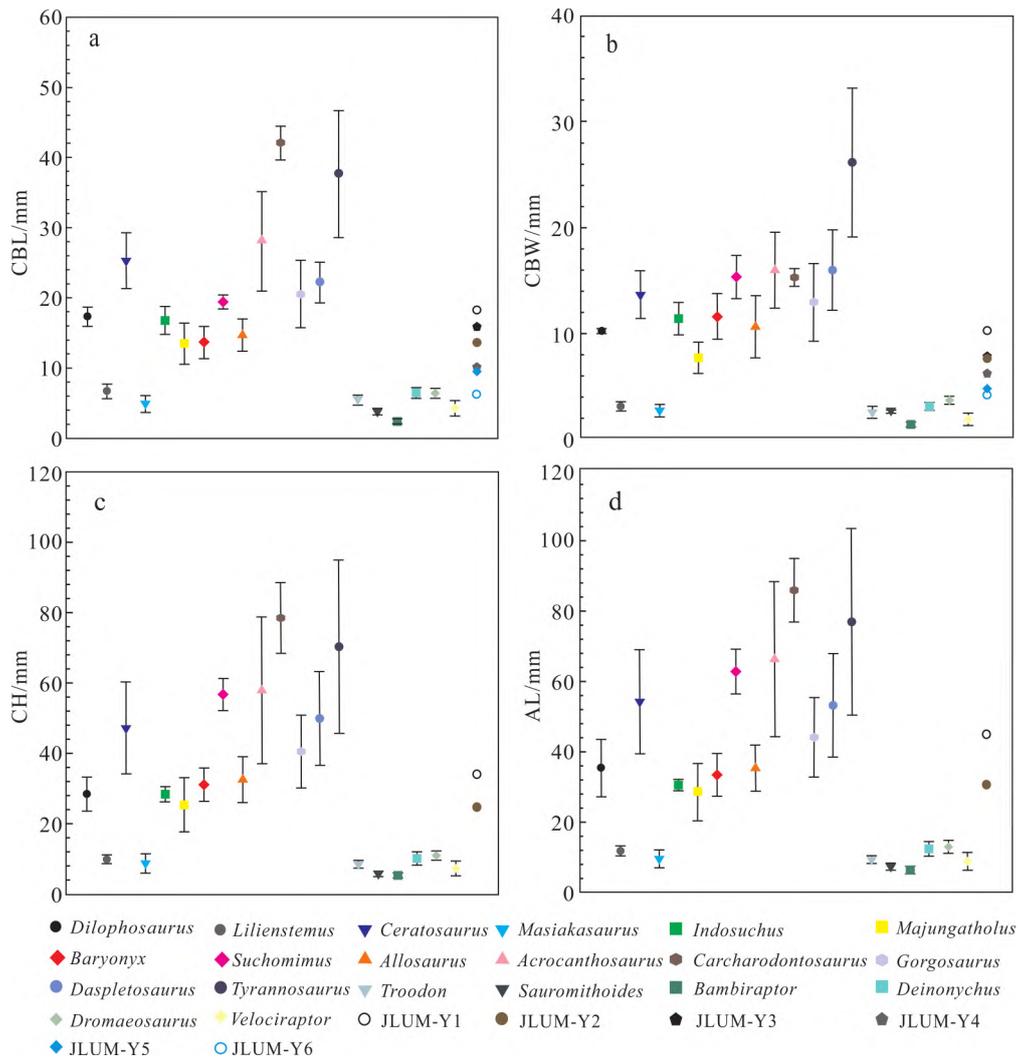
图 4 暴龙类牙齿化石 JLUM-Y6

Fig.4 Tyrannosauria tooth fossil JLUM-Y6

(图 6)对研究材料进行分类筛选,并结合牙齿具体形态及细微特征开展进一步的鉴定。

类型 I 牙齿化石(JLUM-Y1)的 CBR 值二元散点图的数据落在 *Dilophosaurus*, *Gorgosaurus*, *Tyrannosaurus*, *Indosuchus*, *Majungatholus*, *Allosaurus* 的区域内。*Dilophosaurus* 为生活在侏罗纪早期的大型肉食性恐龙,其时代与 JLUM-Y1 的地层不相符。JLUM-Y1 的 CBR 为 0.58(表 1),明显小于暴龙类(包括上述的 *Gorgosaurus* 及

*Tyrannosaurus*)的 0.72<sup>[17]</sup>。此外,从锯齿密度上来看,大部分暴龙类的牙齿的后缘锯齿密度为(7~14)个/5 mm<sup>[16]</sup>,而在 JLUM-Y1 齿冠后缘每 5 mm 发育有 17~20 个细小且致密的凿状锯齿,两者差别较大。Soto 等<sup>[16]</sup>曾指出,大部分成年大型兽脚类恐龙牙齿的锯齿密度均不会较大,所以 JLUM-Y1 相对较高的锯齿密度,也可能是其特有的一项鉴定特征。JLUM-Y1 的唇侧表面布有近垂直于后缘中脊零星的磨损条纹和波状的牙釉质,这两个特征虽然在



数据源自文献[12]。

图 5 研究标本与部分兽脚类常见分类单元的牙齿特征数据对比

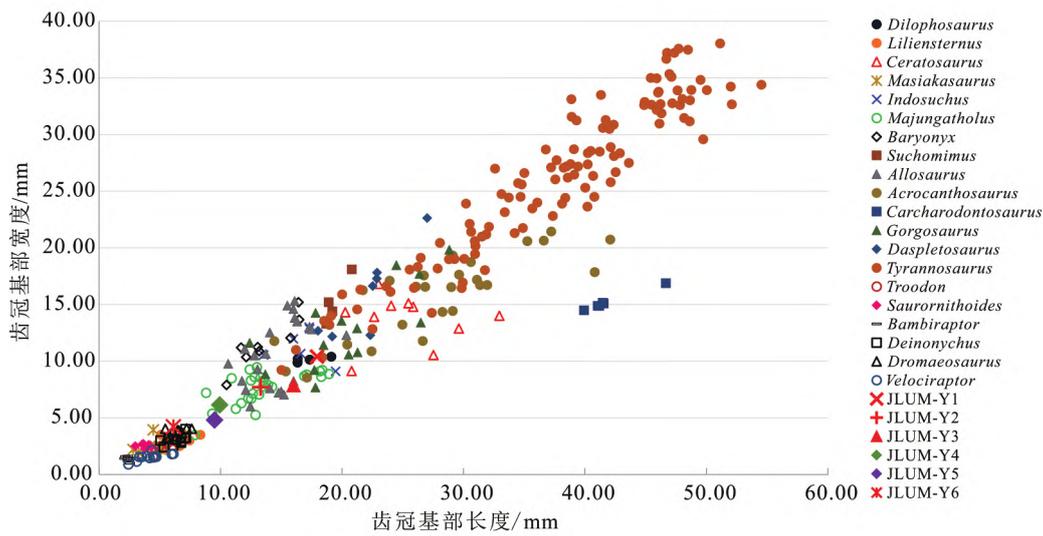
Fig.5 Comparison of tooth feature data between the study specimens and some common theropods

暴龙类牙齿中也有存在,而暴龙类的磨损条纹大都与牙齿长轴方向夹角呈 15°左右,且位于剥落面或者磨损面内,只有少数直接分布于唇侧或舌侧表面<sup>[17]</sup>;JLUM - Y1 波纹状的牙釉质分布于唇面的部分区域中,而暴龙类的波状牙釉质大多在唇舌两面均有分布<sup>[11]</sup>。因此,从上述几点分析来看,基本可以排除 JLUM - Y1 是暴龙类牙齿的可能性。

*Indosuchus* 与 *Majungatholus* 均属于阿贝力龙类,该类群牙齿齿冠的主要特征为,具有较低的齿冠<sup>[18]</sup>,唇舌面压缩,横截面呈椭圆形或水滴型,两边均有小锯齿,后缘锯齿呈微弱钩状<sup>[11, 19]</sup>;而 JLUM - Y1 齿冠较高,前后缘小锯齿呈凿状垂直于齿冠,两者形态特征区别较大,可以排除其为阿贝力龙类牙

齿的可能。JLUM - Y1 的外形特征与 *Allosaurus* (跃龙类)牙齿类似,特别是侧牙基本不发育齿间沟<sup>[13]</sup>,这与跃龙类非常吻合。不过,相比跃龙类齿冠前后缘每 5 mm 为 9~15 个的锯齿密度<sup>[13]</sup>,JLUM - Y1 的锯齿密度要高不少,显示其有可能属于一种新的大型兽脚类恐龙,但考虑到如果是幼年期也存在较高的锯齿密度的现象<sup>[16]</sup>,所以也不排除 JLUM - Y1 为未成年跃龙类个体牙齿的可能。目前来看,JLUM - Y1 由于破损严重使其缺少一些关键特征,若想对该标本进行更准确的鉴定,还有待于更多的补充材料。

类型 II 牙齿化石(JLUM - Y2, Y3, Y4)虽然因标本保存残缺导致相互间数值有一定差别,但在



统计数据来自于文献[12]。

图 6 公主岭地区所发现兽脚类恐龙牙齿 CBR 值二维散点图

Fig.6 2 - dimensional scatter plot of theropod dinosaur teeth found in Gongzhuling area

表 1 兽脚类牙齿化石重要特征测量数据

Table 1 Important characteristics' measurement data of theropod teeth fossils studied

类型	标本号	CH/mm	AL/ mm	MCW/ mm	MCL/ mm	DDH/ mm	DDL/ mm	DDW/ mm	CBW/ mm
I	JLUM - Y1	34.28	45.16	9.04	14.51	0.34	0.32	0.55	10.40
II	JLUM - Y2	24.63	30.21	6.44	11.01	0.30	0.32	0.44	7.71
II	JLUM - Y3	—	—	7.23	12.52	0.34	0.29	0.47	7.86
II	JLUM - Y4	—	—	5.25	8.21	0.33	0.26	0.53	6.14
III	JLUM - Y5	—	—	4.31	7.5	0.30	0.25	0.45	4.80
IV	JLUM - Y6	11.97	13.19	4.08	4.76	—	—	—	4.22

类型	标本号	CBL/ mm	MA/ (个/5mm)	MC/ (个/5mm)	DA/ (个/5mm)	DB/ (个/5mm)	DC/ (个/5mm)	CBR	DSDI
I	JLUM - Y1	17.94	20	—	15	—	17	0.58	—
II	JLUM - Y2	13.30	16	20	15	17	16	0.58	1.25
II	JLUM - Y3	16.01	—	25	—	20	16	0.49	1.47
II	JLUM - Y4	9.93	—	20	—	—	20	0.62	1.00
III	JLUM - Y5	9.51	—	24	20	—	20	0.50	1.20
IV	JLUM - Y6	6.12	—	—	—	—	—	0.69	—

注:CH. 齿冠高度;AL. 齿冠尖端基部最大长度;MCW. 齿冠中部截面宽度;MCL. 齿冠中部截面长度;DDH. 后缘锯齿高度;DDL. 后缘锯齿长度;DDW. 后缘锯齿宽度;CBW. 齿冠基部宽度;CBL. 齿冠基部长度;MA. 前缘尖端锯齿密度;MC. 前缘中部锯齿密度;DA. 后缘尖端锯齿密度;DB. 后缘基部锯齿密度;DC. 后缘中部锯齿密度。CBR 为 CBW 与 CBL 的比值;DSDI 为 MC 与 DC 的比值。—. 无测得数据。

CBR 值二维散点图(图 6)中,牙齿化石的数据都落在了 *Majungatholus* 以及 *Allosaurus* 的区域内,说明其可能为阿贝力龙类或跃龙类。前文已提到过 *Majungatholus* 齿冠低矮且后缘锯齿呈钩状向尖端倾斜,类型 II 牙齿的特点与其明显不同。类型 II 的牙齿的主要特点为唇舌两侧强烈压缩形成浅沟,其横截面呈近哑铃形,该特征在驰龙类的 *Richardoestesia* 及大部分跃龙类(如 *Megaraptor*, *Orkoraptor*, *Australovenator* 和 *Neovenator*) 中均有发现<sup>[15, 20-23]</sup>。但与 *Richardoestesia* 的牙齿相比,类型 II 牙齿后缘锯齿密度相对要小不少, *Richardoestesia* 每 5 mm 有 25~30 个锯齿,而类型 II 牙齿的后缘每 5 mm 仅有 16~20 个锯齿(表 1),并且 *Richardoestesia* 锯齿的 DDH 极小,仅为 0.15 mm 左右<sup>[21]</sup>,而类型 II 的 DDH 平均可达到 0.32 mm(表 1),再考虑到二维散点图的初步判断,基本可以排除类型 II 属于 *Richardoestesia* 类的可能。再将类型 II 与跃龙类牙齿特征进行对比,其后缘中脊偏向唇侧、前缘中脊偏向舌侧,同时类型 II 的牙齿还具备齿尖沟不发育的特点,这一系列重要特征与跃龙类牙齿的特点非常吻合<sup>[13]</sup>;此外,虽然描述标本腹缘锯齿磨损严重或保存不完整,但仍可看出该类型牙齿接近腹缘的锯齿高度要小于中部的锯齿,该特征也与部分跃龙类牙齿特征相近<sup>[24]</sup>。尽管类型 II 的牙齿锯齿密度比大多数跃龙类的大,但这并不能作为科或其上一级分类的有效鉴定因素,因此将类型 II 视为跃龙类的牙齿是合理的。

类型 III 牙齿化石(JLUM - Y5)靠近 *Majungatholus* 以及驰龙类的恐龙,这点从测量数据表(表 1)及 CBR 值二维散点图(图 6)可以看出,该类型牙齿的主要特点为:齿冠侧向强烈压缩;锯齿呈钩状微微向尖端倾斜;前缘锯齿发育微弱;前后缘锯齿大小不一, DSDI 达到 1.20 左右(表 1)。相比 *Majungatholus* 类,类型 III 侧扁的齿冠更符合驰龙类的牙齿特征。驰龙类的牙齿有两种形态:第一类与 *Dromaeosaurus albertensis* 类似,齿冠的高度极高而宽度极窄,前缘隆突在舌面上明显扭曲,前后缘隆起上的锯齿在末端最小,每个锯齿都相对宽大,呈凿状;另一种形态与 *Saurornitholestes langstoni* 相似,齿冠强烈侧向压缩,前后缘锯齿大小相差巨大,锯齿呈钩状指向牙齿尖端,锯齿间间隙很深<sup>[21, 25]</sup>。

根据上述特征对比, JLUM - Y5 应该属于 *Saurornitholestes* 型的驰龙类牙齿。

类型 IV 牙齿化石(JLUM - Y6)较小,其 CBR 值二维散点图(图 6)投影据坐标原点较近,在图中不易与其他种类区分,但该牙齿的形态与其他实验标本有显著的区别,是典型的兽脚类异型齿。其齿冠无锯齿发育,横截面为典型的 U 形横截面,舌侧中轴位置发育突起,中轴两侧有凹陷随后舌侧边缘再度向近端隆突,弯曲程度较小。U 形横截面是暴龙类前颌牙齿的典型特征<sup>[11, 13, 21]</sup>。Hendrickx 等<sup>[11, 13]</sup>和 Currie 等<sup>[21]</sup>曾对暴龙类的前颌牙齿做过详细研究,认为包括带锯齿的暴龙型与无锯齿的后弯齿暴龙型(*Aublysodon*)两大类。从类型 IV 的特征来看,其应属于后弯齿暴龙型的前颌牙齿。

从上述讨论可以看出,在长春龙动物群化石组合中至少存在着 4 种不同类型的兽脚类牙齿化石,分别为跃龙类、驰龙类、暴龙类和未定类。其中,驰龙类的牙齿化石在松辽盆地白垩纪地层中还是首次发现。

在生态系统中,大型食肉动物处在营养金字塔顶端<sup>[26]</sup>,它们对气候变化及其他生态干扰更为敏感,肉食类数量和多样性是其所处生态系统是否健康的重要指示。根据对现生大型肉食类哺乳动物的研究显示,顶级食肉动物对生态系统平衡具有稳定作用<sup>[27]</sup>,肉食动物种类的减少会直接导致生态系统中多样性的降低<sup>[28]</sup>。在白垩纪陆地生态系统中,兽脚类扮演着顶级掠食者的角色,它们的多样性同样能指示其所在古生态系统是否繁荣和稳定。

虽然目前还没有在长春龙动物群中发现完整的兽脚类化石材料,但从兽脚类牙齿化石研究显示出的多样性,已经能够向我们展示在早白垩世末期至晚白垩世早期这一阶段,吉林省中部地区至少有跃龙类、驰龙类和暴龙类活动的踪迹。兽脚类的多样性,从侧面说明了长春龙动物群应为一个物种组成十分丰富的脊椎动物群落。目前长春龙动物群中所发现的化石组合印证了该观点。截至目前,在长春龙动物群产地已经报道了至少包括 8 个类群的陆生脊椎动物化石,正式发表命名了 5 个新属新种(表 2)<sup>[1-9]</sup>,表明长春龙动物群为一个物种组成十分丰富的脊椎动物群落。

表 2 长春龙动物群中已经报道的脊椎动物化石材料

Table 2 List of *Changchunsaurus* Fauna fossils

大类名称	属种名称	化石点所在位置	赋存层位	地质年代	文献
鸟脚类 ornithopods	娇小长春龙 <i>Changchunsaurus parvus</i>	公主岭市刘房子镇山前村	泉头组 3-4 段	晚白垩世	[1-3]
蜥脚类 sauropods	西地九台龙 <i>Jiutaisaurus xidiensis</i>	九台市苇子沟镇西地村	泉头组 1-2 段	晚白垩世	[7]
角龙类 ceratopsians	短颌太阳角龙 <i>Helioceratops brachygnathus</i>	公主岭市刘房子镇山前村	泉头组 3-4 段	晚白垩世	[4]
真兽类 placentals	吉林张氏猬 <i>Zhangolestes jilinensis</i>	公主岭市刘房子镇山前村	泉头组 3-4 段	晚白垩世	[5, 9]
禽龙类 iguanodontians	科属种未定 fam., gen. et sp. indet.	公主岭市刘房子镇山前村	泉头组 3-4 段	晚白垩世	[2]
兽脚类 theropods	科属种未定 fam., gen. et sp. indet.	公主岭市刘房子镇山前村	泉头组 3-4 段	晚白垩世	[5-6]
鳄类 crocodilians	科属种未定 fam., gen. et sp. indet.	公主岭市刘房子镇山前村	泉头组 3-4 段	晚白垩世	[5]
蛋化石 dinosaur eggs	公主岭网形蛋 <i>Dictyoolithus gongzhulingensis</i>	公主岭市刘房子镇山前村	泉头组 3-4 段	晚白垩世	[8]
	其他未鉴定蛋化石 fam., gen. et sp. indet.	长春市郊红嘴子	泉头组 4 段	晚白垩世	[8]

### 3 结论

1) 首次提出了长春龙动物群的名称,其代表了在早白垩世晚期—晚白垩世早期,分布在长春及周边地区的以长春龙为代表的脊椎动物组合生态群落,该动物群中目前已报道过的材料包括鸟脚类(含基干鸟脚类长春龙和禽龙类)、角龙类、兽脚类、蜥脚类及恐龙蛋、鳄鱼、真兽类等 8 个主要类群。

2) 对长春龙动物群中 6 枚兽脚类牙齿化石进行了详细研究,将各项参数数据制作了特征数据对比表,并且绘制成二维散点图进行分析,结合牙齿特征开展标本的对比与鉴定,研究发现在该动物群中至少存在 4 种不同类型的兽脚类,分别为跃龙类、驰龙类、暴龙类和未定类。

3) 在松辽盆地中生代地层中首次发现驰龙类牙齿化石。

4) 长春龙动物群中兽脚类的分异性,从侧面说明了长春龙动物群应为一个物种组成十分丰富的脊椎动物群落。8 类陆生脊椎动物化石的发现,指示了该动物群中脊椎动物化石的多样性和生态组合的丰富程度。

致谢:多伦多大学生物学系的 Diane Scott 女士帮助拍摄了标本照片;吉林大学地球科学学院温泉

波老师参与了部分野外地质调查工作;吉林大学恐龙演化研究中心 Robert Reisz 教授给论文提出了宝贵指导建议,田艺老师、姜惠元老师在实验中提供了帮助,李涛老师参与了化石修复工作,在此一并表示衷心感谢。

#### 参考文献(References):

- [1] 竺淑芹,陈军,金利勇,等.吉林省中部早白垩世泉头组—原始鸟脚类恐龙[J].古脊椎动物学报,2005,43(3):182-193.  
Zhan Shuqin, Chen Jun, Jin Liyong, et al. A Primitive Ornithopod from the Early Cretaceous Quantou Formation of Central Jilin, China [J]. *Vertebrata Palasiatica*, 2005, 43(3): 182-193.
- [2] Jun C, Butler R J, Liyong J. New Material of Large-Bodied Ornithischian Dinosaurs, Including an Iguanodontian Ornithopod, from the Quantou Formation (Middle Cretaceous; Aptian Cenomanian) of Jilin Province, Northeastern China [J]. *Neues Jahrbuch für Geologie and Paläontologie-Abhandlungen*, 2008, 248(3): 309-314.
- [3] Jin L Y, Chen J, Zan S Q, et al. Cranial Anatomy of the Small Ornithischian Dinosaur *Changchunsaurus Parvus* from the Quantou Formation (Cretaceous:

- Aptian-Cenomanian) of Jilin Province, Northeastern China[J]. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 2010, 30(1): 196 - 214.
- [4] Jin L Y, Chen J, Zan S Q, et al. A New Basal Neoceratopsian Dinosaur from the Middle Cretaceous of Jilin Province, China[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2009, 83(2): 200 - 206.
- [5] 咎淑芹, 金利勇, 陈军, 等. 吉林中部白垩纪恐龙动物群的发现及其意义[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2003, 33(1): 119 - 120.  
Zan Shuqin, Jin Liyong, Chen Jun, et al. Discovery of Cretaceous Dinosaur Fauna in Central Jilin and Its Significance[J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 2003, 33(1): 119 - 120.
- [6] 王旭日. 吉林公主岭早白垩世泉头组中的兽脚类恐龙牙齿化石[D]. 长春: 吉林大学, 2005.  
Wang Xuri. Theropoda Teeth of Early Cretaceous from Quantou Formation in Gongzhuling, Jilin Province[D]. Changchun: Jilin University, 2005.
- [7] 吴文昊, 董枝明, 孙跃武, 等. 吉林九台白垩系一新的蜥脚类恐龙[J]. *世界地质*, 2006, 25(1): 6 - 9.  
Wu Wenhao, Dong Zhiming, Sun Yuewu, et al. A New Sauropod Dinosaur from the Cretaceous of Jiutai, Jilin, China[J]. *Global Geology*, 2006, 25(1): 6 - 9.
- [8] 王强, 咎淑芹, 金利勇, 等. 吉林省公主岭早白垩世泉头组网形蛋(*Dictyoolithus*)—新种[J]. *吉林大学学报(地球科学版)*, 2006, 36(2): 153 - 157.  
Wang Qiang, Zan Shuqin, Jin Liyong, et al. A New Oospecies, *Dictyoolithus Gongzhulingensis*, from the Early Cretaceous Quantou Formation in the Central Jilin Province[J]. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 2006, 36(2): 153 - 157.
- [9] Zan S, Wood C B, Rougier G W, et al. A New “Middle” Cretaceous Zalambdalestid Mammal, from a New Locality in Jilin Province, Northeastern China [J]. *Journal of Paleontology (Korea)*, 2006, 22(1): 153 - 172.
- [10] 周翠, 钱迈平. 关于“浙江吉兰泰龙”(“*Chilantaisaurus Zhejiangensis*”)的讨论[J]. *地质学刊*, 2020, 44(3): 283 - 287.  
Zhou Cui, Qian Maiping. Discussion on “*Chilantaisaurus Zhejiangensis*” [J]. *Journal of Geology*, 2020, 44(3): 283 - 287.
- [11] Hendrickx C, Mateus O, Araújo R. A Proposed Terminology of Theropod Teeth (Dinosauria, Saurischia)[J]. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 2015, 35(5): 982 - 797.
- [12] Smith J B, Vann D R, Dodson P. Dental Morphology and Variation in Theropod Dinosaurs; Implications for the Taxonomic Identification of Isolated Teeth[J]. *Anat Rec a Discov Mol Cell Evol Biol*, 2005, 285A(2): 699 - 736.
- [13] Hendrickx C, Mateus O, Araújo R, et al. The Distribution of Dental Features in Non-Avian Theropod Dinosaurs; Taxonomic Potential, Degree of Homoplasy, and Major Evolutionary Trends [J]. *Palaeontologia Electronica*, 2019, 22(3): 1 - 110.
- [14] 吕君昌, 韩建新. 黑龙江嘉荫地区晚白垩世兽脚类恐龙牙齿的发现及其意义[J]. *地质学报*, 2012, 86(3): 363 - 370.  
Lü Junchang, Han Jianxin. The Discovery of Late Cretaceous Theropod Dinosaur Teeth from Jiayin Area, Heilongjiang Province and Its Significance[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2012, 86(3): 363 - 370.
- [15] White M A, Bell P R, Cook A G, et al. The Dentary of *Australovenator Wintonensis* (Theropoda, Megaraptoridae): Implications for Megaraptorid Dentition[J]. *Peer J*, 2015, 3: e1512.
- [16] Soto M, Toriño P, Perea D. *Ceratosaurus* (Theropoda, Ceratosauria) Teeth from the Tacuarembó Formation (Late Jurassic, Uruguay)[J]. *Journal of South American Earth Sciences*, 2020, 103: 102781.
- [17] 莫进尤, 徐星. 江西晚白垩世大型兽脚类恐龙牙齿[J]. *古脊椎动物学报*, 2015, 53(1): 63 - 72.  
Mo Jinyou, Xu Xing. Large Theropod Teeth from the Upper Cretaceous of Jiangxi, Southern China [J]. *Vertebrata Palasiatica*, 2015, 53(1): 63 - 72.
- [18] Novas F E, Ezcurra M D, Lecuona A. *Orkoraptor Burkei* nov. gen. et sp.: A Large Theropod from the Maastrichtian Pari Aike Formation, Southern Patagonia, Argentina [J]. *Cretaceous Research*, 2008, 29(3): 468 - 480.
- [19] 谢飞. 简述大型兽脚类恐龙的牙齿[J]. *科技资讯*, 2014, 12(36): 217.  
Xie Fei. Brief Introduction to the Teeth of Large Theropod Dinosaurs [J]. *Science & Technology Information*, 2014, 12(36): 217.
- [20] Schubert B W, Ungar P S. Wear Facets and Enamel Spalling in Tyrannosaurid Dinosaurs [J]. *Acta Palaeontologica Polonica*, 2005, 50(1): 93 - 99.
- [21] Currie P J, Carpenter K, Sloan R E. Theropod Teeth

- from the Judith River Formation of Southern Alberta, Canada [C]//Carpenter K, Currie P J. Dinosaur Systematics: Approaches and Perspectives. Cambridge: Cambridge University Press, 1990: 107 - 125.
- [22] Brusatte S L, Benson R B J, Carr T D, et al. The Systematic Utility of Theropod Enamel Wrinkles[J]. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 2007, 27(4): 1052 - 1056.
- [23] Porfiri J D, Novas F E, Calvo J O, et al. Juvenile Specimen of *Megaraptor* (Dinosauria, Theropoda) Sheds Light About Tyrannosauroid Radiation[J]. *Cretaceous Research*, 2014, 51: 35 - 55.
- [24] Brusatte S L, Benton M J. *Dinosaur Paleobiology*. [M]. New Jersey: Wiley - Blackwell, 2012.
- [25] Godefroit P, Golovneva L, Shchepetov S, et al. The Last Polar Dinosaurs: High Diversity of Latest Cretaceous Arctic Dinosaurs in Russia [J]. *Naturwissenschaften*, 2009, 96(4): 495 - 501.
- [26] Pecnerova P, Garcia-Erill G, Liu X, et al. High Genetic Diversity and Low Differentiation Reflect the Ecological Versatility of the African Leopard [J]. *Current Biology*, 2021, 31(9): 1862 - 1871.
- [27] Ripple W J, Estes J A, Beschta R L, et al. Status and Ecological Effects of the World's Largest Carnivores[J]. *Science*, 2014, 343: 151 - 163.
- [28] Atkins J L, Long R A, Pansu J, et al. Cascading Impacts of Large-Carnivore Extirpation in an African Ecosystem[J]. *Science*, 2019, 364: 173 - 177.