

中国第一个完整的锯齿龙头骨^{*}

王军有¹⁾ 伊 剑^{2,3)} 刘 俊^{3,4)} **

1) 内蒙古自然博物馆, 呼和浩特 010000;

2) 山西地质博物馆, 太原 030024;

3) 中国科学院大学, 北京 100049;

4) 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室;

中国科学院生物演化与环境卓越创新中心, 北京 100044, liujun@ivpp.ac.cn

提要 中国已经命名了 7 种锯齿龙, 但是没有一个有完整的头骨。本文描述一个产自鄂尔多斯盆地孙家沟组的新材料, 包括一个近于完整头骨及关联的下颌。根据下列特征将其归入埃尔金龙科(Elginiidae): 头骨的膜质骨突起形成长而尖的角, 面颊上装饰有显著的锥型角, 上颞骨角从头骨一角向侧后方伸出, 副基蝶骨细长且腹面中间有凹沟, 案骨加大并在中间相互接触, 使后顶骨不参与形成头骨边缘。该标本与矮小三川龙(*Sanchuansaurus pygmaeus*) 有下列共同特征: 鼻孔后的上颌骨前背支有小的突起, 上颌齿齿冠扇形, 9—11 个齿尖; 但是有以下特征区别于后者: 眶下神经两个外开口距离更近且更接近上颌骨腹缘, 齿冠不重叠, 只有 14 个牙槽。与柳林黄河龙(*Huanghesaurus*) 共有以下特征: 下颌腹缘直、光滑, 隅骨突位于后缘, 下颌齿有中脊, 17 个齿尖; 不过其下颌前部厚度比后部大。新标本表明三川龙和黄河龙关系接近, 两者都应可能属于埃尔金龙科。根据新标本建立一个新种并暂时归入石千峰龙属, 即完整石千峰龙(*Shitienfenia completus*); 但是目前不能排除这个标本属于二叠石千峰龙的可能性。

关键词 锯齿龙类 埃尔金龙科 分类 孙家沟组 二叠纪

1 前言

锯齿龙类是二叠纪广泛分布的植食动物, 在非洲、欧洲、南美洲、亚洲都有报道(Lee, 1997)。中国已经报道过 7 种, 目前认为可能有效的属种包括上石盒子组的复齿河南龙(*Honania complicidentata*) (Young, 1979; Xu *et al.*, 2015), 孙家沟组的二叠石千峰龙(*Shitienfenia permica*) (杨钟健、叶祥奎, 1963; Benton, 2016) 以及矮小三川龙(*Sanchuansaurus pygmaeus*) (Gao, 1989; Benton, 2016), 脑包沟组的吴氏埃尔金龙(*Elginia wuyongae*) (Liu and Bever, 2018)。矮小三川龙曾经被认为是柳林黄河龙的晚出同义名(Li and Liu, 2013)。柳林黄河龙最近被归入二叠石千峰龙, 但是矮小三川龙却被认为

是有效的属种(Benton, 2016)。在最近的支序分析结果中, 三川龙与埃尔金龙科(Elginiidae) 关系很近; 而石千峰龙则可能与 *Pumiliopareiasauria* 关系更近(Benton, 2016; Liu and Bever, 2018)。

虽然中国报道的已知属种已经不少, 但迄今为止没有一个属种保存有近于完整的头骨。最早命名的二叠石千峰龙缺乏头骨材料, 其它种属也缺乏头骨与下颌关联保存的标本, 这是我国锯齿龙类命名混乱的根源。最近在山西保德又发现了一批新标本, 其中一件保存了近于完整的头骨及下颌。本文将简要记述这一标本, 并讨论其分类位置。

2 地质背景

保德县位于山西省忻州市西北部的黄河沿岸,

收稿日期: 2018-12-27

^{*} 中国科学院战略性先导科技专项(B类)(编号 XDB26000000), 国家自然科学基金(批准号: 41572019)和现代古生物学和地层学国家重点实验室(20161101)资助。

^{**} 通讯作者。

属于鄂尔多斯盆地东缘,该区域发育了自上石炭统至中三叠统的连续沉积地层,自下而上依次为太原组、山西组、下石盒子组、上石盒子组、孙家沟组、刘家沟组、和尚沟组及二马营组。其中,孙家沟组、刘家沟组及和尚沟组以一套紫红色的河流相沉积为主的砂泥岩互层为特征,曾被合称为石千峰群。一直以来孙家沟组都基本属于乐平统,虽然其顶底界确切时间还有争议(刘俊,2018)。

我国命名最早的锯齿龙类——二叠石千峰龙产自保德县城附近的李贤堽村东侧山坡上。这次发现的化石产自张家圪坨村东南的山坡上,与以前的化石点相距仅1 km左右。化石均产自孙家沟组的紫红色粉砂岩、泥岩中,其层位如插图1所示。在此处孙家沟组的厚度约300 m,二叠石千峰龙的层位距顶部约40 m,而新化石点层位较低,距顶部约140 m。

3 系统古生物学

锯齿龙目 Pareiasauria Seeley, 1888

埃尔金龙科 Elginiidae Cope, 1896

石千峰龙属 *Shitienfenia* Young and Yeh, 1963

补充头部特征 个体大;前颌骨不参与内鼻孔的边缘;翼骨间窝细长、后端近于封闭;卵圆孔与前颈静脉孔未完全分开,且显著小于后者;基枕骨长,接近副基蝶骨主体的长度。下颌腹缘直、光滑;隅骨突位于后缘。

完整石千峰龙(新种) *Shitienfenia completus* sp. nov.
(插图 2,3)

词源 completus,完整的。

正型标本 一个基本完整的头骨及咬合的下颌(内蒙古自然博物馆,标本号:IMMNH-PV00020)。

产地与层位 山西保德,孙家沟组中部,乐平统。

鉴别特征 间顶骨不与上颞骨接触;长而尖的后额角是头骨最发育的突起。与矮小三川龙相比,上颌骨前部眶下神经(V_2)的两个外开口距离更近且更接近上颌骨腹缘;牙齿排列更稀疏,仅有14个齿槽,齿冠基本不重叠;与柳林黄河龙相比,下颌前部厚度比后部大。

头骨 头骨中等大小,受背腹向挤压,造成轻微压扁、拉长、变宽。头从吻端到案骨后缘中线长大约40 cm,下颌长约25 cm。这是一个较大的个体,与

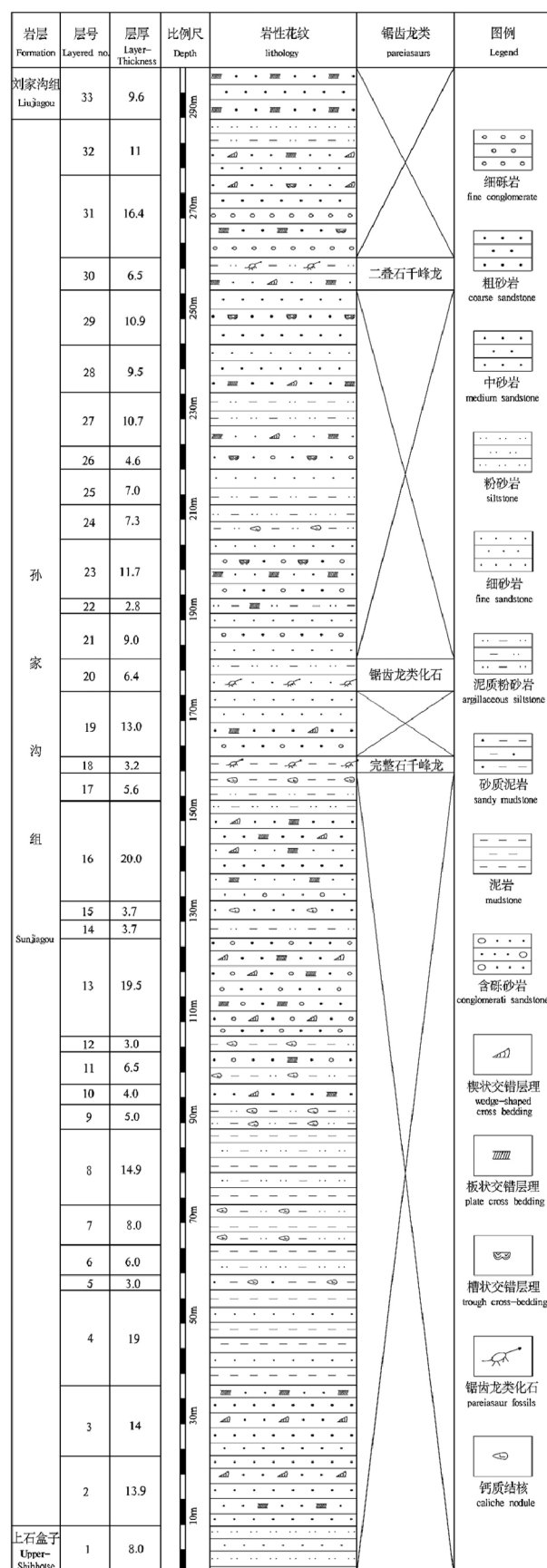


插图1 山西省保德县城以西孙家沟组锯齿龙类化石点地层柱状图
Stratigraphic column of the pareiasaur-bearing Sunjiagou Formation

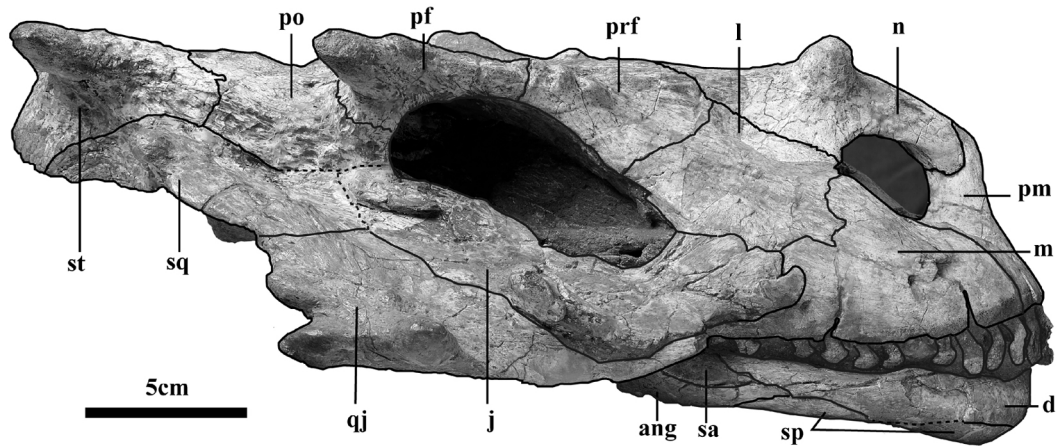


插图 2 完整石千峰龙(NMNH-PV2)头骨及下颌侧式图

Skull and mandible of *Shitienfenia completus* (lateral view)

缩写:j. 轭骨,l. 泪骨,m. 上颌骨,n. 鼻骨,pm. 前颌骨,po. 眶后骨,pf. 后额骨,prf. 前额骨,qj. 方轭骨,sq. 鳞骨,st. 案骨。

Abbreviation:j. jugal, l. lacrimal, m. maxilla, n. nasal, pm. premaxilla, po. postorbital, pf. postfrontal, prf. prefrontal, qj. quadratojugal, sq. squamosal, st. supratemporal.

盾甲龙(*Scutosaurus*)成体头骨大致相当,比黄河龙(*Huanghesaurus*)的唯一下颌小(高克勤,1983; Lee,2000)。

前颌骨与上颌骨骨缝位于第三枚边缘齿前,不过前颌骨上可能有3枚边缘齿。上颌骨短,比矮小三川龙的对应部分还短,这说明三川龙并不矮小。上颌骨前背支肿大,上面发育一个表面粗糙的小瘤,这个瘤比三川龙相应位置的小。与三川龙、盾甲龙相同,在上颌骨后部形成一个凹陷区。在鼻孔下方有两个相隔12 mm的孔,可能是眶下神经(V_2)的外开口,位置比较靠近腹缘。在三川龙中它们相距22 mm,而在河南龙中间距更大;它们位置也更高些(Gao,1989; Xu *et al.*, 2015)。在轭骨前缘附近还有一个小孔,位置更靠近上颌骨腹缘。泪骨组成外鼻孔的后缘以及眼眶的前缘。泪骨中央有一隆起,从上颌骨前背支延伸过来,将泪骨分为粗糙的背侧及相对光滑的腹侧;隆起中部有一矮长的脊。鼻骨组成外鼻孔背缘,左右鼻骨前突从侧面包住前颌骨背支末端。在鼻孔后缘正上方有一个直径约2 cm的球状突起。

前额骨构成眼眶的前背缘,与后额骨接触,将额骨排除出眼眶边缘。在眼眶顶部,前额骨侧边有三个相连的小瘤。额骨呈五边形,靠近中线处有横向的一串小突起,而其余地方基本光滑。后额骨短,构成眼眶背缘。它侧向延伸形成一个圆锥形的长角,这个角的前缘还有一些小突起。后额骨角是头上最显著的角。眶后骨位于顶面与面颊交汇处,参与眼眶的组成。

轭骨很长,构成眼眶的整个腹侧边缘。它向前延伸远超过眼眶前缘。在眼眶下缘之下右侧有一个向侧后伸展的长角,左侧仅为圆锥形突起。鳞骨与方轭骨组成面颊的后缘,二者相会处前凹,形成耳缺(otic notch)。鳞骨与方轭骨的骨缝高于眼眶下缘。鳞骨顶部为一侧向的横脊,上有大小两个瘤状突起。方轭骨组成面颊的腹缘,向下延伸至齿列腹侧。在其腹缘及后缘共有三个发育的突起,其中一个呈锥形,而在侧面仅为小瘤,远不如 *Elginia* 及 *Obirkovia* 发育(Newton, 1893; Bulanov and Yashina, 2005)。

顶骨大,与鼻骨和额骨差不多等长;在中线处靠前有小而圆的顶孔;顶孔周围隆起。单一的后顶骨插入左右顶骨间,后部被案骨包围,没有延伸到顶面后缘,也不与上颞骨接触。案骨纹饰发育,仅后缘光滑,靠上颞骨处有一小圆瘤。上颞骨有发达的后侧向的角,角的腹后侧为一光滑的垂向斜面。

腭面最显著的是四对带小齿的纵脊及不发育的翼骨横突。前腭孔是位于腭面左右前颌骨间的一个狭缝,其后缘由左右犁骨前中支共同构成。前颌骨不构成内鼻孔边缘。上颌骨组成内鼻孔的前外缘,但是与腭骨及外翼骨的骨缝不清楚。犁骨前外支与上颌骨接触。它的侧缘在前方向外凸出,因此造就了肾形的内鼻孔。在前方有一列齿脊,到大约一半长度处外侧又增加了一列。这两列齿脊一直延伸到翼骨间窝前缘。腭骨保存不佳,外侧被遮挡,未观察到后腭孔(foramen palatinum posterius);腭骨表面没有小齿。外翼骨大多被遮盖。翼骨与犁骨骨缝

长,远长于腭骨与犁骨的骨缝。翼骨上有四列齿脊。翼骨间窝狭长,前缘圆。翼骨的方骨支宽,覆盖方骨内侧面。方骨高,腹侧形成关节窝,背侧扩展,外侧中部有小的方骨孔。

基蝶骨与副蝶骨愈合形成副基蝶骨。其前端张开,主体细长,两侧大致平行;腹面光滑,中间为一浅沟,两侧有不太发育的结节,位置靠前。基翼突未与翼骨愈合,因为挤压错位,也可能表明标本未完全成年。基于保存情况,判断剑状突存在。卵圆孔由前耳骨、后耳骨、副基蝶骨围成。前颈静脉孔由外枕骨、基枕骨以及后耳骨包围,二者未完全分开,前者显著小于后者。基枕骨长,接近副基蝶骨主体的长度,组成半个以上的枕髁;其背突分开两个外枕骨,参与枕骨大孔的组成。外枕骨背突以及上枕骨挤压变形、错位。镫骨未保存。

下颌 与黄河龙一样,下颌腹缘光滑、近于直线。下颌前部横向厚。齿骨外侧因上颌齿遮挡,着生牙齿部分无法观察。在内侧左齿骨可以看到有6个牙齿。齿骨组成缝合部上半,在内侧也有出露。夹板骨很发达,组成下颌腹缘前半,在外侧也有出露。它组成缝合部下半,还在中间后凸。背侧向前延伸遮盖齿骨后部。腹后突在内侧与前关节骨、隅骨交汇处构成大的下颌间孔的边缘。冠状骨长,形成低的冠状突。隅骨组成下颌腹缘后部,受挤压脱位,左侧向外错位,右侧压为水平向。从隅骨与夹板骨分界处起下颌明显变薄。隅骨后缘近于直立,可以认为是有一个位于后部的隅骨突。在大多数已知属种中隅骨突位置靠前,且指向腹侧。

齿系 上颌骨左侧保存10枚牙齿,右侧13枚,完整齿列应该有14枚牙齿。牙齿仅唇侧暴露,向舌侧弯曲,齿冠呈扇形,彼此很少叠覆,向后逐渐变小。上面有9—11个均匀分布的齿尖。下颌齿为舌侧出露,仅一枚暴露较全。每侧完整齿列应有10枚以上。牙齿舌侧有三角形的中脊外突。大约有17个齿尖,靠近顶端的齿尖较发育。有发育的齿带,上面有几个小齿尖,相邻的另外一枚牙齿其齿带基本由小齿尖组成。

4 比较讨论

这一标本头骨骨缝清晰,基蝶骨的基关节突未与翼骨愈合,暗示它可能尚未成年;但是由于头骨已经很大,而且头饰(突起、角)发育,可以认为它至少是亚成年个体。

这一标本产自山西保德张家圪坨,靠近二叠石千峰龙的产地(李贤堦),不过其层位远低于后者。因为没有与之关联的头后骨骼,不能直接与二叠石千峰龙以及薛村山西龙比较(杨钟健、叶祥奎,1963;程政武,1980)。在中国材料中仅三川龙、黄河龙、河南龙以及埃尔金龙具有头骨或者下颌,能够进行比较。它很容易与这些属种区分开来。与河南龙及三川龙相比,个体大小大致相当,不过上颌骨前部眶下神经的外开口距离更近且位置更接近上颌骨腹缘,齿冠更宽。其下颌齿齿尖17个左右,比河南龙的(15个)多(Xu *et al.*, 2015)。与三川龙相比,牙齿排列更稀疏,仅有14个齿槽,齿冠基本不重叠;而三川龙可能有18个齿槽(Gao, 1989)。与埃尔金龙相比,它头骨大得多,间顶骨长且不与上颞骨接触,后额骨角发达(Liu and Bever, 2018)。与黄河龙正型相比,个体小一些,二者不同在于黄河龙下颌前后厚度变化不大,而新种前厚后薄,此外齿带上齿尖更多也是可能的区别。

这个标本有如下特征区别于其他锯齿龙类:间顶骨不与上颞骨接触;长而尖的后额角是头骨最发育的突起。后额角在 *Bunostegos akokanensis* 中也最发育,不过是圆钝的(Tsuji *et al.*, 2013)。这表明它代表了一个新的物种。

不过目前很难确定将其归入哪个属中。这个头骨具有Liu和Bever(2018)提出的埃尔金龙科的所有特征:头骨上膜质骨突起形成长而尖的角,面颊有锥形的角,上颞骨有后侧向的角,副基蝶骨细,细长、腹面中间为沟;左右案骨在中线相遇,将后顶骨从头顶后缘排除。但是它远比已知的埃尔金龙科的属种大,它发达的后额骨角很容易与 *Elginia* 以及 *Aganceras* 区分开来(Newton, 1893; Jalil and Janvier, 2005; Liu and Bever, 2018);同时方轭骨枕缘仅有2个突起而不是3个,可以与 *Obirkovia* 区分开来(Bulanov and Yashina, 2005)。

它的上颌骨与三川龙比较相似,例如鼻孔后部有一个小突起,上颌齿齿冠扇形、9—11个齿尖等。标本的下颌与黄河龙共有以下特征:下颌腹缘直、光滑;隅骨突位于后缘;下颌齿有中脊,17个齿尖。尤其是隅骨的独特形态表明它与黄河龙应该有很近的关系。黄河龙曾经被认为与三川龙是同一属(Li and Liu, 2013),不过最近Benton(2016)的分析将黄河龙、山西龙归入石千峰龙,与 *Anthodon* 和 *Pumiliopareia* 而不是埃尔金龙类聚在一起。这个标本的发现表明需要重新考虑已有属种的关系。

由于柳林黄河龙、矮小三川龙都曾经被认为是二叠石千峰龙的晚出同义名,本文暂时将其作为一个新种归入石千峰龙属,虽然石千峰龙属目前并不是埃爾金龍科的成员。不能排除将来证明它就是二叠石千峰龙,而根据头后特征归入的柳林黄河龙、矮小三川龙可能是有效种。近来在保德发现了大量的锯齿龙材料,希望深入研究能够有助于解决三川龙、石千峰龙、黄河龙的分类学问题。

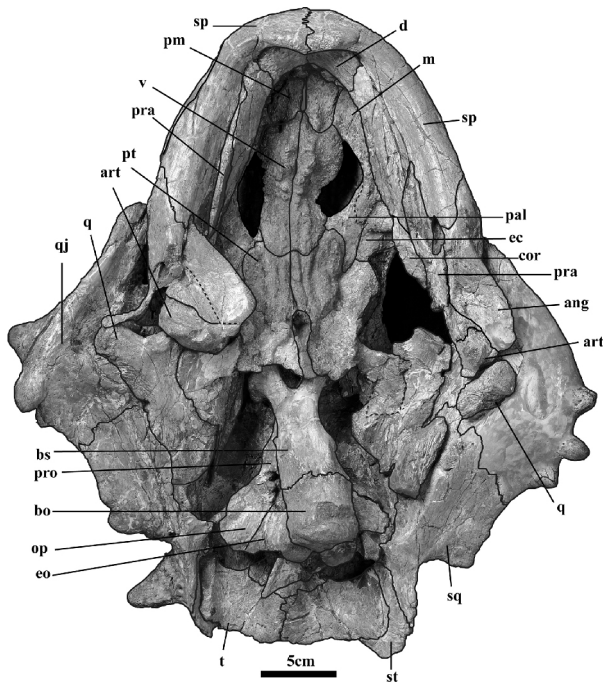


插图 3 完整石千峰龙(NMNH-PV2)头骨及下颌骨腹视图

Skull and mandible of *Shitienfenia completus* (ventral view)

缩写:ang. 隅骨,art. 关节骨,bo. 基枕骨,bs. 基蝶骨,cor. 冠状骨,d. 齿骨,ec. 外翼骨,eo. 外枕骨,m. 前颌骨,op. 后耳骨,pal. 腭骨,pm. 前颌骨,pra. 前隅骨,pro. 前耳骨,pt. 翼骨,q. 方骨,qj. 方轭骨,sp. 鳞骨,st. 上颞骨,t. 案骨,v. 犁骨。

Abbreviation: ang. angular, art. articular, bo. basioccipital, bs. basisphenoid, cor. coronoid, d. dentary, ec. ectopterygoid, eo. exoccipital, m. maxilla, op. opisthotic, pal. palatine, pm. premaxilla, pra. preangular, pro. prootic, pt. pterygoid, q. quadrate, qj. quadratojugal, sq. squamosal, st. supratemporal, t. tabular, v. vomer.

致谢 审稿专家对论文提出宝贵修改意见,付华林协助修理化石,在此一并致以衷心的感谢。

参 考 文 献 (References)

- Benton M J, 2016. The Chinese pareiasaurs. *Zoological Journal of the Linnean Society*, **177**(4): 813–853.
Bulanov V V, Yashina O V, 2005. Elginiid pareiasaurs of Eastern

Europe. *Paleontological Journal*, **39**(4): 428–432.

Cheng Zheng-wu (程政武), 1980. 7. Vertebrate fossils. In: *Mesozoic Stratigraphy and Palaeontology of the Shaanxi-Gansu-Ningxia Basin*. Beijing: Geological Publishing House. 115–188 (in Chinese).

Gao Ke-qin (高克勤), 1983. A new pareiasaur from Liulin, Shanxi. *Vertebrata Palasiatica (古脊椎动物学报)*, **21**(3): 193–203 (in Chinese).

Gao K, 1989. Pareiasaurs from the Upper Permian of north China. *Canadian Journal of Earth Sciences*, **26**: 1234–1240.

Jalil N E, Janvier P, 2005. Les pareiasaures (Amniota, Parareptilia) du Permien supérieur du Bassin d'Argana, Maroc. *Geodiversitas*, **27**(1): 35–132.

Lee M S Y, 1997. A taxonomic revision of pareiasaurian reptiles: implications for Permian terrestrial palaeoecology. *Modern Geology*, **21**: 231–298.

Lee M S Y, 2000. The Russian pareiasaurs. In: Benton M J, Shishkin M A, Unwin D M, *et al.* (eds.), *The Age of Dinosaurs in Russia and Mongolia*. Cambridge, New York: Cambridge University Press. 71–85.

Li X W, Liu J, 2013. New specimens of pareiasaurs from the Upper Permian Sunjiagou Formation of Liulin, Shanxi and their indication for the taxonomy of Chinese pareiasaurs. *Vertebrata Palasiatica*, **51**(3): 199–204.

Liu Jun (刘俊), 2018. New progress on the correlation of Chinese terrestrial Permo-Triassic strata. *Vertebrata Palasiatica (古脊椎动物学报)*, **56**(4): 327–342 (in Chinese).

Liu J, Bever G S, 2018. The tetrapod fauna of the Upper Permian Naobaogou Formation of China: a new species of *Elginia* (Pareiasauria). *Papers in Palaeontology*, 4. doi: 10.1002/spp2.1105

Newton E T, 1893. VII. On some new reptiles from Elgin Sandstone. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences*: 431–503.

Tsuji L A, Sidor C A, Steyer J S, *et al.*, 2013. The vertebrate fauna of the Upper Permian of Niger—VII. Cranial anatomy and relationships of *Bunostegos akokanensis* (Pareiasauria). *Journal of Vertebrate Paleontology*, **33**(4): 747–763.

Xu L, Li X W, Jia S H, *et al.*, 2015. The Jiyuan tetrapod fauna of the Upper Permian of China—1. New pareiasaur materials and the reestablishment of *Honania complicidentata*. *Acta Palaeontologica Polonica*, **60**(3): 689–700.

Young Chung-chien (杨钟健), 1979. A Late Permian fauna from Jiyuan, Henan. *Vertebrata Palasiatica (古脊椎动物学报)*, **17**(2): 99–113 (in Chinese).

Young Chung-chien (杨钟健), Yeh Hsiang-kuei (叶祥奎), 1963. On a new pareiasaur from the Upper Permian of Shanxi, China. *Vertebrata Palasiatica (古脊椎动物学报)*, **7**(3): 195–212 (in Chinese).

THE FIRST COMPLETE PAREIASAUR SKULL FROM CHINA

WANG Jun-you¹⁾, YI Jian^{2,3)} and LIU Jun^{3, 4)}

1) *Nei Mongol Museum of Natural History, Hohhot 010070, China;*

2) *Shanxi Museum of Geology, Taiyuan 030024, China;*

3) *University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;*

4) *Key Laboratory of Vertebrate Evolution and Human Origins of Chinese Academy of Sciences, Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, CAS Center for Excellence in Life and Paleoenvironment, Beijing 100044, China, liujun@ivpp.ac.cn*

Key words Pareiasauria, Elginiidae, taxonomy, Sunjiagou Formation, Permian

Abstract

Although seven pareiasaur species have been named from China, none of them is represented by well-preserved cranial material. Here we briefly describe a new material from Ordos Basin, it includes a nearly complete skull with occluding mandibles. This specimen can be referred to Elginiidae by dermal bosses of cranial bones that have a long and pointed horn, cheek ornamentation in the form of prominent conical horns, supratemporal horn projecting posterolaterally from corner of skull table, slender parabasisphenoid with median, ventral groove, and enlarged tabulars (supernumerary bones) that contact each other medially, thereby excluding the postparietals from the caudal margin of the skull roof.

It shares the following features with *Sanchuansaurus pygmaeus*: a small boss on the maxillary anterodorsal process posterior to the naris, maxillary teeth with fan-shaped crown, 9–11 cusps; and differs from the latter by two exits

for the infraorbital canal on the lateral surface are closer and more ventrally (close to the alveoli margin), crown nearly not overlapped, only 14 alveoli (tooth sockets). It shares unique features on the mandible with *Huanghesaurus liulinensis* for the ventral margin of the mandible nearly straight, the angular with a boss towards the posterior end, dentary teeth with ~17 cusps, the midline bulge ascends the medial face of the crown. The previous cladistics analyses do not support a closely relationship of *Huanghesaurus* with Elgiidae, but the new specimen supports a closely relationship between *Sanchuansaurus* and *Huanghesaurus*, and both should be a member of Elginiidae. The new specimen is referred to *Shitienfenia* as a new species, *S. completus*. However, it is also possibly belonged to *Shitienfenia permica* while *Sanchuansaurus pygmaeus* and *Huanghesaurus liulinensis* are valid species. Recently, many skeletons have been collected from the same locality, they will help to resolve the interrelationships of *Shitienfenia*, *Huanghesaurus*, and *Sanchuansaurus*.