

doi: 10.3969/j.issn.1674-3636.2019.04.009

杨氏天镇龙性双形现象的初步研究

马对平

(河北地质大学, 河北 石家庄 050031)

摘要: 通过对河北地质大学地球科学博物馆和山西大同博物馆收藏的 4 具杨氏天镇龙(甲龙类)骨架化石的研究, 主要根据其头颅和尾锤的形态特征, 认为杨氏天镇龙存在明显的性双形现象。雄性个体的鳞骨角粗大, 向后上方两侧突伸; 尾锤呈亚圆形, 大而扁平。雌性个体的鳞骨角细小、低矮, 向后侧方向突伸; 尾锤呈亚圆形, 小而扁平, 表面具核桃纹纹饰。对甲龙类性双形现象的探讨为恐龙的研究提出了一种新的思路, 可避免分类时出现同物异名的现象。

关键词: 杨氏天镇龙; 甲龙类; 性双形现象; 晚白垩世; 山西

中图分类号: P534.53; Q915.2⁺3

文献标识码: A

文章编号: 1674-3636(2019)04-0589-06

0 引言

现生动物世界中普遍存在性双形现象, 如鹿、孔雀、锦鸡等在形态结构特征上雄性与雌性的差异十分明显。但是, 研究远古时期生物的性双形现象极具挑战性, 一是因为区分性双形差异与非性别相关的差异难度很大(Brusatte 2012; Knell et al., 2013); 二是因为生物死亡后经石化作用而成为化石的过程中或受挤压变形, 或保存不完整, 丢失了很多研究性双形现象的有价值的信息。

尽管如此, 前人仍然在努力探讨古动物的性双形现象, 近 20 多年来, 发表了一些有关古动物性双形现象的研究成果, 如原角龙(*Protoceratops*) (Dodson, 1976)、胡氏贵州龙(*Keichousaurus hui*) (Cheng et al., 2009; Xue et al., 2010)、达尔文翼龙(*Darwinopterus*) (Lü et al., 2011)、天山哈密翼龙(*Hamipterus tianshanensis*) (Wang et al., 2014)、剑龙(*Stegosaurus*) (Saitta 2015)、窃蛋龙(*Oviraptorosaurus*) (Persons IV, et al., 2015)、小盗龙(*Microraptor*) (季强等, 2016)、近鸟龙(*Anchiornis*) (季强等, 2016)、巢湖鱼龙(*Chaohusaurus*) (Motani et al., 2018) 等。

迄今为止, 还没有见到有关甲龙类性双形现象

的研究成果。选择 4 具杨氏天镇龙(甲龙类)骨架化石作为研究材料, 通过解剖学(骨骼学)研究, 探讨它们的性双形现象。这些化石产自山西天镇同一地点同一地层中, 全为成年期个体, 时代为晚白垩世。

1 标本来源

研究标本来自河北地质大学地球科学博物馆和山西大同博物馆。其中, 河北地质大学地球科学博物馆收藏了 1 件保存完好的杨氏天镇龙头骨(正型标本: MHGU-0599)及其头后骨骼和尾锤(整体编号为 MHGU-0603); 山西大同博物馆收藏了 3 件保存较好的杨氏天镇龙头骨(编号分别为 TZ-10-498、TZ-10-521、TZ-10-261), 以及一批零散的头后骨骼和 1 件完整的尾锤(编号为 TZ-03-90)。两家博物馆收藏的杨氏天镇龙化石均为成年期标本, 均采自山西天镇县赵家沟乡康代梁地区上白垩统灰泉堡组二段泥岩和粉砂质泥岩中。

2 标本描述

2.1 头骨

2.1.1 标本 MHGU-0599 该标本是杨氏天镇龙的

收稿日期: 2019-07-22; 修回日期: 2019-08-14; 编辑: 侯鹏飞

基金项目: 河北省组织部引进高端人才资助项目“河北晚中生代地层和生物群对比与自然文化遗产保护”(1710072)

作者简介: 马对平(1996—), 男, 硕士研究生, 地层古生物学专业, E-mail: maduipinggeo@163.com

正型标本,原标本编号为 HBV-10001(庞其清等,1998)。头骨保存相当完整,顶面视前窄后宽,呈长等腰三角形(最大宽度为 294 mm、最大长度为 275 mm);侧面视轮廓呈弧形,吻部缓缓下弯。头骨表面发育瘤状纹饰,瘤饰大小不一,呈圆形、亚圆形或次棱角状,分布杂乱无序;前上颌骨表面的瘤状纹饰不太明显;头骨后部具一浅而宽的横向凹槽,槽内相对光滑,此特征也存在于库尔三美甲龙(*Saichania chulsanensis*)(Maryńska,1997)中;头骨后侧两端各具 1 个向外侧后上方延伸的鳞骨角,粗大而结实,保存完好,角的纵轴(沿着角穿过顶点的中线)与头骨的横轴成 145° 夹角。

两鳞骨角间发育 2 个半圆形板状突,两板状突间夹有 1 个不规则瘤饰突,均向后上方延伸,与两鳞骨角处于同一平面。方轭骨角粗大,呈长等腰三角形,向外侧下方延伸,角的纵轴与头骨的横轴成 105° 夹角,其顶端均缺失。

眶孔较小,呈亚圆形,眶缘膜质骨增厚成环,眶上缘膜质骨增厚成三角状突起。外鼻孔呈横椭圆形。腭面前上颌骨近中央有一大而圆的骨质瘤状

突,上颌骨左右齿列保存清晰,但牙齿均已脱落。

枕部保存完好,枕髁窄而高,呈纵椭圆形,枕骨突下缘尖圆,枕骨大孔圆,外枕骨向外侧下方伸展,与枕髁一起组成倒“山”字形(图 1)。

2.1.2 标本 TZ-10-498 仅存枕部和头骨左半部分,整体因受挤压而变形,头骨低平,头顶瘤饰保存不清晰;鳞骨角根部断裂痕小,表明鳞骨角不太发育。

左眶孔受挤压而变形(右眼眶未保存),眶缘膜质骨增厚成环,眶上缘膜质骨增厚,成三角状突起;腭面未保存。

枕部保存较好,枕髁窄而高,呈纵椭圆形,枕骨突下缘尖圆,枕骨大孔受挤压而变形,外枕骨向外侧下方伸展,与枕髁一起组成倒“山”字形(图 2)。

2.1.3 标本 TZ-10-521 头骨保存相对完好,前颞缺失,头骨低平,呈长等腰三角形(最大宽度为 226.91 mm,最大长度为 185.58 mm)。头顶纹饰呈不规则状圆形突起;头顶后部受挤压而后隆,导致头骨后凹槽部分被覆盖;鳞骨角已断损,根部断痕较大,表明鳞骨角发育明显,相对粗大;两鳞骨角间 2 个半圆形突起断痕明显;方轭骨角粗大,呈长等腰三角形,向

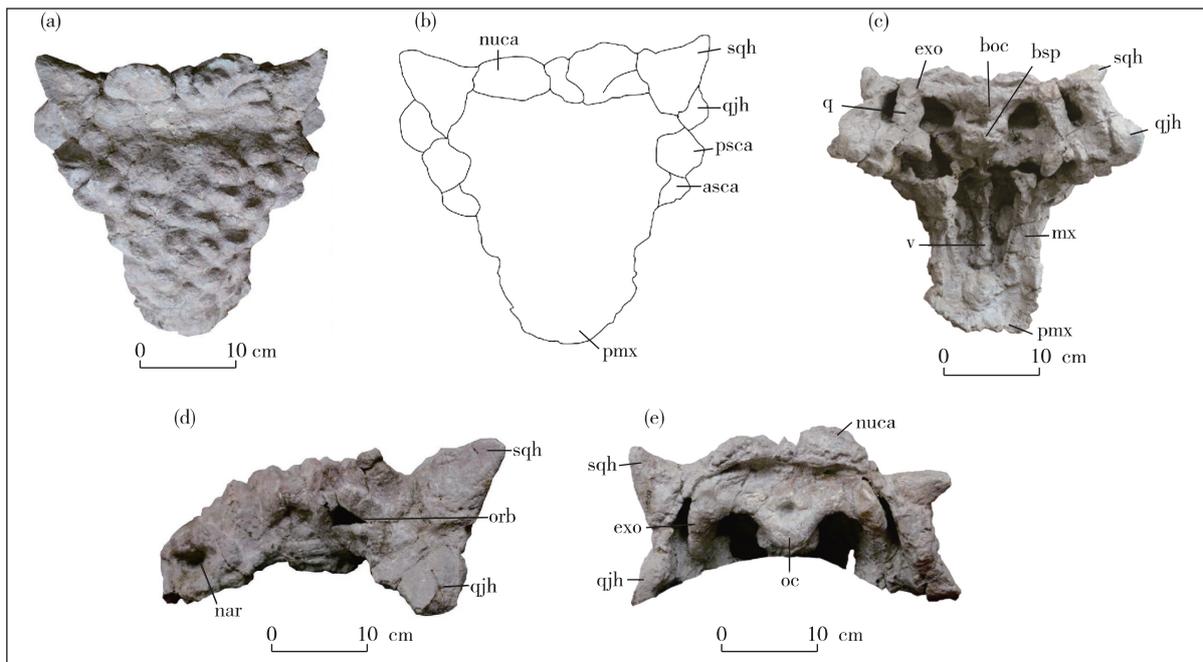


图 1 标本 MHGU-0599 的形态结构(鳞骨角极发育)

(a) 顶面视; (b) 顶面轮廓图; (c) 腭面视; (d) 左侧面视; (e) 后面视

asca-眼眶上部前缘膜质骨; boc-基枕骨; bsp-基蝶骨; exo-外枕骨; mx-上颌骨; nar-上颌骨鼻支; nuca-颈背的膜质骨; oc-枕骨突; orb-眼眶; pmx-前颌骨; psca-眼眶上部后缘膜质骨; q-方骨; qjh-方轭骨角; sqh-鳞骨角; v-犁骨

Fig. 1 The morphological structure of MHGU-0599 specimen (squamosal horns well developed)

(C)1994-2020 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net
(a) dorsal view, (b) interpretive drawing of dorsal view, (c) ventral view, (d) left lateral view, (e) occipital view

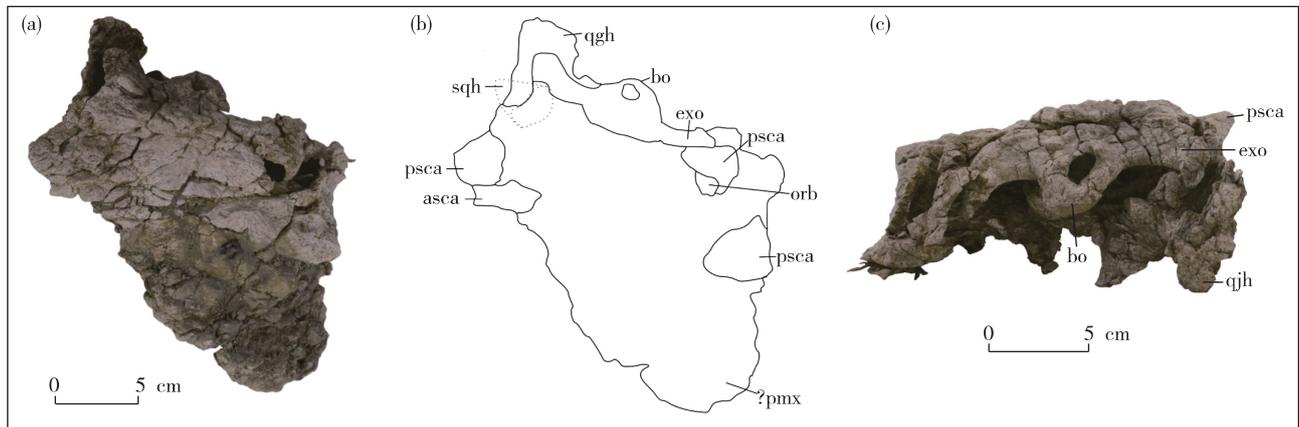


图 2 标本 TZ-10-498 的形态结构(鳞骨角发育不明显)

(a) 顶面视; (b) 顶面轮廓图(虚线为未保存部分); (b) 后面视

asca-眼眶上部前缘膜质骨; boc-基枕骨; exo-外枕骨; orb-眼眶; ? pmx-可能是前颌骨; psca-眼眶上部后缘膜质骨; qjh-方轭骨角; sqh-鳞骨角

Fig. 2 The morphological structure of TZ-10-498 specimen (squamosal horns not obvious)

(a) dorsal view; (b) interpretive drawing of the dorsal view (the unsaved portion shown by the dotted line); (c) occipital view

外侧下方延伸,角的纵轴与头骨的横轴成 105° 夹角。

眼眶近圆形,眶缘膜质骨增厚成环,眶上缘膜质骨增厚成三角状突起;腭面保存较好,左右齿列近平行,左齿列保存 6 个齿根、11 颗牙齿,其中 6 颗为替换齿,右齿列保存 8 个齿根、5 颗牙齿,其中 1 颗为替换齿。

枕部保存较好,枕髁窄而高,呈纵椭圆形,枕骨突下缘尖圆,枕骨大孔呈横椭圆形,外枕骨向外侧下方伸展(左外枕骨尖部缺失),与枕髁一起组成倒“山”字形(图 3)。

2.1.4 标本 TZ-10-261 头骨保存完整,整体受挤压而稍有变形,头骨低平,前窄后宽,呈长等腰三角形(最大宽度为 229.8 mm,最大长度为 228.0 mm)。头顶瘤饰不太明显;头骨后部具一浅而宽的横向凹槽,槽内相对平滑不具瘤状突,其后侧两端鳞骨角发育不明显(左侧受挤压而变形),两鳞骨角间有 2 个半圆形的板状突;方轭骨角粗大,呈长等腰三角形,向外侧下方延伸,其尖端均缺损。

眶孔呈横椭圆形,眶缘膜质骨增厚成环,眶上缘膜质骨增厚成三角状突起;外鼻孔部位破损;腭面保存相对完好,上颌骨左右齿列近平行发育,两齿列的齿窝清晰,左齿列保存 8 个齿根,右齿列保存 9 个齿根。

枕部保存相对完整,受挤压而稍有变形,枕髁窄

而高,呈纵椭圆形,枕骨突下缘尖圆,外枕骨向外侧下方伸展,与枕髁一起组成倒“山”字形(图 4)。

2.2 尾锤

河北地质大学地球科学博物馆收藏的杨氏天镇龙尾锤(编号:MHGU-0603),标本原编号为 HBV-1003(庞其清等,1998)。该标本尾锤大而扁平,最大长度为 320 mm,最大宽度为 310 mm,近扁圆形,表面中部一宽而深的纵沟将尾锤分为两半。

山西大同博物馆收藏的天镇龙的尾锤(编号: TZ-03-9)小而扁平,最大长度为 96.66 mm,最大宽度为 85.34 mm,呈扁圆形,表面纹饰呈核桃纹状,表面中部有一细纵沟将尾锤分为两半(图 5)。

3 讨论

标本 MHGU-0599、TZ-10-498、TZ-10-521 和 TZ-10-261 的共同特征为头骨低平,头骨后部具一浅而宽的横向凹槽,槽内相对平滑,不具瘤状突;方轭骨角粗大,呈长等腰三角形,向外侧下方延伸;眶缘膜质骨增厚成环,眶上缘膜质骨增厚成三角状突起;腭面上颌骨左右齿列近平行;枕髁窄而高,呈纵椭圆形,枕骨突下缘尖圆,外枕骨向外侧下方伸展,与枕髁一起组成倒“山”字形。以上特征均表明它们应当归于杨氏天镇龙。

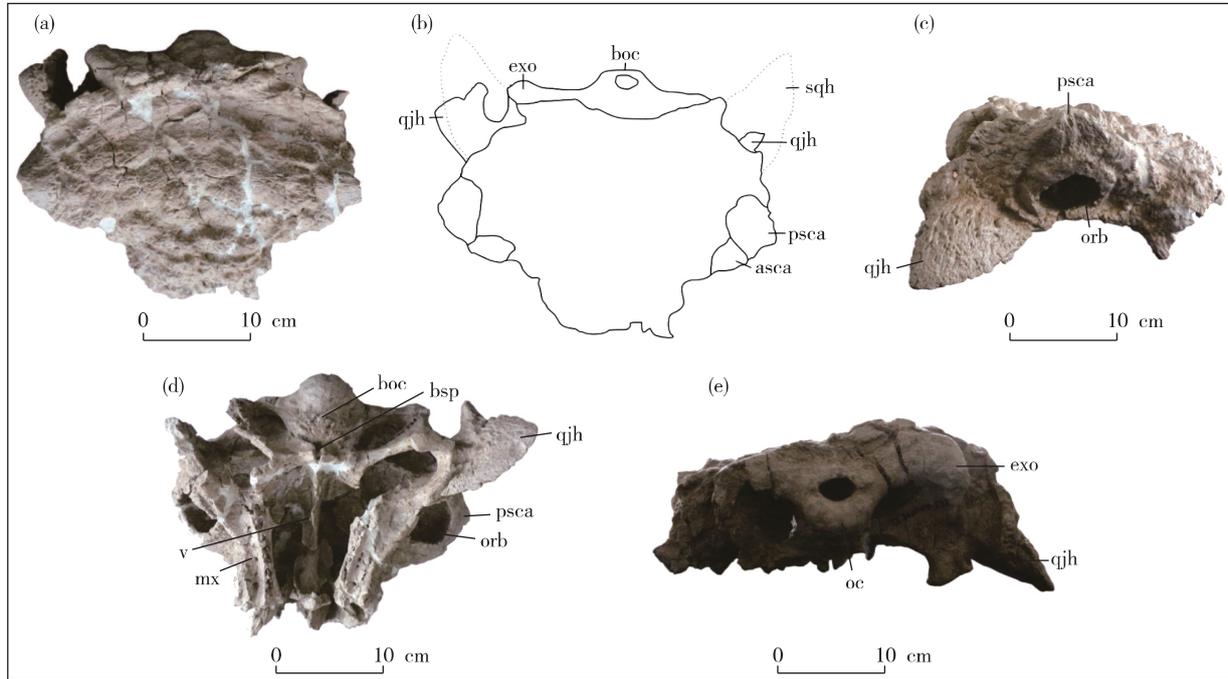


图3 标本TZ-10-521的形态结构(鳞骨角明显发育)

(a) 顶面视; (b) 顶面轮廓图(虚线为未保存部分); (c) 右侧面视; (d) 腭面视; (e) 后面视

asca-眼眶上部前缘膜质骨; boc-基枕骨; bsp-基蝶骨; exo-外枕骨; mx-上颌骨; oc-枕骨突; orb-眼眶; psca-眼眶上部后缘膜质骨; qjh-方轭骨角; sqh-鳞骨角; v-梨骨

Fig. 3 The morphological structure of TZ-10-521 specimen (squamosal horns well developed)

(a) dorsal view; (b) interpretive drawing of the dorsal view (the unsaved portion shown by the dotted lines); (c) right lateral view; (d) ventral view; (e) occipital view

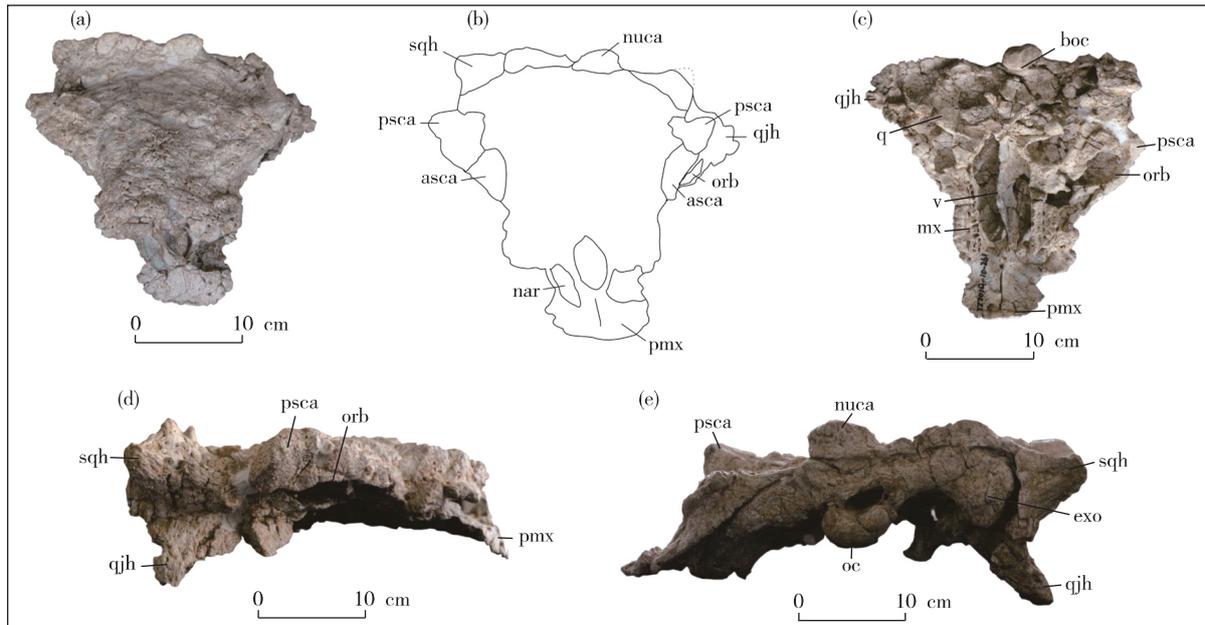


图4 标本TZ-10-261的形态结构(鳞骨角发育不明显)

(a) 顶面视; (b) 顶面轮廓解释图; (c) 腭面视; (d) 右侧面视; (e) 后面视

asca-眼眶上部前缘膜质骨; boc-基枕骨; exo-外枕骨; mx-上颌骨; nar-上颌骨鼻支; nuca-颈背的膜质骨; oc-枕骨突; orb-眼眶; pmx-前颌骨; psca-眼眶上部后缘膜质骨; q-方骨; qjh-方轭骨角; sqh-鳞骨角; v-梨骨

Fig. 4 The morphological structure of TZ-10-261 specimen (squamosal horns not obvious)

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

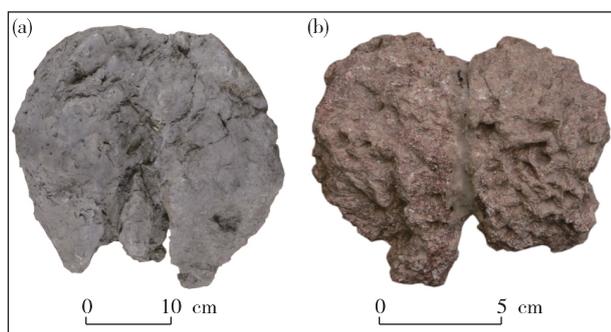


图 5 天镇龙尾锤

(a) 河北地质大学地球科学博物馆收藏的杨氏天镇龙尾锤(编号: MHGU-0603); (b) 山西大同博物馆收藏的天镇龙尾锤(编号: TZ-03-90)

Fig. 5 Tail clubs of *Tianzhenosaurus youngi*

(a) the tail club of *Tianzhenosaurus youngi* (MHGU-0603) collected by the Earth Science Museum of Hebei GEO University; (b) the tail club of *Tianzhenosaurus youngi* (TZ-03-90) collected by the Datong Museum of Shanxi Province

值得注意的是,标本 MHGU-0599 和 TZ-10-521 鳞骨角特别粗大,向两侧后上方突伸;而标本 TZ-10-498 和 TZ-10-261 鳞骨角相对小,仅向两侧后方突伸,与头骨顶面持平。不仅如此,它们的尾锤大小差异也很大,尾锤标本(编号: MHGU-0603)的大小是尾锤标本(编号: TZ-03-9)的 3 倍多。问题是后者是否是幼年期或非成年期标本,因此反复核查了两家博物馆收藏的杨氏天镇龙化石材料,均为成年期标本,基本排除了幼年期的可能性。

在动物世界中,性双形现象是普遍存在的,主要功能有 2 种:① 性展示功能,吸引异性,进行性选择,如恐龙中的赵氏小盗龙和赫氏近鸟龙,现生的孔雀、锦鸡、鹿等;② 防御或攻击功能,如恐龙中的三角龙和甲龙,现生的羊、牛等(Darwin, 1871; Farlow et al., 1975; Dodson et al., 1990; Andersson, 1994; Sampson, 1995; Bro-Jørgensen, 2007)。甲龙全身覆盖甲胄,是一种特殊的植食性恐龙,研究表明,甲龙不善于主动攻击其他恐龙或动物,全身覆盖甲胄和尾端发育尾锤主要用于防御对手的攻击,实现自我保护,像剑龙的尾刺一样,甲龙的尾锤具有较强的攻击性和杀伤力,主要用于防御对手的攻击,一般不用于同类性选择争斗(Mallison, 2011)。

根据笔者的研究,杨氏天镇龙具有明显的性双形现象,雄性个体(MHGU-0599、TZ-10-521 和 MHGU-0603)具有粗大、向两侧后上方突伸的鳞骨

角和硕大的尾锤,而雌性个体(TZ-10-498、TZ-10-261 和 TZ-03-9)具有相对较小、向两侧后方突伸的鳞骨角和很小的尾锤。杨氏天镇龙性双形现象的出现,表明它们营家族性的群居生活,雄性个体承担着防御外敌和保护家族成员的责任。

4 结 论

(1) 通过甲龙类恐龙性双形现象的探讨,目的在于避免在甲龙研究中出现同物异名。

(2) 研究结果表明,杨氏天镇龙存在明显的性双形现象,雄性个体具有粗大、向两侧后上方突伸的鳞骨角和硕大的尾锤,而雌性个体具有相对小的、向两侧后方突伸的鳞骨角和很小的尾锤。

(3) 认为杨氏天镇龙营家族性的群居生活,雄性个体承担着防御外敌和保护家族成员的责任。

致 谢

河北地质大学郭震和李志广老师、山西大同市博物馆胡平在研究中给予了帮助,季强教授在论文撰写中指导并审阅了文稿,在此一并表示感谢!

参考文献

- 季强,王旭日,季燕南,等. 2016. 四翼恐龙还是恐龙的性双形现象[J]. 地质学刊, 40(1): 1-6.
- 庞其清,程政武,1998. 山西天镇晚白垩世一新甲龙[J]. 自然科学进展, 8(6): 707-714.
- 王立峰,庞其清,程政武,等. 2000. 山西天镇—河北阳原晚白垩世沉积相与恐龙的埋藏环境[J]. 自然科学进展, 10(4): 343-349.
- Andersson M, 1994. Sexual Selection [M]. Princeton: Princeton University Press.
- Barrett P M, You Hailu, Upchurch P, et al., 1998. A new ankylosaurian dinosaur (Ornithischia: Ankylosauria) from the Upper Cretaceous of Shanxi Province, People's Republic of China [J]. Journal of Vertebrate Paleontology, 18(2): 376-384.
- Bro-Jørgensen B J, 2007. The intensity of sexual selection predicts weapon size in male bovids [J]. Evolution, 61(6): 1316-1326.
- Brusatte S L, 2012. Dinosaur Paleobiology [M]. Hoboken: Wiley-Blackwell.
- Cheng Yennien, Holmes R, Wu Xiaochun, et al., 2009. Sexual dimorphism and life history of *Keichousaurus hui* (Reptilia: Sauropterygia) [J]. Journal of Vertebrate Paleontology, 29

- (2): 401–408.
- Darwin C, 1871. The Descent of Man, and Selection in Relation to Sex [M]. London: John Murray.
- Dodson P, 1976. Quantitative aspects of relative growth and sexual dimorphism in Protoceratops [J]. Journal of Paleontology, 50(5): 929–940.
- Dodson P, Currie J, 1990. Neoceratopsia [C]//Weishampel D B, Dodson P, Osmólska H. The Dinosauria. Berkeley: University of California Press, 593–618.
- Farlow J O, Dodson P, 1975. The behavioral significance of frill and horn morphology in ceratopsian dinosaurs [J]. Evolution, 29(2): 353–361.
- Horner J R, Goodwin M B, 2006. Major cranial changes during Triceratops ontogeny [J]. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 273(1602): 2757–2761.
- Hone D W E, Naish D, Cuthill I C, 2012. Does mutual sexual selection explain the evolution of head crests in pterosaurs and dinosaurs? [J]. Lethaia, 45(2): 139–156.
- Knell R J, Naish D, Tomkins J L, et al., 2013. Sexual selection in prehistoric animals: Detection and implications [J]. Trends in Ecology & Evolution, 28(1): 38–47.
- Lü Junchang, Unwin D M, Deeming D C, et al., 2011. An egg-adult association, gender, and reproduction in pterosaurs [J]. Science, 331(6015): 321–324.
- Maryańska T, 1977. Ankylosauridae (Dinosauria) from Mongolia [J]. Palaeontologica, 37: 85–151.
- Mallison H, 2011. Defence capabilities of *Kentrosaurus aethiopicus* Hennig, 1915 [J]. Paaeontol Electron, 14(2): 1–25.
- Motani R, Huang Jiandong, Jiang Dayong, et al., 2018. Separating sexual dimorphism from other morphological variation in a specimen complex of fossil marine reptiles (Reptilia, Ichthyosauriformes, *Chaohusaurus*) [J]. Scientific Reports, 8(1): 14978.
- Pang Qiqing, Cheng Zhengwu, 1998. A new ankylosaur of late Cretaceous from Tianzhen, Shanxi [J]. Progress in Natural Science, 8(3): 326–334.
- Persons IV W S, Funston G F, Currie P J, et al., 2015. A possible instance of sexual dimorphism in the tails of two oviraptorosaur dinosaurs [J]. Scientific Reports 5: 9472.
- Sampson S D, 1995. Horns, herds, and hierarchies [J]. Natural History, 104(6): 36–40.
- Saitta E T, 2015. Evidence for sexual dimorphism in the plated dinosaur *Stegosaurus mjosi* (Ornithischia, Stegosauria) from the Morrison Formation (Upper Jurassic) of western USA [J]. PLoS One, 10(4): e0123503.
- Wang Xiaolin, Kellner A W A, Jiang Shunxing, et al., 2014. Sexually dimorphic tridimensionally preserved pterosaurs and their eggs from China [J]. Current Biology, 24(12): 1323–1330.
- Xue Yifan, Jiang Dayong, Motani R, et al., 2010. New information on sexual dimorphism and allometric growth in *Keichousaurus hui*, a pachypleurosauro from the Middle Triassic of Guizhou, South China [J]. Acta Palaeontologica Polonica, 60(3): 681–687.

Preliminary study on the sexual dimorphism of *Tianzhenosaurus youngi*

Ma Duiping

(Hebei GEO University, Shijiazhuang 050031, Hebei, China)

Abstract: This paper deals with 4 skeleton fossils of *Tianzhenosaurus youngi* (Ankylosauria) collected by the Museum of Earth Sciences of Hebei GEO University and the Datong Museum of Shanxi Province. Based on the characters of their skulls and tail clubs, *Tianzhenosaurus youngi* clearly shows sexual dimorphism. Male individuals have large and sturdy squamosal horns that protrude bilaterally upwards, and a large and flat sub-circular tail club. Female individuals have thinner, smaller and lower squamosal horns that protrude bilaterally backwards, and a small and flat sub-circular tail club with walnut-like decoration on its surface. This paper is the first study on the sexual dimorphism of ankylosaurs. It provides a new way for the study of dinosaurs in order to avoid the occurrence of synonym in classification.

Key words: *Tianzhenosaurus youngi*; Ankylosauria; sexual dimorphism; Late Cretaceous; Shanxi