

doi:10.12097/j.issn.1671-2552.2023.07.006

山东诸城恐龙动物群的发现、埋藏环境及分类

孙业君¹, 张艳霞^{1*}, 陈军²

SUN Yejun¹, ZHANG Yanxia^{1*}, CHEN Jun²

1. 诸城市恐龙文化研究中心, 山东 诸城 262200;

2. 山东省地质科学研究所, 山东 济南 250013

1. Dinosaur Research Center of Zhucheng, Zhucheng 262200, Shandong, China;

2. Shandong Geological Sciences Institute, Jinan 250013, Shandong, China

摘要: 诸城恐龙骨骼化石主要集中埋藏于库沟、龙骨涧、臧家庄、西见屯等化石点, 发现了鸭嘴龙、角龙、暴龙、甲龙、蜥脚类和窃蛋龙类恐龙。为进一步系统梳理诸城地区恐石化石赋存埋藏特征, 结合前人研究和笔者近年研究发现, 诸城可能存在 3 种鸭嘴龙, 至少存在 2 种暴龙科恐龙。诸城恐石化石最主要的埋藏相类型为泥石流沉积相。白垩纪晚期, 诸城地区干旱的气候可能是该地区恐龙死亡的原因。诸城恐龙动物群与北美地区晚白垩世恐龙组合相似, 对白垩纪恐龙的迁徙、分布、演化、生存环境、板块构造等研究提供了丰富的材料和证据。

关键词: 诸城; 晚白垩世; 恐龙; 埋藏环境; 山东

中图分类号: P534.53; Q915.2⁺2 **文献标志码:** A **文章编号:** 1671-2552(2023)07-1132-08

Sun Y J, Zhang Y X, Chen J. Discovery, taphonomic environments and classification of Zhucheng dinosaur fauna in Shandong Province. *Geological Bulletin of China*, 2023, 42(7): 1132-1139

Abstract: Kugou, Longgujian, Zangjiazhuang and Xijiantun are mainly fossil sites, and hadrosaurs, centrosaurinae, tyrannosaurs, ankylosauria, sauropods, oviraptorosauria were discovered in Zhucheng. Previous research and the author's recent studies show that there may be three kinds of hadrosaurs and at least two kinds of tyrannosauridae in Zhucheng. The main taphonomic facies type of dinosaur fossils is mud flow deposits. Draught climate may have played important roles in the mortality of dinosaurs. Zhucheng dinosaur fauna is similar to the dinosaur assemblage in North America, providing abundant materials and evidence for the study of Cretaceous dinosaurs' migration, distribution, evolution, living environment and plate tectonics.

Key words: Zhucheng; Late Cretaceous; dinosaurs; taphonomic environment; Shandong Province

山东诸城因恐龙化石资源丰富被誉为“中国龙城”, 是中国重要的以大型鸭嘴龙类为代表的晚白垩世恐石化石产地, 是近年来发现的最重要的恐石化石埋藏地之一。诸城恐龙动物群的研究已经有几十年历史, 但是近十几年来大量恐石化石新类型的不断发现使人们对这一生物群的面貌、性质、生存环境等有了更全面的认识。前人对诸城恐龙动物群开展了多角度的研究, 在恐龙古生物学、分类学(胡承志, 1973; 胡承志等, 1986; 2001; 赵喜进等,

2007; 2008; 2011; 季燕南, 2010a; Xu et al., 2010a, b; Hone et al., 2011; He et al., 2015a; 莫进尤等, 2017; Yu et al., 2018; 王克柏等, 2020)、恐石化石埋藏学(季燕南, 2010b; 柳永清等, 2009; 2010; 2011; 旷红伟等, 2013; 2014; 安伟等, 2016; 何碧竹等, 2011; He et al., 2015b; Xing et al., 2014)等方面取得了一系列重要进展。目前诸城恐龙动物群发现的恐龙已达十余种。其中诸城中国角龙是北美地区以外首次发现的大型角龙类化石(Xu et al., 2010a), 在学术界

收稿日期: 2021-09-04; 修订日期: 2022-02-23

作者简介: 孙业君(1970-), 男, 从事中生代恐石化石的研究。E-mail: sunyjzc@126.com

* 通信作者: 张艳霞(1982-), 女, 硕士, 副研究馆员, 从事恐石化石及中生代其他古生物化石的研究。E-mail: yanxiangzhangzxw@126.com

产生了很大的影响,为角龙科的分布、起源与演化提供了重要信息。从化石保存的数量上来说,诸城库沟化石点是世界上规模最大的恐龙化石集群埋藏地。

1 诸城恐龙动物群的发现及属种

诸城恐龙化石的发现最早要追溯到 20 世纪 60 年代,1964 年,原地质部石油局综合研究队于山东省诸城市的龙骨涧发现了恐龙化石(胡承志,1973;胡承志等,2001),这是在诸城发现恐龙化石的最早记录。龙骨涧位于诸城市西南约 10 km,在库沟村北约 1 km。早在一百多年前,这里就有“龙骨”的传说。龙骨涧是一条东西向冲沟,当时冲沟南北宽近 30 m,东西长约 300 m。石油局综合研究队 1964 年在龙骨涧北侧底部挖到了一块恐龙骨骼化石,经原地质部地质研究所鉴定这是一块鸭嘴龙胫骨化石,这是首次在诸城确认发现的恐龙化石。

自巨型鸭嘴龙骨骼化石在诸城被发现以来,诸城市共进行了 3 次有规模的恐龙化石发掘工作。第一次发掘时间为 1964—1968 年,地质博物馆、原地质部地质研究所的研究人员会同原地质部石油局综合研究队于 1964 年 10 月在龙骨涧进行了第一次正式发掘,采集化石 77 箱,重 10 t。地质博物馆和原地质部地质研究所分别于 1965 年 4 月、1966 年 5 月、1968 年 6 月连续 3 次进行了采掘,分别采集化石 53 箱,重 6 t;52 箱,重 8 t(1966 年采集的化石包括巨型山东龙的正型标本的头骨后部);42 箱,重 6 t(胡承志,1973;胡承志等,1986;2001)。通过对化石的修理、选择,1972 年装架起了一条个体庞大的鸭嘴龙骨架,1973 年被命名为巨型山东龙(*Shantungosaurus giganteus*)(胡承志,1973),是当时已知鸭嘴龙类中最高大、也是鸟臀类中最高大的一种恐龙。之后,胡承志等(2001)对骨架的部分骨骼进行了调整、改装,重新装架后的巨型山东龙身长 14.7 m,身高 7.75 m,保存于中国地质博物馆,编号 V1780(胡承志等,2001)。1988 年 6 月,诸城博物馆开展了历

史上第二次有规模的恐龙化石发掘工作,1991 年发掘工作结束,共采集化石 160 块,20 余吨。经过对化石修整,装架起了一具完整的鸭嘴龙骨架(赵喜进等,2007;2008),被命名为巨大诸城龙(*Zhuchengosaurus maximus*)(赵喜进等,2007),身长 16.6 m,高 9.1 m。2008 年诸城市开展了第三次恐龙化石发掘工作。这次发现了鸭嘴龙骨骼占主导的多种恐龙骨骼化石一万多块,并发现了世界上最大的恐龙化石集群埋藏地——库沟化石点及有很多重要发现的臧家庄化石点。为了保护、研究、利用好恐龙化石,2011 年诸城市恐龙文化研究中心成立,先后建设诸城中国暴龙馆、库沟化石长廊钢结构棚等保护原址埋藏的恐龙化石。诸城第三次大规模发掘工作至少发现了 8 个恐龙新属种,其中有很多具有重要价值的恐龙属种(图 1):①诸城中国角龙是最重要的发现,诸城中国角龙是北美地区以外首次发现的大型角龙类化石,属于原始的尖角龙,它的发现模糊了尖角龙和开角龙的分类界限,提供了许多关于非角龙科恐龙到角龙科恐龙形态转变的重要信息。②白垩纪晚期巨型暴龙化石在中国有零星发现,但都很破碎。暴龙科成员巨型诸城暴龙从头骨到头后骨骼都有发现,其中一些骨骼测量数据显示,巨型诸城暴龙有可能是亚洲最大的



图 1 诸城发现的恐龙化石及恐龙复原图

Fig. 1 Dinosaur fossils found in Zhucheng and restoration images of dinosaur
a—诸城中国角龙颈盾;b—诸城中国角龙复原图;c—巨型诸城暴龙齿骨;
d—意外诸城角龙复原图

暴龙,与霸王龙有很近的亲缘关系。③赵氏怪脚龙分类上属于窃蛋龙类中的近颌龙科,与发现于内蒙古二连盆地的二连巨盗龙相似,有可能代表一个未知的窃蛋龙类支系。④意外诸城角龙和诸城坐角龙的发现增加了纤角龙科恐龙不同物种之间的形态差异和这一类群的物种分异度,表明纤角龙科恐龙在晚白垩世是与角龙科恐龙同时存在的进化较成功的种群。大量恐龙种类的发现,表明山东诸城在白垩纪晚期存在着一个属种丰富、形态多样的恐龙动物群,为理解整个白垩纪晚期恐龙的演化、组成等提供了非常重要的信息。

2 诸城恐龙化石分布及层位

诸城地区的恐龙骨骼化石主要埋藏在龙都街道的库沟、龙骨涧、西见屯、臧家庄及枳沟镇玉皇(图2)。其中,库沟、龙骨涧、西见屯、臧家庄4处恐龙化石点分布集中,库沟、龙骨涧、西见屯相互间的距离不足50 m,臧家庄位于库沟东北2 km左右(赵喜进等,2007;Xu et al.,2010a;柳永清等,2010;旷红伟等,2013)。

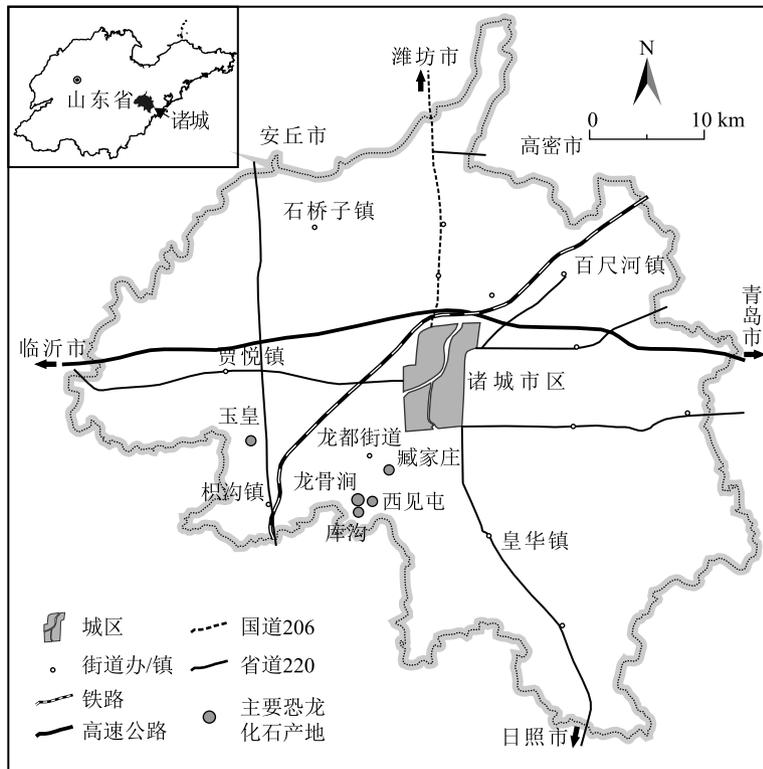


图2 诸城恐龙动物群主要化石点位置图

Fig. 2 Map showing location of main fossil sites of Zhucheng dinosaur fauna

诸城位于胶莱盆地南部(旷红伟等,2013),胶莱盆地的主体为白垩纪火山岩和沉积岩(毛兴强等,2022),由下至上为下白垩统莱阳群河流和湖相碎屑岩,青山群中、酸性火山岩与火山碎屑岩及产于青山群之中由河湖相沉积组成的大盛群;上白垩统王氏群由冲、洪积紫、杂色粗碎屑岩组成,上白垩统王氏群红土崖组为恐龙化石埋藏层位(柳永清等,2009;2010;2011;旷红伟等,2013)(图3)。在诸城恐龙化石的埋藏上下限时间方面前人做了大量研究。安伟等(2016)通过对山东诸城王氏群恐龙化石层中砂岩碎屑锆石的研究,测出王氏群恐龙化石层的沉积下限为77.3 Ma。闫峻等(2003;2005)采用玄武岩的Ar-Ar法限定红土崖组上部玄武岩的年龄为73.5 Ma;孟繁聪等(2006)通过K-Ar法测定红土崖组上部诸城玄武岩的年龄为76.2 Ma。安伟等(2016)认为,K-Ar法存在因K含量测量不准确性而带来的误差,而Ar-Ar法不存在上述误差,认为以73.5 Ma的年代学数据作为王氏群红土崖组的沉积上限较合理。K-Ar定年方法需要独立分析2份相同的样本,分别测定K和Ar,存在由于样本非均质性的问题而产生误差(卢磊勋等,2015),因此笔者认为,73.5 Ma作为王氏群红土崖组的沉积上限更合理。旷红伟等(2013)通过电子探针资料及全岩样品的常量、稀土、微量元素分析推测,库沟位于最底部层位之上为龙骨涧,臧家庄处于最上部。

3 埋藏环境和埋藏机制

诸城晚白垩世王氏群中恐龙骨骼化石最主要的埋藏相类型是泥石流沉积相,辫状河河道和洪泛平原是次要的埋藏沉积相(柳永清等,2011)(图3)。诸城恐龙化石在埋藏上具有密集成层分布,大小分选性差,形态各异,空间上富集程度极度不均匀的特点(柳永清等,2010;旷红伟等,2014)。多数为孤立无关联性的骨骼化石,较大的长柱状、板状骨骼具有定向排列的特点,小型的纤角龙类恐龙呈现出半关联保存的状态(图版I),为典型的异地埋藏(柳永清等,

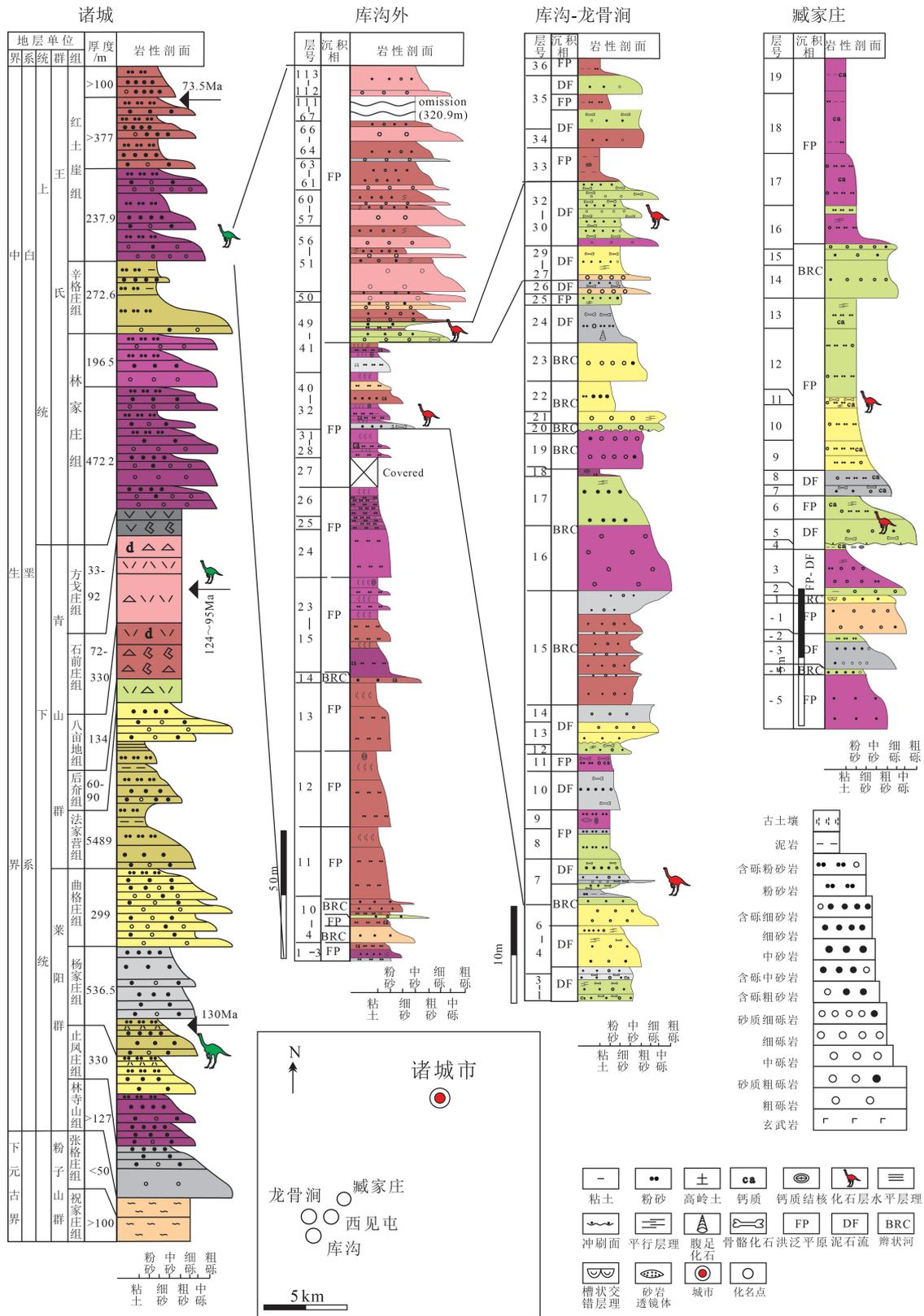
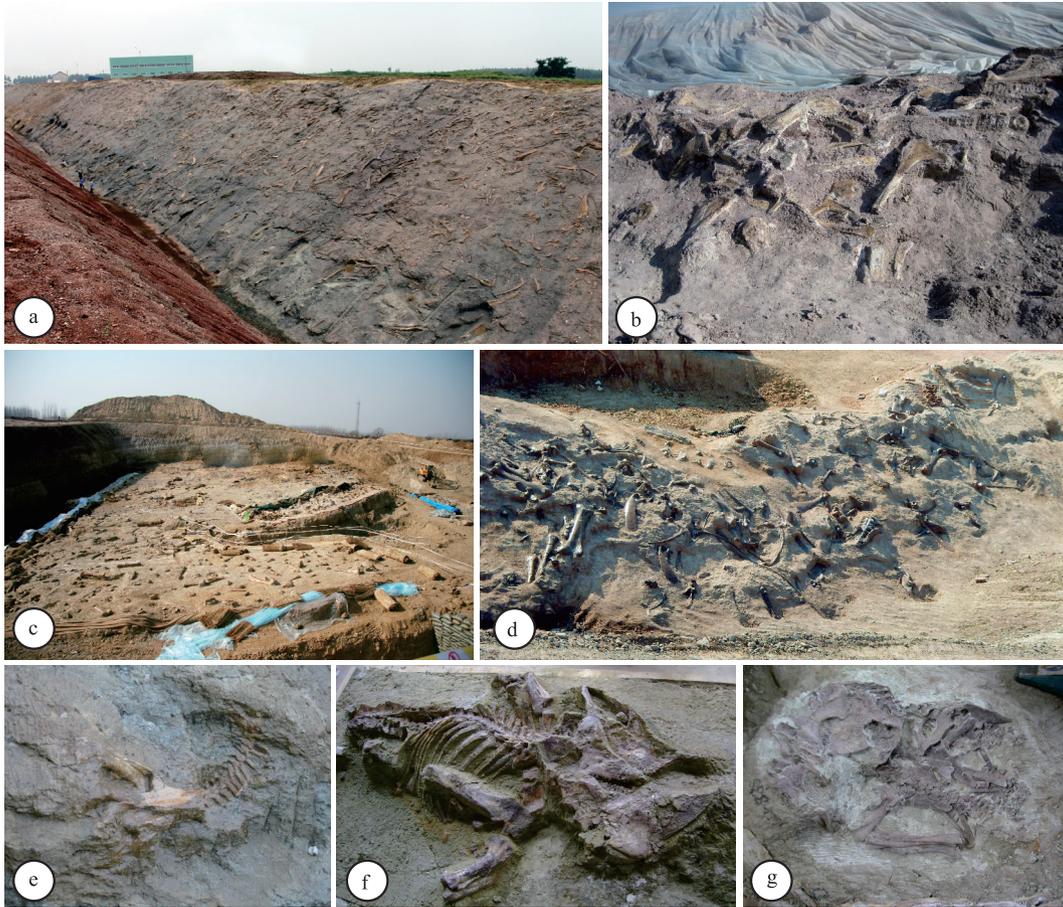


图 3 山东诸城红土崖组恐龙化石埋藏层位及其岩相、沉积相特征(据旷红伟等,2014 修改)

Fig. 3 The main dinosaur bonebeds, petrology and sedimentary facies in the lower part of the Hongtuya Formation of Zhucheng in Shandong

图版 I Plate I



a.库沟化石点;b.西见屯化石点;c.龙骨涧化石点;d.臧家庄化石点;a、b、c、d.无关联、散落分布的恐龙骨骼化石;e、f、g.关联保存的小型角龙骨骼化石

2010;2011;旷红伟等,2013;2014)。恐龙批量死亡后,遗体腐烂,恐龙骨骼受由北而南的洪流或泥石流流的冲刷、搬运,短距离搬运后在低洼处沉积(柳永清等,2010;旷红伟等,2013;2014;安伟等,2016)。何碧竹等在诸城库沟、龙骨涧化石埋藏层上下层位中发现有古地震软沉积物变形构造,通过对诸城晚白垩世地层中软沉积物变形构造的研究,认为埋藏恐龙化石的大规模泥石流可能是古地震触发的(何碧竹等,2011;He et al.,2015b)。

诸城上白垩统红土崖组中有多个恐龙化石集群埋藏层的出现,旷红伟等(2013)通过对恐龙骨骼化石的地球化学研究,认为极端干旱气候导致的生存环境恶化,物源中 Si、Ba 含量过高,食物、淡水匮乏等导致恐龙最终大批量死亡。

4 诸城恐龙动物群分类学研究

目前,诸城恐龙动物群中发现的恐龙有 10 余

种,包括 3 种鸭嘴龙:巨型山东龙 *Shantungosaurus giganteus*(胡承志,1973)、巨大诸城龙 *Zhuchengosaurus maximus*(赵喜进等,2007)、巨大华夏龙 *Huaxiaosaurus aigahtens*(赵喜进等,2011);1 种角龙科恐龙:诸城中国角龙 *Sinoceratops zhuchengensis*(Xu et al.,2010a);2 种纤角龙科恐龙:意外诸城角龙 *Zhuchengceratops inexpectus*(Xu et al.,2010b)、诸城坐角龙 *Ischioceratops zhuchengensis*(He et al.,2015a);3 种暴龙科恐龙:诸城霸王龙 *Tyrannosaurus zhuchengensis*(胡承志等,2001)、巨型诸城暴龙 *Zhuchengtyrannus magnus* 和未命名种(Hone et al.,2011);1 种蜥脚类恐龙:臧家庄诸城巨龙 *Zhuchengtitan zangjiazhuangensis*(莫进尤等,2017);1 种窃蛋龙类恐龙:赵氏怪脚龙 *Anomalipes zhaoi*(Yu et al.,2018);1 种甲龙类恐龙:诸城中国甲龙 *Sinankylosaurus zhuchengensis*(王克柏等,2020)。诸城还发现了保存完好的其他角龙类化石,以及几乎完整的两具角龙幼年个体骨架化石,这些化石代表

的恐龙是否与之前发现的角龙相同,还待进一步研究。

4.1 鸭嘴龙类分类学讨论

巨型山东龙、巨大诸城龙、巨大华夏龙都属于大型的鸭嘴龙科恐龙,巨大诸城龙,巨大华夏龙的有效性一直存在争议。赵喜进等(2007;2011)认为巨大诸城龙、巨大华夏龙是区别于巨型山东龙的有效种。季燕南(2010a)认为巨大诸城龙是巨型山东龙的同物异名,其依据为:①虽然巨型山东龙的荐椎由 10 个椎体愈合而成,巨大诸城龙的荐椎由 9 个愈合而成(表 1),但对巨大诸城龙荐椎完整性存疑,并认为荐椎中椎体个数的不同是由于生长发育不同阶段造成的;②鸭嘴龙是一种群居性的动物,在一个范围极其有限的环境内,同时存在 2 种或者更多物种是不合理的(季燕南,2010a)。Xing et al. (2014)认为巨大诸城龙、巨大华夏龙均为巨型山东龙的次级同物异名,依据为诸城龙 *Zhuchengosaurus* 和华夏龙 *Huaxiaosaurus* 的所有标本事实上与山东龙 *Shantungosaurus* 的对应材料具有显著的形态学相似性,绝大多数的骨骼特征差异可以被合理地解释为种内变异(包括个体发育变异和多态变异)和由于异常保存而导致的变形,并且这 3 个类群之间的一些骨块和构造的尺寸及相对比例关系十分相似。这 3 种鸭嘴龙是否为同物异名,笔者认为有下面几个问题值得商榷:①荐椎中的椎体个数可能由于保存不完整产生差异,也可能是种间差异产生的不同,在不同种的恐龙中,荐椎中的椎体数存在数目不同这一现象。②库沟、龙骨涧、臧家庄化石赋存层都属于红土崖组,但层位上存在差异。库沟位于最底部层位,之上龙骨涧,臧家庄处于最上部(旷红伟等,2013),巨大华夏龙发现于臧家庄化石点,巨大诸城龙、巨型山东龙发现于龙骨涧化石点。2 个化石点不在同一层位上,骨骼特征的差异可能为种内变异或者保存导致的,也可能是种间的区别。

表 1 诸城 3 种鸭嘴龙参数对比

Table 1 Parameter comparison of the three hadrosaurus in Zhucheng area

恐龙名称	发现地	荐椎数	层位
巨型山东龙	龙骨涧	10	红土崖组(比臧家庄早一点)
巨大诸城龙	龙骨涧	9	红土崖组(比臧家庄早一点)
巨大华夏龙	臧家庄	10	红土崖组

③在一个范围极其有限的环境内,同时存在 2 种或者更多物种是不合理的这种说法值得商榷。诸城恐龙动物群中同时有鸭嘴龙、角龙、蜥脚类恐龙等多种植食性恐龙,亦同时存在 2 种大型暴龙科成员(Hone et al.,2011)。再者,现生的斑马、角马、瞪羚等多个营群居生活的植食性动物可同时生存于非洲草原,猩猩、长鼻猴、灰卷尾猴等群居性灵长类动物也同时存在于婆罗洲岛。

因此,笔者认为巨大诸城龙、巨大华夏龙与巨型山东龙是否为同物异名需要有进一步细致的研究。

4.2 暴龙类分类学讨论

诸城霸王龙与巨型诸城暴龙同属于暴龙科。胡承志等(2001)根据在龙骨涧发现的 4 颗牙齿的齿冠及第 IV 右脚掌骨,命名了一种新的暴龙属恐龙——诸城霸王龙(*Tyannosaurus zhuchengensis*)(胡承志等,2001)。Hone et al.(2011)认为诸城霸王龙应该被当作一个疑名,因为在牙齿或跖骨上都没有可以归为暴龙科以下的特征,认为最多可以归到暴龙亚科,可能代表了与巨型诸城暴龙(*Zhuchengtyrannus magnus*)相同的属种。笔者认为由于 2 个化石点的层位不同(诸城霸王龙发现于龙骨涧,巨型诸城暴龙发现于臧家庄),并且受限于材料的保存状况,它们是否为同一物种需要更多新材料的研究。Hone et al.(2011)在臧家庄化石点还发现了另外一齿骨和上一颌骨,与其他的暴龙科标本明显不同,代表一种新的暴龙亚科的成员。因此,诸城至少存在 2 种不同的暴龙科恐龙。

5 诸城恐龙动物群的重要价值

诸城恐龙动物群具有十分重要的价值。一是对研究恐龙动物群的古地理分布产生了重大影响,特别是其中一些种类的发现意义重大,比如诸城中国角龙就是最典型的代表。诸城中国角龙属于角龙科中较原始的尖角龙亚科成员,在诸城中国角龙发现之前,角龙科只发现在北美西部的上白垩统沉积中(Dodson et al.,2004),诸城中国角龙发现于诸城白垩纪晚期的王氏群,这是首次在北美以外地区发现的角龙科成员(Xu et al.,2010a)。以往研究认为角龙科作为角龙下目中物种最丰富的一类,其地区性使其分布区域要小于周围的其他恐龙类群,这可能是由于缺少其所适应的古环境或者化石记录

不完整造成的,亦或是两者都有(Makovicky, 2002)。诸城中国角龙的发现显示,化石记录不完整可能才是亚洲缺少角龙科的主要原因,对重建恐龙的生物地理分布有重要影响。二是为研究恐龙动物群的亲缘关系提供了重要材料。诸城恐龙动物群中的恐龙与北美恐龙有着十分密切的关系,很多恐龙物种十分相似。其中,巨型山东龙与埃德蒙顿龙是姊妹群(Xing et al., 2014),巨型诸城暴龙为霸王龙的亲缘属种(Hone et al., 2011)。三是从古生物学角度为板块构造研究提供了证据。诸城发现的恐龙类型在北美同时代(Campanian期)的地层中都有相似的类群发现。例如美国Montana地区的Upper Two Medicine组与Hell Creek组均为Campanian期沉积(Sankey, 2010),这些地层中保存了大量的角龙科恐龙三角龙,以及鸭嘴龙类的埃德蒙顿龙、甲龙、霸王龙等;Big Bend area of Texas地区,Aguja组的地层时代为Campanian期(Sankey, 2010),保存大量鸭嘴龙,以及角龙、甲龙、霸王龙等(王能盛等, 2015)。加拿大Alberta地区Judith River组属于Campanian期沉积(Wood et al., 1988; Brinkman, 1990; Eberth, 1990; Brinkman et al., 2004),保存有鸭嘴龙、角龙、甲龙-暴龙等(王能盛等, 2015)。与北美地区晚白垩世大型恐龙组合可对比,这进一步表明,在晚白垩世,亚洲与北美的恐龙是相连的,恐龙在2个大陆之间进行迁徙、演化,对研究大陆板块移动具有重要意义。

诸城恐龙动物群及其独一无二的大规模集群埋藏的发现与研究,改变了以往人们对于角龙科演化谱系的认识,对理解白垩纪晚期恐龙世界的迁徙、分布、演化、生活环境等提供了不可多得的材料和证据,使人们对晚白垩世恐龙世界的认识更全面和深刻。但目前对于部分恐龙化石研究还不够深入,比如,生物分类学研究还没有分类到种,诸城的鸭嘴龙为什么比其他地区的鸭嘴龙在体型上大很多等方面的问题亟待解决。相关古生物学、埋藏学、比较沉积学、地球化学、年代地层学等多学科交叉融合进行更深入和综合的研究,是未来深化山东诸城恐龙动物群研究的必经之路。

6 结论

(1)诸城恐龙化石群最早发现于20世纪60年代,自发现以来,诸城进行了3次有规模的发掘工

作,发现包括鸭嘴龙、角龙、暴龙、甲龙、蜥脚类、窃蛋龙类等在内的恐龙化石。其中,鸭嘴龙类可能存在3种,在数量上占有绝对的优势,另外还有至少2种不同的暴龙科恐龙。从保存状态上看,绝大多数骨骼化石为散乱、孤立无关联,部分小型角龙骨骼化石为关联保存。

(2)诸城的库沟、龙骨涧、臧家庄及西见屯是恐龙化石群的主要集中埋藏点,其层位为上白垩统王氏群红土崖组,为一套泥石流相沉积,沉积时限早于73.5 Ma。沉积学研究表明,晚白垩纪,诸城地区的恐龙生存环境恶化,极端气候、淡水匮乏和食物短缺等可能是恐龙出现批量的死亡的主要原因。

(3)诸城恐龙动物群具有十分重要的地学科研价值,不仅对研究恐龙动物群的古地理分布产生了重大影响,而且为研究恐龙动物群的亲缘关系提供了重要材料,同时从古生物学角度为板块构造研究提供了证据。

致谢:感谢中国地质科学院地质研究所旷红伟教授及北京自然博物馆李建军研究员在本文撰写过程中给予的指导,感谢审稿专家的评审意见和有益建议。

参考文献

- Brinkman D B. Paleoeology of the Judith River Formation (Campanian) of Dinosaur Provincial Park, Alberta, Canada: evidence from vertebrate microfossil localities [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1990, 78(1/2): 37-54.
- Brinkman D B, Russell A P, Eberth D A, et al. Vertebrate palaeo communities of the lower Judith River Group (Campanian) of south eastern Alberta, Canada, as interpreted from vertebrate microfossil assemblages [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2004, 213: 295-313.
- Dodson P, Forster C A, Sampson S D. Ceratopsidae [C] // Weishampel D B, Dodson P, Osmólska H. *The Dinosauria*. Berkeley: University of California Press, 2004: 494-516.
- Eberth D A. Stratigraphy and sedimentology of vertebrate microfossil sites in the uppermost Judith River Formation (Campanian), Dinosaur Provincial Park, Alberta, Canada [J]. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 1990, 78(1/2): 1-36.
- Hone D W E, Wang K B, Sullivan C, et al. A new, large tyrannosaurine theropod from the Upper Cretaceous of China [J]. *Cretaceous Research*, 2011, 32(4): 495-503.
- He Y M, Makovicky P J, Wang K B, et al. A new leptoceratopsid (Ornithischia, Ceratopsia) with a unique ischium from the Upper Cretaceous of Shandong Province, China [J]. *PLoS One*, 2015a, 10(12): e0144148.
- He B Z, Qiao X F, Zhang Y L, et al. Soft-sediment deformation structures in

- the Cretaceous Zhucheng depression, Shandong Province, East China; their character, deformation timing and tectonic implications[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2015b, 110: 101-122.
- Makovicky P J. Taxonomic Revision and Phylogenetic Relationships of Basal Neoceratopsia (Dinosauria: Ornithischia) [M]. New York: Columbia University, 2002: 1-297.
- Sankey J T. Faunal composition and significance of high-diversity, mixed bone beds containing *Agujaceratops mariscalensis* and other dinosaurs, Aguja Formation (Upper Cretaceous), Big Bend, Texas [M]. Indiana University Press, 2010: 1-47.
- Wood J M, Thomas R G, Visser J. Fluvial processes and vertebrate taphonomy: the upper cretaceous Judith River formation, south-central dinosaur Provincial Park, Alberta, Canada [J]. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 1988, 66(1/2): 127-143.
- Xing H, Zhao X J, Wang K B, et al. Comparative osteology and phylogenetic relationship of *Edmontosaurus* and *Shantungosaurus* (Dinosauria: Hadrosauridae) from the Upper Cretaceous of North America and East Asia [J]. *Acta Geologica Sinica*, 2014, 88(6): 1801-1840.
- Xu X, Wang K B, Zhao X J, et al. First ceratopsid dinosaur from China and its biogeographical implications [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2010a, 55(16): 1631-1635.
- Xu X, Wang K B, Zhao X J, et al. A new leptoceratopsid (Ornithischia: Ceratopsia) from the Upper Cretaceous of Shandong, China and its implications for neoceratopsian evolution [J]. *PLoS One*, 2010b, 5(11): e13835.
- Yu Y L, Wang K B, Chen S Q, et al. A new caenagnathid dinosaur from the Upper Cretaceous Wangshi Group of Shandong, China, with comments on size variation among oviraptorosaurs [J]. *Scientific Reports*, 2018, 8(1): 1-10.
- 安伟, 旷红伟, 柳永清, 等. 山东诸城晚白垩世王氏群恐龙头化石层碎屑锆石定年和物源示踪 [J]. *地质论评*, 2016, 62(2): 453-471.
- 何碧竹, 乔秀夫, 田洪水, 等. 山东诸城晚白垩世古地震事件与恐龙头化石埋藏 [J]. *古地理学报*, 2011, 13(6): 615-626.
- 胡承志. 山东诸城巨型鸭嘴龙化石 [J]. *地质学报*, 1973, 2: 179-206.
- 胡承志, 程政武. 巨型山东龙再研究的新进展 [J]. *地球学报*, 1986, 14: 163-170.
- 胡承志, 程政武, 庞其清, 等. 巨型山东龙 [M]. 北京: 地质出版社, 2001: 1-139.
- 季燕南. 巨型山东龙的系统分类, 生活习性与生态环境研究 [J]. *地学前缘*, 2010a, (1): 378-385.
- 季燕南. 山东省诸城地区晚白垩世沉积环境与山东龙集群埋藏研究 [D]. 中国地质大学(北京)硕士学位论文, 2010b: 1-2.
- 旷红伟, 许克民, 柳永清, 等. 胶东诸城晚白垩世恐龙头骨化石地球化学及埋藏学研究 [J]. *地质论评*, 2013, 59(6): 1001-1023.
- 旷红伟, 柳永清, 董超, 等. 山东诸城晚白垩世恐龙头化石埋藏学研究 [J]. *地质学报*, 2014, 88(8): 1353-1371.
- 卢磊勋, 杜萌, 邵瀚石. K-Ar 法和 Ar-Ar 法两种定年方法的差异性对比及讨论 [J]. *辽宁化工*, 2015, (8): 1025-1027.
- 柳永清, 旷红伟, 姬书安, 等. 晚中生代地球表层重大地质事件的陆地环境剧变与生物群演替响应 [J]. *地学前缘*, 2009, 16(5): 37-47.
- 柳永清, 旷红伟, 彭楠, 等. 鲁东诸城地区晚白垩世恐龙头化石埋藏地沉积相与埋藏学初步研究 [J]. *地质论评*, 2010, 56(4): 457-467.
- 柳永清, 旷红伟, 彭楠, 等. 山东胶莱盆地白垩纪恐龙头化石埋藏沉积相与古地理环境 [J]. *地学前缘*, 2011, 18(4): 9-24.
- 毛兴强, 王恩德, 杨群, 等. 山东省胶东半岛新立金矿床成因 [J]. *地质通报*, 2022, 41(10): 1855-1868.
- 孟繁聪, 李天福, 薛怀民, 等. 胶莱盆地晚白垩世不同地幔源区的两种基性岩浆——诸城玄武岩和胶州玄武岩的对比 [J]. *岩石学报*, 2006, 22(6): 1644-1656.
- 莫进尤, 王克柏, 陈树清, 等. 山东晚白垩世一新的巨龙类恐龙 [J]. *地质通报*, 2017, 36(9): 1501-1505.
- 王能盛, 旷红伟, 柳永清, 等. 中国东部晚白垩世恐龙头化石集群埋藏特征及国内外对比 [J]. *古地理学报*, 2015, 17(5): 593-610.
- 王克柏, 张艳霞, 陈军, 等. 山东诸城地区晚白垩世一新的甲龙类恐龙 [J]. *地质通报*, 2020, 39(7): 958-962.
- 闫峻, 陈江峰, 谢智, 等. 鲁东晚白垩世玄武岩中的幔源捕虏体: 对中国东部岩石圈减薄时间制约的新证据 [J]. *科学通报*, 2003, 48(14): 1570-1574.
- 闫峻, 陈江峰, 谢智, 等. 鲁东白垩世玄武岩及其中幔源包体的岩石学和地球化学研究 [J]. *岩石学报*, 2005, 21(1): 99-112.
- 赵喜进, 李敦景, 韩岗, 等. 山东的巨大诸城龙 [J]. *地球学报*, 2007, 28(2): 111-122.
- 赵喜进, 李敦景. 巨大诸城龙 [M]. 北京: 北京艺术与科学电子出版社, 2008: 1-222.
- 赵喜进, 王克柏, 李敦景. 巨大华夏龙 [J]. *地质通报*, 2011, 31(11): 1671-1688.