

安徽早三叠世巢湖龙前肢比较及分类学意义

周敏

北京大学地质学系, 北京大学地质博物馆, 北京 100871; E-mail: zhoumin2012@pku.edu.cn

摘要 由于标本少和保存情况不好等原因, 对巢湖龙(*Chaohusaurus*)解剖学特征缺少详细描述, 安徽地区巢湖龙的种级分异尚存争议。经过对比研究北京大学地质博物馆馆藏的采自安徽巢湖的鱼龙标本与相关模式标本, 基于骨骼形态及腕骨骨化程度等方面的差异, 将标本分为两类。将研究标本及相关模式标本等进行聚类分析, 结果表明存在两个类群。将前肢骨骼数据作图, 显示存在两条生长序列, 该结果推翻了之前的巢县陈氏龙和小巧陈氏龙均为龟山巢湖龙后出同物异名的结论。据此推断, 巢湖马家山地区的巢湖龙可能存在两个物种。厘清巢湖龙的种间关系有助于全球早三叠世原始鱼龙类的对比研究, 并对探讨鱼龙的早期演化具有十分重要的意义。

关键词 巢湖龙; 早三叠世; 安徽

中图分类号 P52

Comparison of the Forefin of *Chaohusaurus* and Its Taxonomy Meaning, Early Triassic, Anhui Province

ZHOU Min

Geological Museum of Peking University, Department of Geology, Peking University, Beijing 100871; E-mail: zhoumin2012@pku.edu.cn

Abstract Due to the low number and bad preserved condition of the specimens, the anatomical features of *Chaohusaurus* have not been described in detail. As a result, there is a controversy about the membership of this genus. Based on some new specimens housed in the Geological Museum of Peking University, there are two styles of the forefins compared with the holotype, with differences in skeleton morphology and the mesopodial ossification. The cluster analysis of those specimens shows that there are two groups. Measurements of the forefins suggests that there are two trendlines, so the conclusion that *Chensaurus xiaoxianensis* and *Chensaurus faciles* are junior synonyms of *Chaohusaurus geishanensis* is not appropriate. There are at least two species of *Chaohusaurus* in Chaohu. Clarifying the diversity of this genus is of significance to the comparison of the Early Triassic ichthyosaurs in the world and the study of the early evolution of basal ichthyosaurs.

Key words *Chaohusaurus*; Early Triassic; Anhui Province

鱼龙是生活在中生代海洋中的爬行动物, 早三叠世开始出现, 白垩纪晚期绝灭^[1]。巢湖龙的产出时代为早三叠世奥伦尼克期斯帕斯亚期晚期, 是目前地球上发现的最早的鱼龙。同时代的鱼龙有产自日本宫城(Miyagi)的歌津鱼龙(*Utatsusaurus*)^[2], 产自欧洲斯匹兹卑尔根(Spitsbergen)的短尾鱼龙

(*Grippia*)^[3], 产自泰国帕塔隆附近考同山(Khao Thong Hill)的 *Thaisaurus*^[4], 产自北美大不列颠哥伦比亚(British Columbia)的歌津鱼龙未定种^[5]、*Parvinatator*^[6]以及短尾鱼龙目的 *Gulosaurus*^[7-8]。

巢湖龙系杨钟健和董枝明 1972 年命名, 属型种为龟山巢湖龙(*Chaohusaurus geishanensis* Young

国家自然科学基金(40920124002, 41372016)、现代古生物学和地层学国家重点实验室(中国科学院南京地质古生物研究所)开放基金(123102)、高等学校博士学科点专项科研基金(20120001110072)和人才培养共建项目-资源共享类项目-北京高校博物馆联盟建设(体制改革)项目资助

收稿日期: 2014-11-02; 修回日期: 2015-01-12; 网络出版日期: 2015-09-25

and Dong, 1972), 与欧洲的短尾鱼龙在很多性状上相似, 但比后者更为原始^[9]。由于标本保存和修理等原因, 杨钟健和董枝明对龟山巢湖龙正型模式标本的原始描述并不详细, 且对桡骨和尺骨的鉴定有问题^[9-10]。之后, 陈烈祖^[11]研究了发现于安徽巢县马家山扁担山组(现南陵湖组)的鱼龙类化石, 认为是不同于龟山巢湖龙的新类型, 并命名为巢县安徽龙(*Anhuisaurus chanxianensis* Chen, 1985)和小巧安徽龙(*Anhuisaurus faciles* Chen, 1985), 认为这两个种的差别在于: 前者吻部特别长, 后部牙齿成矛形, 肱骨大而远端宽于近端; 后者吻部相对短, 嘴内后部牙齿成锥状, 肱骨小而成方形。Mazin 等^[4]指出, 侯连海 1974 年建立的安徽蜥(*Anhuisaurus* Hou, 1974)命名在先, 依据《国际动物命名法规》(International Code of Zoological Nomenclature, ICZN), 陈烈祖命名的属名安徽龙(*Anhuisaurus*)是无效命名, 提议用新属名陈氏龙(*Chensaurus*)代替; 同时认为陈烈祖建立的种级分类单元成立, 并相应改为巢县陈氏龙(*Chensaurus chanxianensis* Chen, 1985)和小巧陈氏龙(*Chensaurus faciles* (Chen, 1985)。Motani 等^[12]同意 Mazin 等^[4]的观点, 并对发现于马家山地区的巢县陈氏龙(*Chensaurus chaoxianensis*)新标本进行观察和描述, 发现陈氏龙属(*Chensaurus*)中腕骨较其余骨块存在延迟骨化的现象。Motani 等^[10]重新研究了保存在中国科学院古脊椎动物与古人类研究所的标本模型, 修正了前人的错误。此标本发现于开山采石的作业面上, 据称产于青龙灰岩中, 因此推断其时代为早三叠世, 但龟山巢湖龙正型模式标本产出的具体地点和详细地层层位, 至今仍不清楚。通过对上述在巢湖地区发现的已命名的 3 个鱼龙种的 5 件标本进行相关异速生长分析, Motani 等^[10]改变了之前的认识, 认为之前鉴定为龟山巢湖龙(*Chaohusaurus geishanensis*)、巢县陈氏龙(*Chensaurus chaoxianensis*)和小巧陈氏龙(*Chensaurus faciles*)的标本应为同一物种在不同成长阶段的个体, 陈烈祖^[11]列举的种间差异不存在, 他观察到的差异实际上为不同生长阶段所致。因此, 依据《国际动物命名法规》, 巢县陈氏龙和小巧陈氏龙均为龟山巢湖龙的后出同物异名。

综上所述, 迄今为止对巢湖地区巢湖龙研究的结果为: 存在一属一种, 即龟山巢湖龙。早三叠世海生爬行动物研究不断取得新的进展^[10-16], 但由于对巢湖龙的研究比较薄弱, 对其解剖学特征了解不

多, 鉴定特征不清, 对巢湖龙的种级分异尚存争议, 致使很难与其他早三叠世的鱼龙进行详细的对比和比较, 阻碍了全球原始鱼龙类的深入研究。因此, 需要在全面观察标本的基础上, 详细分析巢湖龙的形态多样性, 厘定其个体差异、生长差异及可能的种间差异, 尤其需要进一步验证前人曾经认为的巢湖龙生长序列是否真实存在, 这些因素均会影响对巢湖龙种级分类的认识。本文从北京大学地质博物馆馆藏的标本观察入手, 与相关模式标本进行对比, 通过前肢解剖学特征分析, 讨论巢湖龙在前肢骨骼方面的生长差异, 并进而探讨其分类学意义。

1 研究材料和方法

研究材料包括 Motani 等^[10]的研究中涉及的标本, 分别保存在中国科学院古脊椎动物与古人类研究所和安徽省地质博物馆。本文对标本的形态特征和测量数据进行再研究。另外新加入 4 件标本: GMPKU-P-1106, GMPKU-P-1118, GMPKU-P-3093, GMPKU-P-3101, 均保存在北京大学地质博物馆。

新加入的标本产出地点为巢湖市马家山地区, 位于巢湖市西北郊, 距巢湖市区 2 km, 产自下三叠统奥伦尼克阶斯帕斯亚阶南陵湖组上段, 其岩性为页岩和泥质灰岩。依据 Motani 等^[10]列出的鉴定特征, 4 件标本均属巢湖龙属, 前肢至少有一侧保存完整, 且前肢整体长度不一, 代表不同生长阶段的个体, 可以与 Motani 等^[10]的研究进行对比。

标本均已修理, 研究时使用气动工具及手针进行精细修理。用数码相机照相, 然后对照标本及照片画图。采用表盘式游标卡尺, 参考 Motani 等^[10]的方法测量前肢长度, 肱骨、桡骨及尺骨长度, 腕骨最大及最小直径。使用 R3.0.2 软件进行聚类分析, 为了简便, 标本编号省略显示。

2 前肢解剖学特征描述

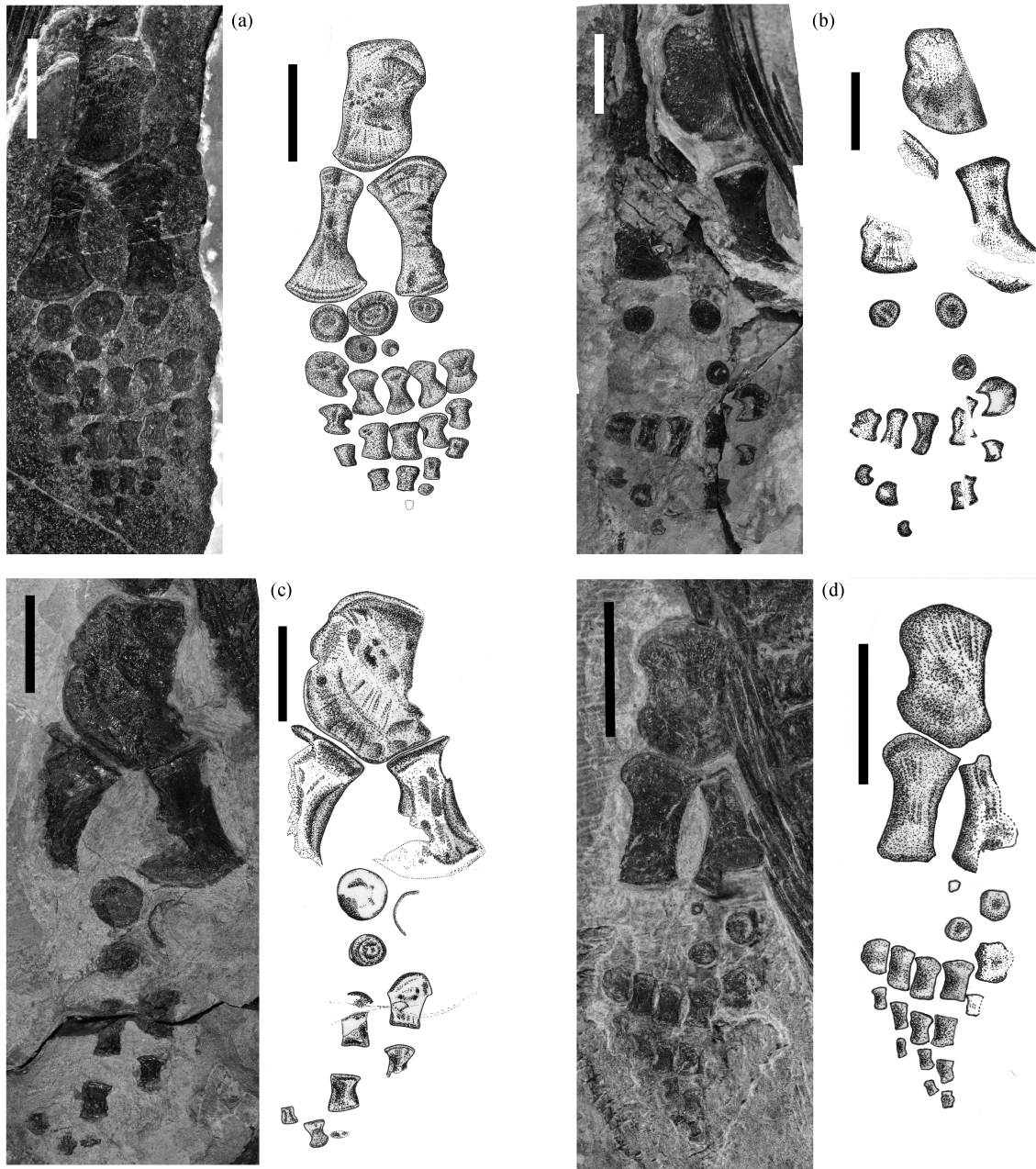
4 件标本的前肢均具巢湖龙属(*Chaohusaurus*)的特征^[10], 如个体都不大, 肱骨前凸缘不同程度发育, 前缘或为平滑凹缘, 或具凹口, GMPKU-P-1118 和 GMPKU-P-3093 可以观察到桡骨明显发育近端前突。

GMPKU-P-1118 和 GMPKU-P-3101 两件标本的肱骨长度相近, 但前肢骨骼形态存在明显差异。GMPKU-P-1118 保存较为完整, 仅缺失尾后部。GMPKU-P-3101 头骨缺失吻前部, 躯干仅保存约

2/3, 躯干后部及尾部均未保存。另外两件不同大小的标本作为参考, 其前肢照片及素描图见图 1。

标本 GMPKU-P-1118 暴露的前肢识别为右前肢, 背视保存, 长 5.016 cm, 五指指向远端汇聚, 呈鳍状肢。肱骨长 1.452 cm, 前边缘为较平滑的凹缘, 前缘扩展不明显, 远端两个关节面, 分别连接桡骨和尺骨, 桡骨关节面较大。桡骨长 1.446 cm, 近端

前突较为发育, 近端明显宽于远端, 近端表面具明显的生长纹。尺骨长 1.422 cm, 远端较近端宽, 呈扇形。已有 5 枚腕骨骨化, 分别识别为尺侧腕骨、中间腕骨、桡侧腕骨、第四远端腕骨和第三远端腕骨, 其中最大的一枚为中间腕骨, 最大直径为 0.564 cm, 最小的一枚为第三远端腕骨, 最大直径为 0.192 cm。腕骨、掌骨及指骨均排列较紧密, 其近



(a) GMPKU-P-1118 右前肢; (b) GMPKU-P-3101 左前肢; (c) GMPKU-P-1106 左前肢; (d) GMPKU-P-3093 左前肢。比例尺代表 1 cm

图 1 安徽巢湖早三叠世巢湖龙标本前肢

Fig. 1 Forefins of *Chaohusaurus*, Chaohu, Anhui Province

远端间隙较小, 保存的指骨数为 2-3-3-2-2。

标本 GMPKU-P-3101 右前肢不可见, 其左前肢肱骨长 1.463 cm, 前边缘中部为一凹口, 前缘较为外展。桡骨及尺骨均较破碎。有 3 枚腕骨骨化, 其中最大的一枚最大直径为 0.496 cm, 最小的一枚腕骨最大直径为 0.332 cm, 可能为尺侧腕骨、中间腕骨和第四远端腕骨, 但由于保存原因, 具体识别还需进一步讨论。掌中部空隙较大, 掌骨及指骨排列也较为稀疏, 其近远端间隙较大。从前肢的保存情况来看, 骨块排列比较规律, 因此这种近远端较大的空隙并非后期骨块位移造成。

标本 GMPKU-P-1106 的巢湖龙, 同样仅可见左前肢, 具有与 GMPKU-P-3101 较类似的肱骨。肱骨长 1.722 cm, 前缘外展明显, 具凹口; 后缘微凹, 但也可能为保存原因。尺骨桡骨均不同程度损坏。保存 3 枚腕骨, 识别为尺腕骨、中间腕骨和第四远端腕骨, 其中中间腕骨最大, 最大直径为 0.614 cm。掌骨及指骨保存不清晰, 但可见其近远端间隙同样较大。

标本 GMPKU-P-3093 是 4 件标本中个体最小的, 仅暴露左前肢, 前肢也相对最短, 为鳍状肢。肱骨长 1.042 cm, 肱骨前缘为平滑凹缘, 后缘被肋骨遮挡, 远端具两个关节面, 桡骨关节面稍大于尺骨关节面。桡骨外缘近端存在突起, 在距近端 1/3 处迅速收缩, 后 2/3 近等宽, 仅在远端微有扩展。尺骨近端稍远离尺骨关节面, 应为保存原因; 远端后缘被破坏, 但保存印痕, 可分辨出呈扇形。有 3 枚腕骨骨化, 识别为尺腕骨、中间腕骨和第四远端腕骨。保存 5 枚掌骨, 第五掌骨为半月形。前肢的

前后指间空隙较小, 掌骨和指骨近远端排列较紧密。

3 分类学意义讨论

GMPKU-P-1118 和 GMPKU-P-3101 两件标本的肱骨长十分相近, 分别为 1.452 和 1.463 cm。若为同一种, 各骨块性状应更相似。因此, 可以认为两件标本个体相差也不大。但是, 二者肱骨前边缘形态、前缘发育状态、尺骨形态、腕骨骨化程度以及掌骨指骨间隙等特征有较大差异。GMPKU-P-1118 的肱骨前缘为较平滑的凹缘, GMPKU-P-3101 的肱骨前缘中部微凹, 且后者前缘更为外展。尺骨形态方面, 前者明显更细长, 腕骨骨化程度较高, 已有 5 枚腕骨骨化, 相互之间紧密接触; 后者仅有 3 枚腕骨骨化, 且尺寸相对前者更小。前者掌骨及指骨间隙也较后者小。因个体大小相似, 这些差异不可能是生长阶段不同所致, 说明二者很可能非同一种。

各标本的测量值和身体特征见表 1, 其中部分特征参考杨钟健等^[9]和 Motani 等^[10]的描述。将前肢特征、肱骨前缘形态及其是否外展和腕骨骨化的程度(远端腕骨数目)编码(表 1)后进行聚类分析, 结果如图 2 所示。多数情况下, GMPKU-P-3093, GMPKU-P-1118 和 IVPP V4001 形成一种类型, 其余标本形成另外一种类型。唯一例外的是, IVPP V4001 可能因为肱骨前缘稍有破坏, 部分特征不清晰, 在聚类分析结果中的位置不稳定。不过, IVPP V4001 在结果中更靠近 GMPKU-P-1118 和 GMPKU-P-3093, 并且这 3 块标本的骨骼特征也更接近, 因此, 可以认为分析结果支持所有标本分为两类。

表 1 安徽巢湖早三叠世巢湖龙标本测量数据及前肢部分特征比较

Table 1 Data and some of the characters of the forefins of *Chaohusaurus*, Chaohu, Anhui Province

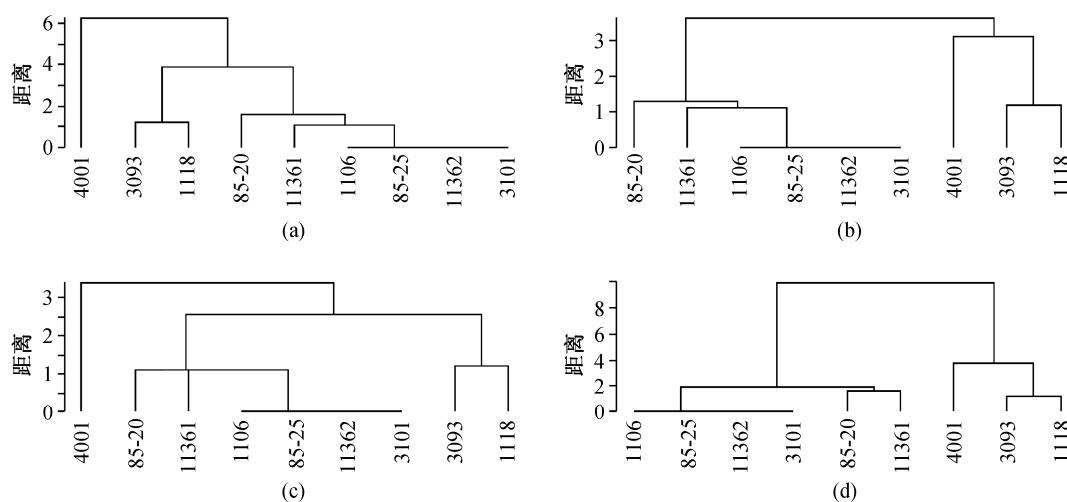
标本编号	肱骨前缘形态	肱骨前缘是否外展	肱骨长度/mm	尺腕骨最大直径/mm	远端腕骨数目
AGM-P45-H85-20	中部凹口(0)	是(0)	6.97	—	0
GMPKU-P-3093	平滑凹缘(2)	否(1)	10.42	2.56	1
IVPP V11362	中部凹口(0)	是(0)	11.80	1.22	1
GMPKU-P-1118	平滑凹缘(2)	否(1)	14.52	4.28	2
GMPKU-P-3101	中部凹口(0)	是(0)	14.63	—	1
IVPP V11361	中部微凹(1)	是(0)	16.71	3.45	1
AGM-P45-H85-25	中部凹口(0)	是(0)	17.36	3.70	1
GMPKU-P-1106	中部凹口(0)	是(0)	18.20	—	1
IVPP V4001	—	—	21.60	9.80	3

说明: 括号内数字表示聚类分析时使用的状态编码。

将各标本与 Motani 等^[10]研究标本的肱骨长和尺腕骨最大直径分别取对数后作图, 并按照聚类分析的结果分别绘出回归直线(图 3(a))。可以发现, 新加入的两块标本与之前的标本并不在一条异速生长线上。因为 Motani 等^[10]的研究是将脊椎椎体的长度作为横轴, 纵轴分别为肱骨长和腕骨, 这两个骨块的测量值分别与前者呈异速生长关系, 而肱骨长和腕骨直径本身是否为异速生长并没有被证实, 因本次新增的标本均不能测得其对应脊椎椎体的长度, 所以再将肱骨长和尺腕骨的测量值作图(图 3(b)), 可以发现所有标本分布在两条近平行的线上, 远端相对发散。结合聚类分析的结果, 即 GMPKU-P-3093, GMPKU-P-1118 与龟山巢湖龙正型标本 IVPP

V4001 在一条趋势线上, 而之前认为的巢县陈氏龙各标本(IVPP V11361, IVPP V11362, AGM P45-H85-25)构成另外一条趋势线, 每条趋势线均可视为一个生长序列, 由此, 肱骨长与腕骨直径很可能并不呈异速生长关系。

此外, 将标本 GMPKU-P-1106, GMPKU-P-1118, GMPKU-P-3093, GMPKU-P-3101 与 Motani 等^[10]研究的各标本置于同比例尺下比较(图 4), 发现标本 GMPKU-P-1118 与 IVPP V11361 前肢大小相近, 但是也存在上述不同, 而标本 GMPKU-P-3101 与 IVPP V11361 特征相似。各标本的前肢明显可分为两种类型: 一种类型的前肢肱骨前缘为凹缘, 尺骨相对细长, 腕骨至少 3 枚, 多可达 6~7 枚,



(a) 最长距离法; (b) 类平均法; (c) 重心法; (d) 离差平方和法。“距离”表示各类群之间的差异程度, 其值越大, 差异越大

图 2 安徽巢湖早三叠世巢湖龙标本的聚类分析

Fig. 2 Cluster analysis of the specimens of Early Triassic *Chaohusaurus*, Chaohu, Anhui Province

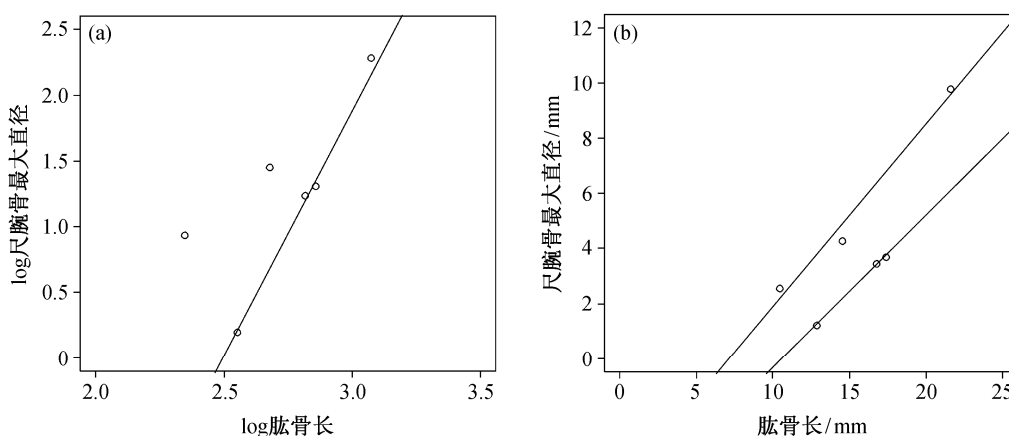
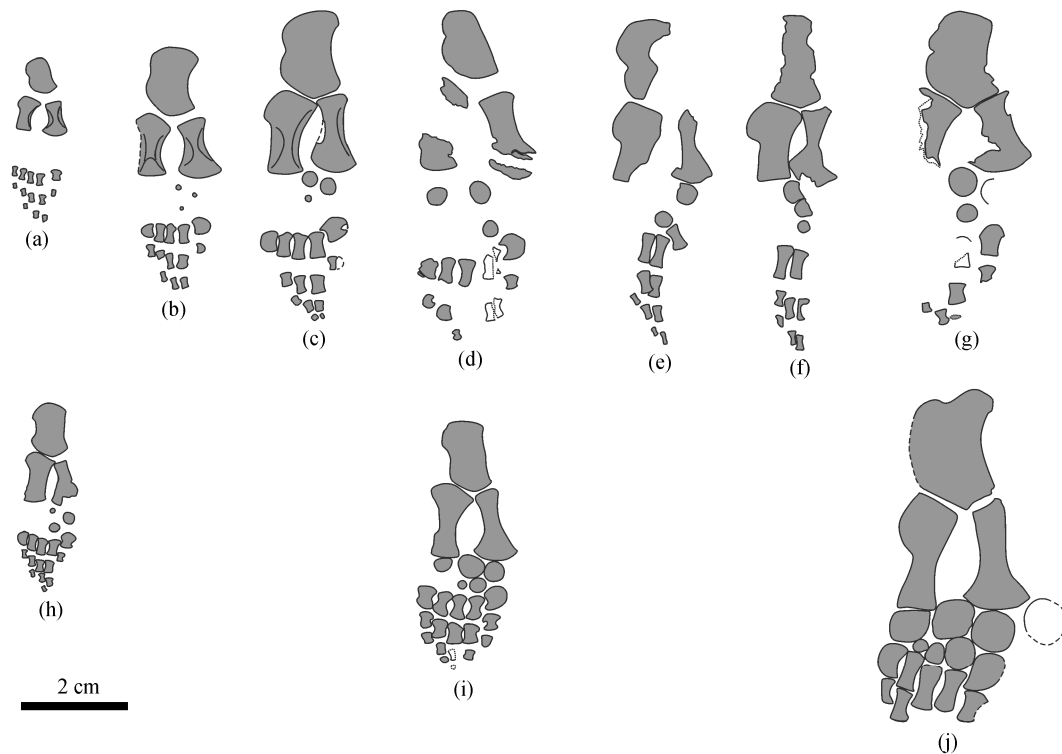


图 3 巢湖龙各标本的肱骨长与尺腕骨最大直径分别取对数后作图(a)和巢湖龙各标本的肱骨长与尺腕骨最大直径作图(b)

Fig. 3 Logarithmic graphs of the length of the humeri and the maximum diameter of ulnare of the specimens of *Chaohusaurus* (a) and Length of humerus and the maximum diameter of ulnare of the specimens of *Chaohusaurus* (b)



(a) AGM-P45-H85-20 (原小巧陈氏龙正型标本); (b) IVPP V11361 (原巢县陈氏龙); (c) IVPP V11362 (原巢县陈氏龙); (d) GMPKU-P-3101; (e) AGM-P45-H85-25 (原巢县陈氏龙正型标本)左前肢; (f) AGM-P45-H85-25 右前肢; (g) GMPKU-P-1106; (h) GMPKU-P-3093; (i) GMPKU-P-1118; (j) IVPP V4001 (原龟山巢湖龙正型标本)。为便于比较, 均调整为右前肢腹视图(据文献[10]修改)

图 4 安徽巢湖早三叠世巢湖龙各标本前肢(表现出两条生长序列)

Fig. 4 Forefins of the specimens of *Chaohusaurus*, Early Triassic, Chaohu, Anhui (showing two growth series)

掌骨指骨间隙较小, 排列紧密; 另一种类型肱骨前缘微凹或者具凹口, 相较于第一种类型相似大小的前肢腕骨数目少, 最小的标本中未保存腕骨, 最大标本也只保存 3 枚腕骨, 且相对较小, 掌中部空隙较大, 掌骨和指骨近远端间隙也较大。

从保存的两种类型的前肢来看, 第一种类型的前肢腕骨存在延迟骨化现象, 即当前肢其他骨块已骨化完全时, 腕骨并未完全骨化为硬骨, 而是保持软骨形态, 在生长过程中逐渐骨化, 也可能终生保持软骨形态^[17]。第二种类型的巢湖龙大多保存 3 枚腕骨, 分别为尺腕骨、中间腕骨及第四远端腕骨, 其骨化顺序也是如此^[16]。Motani 等^[12]提出原巢县陈氏龙腕骨存在延迟骨化, 并认为此现象在鱼龙的演化过程中逐渐消失, 可能为早期鱼龙保存的较原始的特征。第二种类型的巢湖龙前肢延迟骨化明显发育, 可能是相对较为原始的类型。

综上所述, 现有的巢湖龙标本前肢骨骼解剖学特征上存在明显差异, 数据投点和聚类分析也都可以将其分为两种类型。对两件肱骨大小相近的标本

GMPKU-P-1118 和 GMPKU-P-3101 的对比, 排除了骨骼解剖学特征的差异是由生长发育不同阶段导致的可能性。对于鱼龙性别不同导致的差异, 主要体现在头骨吻部、巩膜环内径与头长的比例、指骨列数^[18]、头骨相对宽度、颞孔相对宽度和顶嵴前端分叉角度等特征上^[19]。本文研究的标本中并未发现指骨的列数不同, 而由于保存的原因, 没有足够的标本^[20]验证头骨是否为两性异形。两种类型的标本数目也相差很大, 而不同类型的标本数目相近是判断两性异形的必要条件^[20], 因此本文更倾向于将这些差异视为种间差异。

4 结论

本文以巢湖龙前肢为研究对象, 通过对前肢解剖学特征分析、聚类分析、数据投点以及腕骨骨化等方面的比较, 认为巢湖地区的巢湖龙存在两种类型的前肢: 一种类型的肱骨前缘为平滑凹缘, 不外展, 尺骨较为细长, 同等大小的个体腕骨骨化程度稍高, 掌骨指骨排列紧密, 更加接近于龟山巢湖龙

(*Chaohusaurus geishanensis*)正型标本; 另一种类型的鱼龙肱骨前凸缘外展明显, 中部微凹或具凹口, 尺骨相对较粗, 腕骨骨化程度较低, 掌骨指骨近远端间隙较大, 更靠近原巢县陈氏龙(*Chensaurus chaoxianensis*)正型标本的前肢特征。因此, 本文分析结果否定了巢县陈氏龙和轻巧陈氏龙均为龟山巢湖龙的后出同物异名的结论, 安徽巢湖地区巢湖龙可能存在两个物种。

致谢 感谢江大勇教授对标本修理及论文研究方法和写作等方面的指导。感谢薛逸凡解答软件使用方面的疑问。感谢化石修理技师胡田芬帮助修理标本及对标本精细修理过程中的指导。感谢孙作玉副教授、季承博士在论文写作过程中提出建设性的修改意见。

参考文献

- [1] Motani R. Warm-blooded “sea dragons”? Science, 2010, 328: 1361–1362
- [2] Shikama T, Kamei T, Murata M. Early Triassic Ichthyosaurus, *Utatusaurus hataii* gen. et sp. nov., from the Kitakami Massif, Northeast Japan [R]. Science Reports of the Tohoku University, Sendai, Second Series (Geology), 1978, 48: 77–97
- [3] Wiman C. Eine neue Reptilien-Ordnung aus der Trias Spitzbergens. Bulletin of the Geological Institution of the University of Upsala, 1929, 22: 183–196
- [4] Mazin J M, Suteethorn V, Buffetaut E, et al.. Preliminary description of *Thaisaurus chonglakmanii* n. g., n. sp., a new ichthyopterygian (Reptilia) from the Early Triassic of Thailand. Comptes Rendus de l'Academie des Sciences, Paris, Serie II, 1991, 313: 1207–1212
- [5] Brinkman D B, Zhao X, Nicholls E L. A primitive ichthyosaurus from the Lower Triassic of British Columbia, Canada. Palaeontology, 1992, 35: 465–474
- [6] Nicholls E L, Brinkman D B. A new ichthyosaurus from the Triassic Sulphur Mountain Formation of British Columbia // Sarjeant W S. Vertebrate fossils and the evolution of scientific concepts. Amsterdam: Gordon and Breach Publishers, 1995: 521–535
- [7] Nicholls E L, Brinkman D B. A new specimen of *Utatusaurus* (Reptilia: Ichthyosauria) from the Lower Triassic Sulphur Mountain Formation of British Columbia. Canadian Journal of Earth Science, 1993, 30: 486–490
- [8] Cuthbertson R S, Russell A P, Anderson J S. Cranial morphology and relationships of a new grippidian (Ichthyopterygia) from the Vega-Phroso Siltstone Member (Lower Triassic) of British Columbia, Canada. Journal of Vertebrate Paleontology, 2013, 33(4): 831–847
- [9] 杨钟健, 董枝明. 中国三叠纪水生爬行动物. 中国科学古脊椎动物与古人类研究所甲种专刊, 1972 (9): 11–16
- [10] Motani R, You H L. Taxonomy and limb ontogeny of *Chaohusaurus geishanensis* (Ichthyosauria) with a note on the allometric equation. Journal of Vertebrate Paleontology, 1998, 18: 533–540
- [11] 陈烈祖. 安徽巢县早三叠世鱼龙化石. 中国区域地质, 1985, 15(5): 139–146
- [12] Motani R, You H L. The forefin of *Chensaurus chaoxianensis* (Ichthyosauria) shows delayed mesopodial ossification. Journal of Paleontology, 1998, 72: 133–136
- [13] Motani R, Jiang D Y, Chen G B, et al. A basal ichthyosauriform with a short snout from the Lower Triassic of China. Nature, 2015, 517: 485–488
- [14] Chen X H, Sander P M, Cheng L, et al. A new Triassic primitive ichthyosaur from Yuanan, South China. Acta Geologica Sinica (English Edition), 2013, 87: 672–677
- [15] Motani R. Redescription of the dental features of an Early Triassic ichthyosaur *Utatusaurus hataii*. Journal of Vertebrate Paleontology, 1996, 16: 396–402
- [16] Motani R. On the evolution and homologies of Ichthyopterygian forefins. Journal of Vertebrate Paleontology, 1999, 19(1): 28–41
- [17] Motani R. First complete forefin of the ichthyosaur *Grippia longirostris* discovered from the Triassic of Spitsbergen. Palaeontology, 1998, 41(4): 591–599
- [18] McGowan C. A revision of the lower Jurassic ichthyosaurs of Germany with descriptions of two new species. Palaeontogr, Abt A, 1979, 166: 93–135
- [19] 尚庆华, 李淳. 三叠纪关岭动物群邓氏萨斯特鱼龙的两性异形. 古脊椎动物学报, 2013, 51(4): 253–264
- [20] Sander P M. The pachypleurosaurids (Reptilia: Nothosauria) from the Middle Triassic of Monte San Giorgio (Switzerland) with the description of a new species. Philos Trans R Soc London B, 1989, 325: 561–666