

doi:10.3969/j.issn.1007-3701.2020.01.010

## 早三叠世南漳—远安动物群研究进展

方子晨<sup>1,2</sup>, 程 龙<sup>2,3,4\*</sup>, 阎春波<sup>2,3,4</sup>

FANG Zi-Chen<sup>1,2</sup>, CHENG Long<sup>2,3,4</sup>, YAN Chun-Bo<sup>2,3,4</sup>

- (1.中国地质大学(武汉)地球科学学院,武汉 430074;2.中国地质调查局武汉地质调查中心,武汉 430205;  
3.中国地质调查局古生物与生命-环境协同演化重点实验室,武汉 430205;4.古生物与地质环境演化湖北省重点实验室,武汉 430205)  
(1. School of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China;  
2. Wuhan Center of China Geological Survey, CGS, Wuhan 430205, China;  
3. Key Laboratory for Paleontology and Coevolution of Life and Environment, China Geological Survey, Wuhan 430205, China;  
4. Hubei Key Laboratory of Paleontology and Geological Environment Evolution, Wuhan 430205, China)

**摘要:**南漳—远安动物群是分布在湖北省南漳县和远安县的早三叠世海生爬行动物生物群。关于该动物群的研究开始于上世纪50年末,至今的研究历史分为两个阶段并取得重要成果。文章梳理了南漳—远安动物群的研究历程,从动物群的产出层位、海生爬行动物组合特征和生态特征三个方面介绍了南漳—远安动物群近年来取得的进展。这些进展表明,南漳—远安动物群所代表的早三叠世末期海生爬行动物的物种多样性和生态多样性已经高度发展,为研究二叠纪末生物大灭绝之后生物复苏进程提供了重要依据。研究成果的转化与应用,对促进化石产地和国家地质公园建设具有极大地促进作用。

**关键词:**三叠纪;南漳—远安动物群;海生爬行动物;研究进展

中图分类号:P52;Q915.864

文献标识码:A

文章编号:1007-3701(2020)01-0080-07

**Fang Z C, Cheng L and Yan C B. A Review on the Early Triassic Nanzhang–Yuanan Fauna of Hubei Province, South China. *Geology and Mineral Resources of South China*, 2020, 36(1):80–86.**

**Abstract:** Nanzhang–Yuanan Fauna is an Early Triassic marine reptile fauna, which is distributed between Nanzhang and Yuanan counties in Hubei province. The study of the Nanzhang–Yuanan Fauna started from 1950s and has made significant progress. This paper introduced the research progress of the Nanzhang–Yuanan Fauna in recent years from three aspects: the horizon of the fauna, features of marine reptile assemblages and palaeoecology. The progress indicates that the diversity of taxa and ecology, presented by Nanzhang–Yuanan Fauna, has highly developed, which provides an important evidence for studying the process of biological recovery after the end of Permian mass extinction.

**Key words:** Triassic; Nanzhang–Yuanan Fauna; marine reptile Fauna; review

二叠纪末生物大灭绝使得海洋生态系统遭到重创,彻底终结了从奥陶纪建立起来历时两亿多年的以表生固着底栖滤食性动物占主导的古生代型海洋生态系统的历史<sup>[1]</sup>。进入三叠纪,海洋生态系统开始缓慢复苏,有一批爬行动物由陆地向海洋二次适应辐射<sup>[2]</sup>。海生爬行动物在早三叠世开始出现,随

收稿日期:2019-11-8;修回日期:2020-3-1;责任编辑:董好刚

基金项目:国家自然科学基金项目(Nos. 41402005, 41972014);中国地质调查局地质调查项目(Nos. DD20160316, DD20190009)资助

第一作者:方子晨(1995—),男,硕士研究生,古生物学与地层学, Email: fzcpei@163.com

通讯作者:程龙(1977—),男,教授级高级工程师,古生物学与地层学, E-mail: chengl@mail.cgs.gov.cn

后演化成为中生代海洋中最成功的主要捕食者<sup>[3]</sup>, 是中生代至今的现代海洋生态系统中的重要组成部分。在中国<sup>[4]</sup>、日本<sup>[5]</sup>、欧洲<sup>[6]</sup>和北美<sup>[7]</sup>的早三叠世地层中都有海生爬行动物生物群出现, 南漳-远安动物群是其中时代最早的动物群之一。南漳-远安动物群是分布在湖北省南漳县和远安县交界一带下三叠统嘉陵江组中的以湖北鳄类为代表, 伴生始鳍龙类和鱼龙类的海生爬行动物群。由于南漳-远安动物群出现在二叠纪生物大灭绝之后, 三叠纪生态系统重建和生物复苏的关键时期, 同时也是海生爬行动物起源和早期演化的重要阶段, 因此南漳-远安动物群的研究对于恢复动物群古环境与古生态特征, 探索生命和环境的协同演化, 揭示三叠纪生物复苏过程以及早期海生爬行动物的起源和早期演化有重要的指示意义<sup>[8]</sup>。同时, 南漳-远安动物群中数量丰富的海生爬行动物化石不仅具有重要的科研价值, 其保存精美、形态各异特征也具有重要的科普价值和审美价值。近年来, 南漳-远安动物群化石产地逐渐成为开展地学基础研究、地球科学普及和观光旅游活动的重要自然资源赋存地点<sup>[9]</sup>。

## 1 南漳-远安动物群的研究历程

南漳-远安动物群中海生爬行动物化石的发现

和研究大致可分为两个阶段, 即上世纪 50 至 90 年代和本世纪初至今。1959 年王恭睦报道产自湖北省南漳县境内的孙氏南漳龙拉开了本动物群研究的序幕<sup>[10]</sup>。杨钟健接连报道了产自这一地区的远安贵州龙、南漳湖北鳄和远安江汉蜥, 并将时代定为中三叠世<sup>[4, 11]</sup>。这一时期, 由于标本稀缺、认识不全等原因, 这些动物化石的产出层位不明确, 对它们所处的分类位置也十分模糊。随后在上世纪 90 年代, 一些学者对早先发现的标本进行了再研究。Carroll 和 Dong 重新研究了南漳湖北鳄和孙氏南漳龙正型标本后建立了湖北鳄目, 并提出湖北鳄与鱼龙关系密切<sup>[12]</sup>。Rieppel 重新研究了江汉蜥的骨骼特征, 将其分类位置厘定为始鳍龙类<sup>[13]</sup>。

本世纪初, 随着全球范围三叠纪海生爬行动物研究的深入, 尤其是云贵高原地区发现了大量保存完整的海生爬行动物<sup>[14-16]</sup>, 南漳-远安动物群的研究进入新阶段。李锦玲等通过对湖北鳄及相关化石的产地进行实地考察, 认为这些化石的产出层位主要在下三叠统嘉陵江组<sup>[17]</sup>。李酉兴报道了远安城郊至洋坪一带的两件湖北鳄新材料<sup>[18-19]</sup>。Chen 等依据远安洋坪嘉陵江组海生爬行动物化石新材料, 在修订孙氏南漳龙的同时, 还识别出三个湖北鳄类新种似湖北鳄, 始湖北鳄和卡洛董氏扇桨龙, 以及与湖北鳄类化石共生的张家湾巢湖龙<sup>[20-24]</sup>。程龙在 2015 年

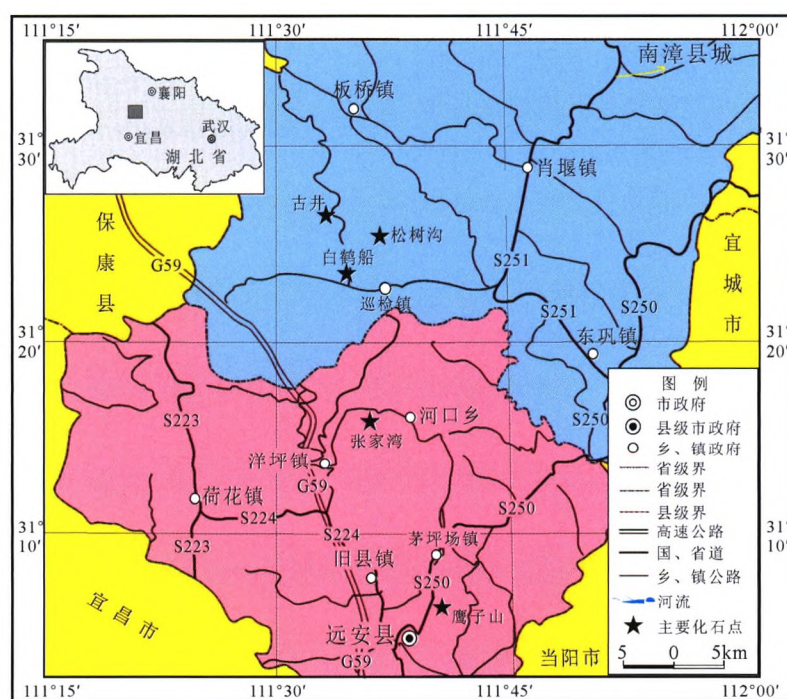


图1 南漳-远安动物群交通位置图

Fig. 1 Distribution of Nanzhang-Yuanan Fauna

报道了三峡欧龙,这是本动物群时隔四十年再次发现鳍龙类新物种<sup>[25]</sup>。程龙等围绕南漳县和远安县境内这些海生爬行动物的产出层位和生物组合特征开展了资料整理和野外调查,发现几乎所有的生物类型在2个地区均有出现,而且均产自于嘉陵江组相同层位,故认为远安地区和南漳地区的海生爬行动物组合和地层分布特征高度一致,这些生物在古地理上属于同一生物群落,并以此正式提出“南漳-远安动物群”这一名称<sup>[26]</sup>。综上所述,南漳-远安动物群的研究特点是起步很早,发展缓慢,但是近十年来报道了一批新标本和新物种,取得了重要进展。

近年来,随着南漳-远安动物群科学研究的深入,化石群产地原位保护和自然资源开发工作逐步展开。2014年,同属于南漳-远安动物群范围内的南漳县和远安县同时成功获批为国家级重点保护古生物化石集中产地。两个古生物化石集中产地的获批说明了南漳-远安动物群不仅具有极高的科研价值,而且具有深远的开发利用价值。2018年,湖北远安化石群国家地质公园获得第八批国家地质公园资格,这对加强南漳-远安动物群化石产地保护,支持南漳-远安动物群科研科普工作以及打造当地新型旅游文化产业有重要意义<sup>[27]</sup>。

## 2 南漳-远安动物群的层位

在南漳-远安动物群研究之初,受限于研究区内构造复杂缺乏系统的地质研究且大多数化石来自于民间,因此对于动物群产出层位有诸多争议。王恭睦在1959年首次报道产自南漳县境内的孙氏南漳龙时,根据湖北地质队的说法提出标本产出层位为下三叠统大冶组的灰岩<sup>[10]</sup>。杨钟健在1965年和1972年报道南漳和远安一带的远安贵州龙、湖北江汉蜥和南漳湖北鳄时,认为标本产出层位为中三叠统下部的嘉陵江组灰岩<sup>[4, 11]</sup>。Carroll和Dong在重新研究孙氏南漳龙和南漳湖北鳄时,推测标本的产出层位为中三叠世<sup>[12]</sup>。直到2002年,李锦玲等对动物群中各标本的产地进行实地考察,提出除孙氏南漳龙产自大冶组顶部或嘉陵江组底部外,湖北江汉蜥、南漳湖北鳄和远安贵州龙都产自嘉陵江组,而时代则属于早三叠世<sup>[17]</sup>。后来程龙和陈黎等人通过整理资料和野外调查,确认动物群中的化石

均产自南漳县和远安县两地的嘉陵江组相同层位,其岩性为纹层灰岩,动物群发育的时代为早三叠世晚期<sup>[8, 28]</sup>。

中国地质调查局武汉地质调查中心围绕南漳-远安动物群开展了新一轮区域地质调查工作,将南漳-远安动物群的产出层位修订为下三叠统嘉陵江组二段上部。该段地层在动物群区内的厚度在30 m左右,动物群丰度和分异度在该段地层顶部2 m为最高,之下的层位亦有发现,但丰度和分异度均不及上部层位。动物群赋存层位之下主要是一套滑塌角砾岩以及蠕虫状灰岩,赋存层位之上为一套灰绿或灰黄色的玻屑凝灰岩层,两者在南漳-远安一带均广泛分布,可以作为标志层进行地层对比<sup>[28]</sup>。

## 3 南漳-远安动物群海生爬行动物组合特征

近年来,武汉地质调查中心联合湖北省地质科学研究所,对南漳-远安动物进行系统发掘和研究,获得了一批海生爬行动物化石新标本。迄今为止,南漳-远安动物群海生爬行动物组合主要包括湖北鳄类、鱼龙类、始鳍龙类和颞颌龙类四大类,总计11属11种(表1)。

### 3.1 湖北鳄类

湖北鳄在南漳-远安动物群中极为丰富,包括的属种数也最多,共有五属五种。王恭睦在1959年

表1 南漳-远安动物群海生爬行动物统计

Table 1 Statistics of marine reptiles in Nanzhang-Yuanan Fauna

种类	名称	标本数量	捕食方式
湖北鳄类	南漳湖北鳄	10	兜网式
	孙氏南漳龙	4	
	似湖北鳄	3	
	始湖北鳄	1	
	卡洛董氏扇桨龙	4	盲感应式
始鳍龙类	远安贵州龙	1	
	湖北江汉蜥	1	
	三峡欧龙	2	主动捕食
	未定属种	1	
鱼龙类	张家湾巢湖龙	5	主动捕食
颞颌龙类	未定属种	1	

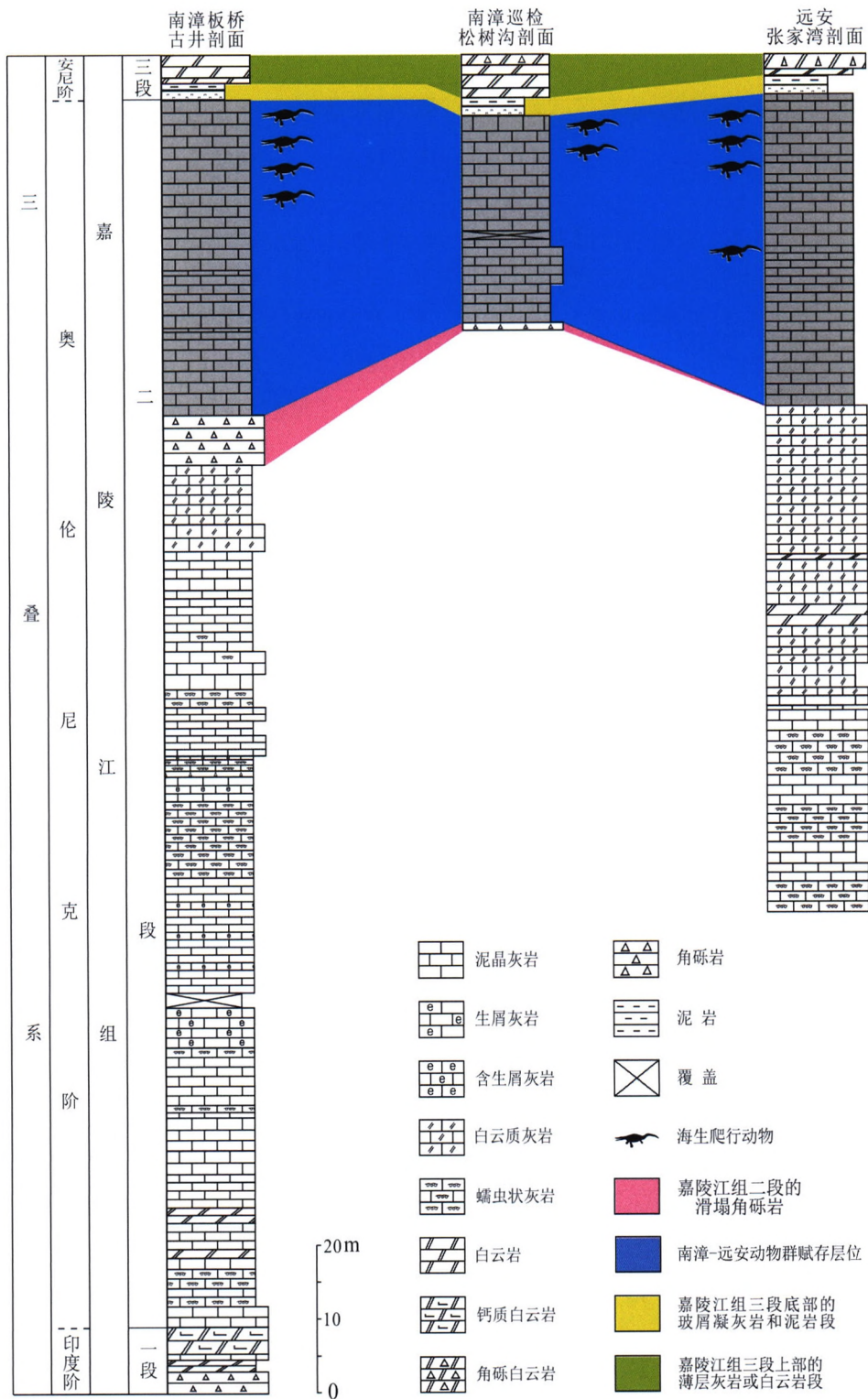


图2 南漳-远安一带典型地质剖面中嘉陵江组对比

Fig. 2 Comparison of Jialingjiang Formation in typical geological sections of Nanzhang and Yuanan counties

报道了孙氏南漳龙，杨钟健在 1972 年报道了南漳湖北鳄，而 Carroll 和 Dong 在 1991 年依据这两个物种建立了湖北鳄类(湖北鳄目)<sup>[4, 10, 12]</sup>。Carroll 和 Dong 曾报道了一新类型，该新类型的典型特征为四肢发育非对称性多指，但是由于标本较差无法提供更多骨骼特征，没有正式命名<sup>[12]</sup>，之后被 Chen 等

命名为夏洛董氏扇桨龙。李西兴曾报道两件湖北鳄类新标本并建立两个新种<sup>[18-19]</sup>，但是在随后的研究中，这两个新种的建立并未被认可<sup>[26, 29]</sup>。

Chen 等在修订孙氏南漳龙的同时，还识别出三个湖北鳄类新种似湖北鳄，始湖北鳄和夏洛董氏扇桨龙，由此丰富了湖北鳄的属种数量，并逐渐完

善湖北鳄目内部的演化谱系<sup>[20-24]</sup>。Wu 等对一块保存较好的南漳湖北鳄标本进行了厘定,并和之前报道的其他湖北鳄物种进行了对比,丰富了我们对南漳湖北鳄骨骼结构的认识<sup>[30]</sup>。

### 3.2 始鳍龙类

南漳-远安动物群中首次报道的始鳍龙类为远安贵州龙,其与中三叠世安尼期盘县/罗平动物群和拉丁期兴义动物群中的胡氏贵州龙极为相似<sup>[11]</sup>。杨钟健 1972 年报道的湖北汉江蜥个体略大于远安贵州龙,最初被认为属于海龙类,后经重新研究后归入始鳍龙类<sup>[41]</sup>。程龙报道三峡欧龙时,判断其腰带和后肢部分具有典型的欧龙属特征,不属于江汉蜥的范畴<sup>[25]</sup>。在武汉地质调查中心开展的化石发掘过程中,对采集的一件海生爬行动物化石标本进行了初步研究,发现其应该属于始鳍龙类的一新属种,目前正在研究中。该化石标本为鳍龙类系统演化提供了重要线索,并将南漳-远安动物群中的始鳍龙类扩充到四属四种。

### 3.3 鱼龙类

南漳-远安动物群中的鱼龙类仅发现 1 个属种——张家湾巢湖龙。其个体长度约 1 m,骨骼特征保留有部分陆生爬行动物特征,同时与龟山巢湖龙有明显区别,属于较为原始的鱼龙类<sup>[20]</sup>。

### 3.4 鼯龙类

笔者通过对发掘的化石材料检查,首次在南漳-远安动物群中识别出了具有典型鼯龙特征的化石标本,正在研究中。

## 4 南漳-远安动物群生态特征

通过半个多世纪的研究发展,南漳-远安动物群不仅报道了大量新物种,其独特的沉积特征和古生态特征逐渐被重视。近些年来,武汉地质调查中心对南漳-远安动物群开展详细的地质调查工作和野外化石发掘工作,取得了一些重要进展。

湖北鳄类是南漳-远安动物群中数量最为丰富的一类,独特的吻部特征表明其具有特殊的捕食方式和生态。Motani 等对一件上颞骨骼和下颌骨保存较好的湖北鳄未定种进行了研究,后来认为这件湖北鳄未定种标本属于南漳湖北鳄<sup>[31]</sup>。研究结果认为,南漳湖北鳄的吻部细长,没有牙齿,可能采取向前冲刺捕获猎物的方式猎食,类似于现生的须鲸和鹈鹕。Cheng 等发现夏洛董氏扇桨龙的头部结构和现生的鸭嘴兽十分相似,说明扇桨龙使用盲感应(非视觉探测)捕食方式,这也是这种捕食方式在四足动物中最早的发现<sup>[32]</sup>。而南漳-远安动物群中的

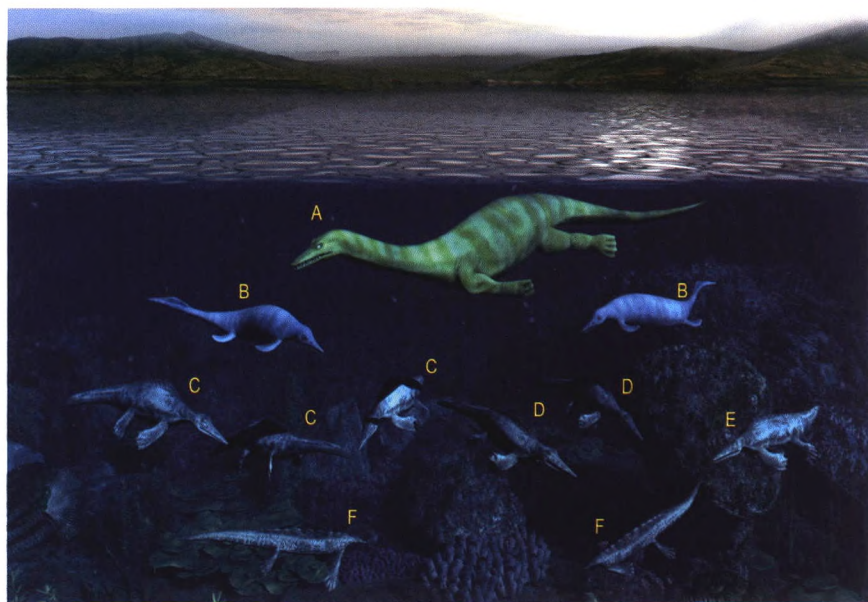


图3 南漳-远安动物群生态复原图

Fig. 3 Ecological reconstruction of Nanzhang-Yuanan Fauna

A-三峡欧龙; B-张家湾巢湖龙; C-南漳湖北鳄; D-孙氏南漳龙; E-短颈始湖北鳄; F-夏洛董氏扇桨龙

A - *Lariosaurus sanxiaensis*; B - *Chaohusaurus zhangjiawanensis*; C - *Hupehsuchus nanchangensis*; D - *Nanchangosaurus suni*; E - *Eohupehsuchus brevicollis*; F - *Eretmorhipis carrolldongi*.

鱼龙类和欧龙类具有牙齿,一般被认为通过主动猎食的方式捕获食物<sup>[26]</sup>。

南漳-远安动物群中已发现三种捕食方式,丰富的捕食类型说明南漳-远安动物群中的高级消费者具有较高的分异度,同时也暗示了可能存在激烈的生存竞争。南漳-远安动物群中的三峡欧龙体长可能达到3 m,很可能以体积较小的脊椎动物为食<sup>[25]</sup>。同时,湖北鳄体长在1 m以下到2 m不等,一般背部长有1到3层甲板,腹部的腹肋骨厚实,这些防御特征证明它们要面对更高一级的捕食者<sup>[22]</sup>。

## 5 结论与展望

南漳-远安动物群是全球早三叠世海生爬行动物群中的重要一员,对揭示三叠纪生物复苏过程以及早期海生爬行动物的起源和演化有重要的指示意义。从上世纪50年代至今,已有湖北鳄类、始鳍龙类、鱼龙类和鼈类共4大类11个物种,其赋存层位也已探明。南漳-远安动物群中的海生爬行动物已被识别有三种不同的捕食方式,这对了解动物群的古生态特征提供了帮助。这些发现证实早三叠世末期海生爬行动物的物种多样性和生态多样性已经高度发展,显示了处在食物链上游的消费者在早三叠世已经繁盛,说明二叠纪大灭绝之后海洋生物在该时期可能已经全面复苏。

目前,南漳-远安动物群的研究工作仍处于起步阶段,动物群的化石发掘工作正在进行,还有很多科学问题有待解决。首先,南漳-远安动物群中有许多新标本需要描述和厘定,一些物种的系统发育学特征尚不明确;其次,南漳-远安动物群赋存地层的沉积和地球化学特征有待分析;然后,南漳-远安动物群的食物链结构不完整,古生态特征有待完善。因此,对南漳-远安动物群的科学研究需要进一步深入。

南漳-远安动物群中的海生爬行动物化石是非常珍惜的化石资源。通过对南漳-远安动物群研究成果的转化应用,不断赋予南漳县和远安县两个国家级重点保护古生物化石集中产地及国家地质公园新的文化内涵,有望极大地促进化石产地和国家地质公园建设。

感谢武汉地质调查中心牛东义对化石进行精心修理;感谢湖北省地质科学研究院赵璧、李美丽、邹亚锐在本文撰写过程中提供宝贵建议;感谢文章在审阅过程中,审稿人提出的宝贵意见及建议!

### 参考文献:

- [1] 童金南,殷鸿福.早三叠世生物与环境研究进展[J].古生物学报,2009,48(3):497-508.
- [2] Motani R, Jiang D Y, Tintori A, Ji C, Huang J D. Pre-versus post-mass extinction divergence of Mesozoic marine reptiles dictated by time-scale dependence of evolutionary rates.[J]. Proceedings. Biological sciences, 2017, 284(1854).<http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2017.0241>.
- [3] Motani R. The Evolution of Marine Reptiles [J]. Evolution: Education and Outreach, 2009, 2(2):224-235.
- [4] 杨钟健,董枝明.中国三叠纪水生爬行动物[C].中国科学古脊椎动物与古人类研究所甲种专刊,1972,(9):1-47.
- [5] Shikama T, Kamei T, Murata M. Early Triassic Ichthyosaurus, Utatsusaurus 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.
- [6] Wiman C. Eine neue Reptilien-Ordnung aus der Trias Spitzbergens [J]. Bulletin of the Geological Institution of the University of Upsala, 1929, 22: 183-196.
- [7] Brinkman D B, Zhao X, Nicholls E L. A primitive ichthyosaur from the Lower Triassic of British Columbia, Canada [J]. Palaeontology, 1992, 35: 465-474.
- [8] 陈燦,陈孝红,程龙,阎春波.湖北南漳-远安动物群及其生物复苏意义[J].地质学报,2016,90(3):409-420.
- [9] 赵璧,邹亚锐,王镝,徐鑫磊,李美丽.湖北省重要化石产地概述及保护利用初步建议 [J]. 资源环境与工程, 2016,30(6):963-970.
- [10] 王恭睦.湖北一新爬行动物化石的发现[J].古生物学报, 1959,(5):41-47.
- [11] 杨钟健.中国湖北、贵州的幻龙[J].古脊椎动物与古人类, 1965,(4):315-367.
- [12] Carroll R L, Dong Z M. Hupehsuchus, an Enigmatic Aquatic Reptile from the Triassic of China, and the Problem of Establishing Relationships [J]. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B: Biological Sciences, 1991, 331(1260): 131-153.
- [13] Ripple O. The systematic status of Hanosaurus hupehensis (reptile, sauroptergia) from the Triassic of China [J].

- Journal of Vertebrate Paleontology, 1998, 18: 545-557.
- [14] Motani R. Phylogeny of the Ichthyopterygia [J]. Journal of Vertebrate Paleontology, 1999, 19(3): 473-496.
- [15] Nicholls E L. A reexamination of Thalattosaurus and Necotossaurus and the relationships of Thalattosauria (Reptilia: Diapsida)[J]. PaleoBios, 1999:1-29.
- [16] Rieppel O, Sauropterygia I. Encyclopydia of Paleoherpertology, 12A [M]. Munchen: Verlag Dr Friedrich Pfeil, 2000:1-134.
- [17] 李锦玲, 刘俊, 李淳, 黄照先. 湖北三叠纪海生爬行动物的层位及时代[J]. 古脊椎动物学报, 2002, 40(3): 241-244.
- [18] 李酉兴. 南漳龙一新种的发现 [J]. 武汉化工学院学报, 2003, 25(3): 12-13.
- [19] 李酉兴. 远安龙的发现及其演化意义[J]. 武汉化工学院学报, 2003, 25(3): 14-16.
- [20] Chen X H, Sander P M, Cheng L, Wang X F. A New Triassic Primitive Ichthyosaur from Yuanan, South China [J]. Acta Geologica Sinica (English Edition), 2013, 87(3):672-677.
- [21] Chen X H, Motani R, Cheng L, Jiang D Y, Rieppel O. The Enigmatic Marine Reptile Nanchangosaurus from the Lower Triassic of Hubei, China and the Phylogenetic Affinities of Hupehsuchia [J]. PLoS One, 2014, 9(7): e102361.
- [22] Chen X H, Motani R, Cheng L, Jiang D Y, Rieppel O. A Carapace-Like Bony 'Body Tube' in an Early Triassic Marine Reptile and the Onset of Marine Tetrapod Predation [J]. PLoS One, 2014, 9(4): e94396.
- [23] Chen X H, Motani R, Cheng L, Jiang D Y, Rieppel O. A Small Short-Necked Hupehsuchian from the Lower Triassic of Hubei Province, China [J]. PLoS One, 2014, 9(12): e115244.
- [24] Chen X H, Motani R, Cheng L, Jiang D Y, Rieppel O. A New Specimen of Carroll's Mystery Hupehsuchian from the Lower Triassic of China [J]. PLoS One, 2015, 10(5):e0126024.
- [25] 程龙. 滇黔地区中晚三叠世之交海生爬行动物演替研究[D].中国地质大学博士学位论文,2015.
- [26] 程龙, 阎春波, 陈孝红, 曾雄伟, Ryosuke Motani. 湖北省南漳/远安动物群特征及其意义初探 [J]. 中国地质, 2015, 42(2):676-684.
- [27] 李姜丽, 赵璧, 邹亚锐, 陈刚, 余明, 尹伟. 湖北远安化石群国家地质公园地质遗迹类型及其综合评价[J]. 资源环境与工程, 2018, 32(S1):107-112.
- [28] 阎春波, 程龙. 早三叠世南漳-远安动物群赋存层位及生物组合特征[J]. 中国地质调查成果快讯, 2019, 20(5): 61-64.
- [29] Wu X C, Li Z, Zhou B C, Dong Z M. Palaeontology: a polydactylous amniote from the Triassic period [J]. Nature, 2003, 426(6966):516.
- [30] Wu X C, Zhao L J, Tamaki Sato, Gu S X, Jin X S. A new specimen of Hupehsuchus nanchangensis Young, 1972 (Diapsida, Hupehsuchia) from the Triassic of Hubei, China [J]. Historical Biology, 2016, 28:1-2, 43-52.
- [31] Motani R, Chen X H, Jiang D Y, Cheng L, Tintori A, Rieppel O. Lunge feeding in early marine reptiles and fast evolution of marine tetrapod feeding guilds [J]. Scientific Reports, 2015, 5:8900.
- [32] Cheng L, Motani R, Jiang D Y, Yan C B, Tintori A, Rieppel O. Early triassic marine reptile representing the oldest record of unusually small eyes in reptiles indicating non-visual prey detection [J]. Scientific Reports, 2019, 9:152.