

程龙, 阎春波, 陈孝红, 等. 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.

Cheng Long, Yan Chunbo, Chen Xiaohong, et al. Characteristics and significance of Nanzhang/Yuanan Fauna, Hubei Province[J]. Geology in China, 2015, 42(2): 676-684(in Chinese with English abstract).

## 湖北省南漳/远安动物群特征及其意义初探

程 龙<sup>1</sup> 阎春波<sup>1</sup> 陈孝红<sup>1</sup> 曾雄伟<sup>1</sup> Ryosuke Motani<sup>2</sup>

(1. 武汉地质矿产研究所, 湖北 武汉 430223; 2. Department of Geology, University of California, Davis, California, USA, 95616)

**摘要:**通过资料整理和野外调查, 本文认为南漳/远安动物群是产自于嘉陵江组三段顶部纹层状灰岩、微晶灰岩中, 以海生爬行动物为特色, 伴有大量菌藻类和软体动物的早三叠世奥伦尼克期 Spathian 晚期的动物群落。该动物群中的海生爬行动物为幻龙类-鱼龙类-汉江蜥-贵州龙-湖北鳄类的组合特征。湖北鳄类相对其他海生爬行动物类型, 数量最多, 多样性最为丰富。独特的骨骼特征暗示其位于脊椎动物食物链的最低层。大量分异度较高的海生爬行动物在同一群落中出现, 暗示在 Spathian 晚期, 海洋生态系统可能已经开始恢复。

**关键词:**三叠纪; 海生爬行动物; 嘉陵江组; 南漳/远安动物群; 湖北

中图分类号: P52; Q911.7 文献标志码: A 文章编号: 1000-3657(2015)02-0676-09

## Characteristics and significance of Nanzhang/Yuanan Fauna, Hubei Province

CHENG Long<sup>1</sup>, YAN Chun-bo<sup>1</sup>, CHEN Xiao-hong<sup>1</sup>, ZENG Xiong-wei<sup>1</sup>, MOTANI Ryosuke<sup>2</sup>

(1. Wuhan Institute of Geology and Mineral Resources, Wuhan 430223, Hubei, China; 2. Department of Geology, University of California, Davis, California, USA, 95616)

**Abstract:** Nanzhang/Yuanan Fauna, which is yielded in the laminated limestone and micrite at the top of 3<sup>rd</sup> member of Jianglingjiang Formation, is characterized by marine reptiles, together with some Homoneneae and mollusk. The age of Nanzhang/Yuanan Fauna is late Olenekian Spathian of Early Triassic. The assemblage of marine reptiles in this fauna comprises Hupehsuchia, Ichthyosauria (Chaohusaurus), and Eosauropterygia (Hanosaurus, Keichousaurus, and Nothosauridae). Compared with other marine reptiles, Hupehsuchia has most abundance and diversity in this fauna. The high specialized skeleton of Hupehsuchia indicates that this animal should exist at the bottom of marine reptiles' food chain. A lot of marine reptiles lived in Nanzhang/Yuanan Fauna, which indicates that marine ecosystem should begin recovery in late Spathian after late Permian mass extinction.

**Key words:** Triassic; marine reptiles; Jialingjiang Formation; Nanzhang/Yuanan Fauna; Hubei

**About the first author:** CHENG Long, male, born in 1977, associate researcher, mainly engages in the study of Triassic paleontology and stratigraphy; E-mail: clong@cgs.cn.

收稿日期: 2014-03-31; 改回日期: 2014-06-03

基金项目: 中国地质调查局项目“华南地史生物辐射期生态系统重建研究”(1212011120148)和“远安动物群与三叠纪海生爬行动物进化古生态学研究”(12120114078001)联合资助。

作者简介: 程龙, 男, 1977年生, 副研究员, 从事三叠纪生物地层研究工作; E-mail: clong@cgs.cn。

王恭睦早在1959年报道了一产自于湖北省南漳县下三叠统的海生爬行动物化石<sup>[1]</sup>。嗣后,陆续有湖北鳄、远安贵州龙、汉江蜥和巢湖龙等海生爬行动物新属种在南漳县与远安县交界地区被发现<sup>[2-6]</sup>(图1)。部分学者通过对华南三叠纪海生爬行动物总结研究,认为该地区的海生爬行动物均产自于下三叠统嘉陵江组地层中,为全球最早的化石记录之一<sup>[7-10]</sup>。但是关于这些海生爬行动物的系统分类和时代特征方面仍然存在较大争议。曾有学者根据远安地区产出的海生爬行动物,非正式地提出了“远安动物群”的概念。本文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,故此,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应属于同一生物群落。鉴于已报道的海生爬行动物化石多出自于南漳地区,故此,本文提出了“南漳/远安动物群”这一名称。该动物群

是继华南早三叠世巢湖动物群、中三叠世安尼期盘县/罗平动物群、拉丁期兴义动物群和晚三叠世关岭生物群之后又一个以海生爬行动物为特色的三叠纪生物群落。通过对该群落的系统研究,能够为研究华南三叠纪生物复苏与演化提供更多依据。

## 1 南漳/远安动物群生物组合特征

### 1.1 生物类型

#### 1.1.1 湖北鳄类

湖北鳄类是南漳/远安动物群中最为常见的海生爬行动物类型。Carroll & Dong在1991年建立了湖北鳄类(湖北鳄目)<sup>[11]</sup>。迄今为止,湖北鳄类先后报道有4属5种,分别为南漳湖北鳄、孙氏南漳龙、远安南漳龙、鹰子山远安龙和细长似湖北鳄<sup>[1,3-5,12]</sup>。被广泛应用的是前2个属种,细长似湖北鳄是最近才发现的新属种(图2-a~c)。Carroll & 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>[11]</sup>。李酉兴报道的远安南漳龙具有多指特征<sup>[4,13]</sup>,是否与Carroll & Dong提及的新类型为同一类型尚需进一步研究。李酉兴建立湖北鳄类鹰子山远安龙<sup>[5]</sup>的正型标本现保存于武汉地质调查中心。笔者通过对该正型标本观察,认为当前标本作为主要判别特征的背鳍实为散落的腹肋,而其他特征与湖北鳄属差别甚小,可能仍属于湖北鳄属。故此,南漳/远安动物群中的湖北鳄类包括南漳湖北鳄、孙氏南漳龙、远安南漳龙(可能为一新属)和细长似湖北鳄4个类型。笔者已经掌握了10余件湖北鳄类新材料,这些新材料中是否还存在其他类型,尚待进一步研究。

#### 1.1.2 始鳍龙类

始鳍龙类在贵州云南两省交界地区的中三叠世安尼期盘县/罗平动物群和拉丁期兴义动物群中大量产出。南漳/远安动物群中首次报道的始鳍龙类为远安贵州龙,其与上述2个动物群中的胡氏贵州龙极为相似<sup>[2]</sup>。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>[2,14]</sup>,并被广泛引用(图2-f,g)。笔者在南漳/远安动物群中采集了3件始鳍龙类新材料,虽然均不完整,但是个体明显大于上述2个属种,依据骨骼特征可推测完整体长达3 m左右(图2-d)。其骨骼特征与中三叠世

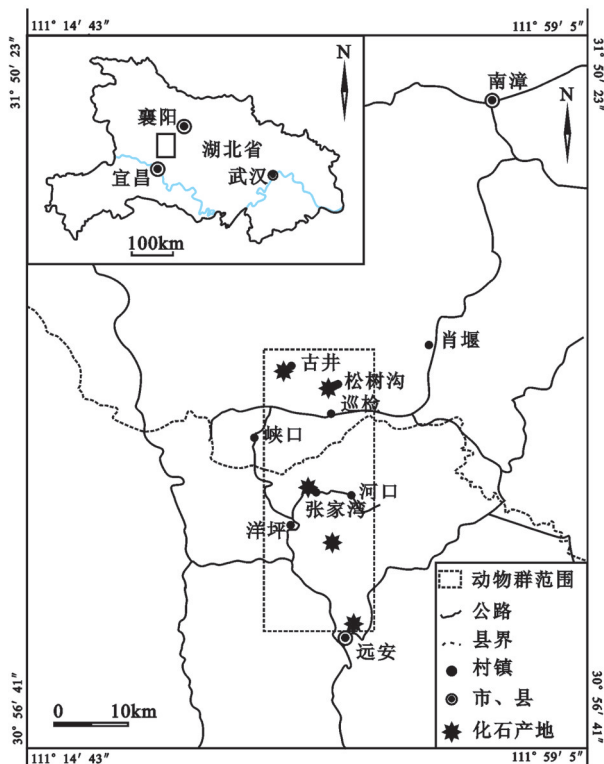


图1 南漳/远安动物群交通位置图

Fig.1 Distribution of Nanzhang/Yuanan Fauna

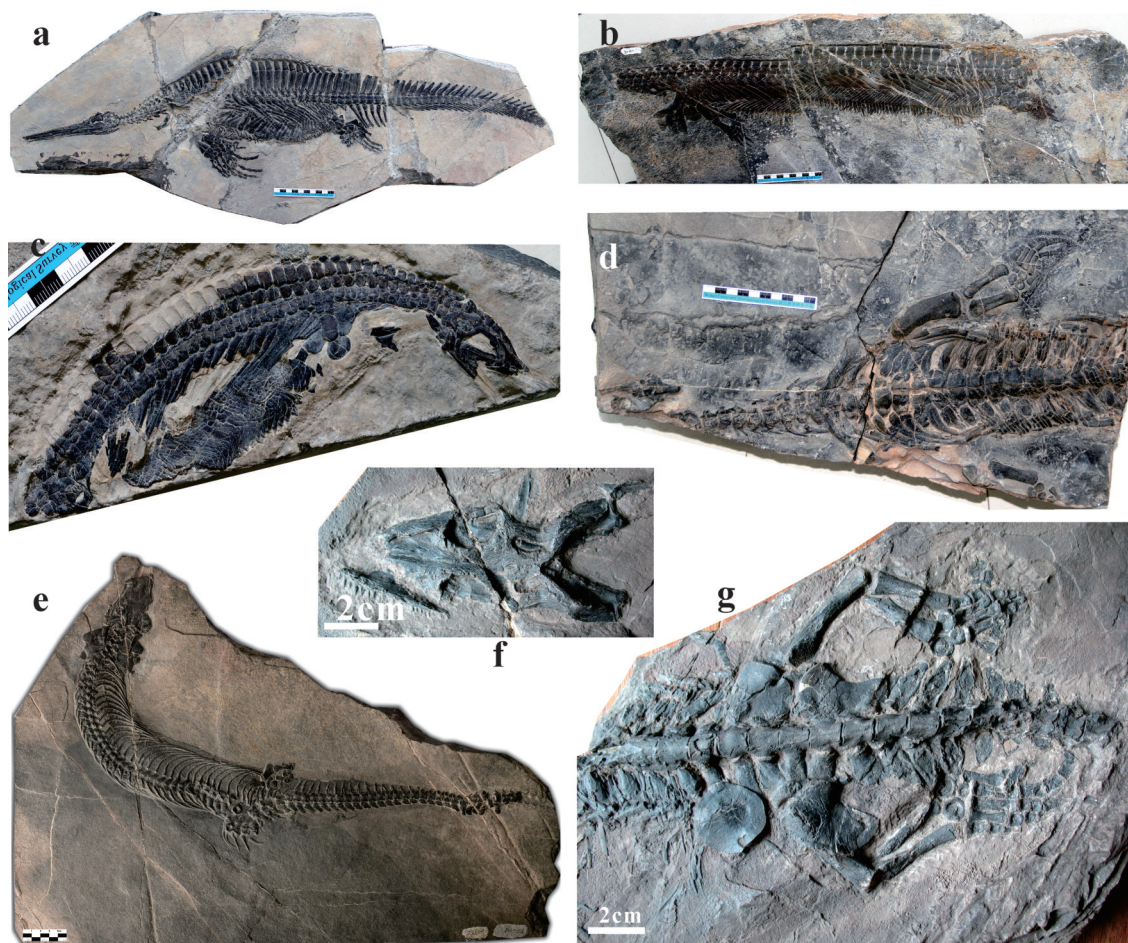


图2 主要海生爬行动物类型

a—湖北鳄, WGSC V 26004; b—细长似湖北鳄, WGSC V 26005; c—南漳龙, WGSC V 26006; d—幻龙科, YIGM V 0940; e—张家湾巢湖龙, YIGMR V 26001; f, g—湖北汉江蜥, IVPP V 3231

Fig.2 Assemblage of main marine reptiles

a—Hupehsuchus sp., WGSC V 26004; b—Parahupehsuchus longus, WGSC V 26005; c—Nanchangosaurus sp. WGSC V 26006; d—Nothosauridae, YIGM V 0940; e—Chaohusaurus zhangjiawanensis, YIGMR V 26001; f, g—Hanosaurus hupehensis, IVPP V 3231

安尼期盘县/罗平动物群和拉丁期兴义动物群中的幻龙科较为接近,这些新材料应该属于幻龙科一新类型,是幻龙科在南漳/远安动物群中的首次发现,目前正在详细研究中。通过以上分析,笔者认为南漳/远安动物群中的始鳍龙类主要包括幻龙科(未定属)、湖北汉江蜥和远安贵州龙3个类型。

### 1.1.3 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<sup>[6]</sup>(图2-e)。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,属于较为原始的鱼龙类。

### 1.2 其他生物类型

笔者在南漳/远安动物群典型产出层位进行化石发掘过程中,除了发现大量海生爬行动物骨骼化石外,尚未发现诸如鱼类和瓣鳃类等其他宏体化石。在微体化石分析处理过程中,笔者发现了少量牙形石枝型分子,说明有牙形动物与海生爬行动物共生。在产出海生爬行动物岩层层面上可见藻纹层和藻类成岩过程中引起的皱纹构造(wrinkle structure)发育(图3),说明南漳/远安动物群中菌藻类大量繁盛。有证据表明大量菌藻类繁盛,导致海底缺氧,利于海生爬行动物等大型脊椎动物的保

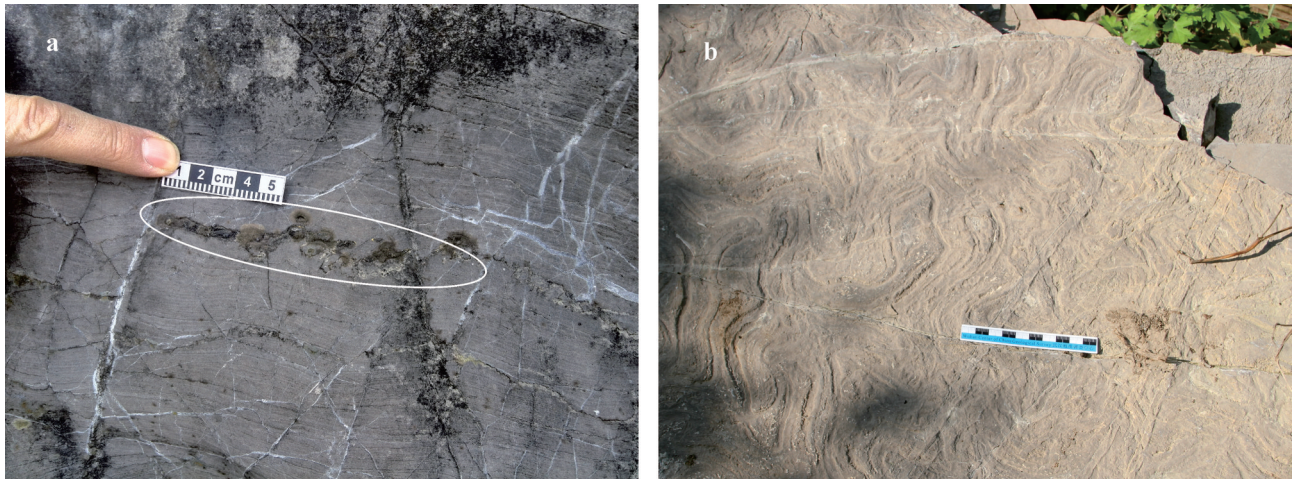


图3 藻纹层及皱纹构造

a—藻纹层及原位保存的海生爬行动物化石; b—皱纹构造

Fig.3 Algal-lamination and wrinkle structure

a—Algal-lamination and marine reptile fossil in situ; b—Wrinkle structure

存,与盘县/罗平动物群和兴义动物群化石保存方式较为一致<sup>[15]</sup>。

## 2 南漳/远安动物群群落生态特征

南漳/远安动物群中大量繁盛的菌藻类为其他生物提供充足的营养物质,形成了食物链的初级生产者。牙形动物及其他小型软体动物从菌藻类或微生物中获得营养物质,属于食物链中的初级消费者。湖北鳄类丰度和分异度均较为丰富。细长似湖北鳄全长近2 m,为湖北鳄类中体型最大的动物,南漳湖北鳄长度一般约1 m,孙氏南漳龙,全长小于0.5 m,属于体型最小的湖北鳄类。湖北鳄类为中国特有的海生爬行动物类型。其吻部细长,缺乏牙齿,颈部长,有理论指出该类动物可能冲向猎物捕食或是吞食小型浮游生物<sup>[16]</sup>。湖北鳄类各属种背部均发育骨板(南漳湖北鳄发育3层骨板,孙氏南漳龙发育1层骨板),腹部的腹肋明显厚实,这些特征可能用于保护躯体免遭其他大型脊椎动物攻击<sup>[12]</sup>。故此,湖北鳄类在食物链中应该属于其他大型脊椎动物捕食对象。鱼龙类属于海洋适应特化最为成功的海生爬行动物类型,广泛生活于中生代海洋中。生活在三叠纪早期的巢湖龙体长一般约1 m,虽然较为原始,但是体型已经高度海洋特化,采用鳗鱼式游泳方式<sup>[17]</sup>。通过体内胃容物的研究,晚三叠世以后的鱼龙类主要靠捕食小型动物为食<sup>[16-18]</sup>。南漳/

远安动物群中小型动物除了远安贵州龙和湖北鳄类的幼年体外,未发现诸如鱼类等其他类型小型动物。故此,推测上述小型动物可能是巢湖龙的捕食对象。幻龙科属于浅海生活的始鳍龙类<sup>[21]</sup>,体长一般超过2 m,最大的幻龙科动物超过3 m。目前尚无直接证据说明幻龙科的食性特征,但是其锋利的尖锥状牙齿和犬齿发育,说明其采用主动捕获其他脊椎动物的方式捕食。南漳/远安动物群中的幻龙科体长达3 m,已经发展为与其他幻龙科相似的身体形态及骨骼特征,应该能够捕食其他小于自己的海生爬行动物类型。汉江蜥和远安贵州龙体长均小于0.5 m,属于小型始鳍龙类。汉江蜥和贵州龙前段尾椎横突发育,显示尾部可以附着大量肌肉,说明具有较强游泳能力。但是由于体型弱小,数量稀少,应该无法围捕其他大于大型脊椎动物,而可能捕食其他脊椎动物幼年个体或尸体腐肉。南漳/远安动物群中的生物构成一相对完整的食物链结构(图4)。

## 3 南漳/远安动物群地层分布与时代特征

### 3.1 南漳/远安动物群的地层分布

“嘉陵江组”由赵金科等<sup>[22]</sup>引入到湖北西部,后广为引用<sup>[23-24]</sup>。湖北西部嘉陵江组的岩性以灰色、灰白色中一厚层状白云岩、白云质灰岩为主,夹微晶灰岩、“岩溶角砾岩”。据岩石类型和组合特征可

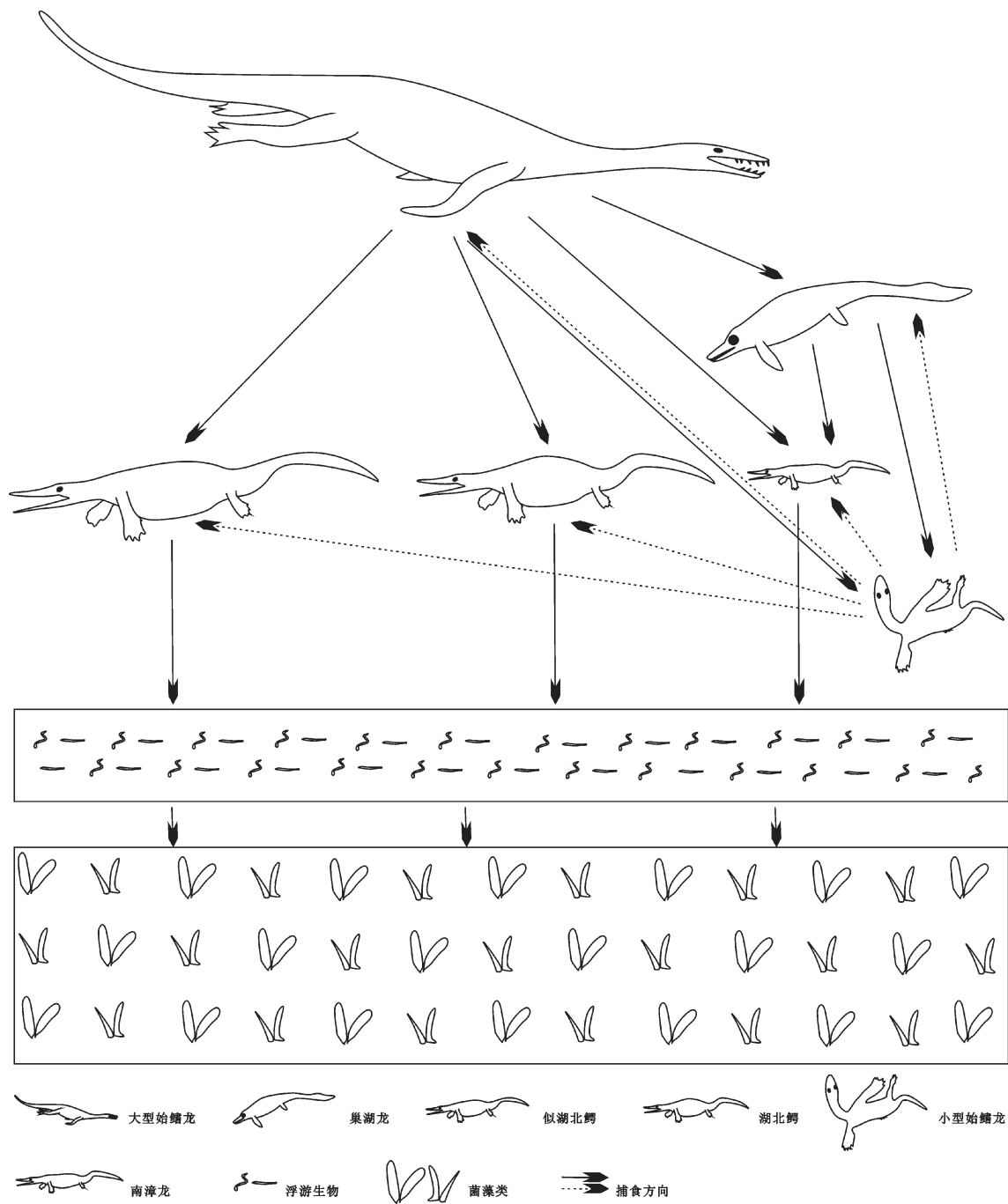


图4 南漳/远安动物群食物链结构示意图  
Fig.4 Food chain of Nanzhang/Yuanan Fauna

以划分为4个非正式岩性段,其中一段主要为厚层一块状白云岩、二段主要为蠕虫状灰岩夹少量白云岩,三段主要为薄—中层白云岩,水平纹层发育,四段主要为白云岩、“岩溶角砾岩”。南漳远安交界地区嘉陵江组(图5)一、二段岩性与湖北西部其他地

区较为一致,厚度方面存在一些差异。三段底部为纹层状白云岩和中层状白云岩,上部为纹层状泥晶灰岩和薄—中层状微晶灰岩。其中灰岩段最大厚度达42 m,南漳/远安动物群化石产自于该段灰岩中,尤其是顶部5 m范围之内最为集中。虽然,中三

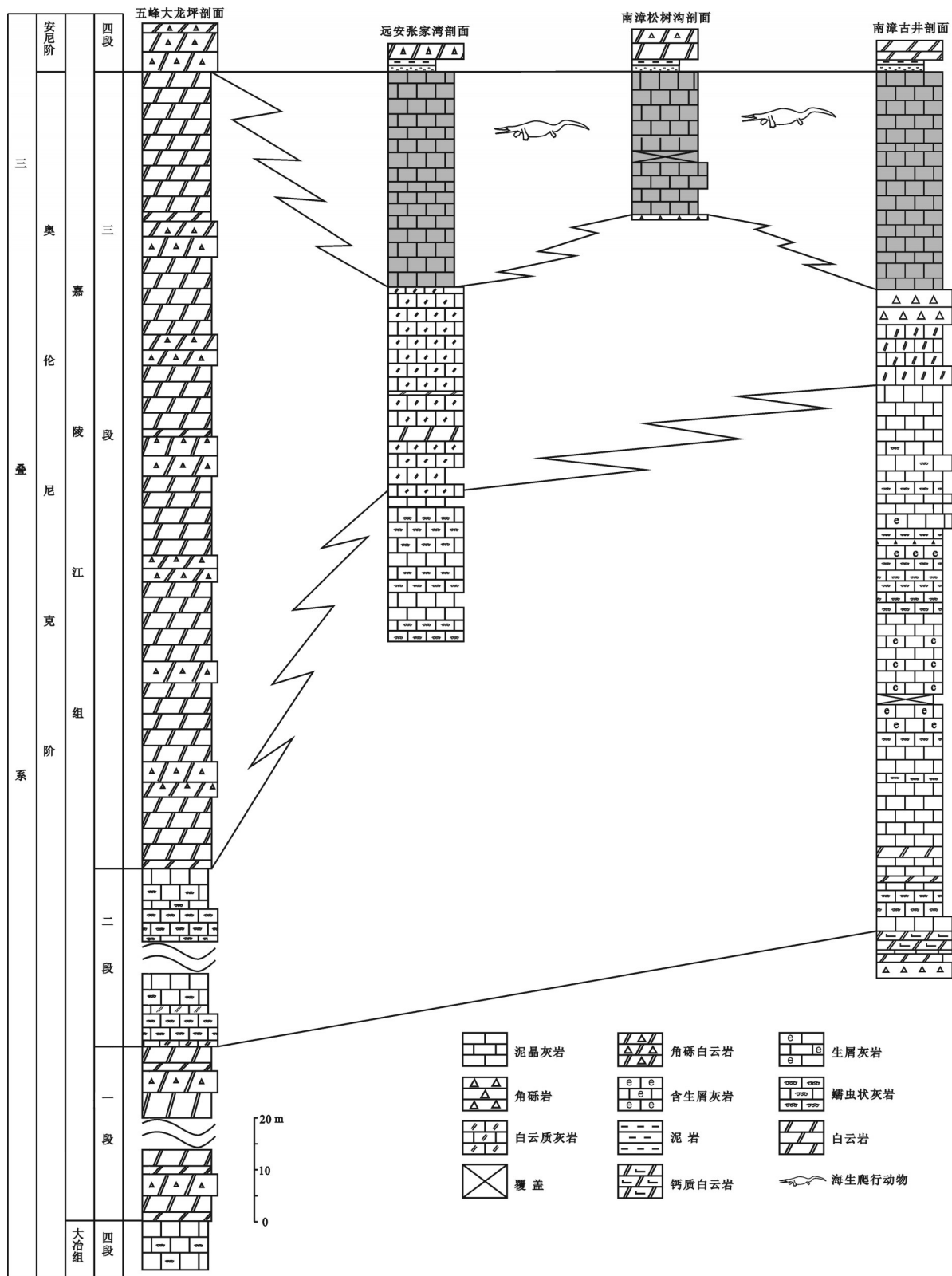


图5 南漳/远安动物群嘉陵江组地层对比图  
 Fig.5 Correlations of the Jialingjiang Formation of Nanzhang/Yuanan Fauna

叠统底部的“绿豆岩”在华南广泛分布,但是在湖北西部鲜有发现。本文通过调查发现,南漳远安交界地区嘉陵江组三段和四段之间发育一层稳定的“绿豆岩”,最大厚度达 20 cm。南漳、远安地区的嘉陵江组四段下部为纹层状泥质白云岩,上部为“岩溶角砾岩”。在岩石地层上,中扬子区的嘉陵江组,在岩石地层划分对比上分别与下扬子区的南陵湖组 and 上扬子区的永宁镇组相当,尤其能够与永宁镇组较好对比。

### 3.2 南漳/远安动物群的时代

南漳/远安动物群的时代既是南漳和远安交界地区嘉陵江组三段的时代。通过岩石地层对比,越来越多的学者认为南漳/远安动物群的时代可能为早三叠世奥伦尼克期晚期<sup>[7-10]</sup>,但是其在奥伦尼克期精确的时代尚无确切的证据。近年来,部分学者通过对华南早三叠世 C 同位素曲线与牙形石生物带对比研究,发现  $\delta^{13}\text{C}$  由负值快速向正值漂移区间可以作为奥伦尼克期 Smithian 亚期和 Spathian 亚期的界线标志<sup>[25-26]</sup>。四川盆地东部的嘉陵江组的  $\delta^{13}\text{C}$  曲线规律说明嘉陵江组三段属于 Spathian 亚期<sup>[27]</sup>。虽然下扬子区南陵湖组牙形石生物带较为精细<sup>[26, 28]</sup>,但是,迄今为止中扬子区嘉陵江组牙形石生物地层尚无重大进展<sup>[29]</sup>,尤其是南漳远安交界地区嘉陵江组尚无牙形石报道,笔者仅在研究区内发现少量牙形石枝型分子,尚不能确定牙形石属种及生物带特征。最近,笔者获得的嘉陵江组三段和四段之间的“绿豆岩”锆石 SHRIMP U-Pb 年龄为  $(247.6 \pm 1.2)$  Ma,这是迄今为止南漳/远安动物群时代最直接的证据。该年龄值与最新获得的华南中三叠统底部“绿豆岩”年龄非常一致<sup>[30-31]</sup>,说明南漳/远安动物群的时代为奥伦尼克期 Spathian 亚期末期。

## 4 南漳/远安动物群的意义

云南贵州交界地区三叠系海相地层产出大量保存精美的海生爬行动物,形成了以海生爬行动物为特色的中三叠世安尼期盘县/罗平动物群、中三叠世拉丁期兴义动物群和晚三叠世早期关岭生物群。它们为全球海生爬行动物系统分类和演化研究方面提供了充实证据<sup>[10, 32-39]</sup>。南漳/远安动物群的时代为早三叠世奥伦尼克期 Spathian 亚期末期,与下扬子区的巢湖动物群时代相当。南漳/远安动物

群不仅属于最老的海生爬行动物群落之一,而且补充了中上扬子区从早三叠世至晚三叠世完整的海生爬行动物演化序列。南漳/远安动物群中一未正式命名的湖北鳄类具有非对称多指特征,显示了湖北鳄保留了原始陆栖四足动物的性状<sup>[11, 13]</sup>。南漳/远安动物群中的汉江蜥属于较原始的始鳍龙类<sup>[39]</sup>。远安贵州龙的出现说明了贵州龙属在早三叠世就已起源。笔者采集的大型始鳍龙类可能属于幻龙科一新类型。这些始鳍龙类的发现将为研究鳍龙类的起源和系统演化提供更直接的信息。游泳能力较强的巢湖龙同时在南漳/远安动物群和巢湖动物群中出现,说明了中下扬子区在生物古地理方面具有密切的关系。故此,南漳/远安动物群中的海生爬行动物在研究全球海生爬行动物起源与演化方面具有重要意义。

二叠纪—三叠纪之交的生物大灭绝事件以及之后生态环境的复苏是地球演化史上的一个重要时期,海洋生态系统在此期间发生了重大变革,完成了古中生代生态类群的转变。二叠纪末的生物大灭绝及之后生态环境的恢复一直以来都是国际上研究的热点问题之一。有证据表明,在早三叠世奥伦尼克期 Smithian 亚期,有孔虫等底栖生物的出现预示着海底生物多样性开始恢复,经历了 Smithian-Spathian 界线后到 Spathian 亚期,微体生物开始走向复苏<sup>[40]</sup>。Romano et al. (2013)<sup>[41]</sup>指出在早三叠世奥伦尼克期 Spathian 亚期的早中期,在古海洋温度较低的情况下,有利于生物多样性的短暂恢复和属种更替。出现于 Spathian 亚期末期的南漳/远安动物群不仅证实了早三叠世晚期生物多样性的恢复,而且暗示了海洋生态系统已经改善,这对以往重建的早三叠世晚期海洋生态系统提出了新的挑战<sup>[42]</sup>。通过对南漳/远安动物群的综合研究,应该能为研究早三叠世生物复苏和生态系统重建找到新的突破口。

## 5 结 论

(1)南漳地区和远安地区的海生爬行动物群落的地层分布和生物组合类型高度一致,形成了一早三叠世以海生爬行动物为特色的南漳/远安动物群。

(2)在南漳/远安动物群的海生爬行动物中,湖北鳄类丰度和分异度均最为丰富,其次为始鳍龙

类,鱼龙类最少。这些海生爬行动物的食物链结构可能为大型始鳍龙类(幻龙科)—巢湖龙—湖北鳄类。

(3)南漳/远安动物群分布于南漳—远安交界地区的嘉陵江组三段上部,时代为早三叠世奥伦尼克期 Spathian 亚期的末期,属于最早的海生爬行动物群落之一。

(4)南漳/远安动物群无论是在研究海生爬行动物起源与演化,还是在研究早三叠世生物复苏和海洋生态系统重建方面均具有重要意义,值得进一步深入研究。

**致谢:**远安县国土资源局王毅副局长、南漳县国土资源局地质公园管理局郭焕学局长、中国地质大学(武汉)黄虎博士共同参加了野外工作,谨此感谢。

### 参考文献(References):

- [1] 王恭睦. 中国湖北一新爬行类 [J]. 古生物学报, 1959, 7(5): 367.  
Wang Gongmu. Ueber eine neue fossile Reptiliform von Provinz Hupeh, China [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 1959, 7(5): 367–373 (in Chinese with English abstract).
- [2] 杨钟健. 中国湖北、贵州的幻龙 [J]. 古脊椎动物与古人类, 1965, 9(4): 315–335.  
Young Zhongjian. On the new nothosaurs from Hupeh and Kweichow, China [J]. Vertebrata Palasiatica, 1965, 9(4): 315–356 (in Chinese with English abstract).
- [3] 杨钟健,董枝明. 中国三叠纪水生爬行动物 [C]//中国科学院古脊椎动物与古人类研究所甲种专刊第9号,北京:科学出版社,1972: 17–27.  
Young Zhongjian. Marine lizard from Nanchang County, Hupeh Province [C]//Young C C, Dong Z M. Aquatic reptiles from the Triassic of China, Beijing: Science Press, 1972: 17–27.
- [4] 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.  
Li Youxing. A new species of Nanchangosaurus [J]. Journal of Wuhan Institute of Chemistry Technology, 2003, 25(3): 12–13 (in Chinese with English abstract).
- [5] 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.  
Li Youxing. Discovery of Yuanansaurus and its evolution signification [J]. Journal of Wuhan Institute of Chemistry Technology, 2003, 25(3): 14–16 (in Chinese with English abstract).
- [6] Chen Xiaohong, Sander P M, Cheng Long, et al. A New Triassic Primitive Ichthyosaur from Yuanan, South China [J]. Acta Geological Sinica, 2013, 87(3): 672–677.
- [7] 李锦玲,刘俊,李淳,等. 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.  
Li Jinling, Liu Jun, Li Chun, et al. The horizon and age of the marine reptiles from Hubei Province, China [J]. Vertebrata Palasiatica, 2002, 40: 241–244 (in Chinese with English abstract).
- [8] Li Jinling. A brief summary of the Triassic marine reptiles of China [J]. Vertebrata Palasiatica, 2006, 44(1): 99–108.
- [9] 赵丽君,王立亭,李淳. 中国三叠纪海生爬行动物化石研究的回顾与进展 [J]. 古生物学报, 2008, 47(2): 232–239.  
Zhao Lijun, Wang Liting, Li Chun. Studies of the Triassic marine reptiles of China: A review [J]. Acta Palaeontologica Sinica, 2008, 47(2): 232–239 (in Chinese with English abstract).
- [10] Benton M, Zhang Q, Hu S X, et al. Exceptional vertebrate biotas from the Triassic of China, and the expansion of marine ecosystems after the Permian–Triassic mass extinction [J]. Earth–Science Reviews, 2013, 125: 199–243.
- [11] 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: 131–153.
- [12] Chen Xiaohong, Motani R, Cheng Long, et al. A carapace–like bony ‘body tube’ in an Early Triassic marine reptile and the onset of marine tetrapod predation [J]. Plos One, 2014, in press.
- [13] Wu X C, Li Z, Zhao B J, et al. A polydactylous amnoite from the Triassic period [J]. Nature, 2003, 426: 516.
- [14] Ripple O. The systematic status of Hanosaurus hupehensis (reptile, sauropteria) from the Triassic of China [J]. Journal of Vertebrate Paleontology, 1998, 18: 545–557.
- [15] Hu Shixue, Zhang Qiyue, Chen Zhongqiang, et al. The Luoping Biota: exceptional preservation, and new evidence on the Triassic recovery from end–Permian mass extinction [J]. Proceedings of the Royal Society B, 2011, 278: 2274–2282.
- [16] Sanderson S L, Wassersug R. Suspension–feeding vertebrates [J]. Scientific American, 1990, 262(3): 96–101.
- [17] Motani R, You H, McGowan. Eel–like swimming in the earliest ichthyosaurs [J]. Nature, 1996, 382: 347–348.
- [18] 程龙,陈孝红. 贵州关岭生物群盘江鱼龙体内胃融物研究 [J]. 中国地质, 2007, 34(1): 61–65.  
Cheng Long, Chen Xiaohong. The stomach contents of Panjiangsaurus from Guanling Biota, Guizhou Province [J]. Geology in China, 2007, 34(1): 61–65 (in Chinese with English abstract).
- [19] Cheng Long, Wings O, Chen Xiaohong, et al. Gastroliths in the Triassic ichthyosaur Panjiangsaurus from China [J]. Journal of Paleontology, 2006, 80(3): 583–588.
- [20] Kear B P, Boles W E, Smith E T. Unusual gut contents in a Cretaceous ichthyosaur [J]. Proceedings of the Royal Society of London B (supplement), 2003, 270: S206–S208.
- [21] Rieppel O, Sauropterygia I. Encyclopydia of Paleoherpetology, 12A [M]. Munchen: Verlag Dr Friedrich Pfeil, 2000, 1–134.
- [22] 赵金科,陈震楚,梁希洛. 中国的三叠系 [C]//全国地层会议学术



- 报告汇编,北京:科学出版社,1962.
- Zhao Jinke, Chen Zhenchu, Liang Xiluo. Triassic of China [C]// The literature of National Stratigraphy Meeting, Beijing: Science Press, 1962(in Chinese).
- [23] 童金南, 殷鸿福. 国际三叠纪年代地层研究进展 [J]. 地层学杂志, 2005, 29(2): 130–137.
- Tong Jinnan, Yin Hongfu. Recent advance in the Triassic Chronostratigraphic study [J]. Journal of Stratigraphy, 2005, 29 (2): 130–137 (in Chinese with English abstract).
- [24] 杨遵仪, 张舜新, 杨基瑞, 等. 中国地层典(三叠系) [M]. 北京: 地质出版社, 2000: 1–139.
- Yang Zunyi, Zhang Shunxin, Yang Jirui, et al. The Lexicon of China (Triassic) [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2000: 1–139(in Chinese).
- [25] Tong Jinnan, Zuo J X, Chen Z Q. Early Triassic isotope excursions from South China: Proxies for devastation and restoration of marine ecosystem following the end-Permian mass extinction [J]. Geological Journal, 2007, 42: 371–389.
- [26] 梁丹, 童金南, 赵来时. 安徽巢湖平顶山西坡剖面早三叠世 Smithian–Spathian 界线地层研究 [J]. 中国科学(D辑), 2011, 41 (2): 149–157.
- Liang Dan, Tong Jinnan, Zhao Laishi. Lower Triassic Smithian–Spathian Boundary at West Pingdingshan Section in Chaohu, Anhui Province [J]. Science China(Series D), 2011, 54(3): 372–379.
- [27] 黄思静, 黄可, 吕杰, 等. 早三叠世海水同位素组成与演化—来自四川盆地东部的研究 [J]. 中国科学(D辑), 2012, 42(10): 1508–1522.
- Huang Sijing, Huang Keke, Lv Jie, et al. Carbon isotopic composition of Early Triassic marine carbonates, Eastern Sichuan Basin, China [J]. Science China(Series D), 2012, 55(12): 2026–2038.
- [28] Zhao L S, Tong J N, Sun Z M, et al. A detailed Lower Triassic conodont biostratigraphy and its implications for the GSSP candidate of the Induan–Olenekian boundary in Chaohu, Anhui Province [J]. Progress in Natural Science, 2008, 18: 79–90.
- [29] Zhao L S, Chen Y L, Chen Z Q, et al. Uppermost Permian to Lower Triassic conodont zonation from Three Gorges Area, south China [J]. Palaios, 2013, 28: 523–540.
- [30] Lehrmann D J, Ramezani J, Bowring S A, et al. Timing of recovery from the end Permian extinct ion: Geochronologic and biostratigraphic constraints from south China [J]. Geology, 2006, 34: 1053–1056.
- [31] 郑连弟, 姚建新, 仝亚博, 等. 贵州南部地区安尼阶底界锆石 SHRIMP 年龄结果 [J]. 地质学报, 2010, 84(8): 1112–1118.
- Zheng Liandi, Yao Jianxin, Tong Yabo, et al. Zircon U–Pb dating for the boundary of Olenekian–Anisian at Wangmo, Guizhou Province [J]. Acta Geologica Sinica, 2010, 84(8): 1112–1118(in Chinese with English abstract).
- [32] Cheng Yan Nein, Wu Xiaochun, Ji Qiang. Triassic marine reptiles gave birth to live young [J]. Nature, 2004, 432: 383–385.
- [33] Jiang D Y, Motani R, Hao W C, et al. New primitive ichthyosaurian (Reptilia, Diapsida) from the Middle Triassic of Panxian, Guizhou, southwestern China and its position in the Triassic biotic recovery [J]. Progress in Natural Science, 2008, 18: 1315–1319.
- [34] Jiang D Y, Motani R, Hao W C, et al. Biodiversity and sequence of the Middle Triassic Panxian marine reptile Fauna, Guizhou Province, China [J]. Acta Geologica Sinica, 2009, 83(3): 451–459.
- [35] Li Chun, Wu Xiaochun, Rieppel O, et al. An ancestral turtle from the Late Triassic of southwest China [J]. Nature, 2008, 456: 497–501.
- [36] Li Chun, Rieppel O, LaBarbera M C. A Triassic aquatic Protosaur with an extremely long neck [J]. Science, 2006, 305: 1931.
- [37] Wang X F, Bachmann, Hagdorn H, et al. The Late Triassic black shale of the Guanling area, Guizhou Province, south–west China: A unique marine reptile and pelagic crinoids fossil lagerstatte [J]. Palaeontology, 2008, 51: 27–61.
- [38] Cheng Long, Chen X H, Shang Q H, et al. A new marine reptile from the Triassic of China, with a highly specialized feeding adaptation [J]. Naturwissenschaften, 2014, doi: 10.1007/s00114—14–1148–4.
- [39] 尚庆华, 吴肖春, 李淳. 云南东部中三叠世始鳍龙类一新属种 [J]. 古脊椎动物学报, 2011, 49(2): 155–171.
- Shang Qinghua, Wu Xiaochun, Li Chun. A new Eosauroptrygian from Middle Triassic of eastern Yunnan Province, southwestern China [J]. Vertebrata Palasiatica, 2011, 49(2): 155–171 (in Chinese with English abstract).
- [40] Song H J, Wignall P B, Chen Z Q, et al. Recovery tempo and pattern of marine ecosystems after the end–Permian mass extinction [J]. Geology, 2011, 39: 739–742.
- [41] Romano C, Goudemand N, Vennemann T W, et al. Climatic and biotic upheavals following the end–Permian mass extinction [J]. Nature Geoscience, 2012, 6: 57–60.
- [42] Chen Zhongqiang, Benton M J. The timing and pattern of biotic recovery following the end–Permian mass extinction [J]. Nature Geoscience, 2012, 5: 375–383.