

The age of Triassic marine reptile *Kwangsisaurus orientalis* (Sauropterygia) from Wuming, Guangxi, China

SHANG Qing-Hua¹ LIU Jun¹ XU Guang-Hui¹ WANG Li-Ting²

(1 Key Laboratory of Vertebrate Evolution and Human Origins of Chinese Academy of Sciences, Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences Beijing 100044 shangqinghua@ivpp.ac.cn)

(2 Bureau of Geology and Mineral Exploration and Development of Guizhou Province Guiyang 550004)

Key words Wuming, Guangxi; Middle Triassic; *Kwangsisaurus orientalis*; SIMS zircon U-Pb dating; migration of Chinese sauropterygians

Summary

The holotype of *Kwangsisaurus orientalis* Young, 1959 is the only Triassic marine reptile specimen known from Guangxi Zhuang Autonomous Region in southern China. This fossil was collected from Wuming County in 1950s. The exact provenance of the specimen is unclear, but it has long been regarded as an Early Triassic sauropterygian following Young's original description (Li, 2006b; Li et al., 2008; Zhao et al., 2008). The uncertainty regarding its age has introduced confusion into the studies of biogeography and evolutionary history of Chinese Triassic sauropterygians.

Based on recent field work and the help of several local geologists who have knowledge of the specimen's history, we have determined that the holotype of *K. orientalis* was from a quarry situated 2 km southeast of Fupeng, Suliang Village, Xianhu Township, Wuming County (Fig. 1). The type specimen was obtained from a fossiliferous bed within thin-bedded marlite, which is considered as the lower part of the Banna Formation based on lithological features. This fossiliferous bed contains abundant ammonites such as *Balatonites*, *Protrachyceras*, and *Leiophyllites*, in addition to some fragmentary vertebrate bones and plant debris (Figs. 1, 2). It can be identified as Middle Triassic based on the ammonites. Above it lies a tuff layer with a thickness of 10–20 cm, which is a marker bed of the Banna Formation. The tuff layer was dated to (244.2 ± 0.7) Ma by High-precision SIMS zircon U-Pb analyses, making the age of *K. orientalis* Pelsonian (Anisian, Middle Triassic).

The Anisian age of *K. orientalis* is concordant with its reidentification as a pistosaurid by Rieppel (1999a). This age assignment also refutes the longstanding interpretation that sauropterygians appeared in the Youjiang Basin during the Early Triassic, and shows instead that *K. orientalis* is almost synchronous with the Panxian marine reptile fauna. The Chinese record of sauropterygians shows that this group had dispersed over a large area and adapted to a diverse range of environments by the Anisian.

国家自然科学基金(批准号: 41372028, 40872019)资助。

收稿日期: 2014-07-09

论广西武鸣三叠纪海生爬行动物东方广西龙(鳍龙类)的时代

尚庆华¹ 刘俊¹ 徐光辉¹ 王立亭²

(1 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 脊椎动物演化与人类起源重点实验室 北京 100044)

(2 贵州地质矿产勘探开发局 贵阳 550004)

摘要: 广西武鸣产出广西地区迄今唯一一件三叠纪海生爬行动物化石——东方广西龙(*Kwangsisauros orientalis*)。受限于20世纪50年代研究条件, 有关该化石产出地点、地层层位和时代信息一直比较模糊, 对后人阐述中国三叠纪海生爬行动物演化过程及探究鳍龙类在华南的古地理迁移历史造成了一定阻碍。本文从岩石地层学和生物地层学入手, 结合高精度同位素年代学定年结果, 对武鸣地区早、中三叠世地层进行了综合分析, 着重研究了含东方广西龙地层的岩性组合、生物群面貌及地层时代。东方广西龙产于板纳组薄层泥晶灰岩中, 伴生有丰富的菊石化石, 所属地层时代为中三叠世安尼期。对含东方广西龙地层上部层状凝灰岩中具有岩脉韵律的锆石进行了SIMS原位U-Pb年代学测试, 获得了(244.2 ± 0.7) Ma的绝对年龄值, 时代相当于安尼期中晚期。东方广西龙时代的厘定排除了鳍龙类早三叠纪世晚期在下扬子区和右江盆地同时出现的原有结论, 同时同位素年代学新证据证实广西武鸣海生爬行动物化石与贵州盘县海生爬行动物群基本同期, 表明了鳍龙类在华南东部起源后在三叠纪中期向西南地区辐射扩散范围的广阔性和适应环境的多样性。

关键词: 广西武鸣, 中三叠世, 东方广西龙, 凝灰岩锆石原位U-Pb定年, 中国鳍龙类迁移路线

中图法分类号: Q915.864, P534.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3118(2014)04-0381-09

1959年, 杨钟健院士描述了一块产自广西的三叠纪“幻龙类”化石, 将其命名为东方广西龙(*Kwangsisauros orientalis* Young, 1959)。文章所提供的有关该标本产地和时代线索非常有限, 仅介绍是由石油勘探队在广西野外考察时发现, 产于下三叠统灰色薄层含泥灰岩中。后杨老在描述产自云南泸西县的幻龙时, 提及东方广西龙模式标本产自广西武鸣邓柳的伏平屯(Young, 1978), 这也是迄今为止唯一有关这块标本产地的说明。《广西壮族自治区地质志》介绍东方广西龙产自武鸣县翠英剖面, 时代为早三叠世, 没有具体剖面地点描述和层位介绍(229页, 文中注明化石为广西石油勘探大队陆锦标于1958年采获)。之后的研究者根据原始描述的岩性和时代, 推测东方广西龙可能产自罗楼群北泗组(Rieppel, 1999a; 李锦玲, 2006a)。李锦玲(2006a)指出:“依照《广西岩石地层》一书的划分, 北泗组的时代为 T_1T_{2b} 。前人的资料并未详述化石产出的具体层位, 这样东方广西龙的时代可能为早三叠世奥伦尼克期, 也可能是中三叠世安尼期。如果是前者, 它就是世界最早的真鳍龙类, 如果是后者, 它也是最早的真鳍龙类之一, 因欧洲的纯信龙类*Cymatosaurus*同样生活于安尼期早期”。此后, 多数海生爬行动物研究者依据最初描述倾向于将东方广西龙的时代认定为早三叠世(Li, 2006b; Li et al., 2008; Zhao et al., 2008)。

近20余年来, 三叠纪海生爬行动物化石在贵州和云南等地区被广泛发现和报道。

盘县—罗平动物群(Panxian-Luoping Fauna)、兴义动物群(Xingyi Fauna)以及关岭生物群(Guanling Biota)中海生爬行动物化石的高分异度和丰度,揭示出中三叠世至晚三叠世早期海生爬行动物在上扬子区的繁盛,也为全面系统研究海生爬行动物的辐射和演化提供了新机遇。东方广西龙虽然仅发现一件标本且骨骼保存不完整,但它产出时代早,且是迄今为止广西地区发现的唯一一件三叠纪海生爬行动物化石,在研究三叠纪海生爬行动物起源和演化中原本应占据着比较重要的地位。然而产出地层层位不明确却导致这一材料在相关研究中被忽略或弱化。同时,化石时代的不确定也限制了更广泛的三叠纪海生爬行动物古地理研究,特别是鳍龙类古动物地理研究的开展。此外,这一出现于“早三叠世”的鳍龙类分子在探究华南三叠纪鳍龙类系统演化问题时也常常导致矛盾,如在鳍龙类分支系统学研究中,东方广西龙在分支图中的分类位置常与它的首现时代矛盾,研究者多以东方广西龙标本保存不好来解释这一问题的出现(Shang et al., 2011; Cheng et al., 2012; Sato et al., 2014)。导致矛盾产生的原因是化石产出地层的时代有问题,还是化石保存的不完整性?均需要我们对东方广西龙及其产出地层开展更深入研究。

本研究首先要解决的问题是确定东方广西龙化石实际产出地点。在国家自然科学基金支持下,经过多次野外地质考察,寻访当年参与化石采集的有关人士,以及从多种渠道寻找线索并相互印证,笔者最终确定东方广西龙具体产地为广西壮族自治区武鸣县仙湖乡苏梁村伏彭自然屯的东侧。原杨钟健(1978)记载的邓柳乡现已被重新规划为邓柳村,与苏梁村相邻。伏平屯应是伏彭屯的讹音。《广西壮族自治区地质志》所提及的翠英剖面是指经过武鸣县城东镇翠英村所测的下、中三叠统地层剖面。翠英与伏彭相距约8 km。

通过对武鸣地区三叠系开展地层学、古生物学和同位素年代学的综合研究,本文对东方广西龙产出地层及时代给予详细论述,同时依据高精度的年代学信息讨论鳍龙类在华南的古地理迁移和演化。

1 广西武鸣地区三叠系

广西武鸣地区主要发育晚古生代和早中生代地层,基本为连续的海相沉积。石炭系以白云岩和白云质灰岩为主,中、下二叠统主要为灰岩,上二叠统为硅质岩夹泥岩、页岩。三叠系中、下统主要发育灰岩、白云质灰岩和碎屑岩沉积。广西南宁幅1:20万区域地质调查报告(1973)将武鸣地区下三叠统划分为两组:下部的罗楼组和上部的北泗组。罗楼组以灰岩为主夹白云岩;北泗组下部为白云岩夹灰岩沉积,上部为灰岩,顶部发育瘤状灰岩。中三叠统未分,底部泥质灰岩夹泥岩及细砂岩;中、下部泥岩夹粉砂岩、细砂岩及少量灰岩;上部为泥质灰岩、泥岩夹粉砂岩。上三叠统和侏罗系缺失,白垩系不整合于中三叠统之上(图1A)。

构造区划上,在中生代早期,广西西部处于右江盆地,经历了从被动大陆边缘到前陆盆地的构造格局转换(杜远生等, 2013)。下、中三叠统岩性复杂,沉积类型多样,除局部属稳定的碳酸盐岩台地沉积外,大部分属盆地相重力流沉积(广西地质矿产局, 1985, 1997)。目前多数研究者认为广西下三叠统碎屑岩相区沉积以罗楼组为代表,由浅

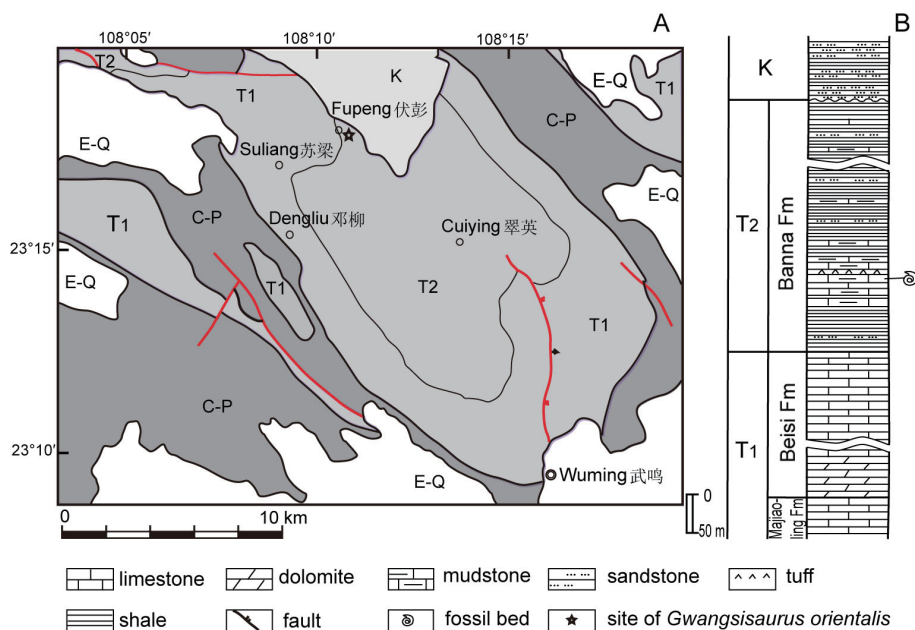


图1 广西武鸣地区地质简图及东方广西龙产地(A)和地层柱状图及化石层位(B)

Fig. 1 Simplified geological map of Wuming area and the location of *Kwangsisaurus orientalis* (A) and Triassic stratigraphic column of the Wuming area to show the situation of the fossil beds (B)

海相泥页岩夹少量粉砂岩、细砂岩、泥质灰岩和灰岩组成，富含菊石和双壳类化石。而下三叠统碳酸盐相区细分为下部马脚岭组和上部北泗组，主要由灰岩和白云岩组成(广西地质矿产局，1985, 1997)。

碎屑岩相区中三叠世沉积主要为浊流成因的陆源碎屑砂岩和泥岩。《广西地质志》曾采用百逢组代表中三叠世早期沉积地层(广西地质矿产局，1985)，而地层清理时又恢复了板纳组，确定中三叠统以板纳组和百逢组为代表，两组时代一致，岩性相似，沉积环境不同(广西地质矿产局，1997)。板纳组以薄-中层状泥岩及泥质粉砂岩为主，富含双壳类及菊石化石，水平纹层及粉砂质条带发育，具细粒浊积岩特征，推测可能形成于浅海陆架；百逢组以厚层块状砂岩多、砂泥岩比值高、厚度大、双壳类化石贫乏以及浊积岩特征明显等与板纳组相区别，推测形成于较深水陆架或陆架外缘斜坡环境(广西地质矿产局，1997)。

同样，碳酸盐相区中三叠世沉积地层曾以果化组为代表(广西地质矿产局，1985)。广西岩石地层清理中认为果化组岩性与北泗组相同，二者无分层标志，仅以化石带区分，实属生物地层单位，因此建议取消(广西地质矿产局，1997)。中国三叠纪地层典中仍保留了果化组，该组以灰岩和白云岩沉积为主，夹凝灰岩层，厚达千米，化石仅见少量双壳类(*Entolium*, *Neoschizodus*, *Promyalina*, *Unionites*, *Polygyrina*, *Posidonia*和*Chlamys*等)和腹足类，为半封闭浅水沉积，仅分布在广西平果县果化、德保县多敬和谷留等地(杨遵仪等，2000)。Lehrmann et al. (2007)对右江盆地孤立碳酸盐岩台地进行了详细研究，从果化地区果化组水下泥石流角砾岩和粒屑灰岩中发现安尼期Bithynian亚期和

Pelsonian亚期牙形石,确定果化组与板纳组硅质碎屑浊积岩为同期沉积。

武鸣地区三叠纪地层主要位于一宽缓向斜核部,分布于武鸣县城西北部。下三叠统以灰岩和白云岩为主,依据目前普遍采用的岩石地层划分方案,下三叠统岩石地层单元应为下部的马脚岭组和上部的北泗组(图1B),而非广西南宁幅1:20万区域地质调查报告(1973)中划分的罗楼组和北泗组。野外调查北泗组无论在向斜西南翼地区还是向斜东部、东北翼均沉积中、厚层生物碎屑灰岩、鲕粒灰岩和白云质灰岩,局部夹薄层灰岩,不发育薄层泥质灰岩沉积。从岩性上可以排除东方广西龙产出于北泗组的可能性。

武鸣地区中三叠统与广西其他地区同期沉积有较大差异,其总体虽以碎屑岩为主,但上部和下部发育了数层泥质灰岩和灰岩沉积。伏彭东部中三叠统下部层位表现为泥岩、粉砂岩中夹中薄层灰岩和薄层泥灰岩沉积,翠英附近中三叠统上部层位表现为泥岩中夹中薄层瘤状灰岩沉积。沉积组合特征既不同于碳酸盐相区果化组纯碳酸盐岩沉积,也不同于碎屑岩相区百逢组或板纳组的纯碎屑岩沉积。其岩性特征虽与广西已建立的中三叠统岩石地层单位有差异,但考虑到岩石地层单位名称应具有在一定地理范围内的适用性,同时根据其碎屑岩沉积中泥岩和粉砂岩所占比例较大,细粒浊积岩发育等特点,本文暂不建立新的岩石地层单元名称,而采用板纳组代表武鸣地区中三叠世沉积地层(图1B)。

2 东方广西龙化石层位及时代

东方广西龙化石产出地点为武鸣县仙湖乡苏梁村伏彭自然屯东南约2 km的废弃采石坑内。这一区域为低缓丘陵地貌,植被发育较好,岩层覆盖严重,在几处采石坑内可见断续出露的沉积地层。岩层主要以中薄层灰岩和薄层泥质灰岩沉积为主,产状平缓,向东南方向倾斜,垂直厚度大于20 m,未见顶。上部薄层泥灰岩之间发育一层10~20 cm厚灰白色火山凝灰岩,构成显著标志层。因年代已久,无法确定东方广西龙化石在采石坑内的具体产出层位。这套沉积地层特别是凝灰岩之下的薄层泥灰岩中发现了大量菊石,少量零散的脊椎动物骨骼碎片和水生植物化石碎片(图2),推测东方广西龙应与这些生物相伴生,但未能发现更多的海生爬行动物化石线索。

从区域地层分布上看,含东方广西龙的薄层灰岩和泥灰岩沉积未与下三叠统北泗组白云质灰岩直接接触,而是覆于黄绿色薄层粉砂岩和泥质粉砂岩之上。而伏于泥灰岩之下的粉砂岩和泥质粉砂岩沉积,出露不连续,总体厚度推测大于50 m,在向斜东北翼出露厚度大于西南翼。这套粉砂岩中尚未发现化石,对其具体时代暂时无法判断,因岩性明显有别于下伏的北泗组白云质灰岩,推断属中三叠统碎屑岩为主的沉积旋回。同样,从岩性组合特征上看,含东方广西龙的泥灰岩沉积也与北泗组碳酸盐岩沉积组合明显不同,而与原岩石地层划分中的中三叠统岩性特征一致。本文依据岩石组合特征将这套碎屑岩夹薄层灰岩沉积归入板纳组。

从含东方广西龙沉积地层发现的菊石类初步鉴定有巴拉顿菊石(*Balatonites*)、前粗菊石(*Protrachyceras*)和光叶菊石(*Leiophyllites*)等属。前两属仅发现于中三叠世(NIGP, 1974),光叶菊石从早三叠至中三叠世均有化石记录(王义刚, 1978)。薄层泥灰岩中产出

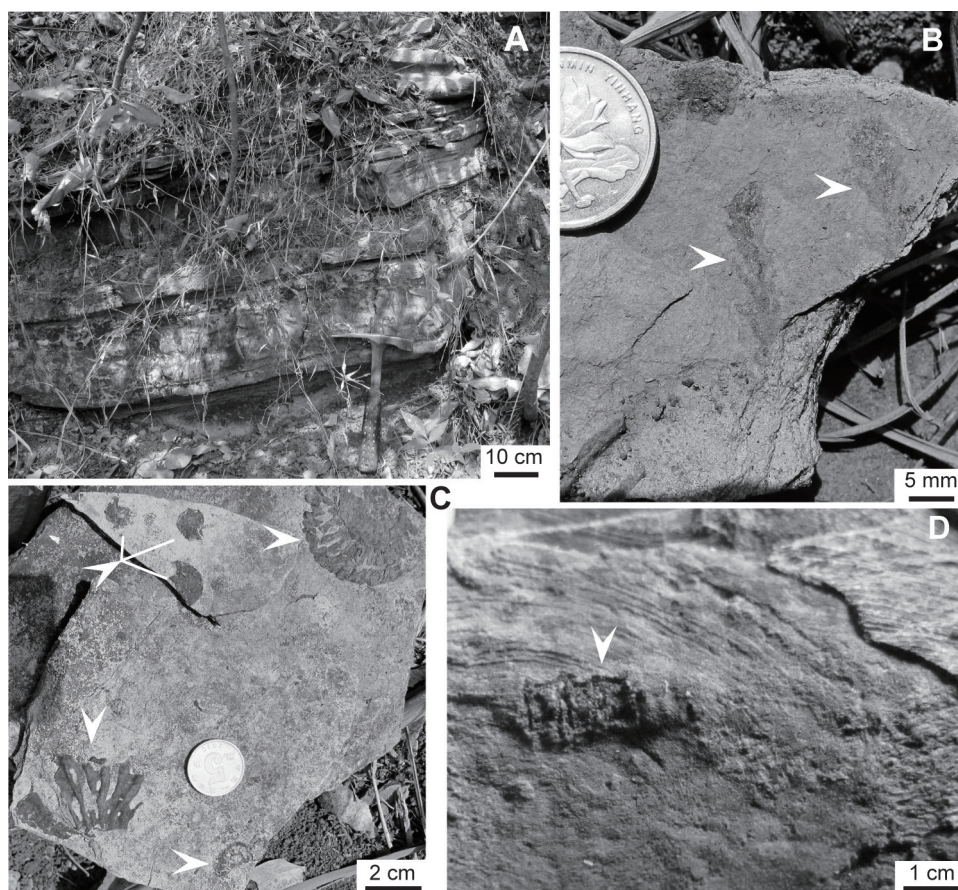


图2 广西武鸣县伏彭剖面板纳组下部薄层泥灰岩及所含化石(箭头所指)

Fig. 2 The thin-bedded marlites in the lower Banna Formation in Fupeng section of Wuming County, Guangxi and its fossils (indicated by the arrows)

A. 野外露头 the outcrop; B. 植物化石 plant fossils; C. 菊石化石 ammonites; D. 一未知脊椎动物椎体 vertebral centra of an unknown vertebrate

似松柏类植物化石,相似的化石笔者在贵州盘县三叠系关岭组II段中也曾发现。除此之外还发现了少量鱼类椎体和鳞片,因保存较差无法确定其种类。仅从已发现化石判断,这套地层属中三叠世的可能性较大。

对覆于含东方广西龙薄层泥灰岩之上的凝灰岩进行了年代学分析。该层凝灰岩厚度大于10 cm,层厚较稳定,分布范围较广,可在区域追索。凝灰岩之上沉积数层薄层泥灰岩,但未见菊石等化石。

样品采自武鸣县仙湖乡伏彭东侧一养鸡场内,地理坐标为 $23^{\circ}17.083'N$, $108^{\circ}11.047'E$ 。由河北廊坊区域地质调查研究所采用浮选和电磁选方法从凝灰岩中分选出锆石,这些锆石显示清晰的岩浆韵律环带。在中国科学院地质与地球物理研究所离子探针实验室的二次离子质谱仪(Cameca IMS-1280)上完成样品的SIMS原位U-Pb同位素年龄分析。共选出30颗锆石进行了30个分析点的U-Pb年龄测定,通过计算得到高度一致的 (244.2 ± 0.7) Ma谐和年龄。这一年龄值代表了火山凝灰岩形成的时代。

依据岩石组合特征、古生物学证据和同位素年代学研究结果,我们确定含东方广西龙地层时代为中三叠世安尼期,而非前人所认定的早三叠世。

3 广西武鸣东方广西龙时代的古生物和古地理意义

东方广西龙最初被认为归属幻龙科(*Nothosauridae* Baur, 1889) (杨钟健、董枝明, 1972), 但后经Rieppel (1999a)重新研究认为, 其应归属于始鳍龙亚目纯信龙科(*Pistosauridae* Baur, 1887-90)。幻龙科和纯信龙科均是海生爬行动物鳍龙类的重要组成类群, 而鳍龙类是海生爬行动物中种类最多、分布最广、延续时限最长的类群。鳍龙类最初仅发现于欧洲三叠系, 之后在中东、北非、中国华南和北美西部均有广泛发现。欧洲及其他西特提斯区鳍龙类化石均产自中三叠统至晚三叠统中下部地层, 而中国的鳍龙类化石主要产于西南地区中三叠统。东方广西龙曾在很长一段时间里被认为是东特提斯区发现的唯一早三叠世鳍龙类(Rieppel, 1999b, 2000)。另一早三叠世晚期的鳍龙类记录是发现于北美Wyoming的纯信龙*Corosaurus* (Storrs, 1991)。李锦玲等(2002)根据对湖北产海生爬行类地层再研究确认湖北汉江蜥(*Hanosaurus hupehensis* Young, 1972)和远安贵州龙(*Keichousaurus yuananensis* Young, 1965)产自下三叠统嘉陵江组, 时代为早三叠世奥伦尼克期, 由此将早三叠世鳍龙类分布记录扩大到了中下扬子区。

根据对三叠纪海生爬行动物化石的古地理分布和古环境分析, Li (2006b)提出了中国三叠纪海生爬行动物的东部起源假说。中国早三叠世晚期的海生爬行类主要分布于扬子海区东部(安徽、湖北)的浅海开阔台地和局限海台地; 中三叠世由于东部地区的抬升, 鱼龙类和鳍龙类向西扩散, 在扬子区西部(贵州、云南)辐射发展, 在拉丁期达到个体数量和种类的高峰(Li, 2006b)。此假说主要参考了鱼龙类的古生物地理数据, 对东方广西龙的化石记录未有提及。如果东方广西龙在早三叠世晚期已同时出现于与东部相隔遥远的西南地区, 则鳍龙类在华南的起源应不仅仅局限于东部。本文的研究将广西鳍龙类时代精确确定为中三叠世, 排除了在广西右江盆地发现早三叠世鳍龙类化石记录的可能性, 即华南早三叠世鳍龙类到目前为止应仅发现于下扬子区中部, 从而证实了鳍龙类应该也是东部起源。近来安徽巢湖地区含巢湖龙的层位也发现了鳍龙类化石线索(Ji et al., 2013), 将早期鳍龙类的分布范围更向东延伸到下扬子区东端。

东方广西龙时代的厘定同时也部分解决了之前鳍龙类分支系统学分析中令人困惑的支序分类位置问题。虽然东方广西龙的材料不完整, 可资系统分类学分析的信息较少, 但早期和后来的鳍龙类支序分析结果(Rieppel, 1999a; Shang et al., 2011; Cheng et al., 2012; Sato et al., 2014)均指示东方广西龙和清镇龙(*Chinchenia*)、三桥龙(*Sanchaosaurus*)位于同一分支, 彼此间关系未解, 而后两者均产自贵州中三叠世地层中。东方广西龙时代的重新厘定, 间接证实了分支系统学分析结果的正确性, 同时为了解鳍龙类系统演化提供了更确切的信息, 为判断一些分类学特征的共近祖性或共近裔性提供了可信的时代证据。

安尼期海生爬行动物群在西南地区分布广泛, 其中以产于关岭组II段的贵州盘县和云南罗平动物群为主要代表。两地的海生爬行动物化石均产于薄层泥质灰岩中, 位于

牙形石 *Nicoraella kockeli* 带 (Jiang et al., 2009; Zhang et al., 2009), 时代为中三叠世安尼期 Pelsonian 亚期。虽然两地具体生态环境不同, 脊椎动物优势类群有较大差异, 但都发现了一定数量和类型的鳍龙类。广西武鸣板纳组凝灰岩 (244.2 ± 0.7) Ma 的同位素年龄指示了东方广西龙与盘县动物群 (最新的同位素年龄为 (244.0 ± 1.3) Ma, Wang et al., 2014) 以及罗平动物群 (同位素年龄下限为 (246.6 ± 1.4) Ma, 谢韬等, 2013) 时代接近。由高精度测年提供的年代学数据证实的西南地区鳍龙类化石出现的同时性, 指示了安尼期中晚期鳍龙类古地理分布的广阔性。

同时, 鳍龙类在安尼期适应的古地理环境也是多样的。贵州中部发现的清镇龙产于关岭组白云岩中 (Young, 1965), 代表了滨浅海蒸发性很强的膏盐盆地环境。罗平动物群海生爬行动物与大量底栖生物和鱼类的共生表明该动物群生活于距离海岸较近的浅海区, 而盘县动物群大量鱼龙化石繁盛指示了它们生活于水体相对稍深的礁后盆地环境。中三叠世时武鸣地区处于海盆中孤立碳酸盐岩台地的边缘区域, 菊石和鱼类丰富, 为鳍龙类活动或觅食提供了更多的选择; 不过可能不利于化石埋藏, 这或许是到目前为止该地区尚未发现更多海生爬行动物化石的原因之一。

致谢 野外工作得到广西地质矿产局梁文基、中国科学院古脊椎动物与古人类研究所唐治路等的大力协助, 样品测试得到中国科学院地质与地球物理研究所李献华和李秋立研究员的帮助, 舒柯文帮助修改英文摘要, 在此深表谢意! 特别感谢广西曾广春先生对武鸣化石产地做实地向导并交流相关的化石材料, 同时也感谢其他广西地矿部门同行耐心回复信函。

References

- Bureau of Geology and Mineral Resources of Guangxi Zhuang Autonomous Region, 1985. Regional Geology of Guangxi Zhuang Autonomous Region. Beijing: Geological Publishing House. 1–853
- Bureau of Geology and Mineral Resources of Guangxi Zhuang Autonomous Region, 1997. Stratigraphy (Lithostratic) of Guangxi Zhuang Autonomous Region. Multiple Classification and Correlation of the Stratigraphy of China (45). Wuhan: China University of Geosciences Press. 1–310
- Cheng Y N, Wu X C, Sato T et al., 2012. A new eosauroptrygian (Diapsida, Sauroptrygia) from the Triassic of China. *J Vert Paleont*, 32(6): 1335–1349
- Du Y S, Huang H, Yang J H et al., 2013. The basin translation from Late Paleozoic to Triassic of the Youjiang Basin and its tectonic signification. *Geol Rev*, 59(1): 1–11
- Ji C, Jiang D Y, Fu W L et al., 2013. Highly diversified Chaohu Fauna (Olenekian, Early Triassic) and sequence of Triassic marine reptile faunas from South China. In: Reitner J, Yang Q, Wang Y D et al. eds. *Palaeobiology and Geobiology of Fossil Lagerstätten Through Earth History*, Abstract. Gottingen 2013. 80–81
- Jiang D Y, Motani R, Hao W C et al., 2009. Biodiversity and sequence of the Middle Triassic Panxian Marine Reptile Fauna, Guizhou Province, China. *Acta Geol Sin*, 83(3): 451–459
- Lehrmann D J, Pei D H, Enos P et al., 2007. Impact of differential tectonic subsidence on isolated carbonate-platform evolution: Triassic of the Nanpanjiang Basin, South China. *AAPG Bull*, 91(3): 287–320

- Li J L, 2006a. Radiation of Triassic marine reptiles in South China. In: Rong J Y, Fang Z J, Zhou Z H et al. eds. *Originations, Radiations and Biodiversity Changes – Evidences from the Chinese Fossil Record*. Beijing: Science Press. 583–592, 913–915
- Li J L, 2006b. A brief summary of the Triassic marine reptiles of China. *Vert PalAsiat*, 44(1): 99–108
- Li J L, Liu J, Li C et al., 2002. The horizon and age of the marine reptiles from Hubei Province, China. *Vert PalAsiat*, 40(3): 241–244
- Li J L, Wu X C, Zhang F C, 2008. *The Chinese Fossil Reptiles and Their Kin*. Beijing: Science Press. 1–473
- NIGP-Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Chinese Academy of Sciences, 1974. *A Handbook of the Stratigraphy and Paleontology in Southwest China*. Beijing: Science Press. 1–454
- Rieppel O, 1999a. The sauropterygian genera *Chinchenia*, *Kwangsisaurus*, and *Sanchaosaurus* from the Lower and Middle Triassic of China. *J Vert Paleont*, 19(2): 321–337
- Rieppel O, 1999b. Phylogeny and paleobiogeography of Triassic Sauropterygia: problems solved and unresolved. *Palaeogeogr Palaeoclimatol Palaeoecol*, 153: 1–15
- Rieppel O, 2000. Sauropterygia I – Placodontia, Pachypleurosauria, Nothosauroida, Pistosauroida. *Handbuch der Paläoherpetologie [Handbook of Paleoherpertology] Part 12A*. München: Verlag Dr Friedrich. 1–134
- Sato T, Zhao L J, Wu X C et al., 2014. A new specimen of the Triassic pistosauroid *Yunguisaurus*, with implications for the origin of Plesiosauria (Reptilia, Sauropterygia). *Palaeontology*, 57(1): 55–76
- Shang Q H, Wu X C, Li C, 2011. A new eosauroptrygian from Middle Triassic of eastern Yunnan Province, southwestern China. *Vert PalAsiat*, 49(2): 155–171
- Storrs G W, 1991. Anatomy and relationships of *Corosaurus alcovensis* (Diapsida: Sauropterygia) and the Triassic Alcova Limestone of Wyoming. *Peabody Mus Nat Hist Yale Univ Bull*, 44: 1–151
- Wang Y B, Yang D T, Han J et al., 2014. The Triassic U-Pb age for the aquatic long-necked protorosaur of Guizhou, China. *Geol Mag*, 151(4): 749–754
- Wang Y G, 1978. Latest Early Triassic ammonoids of Ziyun, Guizhou – with notes on the relationship between Early and Middle Triassic ammonoids. *Acta Palaeont Sin*, 17(2): 151–179
- Xie T, Zhou C Y, Zhang Q Y et al., 2013. Zircon U-Pb age for the tuff before the Luoping Biota and its geological implication. *Geol Rev*, 59(1): 161–164
- Yang Z Y, Zhang S X, Yang J R et al., 2000. *Stratigraphical Lexicon of China, Triassic*. Beijing: Geological Publishing House. 1–139
- Young C C, 1959. On a new Nothosauria from the Lower Triassic beds of Kwangsi. *Vert PalAsiat*, 3(2): 73–78
- Young C C, 1965. On the new nothosaurs from Hupeh and Keichou, China. *Vert PalAsiat*, 9(4): 315–356
- Young C C, 1978. *Kwangsisaurus lusiensis* from Yunnan. *Vert PalAsiat*, 16(4): 222–224
- Young C C, Dong Z M, 1972. On the aquatic reptiles of Triassic in China. *Mem Inst Vert Paleont Paleoanthrop Acad Sin*, Ser A, 9: 1–6
- Zhang Q Y, Zhou C Y, Lu T et al., 2009. A conodont-based Middle Triassic age assignment for the Luoping Biota of Yunnan, China. *Sci China Ser D-Earth Sci*, 52: 1673–1678
- Zhao L J, Wang L T, Li C, 2008. Studies of the Triassic marine reptiles of China: a review. *Acta Palaeont Sin*, 47(2): 232–239