

文章编号: 1000-0550(2009)03-0427-08

贵阳花溪地区下三叠统大冶组遗迹化石及沉积环境分析^①

时 国¹ 喻美艺² 罗 茂³ 田景春¹

(1 成都理工大学沉积地质研究院 成都 610059 2 贵州大学资源与环境工程学院 贵阳 550003 3 中国科学院广州地球化学研究所 广州 510640)

摘 要 贵阳花溪下三叠统大冶组中富产遗迹化石, 产出 18 个遗迹属: *Beaconithrus* *Circularidris* *Cosnorhaphe* *Dendrorhaphe* *Gibberidris* *Gyrochorte* *Gordia* *Maendropolydora* *Micatuba* *Mammillidris* *Megagraptus* *Planolites* *Palaeophycus* *Phycodes* *Phycosiphon* *Rhizocrallium* *Thalassinoides* 和 *Undidris*。自下而上可识别出三个遗迹组, 分别为 *Phycodes* *Phycosiphon-Mammillidris* 和 *Thalassinoides* 遗迹组。根据遗迹化石各属种分布, 大冶组自下而上出现四个遗迹相: *Cruziana* 遗迹相、*Zoophycos* 遗迹相、*Nereites* 遗迹相和 *Cruziana* 遗迹相。结合遗迹组, 对大冶组的沉积环境进行了讨论, *Phycodes* 组属于 *Cruziana* 相, 指示浅水环境; *Phycosiphon-Mammillidris* 组属于 *Zoophycos* 遗迹相—*Nereites* 遗迹相, 代表台缘下斜坡半深海低能环境; *Thalassinoides* 组属于 *Cruziana* 相, 指示早三叠世印度期末的浅水高能环境。

关键词 大冶组 遗迹化石 遗迹组 遗迹相 沉积环境 贵阳

第一作者简介 时国 男 1978 年出生 博士研究生 沉积学 E-mail: stsg1979@yahoo.cn

中图分类号 Q915.2 P512.2 文献标识码 A

遗迹化石的研究为沉积环境的解释提供了诸多有用信息, 自 20 世纪 60 年代 Seilcher 建立遗迹相概念和模式以来, 遗迹相逐渐成为遗迹学研究的重点。但是近年来经典的遗迹相概念和模式在解释古环境方面受到越来越多事实的挑战, 对遗迹组的研究弥补了传统遗迹相研究的不足。遗迹组是指沉积物(岩石)中生物扰动和生物侵蚀作用所遗留下来的总体结构和内部构造特征, 是各期扰动生物在沉积物中活动历史的最终记录^[1]。遗迹组分析更能充分利用沉积物中的遗迹学信息, 能精确地解释沉积环境, 并能解释传统的遗迹相分析感到困惑的问题^[2]。贵阳花溪下三叠统大冶组富产遗迹化石, 本文在研究遗迹相的基础上, 结合遗迹组分析对该地区大冶组的沉积环境进行了探讨。

1 地层与遗迹化石

贵阳花溪地区在早三叠世位于扬子台地西南缘浅水碳酸盐岩台地向深水盆地的过渡带(图 1), 下三叠统大冶组便形成于浅海碳酸盐岩缓坡环境, 其底界与上二叠统大隆组硅质岩沉积呈整合接触, 顶部则与安顺组白云岩呈平行不整合^[3,4]。综合区内改貌、党武等剖面, 根据野外露头、岩石地层和生物地层资料大冶组自下而上可以分为三段(图 2)。各段遗迹

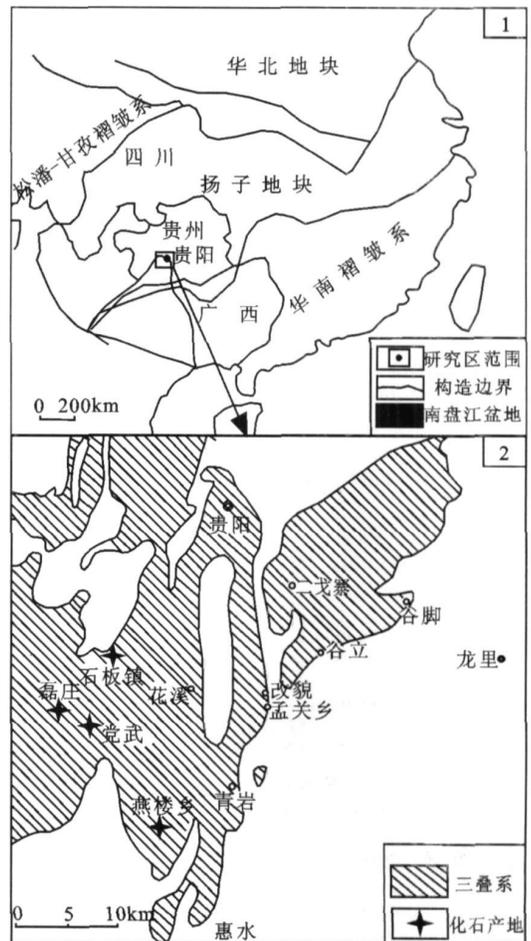


图 1 研究区位置图

Fig 1 Location of the study area

① 国家自然科学基金重点项目(批准号: 40262001)资助。

收稿日期: 2008-06-29 收修修改稿日期: 2008-09-10

表 1 贵阳花溪下三叠统大冶组中遗迹化石特征(图版 I、II)

Table 1 Trace fossils characteristics occurring in the Daye Formation of Lower Triassic in Huaxi, Guiyang

遗迹属	简单描述	习性类型	造迹生物
<i>Beaconichnus darwinum</i>	光滑简单沟槽状遗迹, 由两条窄的沟槽所组成, 无中沟, 直或微弯, 不分支相互之间交切, 整个遗迹宽度保持一致, 在5mm左右, 遗迹深度不超过4mm。	爬行迹	节肢动物
<i>Cosmorhapse</i> isp.	简单不分支隆脊状遗迹, 呈蛇曲形沿层面做规则弯曲, 蛇曲大小由两级组成, 蜿蜒互不交切, 也不封闭; 遗迹与层面平行, 宽度一致, 在1mm左右。	牧食迹	蠕虫类
<i>Circulichnis</i> isp.	沿层面或底面分布的圆环形潜穴, 构成完全闭合的圆环形遗迹; 通道直径约5~9mm, 环的直径6~8cm, 保存为沿层面的底迹凸起。	觅食迹	蠕虫类
<i>Dendrorhapse haentzscheli</i>	树枝状管状潜穴, 具有数个分支; 主潜穴管较粗, 直或微弯, 长13cm左右, 宽度一致, 为4mm; 分支潜穴管较细, 与主潜穴呈70°分支, 宽2mm, 长4cm左右。	觅食迹	蠕虫类?
<i>Gordia molassica</i>	光滑细长蠕形遗迹, 宽度一致, 在1.5mm左右, 沿层面分布, 不分支, 任意弯曲, 但不呈蛇曲, 与模式种的区别是在层面上弯曲程度不大, 遗迹本身相互交切。	爬行迹	蠕虫动物
<i>Glockerichnus</i> isp.	具有许多放射状迹的星状构造, 脊直接自中心辐射, 中心无空白区, 中心始发端直径7~10mm, 向外延伸变窄; 放射脊的长短不一致, 6~13cm。在主要放射脊之间, 有些插入的小放射脊, 保存为底迹铸型。	觅食迹	蠕虫类?
<i>Gyrochorte comosa</i>	保存在岩层表明为两列瓣状突起隆脊, 受保存影响, 未见隆脊上斜行足迹排列; 遗迹中间被细沟分开, 整个遗迹沿层面分布, 宽度一致, 在5~6mm左右。	觅食迹	腹足类 多毛类蠕虫
<i>Maeandropolydora</i> isp.	蜿蜒曲折的犁沟形遗迹, 沿层面展布, 保存为表迹凹槽, 通道宽度一致, 4~6mm, 长度不一, 可以相互交叉。	觅食迹	蠕虫类?
<i>Micatuba</i> isp.	沿层面分布管状潜穴系统, 管直或微弯, 保存表迹凹槽, 从一中心分出, 略呈放射形; 遗迹分管排列不规则, 每一分管直径一致, 为6mm。	居住迹	蠕虫类?
<i>Mammilichnis aggers</i>	半球形乳头状突起, 宽14mm, 高4.5mm, 保存为下底面突起。	停息迹	蠕虫类?
<i>Megagraption irregulare</i>	直而微弯的潜穴通道, 分支近直角, 由不规则的多边形或矩形构成网孔, 网孔不闭合; 通道宽度一致, 宽1.5mm, 保存为表迹突起。	牧食迹	多毛目 环节动物
<i>Planolites beverleyensis</i>	柱形亚柱形潜穴, 直或微弯曲, 沿层面展布, 长度不一, 丰度较大; 潜穴不分支, 相互交切, 潜穴深度在2mm以内, 表现为表迹突起或表迹沟槽, 充填物比围岩颜色深。	觅食迹	小型多毛类
<i>Palaeophycus</i> isp.	圆柱形或亚柱形潜穴, 潜穴直或微弯曲, 表明光滑, 不分支, 潜穴具衬里, 相互之间交切, 潜穴充填物与母岩颜色相同保存为表迹突起。	觅食迹	多毛类蠕虫
<i>Phycosiphon incerta</i>	潜穴常构成一系列相连的水平或倾斜的J或U形弧状迹, 常构成鹿角状向一侧分支。	觅食迹	多毛目 环节动物
<i>Phycodes circinatus</i>	水平束状柱形潜穴, 呈扫帚状, 管面光滑, 主潜穴管与分支潜穴管直径相等, 为1.5mm; 分支管呈弧形, 半圆形向一侧弯曲, 保存为表迹突起, 潜穴深小于0.5mm。	觅食迹	蠕虫状 环节动物 海腿动物
<i>Rhizocorallium jenense</i>	简单U形潜穴, 并具蹼状构造, 与层面近平行; U形潜穴两翼管近于平行, U管直径1.2mm, 两翼间距4mm。	居住 觅食迹	甲壳纲动物
<i>Thalassinoides</i> isp.	沉积内三度空间分枝的潜穴系统, 并有垂直管与沉积面相通, 表面光滑, 潜穴直径4~8mm不等。常见Y形或垂直分枝, 在分枝处略为膨胀, 分枝120°左右。	居住 觅食迹	甲壳纲动物
<i>Undichna</i> isp.	由水平分布的波线组成, 波线杂乱分布, 不定向, 长度不等, 最长有13cm; 波线宽度均匀一致, 为1mm, 遗迹在层面上呈简单弯弧形弯曲, 个体之间相互交切。	游泳迹?	鱼类迹刻画而成

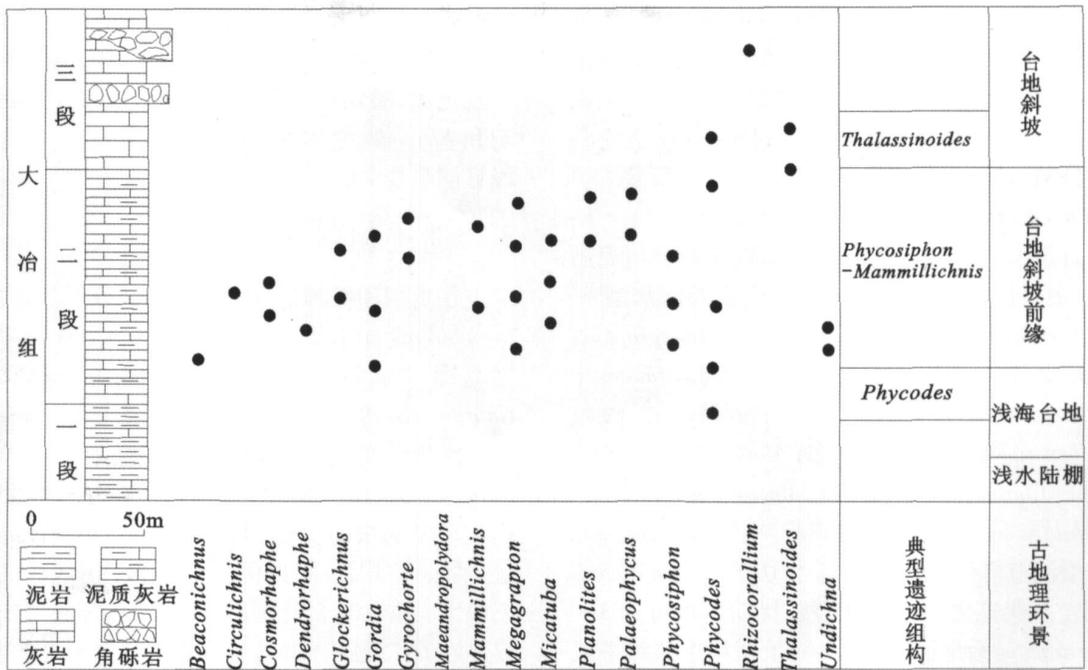


图 2 贵阳花溪大冶组遗迹化石分布、遗迹组构与古地理环境

Fig 2 Distribution of trace fossils ichnofabrics and paleoenvironment in Daye Formation

化石的分布差异较大,其中第二段遗迹丰度和分异度最大,除前人描述过的 14个遗迹属之外,本次研究在该区域首次发现 *Circulicrinis* *Glockerichnus* *Maeandropolydora* *Thalassinoides*等 4个遗迹属(表 1)。

第一段为黄绿、深灰色页岩夹薄层灰岩及泥灰岩,底部可见黄绿色薄层蒙脱石粘土,厚约 50 m。产遗迹化石 *Phycodes circinatus*和 *Planolites beverleyensis*。

大冶组第二段为单层毫米一厘米级灰色薄层灰岩与灰色薄板泥质灰岩韵律互层,厚 100 ~ 200 m。遗迹化石产于韵律层中灰色薄板灰泥岩和中厚层浅灰色类球粒灰岩夹层,大都平行于层面,表面光滑,以形状规则的分枝状、网状、放射状、蛇曲形为主,分异度和丰度高;此段中部的灰色薄层含泥灰岩生物扰动强烈,遗迹化石难以鉴定。主要产出 *Beaconichnus* *Cosmorhaphe* *Circulicrinis* *Dendrorhaphe* *Gordia* *Glockerichnus* *Gyrochorte* *Mammillichnis* *Maeandropolydora* *Micatuba* *Megagraption* *Phycosiphon* *Planolites* *Palaeophycus* *Phycodes* *Undichna*等 16个遗迹属。

第三段为灰色中一厚层泥晶灰岩夹角砾灰岩,厚 36 ~ 130 m。产有 *Rhizocorallium* *Thalassinoides* *Phycodes*等 3个遗迹属。

2 遗迹组构分析

遗迹组构分析能较好地查明遗迹化石形成的先后、世代关系和阶层特点^[5],这是做遗迹相分析,形态功能分析和生态环境分析的基础。贵阳花溪大冶组中的遗迹化石主要为层面交切组构,根据遗迹化石的组合特征、交切关系,自下而上划分出三个遗迹组构。

2.1 *Phycodes*遗迹组构

*Phycodes*遗迹组构主要保存于大冶组第一段上部薄层泥质灰岩夹层中,以 *Phycodes circinatus*的大量出现为主要特征,伴随有少量的 *Planolites beverleyensis*。该组构在沉积物中扰动程度较低,扰动指数^[6]为 2。*Phycodes*呈扫帚状沿层面分布,与围岩颜色基本相同,保存为表迹突起,潜穴深度小于 0.5 mm,潜穴直径约为 1.5 mm。分支管呈弧形、半圆形向一侧弯曲。*Planolites*平行或斜层面分布,个体直径 4 mm 左右,潜穴深度在 2 mm 以内,表面光滑,充填物颜色深于围岩。*Phycodes*与 *Planolites*虽然在同一层面分布,但是未见交切,可能是由于该组构遗迹化石密度小所致。

*Phycodes*被解释为蠕虫状的环节动物 (*Amnelids*)^[7]、海鳃动物 (*Pennatulacea*) 和海笔 (*Sea*

pens)^[8]所形成的觅食构造。Phycodes过去被认为主要是浅海相的指相遗迹化石,主要发现于 Cruziana 遗迹相,常见于潮坪、前三角洲、泻湖和滨外等,但偶在微咸水环境和深水环境也有记录;Planolites 适应各种深度环境,其小型化可能是由于水体缺氧所致^[9]。

2.2 Phycosiphon Mammilichnis 遗迹组构

发育于大冶组第二段中部的薄板状灰岩与泥质灰岩中,主要包括以 Phycosiphon 为代表的深水型^[10]遗迹:Phycosiphon Cosmorhaphé Gordia Megagraptón 以 Mammilichnis 为代表的浊积岩系遗迹: Mammilichnis Globkerichnus Planolites 和 Palaeophycus 该组构以 Phycosiphon 的密集分布, Mammilichnis Cosmorhaphé Gordia Globkerichnus Megagraptón Planolites 和 Palaeophycus 的大量出现为特征。Phycosiphon 等深水型浊流事件前遗迹^[10]常交切于 Mammilichnis 等浊积岩系遗迹之上,扰动强烈,扰动指数可达 3~5。Phycosiphon 沿层面分布,由一系列相连的水平或倾斜的 U 形弧状通道组成,总体呈鹿角状或 J 形,弧形潜穴管表面光滑,宽约 1~2 mm。Phycosiphon 是由造迹生物在沉积物中摄食潜穴而形成的,为远洋深海静水环境沉积,属于前后浊流过渡沉积相分子^[9];半球形乳头状突起的停息迹 Mammilichnis 保存为下底面突起,宽 14 mm,高 4.5 mm 目前认为是多成因遗迹,常见于浊积岩^[11]。

该遗迹组构以觅食迹和耕作迹占绝对优势,其形成与大冶组第二段韵律层的成因有密切联系。当有陆源泥补给时,钙屑加泥质浊流沿斜坡缓慢而下,形成泥质碳酸盐岩沉积,发育 Mammilichnis Globkerichnus Planolites 和 Palaeophycus 等浊积岩系遗迹;当沉积稳定,水动力极弱时,以泥晶碳酸盐岩沉积为主,Phycosiphon 等浊流前遗迹发育,并交切于此前的浊积岩系遗迹之上。根据上述遗迹化石及沉积学特征,Phycosiphon-Mammilichnis 组构为台缘下斜坡浊流沉积产物。

2.3 Thalassinoides 遗迹组构

该遗迹组构发育在大冶组第三段灰色中一厚层泥晶灰岩中,包括 Thalassinoides Phycodes 等 2 个遗迹属,扰动程度较弱。Thalassinoides 为近表面三度空间展布的居住及觅食潜穴系统,表面光滑,潜穴直径 4~8 mm 不等,常见 Y 形或垂直分支,在分支处略为膨胀,分支一般为 120°左右。一般认为是海生迹系甲壳动物十足目虾或类虾动物的居住兼觅食潜穴,常产于潮间带滨海环境,现代海岸地带玉虾类常形成类

似的穴道。该遗迹组构中偶见 Phycodes 与 Thalassinoides 出现在同一层面,未见交切,Phycodes 个体较第一段更大,潜穴直径为 5~7 mm。Thalassinoides 的出现和 Phycodes 个体的变大说明大冶组第三段水体较浅且能量变大。

3 遗迹相划分

在贵阳和谷脚附近大冶组第一段下部富含菊石: Lytophyceras sp., L. cf. commue Ophyceras sinensis 等; 鸚鵡螺: Pleuronautilus sp., Phaedrysonautilus sp., Nautilus sp 等,代表了三叠纪初期快速海侵,海水迅速变深之后又稍微变浅阶段的沉积^[12]。由于海平面的快速上升, Cruziana 遗迹相中大部分造迹生物不能适应环境的快速变化,而 Phycodes 和 Planolites 的造迹生物适应广泛,得以保存。贵阳花溪地区虽位于早三叠世碳酸盐岩台地缓斜坡前沿,但台地与盆地的分异是在原二叠纪碳酸盐岩台地内的基础上产生的,分异的古地貌差尚不明显。结合岩性特征及大量伴生的菊石 Lytophyceras sp., L. cf. commue Ophyceras sinensis 等分析,花溪地区当时属远离潮坪、滨岸,属滨外浅海,与 Phycodes 指示的 Cruziana 遗迹相一致。

大冶组二段中部的钙屑泥灰岩一灰泥岩的韵律层呈加积结构,为饥饿段沉积,生物扰动强烈,其中 Cosmorhaphé Megagraptón 是 Nereites 遗迹相的典型遗迹属^[13]; Circulidichnis Gordia Globkeria 等遗迹属在中生代也多见于 Nereites 遗迹相^[11]; Phycodes Phycosiphon 是 Zoophycos 遗迹相典型遗迹属^[12]; 其它遗迹属如 Planolites Palaeophycus 多见于 Cruziana 遗迹相。在分异度方面, Nereites 遗迹相分子为主要成员;在丰度方面, Zoophycos 遗迹相的 Phycosiphon 最为丰富, Planolites Palaeophycus 等广相性遗迹属也有大量产出。结合大冶组二段灰色薄板状生物扰动灰岩与黄灰色薄层泥质灰岩的韵律性特征以及沉积层序的饥饿段特征^[14],该段遗迹组合应代表 Zoophycos 遗迹相向 Nereites 遗迹相的过渡。产于该段的 Phycosiphon-Mammilichnis 组构,为台缘下斜坡浊流沉积,也证明了该段有 Nereites 遗迹相的存在。

大冶组三段的灰色中一厚层泥晶灰岩夹角砾灰岩表明在这一时期水体能量相对增大,海水总体变浅,与 Thalassinoides 遗迹组构反应的水体环境一致。该段沉积产出有 Ophiomorpha Rhizocorallium Thalassinoides Phycodes 等 4 个遗迹属,其中 Ophiomorpha Rhizocorallium 等 2 个遗迹属仅见于第三段上部。根

据 4 个遗迹属的指相性, *Thalassinoides-Phycodes* 遗迹组构为 *Cruziana* 遗迹相下部, 而 *Ophiomorpha Rhizocorallium* 可能为 *Cruziana* 遗迹相上部。

4 讨论

4.1 多相遗迹分子共生分析

大冶组第二段不仅有 *Nereites* 遗迹相分子和 *Zoophycos* 遗迹相分子, 也能见到少量 *Cruziana* 遗迹相分子 (*Phycodes Thalassinoides*) 和一些穿相分子 (*Planolites Palaeophycus*)。这些遗迹属的含量与习性类别各不相同: 觅食迹 (60.9%)、游泳迹 (18.5%)、爬行迹 (5.3%)、觅食迹 (13.2%)、居住迹 (1%) 和停息迹 (1%)。在该段造迹生物数量多, 属种丰富, 多相遗迹分子共生, 这不仅与其特殊的古地理位置—碳酸盐岩台地缓斜坡前缘相关, 也受二叠纪末的生物灭绝的影响。在重大生物集群灭绝之后, 缺乏生物链支持的“生态裸地”上新生物群落的拓殖和发展以及生态系统的重建是一个复杂的生物—环境相互作用的过程^[13]。二叠纪末的生物灭绝对研究区的生物链也造成了重要影响, 在下三叠统大冶组中仅发现少量双壳类 *Claraia wangi* *C. griesbachi* *Eumorphotis* cf. *hinanitidea* 和菊石 *Ophiceras sinensis* *Lybphiceras* sp 等, 未见底栖生物实体化石。这种缺乏生物链支持的“生态裸地”为 *Nereites* 相造迹生物提供了生存空间, 加之研究区位于碳酸盐岩台地缓斜坡前缘特殊的古地理位置, 浊流从台地上带下来的物质为造迹生物提供充足的养料, 这两种因素的是该区造迹生物多样化的主要原因。

4.2 沉积环境

从遗迹相分析, 大冶组一、三段为 *Cruziana* 遗迹相, 表现为陆棚浅海沉积环境。目前, 对贵阳花溪地区大冶组沉积环境的认识分歧主要存在于第二段, 有的学者认为该段遗迹组合指示的是远岸潮下带的浅海环境^[14-16], 该区域遗迹化石形成在远岸潮下带的浅海低能带。有的学者基于 *Nereites* 相遗迹化石的出现认为该段为台地斜坡深水相沉积^[17]。早三叠世印度期研究区位于扬子台地为台地缓坡前缘, 水动力低、缺氧的古环境, 因此导致了 *Nereites* 相分子和 *Zoophycos* 相分子的同时出现。该段的 *Phycosiphon-Mammillidnis* 组构为浊流产物, 应该形成于水体相对较深的台缘下斜坡带。由于该区在早三叠世处于台缘缓斜坡带, *Nereites* 遗迹相指示的海水深度与 Frey 等 (1980) 的模式图相比较可能要浅, 本文推测本区

Zoophycos 遗迹相—*Nereites* 遗迹相指示的海水深度相当于正常海的 *Zoophycos* 遗迹相, 可能达到半深海环境。

5 结论

(1) 贵阳花溪地区下三叠统大冶组中富产遗迹化石, 共产出 18 个遗迹属; 自下而上可识别出三个遗迹组构: *Phycodes-Phycosiphon-Mammillidnis* 和 *Thalassinoides* 遗迹组构; 根据遗迹化石各属种分布, 自下而上共出现了四个遗迹相: *Cruziana* 遗迹相、*Zoophycos* 遗迹相、*Nereites* 遗迹相和 *Cruziana* 遗迹相。

(2) 在早三叠世印度期花溪地区位于扬子碳酸盐岩台地前缘缓坡下部, 发育 *Phycodes* 组构属于 *Cruziana* 遗迹相, 指示滨外浅海环境; 早三叠世印度期中期, 海平面上升并达到最大高度, 发育 *Phycosiphon-Mammillidnis* 组构属于 *Zoophycos* 遗迹相—*Nereites* 遗迹相, 代表台缘下斜坡半深海低能环境; *Thalassinoides* 组构属于 *Cruziana* 遗迹相, 指示早三叠世印度期末的浅水高能环境。

致谢 中国地质大学地球科学学院龚一鸣教授和贵州大学资环学院王约副教授在标本鉴定和成文过程中提出宝贵建议, 贵州地质矿产局魏家庸高级工程师在野外工作中给予指导帮助, 在此一并致谢。

参考文献 (References)

- 1 Ekdale A A, Bromley R G. Trace fossils and ichnofabric in the Kjøbygaard Marl, Upper Cretaceous, Denmark [J]. *Bulletin of Geological Society of Denmark*, 1983, 31: 107-119
- 2 齐永安, 胡斌, Bruno Mistiaen 等. 粤北晚泥盆世天子岭组遗迹组构及其环境解释 [J]. *煤田地质与勘探*, 2005, 33(2): 11-14 [Qi Yong'an, Hu Bin, Bruno Mistiaen, et al. Ichnofabrics and their environmental interpretation from Tianziling Formation (Upper Devonian) of northern Guangdong [J]. *Coal Geology and Exploration*, 2005, 33(2): 11-14]
- 3 贵州省地质矿产局. 贵州区域地质志 [M]. 北京: 地质出版社, 1987 [Guizhou Bureau of Geology and Mineral Resources. *Regional Geology of Guizhou Province* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 1987, 277-298]
- 4 杨瑞东. 贵州早、中三叠世台地—盆地相过渡区层序地层及沉积地球化学特征 [J]. *高校地质学报*, 1998, 4(1): 95-102 [Yang Rui-dong. Early-Middle Triassic sequence stratigraphy and sedimentary geochemistry at the facies transition region in Guizhou, China [J]. *Geological Journal of China University*, 1998, 4(1): 95-102]
- 5 龚一鸣, 刘本培, 肖诗宇, 等. 中国海相泥盆纪遗迹组构及其与沉积层序的关系 [J]. *地球科学: 中国地质大学学报*, 1997, 22(2): 123-128 [Gong Yiming, Liu Benpei, Xiao Shiyu, et al. Marine Dev-

- nian ichnofabrics of China and their relations to sedimentary sequences [J. Earth Science Journal of China University Geosciences 1997 22(2): 123-128]
- 6 齐永安. 生物扰动和遗迹组构的描述与分析 [J. 河南地质, 1999 17(4): 273-277 [Qi Yong'an The description and analysis of bioturbation and ichnofabric [J. Henan Geology 1999 17(4): 273-277]
- 7 Seilacher A. Spuren und Lebensweise der Trilobiten. Spuren und Fazies in Unterkambrium [C] // Schindewolf O. Seilacher A eds Beiträge zur Kenntnis des Kambrium in der Salt Range (Pakistan). Akad Wiss Lit Mainz Math naturwiss Kl Abh 1955 10: 11-143
- 8 Bradley J. Radiolites, Chondrites and Phycodes: trace fossils of Anthropoid sea pens [J. Pacific Geology 1981 15: 73-86
- 9 罗茂, 时国, 龚一鸣. 贵阳花溪早三叠世遗迹化石及其对二叠纪末生物大灭绝事件后生物复苏的启示 [J. 古地理学报, 2007 9(5): 519-532 [Luo Mao Shi Guo Gong Yiming Early Triassic trace fossils in Huaxi region of Guiyang and their implications for biotic recovery after the end-Permian mass extinction [J. Journal of Palaeogeography 2007 9(5): 519-532]
- 10 晋慧娟, 李育慈, 方国庆. 中国古代深海沉积和遗迹化石群落 [M]. 北京: 科学出版社, 2003: 180-189 [Jin Huijuan Li Yuci Fang Guoqing The Paleobryozoa Deposit and Ichnocoerases in China [M]. Beijing Science Press 2003: 180-189]
- 11 杨式溥, 张建平, 杨美芳. 中国遗迹化石 [M]. 北京: 科学出版社, 2004 1-353 [Yang Shipu Zhang Jianping Yang Meifang Trace Fossils of China [M]. Beijing Science Press 2004 1-353]
- 12 肖加飞, 魏家庸, 胡瑞忠. 扬子地台西南缘早三叠世层序地层格架 [J. 沉积学报, 2004 22(2): 310-318 [Xiao Jiafei Wei Jiayong Hu Ruizhong The early Triassic sequence stratigraphic framework in the southwestern margin of Yangtze platform [J. Acta Sedimentologica Sinica 2004 22(2): 310-318]
- 13 Frey R W, Pemberton S G. Trace fossils models [C] // Walker R G ed. Facies Models 2nd edition. Geological Association of Canada Reprint 1984 Series 1
- 14 王尚彦. 贵州贵阳地区下三叠统凝缩段的遗迹化石特征 [J. 岩相古地理, 1997 17(2): 58-62 [Wang Shangyan Trace fossils from the lower Triassic condensed section in the Guiyang district Guizhou [J. Sedimentary Facies and Palaeogeography 1997 17(2): 58-62]
- 15 王约, 王训练, 史晓颖. 贵州独山地区晚泥盆世 F-F 生物灭绝后的先驱生物及其在生态系统重建过程中的意义 [J. 中国科学: D 辑, 2006 36(43): 05-315 [Wang Yue Wang Xunlian Shi Xiaoying Pioneer organisms after F-F mass extinction in Dushan region Guizhou Province and their significance in establishing new ecosystem [J. Science in China Series D 2006 49(5): 449-460]
- 16 王尚彦. 贵阳市花溪地区下三叠统大冶组中遗迹化石及沉积环境 [J. 贵州地质, 1987 (4): 301-310 [Wang Shangyan Trace fossils and their sedimentary environments in Daye Formation Lower Triassic of Huaxi area Guiyang [J. Guizhou Geology 1987 (4): 301-310]
- 17 陈文一. 贵州三叠纪遗迹化石及古地理意义 [J. 贵州地质, 1990 (4): 288-296 [Chen Wenyi Yang Ruidong The significance of Triassic trace fossils and palaeogeography in Guizhou [J. Guizhou Geology 1990 (4): 288-296]

Trace Fossils and Their Depositional Environments of the Early Triassic Daye Formation in Huaxi Area, Guiyang

SHI Guo¹ YU Mei-yi² LUO Mao³ TIAN Jing-chun¹

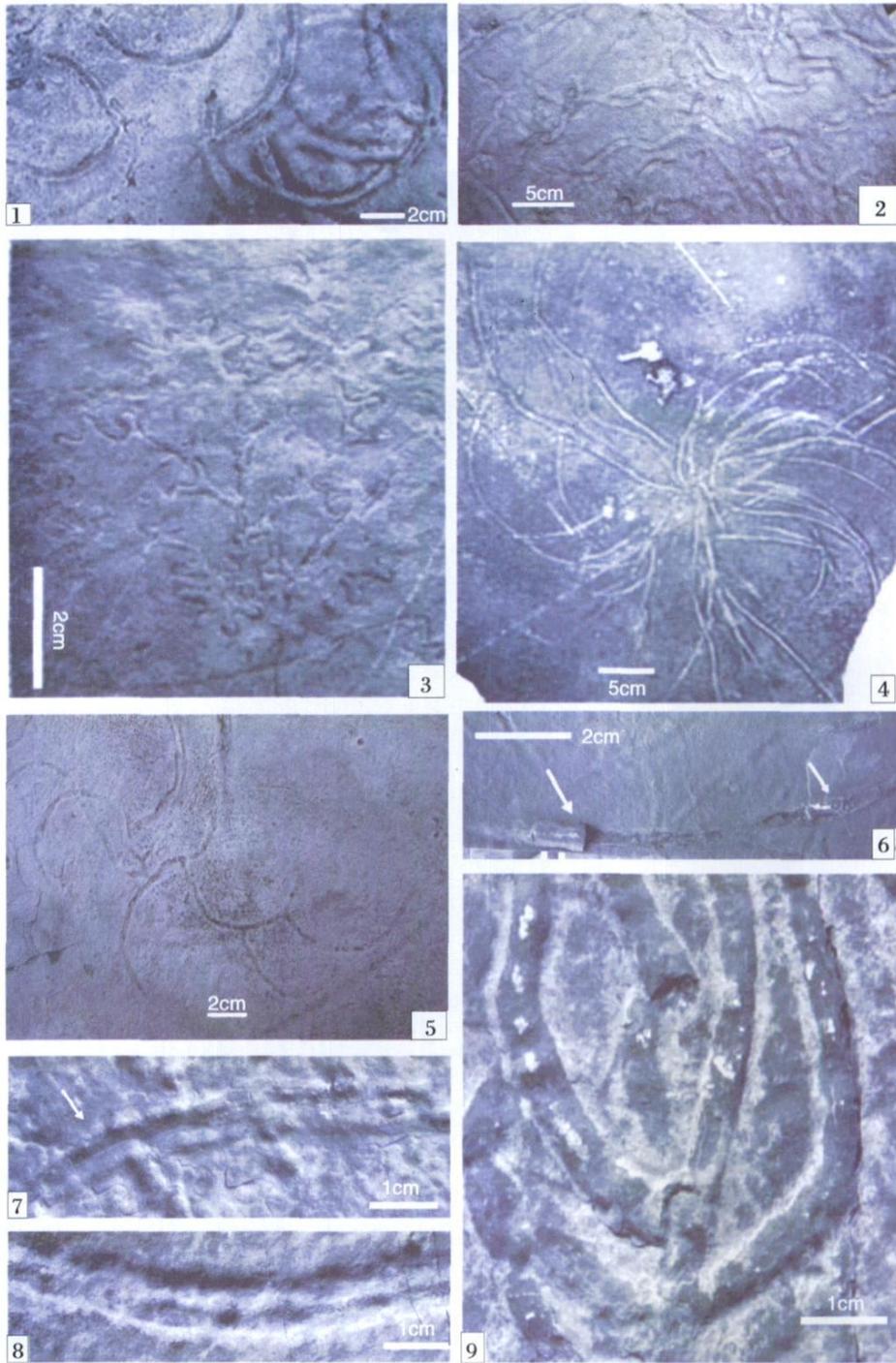
(1. Institute of Sedimentary Geology, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059

2. School of Resource and Environment Technology, Guizhou University, Guiyang 550003

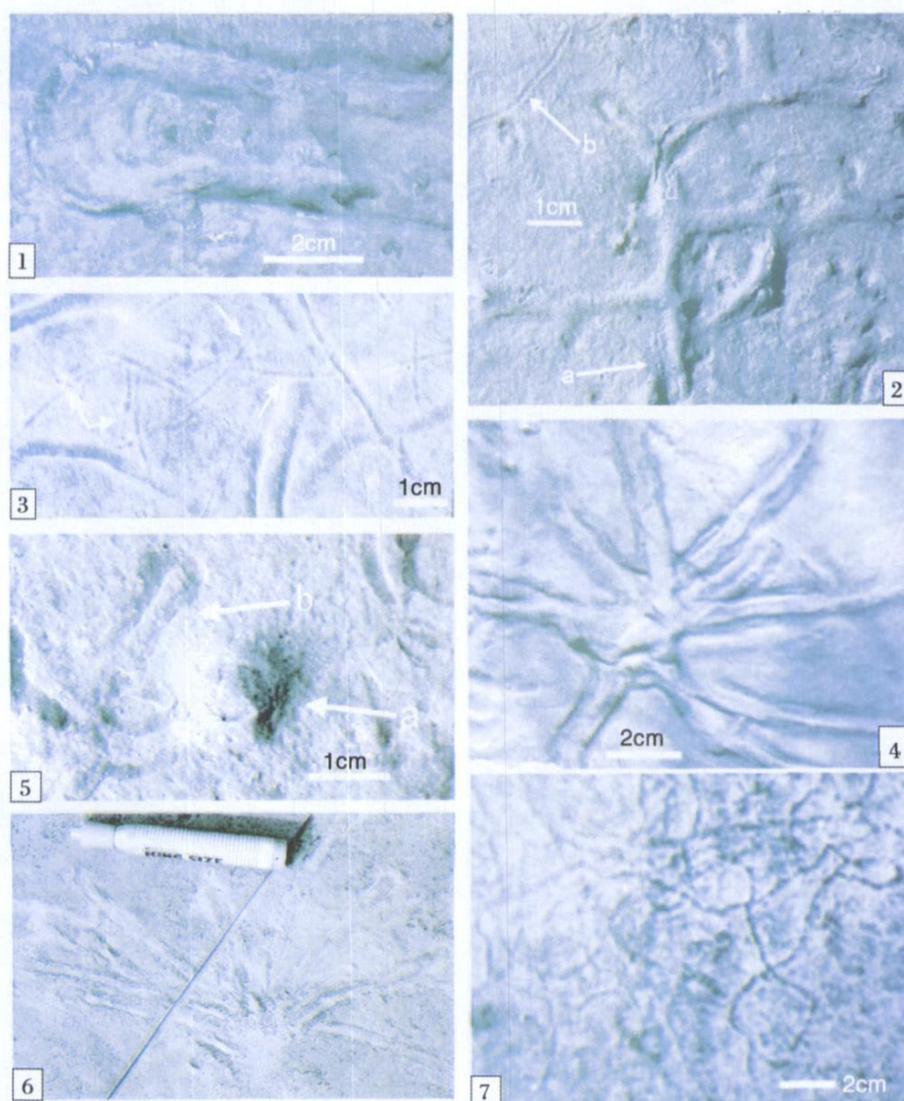
3. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640)

Abstract There are lots of trace fossils preserved in the Lower Triassic Daye Formation in Huaxi area of Guiyang. Eighteen ichnogenera have been found in this region: *Beacnidnus*, *Cirulidnus*, *Cosmorhapha*, *Dendrorhapha*, *Glokeridnus*, *Gyrochorte*, *Gordia*, *Maendropolydora*, *Micatuba*, *Mammillidnus*, *Megagraptus*, *Planolites*, *Palaeophycus*, *Phycodes*, *Phycosiphon*, *Rhizocorallium*, *Thalassinoides* and *Undidna*. Some trace fossils have been found for the first time, and they are *Cirulidnus*, *Glokeridnus*, *Maendropolydora*. Three ichnofabrics have been found in Daye Formation, including *Phycodes* ichnofabric, *Phycosiphon-Mammillidnus* ichnofabric and *Thalassinoides* ichnofabric. Based on the relative abundance of the ichnogenera in Daye Formation, four ichnofacies have been distinguished: *Cruziana* ichnofacies of the first and third member, *Zoophycos* ichnofacies and *Nereites* ichnofacies of the second member. Combined with the analysis on ichnofabrics, the ichnofacies research shows that the study area located the front line of carbonate platform slope margin, and reflected less energy and anoxia environment. *Phycodes* ichnofabric and *Thalassinoides* ichnofabric can be assigned to *Cruziana* ichnofacies, *Phycosiphon-Mammillidnus* ichnofabric can be assigned to *Zoophycos* ichnofacies, *Nereites* ichnofacies.

Key words Daye Formation, Early Triassic, trace fossils, ichnofabrics, ichnofacies, sedimentary environment, Guiyang



图版I 说明: 1 *Circulidhnismontanus* 编号: GHD-22-14; 2 *Maendropolydora* ichnosp., 编号: GHD-18-4; 3 *Phycosiphon* ichnosp., 编号: GHD-21-9; 4 *Micatuba* ichnosp., 编号: GHD-11-21; 5 *Megagraptus* ichnosp., 编号: GHD-18; 6 *Planolites beverleyensis* 编号: GHD-13-7; 7 *Gyrochorte* ichnosp., 编号: GHT-9-7; 8 *Gyrochorte canosa* 编号: GHT-9-9; 9 *Palaephycus* ichnosp., 编号: GHT-10-7



图版 II 说明: 1. *Rhizocoallium kueichuensis* 编号: GHT-21-1; 2. a 为 *Thalassinoides callianassa* b 为 *Planolites* 编号: GHT-18-2 3. *Undichna ichnosp.* 编号: GHD-24-3; 4. *Gloderichnus glaber* 编号: GHT-5-7; 5. a 为 *Mammillidius aggers* 编号: GHD-19-6 b *Phycosiphon* 与 a 交切; 6. *Phycodes* 编号: GHD-18-11; 7. *Gardia molassica* 编号: GHD-23-8 图版 I, II 标本均产自贵阳花溪区大冶组, 现保存于贵州大学资源与环境工程学院古生物博物馆。另外, 标本 *Beacnidnus darwinus* *Comorhaphes isp* 和 *Dwndriohaphes haentzschelii* 见“贵阳花溪早三叠世遗迹化石及其对二叠纪末生物大灭绝事件后生物复苏的启示”(罗茂, 时国等, 2007) 中插图 2.3 保存于中国地质大学(武汉)地球科学学院地球生物系