

广西黎塘孤立台地吉维特阶—法门阶碳酸盐台地生态系到菌藻生态系的演变及其意义

张哲², 杜远生^{*1,2}, 龚一鸣^{1,2}, 黄宏伟², 曾雄伟², 李珊珊², 欧阳凯²

1. 中国地质大学生物地质与环境地质教育部重点实验室, 湖北武汉 430074

2. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074

摘要: 自泥盆纪埃姆斯期, 广西受陆内裂隙影响, 形成碳酸盐台地与台沟间列的构造格局。吉维特期开始, 六景及相邻的黎塘一带逐渐形成孤立台地的沉积背景。吉维特期, 六景剖面的民塘组为以竹节石为特色的礁前斜坡生态系, 尽管目前没有出露生物礁, 从礁前角砾岩可以恢复曾经存在的礁生态系。而黎塘一带塘家湾组为以珊瑚、层孔虫、腕足类为主要特色的台地生态系。弗拉斯期, 六景剖面的谷闭组则为少量珊瑚、腕足、层孔虫为特色的局限—半开放台地生态系。黎塘一带的桂林组仍为以珊瑚、层孔虫、腕足类为主要特色的台地生态系。六景、黎塘地区自法门期开始发生生态系突变, 六景剖面的融县组和黎塘一带的东村组发育藻礁丘或藻席为特色的藻生态系。该生态系的突变是 F-F 生物群集绝灭造成的生物类群突变的结果。生态系的特征也与吉维特—弗拉斯期烃源岩的形成、演化密切相关。

关键词: 广西; 泥盆系; 碳酸盐台地; 生境型; 群落。

中图分类号: Q911.6

文章编号: 1000-2383(2007)06-0811-08

收稿日期: 2007-09-06

Transformation from Devonian Givetian Carbonate Platform to Famennian Bacteria-Algae Ecosystem in Litang Isolated Platform, Guangxi, and Its Significance

ZHANG Zhe², DU Yuan-sheng^{1,2}, Gong Yi-ming^{1,2}, HUANG Hong-wei², ZENG Xiong-wei², LI Shan-shan², OUYANG Kai²

1. Key Laboratory of Biology and Environmental Geology of Ministry of Education, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

2. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

Abstract: The carbonate platforms and the intraplatform troughs resulted from intracontinental rifting were simultaneously developed in Guangxi since the Emsian stage of Devonian. An isolated platform was found to occur at Liujing and Litang areas in central Guangxi since the Givetian stage. A fore-reef slope ecosystem characterized by tentaculites was identifiable in Mintang Fm. in Liujing during the Givetian stage. The occurrence of the reef ecosystem was inferred by the reef congregates in Mintang Fm. rather than the reef outcrop. The carbonate platform ecosystem in the Givetian Tangjiawan Fm. in Litang is composed of corals, stromatopoda and brachiopoda. An ecosystem of a restricted and partly-open platform developed in Frasnian Gubi Fm., characterized by a small proportion of corals, brachiopoda and stromatopoda. Frasnian Guilin Fm. in Litang is shown to be an ecosystem of a carbonate platform composed of corals, brachiopoda and stromatopoda. An abrupt ecosystem change was observed to occur at the boundary between Frasnian and Famennian. Ecosystems of Rongxian Fm. in Liujing and Dongcun Fm. in Litang of Famennian are composed of algae reef and algae sheet. The ecosystem variation was proposed to result from the well known F-F faunal mass extinction. These ecosystem features are closely related to the forming and the evolution of the source rocks in this region.

Key words: Guangxi; Devonian; carbonate platform; biohabitat type; community.

基金项目: 中国石油化工股份有限公司海相油气勘探前瞻性项目(No. G0800-06-ZS-319).

作者简介: 张哲(1966—), 女, 副研究员, 在读博士研究生, 从事沉积学研究。

* 通讯作者: 杜远生, 男, 教授, 博士生导师, 沉积学方向. E-mail: dxyyz@cug.edu.cn

广西泥盆系是我国海相碳酸盐岩分布广泛、沉积积分明显、烃源岩发育类型齐全的地层之一。尤其是广西桂中地区, 吉维特期—法门期受陆内裂陷影响, 形成孤立台地与台间裂陷海槽间列的构造—沉积盆地格局。黎塘和横县六景分别位于黎塘孤立台地内部和台地前缘斜坡, 是孤立台地烃源岩研究的理想地区。本文以横县六景、黎塘位于孤立台地—台地前缘斜坡吉维特期—法门期生态系研究为切入点, 研究台地生态系到菌藻生态系的演变, 探讨生态系和古环境变化的过程以及烃源岩的形成机理。

1 沉积背景及地层特征

受加里东末期广西运动的影响, 广西泥盆纪除了钦州地区继承早古生代海槽沉积外, 全区褶皱隆升为陆。泥盆纪开始, 海水自南而北入侵。早泥盆世洛赫考夫期到布拉格期以滨岸陆源碎屑沉积为主, 早埃姆斯期碎屑岩、碳酸盐岩交替发育。早泥盆世晚埃姆斯期到法门期, 强烈活动的同沉积断裂切割海盆, 形成了台地—台间裂陷海槽交替、棋盘式的古地理格局(钟铿等, 1992)。这种格局控制沉积和地球生物相的分布, 构成了广西泥盆纪特有的分异明显、丰富多彩的生物组合。

广西中泥盆世吉维特期到晚泥盆世弗拉斯期—法门期, 碳酸盐台地广泛发育一系列孤立台地。黎塘孤立台地吉维特期之后逐渐形成, 并出现孤立台地、台地前缘斜坡的地层分异(表 1)。

六景台地前缘斜坡相区民塘组含有牙形石 *Polygnathus asymmetricus*, *P. pseudofalialis*, *Ancyrodella rotundiloba* 等, 其时代为吉维特阶。谷闭组下部出现牙形石 *Polygnathus disparilis* 和 *P. asymmetricus* 带化石, 包括 *Polygnathus disparilis*, *P. dubius*, *P. latifossatus*, *P. asymmetricus* 等, 其时代为弗拉斯阶。六景剖面的弗拉斯阶—法门阶的界限目前尚未准确确定。图 1 中 87 层含弗拉斯阶牙形石 *Pa. gigas*。剖面 95—96 层含有少量珊瑚、腕足类碎片, 97—98 层为藻礁, 99 层为第四系覆盖未出露。100 层含法门阶最底部 *Early triangularis* 亚带的牙形石 *Pa. triangularis* (钟铿等, 1992)。因此, 融县组 100 层以上的地层时代肯定为法门阶。考虑到 95—96 层含有珊瑚、腕足类化石, 推测弗拉斯阶—法门阶的界限位于 97 层底部。

黎塘孤立台地内部年代地层研究较弱。该区吉

维特阶为塘家湾组中、上段。塘家湾组中段含较多珊瑚、腕足类、层孔虫、棘皮类、软体类等化石。上段含较多的藻纹层、藻球粒、藻屑。上泥盆统分为桂林组、东村组、额头村组, 桂林组含少量牙形石 *Icriodus alternatus* 等, 其时代为晚泥盆世弗拉斯阶。东村组上部见少量腕足类 *Tenticospirifer*、有孔虫 *Septatourneyella rauserae* 及介形类 *Leperditia mansuetata* 等, 其时代为晚泥盆世法门阶早期。额头村组内含较多有孔虫及少量腕足等化石。有孔虫分为 *Quasiendothyra* 和 *Septatourneyella* 两个化石带, 其时代为晚泥盆世法门阶晚期。

2 吉维特期—法门期碳酸盐台地生态系

桂中地区中泥盆世吉维特阶开始, 同沉积断裂强烈活动导致台间海槽发育, 陆源物质供应减少, 形成孤立碳酸盐台地。碳酸盐台地的发育使水体动荡、清澈、温暖、富氧、光线充足, 底栖生物珊瑚、层孔虫、腕足类、软体类、棘皮类等大量发育, 而台间海槽仅出现浮游生物竹节石和介形虫等。在造礁生物造架、粘结、障积和生物碎屑不断加积中, 在碳酸盐台地边缘逐渐形成具有抗浪能力的层孔虫—珊瑚礁。吉维特阶晚期到弗拉斯阶随着海侵范围进一步扩大, 层孔虫—珊瑚礁消失, 碳酸盐台地上层孔虫、珊瑚、腕足、海百合等正常浅海生物发育。法门期受 F—F 事件影响, 宏体生物大量灭绝, 代之而起的菌藻类生物极其繁盛。因此, 吉维特期到法门期, 孤立台地的生物出现了明显的分异, 形成不同类型的生态系。

2.1 吉维特期台地—台地边缘生物礁—礁前斜坡生态系

黎塘地区的吉维特阶塘家湾组上部为典型的碳酸盐台地沉积, 而横县六景的吉维特阶民塘组为典型的台地前缘斜坡沉积, 其背景沉积为薄层—中厚层泥状灰岩和极少量的粒泥灰岩, 事件沉积为礁前角砾形成的粗砾灰岩和漂砾灰岩。因此民塘组既保存了背景沉积的原地生态系, 又可以通过事件沉积恢复地表未出露的礁生态系。所以黎塘孤立台地吉维特期发育了典型的碳酸盐台地—台地边缘生物礁—礁前斜坡 3 个典型的生态系(图 1, 图 2)。

黎塘地区的吉维特阶塘家湾组台地生态系主要以四射珊瑚、腕足类、层孔虫类为特色。包括腕足类

表 1 黎塘和六景剖面泥盆纪地层对比

Table 1 Correlation of the Middle to Upper Devonian between Litang and Liujing sections

| 年代 | 地层 | 黎塘台地相区 | 六景斜坡相区 |
|------|------|--------|--------|
| 上泥盆统 | 法门阶 | 额头村组 | 融县组 |
| | 法门阶 | 东村组 | |
| | 弗拉斯阶 | 桂林组 | 谷闭组 |
| 中泥盆统 | 吉维特阶 | 塘家湾组 | 民塘组 |
| | 艾菲尔阶 | 塘家湾组 | 那叫组上部 |

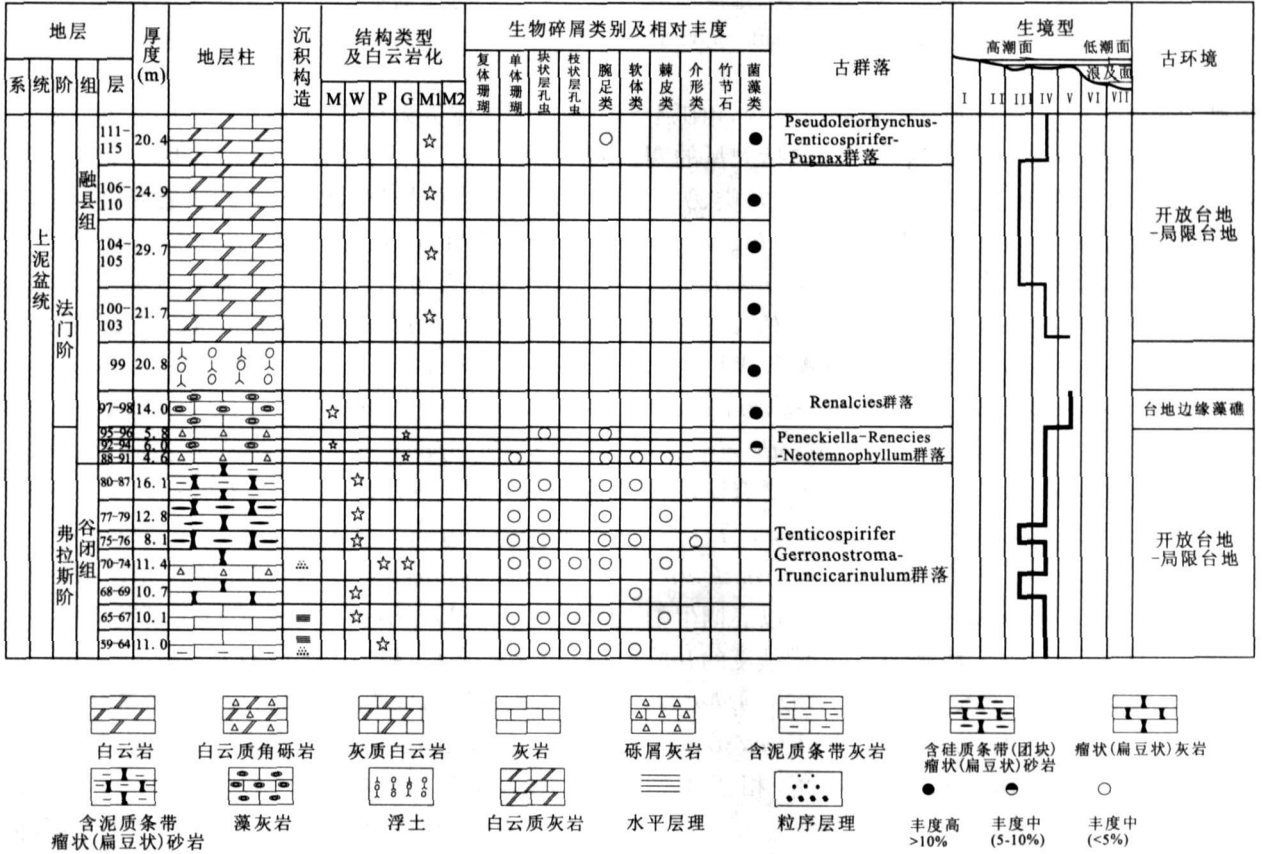


图 1 广西六景泥盆系吉维特阶— 法门阶生境型柱状图

Fig. 1 Column of biohabitat types from Givetian to Famennian of Devonian in Liujing section, Guangxi

M. 泥状结构; W. 粒泥结构; P. 泥粒结构; G. 粒状结构; M 1. 白云岩化; M 2. 白云岩

Stringocephalus sp., *Schizophoria stroatula*, *Schizophoria* sp., *Atrypa* sp., *Emanuella* cf. *takwanensis*, *Emanuella* sp. 等。珊瑚类 *Stringophyllum* sp., *Temnophyllum* sp., 层孔虫类 *Stromatopora* sp., *Atelodictyon* sp., *Amphipora* sp., *Climacostroma* sp. 等。该生态系腕足类 *Stringocephalus*, 珊瑚类 *Stringophyllum*, 层孔虫类 *Stromatopora* 为优势属, 形成 *Stringocephalus-Stringophyllum-Stromatopora* 群落, 为典型的碳酸盐台地生态系, 相当于生境型 IV (图 2)。

六景剖面民塘组的原地生态系为礁前斜坡生态

系。民塘组从近底部开始到 58 层在背景沉积的薄板状灰岩中富含薄壳竹节石化石, 以 *Nowakia* cf. *otomari* 为主, 其次为 *Styliolina* (钟铿等, 1992)。该竹节石生物群分异度低, 数量多, 保存完好, 一般沿层面或平行层面分布, 其生态类型为浮游型。因此民塘组原地生态系是以 *Nowakia* 群落为代表的浮游生态系, 相当于生境型 VI (图 1, 图 2)。

黎塘孤立台地吉维特阶地表没有发现典型的生物礁沉积, 但横县六景、伶俐等地民塘组发现典型的礁前角砾岩。因此可以根据民塘组的礁前角砾岩中的造礁生物间接恢复台地边缘生物礁生态系。民塘

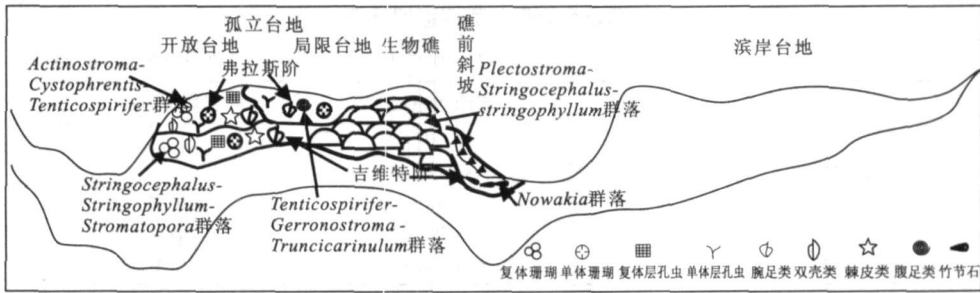


图 2 六景—黎塘吉维特—弗拉斯期孤立台地生境型剖面示意图

Fig. 2 Section of biobiosphere types of isolated platform from Devonian Givetian to Frasnian of in Liujing and Litang sections

组礁前角砾岩中造礁、喜礁生物都极其发育, 角砾中生物含量高达 50%~80%。这些生物包括大量的四射珊瑚、层孔虫、腕足及少量的棘皮类、腹足类、头足类等。民塘组礁角砾岩中珊瑚类包括 *Stringophyllum minitangensis*, *Acanthophyllum involutum*, *Dohmophyllum liujingensis*, *Cystiphyllodes disjunctus*, *Temnophyllum* sp. 等。腕足类代表性的属种包括 *Stringocephalus* sp., *Rensselandia curyirstris*, *Desquamatia desquamata*, *Acrothyris* sp., *Hhynchospirifer* sp. 等。层孔虫类主要有 *Plectostroma* sp., *Actinostroma clathratum*, *Trupestromia ruedemanni*, *Pseudoactinodictyon lenticulane*, *Stromatopora septa* 等。这些生物以底栖生物为特色, 反映富氧、清洁、浅水动荡、正常盐度的开放水体。该生态系以 *Plectostroma*、*Stringocephalus*、*Stringophyllum* 为优势属, 组成 *Plectostroma-Stringocephalus-Stringophyllum* 群落, 相当于生境型 V (图 1, 2)。

综上所述, 黎塘孤立台地吉维特期可以划分为台地生态系、台地边缘生物礁生态系、台地前缘斜坡生态系三种生态系类型 (图 2)。台地生态系以丰度较高、分异性较强的腕足类、珊瑚、层孔虫、软体类等为特色, 反映适合生物生长的动荡、富氧、开放的水体。台地边缘礁生态系以含有大量的造礁生物 (如珊瑚、层孔虫) 及喜礁生物 (如软体类、棘皮类、腕足类等) 为特色, 代表生物生活条件极佳的开放水体。礁前斜坡生态系以浮游的竹节石为特色, 反映较深水、静水的生活环境。这种生态系的空间分异是由台地不同部位生物的生活环境差异造成的。

2.2 弗拉斯期碳酸盐台地生态系

弗拉斯期黎塘孤立台地生物礁消失, 主要发育碳酸盐台地沉积。相对来讲, 黎塘一带弗拉斯阶桂林组生物更为繁盛, 而六景一带生物比较稀少, 反映前

者较后者水体更为开放, 生物的生活环境更为良好, 因此二者生态系组成具有一定差异 (图 1, 图 2)。

黎塘一带的桂林组以灰岩、白云质灰岩为主, 内含大量层孔虫、珊瑚、腕足类、软体类、棘皮类等化石。层孔虫化石包括 *Actinostroma corpulalata*, *Actinostroma tabulatum*, *Amphipora corpulata*, *Atelectyon multitectum*, *Clathrocoilone* sp., *Stromatopora* sp.。珊瑚化石包括 *Cystophrentis* sp., *Syringopora* sp. 等。腕足类包括 *Tenticospirifer villic kwangsiensis*, *Cystospirifer* sp., *Schizophoria* sp., *Camposita* sp., *Marginifera* sp., *Rugosochonetes* sp. 等。因此桂林组为 *Actinostroma-Cystophrentis-Tenticospirifer* 群落为特色的开放台地生态系, 相当于生境型 IV。

六景一带弗拉斯阶谷闭组为一套含红色泥质条带灰岩、泥晶灰岩、含硅质团块或条带的扁豆状灰岩。谷闭组的生物主要分布于谷闭组底部, 包括腕足类、珊瑚类、棘皮类、层孔虫等。其生物种类丰富, 但属种相对单调。谷闭组底部的 59—74 层出现了腕足类 *Tenticospirifer* sp., *Ilmenia* sp. 等新属种, 谷闭组珊瑚类主要有 *Paracolumnaria* sp., *Tabulophyllum* sp., *Truncicarinulum* sp., *Temnophyllum* sp. 等, 集中分布在 59—74 层。谷闭组层孔虫类除了从民塘组延续下来的 *Clathrostroma* sp., *Actinostroma* sp., *Amphipora* 等, 还有 *Gerronostroma* sp., *Salirella* sp., *Stachyodes* sp., *Paramphipora* sp. 等。谷闭组生态系以 *Tenticospirifer-Gerronostroma-Truncicarinulum* 群落为代表, 相当于生境型 III—IV (图 1, 图 2)。

融县组底部 (88—96 层) 为含生物碎屑的砾屑灰岩, 属于台地边缘斜坡相沉积。砾屑中生物含量达 5% 左右, 其种属分异度低, 个体数量不多, 生物化石破碎, 说明为异地埋藏。生物种类有腕足、珊瑚等, 以

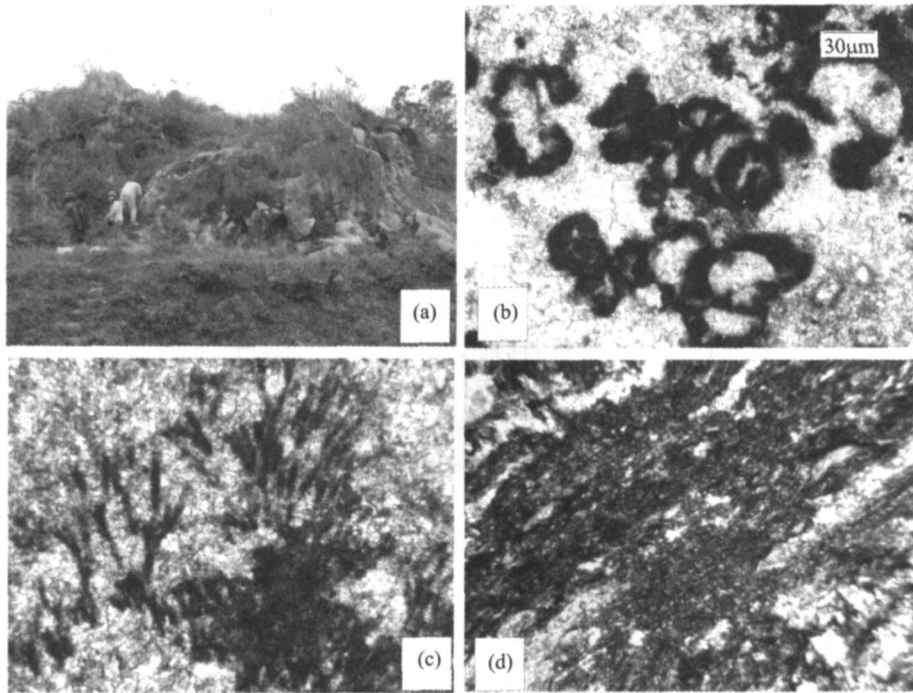


图 3 广西六景融县组 97—98 层藻灰岩

Fig. 3 Algae limestone in 97—98 beds of Rongxian Fm. in Liujiing, Guangxi

a. 藻礁 b. 肾形藻 c. 表附藻, d. 球松藻

及少量的核形石和叠层石. 珊瑚主要有 *Penneckiella*, *Neotemnophyllum* 等. 腕足类有 *Atrypa* 等, 并有少量的 *Tenticospirifer*. 藻类主要有 *Renecies* sp. 等. 该生物态系以 *Penneckiella-Renecies-Neotemnophyllum* 群落为代表. 相当于生境型 IV (图 1, 图 2).

融县组底部 (88—96 层) 为含生物碎屑的砾屑灰岩, 属于台地边缘斜坡相沉积. 砾屑中生物含量达 5% 左右, 其种属分异度低, 个体数量不多, 生物化石破碎, 说明为异地埋藏. 生物种类有腕足、珊瑚等, 以及少量的核形石和叠层石. 珊瑚主要种属有 *Penneckiella*, *Neotemnophyllum* 等. 腕足类有 *Atrypa* 等, 并有少量的 *Tenticospirifer*. 藻类主要有 *Renecies* sp. 等. 该生物态系以 *Penneckiella-Renecies-Neotemnophyllum* 群落为代表. 相当于生境型 IV.

综上所述, 黎塘孤立台地弗拉斯期可以划分为开放台地生态系、局限台地生态系两种生态系类型 (图 2), 开放台地生态系以富含大量珊瑚、腕足类、层孔虫、软体类、棘皮类等为特色, 生物丰度高, 分异性强, 化石保存不完整. 反映动荡、富氧的开放水体. 局限台地生态系生物丰度低, 分异性差, 以少量珊瑚、腕足类、层孔虫及软体类为特色, 反映较安静、轻

度贫氧的局限或半开放水体. 开放台地和局限台地生态系的分异反映了台地不同部位生物的生活环境差异.

2.3 法门期藻生态系

六景融县组 97—98 层为藻粘结灰岩, 属盆地边缘典型的藻礁相沉积. 该藻礁地貌上为圆丘状的正向碳酸盐隆起 (图 3a), 厚度 14 m 左右. 表面呈纹层状或花斑状构造, 无层理. 生物以蓝细菌为主, 还含有钙球、藻孢子. 少量的介形虫等生物与藻类共生. 而黎塘东村组主要为藻纹层白云岩或灰质白云岩, 内藻席发育. 六景融县组菌藻生态系含有大量菌藻类化石, 可鉴定的类别包括:

肾形藻 (*Renalcies*) 生长形态从由几个房室组成的单间群体到许多房室组成复杂的总花序状集合体. 显著特征是藻丝体具有空心而膨大的房室集合体, 房室集合体的直径一般 $> 50 \mu\text{m}$, 隐粒结构 (图 3b). 肾形藻是上泥盆统重要的造礁微生物.

表附藻 (*Epiphyton*) 由密集而二分枝的叶状体放射丛组成, 呈小灌木丛植物, 叶状体为园管状, 直径约为 $30 \mu\text{m}$, 实心, 不分节, 暗色隐粒结构 (图 3c). 表附藻常与肾形藻共同出现, 也是上泥盆统重要的造礁微生物之一. 只见于 98 层底部, 数目较少, 其他

层位未见。

球松藻(*Sphaerocodium*)生长形态是特有的层纹状,并且形状和大小各异。群体皮壳状,由大致平行壳面的圆管层藻体叠积而成(图 3d)。管径 40 μm ,管壁隐粒结构,管内充填微晶。在横切面中圆管体断面为圆形,呈串珠状排列。球松藻也是上泥盆统重要的造礁地微生物之一。只见于 97 层底部,数目较少,其他层位未见。

钙球(*Calcspheres*)是钙质球状体的统称。钙球空心,有明显的壳壁,壳壁为隐粒结构,内腔为晶粒结构,十字消光,直径一般为 50~100 μm 。融县组 97—98 层的钙球数目多,可分为二种:刺球形钙球和圆形钙球。刺球形钙球以外表面具有放射状排列的刺为主要特征。圆形钙球为简单圆形,薄壳外有栉壳状泥晶套包裹。钙球的成因一般被认为是粗枝藻的生殖孢子。

融县组 97—98 层的生态系以 *Renalcies* 群落为代表。相当于生境型 V。融县组 100—113 层含藻团粒,藻屑,以及钙球。在各别层段偶见形态较好的肾形藻和表附藻。其生态系所对应的生境型为 III—IV。

融县组顶部(114—115 层)灰质白云岩、白云质灰岩含少量腕足类化石,包括 *Pseudoleiorhynchus posturalicus*, *Pugnax* sp., *Tenticospirifer* sp. 等。该生态系以 *Pseudoleiorhynchus-Tenticospirifer-Pugnax* 群落为特色,相当于生境型 IV。

3 讨论

3.1 生态系演变与弗拉斯—法门期生物群集灭绝事件

弗拉斯阶—法门阶之交的生物灭绝事件是全球 5 大生物灭绝事件之一(通称 F-F 事件)。在这次灭绝事件中,受影响最强烈的生物主要有珊瑚(—25 科)、具铗腕足类(—17 科)、菊石(—14 科)、海百合(—13 科)、盾皮鱼类(—12 科)、层孔虫(—11 科,几乎全部绝灭)、三叶虫(—8 科)、介形虫(—10 科)。在属种级别上,绝灭率较高的生物类别是层孔虫(几乎全部绝灭),竹节石(几乎全部绝灭),四射珊瑚的浅水种(96%),深水种(60%~70%),浮游植物(90%),腕足类(86%),菊石(86%),三叶虫(57%)。该事件发生于 *linguiformis* 带和 *triangularis* 带之间,并且具有全球性、等时性特征(McGhee, 1996)。

对于华南 F-F 事件,许多学者从生物灭绝和生

物复苏(Liao, 2002; Wang and Ziegler, 2002)、化学地层和同位素(Yan *et al.*, 1993; Bai, 1995; Hou *et al.*, 1996; Wang *et al.*, 1996; 王大锐等, 2001)、层序和旋回地层及海平面变化(龚一鸣和李保华, 2001; Chen and Tucker, 2003)、分子地层(龚一鸣等, 2002)等方面进行了研究。关于 F-F 事件的原因,一直有地内原因(如缺氧事件等)和地外原因(外星碰撞地球)的不同认识(Joachimski and Bug-gisch, 1993; Racki, 1999)。Gong *et al.* (2005)通过碳同位素和分子化石分析,探讨了 F-F 之交菌藻微生物繁荣与集群绝灭的关系,认为 F-F 之交生物集群绝灭的多期性、选择性、全球性和同时性是菌藻微生物繁荣、中—低纬度浅水海洋生态环境不断恶化、积累出现赤潮的结果。

黎塘孤立台地内部吉维特期—弗拉斯期塘家湾组、桂林组含有大量底栖生物化石,如珊瑚、层孔虫、腕足类、软体类、棘皮类、介形类等,反映了该孤立台地处于浅水、动荡、富氧、正常盐度的开放海环境。斜坡相区吉维特期民塘组礁前角砾中发育大量的生物礁体系的造礁生物珊瑚、层孔虫及喜礁生物软体类、腕足类、棘皮类、介形类等生物组合,弗拉斯期谷闭组该区处于相对局限的台地环境,生物量和分异度不高,代表海水不太通畅的半局限海环境。

弗拉斯期末—法门期初,是华南海洋生态系的突变时期(图 4),它不仅表现为动物的群集灭绝,也表现为由于海洋生物群集灭绝带来的生态空间使生态链底层的低等藻类大量繁盛。华南地区弗拉斯期海洋底栖生物均十分繁盛,而法门初期这些生物突然消失,代之而起的藻类极其繁盛。法门期初,滇黔桂地区广泛分布藻礁、丘及广布的藻席,湘中、南地区出现广布的核形石滩,证实了藻类的大量繁盛填补了海洋动物集群灭绝带来的生态空间。同时,藻类的大量繁盛也造成了华南浅水海域的富营养化,更加剧了海洋生态环境的恶化,减缓了以石燕贝类为代表的生物复苏的进度。滇黔桂大部分地区法门期腕足类稀少,而位于海域边缘的湘中地区腕足类极其繁盛,可能说明华南海内部的滨岸、孤立台地环境恶化造成了这种生物分布的空间分异。

3.2 生态系演变与台地相烃源岩

华南地区泥盆系是中国南方优质烃源岩保存的主要层位之一。这些烃源岩包括孤立台地之间的台沟相区中的暗色泥质岩、泥灰岩、灰岩和台地相区暗色灰岩。由于台沟相区处于后期构造活动区,构造变

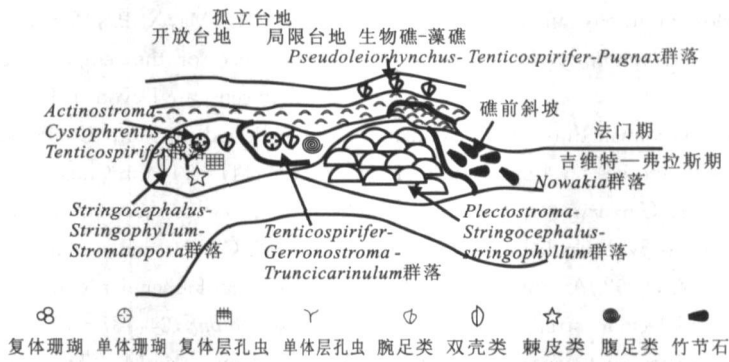


图 4 广西六景—黎塘泥盆纪吉维特期—法门期生态系突变示意图

Fig. 4 Mutation of ecological system from Givetian to Famennian of Devonian in Liujing and Litang sections, Guangxi

形强烈, 岩石经过轻微变质, 所以 R_o 值一般较高 ($>4\%$), 不利于油气的形成和保存. 而台地相区一般变形微弱, 容易形成油气藏, 且岩石一般未经高的温压改造, R_o 值多在 $1.5\% \sim 4\%$ 之间, 因此形成泥盆系主要的有效烃源岩类型.

黎塘孤立台地中上泥盆统烃源岩主要保存在六景民塘组、谷闭组上部, 黎塘塘家湾组中段和桂林组. 民塘组斜坡相背景沉积的底部为准厌氧相的暗色薄层含竹节石的水平纹层灰岩, 之上为不同程度贫氧相的暗色薄层—中厚层含低丰度珊瑚、腕足类、软体类、介形类等的灰岩. 谷闭组下部为常氧相的浅灰色含生物或生物屑的灰岩或含白云质灰岩, 上部为暗灰色中—厚层局限台地相的低丰度、低分异度的含生物灰岩. 黎塘一带的塘家湾组中部为贫氧相的暗色中—薄层含少量珊瑚、腕足类、层孔虫、软体类的灰岩、泥灰岩. 桂林组为贫氧相的含生物(屑)灰岩. 由于六景剖面民塘组、谷闭组地表岩石风化严重, TOC(%) 小于 0.1, 经风化校正后的 TOC(%) 为 0.1 左右(校正系数为 1.75), 为差的烃源岩, 而黎塘采石场塘家湾组中段 TOC(%) 为 0.28, 校正后为 0.5 左右, 为好的烃源岩, 桂林组野外露头校正后的 TOC(%) 为 0.12 左右, 也为差的烃源岩. 可以看出, 台地生态系的烃源岩是华南泥盆系除台沟之外的另一种烃源岩类型. 黎塘孤立台地的法门期主要为菌藻类生态系控制下的含菌藻灰岩、白云质灰岩、灰质白云岩. 虽然该时期成烃的原始有机质含量较高, 但由于处于法门期海平面下降期, 海水变浅, 水体动荡性加强, 环境富氧而造成有机质氧化, 没有形成烃源岩.

4 结论和问题

(1) 广西黎塘、六景地区吉维特期—法门期为典型的孤立碳酸盐台地沉积, 其中黎塘位于孤立台地内部, 六景位于孤立台地边缘. 孤立台地吉维特期发育典型的开放台地—台地前缘斜坡生态系, 根据礁前斜坡礁角砾中的造礁、喜礁生物可以恢复地表没有出露的台地边缘礁生态系. 弗拉斯期黎塘一带发育开放台地生态系, 而六景地区发育局限台地生态系.

(2) 弗拉斯期—法门期之交, 孤立台地海洋生态系发生突变, 由底栖动物组成的生态系突变为菌藻生态系, 生态系突变的主要原因是 F-F 群集灭绝事件造成的生态空间变化. 海洋生态系的突变同时造成了孤立台地海区富营养化, 进一步造成生活环境的恶化, 减缓了孤立台地区法门期的生物复苏.

(3) 由于六景剖面 99 层为覆盖区, 95—98 层目前没有发现牙形石化石, 因此本文弗拉斯—法门阶(F-F)界限仅根据 95—96 层含有珊瑚、腕足类化石确定, 有待进一步处理 95—98 层的牙形石样品, 以准确确定弗拉斯—法门阶的界限.

致谢: 野外工作期间曾得到广西地勘局邝国敦高级工程师、张淑玲高级工程师的指导.

References

Bai, S. L., 1995. High resolution correlation, Milankovitch cyclicity, and nickel event: Evidence from the Devonian of South China. Peking University Press, Beijing, 1—62.
 Chen, D. Z., Tucker, M. E., 2003. The Frasnian-Famennian mass extinction: Insights from high-resolution sequence

- stratigraphy and cyclostratigraphy in South China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 193: 87—111.
- Gong, Y. M., Li, B. H., 2001. Devonian Frasnian/Famennian transitional event deposits and sea-level changes. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 26(3): 251—257 (in Chinese with English abstract).
- Gong, Y. M., Li, B. H., Wu, Y., 2002. An integrated study of carbon isotope and molecular stratigraphy in the Frasnian-Famennian transition of Guangxi, South China. *Earth Science Frontiers*, 9(3): 151—160 (in Chinese with English abstract).
- Gong, Y. M., Xu, R., Tang, Z. D., et al., 2005. Relationships between bacterial-algal proliferating and mass extinction in the Late Devonian Frasnian-Famennian transition: Enlightening from carbon isotopes and molecular fossils. *Science in China (Series D)*, 48(10): 1656—1665.
- Hou, H. F., Muchez, P., Swennen, R., et al., 1996. The Frasnian-Famennian event in Hunan Province, South China: Biostratigraphical, sedimentological and geochemical evidence. *Mem. Inst. Geol. Univ. Louvain.*, 36: 209—229.
- Joachimski, M. M., Buggisch, W., 1993. Anoxic event in the late Frasnian: Causes of the Frasnian-Famennian faunal crisis? *Geology*, 21: 675—678.
- Liao, W. H., 2002. Biotic recovery from the Late Devonian F-F mass extinction event in China. *Science in China (Series D)*, 45(4): 380—384.
- McGhee, G. R., 1996. The Late Devonian mass extinction: The Frasnian-Famennian crisis. Columbia University Press, New York, 1—327.
- Racki, G., 1999. The Frasnian-Famennian biotic crisis: How many (if any) bolide impacts? *Geol. Rundsch.*, 87: 617—632.
- Wang, C. Y., Ziegler, W., 2002. The Frasnian/Famennian conodont mass extinction and recovery in South China. *Senckenbergiana Lethaea*, 82(2): 463—493.
- Wang, D. R., Ma, X. P., Dong, A. Z., et al., 2001. Isotopic evidence for the temperature change of the paleocean between Late Devonian Frasnian Period and Famennian Period in South China. *Acta Geoscientia Sinica*, 22(2): 141—144 (in Chinese with English abstract).
- Wang, K., Geldsetzer, H. J., Goodfellow, W. D., et al., 1996. Carbon and sulfur isotope anomalies across the Frasnian-Famennian extinction boundary, Alberta, Canada. *Geology*, 24: 187—191.
- Xu, R., Gong, Y. M., Tang, Z. D., 2006. Blooming of bacteria and algae: Possible killer of Devonian Frasnian-Famennian mass extinction? *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 31(6): 787—797 (in Chinese with English abstract).
- Yan, Z., Hou, H. F., Ye, L. F., 1993. Carbon and oxygen isotope event markers near the Frasnian-Famennian boundary, Luoxiu section, South China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 104: 97—104.
- Zhong, K., Wu, Y., Yin, B. A., et al., 1992. Devonian of Guangxi. China University of Geosciences Press Wuhan (in Chinese).

附中文参考文献

- 龚一鸣, 李保华, 2001. 泥盆系弗拉阶/法门阶之交事件沉积和海平面变化. 地球科学——中国地质大学学报, 26(3): 251—257.
- 龚一鸣, 李保华, 吴诒, 2002. 广西弗拉阶—法门阶之交碳同位素与分子地层对比研究. 地学前缘, 9(3): 151—160.
- 王大锐, 马学平, 董爱正, 等, 2001. 晚泥盆世弗拉斯期—法门期之交海水温度变化的同位素证据. 地球学报, 22(2): 141—144.
- 徐冉, 龚一鸣, 汤中道, 2006. 菌藻类繁盛: 晚泥盆世大灭绝的疑凶? 地球科学——中国地质大学学报, 31(6): 787—797.
- 钟铿, 吴诒, 殷保安, 等, 1992. 广西的泥盆系. 武汉: 中国地质大学出版社.