

桂林中、晚泥盆世环境旋回和生物事件

沈健伟

(中国科学院南京地质古生物研究所)

〔内容提要〕 桂林地区中、晚泥盆世的沉积包含了两个主要的环境旋回,从艾菲尔到维特期为一个旋回,从费拉斯到法门早期为另一个旋回。生物事件主要发生在第一个旋回的海侵高峰时期,而生物事件的直接结果则在第二个旋回充分显示出。在吉维特期和费拉斯期曾一度兴旺的许多生物类群(其中以可造礁生物居多)在法门期开始时结束了生命活动。这种环境的变化与全球海平面升降相一致,绝灭事件在当时地处热带的地区显示更为明显。

关键词 中、晚泥盆世 环境旋回 生物事件

1 引言

集群绝灭(mass extinction)成为生物进化史上的灾难性事件早已引起了众多古生物学家和其他相关学者的兴趣。继讨论最多的白垩纪末恐龙向其它地史时期的大规模绝灭事件,如晚泥盆世的费拉斯/法门(Frasnian/Famennian)事件,研究其规模,生产的影响以及引起绝灭的可能原因。研究 F/F 事件的工作首推 McLaven(1970,1982,1983),他认为一颗小行星或陨星的碰撞是这次绝灭事件的可能原因。

如果用已知的海相生物的属和科作为标准,那么中泥盆世可以说是古生代生物分异的高峰时期,然而到晚泥盆世中期,大量先前繁茂的生物类群遭到绝灭,而那些因急剧衰退而残存下来的生物类群就产生了石炭系的各种生物种。House(1975)重塑了泥盆纪时地处热带的一些地区的沉积相,并得出这些地区泥盆纪的海进、海退的总体规律(图1)。桂林地区以中、晚泥盆世地层发育最好,其海平面升降规律与北美和欧洲中、晚泥盆世所表现出的特征类似,以艾姆斯期以后的海平面持续上升,至法门期海平面又急剧下降,由此造成浅水碳酸盐台地生活的大量生物绝灭,如法门期以前丰度很高的层孔虫、珊瑚、腕足、双壳、头足头、三叶虫等。本文试图对桂林地区中、晚泥盆世的环境旋回作出分析,并讨论随后发生的生物绝灭事件是否与海平面升降变化造成的沉积相迁移有关。

2 泥盆纪生物发展背景和主要的生物相

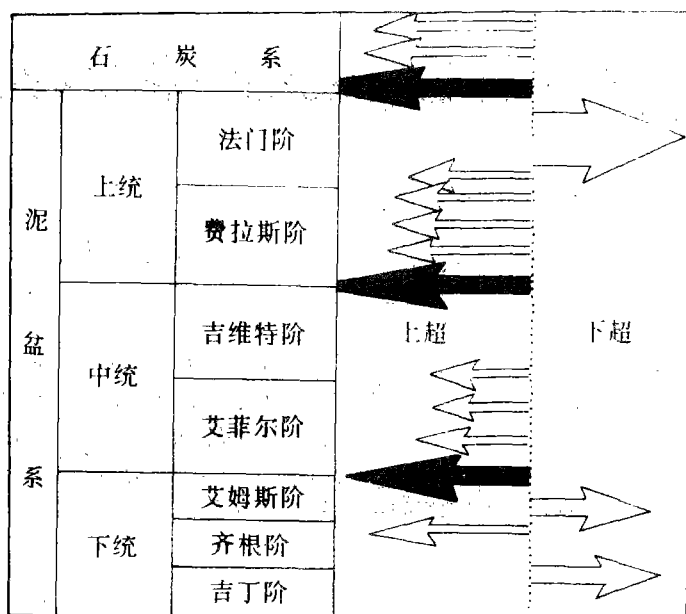


图1 欧洲和北美东部泥盆系主要海进海退阶段示意图(House, 1975)

Fig. 1 Simplistic and diagrammatic representation of the main transgressive and regressive phases during the Devonian in Europe and eastern North America(after House, 1975)

地史时期中生物的进化有几次重要的步伐,泥盆纪维管植物的出现也是这几次步伐中的重要一次。维管植物迅速发展使陆地上开始出现了最早的森林,鱼类的迅速分异占领了海洋、湖泊和河流,泥盆纪的陆生蜘蛛和有翅昆虫也许是地史中最早的由海生向陆生的殖民者。绿色植被的出现改善了当时的生态系统,其意义深远一直影响到从陆地到浅海陆棚环境。

已有记载的古生代海相无脊椎动物属的数量的最大值是中泥盆世的 110 属,晚泥盆世早期 900 属,至晚泥盆世末期只剩下 280 属。已有记载的古生代海相无脊椎动物科的最大值是中泥盆世的 330,到了晚泥盆世这些科减少到 290,这些数字表明泥盆纪是适宜动植物大爆发的有利时期。从北美、欧洲和华南的泥盆纪古生物、地层和沉积相资料分析,一次全球性的海平面上升开始于中、早泥盆世之交,并在以后的艾菲尔和吉维特时期形成了一种较为稳定的生境条件以适宜动物群分异,到晚泥盆世最初期这种动物群的分异部分结束,而到法门期开始后,海平面陡然下降,在这过程中,以前曾横极一时的许多生物类群大量绝灭。

就全球范围而言,泥盆纪大的沉积环境主要分为三类:陆相、滨岸碎屑岩相(部分包括碳酸盐岩礁沉积),清水或深水沉积物的海相(也包括一部分碳酸盐岩和礁沉积),而本文主要涉及的是后两种(海相)环境。就桂林地区而言,整个泥盆纪的沉积是从滨岸碎屑岩相向清水碳酸盐相转变的过程,与世界各地海平面上升主要时期相一致,整个泥盆纪湘桂粤海在早、中泥盆世之交有一次大规模海侵,但桂林地区在早泥盆世和中泥盆世早期处在近岸环境,海平面上升较其它地区要晚一个节奏,在艾菲尔和吉维特之交达到高峰(图 2)。从岩相和生物

相来看,桂林地区吉维特期之前沉积了大量碎屑岩,以腕足类和双壳类生物为主;吉维特期开始发育滩和补丁礁,层孔虫、珊瑚和腕足类大量发育;费拉斯期台缘各种藻礁、生物遗体滩、珊瑚层状礁形成,台内则以潮坪和礁后潟湖沉积为特征,双孔层孔虫、单体四射珊瑚、碗足类和双壳类为主要生物;法门早期除台缘发育藻礁和生物滩外,台内以潮上沉积为主,鸟眼灰岩发育,泥裂常见,生物几乎绝迹,绝灭事件在此达到高峰。

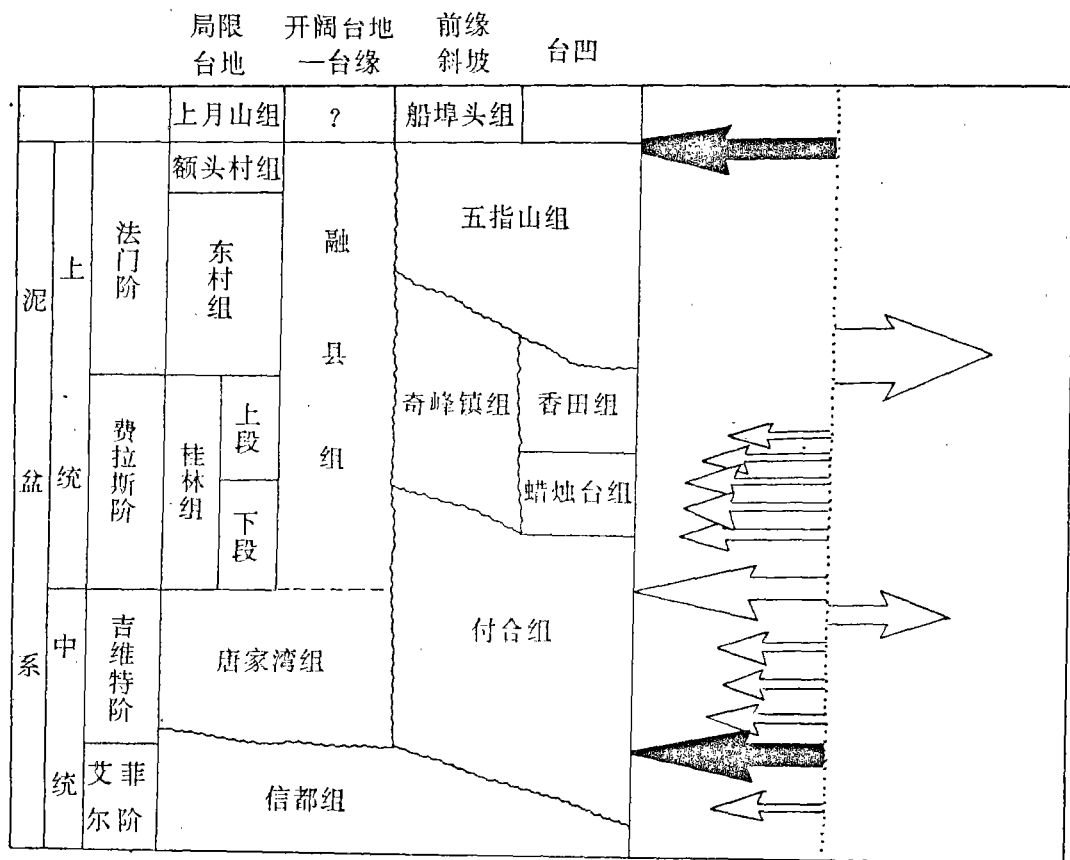


图 2 桂林地区中、晚泥盆世海进、海退示意图

Fig. 2 Sketch of the main transgressive and regressive phases during the Middle and Late Devonian in the Guilin region

3 桂林中、晚泥盆世环境旋回

桂林地区泥盆纪沉积物中记录了两个主要的环境旋回,从艾姆斯期到吉维特早、中期陆表海表现为广泛的海侵,至吉维特晚期的海退结束了这次旋回。从费拉斯期开始又复海侵,法门早期的海退结束了这次旋回(图3)。海水的最大深度和最开放的海相生境是在第一个旋回,而在第二个旋回海水极浅,环境局限,当海侵达到最大值时,沉积物分布最广,生物类群最为丰富。

桂林地区早泥盆世为海侵初期阶段,海水由南往北侵进。由于北临江南古陆,地势较高,

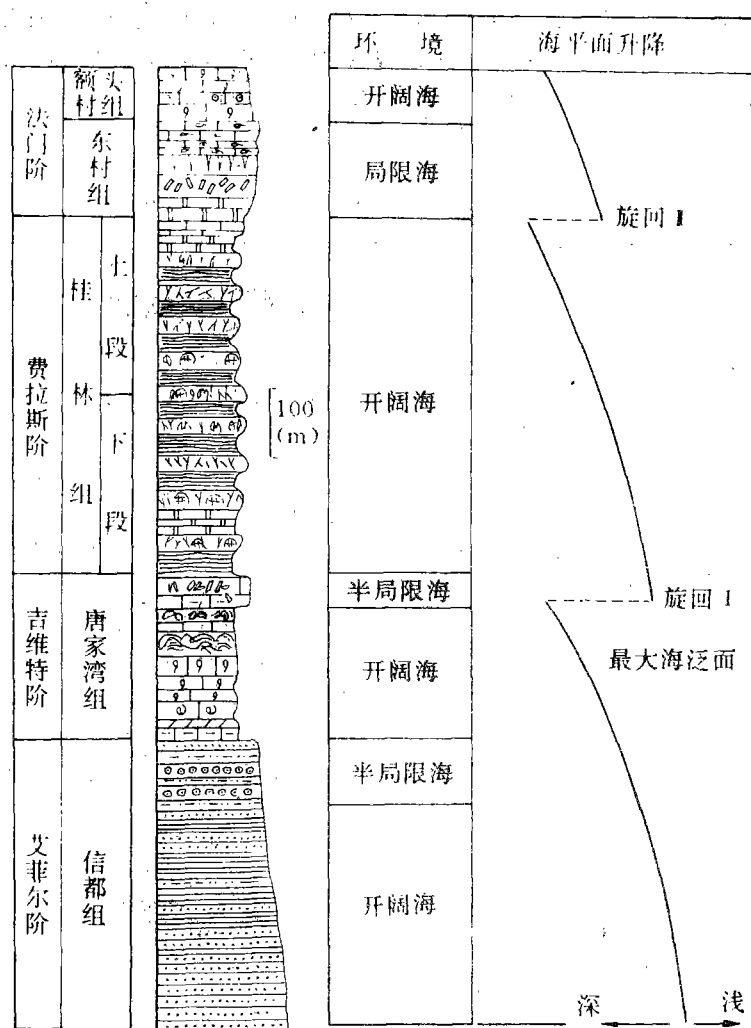


图3 桂林中、晚泥盆世环境旋回和海平面升降

Fig. 3 Environmental cycles and sea-level changes in the Guilin region during the Middle and Late Devonian

处于海水浅、离岸近、坡度缓的滨岸地带,属无障壁陆源碎屑海岸环境,自陆向海分别为前滨亚相砾石质、砂质、分砂质沉积类型,近滨亚相粉砂岩、页岩夹砂岩沉积类型。中泥盆世早期(艾菲尔期)继承了早泥盆世的沉积环境,由于海侵继续缓慢向北推进,海域面积不断扩大,研究区距海岸渐远,陆源物质变细,主要为近滨带粉砂岩、页岩和砂岩沉积类型。由于江南古陆提供了丰富的陆源碎屑,陆表海中形成了障壁砂堤,随着砂堤向海(南西方向)不断推进,部分地区转化为潟湖环境,沉积了一套石英砂岩夹鲕状赤铁矿层,含砾屑鲕状绿泥石岩、钙质泥岩。

中泥盆世艾菲尔/吉维特之交,海侵达到高峰,古陆基本夷平,加上陆地植被的出现,陆

源碎屑物供应极少,碳酸盐沉积广为发育,出现了碳酸盐台地和台沟争奇的地质景观。碳酸盐台地环境内水体清洁、海水畅通,广海底栖生物大量发育,造礁生物迅速生长,但由于此时为碳酸盐台地形成的初始阶段,台缘线状分布的礁、滩或浅滩不很发育,主要为一种台上补丁礁和滩并存的局面。在层孔虫发育的地方,形成层状补丁礁,在有些地方以单体珊瑚为主的底栖生物大量繁殖时,则形成了生物浅滩。到了吉维特晚期,海水曾一度退却,使台地内水体变浅,可造礁生物停止生长,继后被礁后潟湖—潮坪环境枝状层孔虫灰岩、生物砾屑灰岩、纹层状灰岩所覆盖,由于环境较局限,在淡水搀合作用影响下,台地白云岩化作用普遍较强,出现细、中晶白云岩。

晚泥盆世早期,在继承吉维特期台沟、台地沉积格局的基础上,由于海侵又复加强,海域面积不断扩大,海水加深,使台沟变宽。在台地边缘的台沟迎风面一侧,海水流畅,阳光充足,气候温暖,水体清澈,广海型的底栖生物大量发育,形成了星罗棋布,大小不等的藻屑滩、腕足类介屑滩、鲕粒滩、核形石滩;在台地西缘侯山一带出现了肾形钙藻、球松藻,红(蓝)藻生物滩,它们沿台地边缘断续相连构成障壁礁堤或浅滩坝。在礁滩堤坝之内为台地内部相区,属局限台地潟湖潮坪环境,由于与台沟海水不很畅通,循环受到一定限制,局限台地的特征生物细枝状双孔层孔虫,似双孔层孔虫繁盛且分布广泛,反映出台地内盐度较高,能量较弱的还原环境,当潟湖充填变浅后则转化为潮坪沉积。

晚泥盆世法门期虽然继承了早期的台地,台沟的沉积格局,但由于总体表现出海退的趋势,海水变浅,台沟变窄,台地相对扩大,在早期局限台地潟湖及潮坪环境的基础上演化为较单一、较稳定的潮坪环境,局部地区因潮汐作用较强形成了宽窄不等的潮滩沉积。在台地边缘相带的迎风面一侧,阳光充足,气候温暖,营养丰富,加上风浪作用和潮汐作用的双重影响,而形成藻屑滩。在藻屑滩的有利部位,常发育成藻礁或藻丘,自下而上依次出现了柱状叠层石丘,肾形钙藻礁,肾形藻-表附藻礁。随着海水的不断变浅,礁体的层位也相应变高,表现出前进型生物礁的特点。水体的变浅使得海流和潮汐对沉积盆地底部的作用加强,局部可形成鲕粒为主,砂屑为次的障壁滩,随着海退的持续,台地趋于平坦,潮坪浅滩化更加明显。

4 海平面升降与费拉斯期—法门期绝灭事件

桂林地区在泥盆纪时地处古赤道附近(白志强、白顺良,1990),有利于生物生息,也是形成大量碳酸盐沉积的有利地段。在中泥盆世海平面上升的高峰时期,从前的蚀源区变为海洋,这就给海相生物提供了更大、更有利的环境让它们去拓殖。海平面的变化造成了生境的变更,而其中的生物落也发生替演,适宜的水质和温度,使得生物大爆发、大分异。

生物群落和水底沉积物关系密切,控制生物分布的主要因素是海底沉积物本身,而频繁的海平面变化,使环境发生横向迁移,由此使得生物的环境耐受性压力增大。桂林地区在中、晚泥盆世,随着海平面的起落,环境也在不断变更。从艾菲尔期到法门期大致可分出三个从开阔到局限的环境旋回,有两次海侵、海退的过程,除海平面升降是主要的控制因素外,潮汐砂坝和台缘障壁的形成也是控制环境受局限的因素之一。艾菲尔早、中期之前研究区接受海侵,总表现出开阔海特点,晚期由于砂坝的不断形成和向海推进,开始表现出受局限潟湖沉积特点。吉维特早、中期的海侵高峰打破了以前的沉积格局,又复出开阔海的特点,吉维特晚期海平面的短暂下降,又使沉积环境相对局限,潟湖和潮坪沉积再现。费拉斯期,在海侵持续加强的同时,生物死亡后的加筑作用表现也较为明显,台内循环虽受限,但总体仍为开阔海

的特点,至法门期开始海退,海平面下降后,台地大部分暴露(图3)。

× 从中泥盆世开始表现出丰度很高的层孔虫、珊瑚和腕足类来看,前两种生物类群的演化和分布明显受生态环境控制,腕足类作为附礁生物受影响较小。此外,较为丰富的生物分类单元的波动也影响生物事件的发生。在两个主要的环境旋回中,生物事件与海水深度和环境受局限程度的关系最为密切。第一次主要的生物演化事件发生在吉维特早、中期海侵达到极大值期间,碳酸盐台地开始形成,层孔虫和珊瑚在水盆中广泛分布,而且其种类多样,在海水循环良好的地方,层孔虫多的块状、板状,珊瑚以丛状复体为主,伴有一些单体珊瑚。在海水循环不畅的地方,层孔虫则为小球状、半球状和不规则状,珊瑚则多为小型的单体和蠕虫状。在某些地方,当海水的深度超过珊瑚的承受极限时,它们则迁移到水盆边缘和构造上隆起区。当吉维特晚期海水退却时,层孔虫和珊瑚的演化出现危机,这时台地大部分地区对层孔虫、珊瑚这些地方性特征很浓的生物类群来说,环境条件变得恶劣,它们以特殊的种属生活在台地内部,而以前许多可造礁的层孔虫和珊瑚消失(图4)。第二次生物演化事件发生在第二个环境旋回开始的海侵阶段,由于层孔虫和珊瑚的造礁功能丧失殆尽,钙藻的掘起取代了它们以前的位置,台缘附近形成礁和藻丘,珊瑚主要是第一次环境旋回遗留下来的种属,种类极单调,局限在一些水流不畅的环境与细枝状 *Amphipora* sp. 共生,它们大量发育遍布台内环境,在水流畅通的地方,丛状生长的珊瑚可形成规模较大的层状礁。在这个环境旋回的海退阶段,以前丰富多彩的生物类群已完全消失,地方性的层孔虫、珊瑚、腕足、双壳、腹足大部分绝灭。至法门晚期海侵又重新开始时,外来的生物类群被引进,生物的演化和发散在新的基础上重新开始。

桂林地区费拉斯期/法门期生物绝灭事件实际上在吉维特晚期达到高峰,从(图4)桂林碳酸盐台地珊瑚的延续也可见一斑,在费拉斯期表面结果最为显著,海平面上升造成的特殊的环境和生物特别的爆发,表面看起来是一种生物类群繁荣的景象,实际上这已为它们的绝灭种下了祸根。从泥盆纪珊瑚的统计资料看,大部分种属只局限于中泥盆世,而且复体、丛状的珊瑚尤为明显,它们来也匆匆,去也匆匆,这是海平面上升时期造成的特殊环境造就了它们,一旦这种环境消失,这些貌似优秀的生物类群就会绝灭。海平面下降不是生物绝灭的真正动因,而只是绝灭事件的添加剂,每一次海侵都给某些生物带来一次表面的繁荣,因为这时海域面积扩大,可开垦的处女地颇多,适宜的生境,无节制繁殖,拼命地向大自然索取,最终会导致自身的灭亡。

生物演化的进程中存在着一种“优秀者的代价就是死亡(The price of distinction is death)”这一奇怪现象,这在桂林中、晚泥盆世生物绝灭事件中表现也尤为明显,当时横布海域的层孔虫、珊瑚、腕足、双壳在随海面升降变化中调节着自身的种属,曾一度兴旺发达,但大部分种群最终在费拉斯期末结束了生命活动。从种群特点看,它们当时是较为优秀的,从地域分布看,它们占领了水体温暖,光照充足,氧料丰富的碳酸盐沉积区,而与它们相对的是那些滨岸低等简单的无铰纲腕足类,如 *Lingula* sp. 这是唯一能逃脱历次绝灭事件而悄然无息地在地球上生存至今的生物。许多事实均表明最简单、最原始的生物种类却反而具有更强的生命力,诸如此类的事实不胜枚举,也就是说生物演化既不完全是“适者生存”,也不完全是“幸者生存”,而成了一个似乎是“简单、原始者生存”的怪现象。

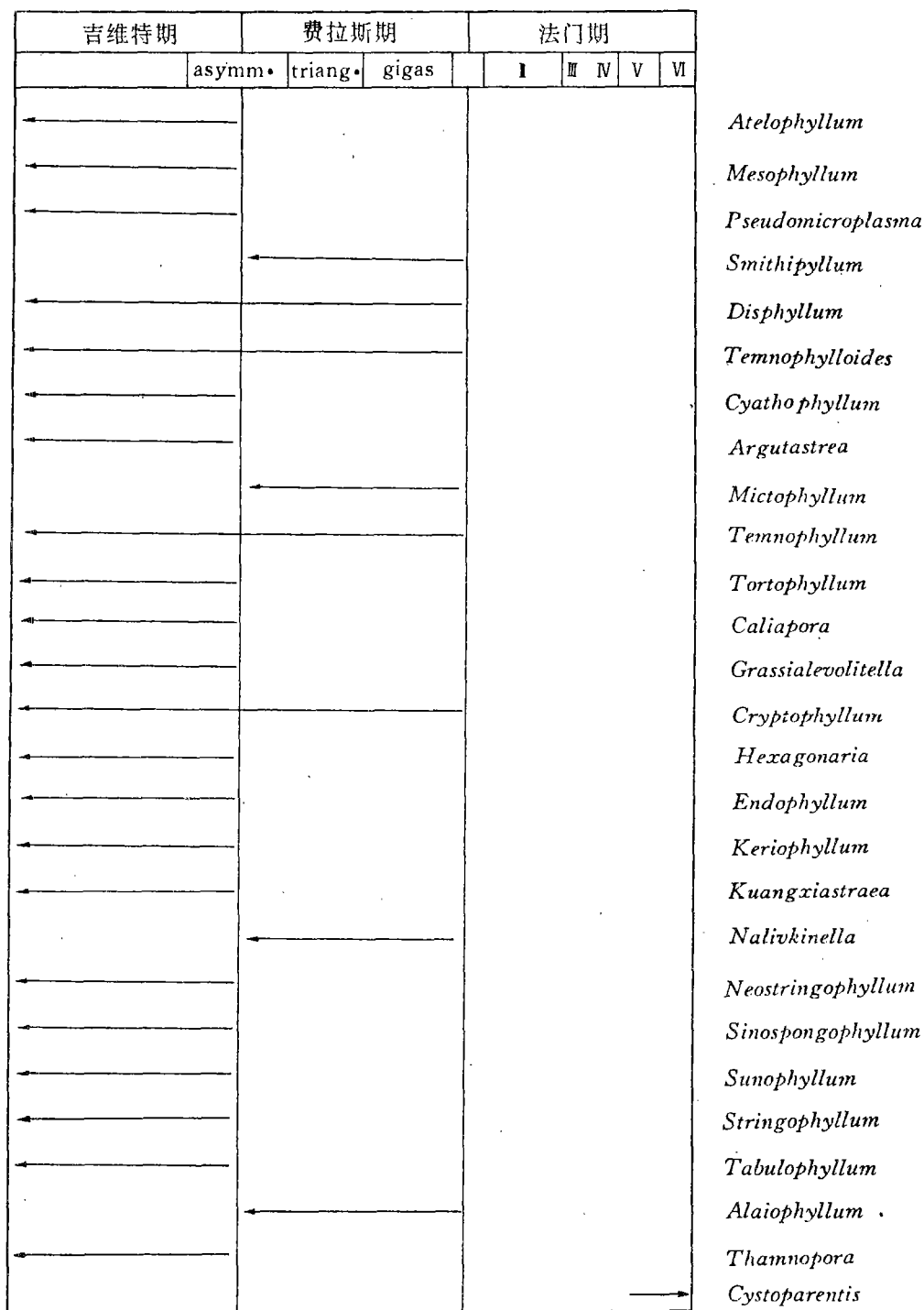


图 4 桂林泥盆纪吉维特期—费拉斯期台地沉积中的珊瑚属的延续范围

Fig. 4 Range chart of the coral genera occurring in the Givetian—Frasnian platform deposits

5 结语

桂林中、晚泥盆世的地层层序记录了广大的陆表海范围内的两次主要的环境旋回。第一个旋回开始于中/下泥盆之交的海侵阶段,中泥盆世艾菲尔期和吉维特期之交达到高峰,紧接着的是吉特晚期的海退结束了这次旋回。第二个旋回以费拉斯期持续的海侵为标志,法门期的海退则结束了这次旋回。生物的大爆发,大分异发生在第一个旋回的海侵阶段,以吉维特早、中期最为显著,生物大爆发,大分异的过程实际吹响了它们绝灭的前奏,随后的海退和第二个环境旋回更加速了它们的绝灭。海侵与全球海平面上升有关,海退则是气候变冷所致(Stanley, 1984),绝灭事件从吉维特晚期开始直到费拉斯期/法门期之交最终结束。

主要参考文献

- 白志强、白顺良, 1990, 早—中泥盆世之交华南板块的古地理位置. 地质学报, 第 64 卷, 第 3 期, pp. 199—205
- Elias, R. J., 1991. Environmental cycles and bioevents in the Upper Ordovician Red River-Stony Mountain solitary coral Province of North America. *Pap. geol. surv. Canada*, 2-9: 2055—211.
- House, M. R., 1975. Facies and time in Devonian tropical areas. *Proc. Yorks. geol. soc.*, 40, 233—287.
- House, M. R., 1975. Faunas and time in the marine Devonian. *Proc. Yorks. geol. Soc.*, 40, 459—490.
- Sorauf, J. E. and Pedder, A. E. H., 1986. Late Devonian rugose corals and the Frasnian—Famennian crisis. *Can. J. Earth Sci.*, Vol. 23, pp. 1265—1287.
- Stanley, S. M., 1984. Temperature and biotic crises in the marine realm. *Geology*, Vol. 12, pp. 205—208.

MIDDLE AND LATE DEVONIAN ENVIRONMENTAL CYCLES AND BIOEVENTS IN GUILIN, GUANGXI

Shen Jianwei

(Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, Academia Sinica)

ABSTRACT

The Middle and Late Devonian stratigraphic sequences in Guilin, Guangxi record two major environmental cycles in a vast of epicontinental seas. The first cycle began with a transgressive phase in the Eifelian that reached its maximum in the early and middle Givetian, and was followed by a regressive phase during the late Givetian. The transgressive phase of the second cycle reached its peak in the Frasnian, and was followed by a regressive phase during the early Famennian. In general, the greatest water depth and most open marine conditions were attained during the first cycle, and seas were shallowest and most restricted toward the end of the second cycle.

The bioevents took place mainly during the transgressive maximum of the first cycle, while their direct results were displayed fully during the second cycle. Many taxa, which were prosperous during the Givetian and Frasnian, ended their living action at the very onset of the Famennian. The

changes in environments are correlated with the rise and fall of the global sea level. The mass extinction took place even more clearly in the tropical zone during the Devonian.

Key words: Middle and Late Devonian, environmental cycle, bioevent

上接 70 页

9. 下泥盆统斯诺伊河(澳大利亚)火山岩水下层状火山碎屑岩的沉积控制和特征 189
10. 浅海火山碎屑岩相模式: 以与北威尔士奥陶纪水下熔结 Garth 凝灰岩交界的沉积岩为例 217
11. 北威尔士奥陶纪 Llewelyn 火山岩组火山碎屑沉积物中大波痕的理论波浪模拟 241
12. 北威尔士奥陶纪 Capel Curig 火山岩组一次大的熔结凝灰岩喷发之前水下沉积环境的出现——区域火山构造隆起一例? 251
13. 加勒比海地区大洋岛弧地层学: 不是花岗岩
14. 日本西南早中新世 Koura 组浅水陆缘盆地火山碎屑沉积作用 309
15. 日本本州北中部晚新生代构造、火山作用、沉积作用和盆地发育的关系 323
16. 俄勒冈州马卢尔县 Deer Butte 组的地质: 火口后环境的断裂作用、沉积作用和火山作用 345