

文章编号 :1000-0550(2001)01-0055-05

造礁生物群落演化在海平面变化研究中的运用^①

—以中扬子台地下奥陶统红花园组生物礁为例

杨 威¹ 朱忠德² 刘秉理² 肖传桃²

1(石油勘探开发研究院廊坊分院天然气地质所 河北廊坊 065007)

2(江汉石油学院地质系 湖北荆州 434102)

摘 要 中扬子台地下奥陶统红花园组造礁生物群落主要有五种:蓝绿藻群落(S群落)、*Calathium*-蓝绿藻群落(C-S群落)、*Batostoma*-*Calathium*群落(B-C群落)、*Archaeoscyphia*-*Calathium*群落(A-C群落)和*Batostoma*-*Calathium*-蓝绿藻群落(B-C-S群落)。群落的演化模式有两种:①A-C群落/B-C群落→C-S群落/B-C-S群落→S群落;②S群落→C-S群落/B-C-S群落→A-C群落/B-C群落,它们分别对应于上下两期生物礁。群落最大的生态差别可能是其最适合的水深,说明其演化的主要动力可能是相对海平面的变化。根据各群落适应的水深特征,可推测红花园建礁期为一个海平面下降到上升的一个过程。相对海平面变化的最大幅度约为 15 m。生物礁内生物群落的演化是海平面变化的灵敏示踪剂,可识别 5 m 左右的相对海平面的变化。

关键词 造礁生物群落 演化模式 海平面变化 生物礁 下奥陶统

第一作者简介 杨威 男 1971 年出生 工程师(硕士) 石油地质

中图分类号 Q145+.2 P73 文献标识码 A

1 概述

中扬子台地下奥陶统红花园组生物礁十分发育,礁类型多样,造礁生物种类繁多。主要造礁生物有蓝绿藻(包括蓝细菌和 *Girvanella*)、*Pulchrilamina*、*Batostoma*、*Calathium* 和以 *Archaeoscyphia* 为代表的石海绵类等,附礁生物有 *Nuia*、三叶虫类、双壳类、腹足类、介形类和腕足类等^[1-2]。生物礁主要特征是:①礁体小,一般厚 1~10 m,最大厚度约 30 m;②礁体结构简单,没有礁前礁后有关相带之分;③礁体主要由障积岩和粘结岩组成,在同一礁体的不同部位两种礁岩可同时存在。

2 造礁生物群落及其生态

根据生物礁内不同部位间及相关的不同礁体之间造礁生物化石的共生组合特征及彼此间的演化关系,可将造礁生物划分为不同的群落。各群落内,以各类生物化石含量占化石总量的百分比统计其相对丰度,并以百分比最大的 1~2 种化石或具特征性的化石对群落进行命名。研究区生物礁中发育 5 种造成礁生物群落:蓝绿藻群落、*Calathium*-蓝绿藻群落、*Batostoma*-*Calathium*群落、*Archaeoscyphia*-*Calathium*群落和

Batostoma-*Calathium* 蓝绿藻群落。

2.1 蓝绿藻群落(简称 S 群落)

主要由蓝细菌和 *Girvanella* sp. 组成,多数呈杂乱状分布或缠绕于造架生物化石,少数呈层状、穹状叠层石构造,构成礁中含大量微体藻的泥晶灰岩。群落内造架生物很少,托盘类、海绵类及附礁生物在礁中的含量一般不超过 10%。蓝绿藻对水体的适应性较强,一般生活于正常盐度、水体不太深(<60 m)的海域^[3]。该群落含骨架生物少及围岩颗粒不发育的特征反映了其生态环境可能是水体较浅、水动力较弱、不适合碳酸盐底栖生物大量繁殖。其生态位可能相当于 BA₄~BA₅。

2.2 *Calathium*-蓝绿藻群落(简称 C-S 群落)

该群落由托盘类 *Calathium*,蓝绿藻,苔藓虫 *Batostoma* sp.,腕足类 *Tritoechia obesa*, *T. subconis*,腹足类 *Ophileta* sp.,*Ecculiomplalus* sp. 及有柄棘皮动物和头足类等组成。*Calathium* 和蓝绿藻为该群落的优势分子,丰度为 70% 以上,其中 *Calathium* 约 30%~40%,*Pulchrilamina* 和 *Archaeoscyphia* 在该群落中为偶见分子。腕足类、头足类和腹足类属居礁生物。该群落中,底栖固着型生物含量为 40%~50%(其中 *Calathium* 占 90%),底栖爬行者为 10%,底栖游泳者为 6%。*Calathium* 身体结构和生活方式决定其生态环境

① 国家自然科学基金项目(批准号:49372116)资助

收稿日期:1999-12-10 收修改稿日期:2000-06-02

为清洁、温暖、中等能量的正常浅海,据俞昌明研究,*Calathium* 最适应的水深约 6~12 m^[4],该群落围岩多为含少量生物屑的砂屑灰岩、颗粒粒度中等、见中小型交错层理。结合 *Calathium* 的生态特征推测该群落最适应 5~10 m 的水深,可能相当于 BA₃~BA₄ 生态位。

2.3 *Batostoma*—*Calathium* 群落(简称 B-C 群落)

该群落主要由托盘类 *Calathium*、苔藓虫 *Batostoma* cf. *jinhongshanense*、腕足类 *Tritoechia obesa*, *T. resta*, 头足类 *Hopeioceras yichangense* 以及腹足类 *Ophileta* sp. 等组成。在该群落中, *Calathium* 和 *Batostoma* 具有一定的消长关系:早期,以 *Batostoma* 为优势分子,丰度为 60%~70%, *Calathium* 为亚优势分子,丰度为 10%~20%;晚期,以 *Calathium* 为优势分子,丰度为 50%~60%, *Batostoma* 为亚优势分子,丰度为 10%~20%。*Calathium* 和 *Batostoma* 均为底栖固着以滤食为生,该群落属典型底栖固着型群落,其中的底栖固着生物含量约为 90%, *Batostoma* 生活环境的范围较 *Calathium* 广,从它们的建礁功能及生活方式推测该群落要求的生态环境为温暖、清洁、阳光和氧气充足,循环较好的正常浅海,其围岩多为生物屑砂屑灰岩、生物屑含量较高、颗粒粒度较粗、见大—中型交错层理,推测其最适合的水深为 10~20 m 左右。可能相当于 BA₂—BA₃ 生态位。

2.4 *Archaeoscyphia*—*Calathium* 群落(简称 A-C 群落)

该群落由托盘类 *Calathium* sp., 海绵 *Archaeoscyphia chihliensis* 等,蓝绿藻类,腕足类 *Tritoechia alata*, *T. sp.*, 头足类 *Teratoceroideis* sp., *Manchuroceroideis* sp., 三叶虫 *Asaphopsis* sp. 等组成。早期,群落中 *Archaeoscyphia* 等海绵类为优势分子,其丰度为 30%~40%, *Calathium* 为亚优势分子,其丰度为 10%~20%;晚期,群落中 *Calathium* 为优势分子,其丰度为 30%~40%, *Archaeoscyphia* 为亚优势分子,其丰度为 10%~20%。群落中营底栖固着生活的生物含量占 60%,底栖爬行者为 5%,底栖游泳者 7%。总体上来看,该群落属底栖固着生态型,在底栖固着生物中, *Calathium* 和海绵类占绝对优势。*Archaeoscyphia* 等海绵类要求的生态环境为温暖、清洁、氧气充足、循环较好的浅海,水深一般为 15~25 m^[5]。结合 *Calathium* 的生态特征,该群落适合的环境可能为温暖、清洁、阳光和氧气充足,循环较好的正常浅海,其围岩特征与 B-C 群落相似,推测最适合的水深约 10~20 m。也可能相当于 BA₂—BA₃ 生态位。

2.5 *Batostoma*—*Galathium*—蓝绿藻群落(简称 B-C-S 群落)

该群落由托盘类 *Calathium* sp., 苔藓虫 *Batostoma* sp., 蓝绿藻类及疑问化石 *Pulchrilamina* sp., 海绵 *Archaeoscyphia chihliensis* 等,腕足类 *Tritoechia obesa*, *T. recta*, *Punctolira huanghuaensis*, 头足类 *Hopeioceras* sp., *Proterocameroceras* sp., 介形虫 *Leperditella* sp., *L. Sub-symmetrica*, 腹足类 *Ophileta* sp., *Ecculiomphalus* sp., 及有柄棘皮动物等组成。该群落的优势分子为 *Calathium*, 丰度为 30%;蓝绿藻为亚优势分子,丰度为 25%~30%;*Batostoma* 为该群落的特征分子,丰度为 10%~20%;*Archaeoscyphia* 在该群落中含量很少,为偶见分子;*Tritoechia* 和腹足类为该群落的遍布分子,其丰度为 12%,属居礁生物。该群落中营底栖游泳生活的生物占 10%,底栖爬行者为 10%,底栖固着者约 50%。在底栖固着型生物中, *Calathium* 含量占 50%,由 *Calathium* 和 *Batostoma* 的结构特点和生活方式以及大量蓝绿藻的存在,说明该群落适合环境为清洁、温暖、光线及氧气充足、循环较好的正常浅海,海底能量可能比 A-C、B-C 群落适合的环境稍弱,其围岩特征与 C-S 群落相似,推测其最适合的水深为 5~10 m 左右,也可能相当于 BA₃—BA₄ 生态位。

3 群落演化

生物群落之间有一定的演化规律,这与环境的变迁及生物种群之间的生存竞争有密切关系^[6]。在中扬子台地所发现的 78 个下奥陶统生物礁中,厚度大于 5 m 的约 19 个,其中 70% 以上的具有较为明显的生物垂向分带现象。厚度小于 5 m 的礁体多由一个生物群落组成,没有或生物分带不明显。生物分带现象是生物群落演化的结果,也是生物群落演化最直观的证据。从研究区生物礁由下至上生物分带的规律(图 1),可以推测出群落演化的两种模式:①早期以 A-C 群落或 B-C 群落为特征,形成障积岩,且具有一定的规模;随着时间推移, A-C 群落或 B-C 群落演替为 B-C-S 或 C-S 群落,可能是沉积环境的改变,引起 *Archaeoscyphia*、*Batostoma*、*Calathium* 和蓝绿藻之间的生存竞争,由于环境更适合蓝绿藻的生长, *Archaeoscyphia* 和 *Batostoma* 的生长则受到一定的限制,随着蓝绿藻含量不断增加, *Archaeoscyphia* 和 *Batostoma* 不断减少,群落演替为 C-S 或 B-C-S 群落,礁体以粘结岩为主。随着环境的变化,蓝绿藻的大量繁殖, *Calathium* 和 *Batostoma* 逐渐减少,直到完全消失,最后只剩下 S 群落(图 1,下部);②早期发育 S 群落,礁体主要为粘结

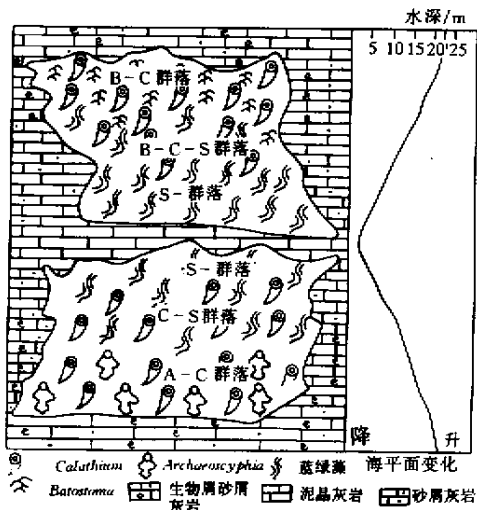


图 1 红花园组生物礁综合剖面及对应的海平面变化

Fig.1 Generalized Section of reefs in Honghuayuan Formation and corresponding sea level change

岩;后来演化为 C-S 群落或 B-C-S 群落,最后演化为 A-C 或 B-C 群落(图 1,上部)。两种模式的发展方向相反,说明其影响因素的改变方向是相反的。

群落演化发生在群落之间,在群落内部也存在组成分子之间相对丰度的变化。如图(图 1,下部)所示礁体下部的 A-C 群落先以 *Archaeoscyphia* 为优势分子, *Calathium* 为亚优势分子;向上变为 *Archaeoscyphia* 为亚优势分子, *Calathium* 为优势分子,上部也有这种现象,说明同一群落内部,生物相对丰度是在不断变化的,不同的生物更适应特定的环境。

因此,中扬子台地红花园组造礁生物群落的演化趋势由下至上为:A-C 群落/B-C 群落→C-S 群落或 B-C-S 群落→S 群落→C-S 群落或 B-C-S 群落或 B-C 群落。这是一个完整的群落生长到灭亡的过程。

4 群落演化的主要动力和海平面的变化

造礁生物群落生态特征及生物礁生长发育的需要说明当时的沉积水体为温暖清洁、阳光和氧气充足的正常浅海。但根据各群落的生态特征推测的它们可能最适合的水深有所不同,S 群落代表的水体较浅,C-S 和 B-C-S 群落可能最适合的水深约为 5~10 m,A-C 群落和 B-C 群落可能最适合的水深为 10~20 m。因此认为造成生群落演化的动力可能主要为海平面变化。这与 James 认为生物礁发育与沉积环境的关系不大,关键是海平面的变化与礁顶或沉积基底的水深大小^[7], Walker 认为海平面直接控制着礁体几何形态、内部结构、组分特征、群落演化、生态序列、生长速率、生长方

式和堆积型式等^[8]观点是符合的。

研究区红花园期是一个海进到海退的三级海平面旋迴,生物礁发育于此次旋迴的海退期,在这个时期,海平面又发生了多次次级的海平面的变化^[9]。根据造礁生物群落最适合的水深,可以判断这个时期海平面次级的细微变化(图 1)。

红花园期海平面由最大下降到一定深度,约 15~20 m 时,海水循环畅通稳定,阳光可直射入水底,水中氧气和养料充足,有利于生物的生长繁殖,在一定的底形基础上,营底栖固着滤食为生的造礁生物 *Archaeoscyphia* 和 *Calathium* 等大量生长,在蓝绿藻的参与下,障积水体中的生物碎屑、砂屑等形成障积格架;开始,由于 *Calathium* 最适应的水深小于此深度,而 *Archaeoscyphia* 正适合,所以 *Archaeoscyphia* 含量较高,随着海平面继续下降,水深到 10~15 m 左右, *Calathium* 开始占主导地位;水深到 5~10 m 左右时, *Calathium* 最适合此水深,同时水体的变浅,水底阳光更加充足,为蓝绿藻的大量繁殖创造了条件,因此 *Calathium* 和蓝绿藻完全占据了生存空间,藻类有很强的粘结功能,形成了粘结格架;当水深小于 5 m 后, *Calathium* 不适合此环境,蓝绿藻完全占领了此空间,形成藻粘结格架。水体继续变浅,甚至有暴露的可能,水体能量不足,水体中的生物碎屑和灰泥大量减少,蓝绿藻也不能大量繁殖,生物礁缺乏物质基础而停止生长,第一造礁期结束。第二造礁期水体由浅变深,水体能量加大,蓝绿藻开始大量繁殖,粘结碎屑物质,形成粘结格架;水体加深, *Calathium* 开始生长,形成与蓝绿藻的组合; *Batostoma* 也可能出现,与 *Calathium* 和蓝绿藻一起形成粘结格架,水体继续加深,由于生物之间的竞争,蓝绿藻数量变少,由 *Batostoma* 和 *Calathium* 形成障积格架。由于 *Batostoma* 适应的水体较深,随着海平面升高, *Batostoma* 丰度逐渐增加,最后水深超过 20 m 或 25 m 后,造礁生物不能大量存在,生物礁就灭亡了。因此,红花园造成礁期相对海平面变化是一个由 15~20 m→10~15 m→5~10 m→5 m 以下的下降过程和一个由 5 m 及以下→5~10 m→10~15 m→15~20 m 的上升过程组成(图 1),海平面的最大变化幅度约 15 m 左右。这与周名魁研究认为扬子区早奥陶世地壳下降缓慢,平均速率小于 20 m/Ma,海平面变化不大,大湾期以前不超过 20 m^[9]是相符的。也说明根据生物群落演化定量推测的海平面小尺度(5 m 左右)变化是可行的。

5 结论

(1) 红花园期,造礁生物群落主要有五种:蓝绿

藻群(S 群落)、*Calathium*—蓝绿藻群落(C-S 群落)、*Batosoma*—*Calathium* 群落(B-C 群落)、*Archaeoscyphia*—*Calathium* 群落(A-C 群落)和 *Batosoma*—*Calathium*—蓝绿藻群落(B-C-S 群落)。不同造礁生物群落最适合的水体深度可能有所不同。

(2) 群落的演化模式的两种:①A-C 群落/B-C 群落→C-S 群落/B-C-S 群落→S 群落;②S 群落→C-S 群落/B-C-S 群落→A-C 群落/B-C 群落。分别对应于红花园组两个造礁期。

(3) 每个群落都有可能的最适应的水深。根据群落的演化可以推测海平面小尺度(约 5 m)的变化。红花园造礁期是一个海平面下降到上升的旋回,海平面最大变化幅度约 15 m。

参 考 文 献

1 朱忠德,刘秉理,肖传桃等. 峡东地区早奥陶世生物礁研究[J]. 地质

科学,1993,28(1):1~9

2 朱忠德,刘秉理,胡明毅等编. 鄂西南湘西北地区上震旦统至奥陶系石油地质研究[M]. 北京:石油工业出版社,1995

3 Colud D E, J R, Barans, V E. In The Ellenburger Group of Central: Texas. Univ. Pub. 462173 1948. 45

4 俞昌明. 广西桂林晚泥盆世法门期蔡盘石类[J]. 古生物学报,1988, 27 238~248

5 Liu Bing et al. Journal of Paleontology, 1997, 7(2):194~207

6 刘秉理,朱忠德,肖传桃等. 鄂西地区早奥陶世分乡期生物群演化与环境变迁[J]. 沉积学报,1997,15(4):97~102

7 James N P. Reef response to sea level rise (keep-up, catch-up or give-up). In: walker R C, James N P, eds. Facies Model[C]. Love Printing servicae Ltd, Stittsville. 1992, Ontario, 323~347

8 覃建雄,曾允孚,陈洪德等. 右江盆地二叠纪生物礁层序地层学研究[J]. 地质科学,1999,34(4):506~517

9 杨威,朱忠德,肖传桃. 中扬子台地下奥陶统层序地层及海平面变化对生物礁的影响[A]. 见:胡明毅,龚文平,肖传桃等专著,中国海相油气区地质文集[C]. 北京:地质出版社,1998. 76~80

Application of Reef-building Organism Community

Evolution in Sea Level Change Research

—An example from reef of Honghuayuan Formation of Lower Ordovician in the Central Yangtze Platform

YANG Wei¹ ZHU Zhong-de² LIU Bin-li² XIAO Chuan-tao²

1 (Gas Geology Department of LangFang Branch Research Institute of Petroleum Exploration and Development, CNPC Langfang Hebei 065007)

2 (Jiangnan Petroleum Institute, CNPC Jinzhou Hubei 434102)

Abstract

A lot of reefs have been discovered in Honghuayuan Formation of Lower Ordovician in the Central Yangtze Platform. Their rock comparisons contain two types. One is baffle stone. Another is binding stone. Their reef-building organisms contain five types. They are bluegreen alga (containing blue bacterium and *Girvanella*), *Calathium*, *Batostoma*, *Pulchrilamina*, and *Archaeoscyphia* as representation of rock sponge. They composite five types of reef-building organism community. Is bluegreen alga community (S-community), *Calathium*-bluegreen algae community (C-S community), *Archaeoscyphia-Calathium* community (A-C community), *Batostoma-Calathium* community (B-C community), *Batostoma-Calathium*-bluegreen algae community (B-C-S community).

Ecological environment of each of reef-building organism community and the most lithofacies assemblage of host rock may indicate characteristics of each community, which includes water body environment and the most depth range suitable. Each community can adapt normal shallow sea of warm, clean, rich sunshine and oxygen, and cyclic better. But the most suitable depth may be different. S-community represents shallow water and small energy. C-S community and B-C-S community may be 5~10 m and medium-large water energy. B-C community and A-C community may be 10~20 m and large water energy.

Organism belt has been discovered in reefs of thickness over 5m in the study area. Organism belt is a result of organism community evolution, and is the most intuitive evidence of organism community evolution. Organism belt within reefs from bottom to up may indicate two models of community evolution. The trend of their evolution is ①A-C community or B-C community→C-S community or B-C-S community→S-community, ②S-community→C-S community or B-C-S community→A-C

community or B-C community. This is an entire course of community from growth to death. Organism richness of community interior has also been changed with time.

Because the most suitable water depth of each community is different, the force of organism community evolution may be sea level change. According to the most suitable water depth of reef-building organic community, detailed change of sea level can be diagnosed in reef-building term.

Relative sea level change is from a falling course of 20 ~ 10 m → 10 ~ 5 m → 5 m to a rising of 5 m → 10 ~ 5 m → 20 ~ 10 m. The largest change magnitude of sea level is about 15 m. This is similar to the former. So, according to the reef-building organic community evolution can quantitatively study small magnitude sea level change.

Key words organism community reef evolution sea level change Lower Ordovician