

河北柳江盆地中晚寒武世藻类丘礁的演化

巩恩普 韩书和 关广岳

(东北大学地质系 沈阳 110006)

提 要 河北柳江盆地中晚寒武世藻类丘礁十分发育,并形成完好纵向演化序列。藻礁具有两个演化方向,其一是骨骼钙藻 *Epiphyton* 向非骨骼蓝绿藻方向演化;其二是块状藻丘向厚层状叠层石礁方向演化。藻类丘礁的演化特征及其沉积相序揭示了该区中晚寒武世时从碳酸盐台地边缘斜坡至台缘浅滩和潮坪环境的演化历史。

关键词 柳江盆地 中晚寒武世 藻礁演化 沉积模式

第一作者简介 巩恩普 男 34岁 副教授 地层古生物学

世界各地早古生代,特别是寒武系地层中发育大量的藻类丘礁,它们多产于相似的沉积环境之中。Ahr, W. M.(1971)^[1]对美国得克萨斯中部的晚寒武世藻礁进行系统研究后发现,藻类丘礁的形态和结构严格受环境控制。从潮下带到潮间带,藻礁从块状的藻丘演变为叠层石。类似的研究还有 James, N. P., (1981)^[2]和 Pratt, B. R. and James, N. P. (1982)^[3]。我国华北地区寒武纪碳酸盐岩特别发育,研究程度较高,已取得丰硕的成果,然而对其中丰富的藻类丘礁尚缺乏系统的研究。本文旨在通过对河北柳江盆地中上寒武统藻类丘礁的深入研究,探讨藻类丘礁演化的一般规律,以恢复该区的沉积历史。

华北地区中晚寒武世时以开阔的陆表海环境为主,各种鲕粒滩,砾屑滩广泛发育在陆表浅海^[4]。其中河北柳江盆地的张夏组、崮山组和长山组地层中产有大量的藻类丘礁。藻类的聚集形态在不同层位亦有不同变化,其变化规律十分明显。目前用于称呼藻类作用形成的块状碳酸盐岩的术语比较混乱,常把各种藻灰岩统称为礁,难以反映其成因含义,实际上各种藻类在不同环境下造岩方式极不相同,造礁作用也有较大差异,本文所讨论的藻礁包含三种成因机制完全不同的碳酸盐岩隆。一种是由 *Epiphyton* 在滩前较深水环境中障积灰泥而成的透镜状障积岩;另一种是在某些隐藻作用下在滩前较浅水中吸附、粘结灰泥而成的透镜状粘结岩;第三种是在隐藻作用下粘结、捕捉灰泥,并主要在滩后环境中形成厚层状的具有藻纹层构造的各种形态叠层石。为方便起见,本文将前两种透镜状岩隆称为藻丘,后一种称为叠层石礁。

本区中晚寒武世风暴沉积异常频繁,众多的风暴层是良好的指相标志。孟祥化(1986)^[5]曾对华北地台晚寒武世风暴岩进行了全面系统的研究,并建立了浅海碳酸盐岩台地及斜坡的相模式。本文在这一框架的宏观指导下,结合柳江盆地中上寒武统(张夏组顶部至长山组底部)藻类丘礁的演化规律及沉积相序特征对该区沉积环境作一简要分析。

1 藻类丘礁的产出特征

柳江盆地位于秦皇岛市以北约 25Km。区内中上寒武统出露极好,几乎全为碳酸盐沉积,藻类丘礁随处可见,规模大小不等,在同一层位中常成群出现,形成藻类点礁群。

1.1 岩相类型

本区共有三种不同类型的藻灰岩并构成各种藻类丘礁,它们分别由不同的藻群建造,在野外易于识别。

1.1.1 *Epiphyton* 藻灰岩

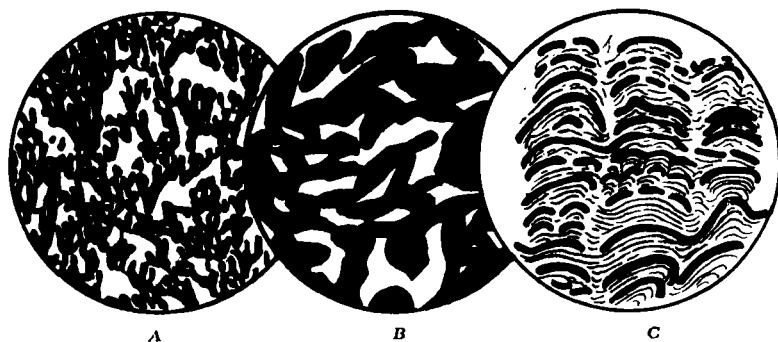
主要分布在张夏组顶部及崮山组下部。常形成大小不等的藻丘,一般直径为 2~3m,高 1~3m。最大者宽 40~60m,高达 4m。*Epiphyton* 属骨骼钙藻,它的叶状体呈树枝状向上、向外多次分叉丛生,形似小灌木丛。它们生长密集,能以自身的骨骼障积灰泥沉积物,形成 *Epiphyton* 障积藻丘^[6]。镜下常见 *Girvanella* 管状体穿插在藻凝块及灰泥中(图 1-A)。

1.1.2 隐藻凝块岩

主要分布在崮山组中部地层中,藻丘宏观形态与 *Epiphyton* 障积藻丘完全一致。岩石表面纹层构造不明显,但可见海绵状组构。藻凝块常呈云雾状构造,并粘结一些三叶虫等生物碎片(图 1-B)。

1.1.3 叠层石礁灰岩

主要分布在崮山组上部及长山组底部,呈厚层状产出。构成礁灰岩的叠层石柱体有两种形态,一种是直径为 5cm 左右的柱体,体壁较平直,很少分叉;另一种为直径约 2~3cm 的小柱体,体壁与周围沉积物之间界线不清,呈云朵状,常分叉(图 1-C)。



A. *Epiphyton* 藻灰岩; B. 隐藻凝块岩; C. 叠层石礁灰岩

图 1 各种藻灰岩微观特征

Fig. 1 Showing the microfeatures of the algal limestone

此外,与藻类丘礁密切相关的还有各种鲕粒灰岩、泥质条带灰岩、砾屑灰岩和风暴岩^[5]。

1.2 藻类丘礁序列

上述三类藻灰岩在本区中上寒武统地层中分别在 8 个层位以丘、礁形态产出。由下至上为 *Epiphyton* 障积藻丘(R_1-R_3),藻凝块岩丘(R_4, R_5)和叠层石礁(R_6-R_8)。这 8 层丘礁在剖面中具相似的岩相组合,并组成 8 个韵律。每一韵律都是从分布广泛并且侧向不连续的砾屑灰岩(风暴成因^[5])开始,藻类丘礁就产在砾屑灰岩向上凸起的部位,二者之间有一明显的界面。在丘礁之上是鲕粒灰岩。三者形成“砾、礁、鲕”三位一体的特殊岩石组合。

2 藻类丘礁演化模式

本区藻类丘礁的演化总体上有两条线索,一条是保持丘礁形态不变的前提下,由骨骼钙藻向非骨骼蓝绿藻方向演化(R_1-R_5);另一条为块状藻丘向厚层状叠层石礁方向演化,而藻类组分不变(R_4-R_8)。这两个演化方向都受环境控制。从 *Epiphyton* 的生态特征可知,*Epiphyton* 的枝体细弱,适于生长在能量较低的深水弱扰动环境,并在那里发育成 R_1-R_3 的 *Epiphyton* 障积藻丘。当水体变浅能量增强时,*Epiphyton* 基本消失,取而代之的是非骨骼蓝绿藻。这些非骨骼蓝绿藻的生态范围相当广泛,从鲕粒滩前的台缘斜坡上部到滩后的潮坪环境都可生长。在滩前它们以 R_4-R_5 藻凝块岩丘的形式出现,在滩后则演变为 R_6-R_8 叠层石礁。由此看出,它们是通过宏观的形态变化来适应环境的改变。显然,本区藻类丘礁演化过程中环境的变迁与藻类丘礁的演化具有良好的对应关系。

本区 R_1-R_3 *Epiphyton* 藻丘的产出特征与西班牙南部早寒武世⁽⁷⁾及加拿大纽芬兰寒武奥陶纪^(2,3)中的 *Epiphyton* 藻丘极为相似,均属浅海碳酸盐岩台地边缘至缓坡低能静水的产物,相当于潮下带的下部。 R_4-R_5 藻凝块岩丘产于鲕粒灰岩内,丘内粘结有三叶虫碎屑和海绿石颗粒,根据剖面结构及相序特征可断定它们是台地边缘斜坡上部靠近浅滩的产物。从 R_1-R_5 是水体逐渐变浅水动力条件不断加强的过程。 R_6-R_8 代表了浅水碳酸盐岩台地鲕粒滩后较局限的潮坪环境产物。梁桂香(1987)⁽⁸⁾的工作也表明本区柱状藻叠层石产于水动力条件较弱的局限环境中。叠层石礁是本区浅滩化过程中由滩前建造藻凝块岩的隐藻类群在滩后的一种适应形态。本区藻类丘礁演化模式见图2。

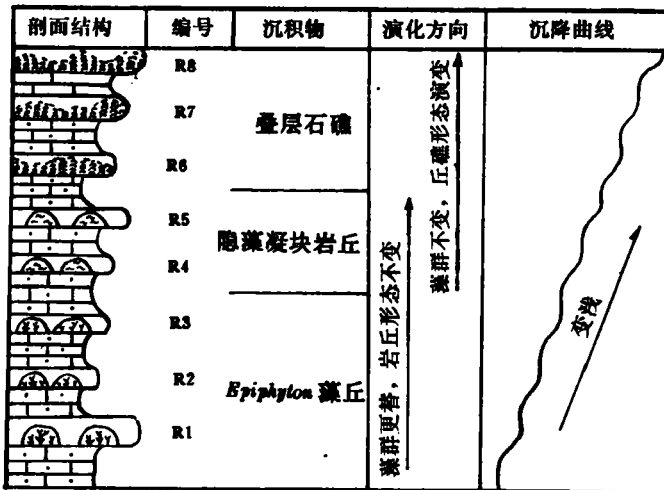


图2 藻类丘礁演化模式

Fig. 2 Evolution model of the algal bioherm

3 沉积序列与沉积模式

3.1 沉积序列

R_1-R_3 岩段由三个“砾、礁、鲕”旋回组成,每一旋回底部的砾屑灰岩中砾屑为片状,呈菊花状至杂乱状排列。砾石和基质为灰色或紫红色,按孟祥化(1986)的分类应属异地型风暴沉积。每一旋回中的 *Epiphyton* 藻丘产于台地边缘斜坡,顶部的鲕粒灰岩产于台缘浅滩环境。该岩段构成一个从台缘斜坡向台缘浅滩的进积序列层序(图 3)。

剖面	厚度 (m)	岩性特征	环境解释
		鲕粒灰岩, 含三叶虫碎片	台缘浅滩
	1-3	点礁群, 礁块之间充填有鲕、砾等碎屑, <i>Epiphyton</i> 呈树枝状, 藻结壳大量发育, 具有向凝块岩过渡的性质	台缘斜坡
		紫红色砾屑灰岩	台缘斜坡
		鲕粒灰岩为主, 局部为紫红色砾屑灰岩, 含三叶虫生物碎屑	台缘浅滩
	1-1.5	发育较多点礁, 礁岩向两侧尖灭在鲕粒灰岩中, <i>Epiphyton</i> 呈树枝状生长, 可见藻结壳	台缘斜坡
		紫红色、灰白色砾屑灰岩, 紫红色粉砂质页岩	台缘斜坡
		中厚层鲕粒灰岩, 含较多三叶虫碎片	台缘浅滩
	4	礁岩中含少量鲕粒, 发育较多形状不规则的原生孔隙, 礁体向两侧尖灭. 在鲕粒灰岩中, <i>Epiphyton</i> 呈树枝状生长, 另见少量藻结壳	台缘斜坡
		灰色砾屑灰岩, 砾屑呈菊花状至杂乱状排列	台缘斜坡

图 3 R_1-R_3 岩段沉积序列

Fig. 3 Showing the sedimentary sequence from R_1 to R_3 rock members

R_4-R_5 岩段由二个“砾、礁、鲕”旋回组成,厚度不大。砾屑层具异地及原地风暴沉积特征。 R_4 、 R_5 隐藻凝块岩丘形成于台缘斜坡的上部,并靠近鲕粒滩前缘。由于碳酸盐鲕粒堆积速度较快,加之地壳的颤动使鲕粒滩不断向海进积,隐藻凝块岩丘尚未来得及长大,便淹没在鲕粒滩中。因此该阶段的隐藻凝块岩丘的规模都不大,且产于鲕粒灰岩中。该岩段代表了本区从台缘斜坡上部向台缘浅滩的进积序列层序(图 4)。

R_6-R_8 岩段内三个旋回的底部是风暴潮漫流带入潮汐带的产物, R_6 、 R_7 、和 R_8 三层叠层石中的小柱体均向一个方向倾斜,指示了潮汐作用的影响。叠层石礁在本区分布最广泛,一般厚 0.5~1.5m,呈透镜状,厚层状产出,最大宽度可达几百米,显示了宽阔而稳定的潮坪环境。该岩段代表台缘浅滩向滩后潮坪环境的进积序列层序。(图 5)。

从 R_1-R_3 代表了一个较大的进积型序列层序。反映了本区在总体处于海退的前提下,有短暂而频繁的小规模海侵。显然,本区中晚寒武世是从台缘斜坡向台缘浅滩和滩后潮坪环境逐步演化的过程。

剖面	厚度 (m)	岩性特征	环境解释
		鲕粒灰岩, 含三叶虫碎片	台缘浅滩
	1	礁体规模小, 数量较多, 产在鲕粒灰岩中, 蓝绿藻粘结灰泥、鲕粒等	台缘斜坡上部
		灰色砾屑灰岩	台缘斜坡上部
		鲕粒灰岩为主, 夹泥质条带灰岩, 含三叶虫碎片	台缘浅滩
	1	礁体规模小, 礁岩内可见片状砾石, 礁岩两侧变为鲕粒灰岩, 蓝绿藻粘结鲕粒、灰泥等	台缘斜坡上部
		紫红色砾屑灰岩, 片状砾石呈放射状排列, 基质多为紫红色, 有时相变为泥质条带灰岩	台缘斜坡上部

图 4 R₄—R₅ 岩段沉积序列

Fig. 4 Showing the sedimentary sequence from R₄ to R₅ rock members

剖面	厚度 (m)	岩性特征	环境解释
		紫红色砾屑灰岩, 砾石大小混杂, 磨圆较好, 排列水平、整齐, 含生物碎片	潮 坪
	1-1.5	礁灰岩下部藻纹层不清, 上部为紫红色柱状藻叠层石, 柱体倾斜生长, 含生物碎片	潮 坪
		紫红色砾屑灰岩, 砾屑磨圆较好, 含海绿石	潮 坪
		紫红色含砾生物碎屑砂屑灰岩, 富含海绿石	台缘浅滩
	1-1.5	叠层石礁灰岩、横向延伸较宽, 叠层石为柱状	潮 坪
		紫红色砾屑灰岩, 粉砂岩、页岩	潮 坪
		鲕粒灰岩, 紫红色砾屑灰岩, 黄褐色, 紫红色粉砂质页岩, 鲕粒灰岩具交错层理	台缘浅滩至潮坪
	0.5-1.5	叠层石礁生长在砾屑层的上凸部位, 隐藻叠层石为柱状, 分枝或不分枝, 柱间充填泥质	潮 坪
		紫红色砾屑灰岩, 粉砂岩, 页岩, 砾屑呈放射状	潮汐风暴沉积

图 5 R₆—R₈ 岩段沉积序列

Fig. 5 Showing the sedimentary sequence from R₆ to R₈ rock members

3.2 沉积模式

上述藻类丘礁演化及其沉积序列的事实反映了本区中晚寒武世碳酸盐沉积非常迅速。从张夏期晚时到长山期早时是碳酸盐大量堆积,水体不断变浅的过程。由于受构造频繁颤动的影响^[8],导致各相带相互叠置,形成多个沉积韵律。根据本区藻类丘礁的演化模式,结合岩相特征及其它相标志,建立了本区的沉积模式(图6)。

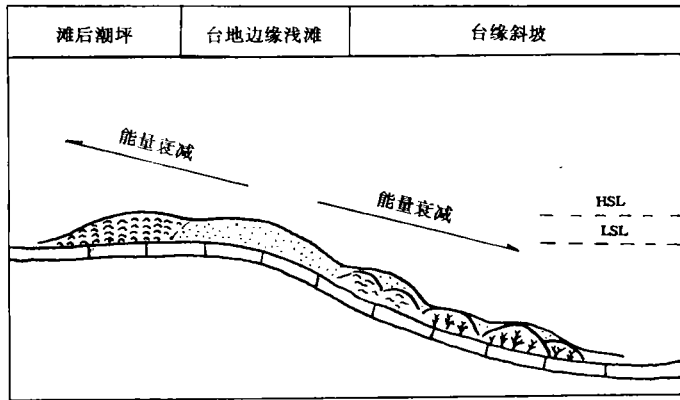


图6 柳江盆地中晚寒武世 ϵ_{2z} — ϵ_{3ch} 沉积模式

Fig. 6 The sedimentary model of the Middle—Upper Cambrian in Liujiang basin

结 论

(1)本区中晚寒武世时各种藻类丘礁严格受环境控制。由 *Epiphyton* 藻丘到隐藻凝块岩丘再到叠层石礁形成一个藻礁序列。

(2)藻类丘礁的演化历程反映了本区从中寒武世晚期已开始海退。这一结论与冯增昭^[4]关于华北地区中寒武世至晚寒武世为一海退过程的观点完全相符。

(3)对藻类丘礁演化的研究表明,本区中晚寒武世时是以鲕粒滩为主的台地边缘浅滩和滩前斜坡及滩后湖坪的环境。

收修改稿日期:1993—8—20

参 考 文 献

- [1] Ahr, W. M., 1971, Paleoenvironment, Algal Structures, and Fossil Algae in the Upper Cambrian of Central Texas, *J. Sed. Petrol.* 41(1):205~216.
- [2] James, N. P., 1981, Megablocks of Calcified algae in the Cow Head Breccia, Western Newfoundland; Vestiges of a Cambro—Ordovician Platform Margin, *Geological Society of America Bulletin, Part I, Vol. 92, p. 799~811.*
- [3] Pratt, B. R. and James, N. P., 1982, Cryptalgal—Metazoan Bioherms of early Ordovician age in the St George Group, Western Newfoundland, *Sedimentology*, 29(4);
- [4] 冯增昭等,1990,华北地台早古生代岩相古地理,北京:地质出版社,1~270.
- [5] 孟祥化等,1986,华北古浅海碳酸盐风暴沉积和丁家滩相序模式, *沉积学报*, 4(2):1~18.
- [6] 张俊明等,1985,华北地台东部中寒武世张夏期附枝藻(*Epiphyton*)灰岩及古地理, *沉积学报*, 3(1):63~70.
- [7] 萨马雷诺, I., 1984, 西班牙南部早寒武世藻类碳酸盐岩, 石永泰译. 见:弗吕格尔, E. 主编:化石藻类, 北京:科学出版社, 285~189.
- [8] 梁桂香, 1987, 石门寨地区上元古代至下古生代微相组合规律及沉积古地理, *长春地质学院学报(秦皇岛地质专辑)*, 84~99

Evolution and Sedimentary Environment of Algal Bioherms from Middle to Upper Cambrian in Liujiang Basin, Hebei

Gong Enpu Han Shuhe Guan Guangyue
(Department of Geology, Northeastern University, Shenyang 110006)

Abstract

The main environment from Middle to Upper Cambrian is an open epicontinental sea in Liujiang Basin, Hebei. ooidal bank and gravel bank are widely distributed on the shallow sea area. Under the influence of environment, algal colony forms vary with the horizon from Zhangxia Formation to Gushan Formation and Changshan Formation in which there are lots of algal bioherms. A perfect sequence is formed by all bioherms in evolution.

There are three kinds of biolithites coming from the all bioherms. Each of biolithites is built up by a certain algae. It is easy to recognize these biolithites in outcrop. The principal features are described as follows. *Epiphyton* bafflestone is mainly distributed in the upper of Zhangxia Formation and the lower of Gushan Formation. They are often made up of mounds, of which the scale varies from 2 to 3 m in width and from 1 to 3 m in height. Thrombolite bindstone is mainly distributed in the middle of Gushan Formation. The shapes of the thrombolite mound and *Epiphyton* mound are very much alike. Stromatolites biolithite is mainly distributed in the upper of Gushan Formation and the lower of Changshan Formation, of which the shapes are thick bedded (Fig. 1). Moreover, algal bioherms are closely related with oolite limestone, mud-stripe limestone and calcirudite.

All the mounds and the reefs that are made up of by three kinds of algal limestone mentioned above occur in 8 horizons from the middle to upper Cambrian in this area. From bottom to top they are *Epiphyton* baffling mounds, thrombolite mounds and stromatolites reefs. Each of the all bioherms is distributed in similar sequences in lithofacies. About 8 sedimentary rhythms are made of all sequences, in which every one begins at rudite that is distributed widely and uncontinuously in horizon, and then the algal mound and reef are built up on the convex part of the rudite bed. There is a clear boundary surface between the bioherm and rudite. The top of sequence is oolite limestone. This is a remarkable assemblage in lithofacies that makes rudite, bioherm and oolite which forms an organic whole.

There are two clues to recognize the bioherms evolution in this area, one is that the skeleton calcareous algae evolving toward blue-green algae of non-skeleton while the shape of bioherms maintain the same ($R_1 - R_5$); and the other is that the massive algae mounds evolve toward stromatolites reefs of thick bedded while algal contents maintain the same ($R_4 - R_8$) (Fig. 2). Each kind of biolithites formed in a certain environment. The *Epiphyton* bafflestone is suitable to deeper water on the front of ooidal bank. This environment corresponds to the lower part of subtidal. The thrombolite bindstone is suitable to shallower water on the front of ooidal bank. This environment corresponds to the upper part of subtidal. The stromatolites biolithite relates mainly to restricted environment on the back of ooidal bank. The evolutionary sequence of algal bioherms noted the geological process that the sedimentary environment evolved from deeper water on the front of the ooidal bank, setting margin of a carbonate platform, to restricted environment on the back of ooidal bank.

Key Words: Liujiang Basin, Middle — Upper Cambrian, Evolution of Algal Bioherms, Model of Sedimentary Environment