

生物的造礁造岩作用

何 锦 汉

(地质矿产部华东石油地质局)

生物造礁造岩作用的关键是阐明生物的古生态和造礁功能。块状、层纹状或板状、分枝状、结壳状和游移或漂浮的不定形状等,不同外形的造礁生物,以不同方式造成五种不同的原地石灰岩:骨架岩、盖覆岩、障积岩、缠结岩和生物粘结岩。同种外形的造礁生物,在各地质时代中的造礁造岩功能和机理是相似的。骨架岩、障积岩和部分盖覆岩可造成原生礁骨架;缠结岩、生物粘结岩和部分盖覆岩一般造成次生礁骨架。

古代礁和礁碳酸盐岩在漫长的地质历史时期,受成岩后期作用的强烈改造,生物的原生结构往往遭受程度不等地破坏,要认识造礁生物在礁环境中的真正作用,会有一定的困难和局限。只有通过生物的古生态详细研究和分析,才能获得一些有价值的资料。因此,认识古代礁和礁碳酸盐岩的关键是阐明生物的古生态和造礁功能。

一、造礁生物的造礁造岩作用

造礁生物从外形特征概括共有五种类型,包括块状、层纹状或板状、分枝状、结壳状和不定形的生物(指游移或漂浮的海藻和细菌)。五种不同外形的造礁生物在建造礁和礁碳酸盐岩中的真正作用,在许多情况下常被沉积作用和成岩作用所掩盖,只有通过生物的古生态仔细分析,才能条缕分明,有所认识。尽管造礁生物可随着地质时代的改变而不同,但同种外形的造礁生物,在各地质时代中的造礁造岩的机理和功能应是相似的,皆用相似的方式建造礁和礁碳酸盐岩。

(一) 块状生物

块状生物不仅出现于一般所认为的高能环境,几乎可以存在任何环境中。其形状可从不规则的块状、球状、蘑菇状、结核状以至网球状。直径可从几厘米至2米。它们的生境能从开阔潮下带的清水高能的环境,直至浅的局限潮下带环境。

许多块状层孔虫,例如洞孔层孔虫(*Trupetostroma*)、放射层孔虫(*Actinostroma*),在清洁的高能水环境下,固着生长于硬质海底。在发育早期显示有包壳性质,以联结生物碎屑或非生物碎屑,形成初期的原始硬质骨骼,然后继续横向层状生长石灰质层和垂直生长石灰质柱,逐渐变成不规则的块状,在晚期形成支架骨骼。如此方式生成坚硬的碳酸盐岩可称骨架岩。这些坚硬块体可以由生物的生长、包壳和捆结,形成一种类型的礁或礁的一部分。由块状层孔虫的支架骨骼形成骨架岩为主的礁,有广西、贵州、云

南和湖南一带的泥盆系礁。广西南丹大厂生物礁,造礁生物以块状层孔虫和床板珊瑚为主,含量达50%以上。层孔虫块体大至90 cm以上,在礁核内形成块状骨架。礁的生长发育完全处于高能环境,礁体约长3600 m、宽2700 m、厚880 m。贵州普安罐子窑生物礁、独山布寨生物礁^[1]和湖南邵东清潭冲生物层规模也相当大,造礁生物也都是以块状层孔虫和床板珊瑚为主,这些生物礁的主体碳酸盐岩均为骨架岩。

块状生物造成的骨架岩,除层孔虫骨架岩外,还有珊瑚骨架岩、海绵骨架岩、水螅骨架岩、苔藓虫骨架岩等。湖北利川见天坝上二叠统生物礁^[2],由造礁生物——钙质海绵、水螅组成主要骨架,填隙物为生物碎屑和灰泥,形成海绵骨架岩、水螅骨架岩礁核。四川重庆老龙洞上二叠统生物礁^[3]为水螅海绵礁,由海绵骨架岩、水螅海绵骨架岩、苔藓海绵骨架岩组成。

并不是所有块状生物均能造礁,某些块状生物被高能扰乱,虽然它们有的彼此接触,在地层中常形成富含化石的透镜体,却不能成为礁。某些球状生物生活在礁后静水环境,通常部分埋在泥质海底,互相不接触,虽然它们都是原地生长,但没有造成坚硬骨架的趋势,也不可能造成礁。

(二) 层纹状或板状生物

层纹状生物的厚度约从几毫米至20厘米。它们的生态适应环境有很大的变化,在不同的沉积阶段也有不同的表现。以层孔虫为例,在海进阶段,其生长形状,主要受水的深度控制。块状层孔虫生长在高能带;层纹状层孔虫生长在中等水动能环境。沃尔克和阿伯斯特(Walker and Alberstadt, 1975)指出礁发育的生态分四个阶段^[3,4]: 1. 试殖阶段或定殖阶段(stabilization stage), 2. 繁殖阶段或拓殖阶段(colonization stage), 3. 泛殖阶段(diversification stage), 4. 统殖阶段(domination stage)。块状层孔虫大量出现于礁的统殖阶段;而层纹状层孔虫则多出现于泛殖阶段。据比利时Dinant盆地情况表明^[4],在地壳相对稳定期间,礁发育早期和晚期,层孔虫的生长形状和分布环境是不同的。早期,层纹状层孔虫生长在开阔海的中等动荡水环境;当发展到晚期,不规则块状层孔虫生长在台地边缘清洁的高能浅水中,球状层孔虫主要生长在安静的泥质礁后相,厚层纹状层孔虫出现于礁的向海一方中等动荡水环境中,薄而细小的层纹状层孔虫生长在偏居一隅的封闭环境中。

比利时新鲁汶大学著名生物礁专家钱尧和博士(H. H. Tsien, 1981)提出^[4],在一个开阔海的中等动荡水环境中,大量原地生长的层纹状或板状层孔虫,能覆盖在破碎的骨骸和碎屑上保护和稳定它们,这样碎屑就能很快地胶结造成礁碳酸盐岩,这类礁碳酸盐岩可称为盖覆岩(coverstone)。如果层纹状层孔虫与碎屑物质未叠覆胶结一起,则它们没有造成坚硬礁体的趋势,则不可能成为礁。湖南城步铺头生物丘¹⁾,由板状层孔虫*Trupetostroma*, *Stictostroma*等组成盖覆岩;邵东马鞍山生物层则由板状层孔虫*Stromatopora*, *Stictostroma*和床板珊瑚*Alveolites*, *Crassialveolites*, *Syringopora*, *Thamnopora*组成盖覆岩;新邵巨口铺生物层则以块状复体珊瑚*Hexagonaria*, *Endophyllum*组成骨架岩和板状层孔虫*Gerronostroma*, *Stromatopora*组成的盖覆岩互层为特点。

1) 王根贤、左自璧, 1984, 湖南泥盆纪生物礁(摘要)。中国古生物学会珊瑚学科组现代珊瑚礁考察会议学术论文,

在国内外许多生物层和生物丘中，礁相常明显地出现由粗到细的粒级递变的沉积旋回，大的生物碎块在底部，颗粒小的泥粒岩或粒泥岩在上部，在每个旋回层顶部常大量出现层纹状或板状生物，表示礁相是在各种不同条件下发育的。大的生物碎块表示强动荡水条件，可能由暴风雨造成；生物碎屑由粗到细的粒级递变过程，表示由风暴造成短时间的快速混浊沉积；粒泥岩沉积物表示相当安静水环境；层纹状或板状生物的生长指示中等动荡水的清水环境。生物碎屑的大量发生表示礁的破坏时期，而层纹状或板状生物的生长指示礁的建造时期。

（三）枝状生物

枝状生物可在礁相和泻湖相中大量生长，也常在浅海台地上密集繁殖。大多数原地生长的枝状生物群体，能减缓水流，促使水中携带的各种生物骨骸和其它碳酸盐岩颗粒，逐渐在枝状生物的周围停积下来，造成障积岩。能起障积作用的生物有枝状的层孔虫、珊瑚、海绵、苔藓虫、绿藻等，甚至还有直立固着生长在海底的海百合生物群落，它们的作用类似于防沙林带。在各地质历史时期的生物礁中，各种障积岩很多，有穗层孔虫（*Stacyyodes*）障积岩、分珊瑚（*Disphyllum*）障积岩、通孔珊瑚（*Thamnopora*）障积岩、泡沫柱珊瑚（*Thysanophyllum*）障积岩、石柱珊瑚（*Lithostrotion*）障积岩、海绵障积岩等。四川西北部上三叠统卡尼阶海绵点礁群^[5]，构筑礁的主要营力是分枝状群体海绵的障积作用，属于海湾内弱浪能环境中形成的障积补丁礁，礁核的主要岩石类型为海绵障积岩及蓝-绿藻生物粘结岩。

某些枝状生物的骨骸，例如链珊瑚（*Halysites*）、笛管珊瑚（*Syringopora*）等能形成疏散的骨架造成骨架岩。已折断和倒卧的枝状生物的骨骸，由于水动能的机械作用继而产生大量的生物碎屑，充填在礁内的骨架空隙或空洞中，可形成砾灰岩、悬砾灰岩、灰泥岩、粒泥岩及泥粒岩，从而帮助了礁体增长。

（四）结壳生物

在缓慢沉积作用时期，生物碎屑可以长时间的暴露在海底，使结壳生物能在碎屑上生长。如果结壳生物仅部分缠绕或包覆生物碎屑，则表明生物碎屑部分埋藏在软泥中，而部分暴露于海底；如果结壳生物全部缠绕或包覆生物碎屑，则表明是硬质海底环境，并存在动荡的水流。

结壳生物常附着于其它物体上发育成长，具有缠绕、包覆和粘结生物骨骸、破碎礁块及碳酸盐岩颗粒，形成叠层或皮壳的性能，这种性能也可称缠结作用。因此，在礁的破坏时期沉积的大量生物碎屑和各种大小的礁块，能被结壳生物缠绕和保护起来，形成缠结岩。有的结壳生物如蓝绿藻能分泌粘液，一些红藻还能从它的细胞壁中分泌碳酸镁，以加固块体的抗浪能力。这类礁碳酸盐岩具有盘根错节的缠结格架。贵州中三叠统生物礁^[6]，由红藻中的前管孔藻为主要造礁生物，并构成生物礁格架；滇、黔、桂三省（区）毗邻的南盘江地区二叠系生物礁达30多个，主要为蓝绿藻包覆海绵、水螅等方式造礁。这些生物礁的岩石类型也可能有许多缠结礁碳酸盐岩存在。

结壳生物有结壳红藻、蓝绿藻，甚至可能还包括部分层孔虫、苔藓虫及床板珊瑚等。钱宪和（H. H. Tsien, 1979）指出^[7]，层孔虫的结壳指示中等水动能的清水环境；而藻和槽珊瑚（*Alveolites*）的结壳指示安静水环境。结壳生物可与块状或层纹状生物伴

生造成礁或部分礁。

(五) 不定形生物

外形不定形生物在礁相和局限海相是很常见的。不定形的游移或漂浮的藻类可能是最重要的造礁造岩生物，特别是在礁组合中的灰泥岩相。例如在一些古生代生物礁中的肾形藻 (*Renalcis*) 和表附藻或灌木藻 (*Epiphyton*)，一般在被屏蔽的地带生长和繁殖，导致大量碳酸盐灰泥的聚集和沉积，当然这些灰泥既可以是由水流带来，也可以是由原地产生的。由于藻具丝体，因此，碳酸盐灰泥很容易被藻捕集、稳定和聚集起来。在这种情况下，碳酸盐灰泥能很快地被粘结造成生物粘结 (biocementstone, Tsien, 1981)。如果生物粘结岩有足够数量，并与其它礁碳酸盐岩组合在一起时，就能形成礁的骨架，甚而，生物粘结岩达到一定厚度，也能独立成礁。山东沂源至莱芜一带¹⁾，中寒武统张夏组浅灰白色厚层块状灰岩中，发现厚约 50 余米表附藻 (*Epiphyton*) 礁岩，以生物丘和生物层产出。至长清一带相变为表附藻 (*Epiphyton*) 藻屑微晶灰岩，内含葛万藻 (*Girvanella*) 藻屑和肾形藻 (*Renalcis*)。据钱宪和 (H.H. Tsien, 1984) 在国外报道^[8]，湖南新邵巨口铺“泥丘” (mud mound) 系由藻类和微生物为主的生物粘结岩所组成。

另一些藻类，例如弗路德藻 (*Frutexitis*) 等，能够生存在黑暗的礁缝、裂隙、孔穴、洞穴中，这些藻类能够分泌碳酸泥，充满在其中并粘结礁的碎块，使生物骨架成为一个坚硬的块体。

外形不定形的生物仅包括游移或漂浮的海藻和细菌，对于细菌的造岩活动国内外报道不多，尚待研究。

二、礁 灰 岩



图1 恩布里和克洛文 (1971) 礁灰岩分类示意图

礁灰岩是一种在礁体中生成的碳酸盐岩，可分两种：一为原地石灰岩，一为异地石灰岩。上述五种不同外形的造礁生物，可用不同方式，造成五种不同的原地礁碳酸盐岩：骨架岩、盖覆岩、障积岩、缠结岩和生物粘结岩。其中骨架岩、障积岩和部分盖覆岩可造成原生礁骨架；缠结岩、生物粘结岩和部分盖覆岩一般造成次生礁骨架。

有关原地石灰岩的分类，恩布里和克洛文 (Embry and Klovan, 1971)^[9] 提出三种：骨架岩 (framestone)、障积岩 (bafflestone)、粘结岩 (bindstone) (图1)。钱宪和 (H.H. Tsien, 1981)^[4] 提出有五种：骨架岩 (framestone)、

1) 张俊明, 1984, 鲁中地区中寒武统 *Epiphyton* 礁岩的分布及其地质意义, 江苏省古生物学会会议, 第5期。

障积岩 (bafflestone)、盖覆岩 (coverstone)、捆扎岩 (bindstone)、生物粘结岩 (biocementstone) (图2)。本文基本采用钱宪和的分类。关于“bindstone”一词的含义和译名存在多种意见,在此略作说明和讨论。“bind”在英语中主要含义是捆或绑的意思。恩布里和克洛文(1971)^[9]提出的“bindstone”,原文含义是由板状、层纹状和结壳生物 (encrusting organisms) 造成。钱宪和(1981年)指出,板状生物和包裹状生物 (encrusting organisms),在造礁功能上是完全不同的,并认为“bindstone”是由包裹状生物绑结和捆扎生物碎屑而成,故译为“捆扎岩”。笔者认为“bindstone”是由结壳生物缠绕和绑结生物碎屑而成,并具明显的缠结格架,以译为缠结岩较为合宜。这类礁碳酸盐岩的缠结格架在一些礁核的露头上显而易见,是鉴别礁碳酸盐岩与非礁碳酸盐岩的重要标志之一。至于顿哈姆(1962)的“boundstone”^[10]一般译为粘结岩^[11],但按其原意实际指生物礁岩,是礁岩的总称^[12]。

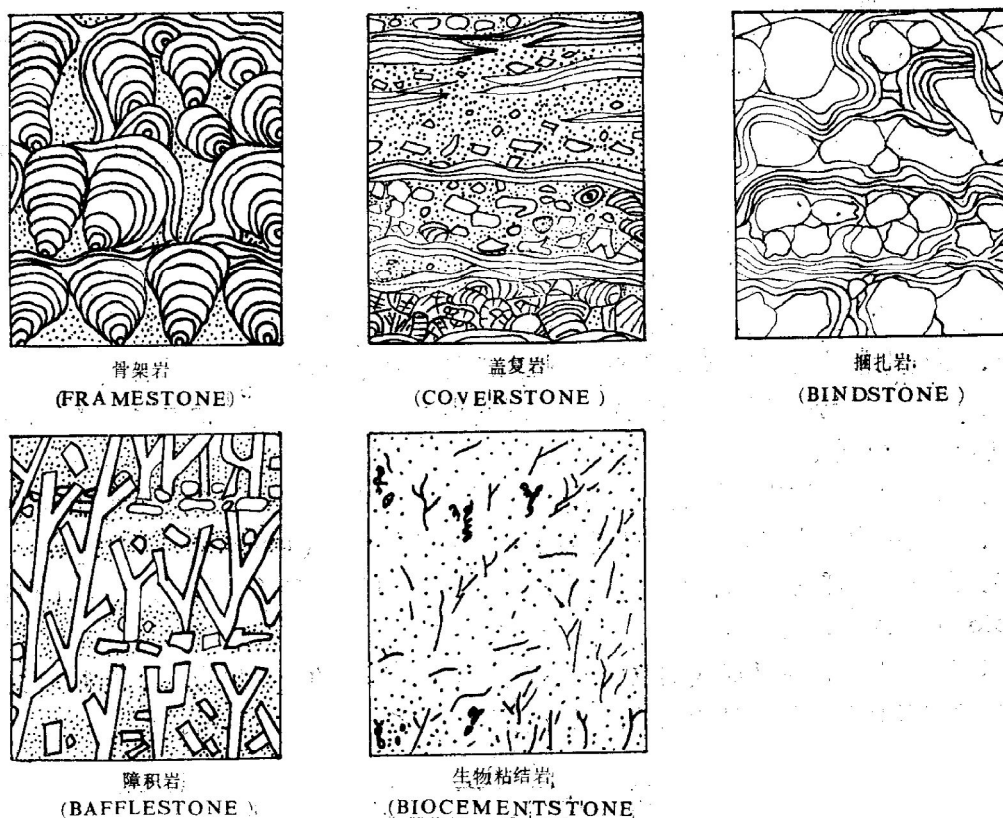


图2 钱宪和礁灰岩分类示意图 (1981)

异地石灰岩是由礁屑或松散的沉积物, 沉积在礁体中或在造礁生物之间形成的。以原地石灰岩为代表的礁体在生长过程中, 经过长期机械作用和生物作用的大量破坏, 导致异地石灰岩的产生, 也同时发生一些溶解孔洞和生物钻孔等现象。大量的礁碎屑和松散的沉积物充填在礁骨架或礁体的孔隙中, 从而加大了礁的容积。异地石灰岩可包括灰泥岩、粒泥岩、泥粒岩、颗粒岩、悬砾岩和砾灰岩。因此, 一个礁相的礁灰岩事实上是由多种碳酸盐岩以不同比例组合而成, 在表1中所列的原地石灰岩和异地石灰岩, 它们

表1 碳酸盐岩的沉积结构分类表

异地石灰岩在沉积时期原始组份未被生物粘结						原地石灰岩在沉积时期原始组份被生物粘结						结晶碳酸盐岩(按物理结构或特征的分类方案细分)				
大于2mm组份<10%				大于2mm组份>10%		块状生物建造硬骨架	结壳生物缠结作用	板状生物覆盖碎屑和沉积物	枝状生物障积作用	不定形状生物粘结碎屑和沉积物						
含灰泥(<0.03mm)		无灰泥	杂基	>2mm	组份支持											
泥支持		颗粒支持														
颗粒<10% (粒径0.3—2mm)	颗粒>10%															
灰泥岩	粒泥岩	泥粒岩	颗粒岩	悬砾岩	砾灰岩	骨架岩	缠结岩	盖覆岩	障积岩	生物粘结岩						

按顿哈姆(Dunham, 1962)、恩布里和克洛文(Embry and Klovan, 1971)及钱亮和(H.H. Tsien, 1981)的分类综合修改而成。

的全部或部分碳酸盐岩,均可在一个礁相中发现。但原地石灰岩中的造礁生物,必须能够表示造礁功能。

三、结 语

不同外形的造礁生物,以不同的方式造成五种原地生长的礁碳酸盐岩。

1. 原地生长的块状生物形成支撑骨架造成骨架岩(framestone)。
2. 原地生长的层纹状或板状生物覆盖破碎的骨骸和碎屑,保护和稳定它们并形成盖覆岩(coverstone)。
3. 原地生长的枝状生物减缓流速,促使沉积物停积下来形成障积岩(bafflestone)。
4. 结壳生物缠绕和绑结破碎的骨骸和碎屑形成缠结岩(bindstone)。
5. 游移或漂浮的外形不定形的生物,捕集、稳定和聚集碳酸盐灰泥,形成生物粘结岩(biocementstone)。

尽管造礁生物随地质时代的改变而不同,但同种外形的造礁生物,在各地质时代中的造礁造岩的功能和机理是相似的,以类似的方式建造礁和碳酸盐岩。

参 考 文 献

- [1] 叶德胜等, 1983, 贵州泥盆系碳酸盐岩及沉积相. 沉积学报, 第1卷, 第2期。
- [2] 范嘉松等, 1982, 鄂西二叠系生物礁的基本特征及其发育规律. 地质科学, 第3期。
- [3] 强子同等, 1985, 四川上二叠统老龙洞生物礁及其成岩作用. 石油与天然气地质, 第6卷, 第1期。
- [4] Tsien, H.H., 1981, Ancient reefs and reef carbonates. Proc. Fourth Intern. Coral Reef Symp., Manila, PP. 601—609.
- [5] 吴照纯等, 1985, 川西北上三叠统海绵点礁群的含油性评价. 石油实验地质, 第7卷, 第2期。
- [6] 贺自爱等, 1980, 贵州中三叠世生物礁. 地质科学, 第3期。
- [7] Tsien, H. H., 1979, Paleocology of algal-bearing facies in the Devonian (Couvinian to Frasnian) reef complexes of Belgium. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 27, 103—127.
- [8] Tsien, H. H., 1984, Devonian reefs of China—Paleocology and structure. In J. Geister et R. Herb (ed.) 1984, Géologie et paléocologie des Recifs. Inst. Géol. Univ. Berne.

- [9] Embry, A.F. and Klovan, J.E., 1971, A Late Devonian reef tract on northeastern Banks island, Northwest Territories. *Bull. Can. Petrol. Geol.* 19, 730—781.
- [10] Dunham, R.J., 1962, Classification of carbonate rocks according to depositional texture. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem.* 1, 108—121.
- [11] 刘宝珺等, 1980, 沉积岩石学. 地质出版社.
- [12] 范嘉松、张维, 1985, 生物礁的基本概念、分类及识别特征. 岩石学报, 第3期.

REEF- AND ROCK-BUILDING ROLE OF ORGANISMS

He Jinhan

(Huadong Bureau of Petroleum Geology, Ministry
of Geology and Mineral Resources)

Abstract

The key of reef- and rock-building role of organisms is to explain their paleoecologic characters and reef-building functions. Different reef-building organisms in shapes, such as massive, lamellar or tubular, branching, encrusting and indefinite shapes of vagrant or floating organisms, can construct five kinds of autochthonous limestones in distinct ways: framestone, coverstone, baffestone, bindstone and biocementstone. The same shape of reef-building organisms may have similar reef-building functions and forming mechanisms even in various geological times. That is, framestones, baffestones and some coverstones may form primary framework of reef; bindstones, biocementstones and some coverstones generally construct the secondary framework of reef.

塔北联合勘探又获可喜地质成果

自从塔北沙雅隆起雅克拉构造上的沙参2井喜获优质高产工业油气流之后,地矿部决定尽快扩大战果,组织了各有关地区局的三十多个石油勘探队,组成一支六千多人的勘探大军,对该隆起三万多平方公里的面积进行大规模的多工种联合勘探,找到了一批有利于贮存油气的圈闭构造,并在其不同构造部位部署了一批探井,经过一年多的精心施工,已有沙7和沙4两口井在中—浅层不同程度地见到了油气显示。

沙7和沙4井分别位于雅克拉构造上沙参2井东偏北约5 km和10 km处。沙7井已打5450 m,钻入地层:第四系厚42.5 m;上第三系库车组厚2695 m,康村组厚983 m,吉迪克组厚565.5 m,苏维依组厚121.5 m;下第三系库姆格列木群厚510.5 m;白垩系厚428 m;侏罗、三叠系厚69.5 m;寒武系厚34.5 m(未穿)。寒武系为灰色粉晶—泥晶白云岩,砂屑、砾屑白云岩夹白云质泥岩,含三叶虫等化石。

经对沙7井寒武系白云岩层进行了油气测试获得高产油气流;沙4井在钻井过程中进行了中途测试,也获油气流。

经初步分析,原油比重0.7923,粘度1.96厘泊,含蜡量1.9%,含硫量0.18%,凝固点-18℃,初馏点61.7℃,属于优质原油。天然气成分:甲烷78—88%,乙烷2.8%,丙烷1.51—1.6%……,含氮6.7—15.3%。

至此,雅克拉构造上已有三口井出油,控制了一定的含油气面积;含油气层位又有新的突破。表明雅克拉是具有一定规模的古生代海相油气田。而雅克拉构造仅是沙雅隆起十多个可能含油气圈闭之一,故该油气田的发现进一步证明了沙雅隆起是一个大有潜力的含油气远景区。

(康玉柱)