

生物礁与油气勘探



韩保清 编著

石油大学出版社

S W J Y Y Q K T

生物礁与油气勘探

韩保清 编著

石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

生物礁与油气勘探/韩保清编著. —东营:石油大学出版社, 2003

ISBN 7-5636-1817-1

I. 生... II. 韩... III. ①生物礁—研究②储集层—勘探
IV. ①P736.21②P631.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 007081 号

书 名: 生物礁与油气勘探

主 编: 韩保清 编著

责任编辑: 李 锋 (电话 0546-8392791)

出 版 者: 石油大学出版社 (山东 东营, 邮编 257061)

网 址: <http://sunctr.hdpu.edu.cn/~upcpres>

电子信箱: bianwn@mail.hdpu.edu.cn

印 刷 者: 石油大学印刷厂

发 行 者: 石油大学出版社 (电话 0546-8392563)

开 本: 185×260 印张:9.25 字数:169 千字 插页:3

版 次: 2003 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

印 数: 1-500 册

定 价: 28.00

前 言

地壳上的碳酸盐岩占沉积岩总体积的五分之一,而已知碳酸盐岩地层中的石油和天然气储量则占总储量的二分之一,因此,对碳酸盐岩及其含油、气性的研究一直是石油和天然气勘探与开发中的一项重要课题。生物礁是碳酸盐岩的一种特殊类型,只要它们含油气,一般都是高产的,礁油气田已成为石油勘探重要对象之一。我国老一代研究生物礁的权威曾鼎乾先生在他的著作中对中国各个地质时期的生物礁作过系统全面的描述,为后来的研究奠定了基础。

1955年初,地质部组织了石油大普查,我国著名的地质学家黄汲清和谢家荣当时就指出勘探生物礁具有重要意义。60年代初,石油工业部组织了一支寻找南方古生界油、气田的勘探队伍。在野外工作中,于二叠系一些露头上看到了化石富集、块状、没有层理、厚度又大于四周同一地层的异常现象。1983年何可梗根据野外观察撰写了《贵州西南部紫云、望漠、册亨一带上二叠统生物礁的初步探讨》一文,这是第一篇报导我国生物礁的文章。1972年,在队长王治华的主持下,完成了《黔西南紫云、望漠一带晚二叠世生物礁相石油调查研究报告》,这是第一份正式向国家提交的二叠纪生物礁科研成果。广大地质工作者,经过艰苦的工作,发现礁的分布层位从二叠系扩大到震旦系、整个古生界和三叠系海相地层。

生物礁的研究是多方面的,地震解释上不断采用新技术以加深认识和提高解释精度,地质学家则主要研究礁的整体发育及其生长形式、礁的形成和破坏、海平面的变迁对礁的影响等。而石油地质勘探工作者则在地质学研究的基础上又侧重于礁油、气藏的形成,储油物性的变化以及提高勘探成功率等方面问题的探讨。

在技术不断更新的情况下,从地震资料、测井资料上识别非露头(地下)礁体,具有其它方法不可替代的准确性与经济性。因此,对礁储层的测井响应、定性识别、定量评价方法进行研究,对提高测井礁油藏勘探的成功率具有十分重要的意义。

本书从实际生产的实用角度出发,探讨了生物礁的定义、分类与储集性能;向读者介绍了世界著名的美国瓜德罗普国家公园生物礁的露头概貌;探讨了生物礁的地震、重磁电、测井等地球物理定性定量评价方法,给出了大量研究实例。本书的内容在很大程度上反映了目前我国在生物礁的地下定性定量研究方面的进展,对相关研究具有参考价值。

纪友亮

2003.9.10

目 录

第一章 生物礁与油气勘探概况	(1)
第一节 生物礁的定义和分类	(1)
一、生物礁的定义	(1)
二、生物礁的形成条件	(8)
三、生物礁的分类	(10)
四、生物礁的相带特征	(12)
五、达尔文模型	(13)
六、生物礁体的识别	(14)
第二节 生物礁的油气勘探	(14)
一、国外生物礁油、气藏概况	(15)
二、国内生物礁油、气藏概况	(16)
三、礁油、气藏的形成条件	(18)
第二章 礁的露头研究与储集性能	(20)
第一节 概况	(20)
第二节 礁核沉积相	(25)
第三节 前礁沉积相	(29)
第四节 盆地沉积相	(30)
第五节 泻湖沉积相	(36)
第六节 生物礁的储集性能	(44)
一、古礁岩储油物性的数据测定	(44)
二、礁岩中的孔隙类型	(44)
三、礁体中孔隙发育的部位	(46)
四、淋滤作用	(46)
五、白云化作用	(47)
六、储层物性分布特征和孔隙结构特征	(50)
第三章 生物礁的地球物理评价方法	(54)
第一节 生物礁的地震解释方法	(54)
一、生物礁的地震剖面解释	(54)
二、用地震资料研究生物礁分布规律	(56)

三、合成地震剖面识别生物礁的方法	(58)
第二节 塔中生物礁地球物理研究实例	(62)
一、塔中地区已钻井区异常体分布	(62)
二、地球物理特征分析	(64)
三、异常体地质属性综合评价	(66)
四、塔中生物礁非地震勘探	(67)
第四章 生物礁的测井评价方法	(73)
第一节 生物礁的测井响应	(73)
一、孔隙度测井与电阻率测井响应	(73)
二、自然伽马测井响应	(74)
三、重力密度测井响应	(74)
四、常规测井综合响应	(78)
第二节 生物礁的地层倾角测井矢量模式	(80)
一、地层倾角测井矢量图	(80)
二、生物礁层序的倾角矢量模式	(82)
第三节 生物礁在成像测井上的特征	(85)
一、生物礁在成像测井显示上的一般规律	(85)
二、生物礁在成像测井图上的显示实例	(86)
第四节 礁的地质史研究	(87)
第五节 川东生物礁的测井综合研究实例	(89)
一、川东长兴组生物礁的判别模式	(89)
二、川东地区生物礁测井预测方法研究	(90)
第五章 生物礁测井相分析及储层参数计算	(95)
第一节 生物礁灰岩测井相分析	(95)
一、原理	(95)
二、分析方法	(97)
第二节 碳酸盐岩储层储集空间特征	(99)
一、碳酸盐岩储层空隙空间类型	(99)
二、碳酸盐岩储层储集结构类型	(102)
第三节 储层定性评价	(103)
一、碳酸盐岩储层划分方法	(103)
二、裂缝型储层评价	(105)
三、洞穴型储层评价	(111)
四、流体性质的判别	(114)

第四节 碳酸盐岩储层测井评价实例研究(以中 1 井为例)	(123)
一、测井构造解释	(123)
二、储层类型及测井响应特征	(123)
三、储层纵向分布规律及流体识别分析	(126)
四、利用斯通利波分析储层渗透性能	(128)
五、储层参数定量模型的建立	(129)
六、储层级别及储层参数集总	(133)
参考文献	(137)
图版	(139)

第一章 生物礁与油气勘探概况

第一节 生物礁的定义和分类

生物礁是在浅海大陆架环境中满足一定条件时所形成的沉积体。图 1-1 是沿岸沉积环境及生物礁发育相对位置示意图。由于生物礁在现代旅游、古地理研究,特别是在石油勘探与开发中显示出越来越重要的地位,因此,国内外对现代生物礁及古代生物礁的研究都十分重视。

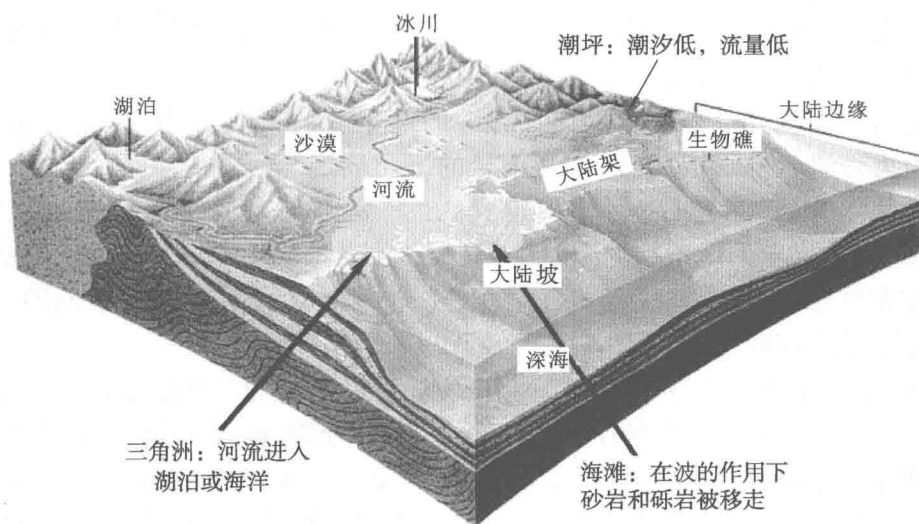


图 1-1 沿岸沉积环境示意图

一、生物礁的定义

1. 礁和建造

礁最先是航海家所使用的术语,他们把隐伏在海平面以下的、坚硬的、能引起航船灾难的危险目标称做礁。在地下,如果用最简单的描述,那么,礁是包含大量有机物骨骼残骸的碳酸盐岩体。然而,实际地质应用中,根据研究者的不同,礁的概念或含义是有一定分歧的,不同的目的,其定义不同。对这种特殊的岩体如何进行分类命名,经常产生混淆。

判断礁的定义是否合理有两方面的标准:一是看它是否适应研究工作的需要,即能否对研究工作起推动和促进作用;二是看它是否符合生产实践的需要,即能否对生产实践有指导意义。前一个标准要求定义具有科学性、严谨性,而后一个标准则强调定义还需具有通俗性和实用性(吴亚生,范嘉松;1991)。

在生物礁研究中一个首要的问题就是所面对的“礁”到底是不是礁。有人强调礁必须具有一定类型甚至一定数量的造礁生物,而另外的人对这方面的要求则宽松得多;有人强调礁必须具有抗浪性,而另外的人在礁的定义中却未加入这一要求。目前绝大部分英文文献都不强调抗浪性。

狭义上,碳酸盐研究者将“礁”限定为具刚性有机骨架的建造。Boggs 对礁的定义为“影响邻近地区沉积作用(因此在某种程度上异于周围沉积物),并且在沉积过程中比周围沉积物地理位置高的任何生物成因的碳酸盐沉积”(Longman, 1981)。James 和 Bourque 对礁的定义为“由大($>5\text{ cm}$)的无性繁殖系元素建构,并且能够在高能环境下繁荣成长的构造”。

广义上,将礁描述为“任何大得足够在海底形成地形起伏的生物成因的碳酸盐堆积物”(Wright 与 Burchette, 1996)。

美国职业测井分析家协会 SPWLA 的词汇表将礁定义为“礁是由海洋植物与动物骨骼残骸形成的、通常为灰岩的一类储层”。

曾鼎乾等(1988)对礁的精确定义为“具有一定数量的原地造礁生物格架、能够抗击相应的风浪、地形上常凸起的、独立的碳酸盐沉积体”或“生物礁是一种在浅水海洋碳酸盐沉积环境下,主要由生物和生物作用形成的、显示古地貌隆起的碳酸盐岩体”。

显然,在这个定义中,是把礁当作一个沉积体来看待的,这是一个方面。但在另一方面,也可把礁当作一个沉积环境来看待,即礁环境。沉积环境是因,沉积体是果;沉积体是沉积环境的具体表现。现代礁沉积环境和沉积体均历历在目,许多国家都在开展海上现代礁的各种旅游、科普活动。古代的沉积环境虽早已消失,但其沉积体却可保存下来。通过保存下来的沉积体的各种特征,可以恢复古沉积环境。

地质上,常用“建造”这个术语,建造是“具有原始地形起伏的原生灰岩体”(Tucker, 1991),或“主要由有机物形成的横向延伸有限的厚碳酸盐沉积”(Scoffin, 1987),或“主要由化石有机体构成的任何碳酸盐岩体,而不考虑岩体原始的形态或模式”。

因此,建造基本等同于广义上的“礁”。

2. 建造类型

大多数建造在形成时期就具有海底的正向突起特征。其它的可能在海

底与周围的沉积物同步形成。有一些礁体的形状并不凸出于其周围的同期沉积,在这种情况下,它是否还称做礁,就有争议了。因此,出现了生物层(biostrome)、生物丘(bioherm)等术语。只要这一碳酸盐岩沉积具有一定的原地生物格架,能够抗击一定的风浪,尽管它在地形上不凸出,也应当算做礁。从这个意义上讲,生物层就是形态不凸出的生物礁的别名。

1) 生物丘

生物丘是透镜状的礁或隆起(图 1-2)。有些是原地有机结构(生物礁),另一些是包含大量的贝壳或骨架的搬运形成的碳酸盐沉积的堤。

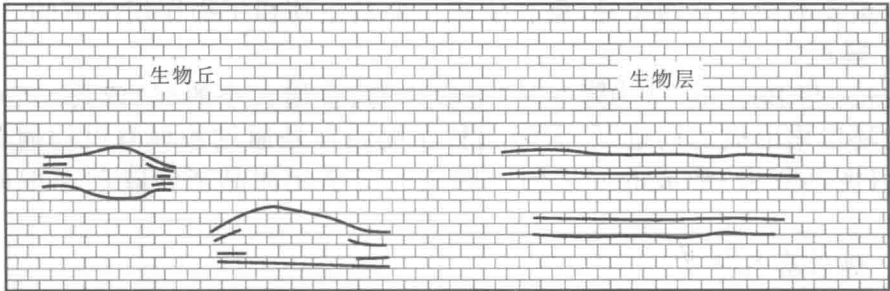


图 1-2 生物丘和生物层(据 James, 1983)

2) 生物层

生物层是扁平的碳酸盐建造,没有成分、大小或形状之分,具有带状或板状结构,由大量骨骼物质组成,有些在原地生长(生物礁),有些包含搬运来的贝壳和骨骼。生物层可能只在一维方向横向展布,形成带状地形;也可能在二维方向横向展布,形成板状地形(图 1-3)。

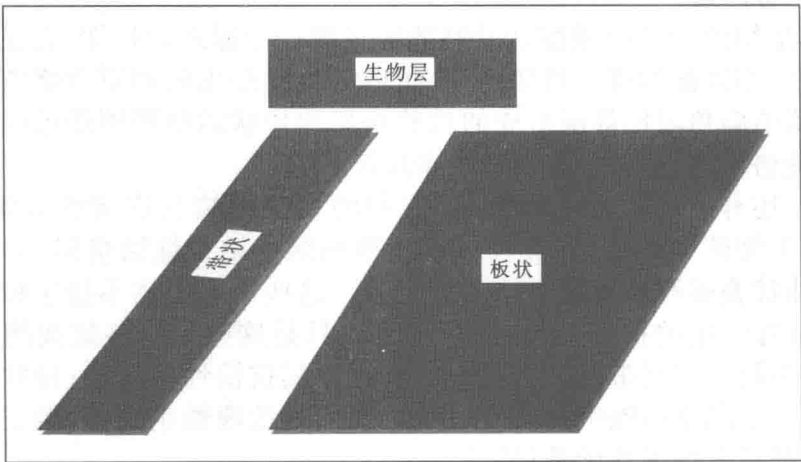


图 1-3 生物层形态示意图

3) 生物礁

如前所述,狭义的生物礁要求有刚性构架、具有抗浪性。刚性构架由分泌碳酸盐的有机物的骨架构成。

礁首先是一种(古)地貌隆起,这是礁的最首要的、也是最直观的特征。正是根据这一特征,可以把那些其它方面与礁相似,但不具地貌隆起的生物层与礁区别开来。但不是所有的地貌隆起构造都可以称做礁。如生物-机械沉积作用形成的生物滩或机械-化学沉积作用形成的鲕粒滩通常也表现为地貌隆起,但它们显然不能称做礁。另外,在静水或滞流环境中,机械沉积作用可以形成具明显地貌隆起的灰泥堆积,但也不能称做礁。礁有别于这些构造的一个重要的或主要的特性,就在于礁主要是生物和生物作用形成的。

4) 隆起

James 与 Bourque 认为隆起是“由较小的、普通大小的和(或)孤立元素在安静的环境里形成的构造”。泥隆起和泥堤经常是通过各种有机物捕获泥晶碳酸钙(泥晶灰岩)形成的。法国一露头的白垩纪泥晶灰岩隆起在地面高约 70 m。

3. 礁的基本特点

1) 生物成因

礁主要是由各种造礁生物形成的。现代礁主要由珊瑚组成,故也常把礁叫做珊瑚礁。其实,除珊瑚外,还有海绵、苔藓虫、层孔虫等,均能造礁。这些造礁生物都能从海水中吸取碳酸盐成分并组成其坚硬的骨骼,这些坚硬的骨骼就是礁的基本组成部分。因此也可以把礁叫做生物礁。当然,礁中多少会混有一些非生物成因的组分(碳酸盐的或非碳酸盐的),如果这些非生物组分过多并超过生物组分时,那就不称其为礁了。

2) 生物格架

造礁生物所分泌的碳酸盐骨骼能够形成一个原地的格架,它足以抗击风浪的袭击而不致被摧垮。格架,主要指造礁生物分泌的钙质骨骼所形成的格架,如枝状的鹿角珊瑚等所形成的枝状格架和块状的脑珊瑚所形成的块状格架等,这些格架都很坚固,都可以抗击风浪。

此外,还有一些蓝绿藻和红藻,它们的粘液粘结其它碳酸盐组分(如灰泥、颗粒、生物碎屑等),也能形成格架,即粘结格架或缠结格架,如层状叠层石格架、柱状叠层石格架以及结壳格架等。这些格架虽然不是生物骨骼组成的,但也具有一定的抗浪性,也应属于礁。只是这些粘结格架或缠结格架的碳酸盐岩多位于潮间带,这里风浪较小,因而其抗浪性也较小;枝状格架和块状格架多位于潮下高能带,该处风浪较大,故其抗浪性也较强,但它们都是原地格架和都具有抗浪性则是相同的。

假如格架过少,不足以抗浪,不足以在原地形成生根的坚固碳酸盐沉积体,那就不是礁,而是生物碎屑堆积的滩(bank)了。这就是说,滩或生物碎屑滩主要是由生物碎屑组分组成的(其中没有或很少有生物格架),不能形成凸

出于海底的抗浪格架,因此,滩是一种异化颗粒堆积体,它可以具有相应的层理及流水构造等。假如其中有较多的造礁生物的原地格架参与时,它就是所谓的礁滩了。礁滩再进一步发展,就可成为礁。有些礁常是以滩为基底发展起来的。

3) 地形上常凸起

礁体常具有凸镜状或丘状的外形,凸出于周围的同期沉积体。一个礁体的高和宽取决于其形成时的环境条件。如果礁基沉降速度与礁体的生长速度大体相等,则将形成塔状礁,其高度大于宽度;如果礁基沉降速度小于礁体生长速度,则所形成的礁体的宽度将大于高度;如果礁基沉降速度过小甚至不沉降或有上升,则礁体发育将会大大受到限制以至死亡(被干死);如果礁基沉降速度过大,则礁体发育也将受到限制以至死亡(被淹死)。不论何种情况,由于礁体生长速度一般大于其周围的非生物格架沉积的沉积速度,故礁体在形态上常高出其同期的沉积体。

综上所述,在礁的含义中,生物成因为主、具有一定数量的原地生物格架是最根本的。有了一定数量的原地生物格架,它就可以抗浪,不致被风浪摧垮,保持其成为独立的沉积体,也就可以持续地生长下去。至于它在地形上能否凸出于四周的同期沉积,那就不一定,只能说常常形成凸出的地貌罢了。

4. 造礁生物和生物作用

1) 造礁生物

一般来说,造礁生物是指那些发育茂盛、生长能力强,并能形成坚固骨架构造的群体生物。它们不但向上生长形成生物骨架,而且还能包裹、粘结、捕获其它碎屑沉积物,并分泌 CaCO_3 或使海水中的 CaCO_3 发生沉淀,造成胶结或结壳,形成坚固的能抵抗波浪作用的礁体。常见的造礁生物有藻类、珊瑚、苔藓、海绵、层孔虫等。造礁生物在各时代有所不同,如寒武—奥陶纪的造礁生物主要为古杯海绵和藻,志留、泥盆纪为层孔虫和珊瑚,二叠纪为钙藻、海绵和水蛇,晚三叠世为树枝状珊瑚,白垩纪是厚壳蛤,第三纪和现代是珊瑚和藻。

根据生物在生物礁形成过程中的作用,把生物礁中的生物分为造礁生物和附礁生物。

塔里木盆地不同地区中、晚奥陶世的造礁生物和附礁生物的组合及分布地区见表 1-1。生物礁中造礁生物的含量可达 30% 以上。造礁生物相互交织形成具抗浪结构的坚固的生物骨架,能抵抗风浪,既可使附礁生物附着于其骨架,避免风浪的侵袭而生长,又可捕集海水中的灰泥和其它生物的遗骸。塔里木盆地中、上奥陶统的造礁生物主要有海绵、苔藓虫、层孔虫、珊瑚、托盘类、蓝绿藻、管孔藻等。

表 1-1 塔里木盆地不同地区造礁生物和附礁生物分布表

(顾家裕, 方辉, 蒋凌志; 2001)

类型	生物	轮南	塔中	永安坝、一间房	阿尔金断隆	库鲁克塔格
造礁生物	层孔虫		○		○	
	苔藓虫	○	○	○	○	
	珊瑚	○	○		○	○
	蓝绿藻			○	○	
	管孔藻	○	○			
	托盘类	○	○	○		
	海绵	○	○			
附礁生物	角石			△		
	腹足类		△	△		
	棘皮类	△	△	△	△	
	介形虫	△	△	△	△	
	瓣鳃类			△		
	腕足类	△	△	△	△	△
	海百合				△	
	藻类		△		△	
	三叶虫		△			
	头足类				△	

(1) 海绵

海绵是一种固着表生动物,能牢固地固着于硬质基底,并具有良好的挠曲性,适于在具一定风浪、水体动荡的环境中生长,一般在不同温度条件下都能生长于正常盐度的滨、浅海环境,主要食用流动海水中的浮游生物和其它浮游有机质。在中、上奥陶统的生物礁中,石质海绵骨骼可占礁体体积的 50% 以上,主要种属为古钵海绵、钵海绵、深杯腔海绵、串管海绵等。轮南地区海绵呈生长状态保存。

(2) 苔藓虫

苔藓虫是一种适应性很强的底栖群体生物,匍匐于硬质海底营底栖附着生活,可生长于不同温度、盐度、深度和底质的海洋环境,但主要生活于温暖、洁净、有一定水体能量的浅海中。塔里木盆地生物礁中的苔藓虫主要分布于轮南地区、巴楚的永安坝和一间房地区以及塔中地区,特别是在轮南 46 井及附近地区,造礁生物主要是苔藓虫,构成了苔藓虫障积礁。主要种属是直立生长的变口目苔藓虫和少量泡孔目苔藓虫。

(3) 托盘类

托盘类是一类早已灭绝的生物,仅发现于古生代,过去都被视为海绵,但 Niticki (1972) 认为它们可能属于与粗枝藻有联系的藻类,生长最繁盛的水域水深达 6 m 左右,能抵抗风浪,起着捕获和障积生物碎屑和灰泥的作用。本区托盘类主要见于轮南、塔中和巴楚地区,是该区较重要的造礁生物。轮南地区托盘类呈杯状、亚杯状单体,以细端在下、粗端在上的状态生长,在岩石中所见的全呈生长状态,倾斜者少。巴楚地区的托盘类大多数开口朝下或呈平卧状态,表明沉积时水动力较强。

(4) 珊瑚

珊瑚是腔肠动物门中的一个纲。八射珊瑚和六射珊瑚是最重要的造礁珊瑚。这种珊瑚在一个共同的基座上群体生活。每个珊瑚虫都有自己的环形肉体 and 上部的触手,靠触手的活动把含有微小生物的新鲜海水送入口部,然后再把水从其侧面排出,以此吸取营养维持生活。在其生活过程中,分泌出碳酸钙骨骼以加高和加强其基座。与此同时,珊瑚还靠生芽或分裂方式进行无性繁殖或有性繁殖,不断扩大其群体的体积。这样,就逐渐形成了一定规模的具有一定抗浪能力的格架,在其它沉积组分的参与下,就可以形成珊瑚礁。

(5) 层孔虫

层孔虫是群体生长的造礁古生物,以底栖固着的方式生活,主要生活在温暖且盐度基本正常的滨海浅水环境,常与四射珊瑚和横板珊瑚共生。塔中地区参与造礁的层孔虫有拉贝希层孔虫、小拉贝希层孔虫、图瓦层孔虫、隐板层孔虫、罗森层孔虫和蜂巢层孔虫等。

2) 附礁生物

在生物礁中,附礁生物居于造礁生物坚硬骨骼构成的礁体骨架中,与造礁生物一起构成生物礁的生态群落。

塔里木盆地中、上奥陶统生物礁中的附礁生物主要为角石、腹足类、腕足类、棘皮类、介形虫、海百合以及各类钙藻等,它们虽然不直接参与造礁,但残骸却是礁灰岩的主要沉积物来源。其中,海百合茎尤其重要,它们大量快速地生长于礁的侧翼,形成一个天然的生物屏障,减轻海流和风浪对礁体的冲刷,起到保护礁体的作用。海百合碎屑堆积的棘屑滩又是生物礁生长的基础。

3) 生物作用

① 生物的造礁作用 钙化生物的骨骼构成礁骨架,这种造架生物主要是密集生长、直立坚挺型的钙化生物,加密集生长的四射珊瑚、六射珊瑚、钙质

海绵等。

② 钙化或非钙化生物对灰泥等沉积物的挡积作用 这实际上是由生物控制的机械沉积作用,称为障积作用。起这种作用的障积生物包括:a. 稀疏生长、直立坚挺型的钙化生物,如稀疏生长的珊瑚、钙质海绵;b. 密集或稀疏生长的直立分解型钙化生物,它们活着时为多关节和通常易弯曲的躯体障积沉积物,死亡后则分解为骨片分散保存,如古代礁中的海百合以及现代礁上的仙掌藻;c. 密集或稀疏的直立非钙化生物,这类生物活着时起障积作用,死亡后躯体通常腐烂消失,如现代的海龟草和柳珊瑚。

③ 钙化生物的供骨作用 钙化生物的骨骼虽不构成礁骨架,但作为礁体的重要组成部分或沉积物的来源,这种作用我们称之为供骨作用。具有供骨作用的生物包括:a. 除造架生物以外的所有其它钙化生物;b. 由于生物钻孔及风浪作用而破碎的本来起造架作用的生物;c. 礁上能分泌泥晶沉积物的藻类。

④ 蓝绿藻的粘附作用 很多泥盆纪的“隐藻礁”就是这种成因的。

⑤ 生物的稳定加固作用 钙化或非钙化的片状、藤状生物包裹缠绕在造架生物或障积生物的表面,从而起稳定加固作用,通常被称为粘结作用。

⑥ 藻类的盖蔽作用 指匍匐生长的藻类对其下的灰泥等松散沉积结构的稳定保护作用。

⑦ 生物的破坏作用 某些生物通过食用或钻孔破坏前述几类生物或已形成的礁体。

根据生物在造礁中的功能可以把生物分为:a. 造架生物;b. 障积生物;c. 粘结生物;d. 潜造架生物或潜障积生物;e. 居礁生物,包括:(a) 在礁洞穴内生活的洞穴生物,(b) 在底质表面栖居的底表生物,(c) 附着生活的体表生物,(d) 自游或游泳生物;f. 盖蔽生物或粘附生物,或兼有两种功能的盖附生物,盖附生物的典型例子是形成叠层石的蓝绿藻;g. 破坏生物。

显然,对生物族的形成起建设性作用的是前六类生物,只有它们在礁中占主导地位时礁才能生长。

二、生物礁的形成条件

现代礁发育所需的生活条件是相当严格的,现代礁能否形成在很大程度上取决于造礁生物的要求能否满足。生物礁的形成条件(图 1-4)叙述如下:

1. 温度

适宜造礁珊瑚生长的海水温度一般为 $18 \sim 36^{\circ}\text{C}$,最适宜温度为 $25 \sim 29^{\circ}\text{C}$,过高或过低都不利于珊瑚虫的生活。

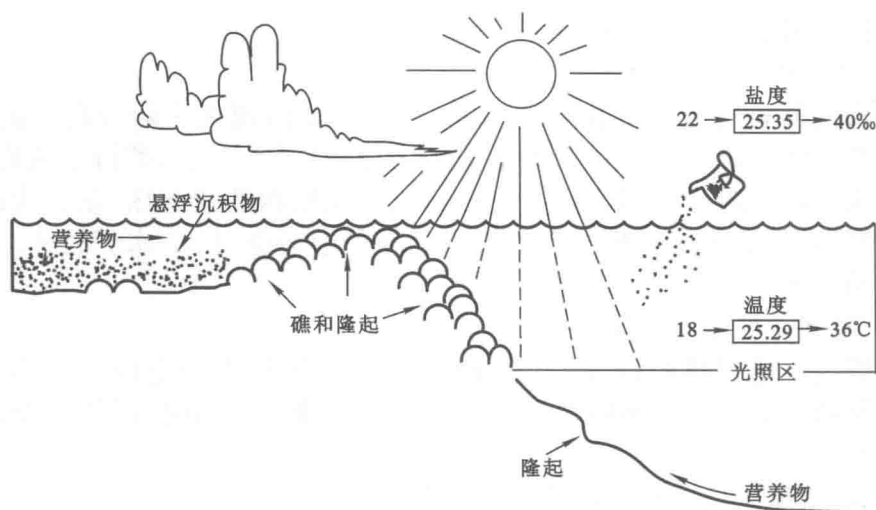


图 1-4 现代礁生长环境

2. 盐度

适宜造礁珊瑚生长的海水含盐度为 22‰~40‰, 最适宜的海水含盐度为 25‰~35‰。强烈的蒸发作用或大量的降雨作用或河流的注入作用, 都将严重影响造礁珊瑚的生长。

3. 深度

造礁珊瑚只能生活在总深度小于 100 m 的海洋浅水中, 一般在 20~30 m 以内。因为含钙海参藻和石珊瑚目的珊瑚中的代表生物虫黄藻都靠阳光进行光合作用, 只有在浅水中光合作用才能进行。

4. 清洁度

成礁环境要求低陆源碎屑输入, 使水不含或很少含陆源泥砂。因为陆源的泥砂会使珊瑚虫窒息而死, 碳酸盐沉积也会被快速的碎屑沉积冲淡。有的珊瑚, 如滨珊瑚, 还能利用其触手的活动, 从其身体中移走沉积下的泥砂颗粒; 有的珊瑚, 如枝状珊瑚, 凭它的形状就可以阻止沉积物的堆积。因此, 成礁环境总是与陆缘物质沉积环境相排斥的。如果陆源物质大量侵入, 则珊瑚礁将被其埋葬而死亡。在地质历史中, 许多礁就是这样结束其生命的。

5. 丰富的养分

丰富的养分来自陆地和富含养分并溶有碳酸钙的深海水涌。

6. 波浪作用

一定的波浪作用对造礁珊瑚的生长是必需的, 因为波浪作用带来了新鲜的、富含氧气和微小生物的海水, 同时也淘洗走了泥砂。所以, 在陆地或岛屿的迎风一侧、在波浪作用较强烈的一侧, 珊瑚礁比较发育, 这就是所说的迎风面成礁。但波浪作用太强烈也易破坏礁的形成, 所以必须产生足够结实的结

构以抵抗波浪、水流以及风暴的能量。

7. 地理位置

现代礁形成的地理位置十分明显,它们主要出现在大陆或岛屿的边缘、海洋中的浅滩或隆起上。古代礁形成的古地理位置亦大体类似于现代的,在台地边缘(即浅水台地向盆地的转折地带)或盆地内的隆起区,是古代礁发育的最有利地区,因为这些地区较易具备上述的各种条件,如水流较强,有一定水动力条件等。

8. 沉降作用与生长作用

要形成一定规模的礁,除上述条件外,礁基还得有一定的沉降作用。只有当礁基的沉降速率与礁体的向上生长(建造)速率平衡时,礁体才能最有效地生长。

9. 让造礁生物依附的稳固坚硬的底层

礁体的形成还需要具有能够让造礁生物依附的稳固坚硬的底层。

总之,只有在特定的海水温度、盐度、深度、清洁度、波浪作用、地理位置以及沉降作用等条件下,珊瑚才能生长并形成礁体。当然,不同的生物要求的生活条件并不完全一样,例如藻类,对气候的要求不严格,它不但在温带、热带能发育,而且在寒带的海水里也能发育;但藻类是植物,只能生长在能透光的地方。总的来说,造礁生物的生活需要大量的氧和养料。所以在波浪和海浪运动强烈、能不断供给大量氧气和养料的地方,礁体易发育。如今,保存下来的古代礁反映了许多因素之间的相互作用,包括:生态演变、全球气候、海平面和海水化学性质、当地环境变化等。

三、生物礁的分类

1. 根据古地理位置的分类

根据古地理位置可以把礁分为三类:

1) 台内礁

台内礁指发育在碳酸盐岩台地内部的礁,一般是点礁和岸礁。

岸礁是朝海方向生长的礁,即和陆地(或岛屿)相连的礁,没有泻湖。这种礁沿陆地(或岛屿)的边缘分布并延伸很远,就像给陆地(或岛屿)镶上了一个裙边,因此又叫做裙礁、边礁(fringing reef)。

2) 台缘礁

台缘礁指位于碳酸盐台地边缘的礁,常见者为堤礁(堡礁、障壁礁, Barrier Reef)。

堤礁离岸有一定距离,常呈带状,延伸方向多与海岸平行;堤礁与海岸之间的一带海域称做海峡、海湾或礁后泻湖。由于它像带状延伸的堡垒一样护卫着海岸,故也叫堡礁、障壁礁。