

生物建隆成因分类刍议

杜远生

(中国地质大学 武汉)

一、引言

礁 (reef) 一词最早来源于挪威语 rif, 意指航海中常使船只颠覆失事的突出于海底的岩块。由于现在组成礁的主要是珊瑚及红藻, 因此又常称之为珊瑚礁。地质学家借用了这个术语, 不仅将其用于现代的生物礁, 也广泛用于古代类似物。所以生物礁是指那些由生物原地堆积, 突出于海底的大型碳酸盐块体。

自礁的概念引入地质学之后, 出现了许多与之相关的概念。Cumings (1932) 提出了生物丘 (bioherm) 的概念, 认为它是生物成因的, 包围在其它岩性或沉积物中的丘状或圆形块体。Lowenstan (1950) 提出了滩 (bank) 的概念, 指那些不能形成抗浪构造的被动生物组成的层状块体。1970年 Dunham 提出了礁的双重概念: 一是生态礁 (ecological reef), 即狭义的礁, 指那些由各种造架生物组成的, 由生物联结或包覆形成的具正向丘状隆起的碳酸盐块体; 二是地层礁 (stratigraphic reef), 意指那些巨厚的横向延伸不远的具三度空间的碳酸盐几何体。因此, 生态礁更接近于礁的原始定义。

Stanton (1967) 提出的建隆 (buildup) 的概念近年来得到国内外学者的广泛应用。Stanton 认为建隆是沉积在正地形之上, 由各种具骨骼的生物原地堆积而成的, 包括了礁、丘等碳酸盐块体。Heckel (1974) 重新厘定了建隆的定义, 认为建隆是正向地貌隆起, 组分、结构等不同与周围的同期地层, 厚度较同期沉积物大, 沉积于高地形上。因此建隆实指一个三度空间的碳酸盐几何块体, 可以包括各种成因的碳酸盐沉积体。

在礁的概念变化的同时, 也出现了各种不同的礁的分类。除常用的地理分类 (如岸礁、堡礁)、形态分类 (如环礁、马蹄礁等)、造礁生物分类 (如珊瑚礁、海绵礁) 以外, 礁的成因分类越来越引起人们的重视。Heckel (1974) 根据礁是否具有抗浪构造 (是否具礁前塌积砾) 及内部组分、生物习性、胶结物特征将礁分为骨架礁和非骨架礁两大类和七小类。Wilson (1975) 将陆棚和碳酸盐台地边缘分为三种类型: (1) 下斜坡灰泥丘; (2) 圆丘礁; (3) 骨架礁。范嘉松 (1988) 将生物原地堆积而成的具三度空间的碳酸盐几何体称为岩隆礁, 并依生物的含量、功能、习性、灰泥含量分为生物岩隆礁、障积岩隆礁和灰泥岩隆礁三种类型。

由于礁含义的变化给礁的分类及礁的深入研究带来了许多不便, 加上中生代以前的“礁”本身多不具骨架礁(或生态礁)的典型特征, 因此有必要进行细分。笔者近年来先后对华南泥盆纪、二叠纪、秦岭泥盆纪的生物礁及豫西“栾川群”的叠层礁进行过研究和调查, 结合国内外现行礁分类及应用的实际, 在此试图以造礁生物的组分、习性、含量、造礁功能及填隙物特征, 并依据筑积体形态, 对生物建隆提出一个系统的分类方案, 供同行参考并请求指正。

二、生物建隆的筑积作用

生物建隆是由各种生物以不同的生长习性在原地堆积而成的碳酸盐几何体, 其形态呈正向隆起, 厚度大于周围周期地层。生物的生长是向上生长或向阳生长的, 在这种生长作用中, 生物在垂向上可以叠置成巨厚的块体。由于这种叠置是由下向上的, 因此可称之为生物筑积作用。这些在建隆中起主导作用的生物称为筑积生物。除了筑积生物之外, 建隆中常含有许多其它生物, 习称栖礁生物、喜礁生物或附礁生物。孔隙或填隙物也是生物建隆的重要组分, 它们对建隆的形成有很大的影响。

根据筑积生物的生长习性、功能可分为造架生物、粘结生物和障积生物等。造架生物是组成建隆体骨架的生物, 以枝状、丛状、块状等复体生物为多。随着造架生物的向上生长, 骨骼不断增生, 常形成块状格架。造架的生物是生物联结的, 生物之间可由亮晶胶结或灰泥填隙。粘结生物以薄板状、层状和结壳状等横向延展的生物为主, 它们粘结、包裹和披盖在各种松散的碎屑物和灰泥之上, 有的生物分泌粘液以帮助粘结, 这种反复粘结作用可在垂向上加积形成巨厚的岩层。障积生物多为细枝状、丛状等生物, 它们在海底相互孤立的丛状生长, 可以降低水流速度并滞积沉积物, 因此障积生物之间由灰泥或其它碎屑组成。障积生物与造架生物的主要区别在于它多为孤立状生长, 非生物联结, 不形成块状格架, 而以障积灰泥和其它沉积物为主要功能。

栖礁生物在建隆筑积过程中不起到主导作用, 并以啃食、刮锉、钻孔等方式侵蚀筑积生物或礁体。一部分固着的栖礁生物死亡后可形成礁格架的一部分, 大量的栖礁生物死亡后壳体破碎或碎解形成生物碎屑, 与栖礁生物破坏礁体所产生的生屑、灰泥一起成为建隆的填隙物。

现代生物建隆(如礁)内有大量的孔洞或孔隙, 而古代礁则多为亮晶方解石充填, 有的建隆在沉积时就为灰泥或碎屑物填隙。孔隙或亮晶胶结物与灰泥或碎屑物反映建隆形成时两种不同的水动力条件。前者为高能条件, 为建隆抗浪的标志, 后者反映水动力较弱, 不足以把灰泥簸选出去。

需要指出的是, 除了具骨骼的动物和高等钙藻之外, 一些低等藻类(如蓝绿藻)及其形成的叠层石也常形成生物建隆。叠层石同样具有造架、粘结、障积功能。但考虑其特殊性, 在建隆及其岩石成因类型命名时, 可冠以“藻”和“叠层”以示区别, 如叠层礁, 藻丘等。

根据筑积生物的类型与孔隙、填隙物的组合关系, 可以划分不同的岩石成因类型(表1)。考虑到叠层石的特殊性, 将其单独列出。建隆的岩石成因类型是建隆筑积作用的综合反映, 因此也是建隆分类的最重要标准。

表 1 组成生物建隆的岩石成因类型

筑积生物	孔隙或填隙物	岩石成因类型	
造架生物 (造架叠层石)	孔隙或亮晶胶结物	亮晶生物岩 (亮晶叠层岩)	骨架岩 (叠层骨架岩)
	灰泥及碎屑填隙物	灰泥生物岩 (灰泥叠层岩)	非骨架岩 (叠层非骨架岩)
粘结生物 (粘结叠层石)	灰泥与碎屑	粘结岩 (叠层粘结岩)	
障积生物 (障积叠层石)	灰泥与碎屑	障积岩 (叠层障积岩)	

三、生物建隆的成因分类

生物建隆的成因分类,应主要根据组成建隆的岩石成因类型,筑积生物的习性、功能,生物的保存状态和建隆体的几何形态等。表 2 为主要生物建隆及有关沉积体的特征,其中生物碎屑滩是生物非原地堆积而成的,为明确反映与生物层及生物席的区别也一并列入。

表 2 生物建隆及有关沉积体的分类及特征

类别	几何形态	筑积生物特征	岩石类型	生物保存状态
生物礁 (骨架礁)	正向丘状 (隆积体)	造架生物为主,生物联结	骨架岩	原地原位
生物丘		造架生物或粘结生物,生物联结或非生物联结	非骨架岩	原地原位
灰泥丘		障积生物为主,非生物联结,灰泥量高	障积岩 灰泥岩	原地原位为主
生物层 (层状礁)	席状 (席积体)	造架生物或粘结生物,生物联结或非生物联结	骨架岩或 非骨架岩	原地原位
生物席		非筑积生物,如腕足、双壳、单体珊瑚等	灰粒岩 泥粒岩	原地异位为主
生物碎屑滩		生物碎屑为主	灰粒岩 泥粒岩	异地

根据生物建隆的形态特征,可以区别出生物隆积体和席状体两类,可以高/宽为 $1/30$ 为界。大于 $1/30$ 的丘状隆起称为隆积体,包括生物礁、生物丘和灰泥丘;小于 $1/30$ 的席状或微隆起称为席状体(或席积体),包括生物层,生物席和生物碎屑滩。

生物礁或骨架礁(organic reef or framework reef)是由造架生物以生物联结的方式原

地筑积而成,其以亮晶胶结为特色,岩性为骨架岩。其形成于高能的波浪带,生物形成坚固的抗浪骨架,灰泥和细碎屑物被簸选走,因此发育孔隙或充填亮晶胶结物。在礁前常见礁前塌积砾(talus)。生物礁在中生代以后广泛发育,华南二叠纪、泥盆纪也见有典型的骨架礁。

生物丘(bioherm)是古生代发育最广泛的一种生物建隆类型,华南、秦巴地区泥盆系中常见生物丘及其与生物礁的过渡类型。生物丘以粘结岩、灰泥填隙的生物灰岩为主,或

二者共存。其生物类型可以是造架生物, 也可为粘结生物, 但其以灰泥填隙为主, 亮晶胶结物不发育。反映其形成在波浪带下部或其它较弱的水动力条件下。由于水动力不强, 灰泥才得以保存下来。由于不具抗浪性, 礁前角砾较少见。

灰泥丘 (lime-mud mound) 的主要成分为灰泥, 生物以障积生物为主, 生物障积灰泥形成巨厚的块体, 反映其形成于波基面附近或受局限的弱水动力条件下。另外, 还有一种生物作用不明显, 几乎全部由灰泥组成的灰泥丘, 这种非生物成因的灰泥丘在地质历史中也很常见。

对于席积体, 区别生物层 (biostrome)、生物席 (organic sheet) 和生物碎屑滩 (bioclastic bank) 是必要的。生物层或层状礁依其内部特征, 与生物礁或生物丘是相似的, 仅其形态为席状而非丘状。生物席和生物碎屑滩都是由非筑积生物组成的, 前者保存比较完整, 呈原地异位保存, 而后者破碎、磨蚀强烈, 为异地保存。过去的一些文献将二者统称为滩, 因其成因迥异, 以区分为宜。

对于低等藻类及其形成的叠层石, 也可采取同样的分类原则加以划分 (表 3)。在豫西栾川群中, 笔者曾发现由柱状或板柱状叠层石形成的骨架岩等形成的叠层礁。鄂东三叠系, 湖南泥盆系也曾发现藻叠层丘和藻席等。核形石滩在华南、秦巴泥盆系等地层中更为常见。

表 3 藻及叠层石建隆的分类及其特征

类别	几何形态	叠层石及藻类特征	岩性
叠层礁	正向丘状 (隆积体)	以枝状、柱状、板柱状等叠层石为主, 叠层石联结, 亮晶胶结	叠层骨架岩
叠层丘		①枝状、柱状等叠层石, 为灰泥填隙; ②板状、波状等水平延展叠层石	叠层非骨架岩
叠层灰泥丘		少量枝状、柱状等叠层石障积灰泥, 叠层石孤立状	叠层障积岩
层状叠层礁	席状 (席积体)	枝、柱状垂向延展或板、波状水平延展的叠层石	叠层骨架岩 或非骨架岩
藻席		以不规则藻团块为主	藻团块灰岩
核形石滩 藻屑滩		核形石、藻屑	泥粒岩、灰粒岩 藻屑灰岩

在古代地层中, 常见一些生物礁、生物丘和灰泥丘之间的过渡类型, 为了准确的描述这些过渡型生物建隆, 生物礁丘、生物丘礁等术语一度被应用。表 4 为定量区别这些过渡型建隆的分类表。表内主要反映生物礁与生物丘、生物丘与灰泥丘之间的过渡类型。由于生物礁很难与灰泥丘过渡, 故其过渡类型未列出。

上述各分类中主要适用于生物原地形成的各种生物建隆, 而不包括异地 (如重力作用) 形成的异地礁。该分类方案曾由赵锡文副教授、陈忆元副教授、罗新民副教授等审阅, 并提出修改意见, 在此谨致谢意。

表 4 生物建隆过渡型分类表

100% 骨架岩 75%		50%		25% 非骨架岩	
生物礁 (骨架礁)		生物丘礁		生物礁丘	生物丘
100% 障积岩 75%		50%		25% 非骨架岩	
灰泥丘		生物灰泥丘		灰泥生物丘	生物丘

主要参考文献

- 范嘉松, 1988, 古代生物礁研究中的若干问题, 兼论我国西南地区二叠系生物礁的类型, 石油与天然气地质, 9 卷, 1 期。
- Wilson, J. L., 1975, 《地质历史中的碳酸盐相》, 冯增昭等译, 1981, 地质出版社。
- Dunham, R. J., 1982, Stratigraphic reef versus ecological reef, Bull. AAPG, Vol. 54, pp. 11931—1932.
- Hechel, P. H., 1974, Carbonate buildup in the geological record; A review, Soc. Econ. Palaeont. Min. Special Publication, 18.

(上接第 68 页)

可用混合粒度层的颗粒的选择性挟带作用来解释随着流量的增加从高斯分布到罗辛分布的转变。Oak Creek 底层物质的样品呈罗辛分布趋势。在流量较高时, 被搬运的推移质接近底质来源的粒径, 并呈罗辛分布趋势。在流量较低时, 随机选择作用对于颗粒挟带必定更重要, 因此被搬运的推移质的罗辛分布反映了由河流施加的河床应力的类似分布。

Oak Creek 的研究成果证明, 水流的启动能力反映在被搬运的砾石粒度的整个分布中。现代或古代的一套河流砾石层序可能显示粗粒罗辛分布和细粒高斯分布之间的系统变化, 可利用这些变化来推断各种流量的频率, 并确立与源区沉积物的关系。对推移质的各种粒度分布型式及搬运速率的分析等进一步的研究, 将更好地了解底质沉积物粒度的顺流变化, 以及这些分布型式怎样反映结构成熟度的渐进发育。

十二、挪威斯瓦巴德群岛斯匹次卑尔根西部 Engelsbukta 峡湾沉积物的热发光性质: 解释沉积环境的新手段?

本文探讨了高纬度北极峡湾沉积环境和沉积物天然热发光 (TL) 信号之间的关系。在搬运和沉积期间轻度暴露的持续期和能量控制了沉积物中硅酸盐矿物颗粒的 TL 级。沉积物的 TL 信号在冰川沉积物源约 0.5km 内迅速降低。最高的 TL 级出自冰碛物和冰川-近源冰海沉积, 其在搬运和沉积期间很少或没有接受轻度暴露。距冰川前缘约 0.5—5km 的冰川-远源冰海泥记录了中等和一致的 TL 级, 反映沉积速率较慢。随浅滩化而广泛轻度暴露的滨岸和近滨沉积物, 其 TL 级最低。沉积物的粒度分析结果很相似, 不具以粉砂和粘土为主的大多数样品的沉积环境的特征; 滨岸和冰川近源样品中砂的分布量很大。这些成果表明, 沉积物的相对 TL 信号对沉积环境, 特别是对于近源 (0.5km 以内) 到冰川末端环境和浅水环境 (不到 15m 深) 很敏感。