

生物礁的结构岩石类型和结构相*

吴亚生

(中国科学院地质研究所, 北京 100029)

摘 要

本文提出了生物礁结构相的概念和一套以结构相为中心的生物礁沉积岩石学研究方法. 根据笔者的研究, 古今生物礁岩的结构可以划分为 12 种. 根据结构的特点, 可以把生物礁岩划分为不同的结构岩石类型, 可以把生物礁划分为不同的结构相.

关键词: 生物礁, 碳酸盐岩, 相, 结构相, 结构岩石类型

生物礁的研究包括沉积岩石学和古生物古生态学两个方面. 生物礁沉积岩石学研究的内容包括生物礁的组成、结构构造、岩石类型和相带划分等. 迄今为止, 还没有人对生物礁岩石的结构作过系统研究. 但生物礁岩的结构是生物礁岩最重要的特征之一, 是生物礁沉积岩石学研究的中心内容. 所以, 笔者在本文中首先讨论这个问题. 生物礁岩石的分类是从 Embry 和 Klovan 开始的^[1], 现在看来, 他们的分类有很多不完备的地方; 而且后来的人们在使用这个分类时又造成了一些混乱. 所以有必要重新讨论生物礁岩的分类问题, 对 Embry 和 Klovan 的分类加以改进和发展. 鉴于此, 笔者根据自己对不同类型的生物礁的研究提出了生物礁结构岩石类型的概念, 提出了一种根据结构对生物礁岩石进行系统的分类命名的方法. 生物礁的相带划分是生物礁研究的一个重要方面. 传统的做法是把生物礁划分为礁核和礁翼或礁核和礁前、礁后的“二分法”或“三分法”^[2]. 现在看来, 这种划分过于粗略和笼统, 不利于揭示生物礁的内部异特点. 近年来有的学者把微相研究的方法也应用到生物礁研究中^[3], 但笔者认为微相研究方法的观察视域太小, 并不适合于生物礁的研究. 所以我们有必要打破原来的框框, 探索更合理的生物礁相带划分方法. 故此, 笔者根据自己的研究, 提出了生物礁结构相的概念和生物礁结构相的划分方法. 过去有的研究者常把生物礁的沉积相划分与沉积环境划分搅在一起, 我们认为对这两者要加以区分. 所以笔者在本文中讨论了生物礁的结构相与沉积环境的关系, 根据生物礁的结构相特点可进一步分析生物礁的储集性、发育和分布规律. 但限于篇幅, 本文对这个问题暂不讨论. 我们把这种从研究生物礁岩石的结构, 到划分生物礁的结构岩石类型和结构相, 进而分析生物礁的储集性和发育分布规律的生物礁沉积岩石学研究方法称生物礁的结构相研究方法. 这种研究方法的科学性和优越性已在笔者这几年的研究工作中得到证实.

本文 1990 年 6 月 9 日收到, 1991 年 5 月 6 日收到修改稿.

* 国家自然科学基金资助项目.

一、生物礁岩石的结构

在对生物礁进行结构相研究时,首先得弄清生物礁岩石的结构。生物礁岩石的结构是生物礁岩石的组分的空间排列方式。生物礁岩石的组分分为原生组分和次生组分两种。生物礁岩石的原生组分包括生物组分、灰泥和亮晶胶结物。生物组分指钙化生物的骨骼,分为固着生活、处于原地生长状态的原地生长骨骼和倒伏的、受过短途搬运的、或非固着生活的生物颗粒。破碎的生物颗粒则称为生物碎屑。生物礁的次生组分指生物礁岩破碎后形成的角砾。根据笔者这几年对二叠纪、三叠纪生物礁的研究及对新生代和泥盆纪的一些生物礁的考察,笔者共总结出如下几种生物礁岩石结构。

1. 骨架结构 由生物原地生长骨骼和充填其间的灰泥和生物颗粒、或 / 和亮晶胶结物共同组成;且生物原地生长骨骼之间垂向上互相接触,横向上互相紧靠(平均间距小于 0.1m)。这种结构可以根据原地生长骨骼的形态、缠结生物(缠绕在原地生长骨骼之外,起加固作用的生物)的有无及填隙物的类型再分为不同的类型(如表 1)。

表 1 骨架结构的分类

结构类型			填隙物类型	
			亮晶为主	灰泥为主
无缠结生物	原地生长骨骼形态	块状	亮晶块状骨架结构	灰泥块状骨架结构
		分枝状	亮晶枝状骨架结构	灰泥枝状骨架结构
		柱状	亮晶柱状骨架结构	灰泥柱状骨架结构
有缠结生物	原地生长骨骼形态	块状	亮晶缠结块状骨架结构	灰泥缠结块状骨架结构
		分枝状	亮晶缠结枝状骨架结构	灰泥缠结枝状骨架结构
		柱状	亮晶缠结柱状骨架结构	灰泥缠结柱状骨架结构

需要说明的是,这里的缠结生物在以前的文献中有不同的叫法。如有人称包覆联结生物^[4],有人称粘结生物。为了与本文所定义的粘结结构相区分,本文建议今后一律称缠结生物。

2. 障积结构 由生物原地生长骨骼和充填其间的灰泥和生物颗粒组成;并且生物原地生长骨骼之间的平均间距在 0.1—0.5 m。

3. 隐障积结构 不具有生物原地生长骨骼,而由灰泥及原来起障积作用的生物(我们称之为隐障积生物)死亡分解后形成的生物颗粒共同组成;或由灰泥组成,但具有非钙化障积生物(亦称隐障积生物)曾存在的证据。

4. 潜障积结构 主要由灰泥及生物颗粒组成,只含有少量的生物原地生长骨骼——生物原地生长骨骼之间的平均间距大于 0.5 m。本结构与障积结构的区别在于本结构中生物原地生长骨骼的间距更大,这表明礁生长时直立生长钙化生物更稀少,因而已不能起障积作用。

5. 盖覆结壳结构 由葡伏生长的薄板状、皮壳状生物盖在灰泥、生物颗粒或角砾等组成的沉积物之上形成。

6. 粘结结构 由丝状的菌藻类等生物成网络状穿透于灰泥为主的沉积物之中,从而使后者集合起来形成。当起粘结作用的生物不能保存下来,我们只能根据某些证据推断它们曾存在时,形成的结构称隐粘结结构。

7. 骨片结构 由具节片的直立、密集生长的钙化生物死亡分解后形成的骨片原地堆积, 并受早期胶结作用的胶结形成。其特点是没有受水流作用的搬运。这种结构的形成特点在于活着的生物保护死亡生物分解的骨片免受水流搬运。

8. 角砾结构 由礁岩崩塌或破碎后形成的角砾构成, 角砾之间相互接触; 角砾大小不一, 没有分选和磨圆。根据角砾间填隙物的性质, 这种结构可再分为两种: 亮晶角砾结构和灰泥角砾结构。

9. 含角砾结构或漂砾结构 主要由灰泥和生物颗粒组成, 只含有少量的礁角砾。角砾之间不互相接触, 而是“漂浮”在其它成分之中。

需要说明的是, 当礁角砾出现在潜障积结构、或障积结构乃至骨架结构的沉积中时, 我们不叫它们含角砾结构, 而只把“含角砾”一词作为修饰语冠于这些结构名称之前。这样既可突出问题的主要方面, 又能顾及其次要方面。

10. 砂砾结构 由造礁生物或礁岩破碎后形成的砂砾组成, 且砾的含量多于砂, 砂和砾都多少受到一定程度的磨圆和分选。当砂砾中生物颗粒的含量大于 50% 时, 这种结构称生物砂砾结构; 当砂砾中礁岩碎屑的含量大于 50% 时, 这种结构称礁砂砾结构。本结构与角砾结构的区别在于角砾结构中的角砾未受磨圆和分选。

11. 砾砂结构 与前一种结构的区别仅在于这种结构中砂的含量多于砾。本结构亦可分为两种: 生物砾砂结构和礁砾砂结构。

12. 巨角砾结构 由礁岩破碎后形成的巨大砾石组成, 且其中直径大于 0.1 m 的角砾的含量在 50% 以上。以上是见于古今生物礁中的主要结构类型。生物礁岩石的结构可以根据研究方式的不同分为两类: 需要在野外观察才能确定的宏观结构和需要在室内镜下观察才能确定的显微结构。如骨架结构可以根据造架生物的大小划分为: 造架生物高度大于 2 cm 的(宏)骨架结构和造架生物高度小于 2 cm 的微骨架结构。障积结构也可划分为障积生物高度大于 2 cm 的(宏)障积结构, 和障积生物高度小于 2 cm 的微障积结构。

生物礁岩石的结构在不同的礁之间以及在同一礁体的不同部分都可有很大变化。

生物礁岩石结构的确定需要野外工作和室内工作的结合。原则上讲, 属于宏观结构的生物礁结构只能在野外确定; 属于显微结构的那些生物礁结构只能在室内确定。

二、生物礁的结构岩石类型

在弄清了生物礁岩石的结构之后, 我们可以根据结构对生物礁的岩石进行分类命名。这样的分类我们称之为生物礁岩石的结构分类。如此划分的岩石类型称生物礁的结构岩石类型。生物礁的结构岩石类型的确定只依据生物礁岩石的结构, 而不管其它方面的特点(如生物类型)。这样不仅简化了生物礁岩石的分类命名工作, 而且突出了生物礁岩石的最主要特征。生物礁的结构岩石类型与生物礁岩石的结构类型具有一一对应的关系。因而, 在古今生物礁中有如下 12 种主要的结构岩石类型:

1. 骨架岩 具骨架结构。可再分为: (1) 亮晶块状骨架岩 具亮晶块状骨架结构。如我国南海新生代珊瑚礁上的亮晶块状珊瑚骨架岩属此类; (2) 亮晶枝状骨架岩 具亮晶枝状骨架结构。如我国西南地区二叠纪生物礁中的亮晶枝状海绵骨架岩属此类; (3) 亮晶柱状骨架岩 具亮晶柱状骨架结构。如我国西南地区二叠纪生物礁中的亮晶柱状海绵骨架岩属此类; (4) 灰泥块状骨架岩 具灰泥块状骨架结构。如我国南海新生代珊瑚礁中的灰泥块状

珊瑚骨架岩属此类;(5)灰泥枝状骨架岩 具灰泥枝状骨架结构,如我国西南地区二叠纪生物礁中的灰泥枝状海绵骨架岩属此类;(6)灰泥柱状骨架岩 具灰泥柱状骨架结构,如我国西南地区二叠纪生物礁中的灰泥柱状海绵骨架岩属此类;(7)亮晶缠结块状骨架岩 具亮晶缠结块状骨架结构;(8)亮晶缠结枝状骨架岩 具亮晶缠结枝状骨架结构;(9)亮晶缠结柱状骨架岩 具亮晶缠结柱状骨架结构,如我国西南地区二叠纪生物礁中的亮晶古石孔藻缠结柱状直管藻骨架岩属此类;(10)灰泥缠结块状骨架岩 具灰泥缠结块状骨架结构,如我国南海西沙现代珊瑚礁上的灰泥藻缠结块状珊瑚骨架岩属此类,我国西南地区泥盆纪生物礁中亦有此类岩石(据周怀玲);(11)灰泥缠结枝状骨架岩 具灰泥缠结枝状骨架结构;(12)灰泥缠结柱状骨架岩 具灰泥缠结柱状骨架结构,如我国西南地区二叠纪生物礁中的灰泥古石孔藻缠结柱状海绵骨架岩属此类。

2. 障积岩 具障积结构,可再分为:(1)裸障积岩 不具缠结生物,如我国西南地区二叠纪生物礁中的水螅海绵障积岩属此类^[5];(2)缠结障积岩 具缠结生物,如我国西南地区二叠纪生物礁中的古石孔藻缠结水螅海绵障积岩属此类^[5]。

3. 隐障积岩 具隐障积结构,如美国石炭纪、二叠纪叶状藻礁中的叶状藻隐障积岩属此类^[6,7]。

4. 潜障积岩 具潜障积结构,可再分为两种:(1)潜障积(生)屑(灰)泥岩 其中灰泥的含量多于生物颗粒,如我国西南地区二叠纪生物礁中的 *Tubiphytes* 海绵潜障积(生)屑(灰)泥岩属此类^[5];(2)潜障积(灰)泥(生)屑岩 其中生物颗粒的含量多于灰泥。

5. 盖复岩 具盖覆结壳结构,与 Embry 和 Klovan 定义的粘结岩^[1] 比较相似,可再分为3种:(1)盖灰泥岩 被盖覆的沉积物中灰泥和生物颗粒的含量大于50%;(2)盖角砾岩 被盖覆的沉积物中礁角砾的含量大于50%;(3)盖砂砾岩或盖砾砂岩 被盖覆的沉积物中砂砾或砾砂(生物的或礁岩碎屑的)的含量大于50%。

6. 粘结岩 具粘结结构,与 Embry 和 Klovan 所定义的粘结岩^[1] 具有完全不同的含义。

7. 骨片岩 具骨片结构。

8. 角砾岩 具角砾结构,贵州紫云二叠纪生物礁中有此类岩石,可再分为两种:(1)亮晶角砾岩 具亮晶角砾结构(填隙物中亮晶胶结物的含量大于50%);(2)灰泥角砾岩 具灰泥角砾结构(填隙物中灰泥的含量大于50%)。

9. 含角砾岩或漂砾岩 具含角砾结构或漂砾结构,贵州紫云二叠纪生物礁中有此类岩石。

10. 砂砾岩 具砂砾结构,可再分为生物砂砾岩和礁砂砾岩两种。

11. 砾砂岩 具砾砂结构,可再分为两种:具生物砾砂结构的生物砾砂岩和具礁砾砂结构的礁砾砂岩。

12. 巨角砾岩 具巨角砾结构。

我们可以根据岩石中所含的主要造礁生物的类型对生物礁的结构岩石类型作进一步的划分,如此划分出的岩石类型称生物礁的基本岩石类型,如在广西隆林祥播中二叠世生物礁中,亮晶缠结柱状骨架岩可再分为两种基本岩石类型:亮晶古石孔藻缠结柱状直管藻骨架岩和亮晶古石孔藻缠结柱状海绵骨架岩^[5]。实际上,以前的生物礁文献中的岩石名称有的属于结构岩石类型,有的属于基本岩石类型,生物礁的基本岩石类型是生物礁岩石的最低级的划分单

元;生物礁的结构岩石类型是其基本岩石类型的概括和总结。今后我们应把这两个不同层次的概念区别开来。

由于在不同的地质历史时期中造礁生物的类型大不相同,因而不同地质时代的生物礁的基本岩石类型也很不相同。因而我们无法列出古今生物礁中的所有的基本岩石类型的名称。我们只能在具体的礁中作具体分析。

三、生物礁的结构相

我们把生物礁中属于不同的结构岩石类型的岩石的分布区称生物礁的结构相。如骨架岩的分布区称骨架(结构)相;障积岩的分布区称障积(结构)相。在一个礁中,有多少种结构岩石类型就有多少种结构相。

此外,我们把生物礁中基本岩石类型的分布区称生物礁的基本相,如在广西隆林祥播中二叠世生物礁中,亮晶柱状海绵骨架岩的分布区就叫做亮晶柱状海绵骨架岩(基本)相。显然,在一个礁中有多少种基本岩石类型就有多少种基本相。由于一种结构岩石类型可以包括几种基本岩石类型,所以一种结构相可以包括几种基本相。

这就是说,通过研究,我们可以把任何一个生物礁划分为不同的结构相和基本相。

生物礁的结构相是一种规模介于传统方法划分的相单元和微相分析方法划分的微相类型之间的相单元。生物礁的结构相完全根据生物礁的岩石结构确定,因而它不同于以往的任何一种相带划分方法。并且它以往任何一种相带划分方法都更深刻、更全面地揭示了生物礁的内部特点及其空间变化。

生物礁的结构相和基本相都是在礁体中客观存在的三度空间的岩石体。我们把生物礁中各种结构相或基本相的空间分布情况和相互关系称生物礁的相分布。

生物礁的相分布情况可以用图直观地表示出来。这样的图称生物礁的相分布图或相图。生物礁的相分布图可以是反映生物礁相分布情况的生物礁不同方位的剖面图或不同高度的平面图。对于那些以垂向发育为主的生物礁,我们也可以用柱状图简单地表示它们的相分布特点。这样的图称相柱。生物礁的相分布图或相柱既可以是关于生物礁结构相的,也可以是关于生物礁基本相的;但以结构相分布为内容的相分布图或相柱更简便实用。

最后需要说明的是,在生物礁相的沉积之间往往夹有非礁相的一台地相或滩相的沉积。台地相和滩相是与礁相同级别、同类型的名称。如果对这两者也用结构相的方法分析,那么台地相中只包括一种结构相——粒泥泥粒相;滩相也只包括一种结构相——颗粒相。

四、生物礁结构相研究的实例

现以发育简单的四川安县睢水晚三叠世生物礁作为生物礁结构相研究的一个实例。对这个礁,吴熙纯曾做个大量的研究工作^[8]。1989年笔者用结构相的方法对这个礁进行了重新研究。

这是一个形成于逐渐闭塞的海湾环境的、主要由六射海绵形成的小型障积型点礁。根据我们所做的野外和室内研究,该礁的结构岩石类型、基本岩石类型、结构相划分及与传统相带划分的对比如表2。该礁的相分布图如图1。

表 2 安县雒水晚三叠世生物礁的结构相、结构岩石类型和基本岩石类型

沉积相	传统划分(据吴熙纯)	结构相	结构岩石类型	基本岩石类型
礁相	丘核相	障积相	障积岩	六射海绵障积岩
		潜障积相	潜障积岩	含陆屑六射海绵障积岩
				海绵潜障积腕足生屑灰泥岩
				含陆屑海绵潜障积腕足生屑灰泥岩
台地相	丘间相	泥粒粒泥相	粒泥岩	棘皮腕足粒泥岩
滩相	基地相	颗粒相	颗粒岩	亮晶棘皮腕足生物砂屑灰岩
				亮晶鲕粒灰岩

五、生物礁的结构相与沉积环境

生物礁的沉积环境划分结果在不同的礁上或同一礁的不同发育阶段上有不同.不同的生物礁上的沉积环境单元主要有如下几种：主生长带、前斜坡、前斜坡脚、礁坪（包括前礁坪和后礁坪）、后斜坡和后斜坡脚。

生物礁的结构相与生物礁的沉积环境密切相关.生物礁的沉积环境决定生物礁的结构相;反之,生物礁的结构相反映生物礁的沉积环境.两者的关系总结如表 3.

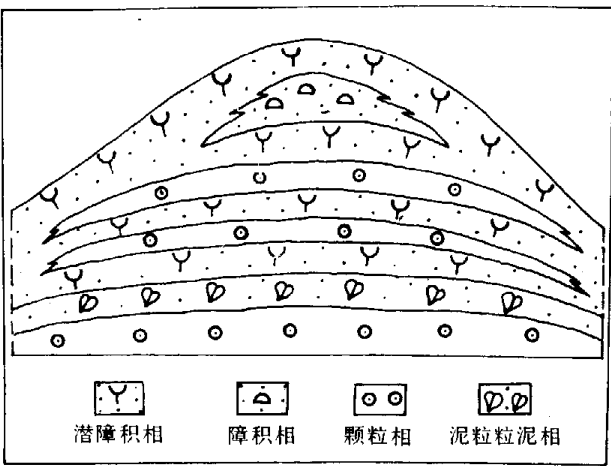


图 1 四川安县雒水晚三叠世生物礁的结构相图

表 3 生物礁的沉积环境与结构相的关系*

沉积环境 结构相	后斜坡脚	后斜坡	礁 坪		主生长带	前斜坡	前斜坡脚
			后礁坪	前礁坪			
骨架相					+++		
障积相					+++		
隐障积相					+++		
潜障积相		+			+++	+	
盖覆相			++	++			++
粘结相					+++		
骨片相					+++		
角砾相	+						+++
含角砾相	+					++	++
砂砾相		+++					
砾砂相		+++					
巨角砾相			++				

*“+”代表出现频率的高低.

六、生物礁结构相研究的意义

生物礁的结构相研究主要有三方面的意义:(1)生物礁的结构相反映生物礁的沉积环境,因而生物礁的结构相研究是研究生物礁沉积环境的基础;(2)生物礁岩石的原生孔隙状况、孔隙演化及储集性特点都与生物礁岩石的结构密切相关,因而研究生物礁的结构相分布规律可以为寻找有利的储集相带提供指导,因而在油气勘探中具有重要的现实意义. 我们的研究及国外的资料都表明^[9]:生物礁岩的原生孔隙率在亮晶骨架相、砂砾相、砾砂相、及亮晶角砾相中最高;(3)生物礁结构相的空间分布特点受生物礁的发育方式控制,因而研究生物礁的结构相分布规律是研究生物礁的发育方式和时空分布规律的基础.

作者对范嘉松、徐志川、齐文同、闻传芬、陈孟莪、刘炳温、向容宁、周士林、贺自爱、齐敬文、王炯章、张孝林、王建民、沙庆安等同志给予的热情支持和鼓励及帮助表示感谢.

参 考 文 献

- [1] Embry, III. A. F. & Klovan, J. E., *Bull. Can. Petroleum Geology*, **19**(1971), 4:730 — 781.
- [2] Flugel, E., *Microfacies Analysis of Limestones*, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 1982, 1 — 633.
- [3] Flugel, E., Kochansky-Devide, V. & Ramovs, A., *Facies*, **10**(1984): 179 — 256.
- [4] 范嘉松、张 维, 岩石学报, **1**(1985), 3:45 — 59.
- [5] 吴亚生, 地质论评, **35**(1989), 1:52 — 59.
- [6] Mazzullo, S. J. & Cys, J. M., *Jour. Sed. Petrology*, **49**(1979), 917 — 937.
- [7] Heckel, P. H. & Cocke, J. M., *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, **53**(1969), 5:1058 — 1074.
- [8] Wu Xichun, *Facies*, **21**(1989), 171 — 188.
- [9] Harris, P. M., *Carbonate Buildups — A Core Workshop*, SEPM, Dallas, 1983, 112 — 143; 578 — 593.