

湖南慈利晚二叠世生物礁成岩作用及成岩相特征^①

王永标 徐桂荣 林启祥

(中国地质大学地球科学学院 武汉 430074)

提 要 所谓成岩相是指具有特征的成岩组构的岩体。研究成岩相的目的主要是通过对沉积物中不稳定颗粒在不同的成岩条件下的后生变化特征的研究来弄清其成岩环境的变化。本文通过对湖南慈利晚二叠世生物礁成岩特征的研究,从礁相体系中划分出四种基本的成岩相类型:即海底成岩相、混合成岩相、埋藏成岩相和表生成岩相。部分成岩相又可进一步划分出成岩亚相。

关键词 成岩相 生物礁 晚二叠世 湖南

第一作者简介 王永标 男 32岁 讲师 硕士 古生物礁及地层古生物

L. B. Railsback⁽¹⁾在研究美国衣阿华、密苏里和勘萨斯州上宾夕法尼亚统 DNNIS 组的碳酸盐成岩特征时提出了成岩相的概念。所谓成岩相是指具有特征的成岩组构的岩体,因而它是客观存在的一定的单位,常独立于沉积相。成岩相的结构是由不饱和的大气水与海相沉积物的逐步相互作用而形成的,古水文条件控制了成岩相的分布⁽¹⁾。不同成岩相的特征可能是由于经过不同的成岩环境序列而形成的。因此成岩相与沉积相不同,它允许几种不同环境的解释,而不是一种解释。

生物礁由于其内部孔隙发育,另外又常常和大气及地表淡水相接触,所以成岩作用十分发育,因而也是研究成岩作用及成岩相的理想场所。

1 礁体的一般特征

湖南慈利晚二叠世生物礁最早由江汉石油管理局勘探开发研究院的刘岭山等于1987年首次发现。1989年至1991年受地矿部行业基金的资助,本人随同中国地质大学的徐桂荣教授等先后几次去该地考察研究,取得了大量的野外资料。

慈利晚二叠世生物礁主要分布在高峰乡的茅庵至东边的卓家坡一带,呈东西向的条带状分布,全长有十几公里。礁灰岩地貌隆起十分明显。造礁生物有海绵、珊瑚、水螅、苔藓虫及藻类等。西部以珊瑚礁为主,东部以海绵礁为主。礁相体系发育完整,可划分为礁核相、礁侧翼相、礁后泻湖相、礁前盆地相、棘屑滩相及鲕粒滩相。由于各相带中的岩性结构及成

岩环境的差异,使得各类岩石在成岩相上存在明显不同的面貌特征。本文通过对各相带中原始不稳定矿物(如高镁方解石和文石)所组成的碳酸盐颗粒的成岩变化及其原始结构的保存状况的研究,结合成岩作用及成岩环境的分析,从生物礁体系中划分出四种基本的成岩相类型,各成岩相在不同的生物礁相中的具体表现又有所不同。

2 成岩相类型

2.1 海底成岩相

成岩作用发生在海底环境,胶结物来自海水。根据海水的流动情况又可进一步分为潜流亚相和渗流亚相。

(1) 海水潜流成岩亚相的成岩作用发生在具有一定深度的海底环境,海水处于相对静止状态,无垂向流动的趋势,沉积物内的空隙均被正常盐度的海水所充满⁽¹⁾。胶结物主要是等厚纤维状方解石。海水潜流亚相主要见于慈利海绵礁的骨架岩(图1)和蓝绿藻粘结岩中。大量的纤维状方解石沿着生物骨架之间的原始空隙壁垂直生长,在交汇处常呈多角形边界。此外在具示底构造的介形、腕足等介壳的内部空隙中也发育有等厚纤维状方解石。纤维状方解石胶结物在野外露头上呈明显的栉壳状构造。在本亚相中,藻类和真菌的钻孔活动所引起的泥晶化现象也较常见。纤维状方解石是由原始沉积成岩时期的高镁方解石转化而来的,在现代海底成岩环境中也十分常见⁽²⁾。

① 本文受地矿部行业基金的资助(编号:89010)

收稿日期:1996-10-22 收修改稿日期:1997-05-26

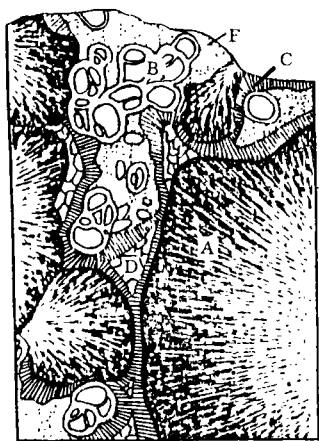


图1 管孔藻骨架岩中的纤维状方解石胶结物

A. 管孔藻; B. 串珠状串管海绵; C. 纤维状方解石胶结物; D. 亮晶方解石; E. 灰泥及生物碎屑

Fig. 1 Fibrous cement of calcite in the framestone of *Solenopora*

(2) 海水渗流成岩亚相形成于潮间带,常形成沿滨线分布的碳酸盐岩窄带^[1]。由于海水涨落的影响,此带海水常呈垂向渗流的趋势。原始胶结物可能为文石或高镁方解石,经后期变化转化成粒状方解石或纤维状方解石。与海水潜流带成岩亚相不同,由于本带中海水的垂向渗流,胶结物常具有一定的定向性。另外由于海水常不完全充满孔隙,故早期海底成岩胶结作用后,沉积物中仍留下较多的空隙,这为以后淡水的渗入及混合白云岩化创造了条件。由于潮间带环境容易被蒸发、暴露和受淡水的影响,使镁钙比值升高,因而易发生白云岩化。海水渗流成岩亚相主要分布在慈利生物礁体系顶部的鲕粒滩相中,但由于后期成岩作用的叠加,早期海水渗流成岩形成的文石及高镁方解石已被后期的白云石所交代,但具向地性的胶结物的轮廓仍依稀可见。在现代海洋的鲕粒滩中,由文石或高镁方解石组成的环边状胶结物十分常见^[3],在古代鲕粒灰岩中,由高镁方解石转化而来的纤维状方解石胶结物也曾有报道^[4]。

2.2 淡水-海水混合成岩相

成岩作用主要发生在淡水与海水的混合带,以产生大量的混合白云岩为特征。目前对白云岩的成因有多种解释,包括咸水成因、混合水成因及深埋藏白云岩化等^[5]。从已有的资料来看,尽管华南二叠纪生物礁中有多种类型的白云岩化,但混合白云岩化是大量存在的,是其中的主体。混合白云岩化与咸水

成因的白云岩不同,它没有潮上蒸发标志,白云岩晶体一般为中粗粒,透明度差^[6~8]。张荫本在研究四川盆地二叠系中的白云岩化时认为“四川盆地二叠系中规模巨大的云岩是混合成因的,是和古代碳酸盐岩高地—滩体息息相关的;不仅如此,整个西南地区二叠系中数量最多的云岩也是这种成因的,是和礁岩密切相关的”^[7]。因为一方面滩或近岸类型的礁体大多是粗粒结构或造架结构,原生空隙发育、易遭受淡水淋漓;另一方面,滩或某些礁体(如岸礁)一般邻近陆源淡水区,可保证有大量的淡水的供应。这两方面的因素为混合白云岩化创造了优越的条件。从慈利生物礁的具体情况分析,组成礁侧翼相的主要为一套粗粒结构的棘屑灰岩,原生空隙发育而其中的珊瑚礁经过详细的分析研究认为是岸礁(东部的海绵礁为台地边缘礁),易受陆源淡水的侵入。因此在棘屑滩相及珊瑚骨架岩中混合白云岩化最为强烈。咸水成因的白云岩在礁后泻湖相中局部可见,主要为微晶—粉晶结构,但数量很少。由于礁灰岩特殊的造架结构,压实变形不明显,因此深埋藏白云岩化很少见,而在礁后泻湖相及鲕粒滩相灰岩中压实作用较明显。由于咸水白云岩化与深埋藏白云岩化在慈利礁体中所占数量甚少,因此本文着重对大量存在的混合白云岩化在礁体各相带中的发育情况进行分析介绍。

2.2.1 混合成岩相的类型

A 强混合成岩亚相 强混合成岩亚相主要出现在礁岩体系中孔隙度与渗透率均很高的岩石类型中。如珊瑚礁礁核相、棘屑滩相及鲕粒滩相中。由于这些相带中的岩石孔隙发育、渗透性好,所以淡水的渗滤和混合作用比较彻底,混合白云岩化作用十分强烈,形成大量的晶粒粗大、表面模糊的白云石,白云石含量至少在80%以上。在此亚相的珊瑚骨架岩中,由于白云化十分强烈,岩石几乎完全被中粗粒的白云石所交代,珊瑚内部隔壁、中柱构造已模糊不清。棘屑滩相灰岩经白云岩化后,岩石局部呈砂糖状,镜下可见发黄的轮廓模糊的棘屑漂浮在中粗粒白云石中,有的棘屑具自生增大现象。鲕粒岩经白云岩化后,早期海底成岩作用产生的由文石或高镁方解石组成的新月形环带状胶结物已不复存在,而被后期的白云石所交代,但新月形的轮廓局部仍依稀可见。

地层单位	层号	结构特征	沉积相	成岩相			
				海底成岩相	混合成岩相	埋藏成岩相	表生成岩相
大冶组	46		薄层微晶白云质灰岩				
长兴组	45 38		鲕粒滩相	纤维状方解石胶结物(遭后期白云岩化)	混合白云岩	压溶鲕粒缝合线发育	鲕粒溶孔淡水方解石
	37 35		礁后泻湖相		局部混合白云岩产生白云质斑块	可见缝合线	淡水方解石
	34 30		礁侧翼相		混合白云岩化彻底棘屑自生增大		
	29	礁核相	珊瑚骨架岩		混合白云岩化强烈		淡水方解石
	28		管孔藻骨架岩	等厚纤维状方解石环带	弱白云岩化		淡水方解石
	27 26		海绵骨架岩	等厚纤维状方解石环带	弱白云岩化	可见缝合线	淡水方解石
	25 19		粘结岩	等厚纤维状方解石环带泥晶化颗粒	弱白云岩化	缝合线少见	淡水方解石
18 5	海绵骨架岩		等厚纤维状方解石环带	弱白云岩化	可见缝合线	淡水方解石	
吴家坪组	4 1		中层状硅质团块灰岩				

图2 湖南慈利晚二叠世生物礁礁相及成岩相特征柱状图

Fig. 2 Columnar section of the Upper Permian reef facies and diagenetic facies in Cili, Hunan

B 局部混合成岩 主要发生在礁后泻湖相的藻一有孔虫粒泥灰岩或泥粒灰岩中,白云岩呈斑块状或层状产出。由于礁后泻湖相粒泥灰岩颗粒细、渗透率和孔隙度低,所以淡水只能沿着灰岩的原生或次生裂隙渗入,渗入的淡水主要集中在裂隙发育的区域而与海水相混合。因此产生的白云岩斑块与周围的粒泥灰岩界线绝然。镜下可见白云岩主要由中粗粒的表面模糊的白云石所组成,晶形完好。

C 弱混合成岩 主要发生在海绵礁的骨架岩、

管孔藻骨架岩及蓝绿藻粘结岩中。混合作用叠加在早期海底成岩作用之上。形成自形晶白云石,沿纤维状方解石环带的外缘生长(图1~2)。范嘉松^[6]认为它们可能是在礁体微微出露水面的环境下形成的。尽管以上三类岩石中孔隙较发育,但混合白云岩化作用却较微弱。其原因很可能是由于这些礁灰岩形成时的水体比珊瑚骨架岩、棘屑滩及鲕粒滩的水体要深的缘故,由于它们处于相对较深的海底环境(从沉积相上可以佐证),因此离淡水源区较远或不常出

露海面,受淡水的淋滤混合作用也较弱。所以这些礁灰岩虽遭后期白云岩化作用,但早期海底成岩时形成的等厚纤维状方解石仍得以保存,只在纤维状方解石的内缘有少量白云石产生。另一种可能是,由于海绵、管孔藻骨架岩及蓝绿藻粘结岩早期成岩时处在海底潜流环境,空隙水充满了沉积物,而使早期成岩作用充分,大量纤维状方解石的产生大大降低了岩石的空隙度和渗透性,造成后期淡水渗入的困难而使混合白云岩化变得微弱。

2.2.2 白云岩化与孔隙度之间的关系

徐桂荣等^[9]对湖南慈利大罗坑二叠纪生物礁剖面的孔隙度与白云岩化的关系进行了研究(图3),从图中可以看出,本区白云岩化与孔隙度之间存在着一定的关系。总体来看,白云岩化随孔隙度的增大而增强。混合白云岩化的两个主要条件是淡水的渗入与孔隙发育的岩石,而咸水成因的白云岩化与孔隙之间没有必然关系。因此,以上的这种关系在一定程度上也反映了本区的白云岩化主要为混合水白云岩化。

2.3 地下深埋藏成岩相

随着礁岩进入深埋藏成岩环境,压实作用逐渐加强,颗粒之间的接触更加紧密^[10]。同时出现压溶现象,碳酸盐颗粒在强的应力作用面上发生溶解而留下难溶的氧化物。有些颗粒(如鲕粒)之间互相嵌接,接触面呈锯齿状,沿一些原始沉积界面或后生裂隙往往出现延伸很长(可达几米)的缝合线。

2.4 表生淡水成岩相

指已经埋藏固化的礁岩因构造抬升到地表环境后,遭受大气淡水或地下水的淋滤溶蚀后形成的各种溶解和胶结特征。地表淡水在向下渗滤过程中溶解了土壤中的 CO_2 ,使渗流的淡水具有弱的腐蚀性,增强了对碳酸盐的溶解能力^[2]。在大气渗流环境中,主要是溶解岩石中的 CaCO_3 。当富含 CaCO_3 的溶液运移到大气潜流环境时,孔隙充满了 CaCO_3 溶液。在一定条件下,当溶液处于饱和或过饱和状态时,在原生孔隙或次生孔隙中沉淀了低镁方解石,胶结物特别透明,但局部带淡黄色,可能与地表淡水中铁质的含量高有关,方解石晶粒粗大。表生淡水成岩相几乎出现在礁体的各个相带中。在鲕粒岩中可见因淡水淋滤溶蚀而产生的粒内溶孔(图2)。粒内溶孔内没有被胶结物所充填,说明当时处在大气渗流带环境。在珊瑚骨架岩的原生孔洞或后期溶孔中充填以粗大透明的淡水方解石,方解石略呈淡黄色。在海绵

骨架岩、管孔藻骨架岩及粘结岩中,淡水方解石充填在混合白云岩化后所留下的中央孔隙中。在礁后白云质团块中,局部可见淡水方解石没有完全充满整个空间,而在中央留下较大的孔洞。

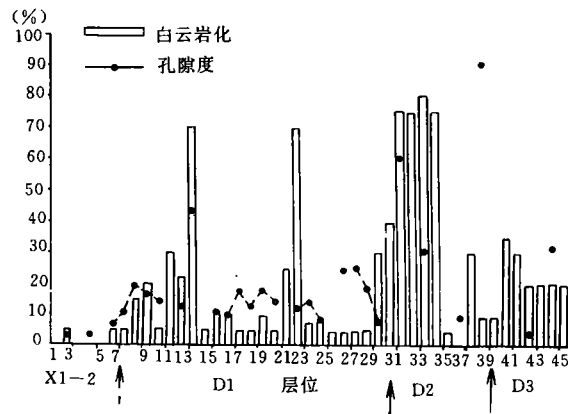


图3 孔隙度与白云岩化的关系
(以大罗坑剖面为例)(据徐桂荣等,1996)
(注:孔隙度的百分值放大10倍)

Fig. 3 Relationship between porosity and dolomitization (After Xu Guirong, et al., 1996)

3 成岩相的研究意义

3.1 早期成岩相的研究意义

早期成岩相主要是指同沉积作用时期的海底成岩相。海底成岩相形成于成岩作用阶段的早期,而混合成岩相及混合白云岩化发生在成岩阶段的早中期^[11]。由于早期成岩相的形成时间与沉积作用的时间比较接近,所以早期成岩相所反映出来的水体相对深度与沉积相所反映出来的水体相对深度完全一致。早期海底成岩形成的纤维状方解石胶结物的形态特征在一定程度上反映着沉积成岩环境的相对深度。具向地性的纤维状方解石胶结物或粒状方解石胶结物反映着海水常不充满的近岸潮间环境;而等厚环边纤维状方解石胶结物则反映海水常充满沉积物空隙的海底潜流环境,其水体深度较海底渗流环境要大。

3.2 晚期成岩相的研究意义

地下深埋藏成岩作用及表生淡水成岩作用发生在成岩阶段的晚期。晚期成岩相不能反映沉积环境的特征,但能反映海陆变迁、地壳升降及古水文状况。

对成岩作用及成岩特征的研究有助于对成岩作

用过程中岩石孔隙演化规律的了解,对于油气的运移与储集具有重要意义。

参 考 文 献

- 1 Railsback L B. Carbonate diagenetic facies in the Upper Pennsylvanian Dennis Formation in Iowa, Missouri and Kansas. *Journal of Sedimentary Petrology*, 1984, 54(3):986~999
- 2 刘怀波. 海南岛莺歌海现代和全新世海滩岩与沙丘岩的胶结结构和成岩作用. *沉积学报*, 1986, 4(3):105~114
- 3 罗宾·巴瑟斯特著. 碳酸盐沉积物及其成岩作用. 中国科学院地质研究所. 翻译组译. 北京:科学出版社, 1977. 268~304
- 4 高振中, 刘怀波. 十万大山盆地北缘早三叠世碳酸盐重力流及其地质意义. *石油与天然气地质*, 1983, 4(1):53~65
- 5 Morrow D W 著. 白云石化作用模式和古代白云岩. 潘正甫, 刘魁梧译. *国外地质*, 1984(5):1~11
- 6 范嘉松, 张维, 马行等. 鄂西二叠纪生物礁的基本特征及其发育规律. *地质科学*, 1982, (3):274~282
- 7 张荫本. 四川盆地二叠系中的白云岩化. *石油学报*, 1982, (1):29~33
- 8 李文平. 川东、鄂西长兴组礁的成岩作用与白云岩化. *天然气工业*, 1989, 9(1):10~15
- 9 徐桂荣, 罗新民, 黄世骥等. 长江中游地区晚二叠世生物碳酸盐岩岩隆生成机制. *地球学报*, 1996, 17(增刊):120~129
- 10 陈学时. 黔西南二叠纪生物礁成岩作用特征及储集性. *沉积学报*, 1986, 4(4):53~63
- 11 韩征, 余素玉. 滇西宁蒗—丽江地区泥盆系白云岩的成因. *沉积学报*, 1990, 8(2):51~58

Diagenesis and Diagenetic Facies of the Late Permian Reef in Cili, Hunan Province

Wang Yongbiao Xu Guirong Lin Qixiang

(China University of Geosciences, Wuhan 430074)

Abstract

Diagenetic facies refers to a rock body which is characteristic of diagenetic fabric. The main purpose of diagenetic facies study is to make it clear the evolution of diagenetic environment by studying epigenetic diversion of unstable particles in deposition under different diagenetic conditions. In this paper, four basic types of diagenetic facies were identified in the reef facies system by studying diagenetic characters of the Late Permian reef in Cili, Hunan Province. They were the sea floor diagenetic facies, fresh-saline water diagenetic facies, deep-buried diagenetic facies and fresh-water diagenetic facies. Some of the facies can be subdivided further

Key Words diagenetic facies reef Late Permian Hunan