

文章编号: 1009-3850(2007)02-0009-05

达县—宣汉地区长兴组礁滩白云岩成岩过程中的孔隙演化

王瑞华, 牟传龙, 谭钦银, 余 谦, 闫剑飞

(成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082)

摘要: 川东北达县—宣汉长兴组礁滩白云岩具有良好的油气储集潜力。作者通过大量岩石常规薄片、铸体薄片观察研究, 发现该礁滩白云岩储层储集空间主要为次生成因的晶间孔、晶间溶孔、粒间粒内溶孔、生物体腔内溶孔和生物格架间溶孔。这些孔隙的形成和演化除了受沉积作用、构造作用和有机质热演化史的影响外, 还受成岩作用的控制。首先在海底-暴露-浅埋藏环境下, 压实及胶结使原生孔隙基本消失; 而准同生混合水白云石化及早期暴露溶蚀作用改变了沉积物内部结构, 形成众多微小孔隙的网络及溶孔, 为后期形成大量孔隙创造了条件。其次在中—深埋藏环境下, 强烈的重结晶作用和溶蚀作用使得岩石形成大量的次生孔隙, 大大提高了礁滩白云岩的储集性能。

关键词: 达县—宣汉; 上二叠统; 长兴组; 礁滩白云岩; 成岩作用; 川东北

中图分类号: P588.2

文献标识码: A

1 引言

川东北达县—宣汉地区发育的礁滩白云岩储层是该区天然气的主力储层之一。沉积物中原生粒间孔和生物体腔孔很发育。在随后漫长的地质历史中, 先后受到海水、混合水和地层水的影响, 经历了近5000m的埋藏过程, 遭受了两次大规模构造运动的改造和下二叠统烃源岩在埋藏过程中逐渐成熟所释放出来的有机酸的影响, 使得成岩环境多变, 成岩作用也极其复杂且长期叠加。最后使得以原生孔隙为主的沉积物转变为以次生孔隙为主的储层。

该白云岩储层主要由一套残余海绵礁白云岩、残余鲕粒结晶白云岩、残余砂屑生屑白云岩以及砾屑白云岩组成^[1]。储集空间以次生成因的晶间孔、晶间溶孔、粒间溶孔、粒内溶孔、生物体腔内溶孔及各种溶蚀扩大孔为主, 裂缝除具有一定的储集能力外, 更重要的是起着连通各种孔隙的作用。储层内孔隙的形成是在漫长的地质历史中, 由多种成岩作用相互影响后的结果。

2 成岩作用对孔隙演化的控制

川东北长兴组礁滩白云岩储层形成演化的过程中, 成岩作用贯穿着沉积、成岩、埋藏的整个过程, 对岩石的孔隙演化影响最大, 且决定储层的储集能力。其成岩作用类型丰富, 且不同的成岩作用对储层的贡献各有侧重(表1), 其中胶结作用、充填胶结作用和压实作用属于不利于储集空间形成与演化的成岩作用, 即破坏性成岩作用; 而溶蚀作用、白云石化作用、重结晶作用、压溶作用和破裂作用是有利于储集空间形成与演化的成岩作用, 即建设性成岩作用^[2~9]。

3 成岩过程中孔隙的形成与演化

在上述成岩作用对孔隙演化控制关系研究的基础上, 结合研究区的埋藏史、构造运动史和有机质热演化史, 可将礁滩云岩孔隙形成与演化过程分为以下两个阶段(图1)。

收稿日期: 2006-11-13

第一作者简介: 王瑞华, 女, 1976年生, 硕士, 从事储层沉积学研究。

资助项目: 中石化南方勘探分公司“川东北宣汉—达县地区长兴组—飞仙关组高精度沉积相、层序地层与储层特征研究”。

表 1 不同成岩作用对孔隙演化控制的强度

Table 1 Controlling degrees of diagenetic processes on porosity evolution										
沉积相(微相)	亮晶胶结作用	压实作用	暴露溶蚀	白云石化作用	重结晶作用	埋藏溶蚀	压溶作用	破裂作用	充填作用	平均孔隙度/%
台缘滩云岩	强烈	弱	较强	准同生强	很强	很强	较强	较强	较强	4.5~10
台缘礁云岩	强烈	弱	较强	混合水强	很强	很强	弱	较强	较强	5.0~13

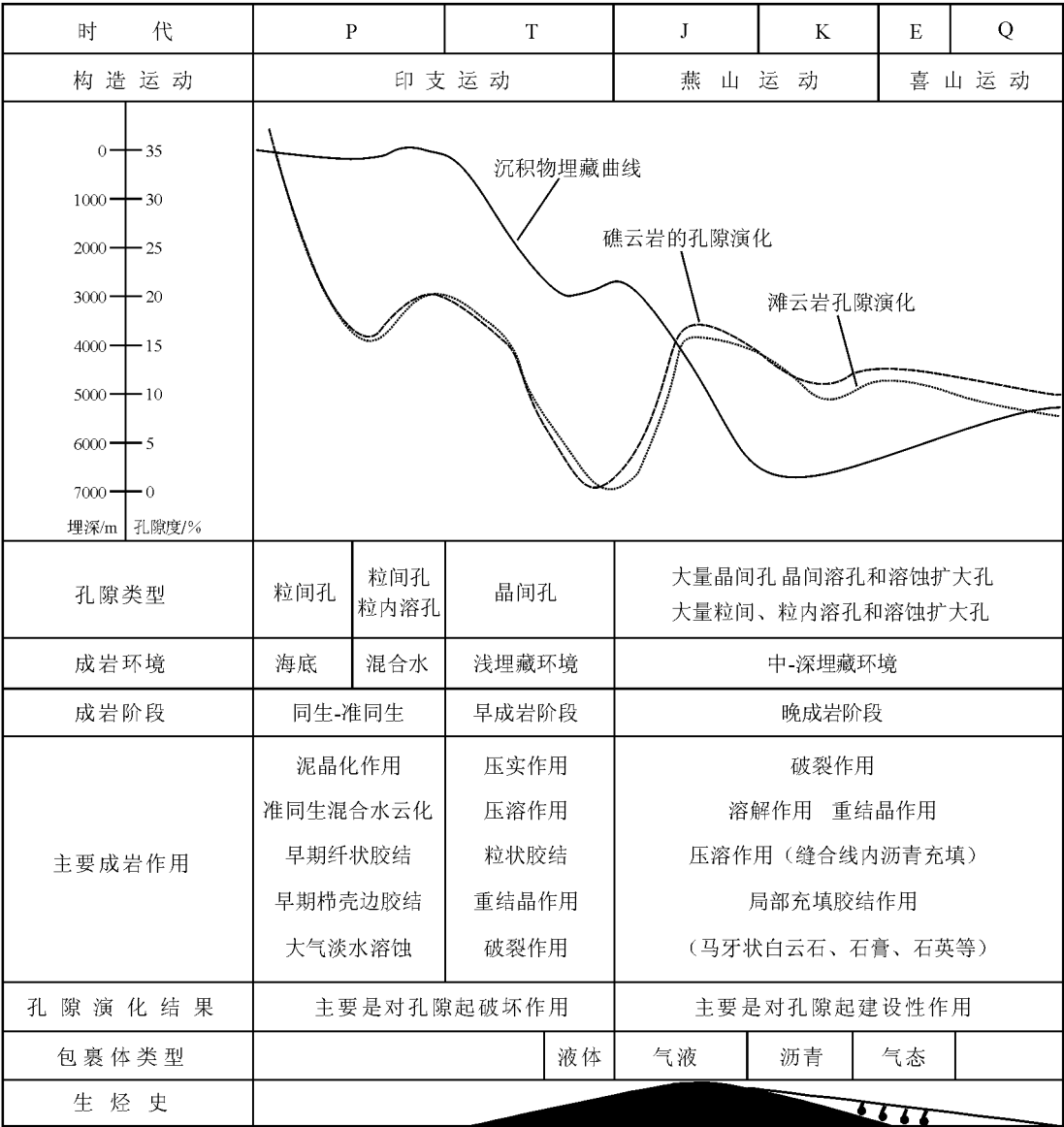


图 1 礁滩白云岩储层的孔隙演化特征

Fig. 1 Porosity evolution in the reef shoal dolostone reservoirs

3.1 破坏性孔隙阶段

破坏性孔隙主要发生在同生-准同生-早期成岩阶段,对应的成岩环境是海底-暴露-浅埋藏成岩环境。此阶段,台地边缘滩云岩和台地边缘礁云岩的孔隙演化稍有区别。

1. 台地边缘滩云岩的孔隙演化

滩相沉积物在沉积期未胶结之前,即在海底成岩环境中的早期,发生了同生-准同生期白云石化(泥晶—微晶)和泥晶化后,原生粒间孔隙约47%~35%;随后,颗粒较稳定下来,海水占据了整个的孔隙空间,开始发生第一期纤状到栉壳状胶结,原生面孔率平均降低了20%左右,松散的沉积物开始固结,

形成了接近半固结状态的岩石(图版A)。之后,相对海平面有下降的趋势,局部滩相近半固结的岩石处于暴露或接近暴露状态,受到大气淡水的影响,发生了一定的大气淡水的溶蚀作用和海浪对岩石的冲洗破碎作用等,形成了部分的鲕模孔、粒内溶孔(图版B)等,半固结岩石的孔隙度有所增加,但经过后期埋藏后所有的孔隙几乎被胶结充填完。

随着沉积物的加厚,已经接近半固结的岩石开始渐渐的进入浅埋藏环境,压实作用、压溶作用(泥质充填的压溶缝合线)开始发生,使得孔隙空间得到一定范围的缩小。然而在该环境下,对孔隙空间影响最大的是第二世代胶结作用,原生粒间孔以及暴露阶段形成的粒内溶孔等被粒状镶嵌结构的白云石胶结物或联晶方解石胶结物完全胶结完毕,这时面孔率几乎接近0(图版A)。岩石也已完全固结。到浅埋藏后期,岩石埋深进一步加大,温度和压力升高,岩石发生了较弱的重结晶作用,形成少量的晶间孔,使得岩石面孔率得到一定的提升。

该阶段整体上是孔隙起破坏作用,但上述已经提及的早期暴露溶蚀和准同生白云石化及混合水白云石化使得岩石的孔隙度增加,且改变了原岩的组构,为中—深埋藏环境下的进一步溶蚀奠定了基础。

2. 台地边缘礁云岩的孔隙演化

在同生-准同生阶段,首先遭受海底藻类的粘结作用和胶结作用后,礁相沉积物接近半固结,原生面孔率由40%左右降到15%左右。又由于沉积物的加积以及次级海平面不断的升降,导致台缘礁在海平面下降时会暴露海平面之上,受到大气淡水的影响,因此在混合水(白云石过饱和,方解石未饱和)的影响下,台缘礁会发生白云石化作用^[3]。白云石化改变了原岩结构,使岩石体积减小,孔隙度有所增加,约18%左右。

在早期成岩阶段,生物礁还没有完全被白云石交代完,就进入浅埋藏环境下,这时由于孔隙水中有的地方是方解石过饱和,有的孔隙水是白云石过饱和,无论是哪种孔隙水,都继续胶结剩余的原生孔隙,呈叶片状较粗的胶结物。原生孔隙基本消失。此阶段的孔隙以次生孔隙为主,主要为次生晶间孔和暴露时形成的生物体腔内溶孔等,孔隙度约1%~2%。

3.2 建设性孔隙阶段

建设性孔隙主要发生在晚期成岩阶段,对应的成岩环境是中—深埋藏成岩环境。台地边缘滩云岩

和台地边缘礁云岩的孔隙演化基本一致。

随着侏罗纪沉积物的沉积,长兴组的岩石进一步埋藏,进入中—深埋藏环境。该成岩环境下,是孔隙大量形成的阶段。其原因主要包括如下三方面的因素:第一,在三叠纪末,二叠系烃源岩开始成熟生油,与有机质成熟时伴生的有机酸随着水溶液开始进入一定的孔隙空间中,直到大量生烃期,孔隙水溶液中富含大量有机酸物质,对岩石溶解极为强烈;第二,中三叠世末的印支后期至中侏罗世末的燕山运动产生了一些构造裂缝,成了富含大量有机酸的孔隙水进入岩石的通道,进而使得岩石遭受普遍溶解;第三,该阶段岩石埋深约4000m左右,地温温度很高,岩石发生了强烈的重结晶作用,形成大量的晶间孔(图版C),也为含有大量有机酸的孔隙水进入岩石提供了渗流空间和储集空间,进一步加强了岩石的溶解。这就是晚成岩阶段第一期的溶蚀作用:滩云岩主要形成的孔隙有大量晶间孔、晶间溶孔、晶间溶蚀扩大孔和大量的残余颗粒粒内、粒间溶孔和粒间溶蚀扩大孔等,最大面孔率可上升到20%左右,平均面孔率15%~16%;礁云岩主要形成的孔隙还有生物格架间溶孔(图版D)、粒内溶孔以及生物体腔内溶孔(图版E)等,最大面孔率可上升到22%左右,平均面孔率约15%~17%。该期孔隙多被沥青充填,大孔隙边缘有沥青残余物质,未充满,有效面孔率稍有降低。

第一期埋藏溶蚀作用后,在喜马拉雅运动期间,岩石遭受了第二期埋藏溶蚀作用和更晚期重结晶作用,孔隙度得到一定的提高。该期溶孔主要形成在干气阶段,多未被充填,局部孔壁上有最晚期的石英小晶体淀晶充填。滩云岩有效面孔率平均约5%~12%。礁云岩有效平均面孔率约7%~13%。

综上所述,台地边缘礁滩云岩的孔隙演化主要经历了对孔隙破坏性的成岩作用阶段和建设性成岩作用阶段。在同生-准同生-早期成岩阶段,即海底-混合水-浅埋藏环境下,胶结作用和压实、压溶作用使得岩石孔隙度急剧降低。主要属于破坏性孔隙的成岩作用阶段,然而准同生、混合水白云石化作用及早期暴露溶蚀却改变了沉积物内部结构,形成了众多的微小孔隙的网络及溶孔,为后期形成大量的孔隙创造了条件。在晚期成岩阶段,即中—深埋藏环境下,构造破裂作用,溶蚀作用和重结晶作用对孔隙空间的贡献巨大,大大提高了储层的孔渗性(图2)。其结果是礁滩云岩储层孔隙发育规模大,溶孔类型丰富,平均面孔率约5%~13%,储集性能好。

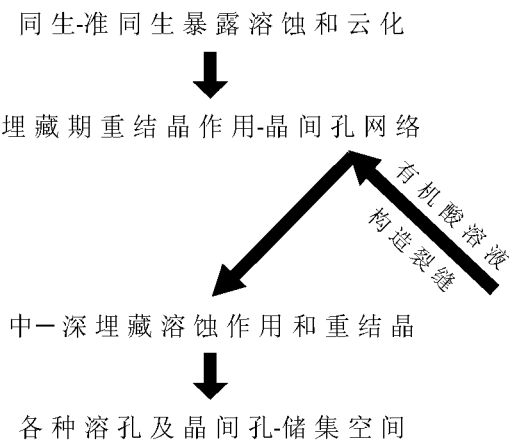


图 2 建设性成岩作用对孔隙的控制演化

Fig. 2 Constructive diagenetic controls on porosity evolution

4 结 论

(1) 川东北达县—宣汉礁滩白云岩具有良好的油气储集潜力。其储层特征及分布规律主要受到成岩作用的控制。

(2) 早期暴露溶蚀和准同生白云石化及混合水白云石化使得岩石的孔隙度增加, 且改变了原岩的

结构, 为中—深埋藏环境下的进一步溶蚀奠定了基础。

(3) 中—深埋藏环境下形成了大量的晶间孔, 晶间溶孔, 粒内溶孔, 粒间溶孔和生物体腔内溶孔, 生物格架间溶孔等, 其形成和演化与重结晶作用和溶蚀作用密切相关。

(4) 礁云岩的孔隙发育规模稍优于滩云岩。

参考文献:

[1] 马永生, 牟传龙, 郭旭升, 等. 四川盆地东北部长兴期沉积特征与沉积格局[J]. 地质论评, 2006, 52(1): 25—29.

[2] 王瑞华, 牟传龙, 谭钦银, 等. 达县—宣汉地区长兴组礁滩白云岩成岩作用与成岩环境研究[J]. 沉积与特提斯地质, 2006, 26(1): 30—36.

[3] 牟传龙, 马永生, 王瑞华, 等. 川东北地区上二叠统盘龙洞生物礁成岩作用研究[J]. 沉积与特提斯地质, 2005, 25(1—2): 198—202.

[4] 钱峰, 黄先雄, 等. 碳酸盐岩成岩作用及储层——以中国四川东部石炭系为例[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000. 53—55.

[5] 王兴志, 穆曙光, 方少仙, 等. 四川盆地西南部震旦系白云岩成岩过程中的孔隙演化[J]. 沉积学报, 2000, 18(4): 549—554.

[6] 王英华. 碳酸盐岩成岩作用与孔隙演化[J]. 沉积学报, 1992, 10(3): 85—95.

Porosity evolution during the diagenesis of the reef shoal dolostones from the Changxing Formation in the Daxian-Xuanhan region, Sichuan

WANG Rui-hua, MOU Chuan-long, TAN Qin-yin, YU Qian, YAN Jian-fei
(Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China)

Abstract: The reef shoal dolostones from the Changxing Formation in the Daxian-Xuanhan region, Sichuan have good potentials for oil and gas reservoirs. On the basis of the observations of routine thin sections and cast sections, the reservoir spaces in the reef shoal dolostones consist mostly of intercrystal pores, intercrystal solution openings, intergranular and intragranular solution openings, visceral solution openings and organic framework solution openings. The formation and evolution of the pores are generally constrained not only by deposition, tectonism and thermal evolution of organic matter but also by diagenesis. The compaction and cementation are responsible for the disappearance of primary pores in the submarine-exposure-shallow burial environments. The penecontemporaneous mixing water dolomitization and early exposure and dissolution result in the modification in the internal structures and textures of the sediments, and formation of extensive micropore networks and solution openings. The intense recrystallization and dissolution permit the generation of abundant secondary pores and improvement of the reservoir capacity of the reef shoal dolostones in the intermediate to deep burial environments.

Key words: Daxian-Xuanhan region; Upper Permian; Changxing Formation; reef shoal dolostone; diagenesis; northeastern Sichuan