

文章编号: 1009-3850(2005)01-0198-05

川东北地区上二叠统盘龙洞生物礁成岩作用研究

牟传龙¹, 马永生², 王瑞华¹, 谭钦银¹, 余谦¹

(1. 成都地质矿产研究所, 四川 成都 610082; 2. 中石化南方勘探分公司, 云南 昆明 650200)

摘要: 本文对宣汉盘龙洞上二叠统生物礁古油气藏成岩作用进行了详细的研究。其主要成岩作用类型有胶结作用、新生变形作用、白云岩化作用、去白云岩化作用以及压溶和溶解作用等。根据岩石中胶结物的胶结结构和矿物特征, 初步判断该生物礁主要经历了海底成岩环境、大气淡水渗流潜流环境、海水与淡水混合带成岩环境和埋藏成岩环境。该区的白云岩主要是混合白云岩化形成的。值得强调的是, 该区白云岩化作用和溶蚀作用对该生物礁岩石孔隙度的增加贡献很大, 提供了良好的油气储集空间, 这对恢复该生物礁储层孔隙发育历史, 以及油气勘探和评价都有很重要的意义。

关键词: 上二叠统; 生物礁; 成岩作用; 盘龙洞; 川东北

中图分类号: P588.2

文献标识码: A

1 盘龙洞生物礁组成

盘龙洞生物礁位于四川省宣汉县鸡鸣乡盘龙洞, 沿公路距羊古洞隧道约8km; 在大地构造位置上位于四川盆地东北边缘, 属米仓山-大巴山前缘地带, 地层层位为上二叠统长兴组。该生物礁由礁基、礁核及礁盖三部分所组成, 为台地边缘礁^[1~3]。礁基厚39.84m, 下部为开阔台地滩间相深灰色中层状泥晶灰岩, 上部为浅滩相浅灰色厚层块状含生物碎屑、砾屑灰岩。礁核厚99.48m, 岩性为浅灰色沥青质海绵障积岩和海绵骨架岩, 下部为障积岩, 中部为骨架岩, 上部为障积岩。造礁生物主要为串管海绵, 见少量硬海绵。造礁生物含量为20%~50%, 其中骨架岩中最多, 占造礁生物的45%~50%。多数海绵垂直层面生长, 少数斜交层面, 尤其礁核中部的海绵形成了很好的骨架, 藻围绕海绵生长。附礁生物有腕足、瓣鳃、海百合、及有孔虫。填隙物主要为生

物碎屑、砂屑、灰泥含量很少。生物礁普遍发生了白云岩化, 多数已演变为礁白云岩。礁体中发育大量孔洞, 部分被方解石晶体充填, 部分被沥青充填。礁体中发育大量沥青, 用铁锤击打几乎随处可见, 主要充填于岩石孔洞、晶洞、生物体腔孔及裂缝中。礁盖厚59.51m, 岩性为含砾泥质白云岩、残余鲕粒白云岩、结晶白云岩夹深灰色中厚层状残余泥晶生物屑灰岩, 为潮坪沉积。礁盖白云岩中沥青丰富, 充填于晶洞及裂隙中^[3]。

2 成岩作用类型及特点

2.1 成岩作用类型

盘龙洞生物礁的成岩作用呈现如下特点: (1) 生物作用明显; (2) 胶结作用主要发生在潜流带; (3) 白云岩化作用和去白云岩化作用强烈; (4) 新生变形作用显著; (5) 构造裂缝呈穿插关系, 至少发育4期裂缝, 这也导致了该地区成岩作用的复杂性。根据岩

收稿日期: 2005-01-09

第一作者简介: 牟传龙, 1965年生, 研究员, 博士生导师, 主要从事沉积地质、层序地层和盆地分析等研究工作。

资助项目: 四川省学术和技术带头人培养资金资助项目(1200308), 中石化南方勘探分公司“四川盆地东北部二叠-侏罗系沉积与层序地层研究”。

石薄片, 盘龙洞生物礁的主要成岩作用类型有胶结作用、压实作用、压溶作用、新生变形作用、交代作用(白云岩化、去白云岩化和硅化)、溶解作用, 在这些作用之前主要是海底泥晶化作用。

2.2 成岩作用特点

1. 泥晶化作用

泥晶化作用表现为在颗粒边缘形成了泥晶环边。通过薄片看泥晶环边并不清楚, 可能是颗粒重结晶作用强烈所致。可见藻纹层。

2. 胶结作用

胶结作用主要发生了两期, 第一期表现为淀晶白云石等厚环边, 第二期胶结物是晚期方解石晶体联晶充填。这两期胶结物为潜流带的产物(图 1A)。

3. 压实、压溶作用

压实、压溶作用主要发生在埋藏期, 表现在颗粒相互镶嵌、变形、溶裂缝和压溶缝合线(图 1B)。有些压溶缝被早期方解石充填, 缝中间是晚期方解石晶体。有的压溶缝合线有沥青进入。

4. 新生变形作用

盘龙洞生物礁经过多次新生变形作用, 新生变形作用明显。主要发生于埋藏成岩阶段, 由于温度高, 压力较大, 岩石孔渗性差, 孔隙水流动慢, 成分不易发生变化, 常由微晶泥晶方解石重结晶为晶粒方解石。重结晶的方解石有的形成极不规则的晶粒分布及斑块状粗粒镶嵌结构(图 1C), 有的呈波状消光, 说明重结晶时是处于动态条件下的。

5. 交代作用

宣汉盘龙洞剖面白云岩化作用(图 1D)和去白云岩化作用明显, 一般形成白云岩化石灰岩和礁白云岩。其中有的生物腔体内发生去白云岩化作用, 晶粒也发生去白云岩化作用, 保持白云岩的晶体形状, 却被方解石交代(图 1E)。白云岩化作用的发生有利于增大孔隙度。有的生物腔体内硅质充填, 属于晚期充填。有的晶粒发生石英硅化(图 1E)。

6. 溶解作用

盘龙洞生物礁经过了多期的溶蚀作用, 主要发生在后生阶段。由于断裂活动, 岩石大量溶蚀, 形成了粒间溶孔、粒内溶孔和溶缝。在此剖面的薄片上可观察到至少 3 期的溶蚀孔、缝, 几乎每期溶蚀作用都有一次构造活动与之伴随。

第一期发生于大气渗流、潜流环境, 由于文石的不稳定性, 经过大气淡水的渗流(图 1F), 发生选择性溶蚀, 形成生屑模孔、粒内溶孔和生物体腔溶孔, 以粒内溶孔为主(图 1A)。孔隙大部分被方解石充

填。与其伴生的是第一期张性裂隙, 裂隙被方解石脉充填。

第二期为埋藏成岩环境下, 由于温度压力的增加, 岩石碎性加大, 形成大量的微细裂隙, 随着淡水和有机酸的进入, 发生了大规模的非选择性溶蚀作用, 形成了丰富的晶间溶孔和粒间孔、晶间溶蚀扩大孔以及各种形态的溶孔、溶洞及溶缝, 溶孔被沥青充填、半充填或洞壁有沥青膜, 并在洞壁上生长少量淀晶白云石。与其伴生的是第二期压性微裂隙, 裂隙中充填炭质沥青和白云石晶体, 形成了重要储层空间。

第三期仍为埋藏晚期形成的非选择性溶孔, 但孔、洞、缝中非常干净, 无炭质沥青, 只有少量白云石晶体, 大部份未被充填。与其伴生的裂隙也很干净, 无沥青, 切穿所有裂隙、裂缝、溶缝等。

3 成岩作用序列与成岩阶段划分

3.1 盘龙洞生物礁成岩作用序列

众所周知, 碳酸盐岩的成岩序次对恢复孔隙发育历史, 寻找孔隙的成因及分布规律和对油气勘探及评价都有很重要的意义。宣汉盘龙洞生物礁成岩作用序次依次为: 生物碎屑的沉积(藻类、有孔虫、软体动物, 棘屑等)→由于钻孔微生物的活动, 颗粒发生泥晶化——模孔和溶孔的生成及泥晶的重结晶(颗粒的选择性溶解作用)→形成淀晶白云石、混合白云岩化→方解石的联晶充填——新生变形作用→裂隙与非选择性溶蚀→有沥青进入→去白云岩化→晚期裂缝和溶孔, 未充填。

3.2 盘龙洞生物礁成岩阶段划分

根据岩石薄片的观察和分析, 将盘龙洞生物礁划分为准同生成岩阶段、早期成岩阶段、埋藏成岩阶段及后生成岩阶段 4 个成岩阶段^[4]。

1. 准同生成岩阶段

该阶段主要是颗粒的沉积及海底泥晶化成岩作用。宣汉盘龙洞剖面由于发生了强烈的重结晶作用, 导致泥晶化环边不清楚。

2. 早期成岩阶段

海平面降低, 沉积物埋藏较浅, 遭受早期暴露或间歇性暴露, 受大气淡水淋滤溶蚀, 形成大量的铸模孔和粒内溶孔, 但孔隙不破坏颗粒边界。在孔隙水的作用下, 沉淀早期胶结物, 充填于粒间孔和粒内孔的边缘。沉积物处于半固结状态, 孔隙度较大。

3. 埋藏成岩阶段

半固结的沉积物继续埋藏, 上覆沉积物加厚, 与

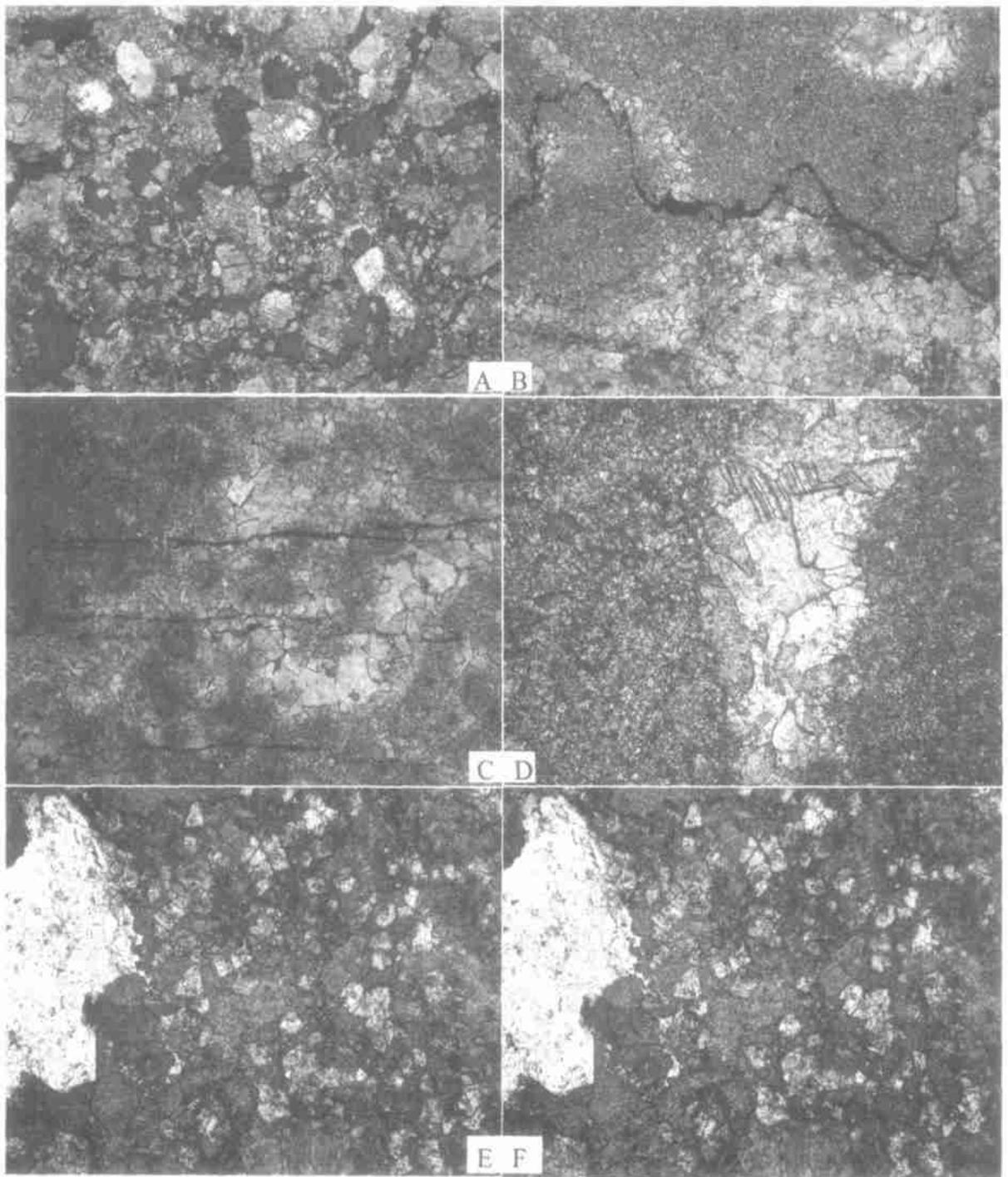


图1 盘龙洞生物礁成岩作用

A. 胶结作用: 粒内溶孔和模孔(单偏光 $\times 40$); B. 压实、压溶作用: 压溶缝合线(单偏光 $\times 40$); C. 新生变形作用: 粗粒镶嵌结构(单偏光 $\times 40$); D. 交代作用: 白云岩化(单偏光 $\times 100$); E. 交代作用: 去白云岩化、石英硅化(单偏光 $\times 100$); F. 溶解作用: 渗流带的白云石晶体(正交光 $\times 100$)

Fig. 1 Microphotographs showing the diagenesis of the Panlongdong organic reefs

A. Cementation: intragranular solution openings (plane-polarized light, $\times 40$); B. Compression and pressolution: pressolution stylolite (plane-polarized light, $\times 40$); C. Neomorphism: coarse-grained mosaic structures (plane-polarized light, $\times 40$); D. Replacement: dolomitization (plane-polarized light, $\times 100$); E. Replacement: dedolomitization and silicification (plane-polarized light, $\times 100$); F. Dissolution: dolomite crystals from the vadose zone (cross-polarized light, $\times 100$)

海水逐渐隔绝,孔隙水来源,是上部或侧部渗透来的重盐水或由下伏沉积物压榨上来的上升盐水,这种孔隙水可与颗粒或基质继续发生交代作用,形成菱形白云石,孔隙水过饱和后,沉淀晚期方解石(联晶)。这时早期经过转化的方解石矿物可以由于重荷压力重结晶,使晶粒增大,并发生压溶作用,产生缝合线。此时沉积物已固结成岩。孔隙度降低。

4. 后生阶段

随着岩石埋藏加深,由于上覆沉积的静压力增大,再加上构造活动的影响,导致已固结的岩石产生几组裂隙和压溶缝合线,为深部地下水打开通道。这种矿化度较高的水,可以对岩石进行溶蚀,还可以沿裂缝产生粗大的交代充填矿物。由于温度的升高,成岩矿物进一步重结晶,形成粗大的斑晶或粗晶斑块。此阶段会形成大量的非选择性溶孔、溶缝和溶洞,孔隙度较大。

4 成岩环境

盘龙洞生物礁的成岩变化比较复杂,受成岩环境影响明显。不同成岩环境中,孔隙水的来源、成分、状态和物理化学条件都不相同,同时还有生物钻孔等的影响,并产生不同的成岩作用。所以可以通过上述成岩作用在岩石中留下的某些痕迹,来推测当时的成岩环境。结果表明,盘龙洞生物礁主要经历了海底成岩环境、大气淡水成岩环境、混合带成岩环境和埋藏成岩环境。

1. 海底成岩环境

在海底环境中,孔隙水以对流方式运动,海水中离子浓度大,能形成晶核的质点多,引发泥晶化作用,在颗粒边缘形成泥晶套或泥晶环边等扰动浅水浅滩典型标志。宣汉盘龙洞剖面可能由于后期重结晶作用的影响,泥晶化发育不普遍,只是部分内碎屑和角砾边缘有较弱的泥晶环边和泥晶套。

2. 大气淡水成岩环境

一般的来说,生物礁总是向上生长,能长到非常接近海面的高能带,所以在海面波动时很容易局部的暴露在高潮面以上,结果形成大气淡水透镜体。

(1) 大气淡水渗流环境:这一带中地下水从地表向地下作垂直运动,是包含气体的氧化环境,孔隙处于开放系统。盘龙洞生物礁在此带主要发生渗流溶解作用,文石、镁方解石大量溶解造成溶孔和铸模孔,随后沉淀晶白云石(图 1F)。

(2) 大气淡水潜流环境:该带溶解力不强,沉淀和胶结作用较明显。岩石薄片主要见此带联晶方

解石晶体(图 1A)。

3. 海水与淡水混合带成岩环境

由于海平面波动造成暴露而形成的淡水透镜体周围,往往会出现一个海水与淡水的混合带。巴迪奥扎曼尼(K. Badiozamanj, 1973)认为只要有5%~30%的海水与淡水混合就会形成淡水白云石,使沉积物白云岩化。镁的来源可能来自海水,即混合白云岩化作用;也可能由暴露于渗流带的上部碳酸盐沉积物淋滤而来,即调整白云岩化作用。这两种白云岩化作用的共同标志是:一个溶蚀孔洞发育的石灰岩帽岩带及其伴生的白云岩层断,灰岩/白云岩的界面可代表一次海面波动。盘龙洞生物礁的白云岩化很普遍,有些白云岩化与局限泻湖和蒸发潮坪并无关系,因此应是这一成岩环境的产物^[5]。

4. 埋藏成岩环境

礁组合中的早期成岩作用主要发生在礁本体,而以粒泥岩、灰泥岩为主的礁后带当时却尚未充分胶结。因而在埋藏以后,在上覆沉积物作用下,礁本体与礁后、礁间相之间将发生明显的差异压实作用,从而改变礁组合的原始面貌(曾允孚等, 1981)。随着埋深增加、压力增大、温度升高、压溶作用加强,颗粒和胶结物普遍发生新生变形作用、大量发育压溶缝合线、压实变形等构造。同时,白云石晶体由细变粗,晶间孔非常发育。

由于流经地下水成分发生变化,还可造成再次的交代、溶蚀、充填作用。条件适合时,石油及天然气可从盆地相生油岩中运移进入礁灰岩圈闭中。盘龙洞生物礁中多见沥青。

5 结 论

笔者是在前人大量工作的基础上,通过对该生物礁岩石薄片进行了详细的观察和分析。该生物礁的成岩作用极其复杂,主要有胶结作用、压实作用、压溶作用、新生变形作用、交代作用(白云岩化、去白云岩化和硅化)、溶解作用等成岩作用。造成成岩作用复杂的主要原因是:其一,在成岩作用过程中,发生了多期新生变形作用;其二,构造裂缝较发育,呈多期穿插关系。盘龙洞生物礁主要经历了海底成岩环境、大气淡水成岩环境、混合带成岩环境和埋藏成岩环境。在这一过程中,生物礁发生了白云岩化,部分层段白云岩化作用强烈,导致孔隙度的增加。研究表明,生物礁体内部发育的孔、洞、缝很多都被沥青充填或半充填,说明这里曾有油气储集或有油气运移。

参考文献:

- [1] 牟传龙, 谭钦银, 王立全, 等. 四川宣汉盘龙洞晚二叠世生物礁古油藏的发现及其重要意义[J]. 地质论评, 2003, (3): 315.
- [2] 牟传龙, 谭钦银, 余谦, 等. 四川宣汉盘龙洞晚二叠世生物礁古油藏剖面序列[J]. 沉积与特提斯地质, 2003, 23(3): 60-64.
- [3] 牟传龙, 谭钦银, 余谦, 等. 川东北地区上二叠统长兴组生物礁组成及成礁模式[J]. 沉积与特提斯地质, 2004, 24(3): 65-71.
- [4] 曾允孚. 碳酸盐岩的成岩后生作用及孔隙演化. 沉积专辑, 1981, 294-307.
- [5] 冯增昭, 等. 沉积岩石学[M]. 石油工业出版社, 1993. 360-361.

Diagenesis of the Upper Permian Panlongdong organic reefs in northeastern Sichuan

MOU Chuan-long¹, MA Yong-sheng², WANG Rui-hua¹, TAN Qin-yin¹, YU Qian¹

(1. Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources, Chengdu 610082, Sichuan, China; 2. Southern Branch, SINOPEC, Kunming 650200, Yunnan, China)

Abstract: The diagenetic types of the Upper Permian Panlongdong organic reefs in northeastern Sichuan consist mainly of cementation, neomorphism, dolomitization, dedolomitization, pressolution and dissolution. The study of cementation textures and mineralogy of the cements shows that the diagenetic environments of organic reefs in the study area evolved from the submarine environment to the meteoric vadose and underflow environments to the mixed sea water-fresh water environment and finally to the burial diagenetic environment. The dolostones in the study area are originated from mixed dolomitization. The regional dolomitization and dissolution are demonstrated to make greater contributions to the increase in porosity and potential reservoir space for oil and gas accumulation, and thus have important significance for the oil and gas exploration and assessment.

Key words: Upper Permian; organic reefs; diagenesis; Panlongdong, northeastern Sichuan