

# 黄骅拗陷古近系沙一段下部碳酸盐岩成岩作用

曾德铭<sup>1</sup> 赵敏<sup>2</sup> 石新<sup>3</sup> 王伟<sup>1</sup> 杜江民<sup>1</sup> 侯志<sup>2</sup>

(1.西南石油大学资源与环境学院,四川成都 610500; 2.大港油田公司,天津 300280;  
3.川庆钻探工程公司地质勘探开发研究院,四川成都 610051)

**摘要:**黄骅拗陷古近系沙河街组沙一段下部发育一套厚 20~60 m 的湖相碳酸盐岩,并在生物灰岩、鲕粒灰(云)岩和泥晶白云岩中显示丰富的油气,具有良好的勘探前景。通过对研究区沙一段下部 10 余口钻井岩心、薄片的宏观及微观观察,结合地球化学特征,对成岩作用类型及特征进行较详细的研究,探讨了成岩作用与储集空间演化的关系。研究发现区内沙一段下部碳酸盐岩的成岩演化过程复杂,各种成岩作用发育,储层质量的好坏受成岩作用影响明显。压实压溶作用、多期方解石和白云石的胶结作用导致粒间孔、生物体腔孔和格架孔大幅度减少;混合水白云石化作用、同生期-准同生期和埋藏期溶解作用是优质储层形成的关键,形成了大量的晶间孔、晶间溶孔、粒内溶孔、铸模孔、生物体腔孔、粒间溶孔和溶蚀缝,成为现今该层段的主要储集空间。

**关键词:**成岩作用;储层;储集空间;湖相碳酸盐岩;沙一段下部;黄骅拗陷

**中图分类号:**P588.24\*6 **文献标志码:**A **文章编号:**1000-3657(2010)01-0110-07

黄骅拗陷古近系沙河街组碎屑岩中分布有厚度不足 1%的碳酸盐岩,这种特殊岩性集中于沙一段下部,面积达 2000 km<sup>2</sup>,产状稳定,油气显示丰富,现已发现王徐庄、周清庄、扣村、舍女寺、王官屯油田和淮海张东、张东东含油构造。许多学者<sup>[1-3]</sup>对该区层序地层、油气生成和储层特征等做过不少研究,而与储层形成与演化密切相关的成岩作用方面,还从未有过系统的研究报道。因此,笔者以黄骅拗陷古近系沙一段下部的碳酸盐岩为主要研究对象,综合利用钻井岩心、常规薄片、铸体薄片、扫描电镜以及地化资料,分析成岩作用类型及特征,开展成岩作用与储集空间关系的研究,以便认识储层分布规律,为碳酸盐岩油藏的勘探与开发提供有利的地质理论依据。

## 1 区域地质概况

黄骅拗陷位于渤海湾盆地西部,西以基底断裂与沧县隆起分隔,东与埕宁隆起相连接,北以燕山褶皱带为界,面积 17000 km<sup>2</sup>。古近系沙河街组自下而上分为沙三段、沙二段和沙一段,沙一段又分上、中、

下三部分,下部发育由粒屑灰岩、泥灰岩、泥云岩和云灰岩组成的碳酸盐岩(图 1)。该套碳酸盐岩总厚 20~60 m,主要分布于黄骅拗陷中南部一系列中央岛山沿岸及浅洼地带,以富含泥质、湖泊型生物和鲕粒为特征,属于水进式正旋回的湖泊相沉积;单层较薄,一般 1~3 m,层数多,沉积旋回发育,横向分布稳定。底部与沙二段、沙三段整合或不整合接触,顶部与沙一段中部连续过渡,内部由下往上划分为Ⅲ、Ⅱ、Ⅰ共 3 小层,油气主要分布于第Ⅲ小层滨浅湖生物滩和鲕粒滩的生物灰岩、鲕粒灰(云)岩和泥云岩,主要的储集空间为晶间溶孔、粒内溶孔、铸模孔、生物体腔孔、粒间溶孔和溶蚀扩大缝。

## 2 成岩作用特征及与储集空间的关系

储层质量的优劣,与储集空间的发育与否和发育好坏有关,直接受到成岩作用的控制<sup>[4-5]</sup>。通过 10 余口井、薄片的宏观及微观观察,结合地球化学特征,认为研究区碳酸盐岩先后受到湖水、大气淡水和地层水的影响以及构造运动改造,经历了压实压溶、胶结、白云

收稿日期:2009-07-06;改回日期:2009-11-15

基金项目:西南石油大学校级科技基金(2007XJZ047)和四川省重点学科建设项目(SZD0414)联合资助。

作者简介:曾德铭,男,1978年生,博士,讲师,从事基础地质和储层地质学的教学与研究;E-Mail:8203763@qq.com。

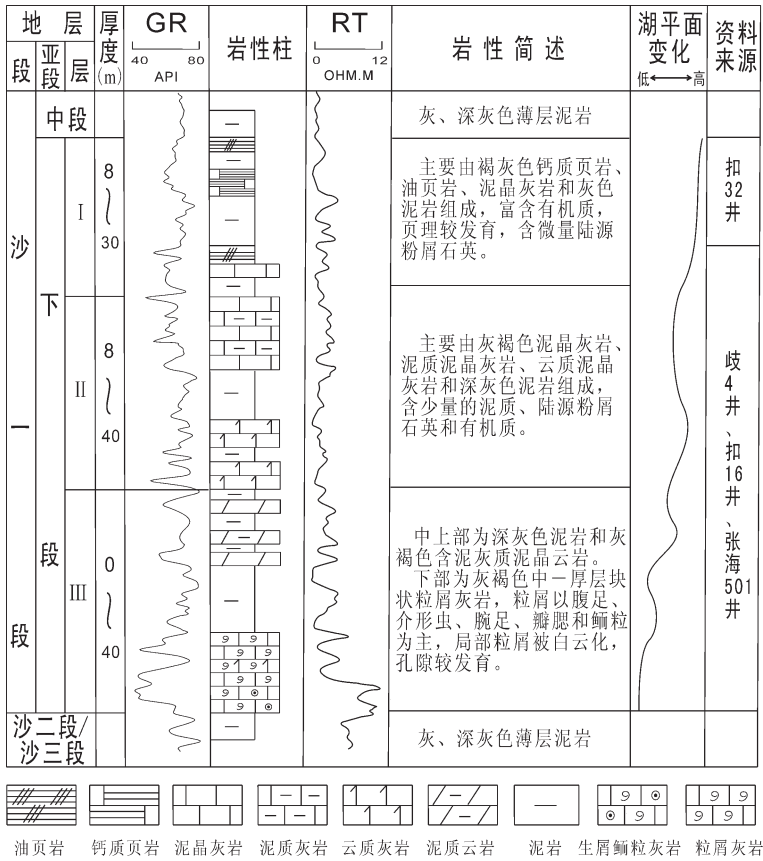


图 1 黄骅拗陷古近系沙一段下部地层综合柱状图

Fig.1 Composite column of the lower part of the 1st Member of Eogene Shahejie Formation in Huanghua Sag

石化和溶解等成岩作用(表 1),最终将以粒间孔、生物体腔孔和格架孔为主的沉积物转变成以次生孔隙占绝对优势的孔隙型或裂缝-孔隙型储层。

2.1 胶结作用

根据胶结物充填孔隙的类型、形成顺序、成岩环境、组构及地化等特征,将研究区沙一段下部颗粒岩中胶结物分为第一期纤状和马牙状方解石、第二期叶片状粉-细晶方解石、第三期粒状细-中晶方解

石,它们对孔隙的破坏程度不一。

第一期纤状、马牙状方解石是湖底成岩环境的产物,一般以环带、放射状围绕颗粒边缘呈近等厚生长(图 2-1a),含量约 1%,环带数 1~3 层,单环带厚度 3~5 μm,晶体较明亮,环边前缘呈微尖菱形,部分与第三期粒状胶结物呈弱溶蚀不整合接触。阴极射线多不发光或发暗红色光;包裹体为细小的水溶液,无法测定其均一温度;微量元素 Na<sup>+</sup>、Ba<sup>2+</sup>、Fe<sup>2+</sup>

表 1 研究区沙一段下部成岩环境—成岩作用简表  
Table 1 Diagenetic environment of the lower part of 1st Member of Shahejie Formation

成岩环境	破坏性成岩作用	建设性成岩作用
湖底环境	第一期湖底纤状、马牙状方解石胶结作用	回流渗透白云石化作用
混合水环境	第一期马牙状白云石胶结、 第二期粉-细晶方解石胶结作用	混和水白云石化、 混合水溶解作用
浅-深埋藏环境	第二期粉-细晶白云石胶结、 第三期粒状方解石胶结、压实压溶作用	埋藏溶解、埋藏云化、 构造破裂作用

和  $Mn^{2+}$  的含量较高,  $Sr^{2+}$  含量较低, 铁锰比达到 2。该期胶结作用一方面可使颗粒岩中原生孔隙缩小 5%~10%; 另一方面可使疏松的颗粒质沉积物基本固结, 增强沉积物(岩)的抗压能力, 保护残余粒间孔和次生孔隙。

第二期叶片状粉—细晶方解石(白云石)是湖底潜流带—混和水环境的产物, 多围绕第一期胶结物或颗粒边缘呈单环带生长或与第一期方解石胶结物共轴生长(图 2-1b)。晶体以自形—半自形粉晶常见, 大小 0.03~0.05 mm, 较干净明亮, 环边前缘具尖菱形, 呈明显的偏三角面体形态。阴极射线下发红光或发暗的

红光; 微量元素  $Na^+$ 、 $Ba^{2+}$ 、 $Fe^{2+}$ 、 $Mn^{2+}$  的含量低于第一期胶结物,  $Sr^{2+}$  含量较高, 铁锰比为 1。该期胶结作用可使颗粒岩中原生孔隙缩小 10%~15%; 但对于胶结程度较低的颗粒岩来说, 由于其渗透性和孔隙度较高, 易于后期各种成岩流体运移, 残余粒间孔和粒间缝得以保留, 成为油气储集空间和运移通道。

第三期粒状细—中晶方解石是埋藏环境的产物, 仅在部分粗大粒间孔有少量分布, 由孔隙边缘向中心依次生长粉晶、细晶, 呈近等轴粒状, 与第二期胶结物呈整合接触(图 2-1c)。晶体干净明亮, 他形—半自形, 晶粒大小 0.05~0.1 mm。阴极射线下发

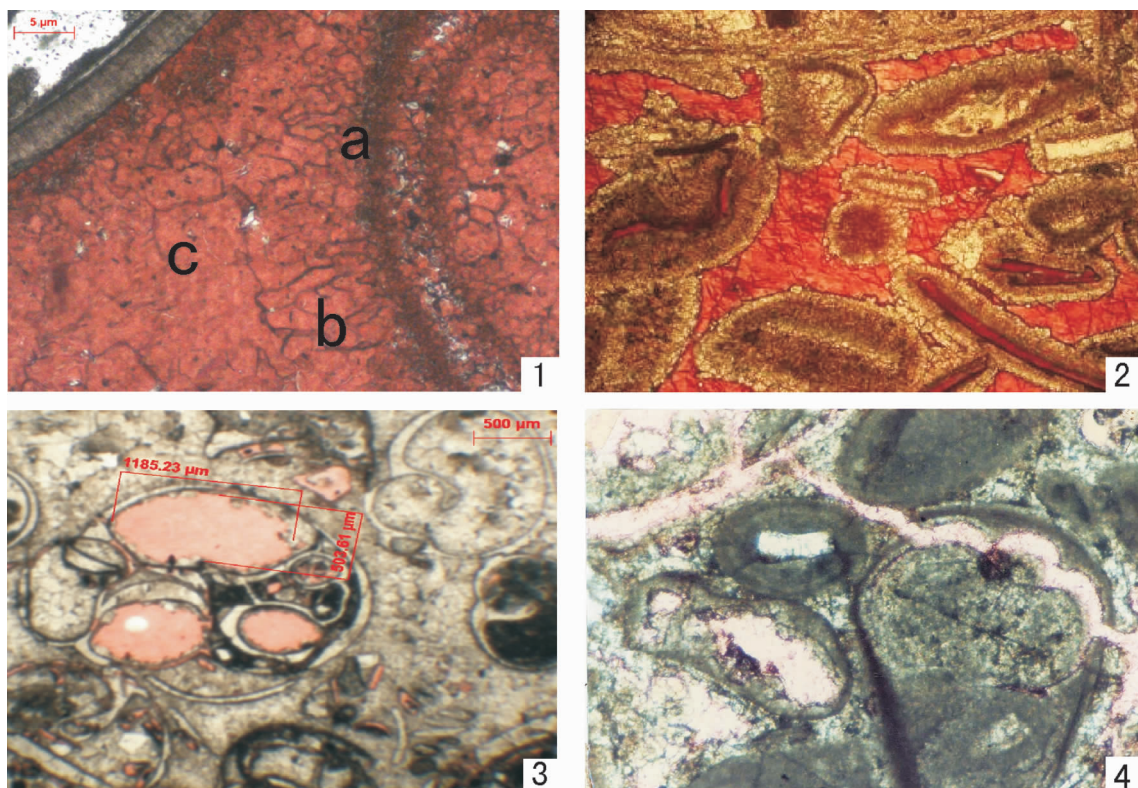


图 2 碳酸盐岩成岩作用微观特征图(照片 1、2 为染色薄片, 照片 3、4 为铸体薄片)

1—云质亮晶生物灰岩中的三期方解石胶结(a、b、c 分别为第一、二、三期), 歧北 11 井, 井深 2618.6 m; 2—云质亮晶生物灰岩中的生物颗粒被压实变形和云化, 第一期胶结物被云化与第二期胶结物呈溶蚀不整合接触, 歧 123 井, 井深 2878.3 m,  $\times 10$ ; 3—腹足(螺)灰岩中的生物体腔孔, 扣 16 井, 井深 2108.1 m; 4—生屑质颗粒灰岩中的粒内溶孔、粒间溶孔和溶蚀扩大缝, 旺 29 井, 井深 2135.05 m,  $\times 80$

Fig.2 Micro-features of carbonate diagenesis (the first and second photos are dyed thin slices, the third and fourth photos are casting thin slices)

1—Three stage calcite cementation in dolomitic calcsparite biolithite (a, b, c respectively represent first, second, third stage), Qibei 11 Well, 2618.6m,  $\times 20$ ; 2—Biological pellets in dolomitic calcsparite biolithite deformed by compaction and dolomitization, the first stage cement with dolomitization shows unconformable contact with the second stage cement, Qi 123 Well, 2878.3m,  $\times 10$ ; 3—Biological dorsal foramen in gastropodous limestone, Kou 16 Well, 2108.1m,  $\times 10$ ; 4—Intragranular dissolved pore, intergranular dissolved pore and corroded expansion seam in bioclastic and granulometric limestone, Wang 29 Well, 2135.05m,  $\times 80$

发光,微量元素  $\text{Na}^+$ 、 $\text{Ba}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$  含量不稳定,低于第一期胶结物, $\text{Sr}^{2+}$  含量高,达 0.4%,铁锰比为 1.7。该期胶结物含量为 10%~15%,充填了大部分剩余的储集空间。

## 2.2 压实、压溶作用

压实作用主要发生于湖底-埋藏阶段,泥晶灰岩中表现明显,孔隙度一般小于 1%,远低于现代碳酸盐灰泥中的原始孔隙度<sup>[6]</sup>;颗粒岩中表现不强,早期原生孔隙中的胶结作用避免了较强压实作用,主要引起颗粒的弯曲变形及破碎(图 2-2),如鲕粒呈椭圆状、长条状、弯曲状。压溶作用主要发生于中-深埋藏阶段,是压实作用的继续和发展,导致颗粒间呈缝合接触和形成大量缝合线,它不仅使孔隙度减少,其压溶产物可迁移至其他孔隙中沉淀下来形成胶结物,从而不利于孔隙的保存,是一种极为明显的破坏性成岩作用。

## 2.3 白云石化作用

通过岩石学特征、X 射线衍射、碳氧同位素和阴极发光分析,笔者认为研究区白云石化发生于同生-准同生成岩阶段,成因有混合水白云石化和回流渗透白云石化。

混合水成因的白云岩主要有鲕粒白云岩、灰质颗粒云岩和云质颗粒灰岩,并伴随出现溶沟、溶缝和铸模孔,主要发生于滨浅湖生物滩和鲕粒滩中。该类白云岩的颗粒常由粉-细晶白云石构成,他形-半自形为主,含一定数量的粘土泥,粒间的第一期马牙状白云石与第二期粉-细晶方解石局部具明显的溶蚀现象(图 2-2)。白云石有序度为 0.415~0.679,平均 0.544;镁钙比 0.66~0.88,平均 0.79,属于低有序度、富钙的白云石。碳同位素值较高,一般为-1.45‰~13.17‰(PDB),平均 4.21‰(PDB);氧同位素较低,一般-16.82‰~-0.73‰(PDB),平均-6.18‰(PDB),具有半咸水和淡水的共同作用特征<sup>[7]</sup>。阴极射线下白云石质的生物、鲕粒和第一期胶结物的发光基本一致,呈暗红-橙黄色光。特征表明云化作用发生在第一期湖底方解石(后转化成白云石)胶结之后和第二期粉-细晶方解石胶结之前,并伴随进行淡水溶解作用,在频繁低级湖平面升降过程中,滩体的顶部短时间出露于水体之上,受到大气淡水和混合水的影响,在湖水为 5%~30%的混合液范围内,发生白云石交代方解石,形成白云岩。

回流渗透成因的白云岩主要由(膏质)泥晶白云

岩、(膏质)生屑白云岩和(膏质)鲕粒白云岩组成,发生于滨浅湖局限洼地之中。形成的白云石多为泥晶结构,有序度和  $\text{CaCO}_3$  摩尔分数较低;碳同位素值较低,氧同位素值较高;微量元素  $\text{Sr}^{2+}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Fe}^{2+}$  含量较高;阴极射线下基本不发光。受滨浅湖生物滩和鲕粒滩的局限作用以及强烈的蒸发作用,地势低洼地带内海水盐度加大,石膏沉淀,高含 Mg 的重盐度湖水向下渗透,盐度的升高有利于碳酸钙的沉淀,从而产生回流渗透白云石化。

总的来说,混合水白云石化导致粒间孔和晶间孔发育,孔隙喉道增大,提高了岩石的有效孔隙度和渗透率;颗粒间第二期、第三期方解石胶结物以及部分白云石化不彻底,为后期溶蚀作用提供了良好的通道条件和物质基础。回流渗透白云石化对储集空间的贡献不大。

## 2.4 溶蚀作用

溶蚀作用也是研究区碳酸盐岩储层内次生孔隙形成的另一重要因素,详细的岩心、薄片观察和地球化学分析表明溶蚀作用发生在同生-准同生期和埋藏期。

同生-准同生期溶蚀作用伴随白云石化作用一起进行,在大气淡水和混和水共同改造下,部分鲕粒滩和生物滩的顶部可见暴露干裂构造、微剥蚀面以及被充填的溶沟、缝和孔(洞);生物灰岩中第二期、第三期方解石胶结物和生物颗粒被选择性溶蚀,形成粒内溶孔和粒间溶孔,导致第三期粒状亮晶方解石与第一期、第二期方解石为溶蚀不整合接触。该期溶蚀作用发生的时间早,强度不大,未造成大规模溶蚀,为岩石提供了 0~10%的粒间扩溶孔。这些孔隙虽被后期粒状亮晶方解石充填后所剩不到 1%,但亮晶方解石的充填又为埋藏期溶蚀作用奠定了良好的基础。

埋藏期溶蚀作用主要发生于中-深埋藏阶段,与有机质热演化过程中释放的有机酸、 $\text{H}_2\text{S}$  和  $\text{CO}_2$  等腐蚀性组分以及暗色泥页岩受压实作用产生的酸性压释水有关<sup>[8-9]</sup>。这些具腐蚀能力的酸性地层水沿早期云化滩体发育部位及岩石中的微裂缝运移时,溶蚀晶间孔、粒间孔、生物体腔孔、鲕粒和构造微缝内不稳定组分<sup>[10]</sup>,如方解石、白云石、石膏和石盐等,形成丰富的晶间溶孔、粒间溶孔、粒内溶孔、生物体腔溶孔、鲕粒圈层间溶孔、铸模孔和溶蚀扩大缝(图 2-3、4)。该期溶蚀作用强度最大,现今存在的储集空间绝大部分是埋藏期溶蚀作用的结果。

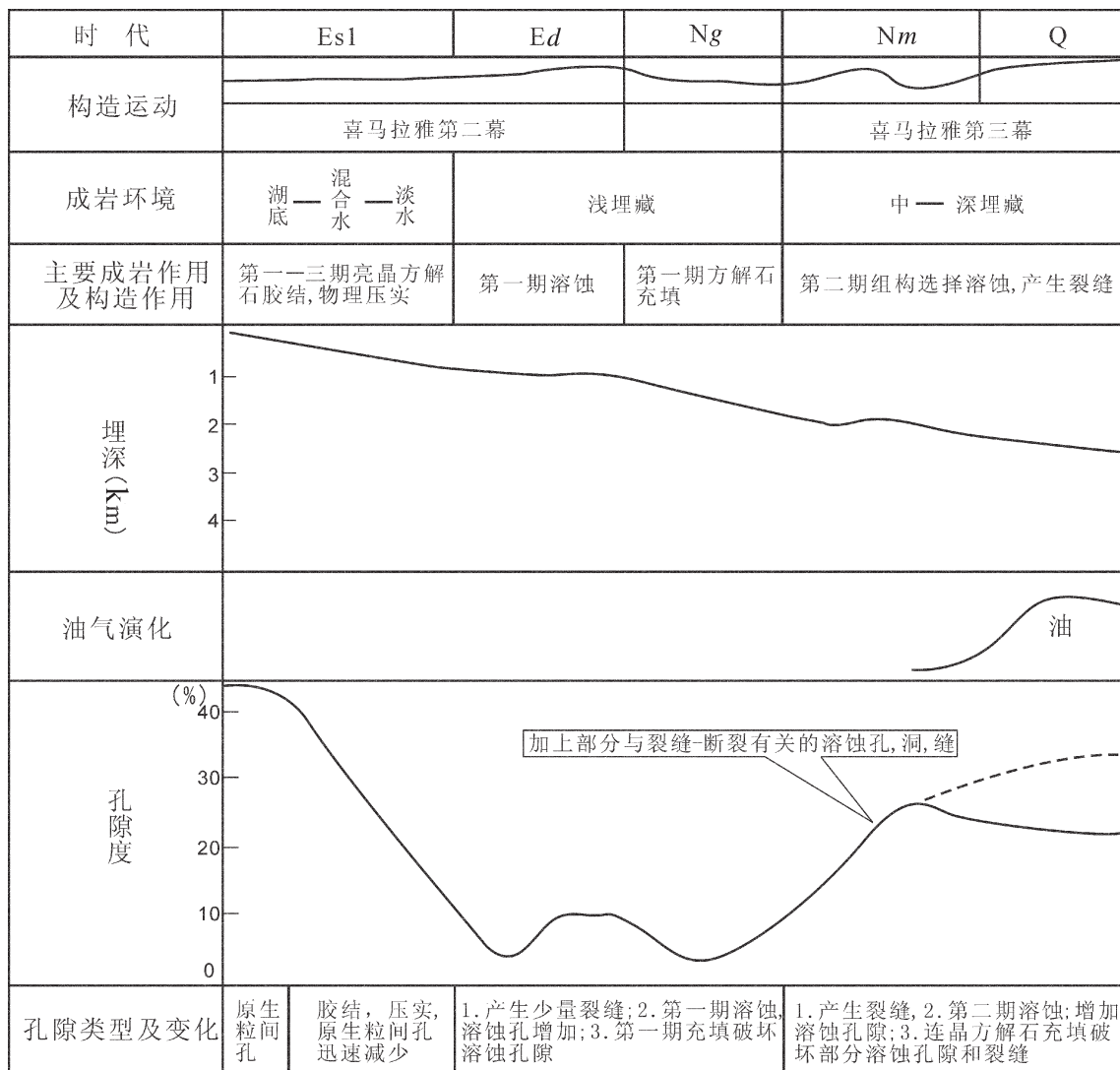
### 3 成岩作用与孔隙演化

在上述成岩作用与储集空间关系研究的基础上,结合前人的研究成果<sup>[1]</sup>,可将成岩作用与孔隙的形成、演化过程分为同生-早成岩阶段和中-晚成岩阶段(图 3)。

#### 3.1 同生-早成岩阶段

研究区沙一段下部颗粒和灰泥沉积物形成时,

发育大量的晶间微孔、原生粒间孔、生物体腔孔和格架孔,孔隙度高达 40%~50%,这些孔隙经历了压实压溶,纤状、马牙状方解石、粉-细晶方解石和细-中晶方解石的胶结等破坏性成岩作用后,原生孔隙度迅速减少,局部仅剩不到 5%的残余粒间孔和缝(据薄片中心胶结孔隙度统计)。随后接受大气淡水和混合水的改造,发生混合水白云石化作用和溶蚀作用,产生大量的晶间孔、粒内溶孔、铸模孔和粒间溶孔,



注:孔隙度一栏中的虚线为推测结果;

Es1-古近纪沙一期; Ed-古近纪东营期; Ng-新近纪馆陶期; Nm-新近纪明化镇期; Q-第四纪

图 3 碳酸盐岩储层“四史”演化综合模式简图

Fig.3 Integrated model for the evolution of the carbonate reservoir at four stages

Note: The dash line in porosity column shows extrapolation result

Es1-1st age of Eogene Shahejie age; Ed-Eogene Dongying age; Ng-Neogene Guantao age; Nm-Neogene Minghua town age; Q-Quaternary

东营期末的区域构造抬升,产生裂缝以及与裂缝相关的溶蚀,最终孔隙度可增至 15%左右。

### 3.2 中—晚成岩阶段

随上覆沉积物的逐渐堆积,在馆陶期发生强烈压实作用和粒状方解石充填作用,孔隙度急剧降低至 5%左右,孔隙以晶间孔和残余粒间孔为主。在明化镇组下段沉积期末与明化镇组上段沉积之前的区域性构造抬升,产生较多裂缝,这些裂缝有利于成岩流体(包括大气淡水、来自烃类转化过程中产生的有机酸、CO<sub>2</sub>溶液、地层压实中产生的酸性水)运移,这些酸性流体有利于溶蚀作用的进行<sup>[4]</sup>,可以选择性地溶蚀亮晶鲕粒灰岩中的鲕核和圈层、生物灰岩中的介形虫和腹足、颗粒间方解石胶结物以及裂缝中充填的石膏或方解石,形成丰富的粒间溶孔、粒内溶孔、鲕粒圈层间溶孔、铸模孔和溶蚀扩大缝,孔隙度增加到 30%左右。这些溶蚀孔隙、构造缝及扩溶缝的一部分能较好地保存下来,局部被粗亮晶方解石充填,有效的储渗空间仅剩 0~20%,构成现今储层的主体。

## 4 结 论

1)成岩作用控制着黄骅坳陷古近系沙一段下部碳酸盐岩储层的储集空间类型及其演化。破坏性成岩作用主要有压实压溶和胶结作用,建设性成岩作用主要有溶解作用和白云石化作用。

2)多期次的方解石和白云石胶结,几乎充填了所有的原生孔隙和大部分次生孔隙。混合水白云石化、同生期—准同生期和埋藏期溶蚀对储层的储集空间贡献最大,产生的晶间孔、晶间溶孔、粒内溶孔、铸模孔、生物体腔孔、粒间溶孔和溶蚀扩大缝成为现今储层的主要储集空间。

3)成岩作用的选择性决定了储层的非均质性。系统研究碳酸盐岩的成岩作用类型、特征及与储集空间的关系,认识储层演化过程,有利于弄清储集空间的展布规律,提高勘探开发效益。

### 参考文献(References):

[1] 苗顺德,李秋芬,欧阳诚.黄骅坳陷古近系层序地层格架特征及模式研究[J].中国地质,2008,35(2):256-263.  
Miao Shunde, Li Qiufen, Ouyang Cheng. Paleogene sequence stratigraphic framework and model in the Huanghua depression [J]. Geology in China, 2008, 35(2):256-263 (in Chinese with English abstract).

[2] 王新海,苏俊青,曹延,等.渤海湾盆地黄骅坳陷滨海 I 号构造原

油的油源研究及意义[J].石油实验地质,2008,30(5):499-502  
Wang Xinhai, Su Junqing, Cao Yan, et al. The oil source and its significance for petroleum exploration in structural belt I in the Huanghua depression, the Bohaiwan Basin [J]. Petroleum Geology & Experiment, 2008, 30(5):499-502 (in Chinese with English abstract).

[3] 王文荣,高印军,冷继川,等.王徐庄油田生物灰岩储集层综合研究[J].石油勘探与开发,2002,29(5):47-49.  
Wang Wenrong, Gao Yinjun, Leng Jichuan, et al. An integrated study on biolithite reservoir in Wangxuzhuang oil field[J]. Petroleum Exploration and Development, 2002, 29(5):47-49 (in Chinese with English abstract).

[4] 蒋志斌,王兴志,曾德铭,等.川西北下二叠统栖霞组有利成岩作用与孔隙演化[J].中国地质,2009,36(1):101-109  
Jiang Zhibin, Wang Xingzhi, Zeng Deming, et al. Favorable Diagenesis and pore evolution in the Xixia Formation in lower Permian in northeastern Sichuan [J]. Geology in China, 2009, 36(1):101-109(in Chinese with English abstract).

[5] Anjos S M C, De Ros L F, De Souza R S, et al. Depositional and diagenetic control on the reservoir quality of Lower Cretaceous Pendencia sandstones, Potiguar rift basin Brazil [J]. AAPG Bulletin, 2000, 84(11):1719-1742.

[6] 强子同.碳酸盐岩储层地质学[M].北京:石油大学出版社,1998:338-340.  
Qiang Zitong. Carbonate Reservoir Geology [M]. Beijing: Petroleum University Press, 1998:338-340(in Chinese with English abstract).

[7] 杨威,魏国齐,金惠,等.川东北飞仙关组鲕滩储层成岩作用和孔隙演化[J].中国地质,2007,34(5):822-828.  
Yang Wei, Wei Guoqi, Jin Hui, et al. Diagenesis and pore evolution of the oolitic shoal reservoir in the Feixianguan Formation in northeastern Sichuan [J]. Geology in China, 2007, 34(5):822-828(in Chinese with English abstract).

[8] Dravis J J. Deep-burial microporosity in Upper Jurassic Haynesville oolitic grainstones, east Texas [J]. Sedimentary Geology, 1989, 63: 325-341.

[9] Dravis J J, Muir I D. Dolomite reservoirs created by burial dolomite dissolution: The Keg River case study, Comet Platform area, Rainbow Basin, NW Alberta [C]//Packard J and Davies G (eds). Dolomites, the Spectrum: Mechanisms, Models, Reservoir Development: Canadian Society of Petroleum Geology Core Conference, CD volume, Calgary, 2004:58.

[10] Mazzullo S J, Harris. Mesogenetic dissolution: Its role in porosity development in carbonate reservoir [J]. AAPG Bulletin, 1992, 76(5):607-620.

[11] 肖丽华,孟元林,牛嘉玉,等.歧口凹陷沙河街组成岩史分析和成岩阶段预测[J].地质科学,2005,40(3):346-362  
Xiao Lihua, Meng Yuanlin, Niu Jiayu, et al. Diagenetic history and diagenetic stages' prediction of Sha He Jie formation in the QiKou sag [J]. Chinese Journal of Geology, 2005, 40(3):346-362 (in Chinese with English abstract).

[12] 朱筱敏, 孙超, 刘成林, 等. 鄂尔多斯盆地苏里格气田储层成岩作用与模拟[J]. 中国地质, 2007, 34(2):276-282  
Zhu Xiaomin, Sun Chao, Liu Chenglin, et al. Reservoir diagenesis

and fluid - rock interaction simulation of the Sulige gas field in the Ordos basin [J]. Geology in China, 2007, 34 (2):276-282(in Chinese with English abstract).

## Diagenesis of carbonate rocks in the lower part of 1st Member of Eogene Shahejie Formation in Huanghua depression

ZENG De-ming<sup>1</sup>, ZHAO Min<sup>2</sup>, SHI Xin<sup>3</sup>, WANG Wei<sup>1</sup>, DU Jiang-min<sup>1</sup>, HOU Zhi<sup>2</sup>

(1. Department of Resource and Environment, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, Sichuan, China;  
2. Dagang Oilfield Company, Tianjin 300280, China; 3. Geological Exploration and Development Research Institute, Sichuan-Changqing Drilling Engineering Company, Chengdu 610051, Sichuan, China)

**Abstract:** There is a set of lacustrine facies carbonate rocks 20-60m in thickness in the lower part of 1st Member of Eogene Shahejie Formation in the Huanghua depression. There exist rich oil and gas resources in biological limestone, oolitic (dolomite) limestone and micrite dolomite, suggesting good exploration prospects. Through macro- and micro- observation of thin sections and rocks from more than 10 wells in combination with geochemical characteristics, the authors made a detailed investigation into diagenetic types and characteristics and examined the relationship between the diagenesis and the evolution of reservoir space. The results show that the diagenetic evolutionary process of carbonate rocks in the lower part of 1st Member of Shahejie Formation was very complex and characterized by a variety of diagenetic types, and that the reservoir quality was obviously affected by the diagenetic process. The compaction and pressure solution action and the multi-stage calcite and dolomite cementation resulted in drastic reduction of intergranular holes, biological coelomopores and framework holes. The mixed water dolomitization and the syngenetic-penecontemporaneous and burial dissolution constitute the keys to the formation of high quality reservoir, with the formation of massive intercrystal pores, intercrystal dissolution pores, intragranular dissolution pores, moldic pores, biological coelomopores, intergranular dissolution pores and corroded fissures, which have now become the main oil and gas accumulation space.

**Key words:** diagenesis; reservoir; reservoir space; lacustrine facies carbonate rocks; lower part of 1st Member of Shahejie Formation; Huanghua depression

---

**About the first author:** ZENG De-ming, male, born in 1978, doctor and lecturer, engages in teaching and research of basic geology and reservoir geology; E-mail: 8203763@qq.com.