

王官屯油田孔店组一段碎屑岩储层特征

王振奇 何贞铭 徐 龙 张昌民 赵明跃

(江汉石油学院地质系, 湖北荆州 434102)

通过岩芯描述和岩芯样品的常规薄片、铸体薄片、扫描电镜、粘土矿物X-衍射分析及铸体薄片图像分析, 王官屯油田孔店组一段枣II、III油组砂岩储层按砂质河道→砂坝→砾质河道→漫流→泥石流沉积的次序物性依次变差。依据孔喉类型与岩石组构间的关系可建立六种相应的储层孔隙结构模式, I、II类储层以颗粒支撑原生粒间孔和胶结物溶蚀孔隙型结构模式为主, III类储层以溶孔-微孔复合型结构为主, IV类储层以充填物微孔型结构模式为主。

关键词 砂岩储层 微观特征 孔隙结构 模式 王官屯油田

第一作者简介 王振奇 男 34岁 讲师 开发地质

王官屯油田地处河北省沧县王官屯乡境内, 属黄骅拗陷孔店构造带的西南端, 处于孔东断裂带两侧, 总面积约70 km²^[1]。孔店组一段埋深主要在1 800~2 500 m间, 具多种类型的陆相沉积砂体, 主要为冲积扇-滨浅湖(膏盐湖)环境。其中冲积扇环境包括辫状河道及河道间等沉积; 滨浅湖环境中包括滨岸砂坝, 滨岸席状砂、膏盐湖等沉积。

1 储层

储层的各种属性及其非均质性之间有着千丝万缕的内在联系, 通过沉积相分析和成岩演化史的分析, 可得到成因上的解释及规律性的认识^[2]。

1.1 微相特征

不同沉积微相反映了岩性垂向上的不同组合关系及沉积结构单元的差异。不同沉积方式的沉积物其储集性不同, 层内非均质性基本特征存在较大差异^[3]。

1.1.1 泥石流沉积

主要由混杂堆积的基质支撑砾岩组成, 分选、磨圆较差, 物性差, 渗透率值很小(图1-A)。

1.1.2 漫流沉积

岩性以粉砂岩、泥质粉砂岩、粉砂质泥岩为主, 粒度较细, 渗透率较低, 储集性能较差(图1-D)。

1.1.3 扇中砂质辫状河道沉积

主要为垂向加积, 以粗中细砂岩为主, 向上变为红色泥岩, 无粒序规律性, 渗透率呈现纵向上高低交互变化的特征, 高渗透率值一般位于砂体中下部, 向上变小(图1-B)。

1. 1. 4 扇中砾质辫状河道沉积

岩性组合与上相似, 只是砾石成分增多, 反映近物源的沉积特点。由于分选差、泥质含量较高, 其渗透率较低, 物性较砂质辫状河道沉积要差(图 1-C)。

1. 1. 5 滨岸砂坝沉积

具反韵律特点, 渗透率向上明显增高, 以顶部最高(图 1-E)。

综上所述, 孔店组一段砂岩储层由砂质河道→砂坝→砾质河道→漫流→泥石流沉积, 物性依次变差。

1. 2 微观特征

砂岩储层的微观非均质性研究主要在于揭示砂岩的孔隙特征、粘土矿物和孔喉分布特征等^[4]。

1. 2. 1 孔隙特征

孔店组一段碎屑岩储层目前所处的成岩阶段主要为晚成岩的 A 亚期^[5], 所经受的成岩作用主要有压实作用、胶结作用、溶解作用。有效储集空间的孔隙类型主要有原生残余粒间孔、粒间溶孔等。有效孔隙度介于 12.3%~28%, 平均值为 21.5%, 渗透率介于 $0.2 \times 10^{-3} \sim 3\,600 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 间, 变化较大。主要是因为: (1) 砂岩储层中的泥质含量和碳酸盐胶结物含量差异较大, 泥质含量高的砂岩或局部因缺少抗压实基质, 孔隙在压实过程中迅速减少, 而碳酸盐含量高的砂岩或局部, 由于早期碳酸盐胶结物的支撑作用, 使压实作用减弱, 孔隙损失相对较少^[6]; (2) 不同砂体或同一砂体的不同部位其溶蚀程度存在较大差异^[7, 8, 9]。

1. 2. 2 孔喉分布特征

通过铸体薄片图像分析, 孔一段枣 II, III 油组储集砂岩面孔率介于 36.09%~4.95% 间, 平均为 18.73%; 孔隙直径介于 632~3.81 μm 间, 平均孔隙直径为 93.4 μm ; 喉道直径介于 151.25~1.31 μm 间, 平均喉道直径为 24.27 μm , 孔隙分选系数介于 1.312~0.462, 平均为 0.7; 平均孔喉直径比为 3.995; 孔隙配位介于 8~0 间, 大部分介于 1~3 间。

从压汞资料所反映的孔隙结构特征参数来看, 研究层段的储集砂岩其毛管压力曲线大多呈略偏粗或偏细歪度; 孔喉分选较差, 曲线大多呈斜状, 平台段较短, 反映最大连通孔喉的集中

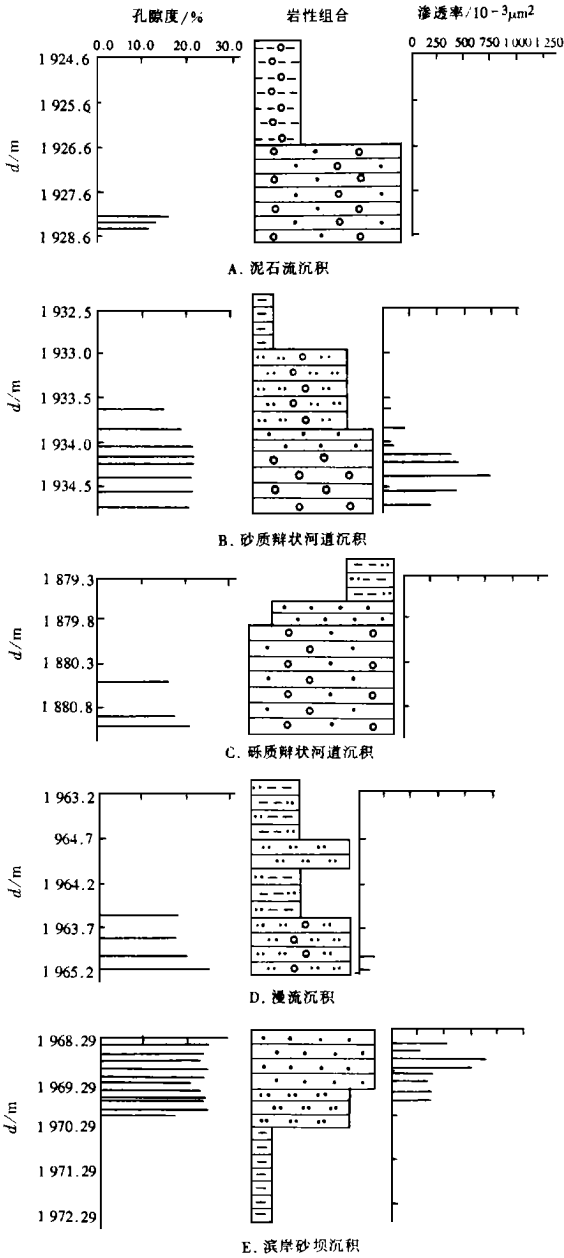


图 1 不同微相岩石组合及物性特征

程度不高, 岩石孔隙结构不均匀(图2)。本区 I 类储层(中高渗透层) 渗透率大于 $500 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 者约占 25%; II 类储层(中渗透层) 渗透率介于 $500 \times 10^{-3} \sim 100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 间者约占

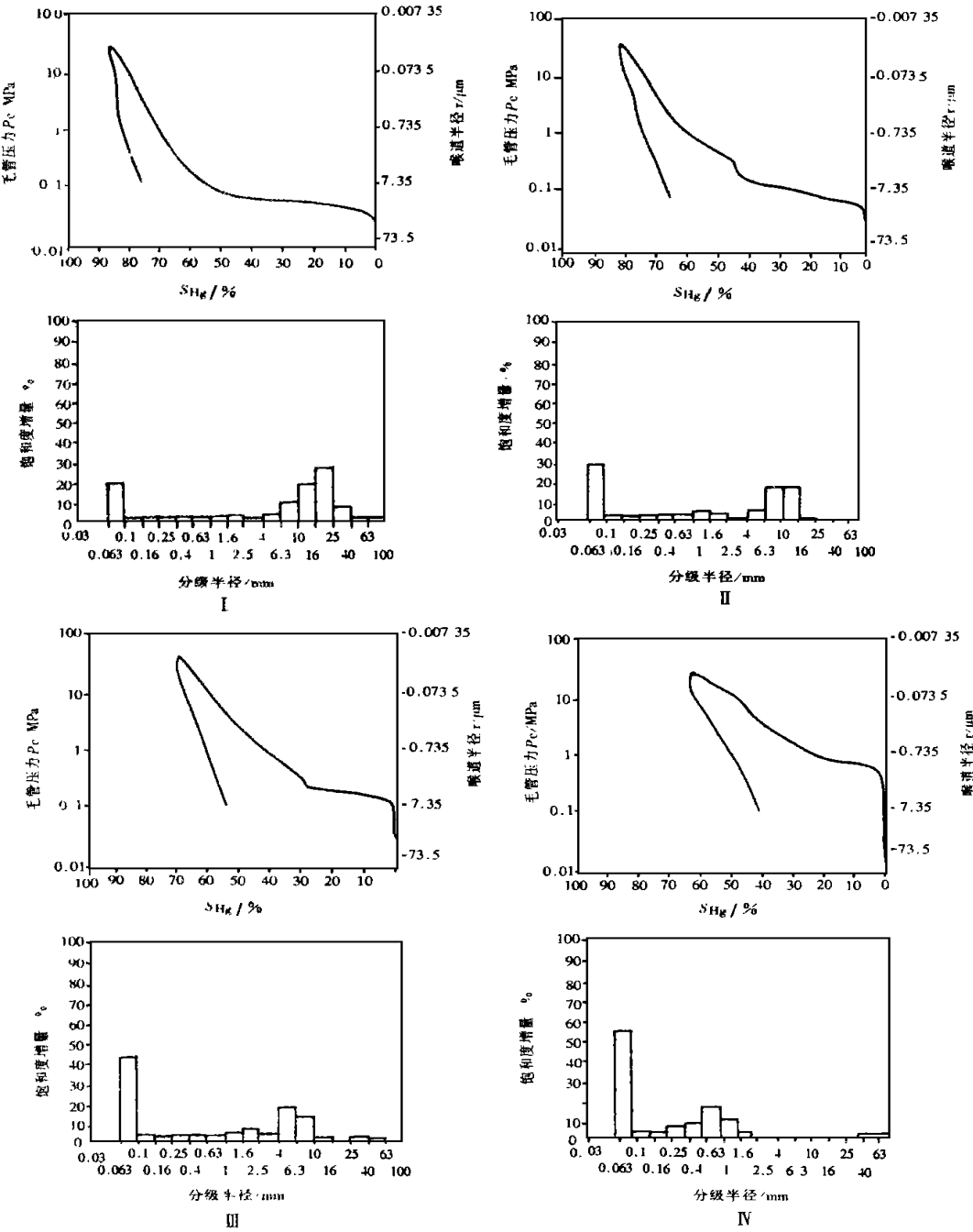


图 2 各类储层毛管压力曲线及孔喉分布直方图

19%; II 类储层(低渗透层) 渗透率介于 $100 \times 10^{-3} \sim 10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 间者约占 37%; IV 类储层(特低渗透层) 渗透率小于 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 者约占 19%。

据扫描电镜及铸体薄片镜下观察,填隙物成分主要为泥质、钙质及少量的硅质。在泥质及钙质填隙物较多的部位,管束状喉道较发育;在填隙物含量较少的部位,发育孔隙缩小型或缩颈型喉道;机械压实程度较强或自生加大程度较高,则发育片状喉道。由于填隙物分布的不均质性,机械压实作用的差异性、自生加大的局限性,常常在薄片可见多种类型的喉道共存。

尽管研究层段的微观非均质性较强,但不同类型的储层在孔隙和喉道组合类型上仍有一定的规律可循。I、II类储层,以原生粒间孔隙型或次生粒间溶蚀孔隙型组合为主,微孔隙不发育,喉道以孔隙缩小或缩颈为主,常出现于埋深小于2 000 m的冲积扇河道砂体中,或埋深大于2 000 m溶解作用强烈的冲积扇河道砂体中。II类储层,孔隙类型以粒间溶孔和微孔组合为主,喉道类型以片状喉和管束状喉道组合为主,常见于埋深大于2 000 m的冲积扇河道间沉积砂体中。IV类储层孔隙类型以杂基内和晶间微孔隙为主,喉道类型以管束状喉道和片状喉道组合为主,常见于泥石流或漫流沉积砂体中。

1.2.3 粘土矿物特征

据扫描电镜及X-衍射资料,研究层段储层中粘土矿物类型主要为蒙脱石、伊利石、绿泥石、高岭石及伊蒙混层粘土矿物,按其成因可归纳为如下几种:(1)随陆源碎屑颗粒同时沉积下来的杂基;(2)云母及泥岩岩屑等碎屑组粘土矿物;(3)由长石、火成岩屑等蚀变而成的蚀变粘土矿物;(4)自生粘土矿物。其中(1),(4)为粘土矿物的主要成因类型。

据薄片成分统计,不同的岩石类型及不同储层类型其粘土矿物含量有一定的差异。官80断块粘土矿物含量一般为2%~15%,平均为4.7%;官1、官63等断块粘土矿物含量一般为1%~22%,平均为5%。扫描电镜下观察,粘土矿物主要以充填式、衬垫式和搭桥式三种产状分布于砂岩中。与碎屑颗粒同时沉积的粘土矿物主要以充填式分布于粒间,伊利石大多呈弯曲片状或蜂窝状集合体,以搭桥式分布于粒间或以衬垫式分布于颗粒表面;蒙脱石和伊/蒙混层矿物一般呈波状或棉絮状分布于粒表和粒间;高岭石多呈书页状或蠕虫状充填于粒间;绿泥石一般呈叶片状或花朵状以衬垫式分布于颗粒表面。

粘土矿物的含量、类型、分布产状,对砂岩储层的物性影响较大。镜下常见同一样品、同一薄片小局部粘土矿物的丰度有一定的差异,粘土矿物的类型及分布产状也不同,这些都严重地影响了储层的均质性。

随着埋深的增加,蒙脱石的含量逐渐减少,伊利石、绿泥石的含量则相对增加。

官80断块自生粘土矿物中高岭石含量相对较高,绿泥石含量很低;官1、官63等断块则相反,高岭石含量相对较低,伊利石、绿泥石等粘土矿物相对含量较高。

2 孔隙结构模式

孔隙结构模式就是孔、喉类型及其分布与岩石组构之间的关系。王官屯油田孔店组一段枣II、III油组储集砂岩孔隙结构特征总结出以下几种类型。

2.1 颗粒支撑原生粒间孔隙型

呈接触式胶结,以正常粒间孔和残余粒间孔为主,溶孔不发育,填隙物的含量一般低于10%,微孔隙也不发育,喉道以孔隙缩小型或缩颈型为主,孔隙度一般大于15%,渗透率一般大于 $100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,储集性能较好(图3-a)。

2.2 胶结物溶解溶蚀孔隙型

接触式胶结为主,孔隙以次生粒间溶孔为主,尚见有部分其它类型的溶孔如粒内溶孔、铸

模孔等; 喉道以缩颈或片状喉为主, 孔隙度一般大于 20%, 渗透率常大于 $500 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 为高中孔, 高-中渗储层(图 3-b)。

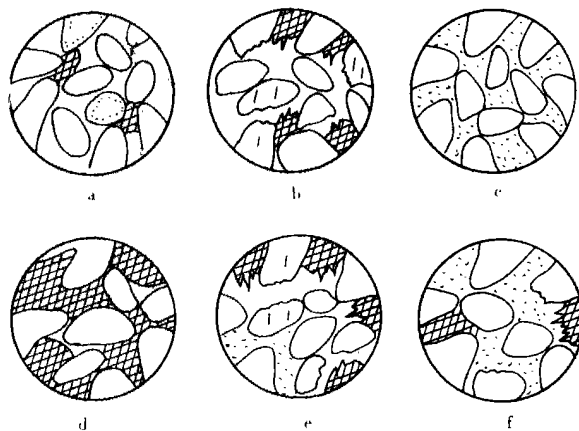


图3 王官屯油田枣II、III油组碎屑岩储层孔隙结构模式图

渗透率一般小于 $100 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 常见于特低渗储层中(图 3-d)。

2.4 溶孔-微孔复合型

此类孔隙结构模式常见喉道类型为片状及管束状喉道, 孔隙度一般小于 20%, 渗透率介于 $100 \times 10^{-3} \sim 500 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 间, 属中孔中渗储层, 可划分为:

2.4.1 溶孔-微孔型

孔隙以粒间溶孔为主, 相对丰度大于 50%, 其次为泥质及碳酸盐胶结物晶间微孔, 其它孔隙类型也较为常见, 主要见于泥质含量较高(一般为 10%~15%)、碳酸盐胶结物溶解不彻底的砂岩中(图 3-e)。

2.4.2 微孔-溶孔型

孔隙以微孔为主, 相对丰度大于 50%, 其次为粒间溶孔及其它类型的孔隙, 常见于泥质含量和碳酸盐胶结物含量较高, 溶解作用不甚发育, 或溶解作用发育, 但碳酸盐胶结物含量很低而泥质含量较高的砂岩中(图 3-f)。

研究表明, 孔店组一段I、II类储层以颗粒支撑原生粒间孔隙型和胶结物溶蚀孔隙型结构模式为主, II类储层以溶孔-微孔复合型结构模式为主, IV类储层则以填隙物充填微孔隙型结构模式为主。

3 结论

(1) 孔店组一段砂岩储层由砂质河道→滨岸砂坝→砾质河道→漫流→泥石流沉积, 物性依次变差。

(2) 孔店组一段枣II、II油组的孔隙结构模式共有六种类型, I、II类储层以颗粒支撑原生粒间孔型和胶结物溶蚀孔隙型结构模式为主, II类储层以溶孔-微孔复合型孔隙结构模式为主, IV类储层以填隙物充填微孔隙型结构模式为主。

致谢: 感谢贺自爱教授级高工审阅本文并提出许多宝贵的意见。

2.3 填隙物充填微孔隙型

2.3.1 泥质充填微孔隙型

泥质填隙物含量高, 一般大于 15%, 机械压实作用强烈, 泥质呈孔隙式或基底式胶结, 孔隙类型以粘土杂基及自生粘土矿物晶间微孔为主, 其它类型孔隙少见, 喉道以管束状为主, 孔隙度一般小于 20%, 渗透率一般小于 $10 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 常见于特低渗透层中(图 3-c)。

2.3.2 碳酸盐胶结微孔隙型

碳酸盐胶结物含量较高, 一般大于 15%, 孔隙式胶结或基底式胶结, 以胶结物晶间微孔为主, 局部可见溶解形成的次生孔隙, 以片状或管束状喉道为主, 孔隙度一般小于 15%,

参 考 文 献

1 大港油田石油地质志编辑委员会. 中国石油地质志(卷四). 北京: 石油工业出版社, 1991. 367~ 374

2 裘亦楠. 石油开发地质方法论(三). 石油勘探与开发, 1996, 23(4): 42~ 45

3 裘亦楠, 许仕策, 肖敬修. 沉积方式与碎屑岩储层的层内非均质性. 石油学报, 1985, 6(1): 41~ 49

4 王伟锋, 林承焰, 蔡忠. 大港枣园油田枣北孔店组砂岩储层微观非均质性与改善开发效果分析. 地质论评, 1993, 39(4): 302~ 307

5 王振奇, 徐龙, 何贞铭等. 黄骠坳陷官 80 断块枣 II, III 油组碎屑岩储层成岩作用研究. 见: 郭甲世, 徐龙, 王振奇编. 油藏描述论文集. 西安: 西北大学出版社, 1996. 91~ 99

6 薛莲花, 史基安, 晋慧娟. 辽河盆地沙河街组砂岩中碳酸盐胶结作用对孔隙演化控制机理研究. 沉积学报, 1996, 14(2): 102~ 108

7 Sundam R C, Crossey L J, Hagen E S. Organic-inorganic interactions and sandstone diagenesis, AAPG Bulletin, 1989, 73(1): 1~ 23

8 Sullivan K B, McBride E F. Diagenesis of sandstones at shale contacts and diagenetic heterogeneity, Frio Formation, Texas. AAPG Bulletin, 1991, 75(1): 121~ 138

9 Moraes M A S. Diagenesis and microscopic heterogeneity of lacustrine deltaic and turbiditic sandstone reservoirs(Lower Cretaceous), Potiguar Basin, Brazil. AAPG Bulletin, 1991, 75(11): 1 758~ 1 771

RESERVOIR CHARACTERS OF CLASTIC ROCKS FROM FIRST
MEMBER OF KONGDIAN FORMATION,
WANGGUANTUN OIL FIELD

Wang Zhenqi He Zhenmin Xu Long Zhang Changmin Zhao Mingyue
(Jiangnan Petroleum Institute, Jingzhou, Hubei)

Abstract

According to the description of cores, conventional thin sections, injecting thin sections, SEM observation, X-ray analysis of clay minerals and pattern analysis of pore structure, it is found that the heterogeneity and physical property of the sandy river bed, sandbar deposit, conglomeratic river bed, floodplain deposit and debris flow deposit gradully increase and vary worse and wores. Based on the relationship between pore-throat types and rock fabric, six types of reservoir pore structure models could be established. The pore structure models of type I and type II reservoirs are mainly primary intergranular pore and solution pore types; that of type III are solution pore-micropore types; that of type IV is interstitial material micropore type.