

文章编号:1673-8217(2014)02-0035-04

# 四川盆地剑阁-九龙山地区 下三叠统飞仙关组鲕滩储层特征

王智慧<sup>1</sup>,秦培铭<sup>2</sup>,袁梓钧<sup>3</sup>(1.西南石油大学油气藏地质及开发工程国家重点实验室,四川成都 610500;  
2.中国石化中原油田普光分公司采气厂;3.中国石油塔里木油田分公司天然气事业部)

**摘要:**根据钻孔岩心、野外露头和测录井资料对四川盆地西北部剑阁-九龙山地区飞仙关组鲕滩储层特征进行了研究,结果表明,主要储集岩类为残余颗粒云岩、细-粉晶云岩和鲕粒灰岩,储集空间以(扩溶)残余粒间孔、晶间(溶)孔为主,裂缝少见;储集层孔隙喉道以缩颈喉道、片状喉道为主,孔喉配置以残余粒间孔和管状喉道、片状喉道的组合最好;储集层物性特征总体表现为中孔中渗,局部存在高孔高渗层。储集层类型为裂缝-孔隙型、孔隙-裂缝型两种,优质储层以裂缝-孔隙型为主,飞一段鲕粒云岩储层主要为“中孔中渗”和“高孔中渗”,储集性能较好。

**关键词:**四川盆地;剑阁-九龙山地区;飞仙关组;储层特征;鲕粒滩

**中图分类号:**TE112

**文献标识码:**A

下三叠统飞仙关组鲕滩气藏是近年来四川盆地碳酸盐岩天然气勘探取得重大突破的领域,已发现罗家寨、渡口河、铁山坡、普光、龙岗、元坝等大中型气藏<sup>[1]</sup>。从当前勘探现状来看,处于“环开江-梁平陆棚”西侧的元坝、龙岗地区鲕滩储层物性、规模均弱于陆棚东侧普光等地<sup>[2]</sup>。然而,川西北江油鱼洞梁地区飞仙关组优质鲕粒白云岩的发现似乎预示着陆棚西侧仍然存在物性良好、规模较大的优质鲕滩储集岩<sup>[3]</sup>。随后,川西北剑阁-九龙山地区龙岗68井下三叠统飞仙组鲕粒白云岩中成功获得气流进一步展现了“环开江-梁平陆棚”西侧鲕滩储层的勘探潜力。飞仙关组天然气勘探的核心是寻找优质鲕滩储层<sup>[4]</sup>,对鲕滩储层特征的深入分析是开展储层预测工作的前提和基础。

## 1 研究区概况

研究区位于四川盆地西北部剑阁-九龙山地区,构造位置处于上扬子地台北缘米仓山山前断褶构造带、龙门山推覆构造带与梓潼向斜的接合部。研究区下三叠统飞仙关组地层发育齐全,根据野外露头、岩电测井曲线旋回、岩心及薄片资料由下至上划分为飞一段、飞二段、飞三段、飞四段。鲕滩储层主要发育于飞一段和飞二段。其中,飞一段以鲕粒云岩储层为主,飞二段则以鲕粒灰岩储层为主。前人研究认为,研究区处于晚二叠世-早三叠世长兴-飞仙关期“槽台”沉积体系西部,飞仙关期发育局

限-蒸发台地沉积,进一步划分出海槽相、台地边缘相、开阔台地相、局限台地相、蒸发台地相<sup>[5]</sup>。鲕滩微相多发育在台地边缘相、开阔台地相中,台地边缘鲕滩储层储集性能一般好于台地内部鲕滩储层<sup>[6]</sup>。

## 2 储层特征

### 2.1 主要储集岩类

鲕粒灰岩:鲕粒含量为50%~83%,鲕径0.4~1.0 mm不等,发育2~3期亮晶白云石或方解石胶结,胶结物含量18%~25%,以粒内溶孔和铸模孔为主。

残余鲕粒白云岩:鲕粒灰岩发生白云石化作用而成,见鲕粒幻影,鲕径0.6~1.4 mm不等,以残余粒间孔、粒内溶孔为主,粒内溶孔内发育示顶底构造。

细-粉晶白云岩:细-粉晶云岩为晶粒碳酸盐岩,多为颗粒灰岩发生强烈的白云石化作用而成,原始沉积组构难以辨认。晶粒半自形~它形,粒径约0.2~0.3 mm,以晶间(溶)孔为主。

### 2.2 储集空间类型

残余粒间孔:颗粒间的原始孔隙经后期成岩改造(压实、胶结充填等)后仍被保留下来的部分。残

收稿日期:2013-11-28

作者简介:王智慧,1988年出生,西南石油大学矿物学岩石学矿床学专业在读硕士研究生。

余鲕粒云岩中大量发育该类孔隙。

**粒内溶孔及铸模孔:**多为早期大气淡水选择性溶解鲕粒内部所形成的孔隙,当颗粒的外部轮廓保存较好时,则称为铸模孔。粒内溶孔一般直径较小,本身连通性较差,需要有后期裂缝或(溶扩)残余粒间孔与外界连通。

**晶间孔和晶间溶孔:**晶间孔主要发育在细-粉晶云岩中,孔隙呈规则的三角状,若部分发生溶蚀则形成晶间溶孔。

### 2.3 孔隙结构

研究区飞仙关组鲕粒滩储层喉道类型以缩颈喉道和片状喉道为主,前者主要发育于残余鲕粒云岩中,后者主要发育于细-粉晶白云岩中。

**缩颈喉道:**孔隙缩小部分形成喉道。孔隙与喉道无明显界线,扩大部分为孔隙,缩小部分为喉道,孔隙与喉道相比,其直径相差不大,喉道宽度一般大于  $10\ \mu\text{m}$ 。

**片状喉道:**多为白云石晶面之间形成的喉道,连接晶粒间的多面体或四面体孔隙或白云石半充填的粒间孔隙。喉道宽度一般在  $10\ \mu\text{m}$  以下,呈片状或楔状。

根据铸体薄片资料,研究区飞仙关组鲕粒滩储层主要存在三种孔喉配置关系:孤立铸模孔、粒内溶孔和微裂缝,残余粒间孔和管状喉道、片状喉道,铸模孔和片状喉道。第一种出现于鲕粒灰岩中,后两种出现于鲕粒云岩中。三种配置关系中以残余粒间孔和管状喉道、片状喉道的组合最好,铸模孔和片状喉道的组合次之,孤立铸模孔、粒内溶孔和微裂缝的组合最差。

### 2.4 储层物性特征

通过研究区4口井和1个剖面269个岩心样品的孔渗数据统计,发现飞仙关组储层取心样品孔隙度在  $0.1\% \sim 20.0\%$  之间,平均值为  $2.32\%$ ;渗透率在  $(0 \sim 8.52) \times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$  之间,平均值为  $0.276 \times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$ 。其中,孔隙度  $> 2\%$ 、渗透率  $> 0.01 \times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$  的样品点孔、渗频率分布特征为:①多数样品点孔隙度  $< 6\%$ ,但孔隙度  $> 6\%$  的高孔样品仍占一定比例(图1A)。②样品渗透率主要分布在  $(0.01 \sim 0.10) \times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$  区间内,大于  $0.1 \times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$  占有一定比例(图1B)。由此可见,研究区飞仙关组鲕粒滩储层总体上属于低孔中渗型,局部存在高孔高渗层段。

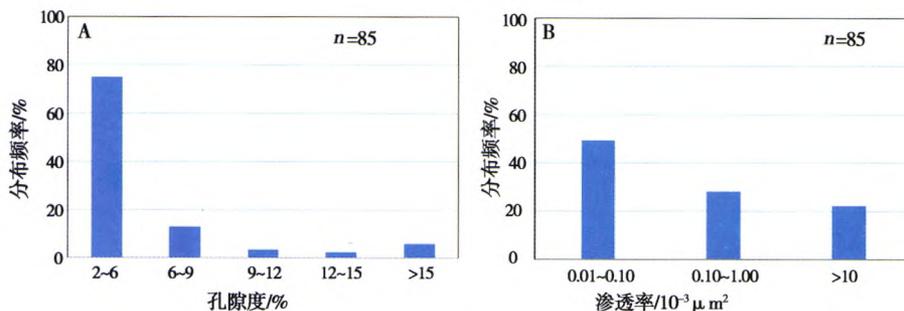


图1 研究区飞仙关组储层( $\phi > 2\%$ ,  $K > 0.01\%$ )物性频率分布直方图

### 2.5 储层测井响应特征

研究区飞仙关组鲕粒滩储层测井响应特征为“两高三低”:高中子孔隙度、高声波时差、低自然伽马、低深浅电阻率、低补偿密度(图2、图3)。鲕粒云岩储层的自然伽马值一般小于15API(图3),比鲕粒灰岩储层自然伽马值略低(图2)。

## 3 储层类型

利用研究区飞仙关组269个岩心样品物性数据,并标示数据点来源,进行孔渗相关性分析(图4)发现:①龙岗63、龙16等井的飞二段鲕粒灰岩层段样品点多在斜率最大的蓝色实线附近,孔隙度  $0 \sim 2\%$ ,渗透率  $(0.001 \sim 30) \times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$ ,表现为“低孔高渗”的特征;少数散点分布在斜率次小的蓝色虚线

附近,孔隙度  $3\% \sim 18\%$ ,渗透率  $(0.01 \sim 1.00) \times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$ ,表现为“中孔低渗”的特征。②龙岗68井飞一段鲕粒云岩样品点集中分布在斜率次大的橙色线条附近,孔隙度  $2\% \sim 8\%$ ,渗透率  $(0.001 \sim 10) \times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$ ,表现为“中孔中渗”的特征。③鱼洞梁剖面鲕粒云岩样品点集中分布在斜率最小的绿色线条附近,孔隙度  $2\% \sim 20\%$ ,渗透率  $(0.01 \sim 0.1) \times 10^{-3}\ \mu\text{m}^2$ ,表现为“高孔低渗”的特征。

不同储集岩类的孔喉配置造成样品点分布特征的不同。偏光显微镜下龙岗63井、龙16井飞二段鲕粒灰岩孔隙以孤立铸模孔为主,缺少裂缝连通的情况下则表现为“高孔低渗”的特征,而裂缝发育的致密灰岩层段则为“低孔高渗”的特征。龙岗68井飞一段鲕粒白云岩发育残余粒间孔,孔喉配置好,

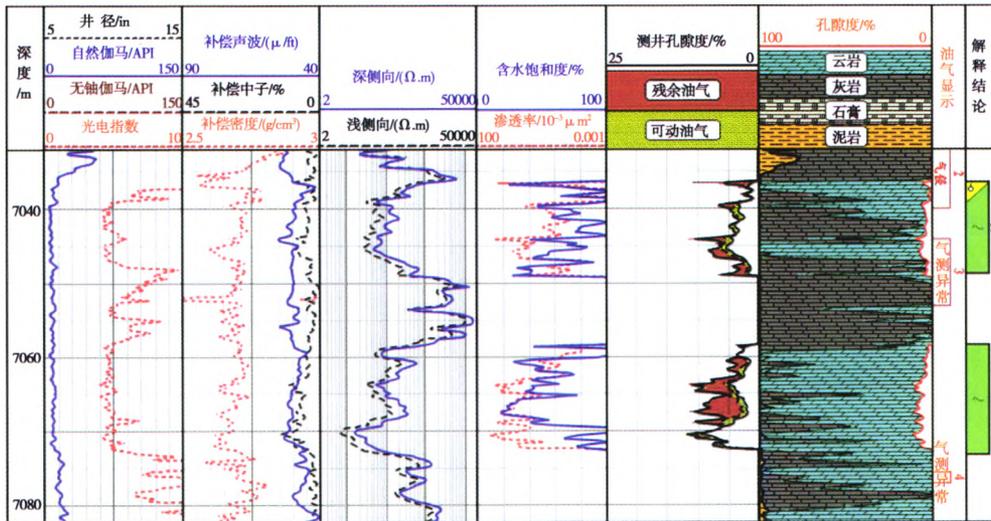


图2 研究区飞仙关组储层典型测井响应特征(鲕粒灰岩层段, 龙104井)

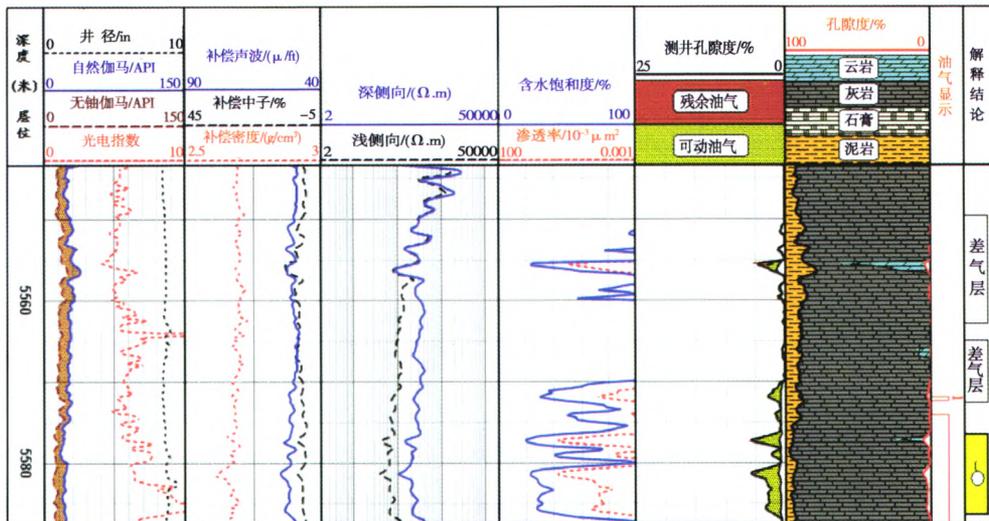


图3 研究区飞仙关组储层典型测井响应特征(鲕粒云岩层段, 龙岗68井)

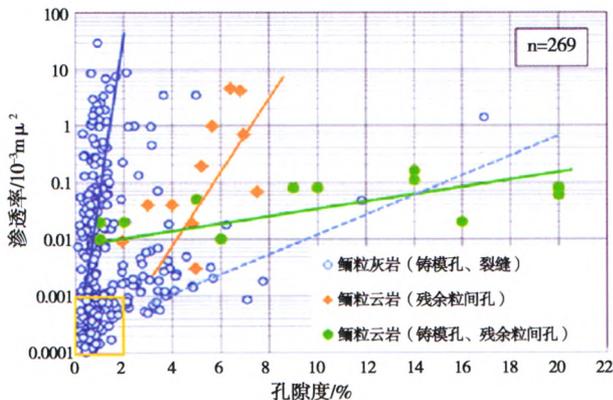


图4 研究区飞仙关组岩心孔隙度与渗透率散点图

表现为“中孔中渗”的特征。鱼洞梁剖面飞一段鲕粒白云岩发育铸模孔、残余粒间孔,以铸模孔为主,表现为“低孔中渗”的特征。

因此,将研究区飞仙关组鲕滩储层划分为裂缝

- 孔隙型储层和孔隙-裂缝型储层,以裂缝-孔隙型储层为主。

孔隙-裂缝型:孔隙-裂缝型储层具有“低孔高渗”的孔渗分布特征,散点分布趋势线几乎笔直(图4),表现为异常高渗。从现有取心资料来看,本区飞仙关组孔隙-裂缝型储层主要分布于各井飞二段鲕粒灰岩中。鲕粒灰岩粒内溶孔层段一般厚度较薄,分布不集中,其余层段由于早期胶结而岩性致密。后期构造运动可以将其改造为裂缝型储层。龙岗63、龙岗62、剑门1井飞一段颗粒滩不发育,但存在储层测井响应,推测同样为孔隙-裂缝型储层。这类储层储集空间欠发育,但渗透性能极佳,因此产能衰减很快,难以成为优质储层。

裂缝-孔隙型:该类储层散点孔渗相关性一般较好,不易出现异常高渗。如前文所述,本区裂缝-

孔隙型储层存在“高孔低渗”(龙岗 63 等井飞二段铸模孔鲕粒灰岩)、“中孔中渗”(龙岗 68 井飞一段残余粒间孔鲕粒云岩)、“高孔中渗”(鱼洞梁飞一段铸模孔、残余粒间孔鲕粒云岩)三种类型,但不管怎样均是以孔隙型储层特征占优。由于其孔渗配置合理、孔隙度较高,因此也是本区飞仙关组储层的主体。该类储层不同层位的孔渗规律也不尽相同,飞一段鲕粒云岩储层主要为“中孔中渗”和“高孔中渗”,储集性能较好。而飞二段鲕粒灰岩储层则为“高孔低渗”,储集性能相对较差。

#### 4 结论

(1)研究区飞仙关组储集岩类主要为残余颗粒云岩、细-粉晶云岩和鲕粒灰岩,储集空间以(扩溶)残余粒间孔、晶间(溶)孔为主,裂缝少见。

(2)储集层孔隙喉道以缩颈喉道、片状喉道为主,孔喉配置以残余粒间孔和管状喉道、片状喉道的组合最好,铸模孔和片状喉道的组合次之,孤立铸模孔、粒内溶孔和微裂缝的组合最差。储集层物性特征总体表现为低孔中渗,局部存在高孔高渗层。研究区飞仙关组鲕粒滩储层测井响应特征为“两高三低”:高中子孔隙度、高声波时差、低自然伽马、低深浅电阻率、低补偿密度。

(3)储集层类型为裂缝-孔隙型、孔隙-裂缝型

两种,以裂缝-孔隙型为主,飞一段鲕粒云岩储层主要为“中孔中渗”和“高孔中渗”,储集性能较好。而飞二段鲕粒灰岩储层则为“高孔低渗”,储集性能相对较差。

#### 参考文献

[1] 杨晓萍,赵文智,曹宏,等.川东北三叠系飞仙关组鲕粒滩气藏有利储集层的形成与分布[J].石油勘探与开发,2006,33(1):17-21.

[2] 郭彤楼.元坝气田长兴组储层特征与形成主控因素研究[J].岩石学报,2011,27(8):2381-2391.

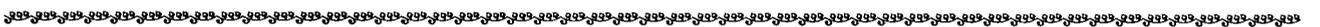
[3] 荣辉,焦养泉,吴立群,等.江油二郎庙鱼洞子剖面飞仙关组鲕粒滩内部构成[J].地球科学(中国地质大学学报),2010,35(1):125-136.

[4] 罗冰,谭秀成,刘宏,等.蜀南地区飞仙关组鲕粒滩储层成因机制分析[J].沉积学报,2009,27(3):404-409.

[5] 魏国齐,陈更生,杨威,等.川北下三叠统飞仙关组“槽台”沉积体系及演化[J].沉积学报,2004,22(2):254-260.

[6] 李凌,谭秀成,丁熊,等.四川盆地雷口坡组台内滩与台缘滩沉积特征差异及对储层的控制[J].石油学报,2011,32(1):70-76.

编辑:李金华



(上接第 34 页)

[1] 李日俊,杨海军,张光亚,等.重新划分塔里木盆地塔北隆起的次级构造单元[J].岩石学报,2012,28(8):2466-2478.

[2] 罗春树,杨金华,李江海,等.塔里木盆地塔北隆起西段中生界圈闭新认识与勘探思路[J].石油地球物理勘探,2007,42(2):226-229.

[3] 刘少治,孙国忠,熊冉.塔里木盆地志留系油气成藏主控因素及勘探方向[J].石油地质与工程,2013,27(2):4-8.

[4] 孙龙德.塔里木含油气盆地沉积学研究进展[J].沉积学报,2004,22(3):408-416.

[5] 高长海,张新征,林玉.不整合对油气藏的破坏作用[J].石油地质与工程,2010,26(2):25-28.

[6] 刘景彦,林畅松,李喜臣,等.库车坳陷古近系库姆格列木组高精度层序地层分析及其油气勘探意义[J].地球学报,2003,24(5):429-434.

[7] 蔡振忠,张丽娟,林畅松,等.库车坳陷却勒-羊塔井区库姆格列木群底砂岩段高精度层序对比及油气开发意义[J].现代地质,2010,24(4):662-668.

[8] 肖中尧,黄光辉,卢玉红,等.库车坳陷却勒 1 井原油的重排藿烷系列及油源对比[J].石油勘探与开发,2004,31(2):35-37.

[9] 付广,王朋岩,付晓飞.库车坳陷下第三系盖层封闭特征及其对油气成藏的控制作用[J].高校地质学报,2001,7(4):475-482.

[10] 徐国强,刘树根,李国蓉,等.塔中-塔北古隆起形成演化及油气地质条件对比[J].石油与天然气地质,2005,26(1):114-119.

[11] 吕修祥,金之钧.塔北隆起羊塔克构造带油气成藏分析[J].石油大学学报,2000,24(1):48-52.

[12] 胡文革.塔里木盆地亚格列木组储层特征及控制因素[J].成都理工大学学报,2011,38(4):385-393.

[13] 单敬福,纪友亮,史榕,等.高分辨率层序地层学对河流相储层薄夹层的识别及其应用[J].海洋地质动态,2006,22(5):25-29.

[14] 江山,蒋明煊,程彦武.A 油田储层非均质性研究[J].西南石油大学学报,2008,30(6):101-105.

编辑:吴官生