

文章编号:0253-9985(2010)04-0481-05

## 准噶尔盆地乌尔禾油田凝灰质岩成因及储层特征

官清顺<sup>1</sup>,倪国辉<sup>2</sup>,芦淑萍<sup>1</sup>,丁梁波<sup>1</sup>,辛勇光<sup>1</sup>

(1. 中国石油天然气股份有限公司 杭州地质研究院,浙江 杭州 310023;

2. 中国石油天然气股份有限公司 长城钻探工程有限公司 解释研究中心,北京 100101)

**摘要:**基于岩石薄片、铸体照片、岩心、测井和地震资料等分析,对准噶尔盆地乌尔禾油田二叠系乌尔禾组特殊凝灰质岩成因及储集特征进行详细分析。岩石类型包括凝灰岩、沉凝灰岩和凝灰质砂砾岩;电测曲线呈现高电阻率、低声波时差的电性特征。分析表明,乌尔禾组凝灰质岩成因环境为封闭-半封闭的湖湾环境,由火山灰与正常陆源碎屑物混合堆积、固结成岩。同生期高盐度、碱性水介质条件为火山灰水解蚀变提供物质基础,形成云化(沉)凝灰岩,并析出方沸石。储集空间包括溶蚀孔隙、泄水道孔和裂缝。双孔介质特征改善了储层的储集性能,对油气富集起重要控制作用,控制了油藏分布及油藏规模。

**关键词:**凝灰质岩;湖湾环境;双孔介质储层;乌尔禾油田;准噶尔盆地

**中图分类号:**TE122.2

**文献标识码:**A

## Genesis and reservoir features of tuffaceous rocks in Wuerhe oilfield of the Junggar Basin

Gong Qingshun<sup>1</sup>, Ni Guohui<sup>2</sup>, Lu Shuping<sup>1</sup>, Ding Liangbo<sup>1</sup> and Xin Yongguang<sup>1</sup>

(1. PetroChina Hangzhou Research Institute of Petroleum Geology, Hangzhou, Zhejiang 310023, China;

2. CNPC Greatwall Drilling Company, Beijing 100101, China)

**Abstract:** Based on analyses of thin section, core observation, logging and seismic data, we studied the genesis of tuffaceous rocks and their reservoir features in the Permian Wuerhe Formation in Wuerhe Oilfield, Junggar Basin. The rocks can be classified into tuff, tuffites and tuffaceous sandstone and conglomerate and show high resistivity and low interval transit time in logging curves. The study shows that the sedimentary environment of the Formation is enclosed or semi-enclosed lake bay, and the sediments are composed mainly of volcanic ash and terrigenous clastics. Syngenetic high-salinity and alkaline water body provided favorable conditions for hydrolysis and alteration of the deposited volcanic ash. During the process, dolomitic tuffites were formed and analcite was precipitated. These rocks have different reservoir space (dual porosity media), including dissolved vugs, sluiceway and fractures. The dual porosity feature of the rocks improves the poroperm characteristics and controls the accumulation and distribution of hydrocarbons in Wuerhe oilfield.

**Keywords:** tuffaceous rock, lake bay, dual-porosity reservoir, Wuerhe oilfield, Junggar Basin

近年来,(沉)凝灰岩油藏作为新的油气勘探领域,愈来愈受到地质家的重视,先后在新疆油田、青西油田、二连盆地发现了(沉)凝灰岩油藏<sup>[1,2]</sup>。研究区乌尔禾组也发现一套以(沉)凝

灰岩、凝灰质砂砾岩为主要储层的油藏。因而,开展凝灰质岩成因环境研究,分析凝灰岩储层对油藏的控制作用,对油藏评价具有重要的指导意义。

收稿日期:2009-07-15;修订日期:2010-06-24。

第一作者简介:官清顺(1979—),男,硕士,沉积储层与石油地质。

## 1 区域概况

乌尔禾油田位于准噶尔盆地西北缘乌夏断裂带乌尔禾断鼻构造带上,逆冲断裂发育。地层厚度 500 ~ 1 300 m,划分为 3 段 5 个砂层组。受到二叠纪末期构造抬升剥蚀的影响,研究区东北部乌尔禾断裂的上升盘乌尔禾组地层部分缺失。

研究区乌尔禾组受同生逆掩断裂控制,整体发育近源的冲积扇-扇三角洲-湖泊沉积体系,沉积了杂色砂砾岩、含砾砂岩与泥岩,粒度粗,厚度大。在整体粗粒级碎屑供给的沉积背景下,研究区内沉积了一套粒度特征明显变细的沉积物,主要为火山灰和陆源细粒碎屑物,且分布局限,反映其成因特殊性与复杂性。

## 2 凝灰质岩成因及展布规律

### 2.1 岩石学特征

通过岩心观察和铸体薄片鉴定,该凝灰质岩石类型主要有 3 类:凝灰岩、沉凝灰岩和凝灰质砂砾岩。

凝灰岩:是由颗粒小于 2 mm 的细粒火山碎屑(玻屑)组成。研究区凝灰岩粒级为火灰级,粒度在 0.01 ~ 2 mm,呈灰色。火山喷发后,火山灰由风力作用远距离飘移,一般于远离火山口位置处堆积、再搬运<sup>[3]</sup>。

沉凝灰岩:介于正常火山碎屑岩向沉积岩过渡的岩类,火山碎屑物含量大于正常沉积物,火山碎屑物质占 50% ~ 90%,粒度亦较细,常显层

理<sup>[4]</sup>。与凝灰岩一样,沉凝灰岩多形成于远离火山喷发中心的地区,特别是在有水下火山活动的海湖盆地内。陆源碎屑物与正常的火山碎屑物相掺杂,再由压实和水化学沉淀胶结成岩。

凝灰质砂砾岩:是由火山灰与正常间歇性水流、事件成因的砂砾岩混合堆积、固结成岩。由于火山灰的绿泥石化作用,故呈现灰绿色,区别于周围井区正常的灰色砂砾岩。

### 2.2 成因环境探讨

古地貌控制沉积面貌及沉积格局。从过井地震剖面看,将三叠系底界拉平后可以看出,乌尔禾组沉积时期 W17 井—W001 井区位于扇三角洲前缘的水下古隆起区。受水下古隆起区的影响,近岸水系被分隔并发生分流,水体携带砂、砾沿隆起区的两翼搬运,在古隆起区外围沉积正常的砂砾岩;在古隆起区内部,水体流通不畅,波浪和湖流作用弱,逐渐形成了封闭-半封闭的湖湾环境<sup>[5,6]</sup>,岩石薄片见炭屑(图 1a)证明湖湾环境为水动力弱的浅水环境。湖湾沉积物以细粒为主,但间歇性事件沉积亦可局部发育粗粒沉积。

二叠纪中后期,由于准噶尔盆地西北缘周缘褶皱带火山活动仍然较频繁,甚至不排除水下火山活动的存在,火山灰经火山云空落或就近喷发堆积或随流水搬运到湖湾区沉积,并与正常陆源碎屑物(事件性砂砾岩沉积物)发生混合堆积,形成这套成因独特的(沉)凝灰岩、凝灰质砂砾岩,统称凝灰质岩。

岩石薄片,(沉)凝灰岩白云岩化现象强烈,正交光下普遍见有白云石亮晶颗粒(图 1b)。分

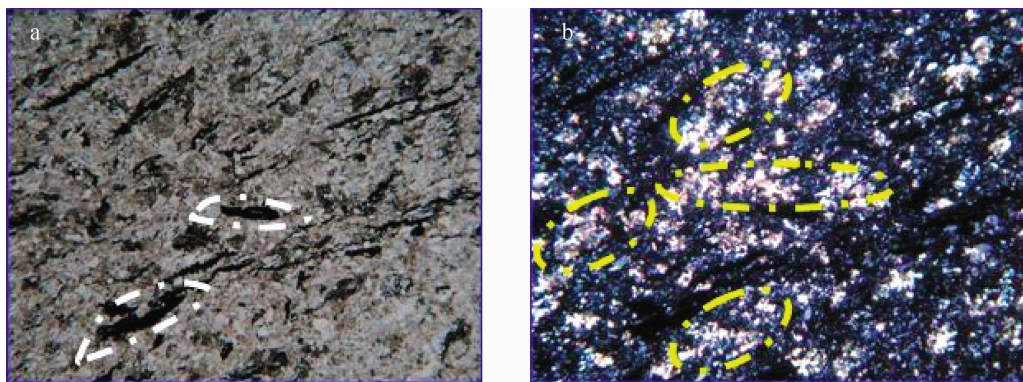


图 1 准噶尔盆地二叠系乌尔禾组凝灰岩铸体薄片

Fig. 1 Cast thin sections of tuff in the Permian Wuerhe Formation in the Juggar Basin

a. 炭屑, W27 井, 1 429.32 m, 云化凝灰岩, 单偏光; b. 白云石化, W27 井, 1 429.32 m, 云化凝灰岩, 正交光

析其成因,认为火山灰在同生期水介质条件下发生蚀变作用与白云石的形成有直接关系。从粘土矿物、自生矿物组合类型判断,准噶尔盆地西北缘二叠纪早、中期区域水介质类型为高盐度、碱性水介质,在此水介质条件下,火山灰发生强烈水解作用,析出大量  $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$  等阳离子,当  $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$  与碱性水中的  $CO_3^{2-}$  达到一定比例时,便结晶形成白云石,从而形成云化(沉)凝灰岩<sup>[7]</sup>。该套(沉)凝灰岩电测曲线呈现电阻率高、声波时差低的特征。

### 2.3 展布规律

乌尔禾组湖湾亚相凝灰质岩纵向分布具层状特征,共发育3套,自下而上分别发育于  $P_2w^{(2)}$  砂层组、 $P_2w^{(1)}$  砂层组以及  $P_2w^3$  段;平面分布范围局限,沿中部挤压凸起带呈狭长条带状分布,不同期凝灰质岩平面分布范围不同。

底部  $P_2w^{(2)}$  砂层组,凝灰质岩分布范围小,主要分布于 W3445 井—DW604 井,发育云质凝灰岩、凝灰质砂砾岩,厚度为 14 ~ 140 m(图 2a)。

中部  $P_2w^{(1)}$  砂层组,凝灰质岩发育区向北东方向的 W118 井迁移,分布于 W118 井—W3445 井, DW604 井局部发育,主要发育凝灰质砂砾岩,厚度在 32 ~ 150 m(图 2b)。

顶部  $P_2w^3$  段,凝灰质岩分布范围最广,沿 W17 井—W27 井—W118 井一带均发育,岩石类型也最复杂,发育凝灰岩、沉凝灰岩及凝灰质砂砾岩,厚度分布在 30 ~ 280 m,中部厚度大,往两翼北东、南西方向逐渐减薄(图 2c)。

## 3 储集空间类型与储集性能特征

铸体薄片鉴定、岩心观察表明,  $P_2w^3$  段凝灰质岩储层储集空间类型为方沸石溶孔<sup>[8]</sup>、泄水道孔以及构造缝等。储层具双孔介质特征<sup>[9,10]</sup>。

方沸石溶孔:为成岩期方沸石溶蚀产生的孔隙类型(图 3a)。方沸石( $NaAlSi_2O_6 \cdot H_2O$ )的成因与火山物质的强烈蚀变有关。火山灰在高盐度、碱性水介质条件下发生水解作用,释放大量的  $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Ca^{2+}$ 、 $Fe^{3+}$ 、 $Mg^{2+}$  等阳离子和  $AlO_3^{3-}$ 、 $SiO_3^{2-}$  等酸根离子。 $Ca^{2+}$ 、 $Mg^{2+}$  离子与  $CO_3^{2-}$  离子结合易于形成白云石化,而  $Na^+$  离子与  $AlO_3^{3-}$  和  $SiO_3^{2-}$  离子结合则形成方沸石、粘土矿物等。成岩

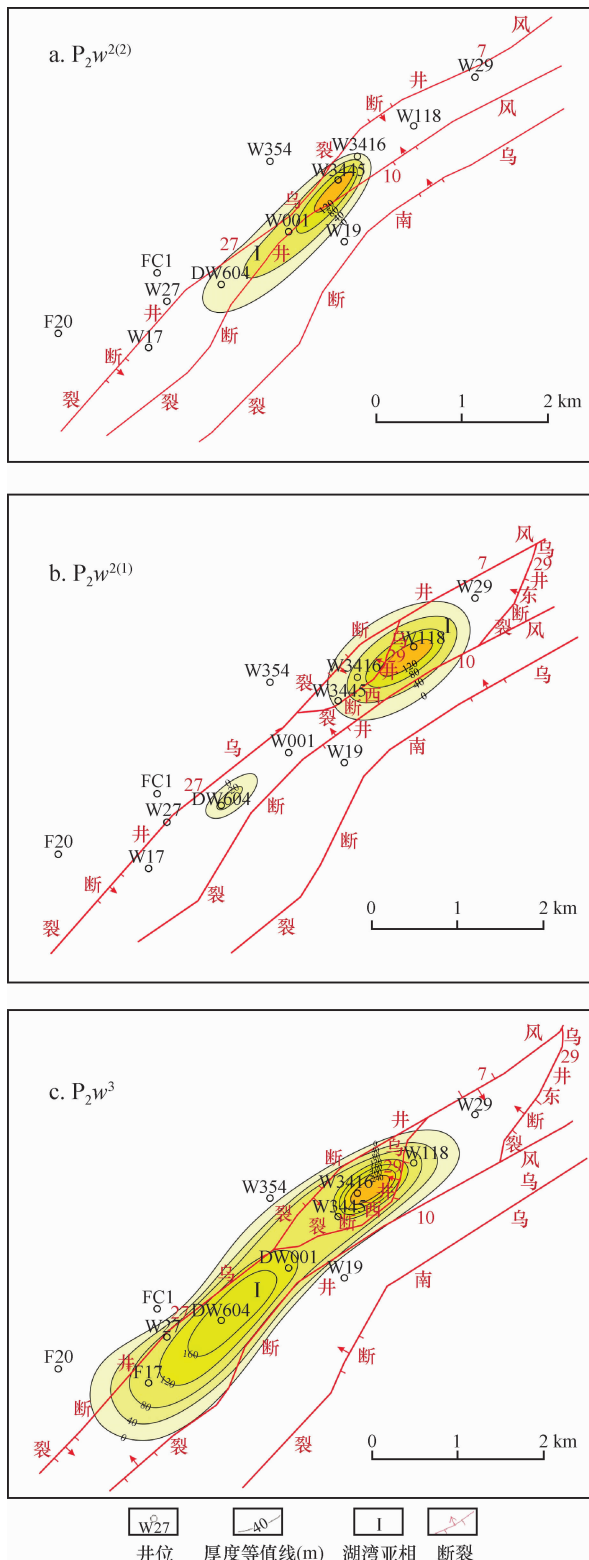


图2 准噶尔盆地二叠系乌尔禾组凝灰质岩分布

Fig. 2 Distribution of tuffaceous rocks in the Permian Wuerhe Formation in the Juggar Basin

期,方沸石与酸性成岩水介质作用发生溶蚀,形成方沸石溶孔<sup>[11]</sup>。



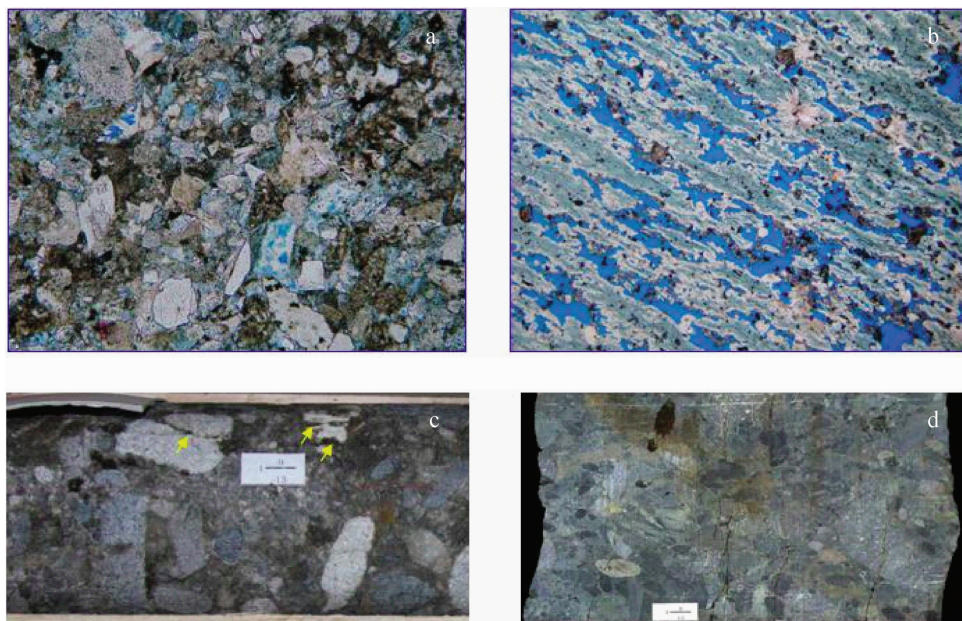


图3 准噶尔盆地二叠系乌尔禾组储层储集空间类型

Fig. 3 Reservoir space types of the Permian Wuerhe Formation in the Juggar Basin

- a. 方沸石溶孔, W27 井,  $P_2w^3$ , 1 412.25 m, 沉凝灰岩; b. 泄水道孔, W27 井,  $P_2w^3$ , 1 413.17 m, 凝灰岩;  
c. 裂缝, W3445 井,  $P_2w^3$ , 1 191.79 m, 凝灰质砂砾岩; d. 裂缝, W3445 井,  $P_2w^3$ , 1 203.91 m, 凝灰质砂砾岩

泄水道孔:为压实作用下,在渗透性差、富含孔隙水的细粒(沉)凝灰岩中形成的同生变形构造——泄水构造(图3b)。泄水构造中的泄水道一方面为成岩期矿物(方沸石、白云石等)沉淀提供空间;另一方面,充填的方沸石在成岩后生改造作用下沿泄水道溶蚀形成泄水道孔,提供了油气储集空间。

构造缝:是由于构造活动使岩体破裂形成的裂缝(图3c,d)。区内裂缝产状多呈水平分布,缝宽0.1~1 mm,成组系规模性发育,缝面富含油。裂缝发育程度除与构造应力强度有关外,与岩性关系也较密切。裂缝主要分布于性脆的凝灰质砂砾岩地层中,(沉)凝灰岩中不发育。

凝灰质岩储层物性以低孔、低渗为主,部分样品为中孔、中渗。孔隙度平均为14%,渗透率平均为 $149 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。孔隙度与渗透率相关性差,这与储层的双孔介质特征相匹配。

#### 4 凝灰质岩与油藏分布和油藏规模的关系

凝灰质岩对油藏的控制作用体现在以下两个方面。

##### 1) 凝灰质岩的分布控制了油藏的分布。

纵向上,受凝灰质岩层状分布特征的控制,油藏纵向呈层状分布,发育3套油层,且顶部一期油藏分布范围最广、油藏面积最大,中部油藏分布范围最小、仅分布于DW604井。平面上,从凝灰质岩油藏含油范围图(图4)可以看出,凝灰质岩的最大叠合分布范围控制了油藏的边界,该油藏为典型的岩性油藏。

##### 2) 凝灰质岩储层双孔介质发育程度控制了油气富集规模。

该储层类型一方面决定油藏单井产量差异大,孔隙型储层发育区试油日产油量高,如W27井,而裂缝型储层试油初期日产油量也较高,但产量递减快、不能稳产,例如W3445井;另一方面,由于裂缝沟通,使得上水下窜或底水上窜,导致油藏含水率上升快,油藏的构造低部位与高部位普遍含水。

#### 5 结论

1) 准噶尔盆地二叠系乌尔禾组凝灰质岩,成因环境为高盐度、碱性的湖湾环境,由火山灰与正常陆源碎屑物混合堆积、固结成岩而成。同生期

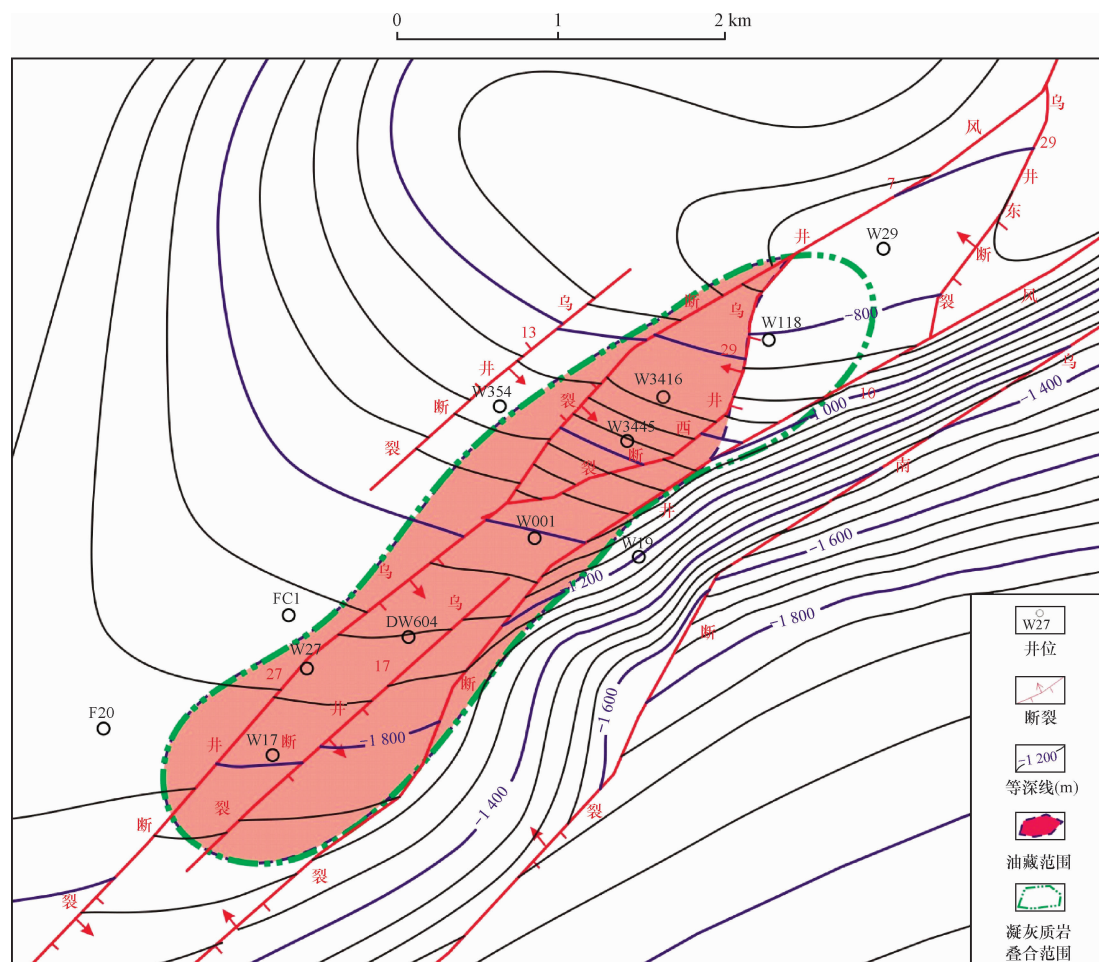


图4 准噶尔盆地二叠系乌尔禾组凝灰质岩油藏含油范围

Fig. 4 Oil-bearing area in the reservoirs of tuffaceous rocks in the Permian Wuerhe Formation of the Juggar Basin

水介质条件为火山灰水解、蚀变提供物质基础,形成白云石、方沸石等自生矿物。

2) 凝灰质岩储层具双孔介质特征,发育方沸石溶孔、泄水道孔以及构造缝等。

3) 凝灰质岩的分布范围控制岩性油藏的边界,其储层双孔介质发育程度控制油气的富集规模。

#### 参 考 文 献

- 1 李军,王伟,王书勋. 青西油田沉凝灰岩储集特征[J]. 新疆石油地质,2004,25(3):288~290
- 2 高瑞琴,杨继波,丛培栋,等. 二连油田沉凝灰岩储层特征分析[J]. 测井技术,2006,30(4):330~333
- 3 邱家骧. 岩浆岩岩石学[M]. 北京:地质出版社,2001. 172~189
- 4 程日辉,刘万洙,王璞珺,等. 松辽盆地东缘下白垩统营城组二段火山碎屑沉积的过程、相和结构[J]. 吉林大学学报(地球科学版),2007,37(6):1166~1175
- 5 赵澄林. 油区岩相古地理[M]. 北京:石油工业出版社,2001. 53~68
- 6 赵澄林,朱筱敏. 沉积岩石学[M]. 北京:石油工业出版社,2004. 253~283
- 7 徐维胜,赵培荣,聂鹏飞,等. 石灰岩、白云岩储层孔隙度-渗透率关系研究[J]. 石油与天然气地质,2008,29(6):806~811
- 8 朱国华. 陕北浊流石次生孔隙砂体的形成与油气关系[J]. 石油学报,1985,6(1):1~8
- 9 吴胜和,熊琦华. 油气储层地质学[M]. 北京:石油工业出版社,1998. 105~154
- 10 李峰. 准噶尔盆地西北缘二叠系储层特征及分类[J]. 石油与天然气地质,2001,22(1):78~81
- 11 冯明石,刘家铎,孟万斌,等. 四川盆地中西部须家河组储层特征与主控因素[J]. 石油与天然气地质,2009,30(6):713~719

(编辑 李 军)