

文章编号: 1009-3850(2010)01-0061-06

# 松辽盆地龙西地区泉四段砂岩岩石学特征 及其对储层物性的影响

连承波<sup>1</sup>, 钟建华<sup>2,3</sup>, 杨玉芳<sup>3</sup>, 渠芳<sup>1</sup>, 杨军<sup>4</sup>

(1. 西南石油大学 资源与环境学院, 四川 成都 610500; 2. 中国石油大学 地球资源与信息学院, 山东 东营 257061; 3. 中国科学院 广州地球化学研究所, 广东 广州 510640; 4. 大庆油田 有限责任公司 勘探开发研究院, 黑龙江 大庆 163712)

**摘要:** 松辽盆地龙西地区泉四段主要为岩屑长石砂岩和长石岩屑砂岩, 成份成熟度较低, 粒度较细, 分选中等偏差, 填隙物主要为粘土矿物和方解石。研究表明, 储层物性随着石英含量的增加而变好, 而随着岩屑含量的增加而变差, 说明成份成熟度影响岩石的抗压性, 进而影响储层的物性。泉四段砂岩中的长石主要通过钾长石的溶蚀作用改善储层物性。粒度大小和均匀程度与储层物性呈正相关关系, 砂岩粒度的均匀程度也是形成低孔低渗储层的内在因素之一。

**关键词:** 松辽盆地; 岩石学; 泉四段; 储层物性

**中图分类号:** TE122.2+3 **文献标识码:** A

松辽盆地龙西地区构造上位于松辽盆地北部中央坳陷区的龙虎泡-大安阶地, 东临齐家-古龙凹陷, 西与西部斜坡区泰康隆起带相邻。研究区东部为龙虎泡油田, 北部为临敖古拉油田, 东南为龙南油田。下白垩统泉头组第四段主要发育浅水湖泊三角洲砂体<sup>[1]</sup>, 岩石类型主要为长石岩屑砂岩和岩屑长石砂岩, 成份成熟度较低, 结构成熟度中等, 为低孔低渗储层。砂岩的颗粒成份、粒度大小和分选以及填隙物特征是影响储层物性的内在因素, 它们不仅影响储集层原始孔隙的发育, 而且影响原生孔隙的改造和次生孔隙的发育特征<sup>[2-6]</sup>。本文通过对松辽盆地龙西地区泉四段砂岩的结构特征、成份特征和填隙物特征等岩石学特征的研究, 探讨其对储层物性的影响。

## 1 岩石学特征

本文通过岩心观察、薄片鉴定、扫描电镜和 x 衍射分析等手段, 对龙西地区泉四段砂岩的结构特征、成份特征和填隙物特征等特征进行了研究。

### 1.1 结构特征

松辽盆地龙西地区泉四段砂岩碎屑颗粒的粒度一般介于 0.05~0.25mm 之间, 大多具有细粒结构, 粉砂质结构次之, 少量中粗粒结构和细粉砂结构。总体来看, 砂岩粒度较细。砂岩分选性总体中等-较差, 以细粒结构为主, 夹少量中粒碎屑和粉砂级碎屑。碎屑颗粒以次棱角状为主, 磨圆度中等。颗粒接触关系以点-线接触为主, 局部呈线凹接触。胶结类型有再生式、薄膜式、孔隙式、接触式、溶蚀式、充

收稿日期: 2009-02-15; 改回日期: 2009-12-22

作者简介: 连承波 (1979-), 男, 博士, 主要从事储层地质学研究。E-mail: lianchengbo1999@163.com

资助项目: 四川省教育厅青年基金项目 (编号: 09ZB098)

填式等方式。

### 1.2 碎屑成份特征

碎屑颗粒是母岩机械破碎的产物。最常见的碎屑成分为石英、长石和岩屑。石英的含量反映砂岩成分成熟度,含量越高,成份成熟度越高。薄片镜下鉴定结果表明,松辽盆地龙西地区泉四段砂岩中碎屑颗粒的含量一般为70%~95%,以岩屑为主,其次为长石和石英。岩屑含量一般为30%~50%,平均为41%,岩屑类型为火山岩岩屑,主要为酸性喷发岩,长石含量一般为25%~40%,平均为34%,正长石、斜长石均有,以正长石为主,可见少量具有格子双晶的斜长石。石英含量一般为20%~35%,平均为26%,棱角-次棱角状,分选好,以单晶为主,见次生加大现象。根据 Folk 砂岩分类<sup>[7]</sup>,泉四段砂岩主要为长石岩屑砂岩,其次为岩屑长石砂岩(图1)。

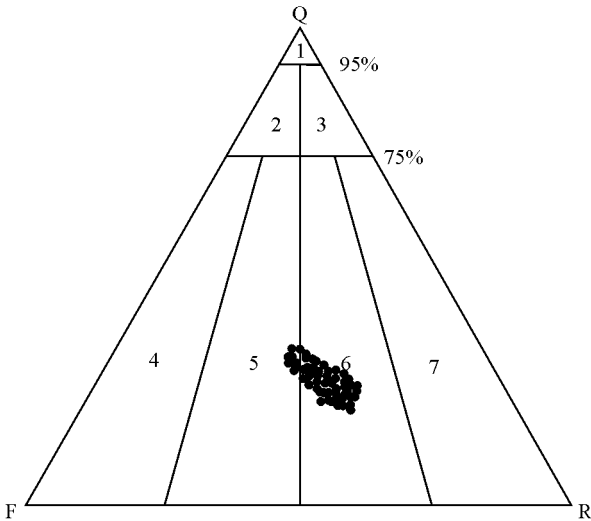


图1 松辽盆地龙西地区泉四段砂岩分类图

1 石英砂岩; 2 长石石英砂岩; 3 岩屑石英砂岩; 4 长石砂岩; 5 岩屑长石砂岩; 6 长石岩屑砂岩; 7 岩屑砂岩

Fig 1 Classification of the sandstones from the fourth member of the Quantou Formation in western Longhupao region, Songliao Basin

1 = quartz sandstone; 2 = feldspathic quartz sandstone; 3 = lithic quartz sandstone; 4 = arkose; 5 = lithic arkose; 6 = feldspathic litharenite; 7 = lithic sandstone

### 1.3 填隙物特征

松辽盆地龙西地区泉四段砂岩中填隙物的含量一般为5%~25%。根据薄片镜下观察、X衍射和扫描电镜分析资料,填隙物主要为粘土杂基、自生粘土矿物、硅质胶结物和碳酸盐胶结物。龙西地区泉四段砂岩中,粘土杂基的含量较高,以伊利石为主,粘土杂基围绕着碎屑颗粒分布。砂岩胶结物以硅质胶

结、碳酸盐岩胶结和泥质胶结为主。石英常具次生加大现象。方解石胶结物有泥晶和亮晶两种类型,泥晶方解石一般分布于颗粒周围,呈类似薄膜式分布;亮晶方解石多分布于孔隙中,多呈连晶形式分布。胶结物中自生粘土矿物组分以伊利石-绿泥石-伊蒙混层组合为特征,偶见高岭石(图2),自生粘土矿物产状以薄膜式为主。

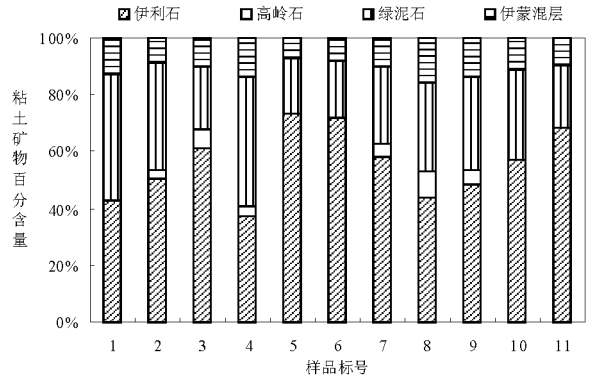


图2 松辽盆地龙西地区泉四段粘土矿物组合特征

1 伊利石; 2 高岭石; 3 绿泥石; 4 伊蒙混层

Fig 2 Clay mineral associations in the fourth member of the Quantou Formation in western Longhupao region, Songliao Basin

1 = illite; 2 = kaolinite; 3 = chlorite; 4 = illite-montmorillonite bed

## 2 岩石学特征对储层物性的影响

本文分别就砂岩碎屑颗粒的成份、粒度和填隙物等对储层物性的影响进行了研究。

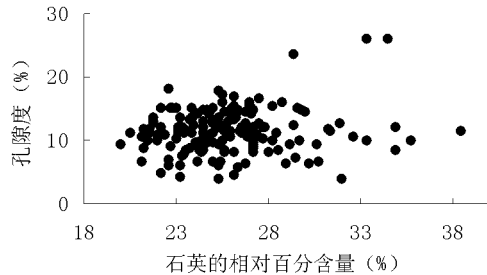
### 2.1 碎屑颗粒成份对储层物性的影响

碎屑成份对成岩作用具有重要的影响,碎屑颗粒成份主要通过影响成岩作用而影响储层物性。龙西地区泉四段砂岩碎屑颗粒成份主要为石英、长石和岩屑,为了分析碎屑颗粒成份对储层物性的影响,对碎屑颗粒成份与储层物性的关系进行了统计分析。

从松辽盆地龙西地区泉四段砂岩碎屑颗粒中石英的相对百分含量与储层物性的关系(图3)可以看出,随着石英相对百分含量的增加,储层物性有变好的趋势。随石英含量增加储层变好的趋势说明,砂岩成份成熟度对储层物性存在一定程度上影响。石英的抗压性较强,石英含量越高,岩石中的孔隙受压实作用改造的程度要小,一定程度上保护了原生孔隙。松辽盆地龙西地区泉四段砂岩中石英含量较

低,抗压性较差,在埋藏过程中压实作用导致储层物性变差。

松辽盆地龙西地区泉四段砂岩碎屑成份中长石的相对含量较高,长石的相对百分含量与储层物性的关系如图(图4)所示。总体来看,松辽盆地龙西地区泉四段砂岩中长石的相对百分含量与储层物性



之间没有明显的变化关系。在松辽盆地龙西地区泉四段砂岩储层中,长石主要有钾长石和钠长型,且钾长石的含量相对较高,钾长石主要发生了钠长石化和溶解。砂岩中长石的相对百分含量与储层物性没有明显的变化关系,表明长石的溶解程度对储层物性的影响比长石自身含量的变化更重要。

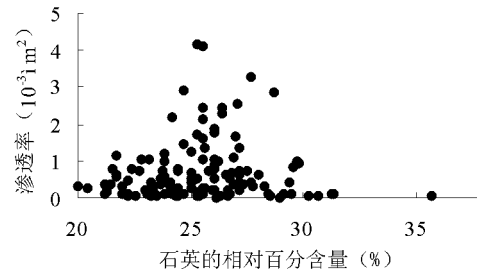


图3 松辽盆地龙西地区泉四段砂岩石英相对百分含量与储层物性的关系

Fig 3 Relationship between quartz contents in the sandstones and porosity and permeability of the hydrocarbon reservoirs from the fourth member of the Quantou Formation in western Longhupao region, Songliao Basin

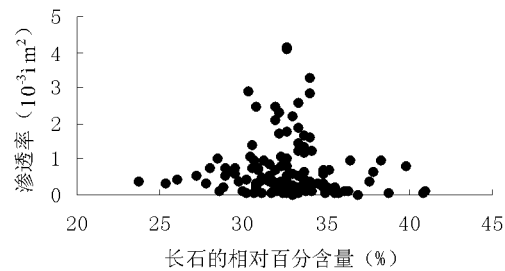
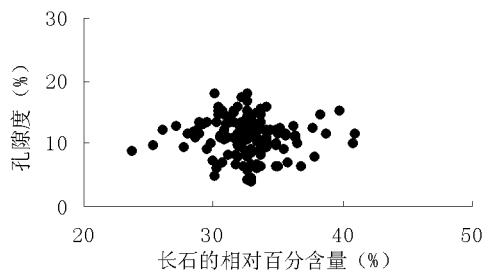


图4 松辽盆地龙西地区泉四段砂岩长石相对含量与储层物性的关系

Fig 4 Relationship between feldspar contents in the sandstones and porosity and permeability of the hydrocarbon reservoirs from the fourth member of the Quantou Formation in western Longhupao region, Songliao Basin

松辽盆地龙西地区泉四段砂岩碎屑成份中岩屑含量普遍较高,主要为酸性火山岩碎屑。从松辽盆地龙西地区泉四段砂岩中岩屑的相对百分含量与储层物性之间关系的统计分析看出(图5),泉四段砂岩碎屑颗粒中岩屑的相对百分含量与储层物性之间总体表现出了负相关的变化关系,随着岩屑相对百分含量的增加,储层物性具有变差的趋势。龙西地区泉四段砂岩中主要为酸性喷发岩岩屑,抗压性较差,且含量普遍较高,随着岩屑相对百分含量的增加,压实作用对其孔隙结构的改造程度增强,使其孔隙半径变小,导致储层物性变差。龙西地区泉四段砂岩中岩屑发生了一定程度的溶解,但主要为粒内孔,孔隙较小且相对孤立,对储层物性的影响不大。随着岩屑的相对百分含量增加储层物性变差,也说明了松辽盆地龙西地区泉四段砂岩中的岩屑通过压

实作用对储层物性的的影响比通过溶解作用对储层物性的影响要明显。

## 2.2 粒度对储层物性的影响

碎屑岩中的颗粒大小是不均一的,大颗粒之间的孔隙中常充填有较小的颗粒,并使岩石的孔隙性和渗透性降低。一般认为,岩石的颗粒粒度越大,颗粒间孔隙的截面积也越大,相应的渗透率也就较大。粒度对储层物性的影响主要是通过颗粒的排列方式影响储层孔隙结构,进而影响储层物性。在一定的水动力条件下,颗粒粒度对排列方式的影响主要受粒度的大小和均匀程度两个因素控制。

为了分析松辽盆地龙西地区泉四段砂岩的粒度大小与储层物性的关系,选取了粒度中值来表征粒度大小,通过对泉四段砂岩粒度中值与储层物性之间关系的统计(图6),可以看出,随着粒度中值的增

大, 储层物性具有变好的趋势, 且随着粒度中值的增加, 孔隙度增加的趋势比渗透率的增加更加明显。表明粒度中值越大, 颗粒排列形成的孔隙空间越大, 孔隙度就越大; 而渗透率还受孔隙结构的影响, 其随着粒度中值的变化不如孔隙度变化明显。总体来看, 松辽盆地龙西地区泉四段砂岩粒度较细, 颗粒排列形成的孔隙空间较小, 导致储层物性较差。

粒度的均匀程度一般用粒度分选系数来表述, 当颗粒的均匀程度很好时, 分选系数较小; 相反, 分选系数大, 粒度均匀程度差。从松辽盆地龙西地区泉四段砂岩粒度分选系数与储层物性关系的统计结果来看 (图 7), 随着粒度分选系数的增加, 储层物性具有变差的趋势, 表明粒度的均匀程度越差, 颗粒排列形成的孔隙空间变小。孔隙度越小, 孔隙结构越复杂, 则渗透率越小。总体来看, 松辽盆地龙西地区泉四段砂岩粒度分选系数较大, 说明粒度均匀程度较差, 导致储层物性较差。

### 2.3 填隙物对储层物性的影响

松辽盆地龙西地区泉四段砂岩中的填隙物主要为粘土矿物和方解石, 粘土杂基可塑性强、容易变

形, 受到压实后挤入粒间, 使粒间孔消失, 因此粘土杂基含量越高则越容易压实。发育方解石的砂岩, 特别是方解石呈镶嵌状胶结的砂岩, 其储层物性较差。自生粘土矿物主要为伊利石和绿泥石, 由于粘土矿物在碎屑颗粒表面呈定向排列, 组成连续的薄膜贴附在孔隙壁上, 一定程度上减小了孔隙半径。从填隙物相对百分含量与储层物性关系来看 (图 8), 泉四段砂岩储层明显具有随着填隙物相对百分含量的增加而物性变差的趋势。表明填隙物含量越大, 则孔隙吼道堵塞和充填的程度增加, 导致储层物性变差。

## 3 结 论

(1) 松辽盆地龙西地区泉四段主要为长石岩屑砂岩和岩屑长石砂岩, 颗粒成份主要为石英、长石和岩屑。长石为钾长石和钠长石, 岩屑成份主要为酸性喷发岩。岩石成份成熟度较低, 抗压性弱, 压实作用对储层原生孔隙减小明显。钾长石的溶解形成的次生孔隙在一定程度上改善了储层物性。

(2) 龙西地区泉四段砂岩颗粒较细, 分选中等-

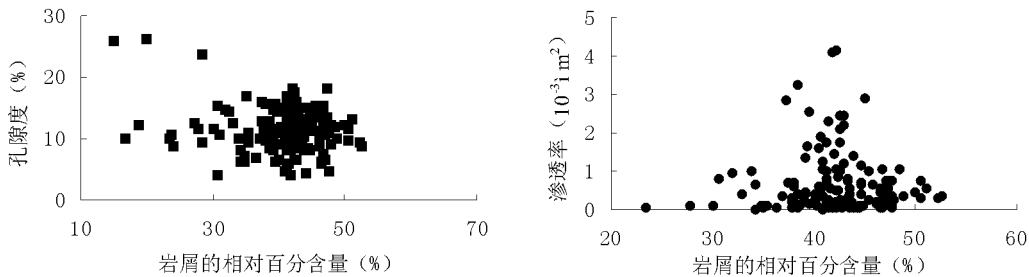


图 5 松辽盆地龙西地区泉四段砂岩岩屑相对百分含量与储层物性的关系

Fig 5 Relationship between lithoclastic contents in the sandstones and porosity and permeability of the hydrocarbon reservoirs from the fourth member of the Quantou Formation in western Longhupao region, Songliao Basin

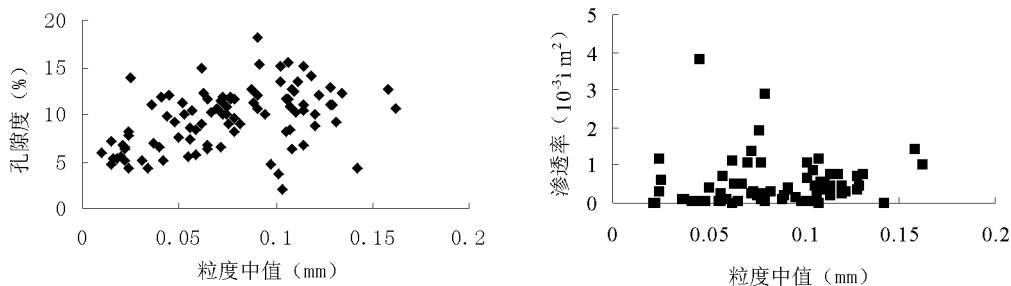


图 6 松辽盆地龙西地区泉四段砂岩粒度中值与储层物性的关系

Fig 6 Relationship between grain-size median values of the sandstones and porosity and permeability of the hydrocarbon reservoirs from the fourth member of the Quantou Formation in western Longhupao region, Songliao Basin

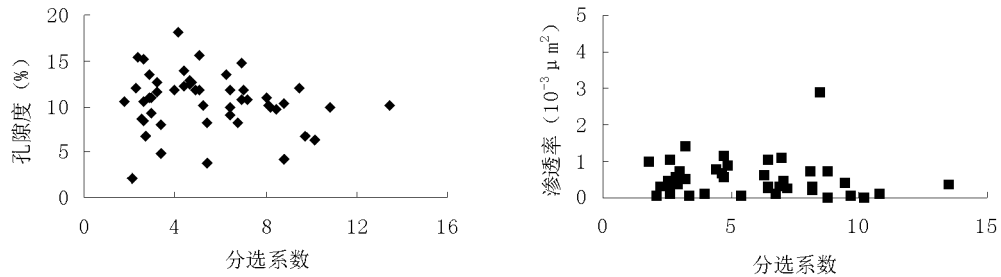


图7 松辽盆地龙西地区泉四段砂岩分选系数与储层物性的关系

Fig 7 Relationship between sorting coefficients of the sandstones and porosity and permeability of the hydrocarbon reservoirs from the fourth member of the Quantou Formation in western Longhupao region, Songliao Basin

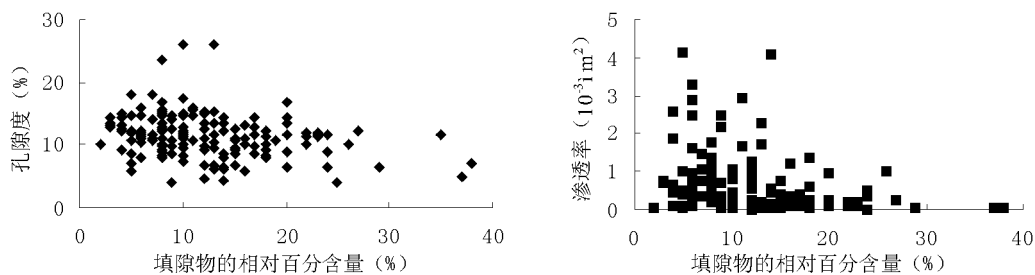


图8 松辽盆地龙西地区泉四段砂岩填隙物含量与储层物性的关系

Fig 8 Relationship between the contents of interstitial materials in the sandstones and porosity and permeability of the hydrocarbon reservoirs from the fourth member of the Quantou Formation in western Longhupao region, Songliao Basin

差,造成颗粒之间排列较紧密,孔隙空间较小,是泉四段砂岩低孔低渗的重要原因。

(3) 松辽盆地龙西地区泉四段砂岩中的填隙物主要为粘土矿物和方解石,粘土杂基填充了部分孔隙,使得岩石抗压性弱,增强了压实作用对储层物性的改造程度。自生粘土矿物主要环绕颗粒边缘分布,对储层物性影响较小,而方解石发育的呈嵌晶状结构使储层物性变差。

#### 参考文献:

[1] 万俭英,王始波,赵秋枫,等.大庆长垣及以西地区泉三、四段

扶杨油层储层特征[J].大庆石油地质与开发,2007,26(5):14-17.

[2] 赵虹,党D,陈永胜,等.吐哈盆地台北凹陷侏罗系储层砂体发育及其岩石学特征[J].西安科技大学学报,2007,27(3):14-17.

[3] 冯娟萍,李文厚,欧阳征健,等.陕北青化砭油田长2砂岩储层物性的控制因素[J].吉林大学学报,2008,38(3):417-423.

[4] 朱国华.碎屑岩储层孔隙的形成、演化和预测[J].沉积学报,1992,10(3):114-123.

[5] 伏万军.粘土矿物成因及对砂岩储集性能的影响[J].古地理学报,2000,2(3):59-68.

[6] 张莉,朱筱敏,钟大康,等.惠民凹陷古近系砂岩储层物性控制因素评价[J].吉林大学学报,2007,37(1):105-111.

[7] FOLK R L. Petrology of Sedimentary Rocks [M]. Austin: Ham-phill, 1968. 107.

## Lithology and effects of the sandstones on the hydrocarbon reservoirs in the fourth member of the Quantou Formation in western Longhupao region, Songliao Basin

LIAN Cheng-bo<sup>1</sup>, ZHONG Jian-hua<sup>2,3</sup>, YANG Yu-fang<sup>3</sup>, QU Fang<sup>1</sup>, YANG Jun<sup>4</sup>

(1 College of Resources and Environments, Southwest Petroleum University, Chengdu 610500, Sichuan, China; 2 College of Geo-resources and Information, China University of Petroleum, Dongying 257061, Shandong, China; 3 Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, Guangdong, China; 4 Daqing Oil Field Company, Daqing 163712, Heilongjiang, China)

**Abstract** The lithic arkose and feldspathic litharenite as the main sandstone types in the fourth member of the Quantou Formation in western Longhupao region, Songliao Basin are characterized by low compositional maturity, fine grain sizes and moderate to poor sorting. The statistical data have revealed that the physical properties of the hydrocarbon reservoirs are getting better with the increase of quartz contents and worse with the increase of lithoclastic contents, indicating that the compositional maturity may have exerted an important effect on the pressure resistance, response of compression and physical properties of the hydrocarbon reservoirs. Other influencing factors for the physical properties of the hydrocarbon reservoirs include fine grain sizes, poor sorting and higher contents of interstitial materials in the sandstones from the fourth member of the Quantou Formation.

**Key words** Songliao Basin; lithology; fourth member of the Quantou Formation; physical property of the hydrocarbon reservoirs