

文章编号:1009-3850(2018)01-0089-07

渤海中部古近系沙河街组有利砾岩类储层特征

张健, 文艺, 吴家洋, 吕正祥, 熊晨浩, 王先东

(成都理工大学能源学院, 四川 成都 610059)

摘要:渤海湾盆地是我国重要的含油气盆地,其中古近系沙河街组发育储集性较好的砾岩储层。通过对储层岩石薄片显微鉴定、物性分析、扫描电镜分析、阴极发光分析等,明确了沙河街组有利的砾岩储层的岩石学、储集性和成岩作用特征。砾岩类型多样,其中云质砾岩的储集性最好。砾岩储层物性较好,平均孔隙度为16.1%,平均渗透率为217.93mD。主要孔隙类型为原生孔,原生孔类型主要为砾石间残余原生孔和生物碎屑体腔孔,其次是溶蚀孔。砾岩储层成岩作用类型与砾岩填隙物成分关系密切,以砂岩为主要填隙物的成岩作用中有显著的长石溶蚀作用,以碳酸盐岩为主要填隙物的则具有多期白云石和方解石等胶结物,最有利的成岩作用是早期白云石衬垫和长石的溶蚀作用。

关键词:渤海中部;古近系;沙河街组;砾岩储层;主控因素

中图分类号:TE122

文献标识码:A

引言

渤海湾盆地作为中国东部重要的中、新生带陆相含油气断陷盆地,面积近 $2 \times 10^5 \text{ km}^2$,盆地内部构造单元复杂,隆坳相间分布,发育有多个凹陷和隆起^[1]。渤海湾盆地内先后找到一批地质储量超过亿吨的大油气田,促进了渤海湾盆地的油气地质研究^[2]。对渤海湾的砂岩储层、碳酸盐岩和混积岩储层,大量学者进行了详细的研究和描述。许长贵等(2009)以渤海海域渤中凹陷石南陡坡带为例,分析了区内陡坡带构造-岩性圈闭发育机理,并对其分布规律进行分析^[3]。倪军娥等(2013)根据渤海湾盆地古近系湖相碳酸盐岩和陆源碎屑岩的混合沉积的特点,分析认为研究区发育混积与裙带状两种沉积模式^[4]。吴磊等(2006)研究了渤中凹陷古近系的沉积演化、物源等特征^[5]。近年来,在渤海中部深层勘探中,在砂质砾岩和砾岩,即本文统称的

砾岩类储层中发现了物性较好的储层,针对该类储层特征及其控制因素的研究较少^[6-14]。本文通过对渤中沙河街组深埋藏砾岩储层的岩石学、物性、成岩作用及其相互关系研究,明确该类储层的主要特征,探讨其形成主控因素。

1 地质背景

研究区位于渤海湾含油气盆地中部的石臼坨凸起,该凸起位于渤海海域西北部,其北部为秦南凹陷,东南为渤海含油气盆地生油面积最大的渤中凹陷^[15](图1)。迄今为止,在石臼坨突起上的新近系、古近系和潜山构造等的各个层位中发现了多个油田和含油气构造,为典型的复式油气聚集区。研究区砂岩储层主要分布在古近系沙河街组(E_2s),该组地层厚度300~400m左右,其上覆地层为古近系东营组(E_3d),下伏地层为古生界(Pz)或元古界(Pt),部分地区为孔店组($E_{1-2}k$),沙河街组埋深超

收稿日期:2017-03-09; 改回日期:2017-05-16

作者简介:张健(1993-),男,硕士研究生,石油地质学专业。E-mail:751272796@qq.com

过 3000m,主要为微咸水湖泊环境中形成的砾岩、砂岩和泥岩等碎屑岩沉积,夹部分碎屑岩和碳酸盐岩形成的混积岩^[16]。

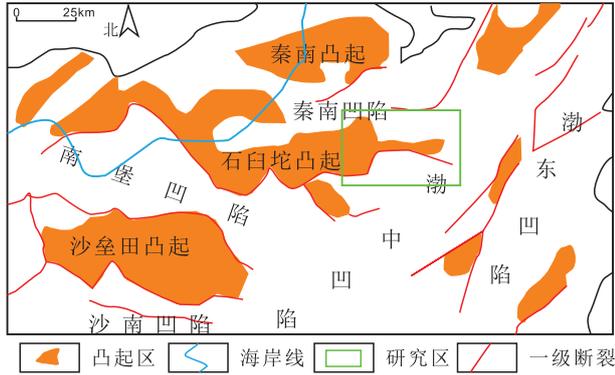


图1 渤海湾盆地构造分区及研究区位置

Fig.1 Tectonic division and location of the Bohai Bay Basin

2 岩石学特征

研究区砾岩类岩石主要以云质砾岩为主,占总样品数的 55% 以上,其次为云质砂砾岩,占样品总数的 25% 左右。此外还有含高岭石砾岩,含盆屑砾岩、含生屑砂砾岩等,但含量较少(图 2)。砾石的粒

度跨度大,既有粗砾岩,也有细砾岩,偶见砂质砾岩。砾岩的磨圆度主要为次圆状和次棱角状,分选主要为差和中等,其中分选为差占总体的 59%,分选中等占总体 31.8%。砾岩类岩石中砾石之间的填隙物差异较大,分别有以砂岩、碳酸盐岩和泥岩等为主的填隙物,不同填隙物的砾岩储集物性差异较大(图 3)。

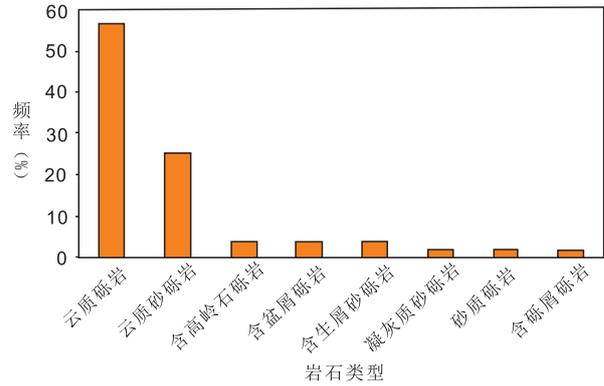


图2 研究区陡坡带沙河街组储层砾岩岩石类型分布直方图

Fig.2 Histogram showing the types and distribution of the conglomerates from the Shahejie Formation in the study area

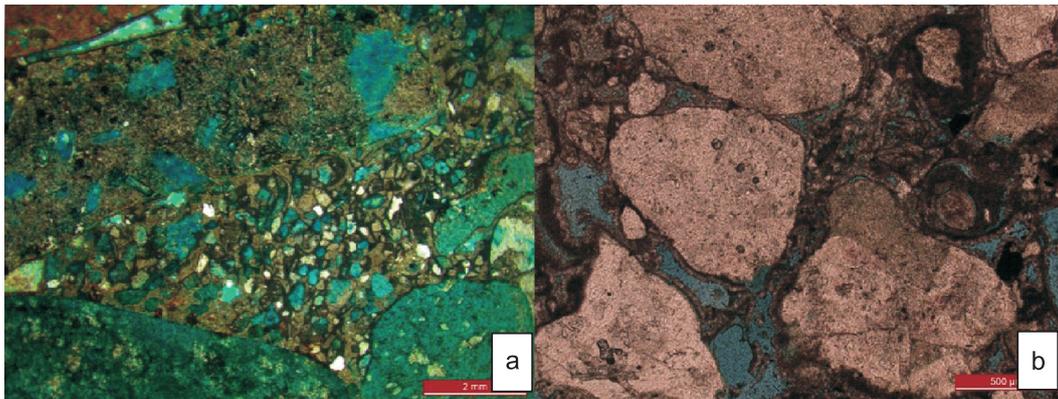


图3 沙河街组砾岩类型

a. 砂岩填隙类砾岩; b 碳酸盐岩填隙类砾岩

Fig.3 Conglomerate types in the Shahejie Formation in the study area

3 储集性特征

3.1 储集空间类型

据 338 块铸体薄片偏光显微镜观察与统计,沙河街组砾岩类储层中孔隙主要以砾石间填隙物中发育的孔隙为主,孔隙类型主要为残余原生孔、粒

间溶蚀扩大孔和粒内溶孔。当砾石间填隙物主要为砂岩时,孔隙类型主要为残余原生孔和长石、岩屑等的溶蚀形成的次生孔隙,其面孔率均值分别为 3.21% 和 3.30% (图 4a、图 5a);当砾石间填隙物主要为碳酸盐岩时,孔隙类型主要为填隙颗粒之间的残余原生孔和体腔孔等,其面孔率均值分别为 2.00%

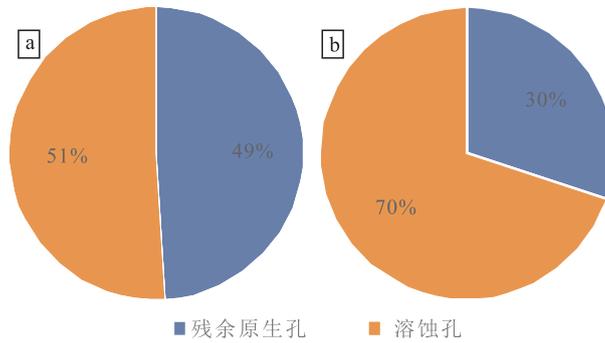


图4 沙河街组不同成分填隙物砾岩类储层孔隙类型

a. E₂s 砂岩填隙类砾岩储层孔隙类型分布直方图; b. E₂s 碳酸盐岩填隙类砾岩储层孔隙类型分布直方图

Fig. 4 Porosity types in the conglomerate reservoirs with different interstitial compositions in the Shahejie Formation

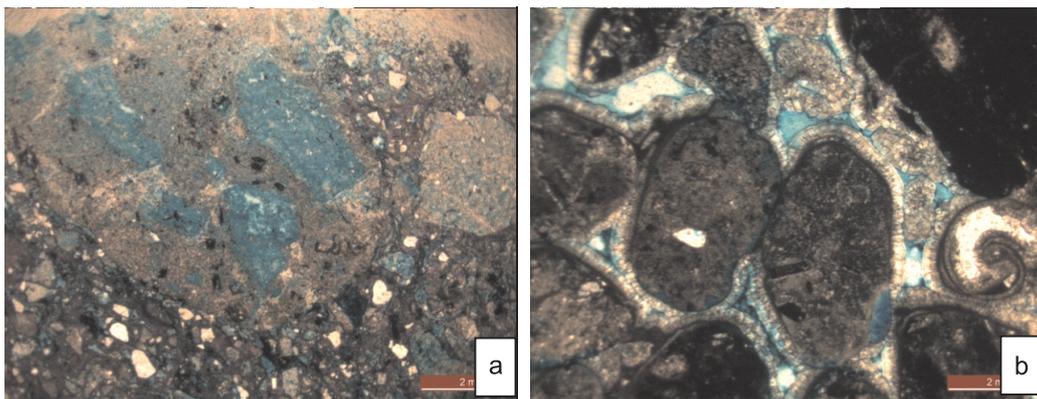


图5 沙河街组砾岩类储层孔隙类型

a. E₂s 砂岩填隙类砾岩储层孔隙类型; b. E₂s 碳酸盐岩填隙类砾岩储层孔隙类型

Fig. 5 Photomicrographs showing the porosity types in the conglomerate reservoirs from the Shahejie Formation

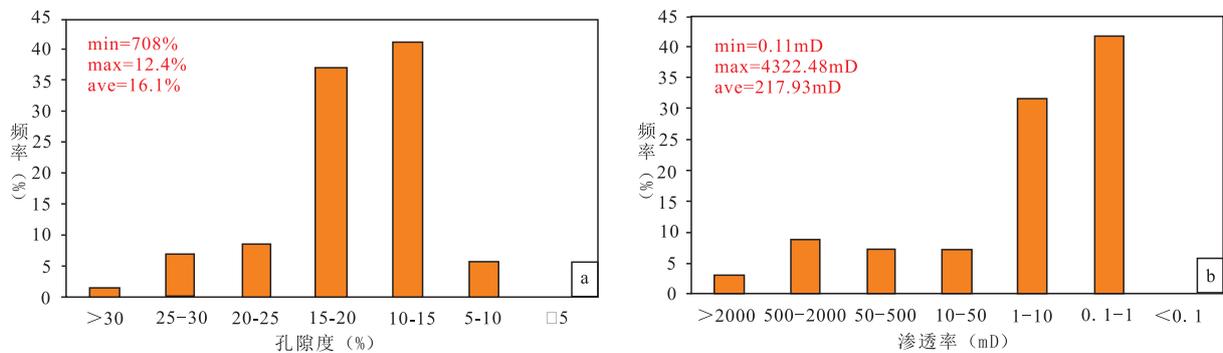


图6 沙河街组砾岩类储层物性分布直方图

a. E₂s 砾岩类储层孔隙度分布直方图; b. E₂s 砾岩类储层渗透率分布直方图

Fig. 6 Frequency histogram showing the distribution of the porosity (a) and permeability (b) of the conglomerate reservoirs from the Shahejie Formation

和 4.58% (图 4b、图 5b)。

3.2 物性特征

根据 149 个砾岩样品物性的分析,研究区沙河

街组砾岩类孔隙度主要分布在 7.8% ~ 32.4% 之间,平均值 16.1% 左右,渗透率主要分布在 0.11 ~ 4322.48mD 之间,平均值为 217.93mD。砾岩孔隙

度表现为明显的单峰分布特征,超过75%的样品孔隙度分布在10%~20%之间,孔隙度大于20%的样品占总样品数的20%左右,而孔隙度小于10%的样品仅有5%,总体显示研究区砾岩类储层中的孔隙以中孔为主^[17](图6a);渗透率分布同样表现为单峰特征,但主要在偏低端元分布,超过70%渗透率低于10mD,其中小于1mD的样品比例超过40%,以低渗为主(图6b)。沙河街组砾岩类储层物性总体以中孔低渗为主,高孔高渗相对较少。在研究区砾岩中,含油气层主要分布在孔隙度大于15%、渗透率大于10mD的砾岩中,即本文重点研究的有利砾岩类储层。

4 有利储层特征

4.1 岩石类型

对比研究区不同砾岩类岩石的物性特征可以

看出,云质砾岩的物性最好,其次是云质砂砾岩和砂质砾岩,其它类砾岩中发育的有利储层很少(图7)。此外,有利的砾岩类储层还主要表现为砾石的磨圆度较好,分选性较好。

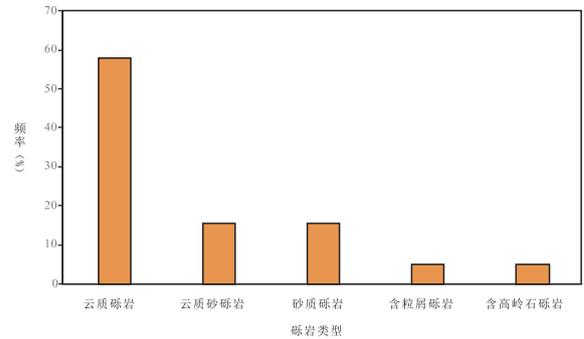


图7 沙河街组优质储层砾岩类型分布图

Fig. 7 Histogram showing the distribution of the high-quality conglomerate reservoirs in the Shahejie Formation

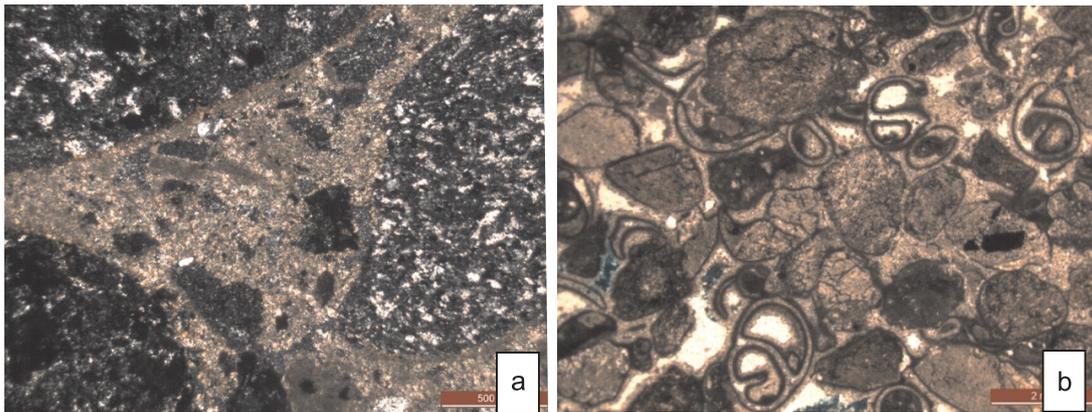


图8 沙河街组填隙物成分不同砾石的粒间孔隙

a. E_{2s} 砂岩填隙类砾石粒间孔隙; b. E_{2s} 碳酸盐岩填隙类砾石粒间孔隙

Fig. 8 Photomicrographs showing the intergranular pore types of the gravels with different interstitial compositions in the Shahejie Formation

4.2 砾石间填隙物特征

砾岩孔渗性与填隙物类型关系最为密切,填隙物中沉积岩岩屑、杂基、泥晶等含量较高时,物性差(图8a),其平均孔隙度为14.88%。以中、细粒砂岩和生物碎屑等为主要填隙物的砾岩中,物性较好(图8b),其平均孔隙度为22.48%,绝大多数有利储层发育在这类砾岩中。当砾岩及其填隙物主要为碎屑岩时,其物性好坏与碎屑成分具有一定的关系,如其中的石英、长石含量越高,储层的物性更好,砾岩中的石英含量与砾岩孔隙度具有正相关关

系(图9)。

4.3 成岩作用及其对物性的影响

研究区砾岩成分复杂,在填隙物种类不同的砾岩中,发生的成岩作用也往往不同。如当填隙物主要为生屑、鲕粒时,则发育包壳、衬垫与充填白云石胶结物(图5b);当填隙物为陆源砂岩时,则发育长石溶蚀、自生石英、自生高岭石等成岩现象(图5a)。砾岩中的建设性成岩作用主要为溶蚀作用和包壳、衬垫白云石。砾岩中主要有两种溶蚀现象:一是砾岩中花岗岩等岩浆岩砾石中的长石斑晶被溶蚀(图

10a),当砾石成分中不具长石斑晶时,砾石中几乎难见溶蚀孔隙发育(图 10b);二是砾石间砂岩填隙物中的被溶蚀(图 8b),如填隙物中砂岩含量高,一般就有较发育的长石溶蚀形成的孔隙。

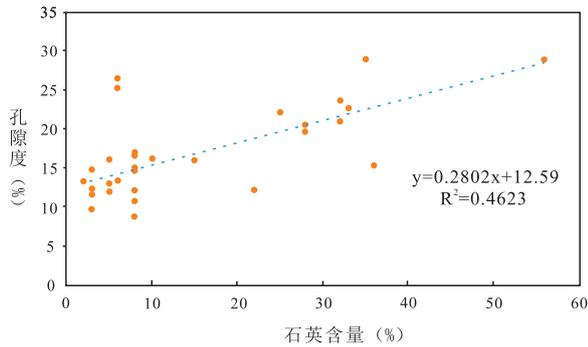


图9 沙河街组砾岩中石英含量与孔隙度关系图

Fig.9 Plot of quartz contents vs. porosity of the conglomerates in the Shahejie Formation

包壳、衬垫白云石由于形成时间较早,发育在颗粒边缘的包壳与衬垫白云石对孔隙起到很好的保护作用,其可以有效地抵御压实作用,减弱压实作用对孔隙的破坏(图 11)。

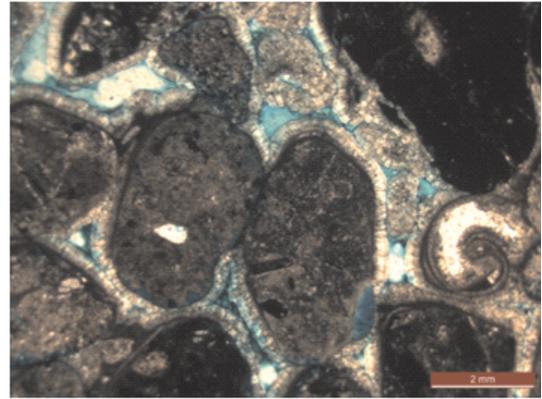


图 11 沙河街组砾岩中发育的包壳、衬垫白云石

Fig. 11 Coated and padded dolomites developed in the conglomerates from the Shahejie Formation

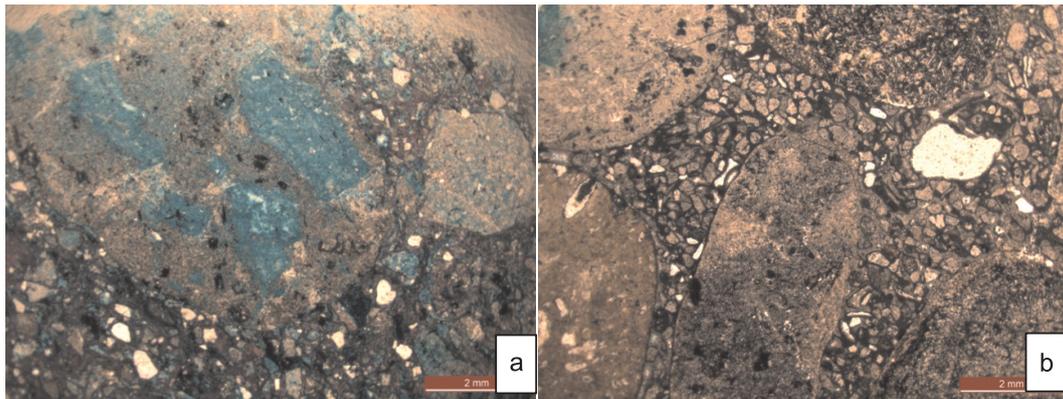


图 10 沙河街组砾岩中砾内溶蚀孔隙

a. 砾石内长石斑晶被溶蚀;b. 砾石成分无长石时粒内溶孔不发育

Fig. 10 Photomicrographs showing the development of the intragranular dissolved pores in the conglomerates from the Shahejie Formation

成岩作用对两种填隙物的砾岩储层的破坏也有差异,如图 12 所示,填隙物为陆源碎屑时,主要受到压实作用破坏;而填隙物为鲕粒时,主要受到胶结作用破坏。

5 结论

研究区内沙河街组砾石类型复杂,主要为以云质砾岩为主,其次为云质砂砾岩。砾岩储层物性较好,平均孔隙度为 16.1%,平均渗透率为

217.93mD。主要孔隙类型为残余粒间孔、生物碎屑体腔孔和溶蚀孔。

砾岩的孔渗性与填隙物类型关系最为密切,当填隙物为碳酸盐岩时,物性相对较好,并以生物碎屑体腔孔为主;当填隙物为碎屑岩时,物性相对较差,孔隙类型主要为长石溶孔。砾岩中砾石的分选与磨圆度也对物性有控制作用,以分选好、磨圆度好的砾石为主的砾岩的物性更好。

研究区成岩作用对储层物性影响较大,在不同

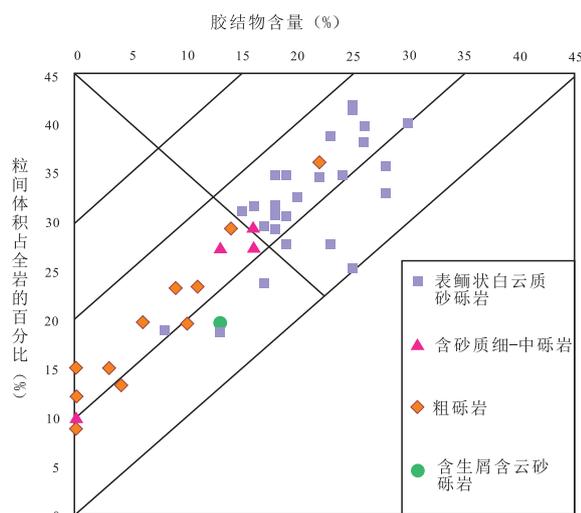


图 12 砾岩负胶结物孔隙度图

Fig. 12 Negative cements porosity diagram of the conglomerates from the Shahejie Formation

类型填隙物组成的砾岩中,发生的成岩作用有较大差异。当填隙物主要为生屑、鲕粒时,主要建设性成岩作用为溶蚀作用与白云石析出作用,主要破坏性成岩作用为胶结作用;当填隙物为砂岩时,主要建设性成岩作用为溶蚀作用,主要破坏作用为压实作用。

参考文献:

[1] 龚育龄,王良书,刘绍文,等. 渤海湾盆地新生界生油岩系底界面温度分布[J]. 地质科学,2008,43(1):1-11.
 [2] 徐守余,严科. 渤海湾盆地构造体系与油气分布[J]. 地质力学学报,2005,11(3):259-265.
 [3] 徐长贵,周心怀,杨波,王昕. 渤中凹陷石南陡坡带构造-岩性复合圈闭的形成及分布规律[J]. 现代地质,2009,23(5):887-893.

[4] 倪军娥,孙立春,古莉,等. 渤海海域石白坨凸起 Q 油田沙二段储层沉积模式[J]. 石油与天然气地质,2013,34(4):491-498.
 [5] 吴磊,徐怀民,季汉成. 渤海湾盆地渤中凹陷古近系沉积体系演化及物源分析[J]. 海洋地质与第四纪地质,2006,26(1):81-88.
 [6] 王瑞飞,何润华,苏道敏,等. 深层砂岩油藏储层孔喉特征参数及预测模型[J]. 地球物理学进展,2016,31(5):2160-2165.
 [7] 操应长,金杰华,王艳忠,等. 东营凹陷北带古近系沙四段砂砾岩体沉积特征及沉积模式[J]. 沉积与特提斯地质,2014,34(4):13-23.
 [8] 谈彩萍,江兴歌,陈拥锋,等. 石油运移成藏有利区预测方法研究——以渤海湾盆地东营凹陷为例[J]. 石油实验地质,2008,30(6):629-635.
 [9] 董月霞,杨赏,陈蕾,等. 渤海湾盆地辫状河三角洲沉积与深部储集层特征——以南堡凹陷南部古近系沙一段为例[J]. 石油勘探与开发,2014,41(4):385-392.
 [10] 谢武仁,邓宏文,王洪亮,等. 渤中凹陷古近系储层特征及其控制因素[J]. 沉积与特提斯地质,2008,28(3):101-107.
 [11] 吴富强,鲜学福. 深部储层勘探、研究现状及对策[J]. 沉积与特提斯地质,2006,26(2):68-71.
 [12] 曲长伟,林春明,蔡明俊,等. 渤海湾盆地北塘凹陷古近系沙河街组三段白云岩储层特征[J]. 地质学报,2014,88(8):1588-1602.
 [13] 祝厚勤,庞雄奇,林世国,等. 东营凹陷岩性油藏主控因素及成藏模式[J]. 沉积与特提斯地质,2006,26(1):74-80.
 [14] 曹鉴华,王四成,赖生华,等. 渤海湾盆地束鹿凹陷中南部沙三下亚段致密泥灰岩储层分布预测[J]. 石油与天然气地质,2014,35(4):480-485.
 [15] 王昕,周心怀,魏刚,等. 勘探阶段成藏动力学研究方法初探[J]. 断块油气田,2010,17(2):177-180.
 [16] 田克勤. 渤海湾盆地地下第三系深层油气地质与勘探[M]. 北京:石油工业出版社,2006.
 [17] SY/T 6285-2011. 油气储层评价方法[S]. 北京:国家能源局,2011.

High-quality conglomerate reservoirs from the Palaeogene Shahejie Formation in central Bohai Bay Basin

ZHANG Jian, WEN Yi, WU Jia-yang, LU Zheng-xiang, XIONG Chen-hao, WANG Xian-dong
(*College of Energy Resources, Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, Sichuan, China*)

Abstract: The Bohai Bay Basin is an important petroliferous basin in eastern China, where the conglomerate reservoirs with good reservoir quality are well developed in the Palaeogene Shahejie Formation in central Bohai Bay Basin. In the light of microscopic examination, physical property, scanning electron microscopy (SEM) analysis and cathodoluminescence images, the present paper focuses on lithology, reservoir capacity and diagenesis of the favourable conglomerate reservoirs in the Palaeogene Shahejie Formation. In a variety of conglomerates, the dolomitic conglomerates have the best reservoir quality, with an average porosity of 16.1% and an average permeability of 217.93 mD. The porosity types are composed dominantly of the primary pores and secondly of the dissolved pores. The primary pores contain intergranular residual primary pores and visceral foramen in bioclastics. The diagenetic types of the conglomerate reservoirs generally depend on the interstitial compositions in the conglomerates. The dissolution of feldspar may be apparently visible in the diagenesis of the sandstone-filled conglomerates, whereas the multiphase dolomite and calcite cements tend to occur in the diagenesis of the carbonate-filled conglomerates. The favourable diagenesis is represented by the early dolomite padding and feldspar dissolution.

Key words: central Bohai Bay Basin; Palaeogene; Shahejie Formation; conglomerate reservoirs; controlling factor