

Characteristics and Genesis of Paleogene Deeply-Buried Sandstones Favorable Reservoirs in the Central Bohai Sea Area

Chao Yin¹, Zhengxiang Lv^{1,2}, Xiuzhang Song¹

¹College of Energy Resources, Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan

²State Key Laboratory of Oil & Gas Reservoir Geology and Exploitation, Chengdu University of Technology, Chengdu Sichuan

Email: 1916302305@qq.com

Received: Mar. 21st, 2018; accepted: Apr. 4th, 2018; published: Apr. 11th, 2018

Abstract

The sandstone reservoir of the Paleogene Lacustrine Shahejie Formation in Bohai is deep in depth, mainly in the middle depth of more than 3000 meters, showing the fan delta depositional system. The main rock types are lithic feldspar sandstone and feldspar lithic sandstone. The high content of feldspar is about 40.39%, and the content of quartz is low, accounting for only 20.39%. In the process of diagenesis, the compaction is generally weak, while the dissolution occupies the main position. Because of the dissolution of feldspar, the formation of authigenic minerals, especially clay minerals and authigenic quartz, plus the filling of carbonate minerals, leads to the continuous decrease of porosity. In general, the sandstone property of the study area is good, and the average porosity is 20.8%, and the permeability is 460.2 mD, which can form good reservoir. On the other hand, through scanning electron microscopy, electron microscopy, fluorescence analysis and other observations, we can understand the characteristics of porosity and permeability of different reservoirs, so as to understand the reasons for forming high-quality reservoirs.

Keywords

Lake Facies, Shahejie Formation, Sandstone Reservoir, Formation Cause of High Quality Reservoir

渤海中部沙河街组深埋藏砂岩中优质储层成因

尹超¹, 吕正祥^{1,2}, 宋修章¹

¹成都理工大学能源学院, 四川 成都

²“油气藏地质及开发工程”国家重点实验室, 成都理工大学, 四川 成都

文章引用: 尹超, 吕正祥, 宋修章. 渤海中部沙河街组深埋藏砂岩中优质储层成因[J]. 地球科学前沿, 2018, 8(2): 215-225. DOI: 10.12677/ag.2018.82022

Email: 1916302305@qq.com

收稿日期: 2018年3月21日; 录用日期: 2018年4月4日; 发布日期: 2018年4月11日

摘要

渤海古近系湖相沙河街组砂岩储层埋深较深, 主要为超过3000米以下的中深层, 表现为扇三角洲沉积体系。主要岩石类型为岩屑长石砂岩和长石岩屑砂岩, 长石含量较高约占40.39%, 石英含量较低, 仅占20.39%。成岩作用过程中, 压实作用总体体现为较弱, 而溶蚀作用占据主要位置。由于长石溶蚀的同时, 自生矿物的形成尤其是粘土矿物和自生石英, 再加上碳酸盐矿物的充填, 导致孔隙度不断地减少。但总体来说, 研究区砂岩物性较好, 平均孔隙度20.8%, 渗透率460.2 mD, 能形成好的储层。另一方面, 通过扫描电镜、电子显微镜、荧光分析等的观察, 了解不同储层孔隙度和渗透率的特征, 其目的是了解形成优质储层的原因。

关键词

湖相, 沙河街组, 砂岩储层, 优质储层成因

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

碎屑岩储层作为中国主要的油气储集层之一, 在油气勘探开发领域拥有着不可替代的地位。砂岩储集层作为碎屑岩储层的一种, 一直扮演着重要的角色, 不管是传统的砂岩储层评价, 还是逐渐发展起来的低孔低渗砂岩储层, 学者的研究从未停止[1] [2] [3]。渤海海域储层类型主要为碎屑岩、碳酸盐岩、混积岩等储层。经过前人的不断努力, 在湖湘碳酸盐岩的研究[4]、砂岩的研究[5]和混积岩的研究[6] [7]上均做出了巨大的贡献。

对研究区砂岩储层而言, 前人已经对储层的评价及控制因素做出了大量的描述[8] [9] [10], 但是, 对于砂岩储层的成因却描述相对较少。而储层的成因的首要元素就是孔隙度, 尽管对于孔隙度已有了大量的描述[11] [12], 不可否认的是, 当在成岩作用过程中时, 分开为压实作用、胶结作用、溶蚀作用和交代作用[13]-[20], 并未考虑孔隙度在成岩作用过程中的动态变化值, 只是主观上分析了砂岩储层的成因。本文不仅描述了成岩作用过程中建设性或破坏性对孔隙的影响, 还客观分析了不同时期孔隙度受到压实作用、胶结作用、溶蚀作用和交代作用影响而产生的变化, 实现对孔隙演化的定量与定时研究。同时, 还从自生矿物类型以及碎屑组分上对不同砂岩储集体进行对比, 以便能更好的指导储层预测和勘探开发。

2. 地质背景

研究区位于渤海海域中部的石臼坨凸起(图 1), 夹持在秦南凹陷、渤中凹陷之间, 向东倾没于渤中凹陷。南边为渤海海域最大的生烃凹陷—渤中凹陷, 油气源充足[7] [21], 在勘探中已发现了较为丰富的油气储量[22], 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 300~400 m 左右, 其上覆地层为古近系东营组(E_3d), 下伏地层为古生代(Pz)或元古代(Pt), 部分地区为孔店组(E_{1-2k}), E_2s 埋深超过

3000 m，主要为微咸水湖泊环境中形成的砂岩、泥岩等碎屑岩沉积[23]-[28]。

3. 沙河街组砂岩储集性特征

铸体薄片偏光显微观察结合扫描电镜 152 个样品观察表明，渤中 E₂s 砂岩中主要的储集空间包括粒间孔、溶蚀孔和其他类型的孔隙(图 2)。其中的粒间孔包括了剩余粒间孔和粒间溶蚀扩大孔，含量最多，均值为 7.32% (图 3)，溶蚀孔包括岩屑、长石等溶蚀形成，其面孔率均值在 5.07% 左右。上述两类孔隙为沙河街组砂岩中最主要的储集空间，此外还包括晶间孔以及少量微裂缝等，但面孔率低，均值仅有 0.02%。

据 129 个砂岩样品物性分析，E₂s 砂岩孔隙度主要分布在 1.8%~40.5% 之间，均值 20.8%，渗透率主要分布在 0.012~6852.48 mD 之间，均值为 460.2 mD，总体来看，储层孔隙度主要分布在 20%~25% 以及 25%~30% 之间，分别占总样品数的 30% 和 26% 左右，其次分布在 15%~20% 之间，占总样品数的 15% 左右，总体显示以中-高孔为主；储层渗透率分布区间及其含量较为复杂，超过 25% 的样品分布在 1 mD 以

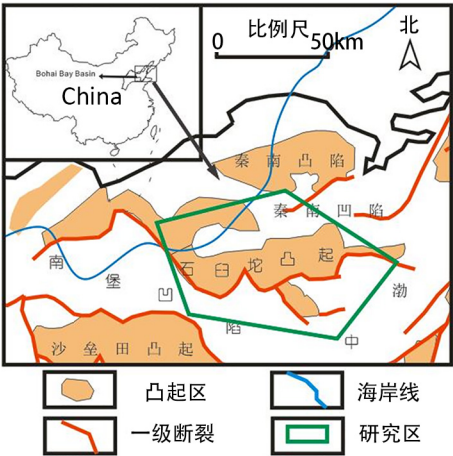


Figure 1. The position structure map of the central study area in the Bohai Bay Basin (according to Lv Zhengxiang, 2015)
图 1. 渤海湾盆地中部研究区位置构造图(据吕正祥, 2015)

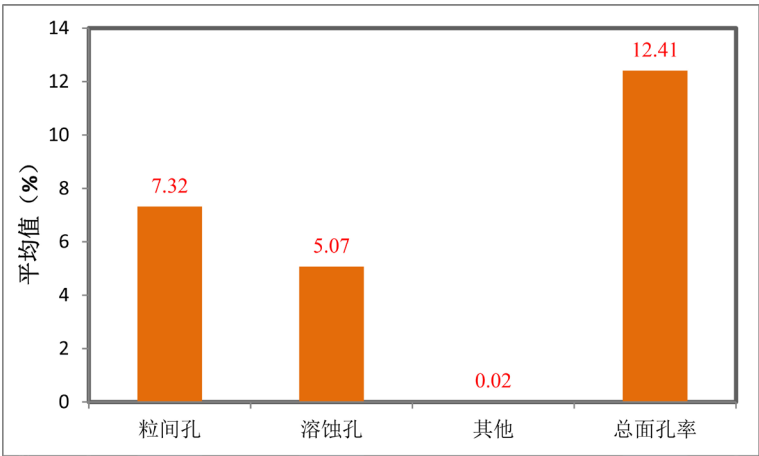


Figure 2. Distribution histogram of pore type of sandstone reservoir in Shahejie formation
图 2. 沙河街组储层砂岩孔隙类型分布直方图

下, 超过 30% 的样品分布在 50 mD 以上, 接近 40% 的样品分布在 1~50 mD 之间, 即有较多的中渗、高渗储层(图 4)。

沙河街组砂岩具有较好的孔渗相关关系, 相关系数达 0.7703, 显示储层渗流通道对储层孔隙度具较强的依赖性, 这与研究区砂岩储层孔隙构成中以粒间孔为主是一致的。在沙河街组砂岩中, 含油气储层主要分布在孔隙度大于 20%、渗透率大于 50 mD 的砂岩中, 为沙河街组砂岩中的优质储层。

4. 优质储层特征

通过对比优质储层与其它储层特征对比, 主要差别在于自身矿物的不同, 例如高岭石和碳酸盐胶结物上。

从岩石结构特征上看, 一般随着岩石分选性变好, 砂岩孔隙度和渗透率均有明显变好趋势, 同时与碎屑粒度也有一定的相关关系, 一般粒度粗的物性更好, 粉砂及其更细粒度的砂岩物性差; 自生矿物类型及其含量对砂岩的物性影响较为明显, 优质储层中的碳酸盐岩胶结物含量与物性成负相关关系(图 5), 而自生矿物中的高岭石含量则与物性成明显的正相关(图 5)。

5. 优质储层发育成因

1) 沉积古环境水动力强

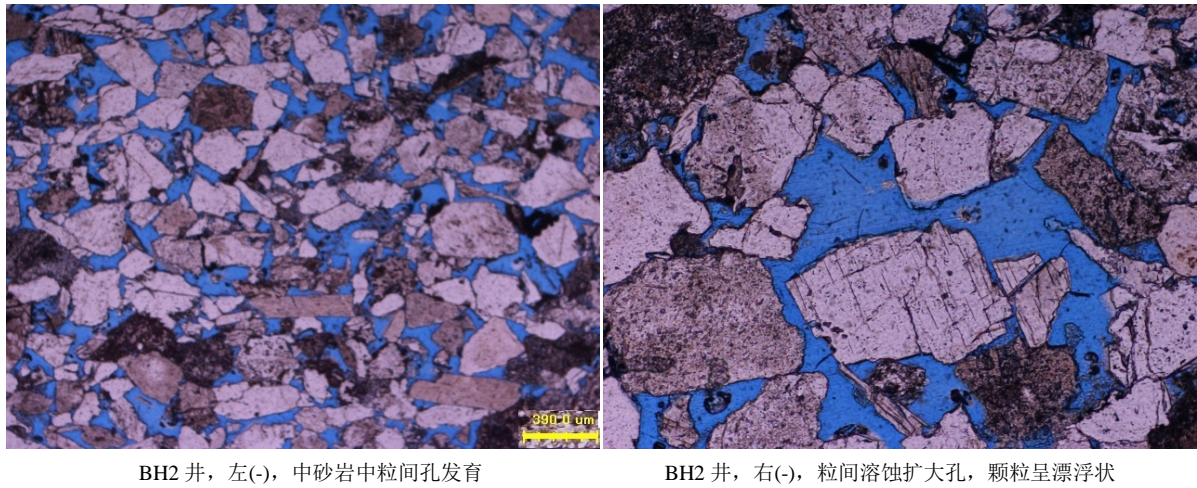


Figure 3. Pore type of sandstone reservoir in Shahejie formation
图 3. 沙河街组储层砂岩孔隙类型

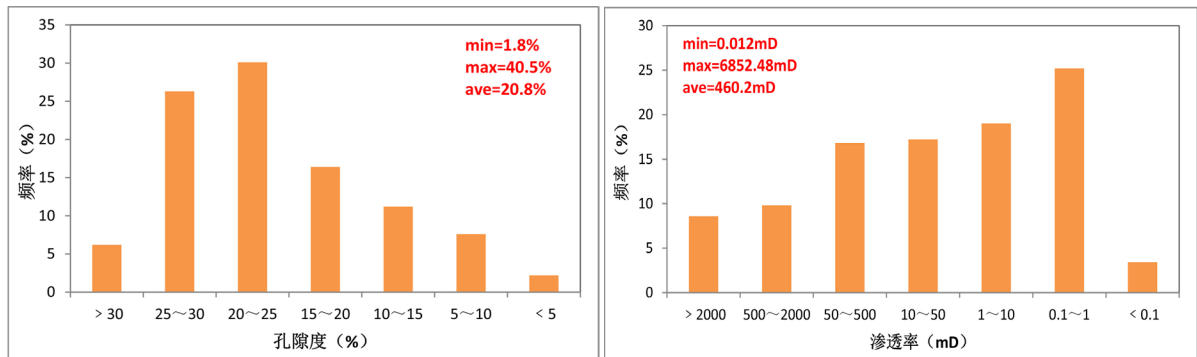


Figure 4. Reservoir sandstone porosity and permeability distribution histogram of Shahejie formation
图 4. 沙河街组储层砂岩孔隙度, 渗透率分布直方图

E_{2s} 的微咸水湖泊环境沉积微相表明优质储层主要在河道和河口砂坝区域发育(图 6), 因为这些地区具有较强的水动力条件, 促使研究区总体分布以较低杂基含量的样品为主, 超过 65% 的样品杂基含量分布在 4% 以下, 平均值则在 3.0% 左右, 砂岩基本上都是低杂基含量的净砂岩(图 7)。

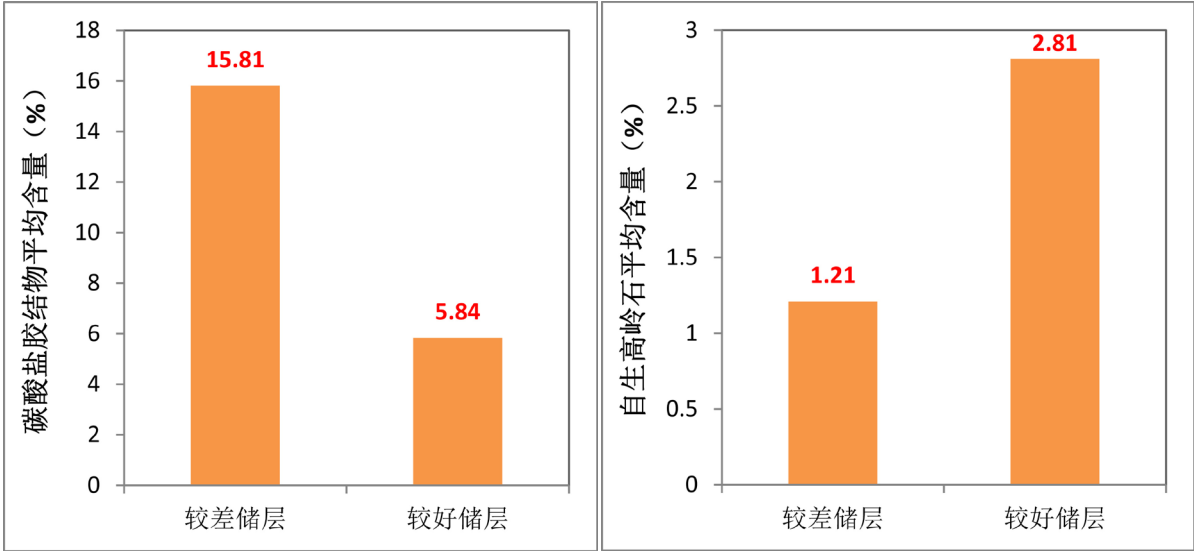


Figure 5. The cement content and autogenic kaolinite difference diagram in different reservoir sandstone reservoirs of Shahejie formation

图 5. 沙河街组不同储集性砂岩储层中胶结物含量、自生高岭石差异图

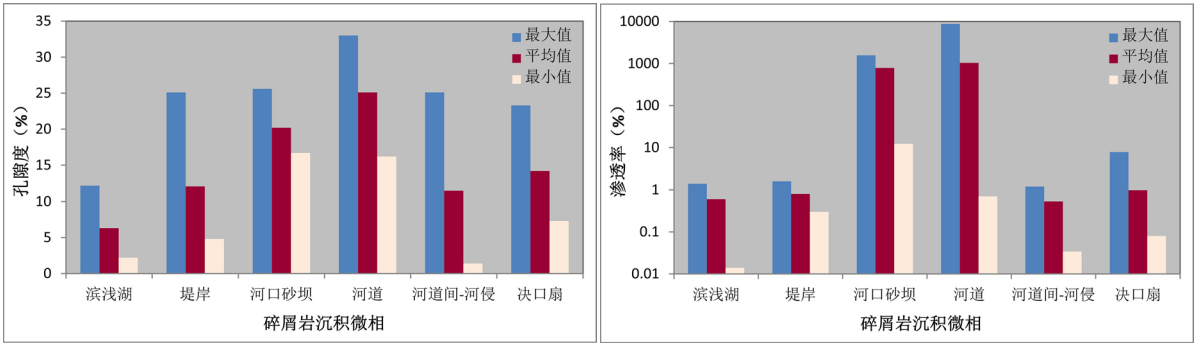


Figure 6. The characteristic map of the physical distribution of different sedimentary microfacies sandstone in the Shahejie formation

图 6. 沙河街组不同沉积微相砂岩物性分布特征图

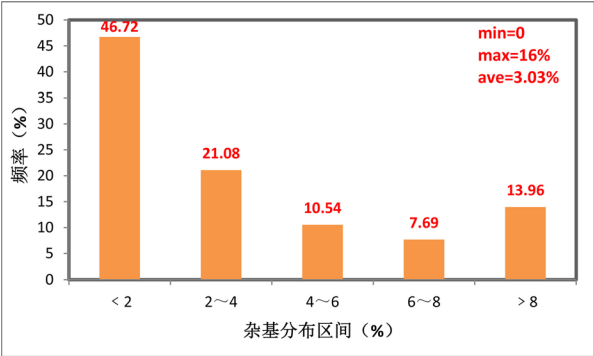


Figure 7. The distribution characteristics of the complex content of the sandstone reservoirs in the Shahejie formation

图 7. 沙河街组砂岩储层杂基含量分布特征

2) 长石溶蚀强

由于溶蚀长石主要是钠长石和钾长石，所以钠长石、钾长石含量是形成溶蚀孔隙的基础，需要陆源碎屑中有大量的钠长石、钾长石。此外，有的溶蚀孔隙为岩浆岩岩屑中的长石斑晶，其主要是花岗岩岩屑。因此，要形成发育的溶蚀孔隙，需要碎屑中有较多的钠长石、钾长石、花岗岩岩屑等。

酸性流体是长石溶蚀必不可少的。由于沙河街组中长石溶蚀主要是无机酸的作用,所以需要沙河街组储层孔隙在早期就有一定的二氧化碳注入,其次就是储层邻近地层中生物或者有机质含量高,在埋藏早期演化过程中可以释放出较多的二氧化碳进入孔隙流体中,为孔隙流体提供充足的氢离子。

在长石溶蚀过程中,虽然形成了孔隙也同时有较多的高岭石(图8)、石英(图9)、伊利石等矿物形成,如果在长石溶蚀时期,储层本身具备一定的渗透性,则溶蚀后的流体可以进一步发生运移,带出溶解形成的新的离子,沉淀到相对低势能区,这样保留的溶蚀孔隙就更多。反之,大量溶解后释放出的离子就在相对封闭的有限空间中容易过饱和,形成新的矿物破坏溶蚀形成的孔隙或者溶孔附近的残余原生孔隙。

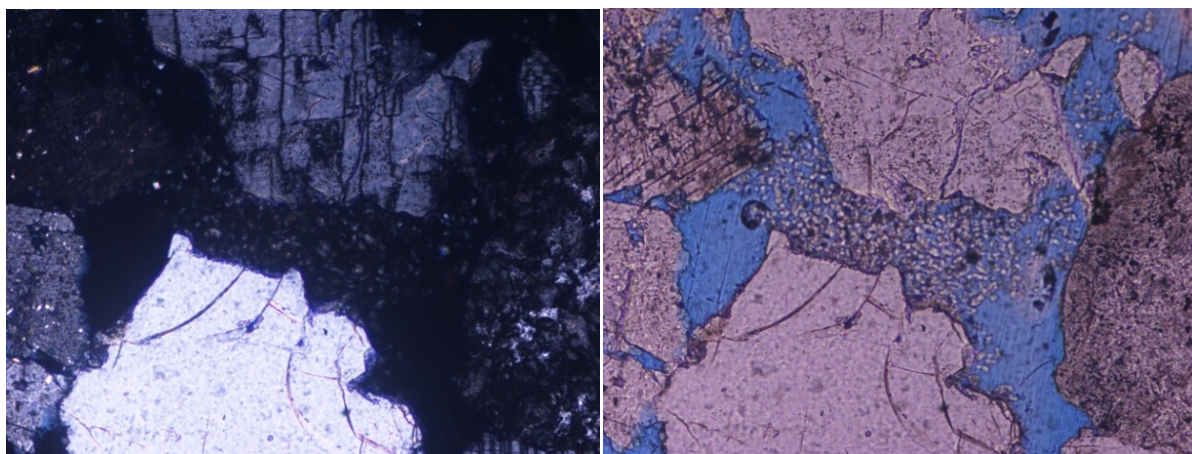
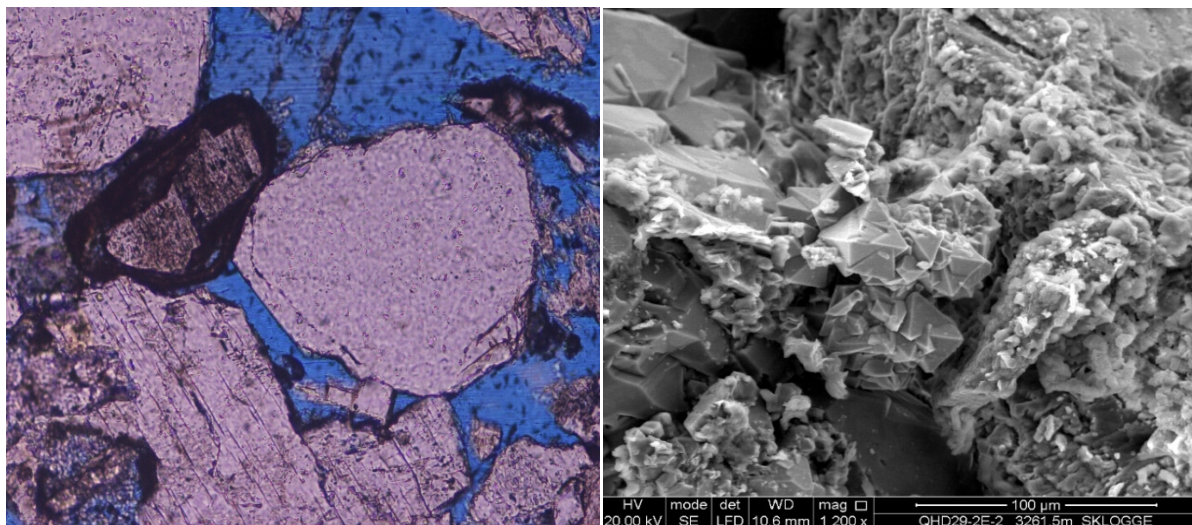


Figure 8. The intergranular dissolution of BH2 well sandstone expands kaolinite filled with holes. Left (+), right (-)

图 8. BH2 井砂岩粒间溶蚀扩大孔中充填的高岭石。左(+), 右(-)



BH2 井砂岩中的石英加大(-)

孔隙充填石英

Figure 9. The intergranular dissolution of BH2 well sandstone expands kaolinite filled with holes. Left (+), right (-)

图 9. BH2 井砂岩粒间溶蚀扩大孔中充填的高岭石。左(+), 右(-)

综上所述：研究区沙河街组砂岩中由于有较发育的长石，在早成岩阶段主要在无机酸的作用下，长石发生了明显的溶蚀作用，形成了发育的溶蚀孔隙以及高岭石、石英等自生矿物；到中成岩阶段，有机质演化到成熟阶段释放出酸性流体，对长石，特别是钾长石进行进一步的溶蚀，有效改善了储层储集性。

3) 早期烃类充注

从显微荧光的发光特征上可以获得有关烃类注入和发生的成岩作用的关系。在砂岩中约有三种不同的显微荧光发光特点，在残余粒间孔、粒间溶蚀扩大孔中多数为褐红色光、暗褐色光，粒内溶孔为黄绿色，有的为亮绿黄色光。而在有的薄片中有同一个粒间溶蚀扩大孔中，高岭石发育的区域发绿色光，而不发育高岭石的区域发褐色光，推测在高岭石形成前后各有一次烃类的注入(图 10)。高岭石形成之前的烃类注入填充了孔隙不仅抵御了压实作用，还抑制了自生矿物的形成。

6. 形成优质储层的长石溶蚀机理

利用偏光显微镜对长石的突起、双晶等光学特征进行了观察，识别出沙河街组中的长石类型主要为斜长石和钾长石。二是对沙河街组储层岩石进行了全岩 X-衍射分析，衍射分析成果进一步表明岩石中发育的长石不是钾长石就是斜长石，或者两者兼具，在碎屑岩、混积岩中，衍射结果表明长石类型绝大多数为钾长石(图 11)。

沙河街组中的长石溶蚀极为普遍，为进一步确定被溶长石的成分特点，选择了部分被溶、未溶长石进行电子探针微成分分析，从分析结果看，钠长石、钾长石均有溶蚀现象，但被溶长石中钠长石的比例高于钾长石(图 12)。

根据探针分析，沙河街组中被溶长石主要为 Al_2O_3 含量高的钠长石、钾长石，将沙河街组中被溶钠长石、钾长石成分与标准钠长石、钾长石的 $\text{NaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ 比较，沙河街组中的被溶钠长石具有低的 $\text{NaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ，钾长石则具有低的 $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ ，也就是与标准计算值比较，两种长石中均具有高的 Al_2O_3 含量；另据长石溶蚀产物高岭石的电子探针微成分分析，部分微成分分布特征与高岭石的赋存状态具有一定的相关关系，如其中分布在粒间孔中的高岭石的 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 较低，而在粒内溶孔中的高岭石的该值较高，即与计算高岭石(或称之为标准高岭石)的 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 比较，粒内溶孔中的高岭石具有更高的 Al_2O_3 含量，推断其原因是由于填充在粒内溶孔中的高岭石是就近的长石溶蚀形成，被溶长石的高 Al_2O_3 导致其高岭石的该值也比较高(图 13)。

根据溶蚀产生的主要产物高岭石、石英、伊利石等的赋存状态、溶蚀前后的自生矿物的形成温度等

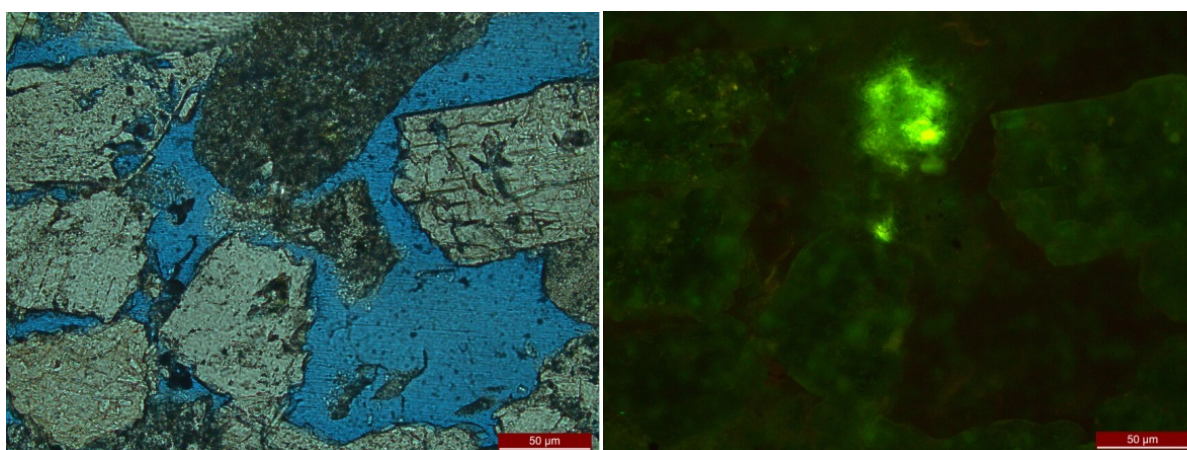


Figure 10. Fluorescence characteristics in BH2 well sandstone, left (-), right (fluorescence)

图 10. BH2 井砂岩中的荧光特征，左(-)，右(荧光)

可以推断长石的溶蚀时期。钠长石溶蚀时期相对较早，钾长石溶蚀较晚。钠长石溶蚀主要在早成岩 B 期发生的溶蚀，溶蚀发生的古温度约在 70℃~85℃；钾长石的溶蚀则主要在中成岩 A 期，温度区间主要在 100℃~120℃。

分析溶蚀前后的自生碳酸盐矿物的同位素特征，无论是早期形成的微晶白云石生物壳体、绝大多数的孔隙衬垫和孔隙充填白云石等的碳同位素均偏正，整体显示出无有机碳的参与作用，但在碎屑岩中发育的交代碎屑颗粒的含铁白云石和方解石，以及少量的孔隙充填白云石的碳同位素偏负，显示出有有机碳的参与(图 14)。进一步分析该地区的交代碳酸盐岩胶结物和溶蚀现象之间的关系，前者主要是在钾长石溶蚀之后发生的，推测钾长石溶蚀也为交代碳酸盐矿物提供了钙镁离子等，在钾长石的溶蚀过程中有有机酸的作用。因此该地区早期钠长石的溶蚀主要是无机酸，即碳酸的作用，钾长石的溶蚀过程中则有有机酸的参与。

根据研究区主要长石类型、长石溶蚀产物特征和溶蚀时间等，推测本地区长石溶蚀作用的主要反应为：

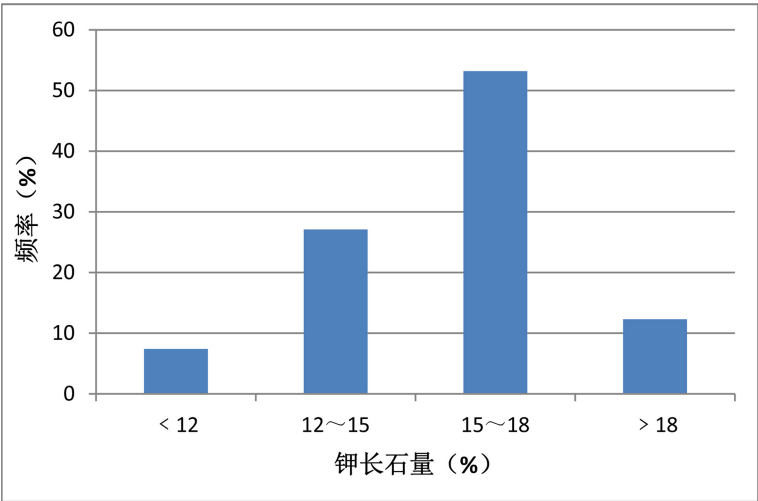


Figure 11. The type of X-diffraction feldspar in clastic rock and its content distribution map

图 11. 碎屑岩中 X-衍射长石类型及其含量分布图

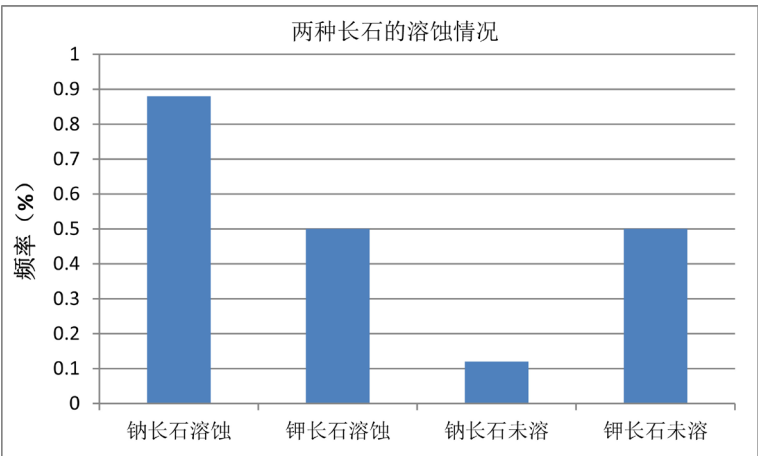


Figure 12. Shahejie Formation dissolving feldspar type and its distribution frequency comparison diagram

图 12. 沙河街组溶蚀长石类型及其分布频率对比图

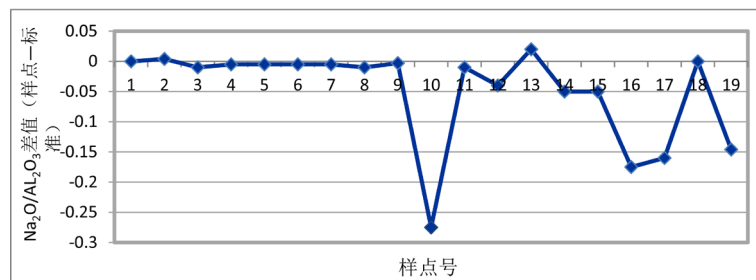


Figure 13. Characteristic map of difference distribution between kaolinite and standard kaolinite $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$

图 13. 样品高岭石与标准高岭石 $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ 差值分布特征图

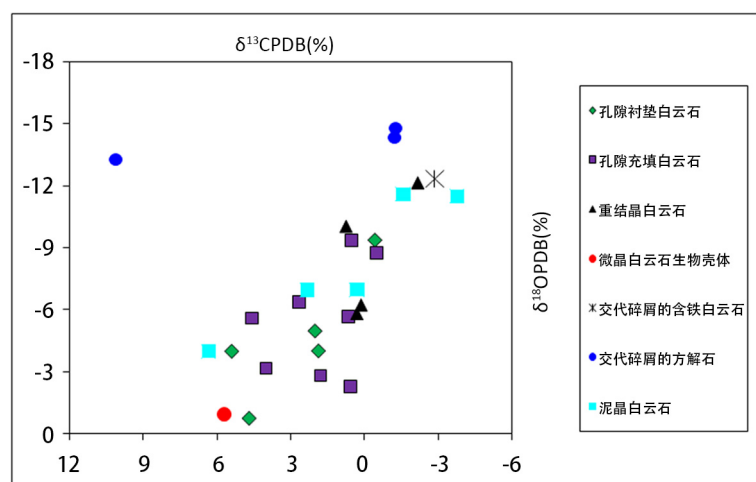
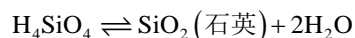
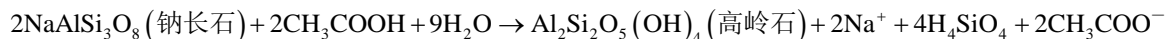
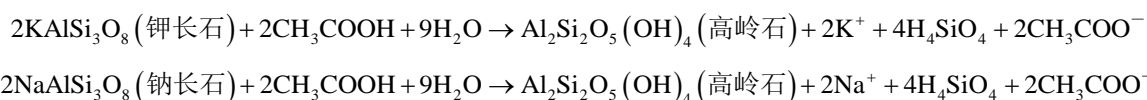
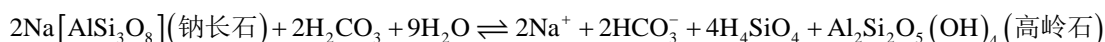
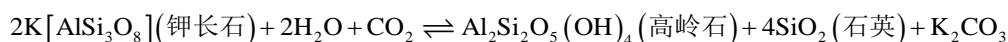


Figure 14. Distribution map of oxygen and carbon isotopes of various carbonate minerals in Shahejie Formation

图 14. 沙河街组各类碳酸盐矿物氧、碳同位素分布图



由上述反应式可见, 长石溶蚀形成了高岭石、石英、伊利石等固体矿物, 其中高岭石无论在显微薄片、阴极发光和扫描电镜中均清晰可见, 而形成的石英较多为细小的晶体充填孔隙中, 由于单个晶体细小, 在显微镜下难以准确识别, 因而在薄片鉴定中含量容易被低估, 从上面的反应式中知道在长石溶蚀形成高岭石的过程中, 也随之有自生石英形成。

研究区沙河街组碎屑岩、混积岩中由于有较发育的长石, 在早成岩阶段主要在无机酸的作用下, 长石发生了明显的溶蚀作用, 形成了发育的溶蚀孔隙以及高岭石、石英等自生矿物; 到中成岩阶段, 有机质演化到成熟阶段释放出酸性流体, 对长石, 特别是钾长石进行进一步的溶蚀, 有效改善了储层储集性。

7. 结论

研究区内沙河街组砂岩主要为岩屑长石砂岩和长石岩屑砂岩。石英含量低,长石和岩屑含量较高,总体表现为快速、风化、搬运距离短和快速埋藏的特点。高长石的含量为埋藏过程中形成较好的孔隙提供了溶蚀条件,是形成优质储层的重要因素。

砂岩杂基含量较低,其中大部分低于4%以下,说明主要处于高能量沉积环境中。同时,颗粒分选中等,主要为次棱角状,胶结类型则主要以孔隙式和孔隙-接触式为主,这都为高孔隙度提供了保障。

优质储层发育的成因与初始的水动力条件有关,水动力较强能使砂岩内杂基含量较少;长石早成岩时期和中成岩时期溶蚀作用有效改善了储层储集性;早期的烃类注入使砂岩保留了较好的孔隙,是形成优质储层的另一个重要原因。

研究区优质储层的较强的水动力条件、长石溶蚀作用、早期的烃类充注等因素表示该地区能形成良好的成藏条件,是形成好油气藏的基础条件。尤其是长石的溶蚀机理表明长石溶孔能提供很好的储集空间。

参考文献

- [1] 刘震,黄艳辉,潘高峰,等.低孔渗砂岩储层临界物性确定及其石油地质意义[J].地质学报,2012,86(11):1815-1825.
- [2] 牛小兵,冯胜斌,刘飞,等.低渗透致密砂岩储层中石油微观赋存状态与油源关系——以鄂尔多斯盆地三叠系延长组为例[J].石油与天然气地质,2013,34(3):288-293.
- [3] 侯瑞云.大牛地气田盒一段低孔渗砂岩储层特征[J].石油与天然气地质,2012,33(3):467-478.
- [4] 姜秀芳.济阳坳陷沙四段湖相碳酸盐岩分布规律及沉积模式[J].油气地质与采收率,2010,17(6):12-15.
- [5] 孙洪斌,张凤莲.辽河断陷西部凹陷古近系砂岩储层[J].古地理学报,2002,4(3):83-92.
- [6] 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.
- [7] 刘志刚,周心怀,李建平,等.渤海海域石白坨凸起东段 36-3 构造古近系沙二段储集层特征及控制因素[J].石油与天然气地质,2011,32(54):832-838.
- [8] 于海波,王德英,王军,等.渤海海域石白坨凸起东段地层岩性油气藏类型及成藏主控因素[J].石油地质与工程,2015,29(4):34-37.
- [9] 王德英,于海波,李龙,等.渤海海域石白坨凸起新近系岩性油藏充满度特征及主控因素[J].油气地质与采收率,2015,22(5):21-27.
- [10] 胡晓庆,范廷恩,王晖,等.厚层复杂岩性油藏的储层精细表征及对开发的影响——以渤海湾石白坨地区 A 油田沙一、沙二段油藏为例[J].石油与天然气地质,2015,36(5):835-841.
- [11] 胡作维,李云,黄思静,等.砂岩储层中原生孔隙的破坏与保存机制研究进展[J].地球科学进展,2012,27(1):14-25.
- [12] 苏奥,陈红汉,曹来圣,等.西湖凹陷砂岩储层异常高孔带分布及成因[J].沉积学报,2014,32(5):949-956.
- [13] 官大勇,王昕,刘朋波,等.渤海海域庙西南凸起沙河街组低渗透砂岩储层特征及控制因素[J].地质科技情报,2013,32(2):58-61.
- [14] 杨华,钟大康,姚涇利,等.鄂尔多斯盆地陇东地区延长组砂岩储层孔隙成因类型及其控制因素[J].地学前缘,2013,20(2):69-76.
- [15] 罗静兰, S. Morad, 阎世可,等.河流—湖泊三角洲相砂岩成岩作用的重建及其对储层物性演化的影响——以延长油区侏罗系—上三叠统砂岩为例[J].中国科学,2001,31(12):1006-1016.
- [16] 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.
- [17] 兰朝利,王建国,周晓峰,等.彭阳油田延长组长 3 段砂岩储层质量控制因素研究[J].岩石学报,2014,30(6):1828-1840.
- [18] 高辉,李天太,解永刚,等.三角洲前缘亚相致密砂岩储层的成岩作用与有利成岩相带:以鄂尔多斯盆地子洲气

- 田山³段砂岩为例[J]. 现代地质, 2013, 27(2): 373-388.
- [19] 钟大康, 漆立新, 云露, 等. 塔里木盆地塔河油田石炭系卡拉沙依组砂岩储层特征与物性控制因素[J]. 地球科学与环境学报, 2013, 35(1): 48-55.
- [20] 官大勇, 魏刚, 王粤川, 等. 渤海海域渤中地区中深层储层控制因素分析——以石臼坨凸起东段陡坡带沙河街组为例[J]. 天然气勘探与开发, 2012, 35(2): 5-12.
- [21] 张国良, 姚长华, 张云慧. 从石臼坨凸起浅层油气的重大发现看渤东地区的勘探潜力[J]. 中国海上油气(地质), 2000, 14(2): 84-92.
- [22] 王应斌, 薛永安, 王广源, 等. 渤海海域石臼坨凸起浅层油气成藏特征及勘探启示[J]. 中国海上油气, 2015, 27(2): 8-16.
- [23] 高红灿, 郑荣才, 陈发亮, 等. 渤海湾盆地东濮凹陷古近系沙河街组层序地层[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(54): 839-850.
- [24] 杨玉卿, 潘福熙, 田洪, 等. 渤中 25-1 油田沙河街组低孔低渗储层特征及分类评价[J]. 现代地质, 2010, 24(4): 685-693.
- [25] 张亚雄, 董艳蕾, 成克男, 等. 黄骅坳陷沙河街组一段碎屑岩沉积特征及构造对沉积的控制作用[J]. 石油与天然气地质, 2015, 36(6): 975-984.
- [26] 朱筱敏, 张守鹏, 韩雪芳, 等. 济阳坳陷陡坡带沙河街组砂砾岩体储层质量差异性研究[J]. 沉积学报, 2013, 31(6): 1094-1104.
- [27] 李德江, 朱筱敏, 董艳蕾, 等. 辽东湾坳陷古近系沙河街组层序地层分析[J]. 石油勘探与开发, 2007, 34(6): 669-676.
- [28] 张大智, 纪友亮, 韩春元, 等. 饶阳凹陷沙河街组辫状河三角洲沉积特征及储集性[J]. 中国地质, 2009, 36(2): 344-354.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2163-3967, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱: ag@hanspub.org