

The Research of Secondary Pore Development Characteristics in Fuyu Oil Layer of Daan Oilfield

Sufeng Chen, Zehan Hao[†]

College of Earth Sciences, Northeast Petroleum University, Daqing Heilongjiang 163318, China

[†]Email: s5s5s585@sina.com

Abstract

The development of secondary pore is advantageous to the distribution, migration and accumulation of oil and gas, so the secondary pore development zone provides both an effective space and a favorable distribution area for oil and gas reservoir. Statistics show that about there are 3/4 sandstone pores among sandstone pores in oil layer of Daan Fuyu oilfield whose development has played a pivotal role in improving the physical condition of low porosity, and low permeability sandstone in this area. Forming the main reservoir space of the sandstone in this area, secondary porosity is made up of dissolved diagenesis and recrystallization whose main types includes intergranular dissolved pore, intragranular dissolved pore and mould pore and dissolved pore and micro pore in cement. The development of numerous micro cracks in oil layer of Daan Fuyu oilfield promoted the formation of late dissolution properties secondary pore, which under the action of underground fluid also improved the tight sandstone reservoir physical property and ultimately changed the tight sand reservoir.

Keywords: Secondary Pore, Development Characteristic, Daan Oilfield, Fuyu Oil Layer

大安油田扶余油层次生孔隙发育特征研究*

陈素凤, 郝泽翰

东北石油大学 地球科学学院, 黑龙江 大庆 163318

摘要: 次生孔隙的发育有利于油气的分布、运移和聚集, 故次生孔隙发育区是油气储集的有效空间, 也是油气藏的有利分布区。统计表明, 大安油田扶余油层砂岩孔隙中约有 3/4 是次生孔隙, 次生孔隙的发育状况对该区低孔、特低渗砂岩物性条件的改善起到了举足轻重的作用。构成本区砂岩主要储集空间的次生孔隙由溶解成岩作用和重结晶作用形成, 主要类型包括粒间溶孔、粒内溶孔、铸模孔隙、胶结物内溶孔及微孔隙。大安油田扶余油层内发育的大量微观裂缝促进了后期溶蚀性次生孔隙的形成, 在后期地下流体的作用下, 提高了致密砂岩储层的物性指标, 使致密储层得到改造。

关键词: 次生孔隙; 发育特征; 大安油田; 扶余油层

引言

储集层的孔隙类型按成因可划分为原生孔隙和次生孔隙。大量数据统计表明, 砂岩中至少有三分之一的孔隙是次生的。随着勘探技术的不断进步, 有关次生孔隙的各项研究成果也层出不穷^[1-2]。吴富强等总结了前人的研究成果, 概括出四种假说来解释次生孔隙的形成机制: CO₂ 碳酸假说、烃类与硫酸盐热化学氧化还原反应假说、有机酸假说和大气降水渗滤说^[3]。刘伟等认为次生孔隙的形成主要与钙质胶结物、长石和岩屑等可溶性物质在酸性环境中的溶解有关, 影响其分布规律的控制因素主要有以下几个方面: 纵向上受烃源

*基金资助: 受国家高技术研究发展计划项目(863计划)(2013AA064903); 国家重点基础研究计划(973计划)前期研究专项(2012CB723102); 国家科技重大专项(2011ZX05008-001-52)支持资助

岩成熟时间控制，这是由于有机质在成熟演化过程中通过热解作用易形成酸性水溶液；平面上受控于酸性水源区平面位置，酸性水源区即烃源岩生油凹陷区，源储距离的远近直接控制着溶蚀作用的强弱；此外，还与砂体所处的沉积相带和构造断裂带密切相关^[4]。次生孔隙分布之广，对其储集物性会产生极大的影响。次生孔隙的发育有利于油气的分布、运移和聚集，对油气的分布具有重要的控制作用，故次生孔隙发育区是油气储集的有效空间，也是油气藏的有力分布区^[5]。

1 研究区概况

大安油田区域构造位置位于松辽盆地南部中央坳陷区大安红岗阶地二级构造带中，本区带处于中央坳陷区和西部斜坡区两个相对升降运动的一级构造单元的过渡带，属于阶地挤压构造油气聚集带，明末构造运动受南东东向的挤压力作用，使基底同生正断层反向逆冲，形成了大安长轴背斜构造圈闭和大安逆断层。研究区位于红岗-大安阶地上的最深洼槽轴线上，东邻松南最好的生油凹陷——大安凹陷研究区。

1.1 岩石学基本特征

研究区内岩石成分中，岩屑和长石含量较区域岩石偏高，石英含量偏低，具有低成分成熟度的特点，为致密储层的形成奠定了物质基础。研究区杂基主要由粘土矿物组成，约占 4%，总体上粒度越细，杂基含量越多，胶结物以碳酸盐、硅质为主，平均含量约 12%，局部出现泥质、钙质偏高的现象（图 1）。

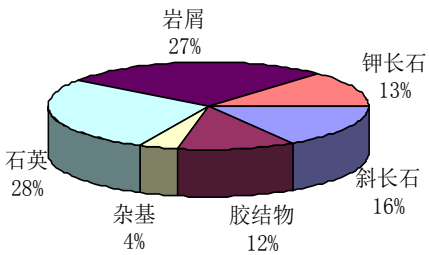


图 1 研究区岩石成分组成饼状图

1.2 岩石物性特征

孔隙性和渗透性是储集层必备的两个特性参数，也是反映岩石储存流体和运输流体能力的重要参数，其中，孔隙度的大小直接影响储集层储存油气的数量，而渗透率的大小则决定了储层储集空间内所含油气的产能^[6]。根据 SY/T 6285-1997 孔渗分级标准，研究区储层岩石渗透率分布在低渗-致密等级，且主要以致密和超低渗为主；孔隙度分布在低孔-超低孔等级，且主要以特低孔和超低孔为主。由此可知研究区储层岩石物性较差（表 1）。

表 1 研究区物性分级标准（SY/T 6285-1997）

渗透率K(×10 ⁻³ μm ²)						
等级	高渗	中渗	低渗	特低渗	超低渗	致密
范围	500≤K<2000	50≤K<500	10≤K<50	1≤K<10	0.1≤K<1	0.01≤K<0.1
比例	0	0	0.7	2.8	55.9	40.6
孔隙度φ(%)						
等级	特高孔	高孔	中孔	低孔	特低孔	超低孔
范围	φ≥30	25≤φ<30	15≤φ<25	10≤φ<15	5≤φ<10	0≤φ<5
比例	0	0	0	4.9	57.3	37.8

2 次生孔隙的成因和类型

经次生作用（如淋滤、溶解、交代、重结晶等成岩作用）所形成的孔隙称为次生孔隙。次生孔隙成因机制复杂，控制次生孔隙发育的因素众多^[7]。统计表明，大安油田扶余油层砂岩孔隙中约有 3/4 是次生孔隙，

次生孔隙的发育状况对该区低孔、特低渗砂岩物性条件的改善起到了举足轻重的作用。尽管部分溶蚀孔隙又被后期含铁碳酸盐胶结物充填，但仍有较多次生孔隙被保留下来，与原生粒间孔隙共同组成石油赋存的主要空间，是形成低孔、低渗背景下优质储层的关键性因素。构成本区砂岩主要储集空间的次生孔隙由溶解成岩作用和重结晶作用形成，主要包括粒间溶孔、粒内溶孔、铸模孔隙、胶结物内溶孔及微孔隙。

2.1 粒间溶孔

粒间溶孔是孔隙边缘的颗粒或者成岩作用早期形成的高岭石、碳酸盐矿物等胶结物在不同 pH 值的地层溶液中部分溶解导致的^[8]，是胶结物或杂基被溶解而形成的（图 2），研究区内的粒间溶孔孔隙多在 100~700 μm 之间。

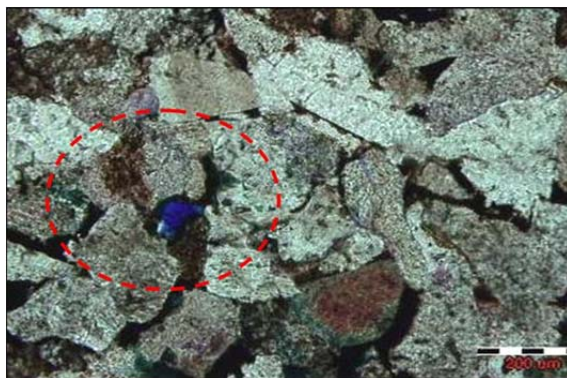
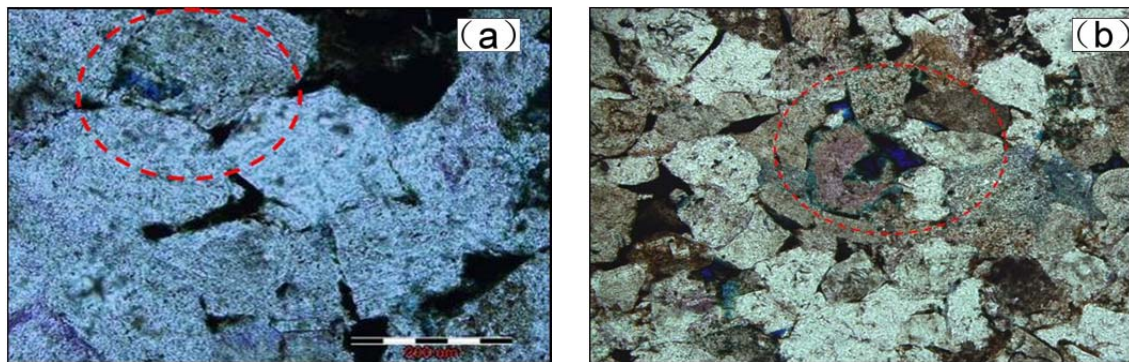


图 2 粒间溶孔铸体薄片照片（大 20-3 井,2132.3m; Φ :7.5%; k :0.09md; D :100 μm ）

2.2 粒内溶孔

粒内溶孔见于易溶的陆源长石、岩屑颗粒内（图 3）。也是一种典型的次生溶蚀孔隙类型。从铸体薄片可以清楚识别粒内孔隙。初期常表现为长石颗粒局部被溶蚀，或者沿长石解理及双晶纹开始溶蚀；中期常使长石颗粒内部溶蚀并呈蜂窝状或不规则的孔洞，长石组分有一半左右被溶蚀掉；孔径多在 50~300 μm 之间。



a.长石粒内溶孔(大 20-3 井,2132.3m; Φ : 7.5%; K : 0.09md; D : 60 μm) b.岩屑粒内溶孔（大 20-3 井,2132.3m; Φ : 7.5%; k :0.09md; D :80 μm ）

图 3 粒内溶孔铸体薄片照片

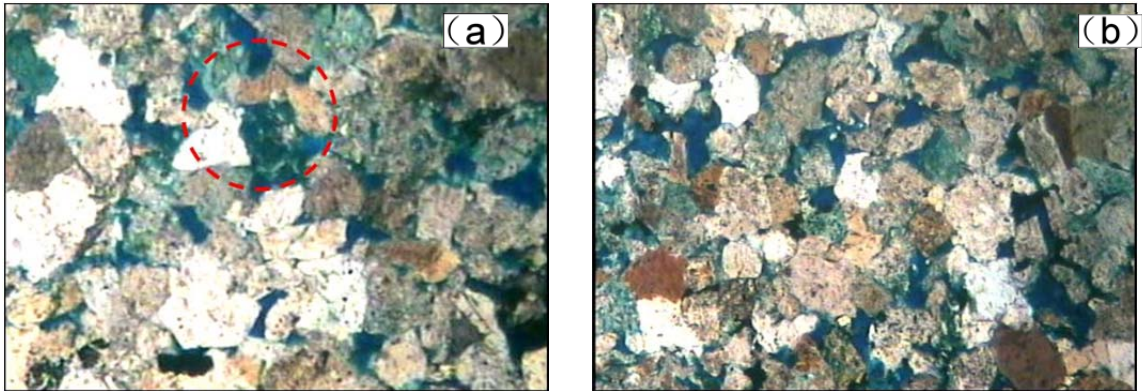
2.3 铸模孔隙

后期溶蚀特征为，颗粒的大部分已被溶蚀掉，若该颗粒外形轮廓、解理缝、岩石结构等自身特征尚可辨识时，称此种空隙为铸模孔隙（图 4）。本区的铸模孔隙有长石铸模孔隙和岩屑铸模孔隙，孔隙直径多大于 100 μm 。

2.4 胶结物溶孔

胶结物被溶蚀形成的一种次生孔隙，本区最常见于碳酸盐胶结物中（图 5）。通过扫描电镜和铸体薄片

观察，碳酸盐胶结物溶孔在本区较为常见。本地区泉头组砂岩储层中，部分层段碳酸盐含量较高。初期溶解作用发生在胶结物与颗粒之间接触边缘，并形成弯曲的窄条状孔隙沿颗粒外缘分布，经进一步溶蚀，残余的碳酸盐可在孔隙中呈不均匀斑点状分布，但仍清晰可辨。孔径一般小于 50 μm 。



a.岩屑铸模孔隙(红 75-1 井, S25 样; Φ :11.6%;k:0.35md;D:230 μm) b.长石铸模孔隙(红 75-1 井,163 号; Φ : 12.4%;k:0.58md;D:190 μm)

图 4 铸模孔隙铸体薄片照片

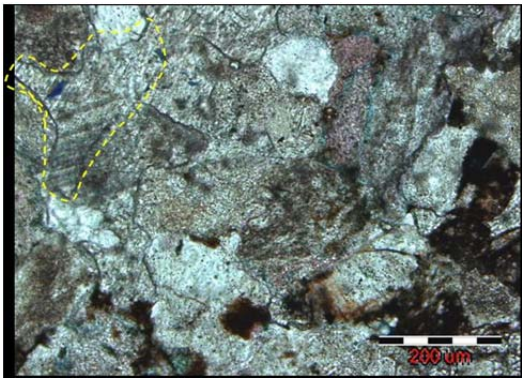
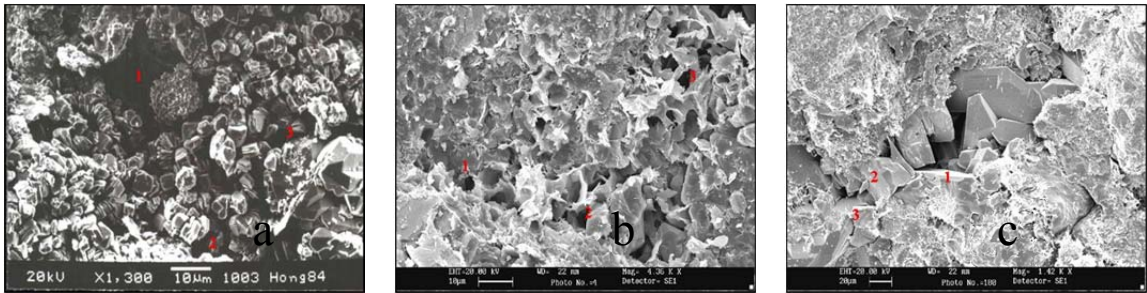


图 5 胶结物内容孔铸体薄片照片(大 20-3 井,2132.3m; Φ : 7.5%;K : 0.09md;D : 20 μm)

2.5 微孔隙

通过铸体薄片、扫描电镜分析，确定研究区微孔隙主要包括杂基内微孔和胶结物内晶间微孔（图 6）。这些微孔隙在铸体薄片较难分辨，在扫描电镜下显示清楚。对比不同扫描电镜照片中的孔隙直径发现，孔隙直径一般小于 20 μm （表 2）。



a.高岭石杂基内微孔(红 75-9-1) b.伊利石胶结物内微孔(红 75-9-1) c.石英胶结物内微孔(大 45-12-16 井)

图 6 微孔隙扫描电镜照片

表 2 微孔隙孔号与直径数据表

	孔号	1	2	3
a	直径/ μm	13.3	4.4	5.5
b	直径/ μm	3.1	4.0	5.1
c	直径/ μm	2.3	8.2	4.5

3 裂缝对次生孔隙的影响

各类微裂缝的存在促进了后期溶蚀性次生孔隙的形成。同时，各类裂缝自身也是良好的储集空间，提高了致密储层的物性指标。大安油田扶余油层内发育的大量微观裂缝自身规模虽然较小，但在后期地下流体的改造作用下，粒内缝、粒缘缝等可发生进一步的溶蚀，造成裂缝局部形成溶蚀性次生孔隙，成为致密砂岩储层中物性较好的储集空间。而层理缝的形成自身就与地下高压流体有关，也更易被流体溶蚀改造，在裂缝的交叉点、转折端及末端分叉处易形成溶蚀型次生孔隙，从而提高了致密砂岩储层的物性指标，使致密储层得到改造（图 7）。

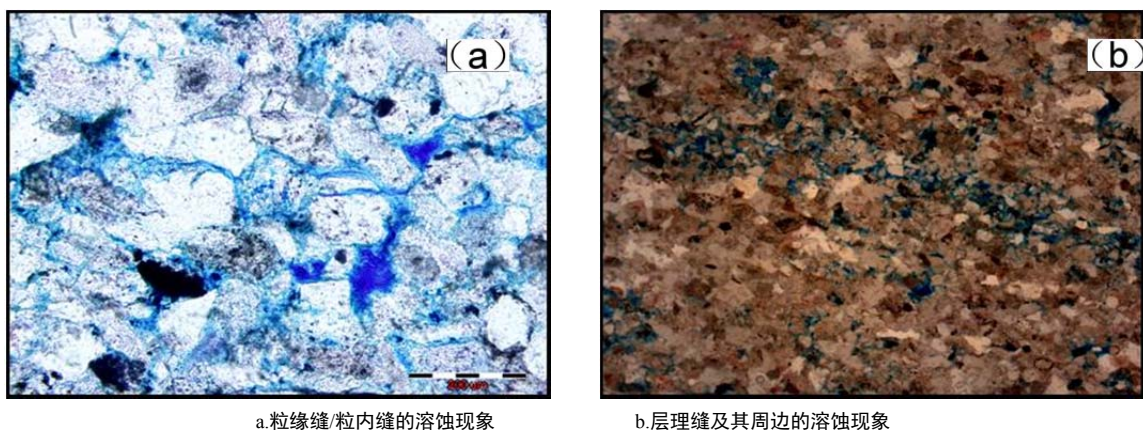


图 7 裂缝对次生孔隙的影响

4 结论

(1)大安油田扶余油层砂岩孔隙中约有 3/4 是次生孔隙，次生孔隙的发育状况对该区低孔、特低渗砂岩物性条件的改善起到了举足轻重的作用。构成本区砂岩主要储集空间的次生孔隙由溶解成岩作用和重结晶作用形成。主要类型包括粒间溶孔、粒内溶孔、铸模孔隙、胶结物溶孔及微孔隙。

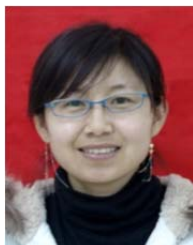
(2)大安油田扶余油层内发育的大量微观裂缝自身规模虽然较小，但在后期地下流体的改造作用下，粒内缝、粒缘缝等可发生进一步的溶蚀，造成裂缝局部形成溶蚀性次生孔隙，成为致密砂岩储层中物性较好的储集空间。

REFERENCES

- [1] Ildar Batyrshin, Leonid Sheremetov, Mikhail Markov, et al. Hybrid method for porosity classification in carbonate formations[J]. Journal of Petroleum Science and Engineering, 2005, 47(1-2): 35-50
- [2] Anthony C. Runkel, Robert G. Tipping, E. Calvin Alexander Jr. et al. Hydrostratigraphic characterization of intergranular and secondary porosity in part of the Cambrian sandstone aquifer system of the cratonic interior of North America: Improving predictability of hydrogeologic properties [J]. Sedimentary Geology, 2006, 184(3-4): 281-304
- [3] Wu Fuqiang, Xian Xuefu, Hu Xue et al. Discussion on the forming mechanism of secondary pores—taking Bonan subsag in Jiyang depression as an example [J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2003, 10(1): 3-5
- [4] Wei Liu, Xiaomin Zhu. Distribution and genesis of secondary pores in Tertiary clastic reservoir in Southwestern Qaidam Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2006, 33(3): 315-318
- [5] Qin Zhang, Dakang Zhong, Xiaomin Zhu, et al. Pore Evolution and Genesis of Secondary Pores in Paleogene Clastic Reservoir in Dongying Sag[J]. Oil & Gas Geology, 2003, 24(3): 282-283
- [6] Jiayu Gu, Hui Fang, Jinhua Jia. Diagenesis and Reservoir Characteristics of Cretaceous Braided Delta Sandbody in Kuqa Depression, Tarim Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2001, 19(4): 518-523

- [7] Shaojun Liu, Shuangfang Lu, Yajin Zhang, et al. New Prediction Technology of the Secondary Porosity Zone and Its Application in the Western Part of Daqing Peripheral [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2011, 02: 207-216
- [8] Han Xu. Reservoir Characteristics and Reservoir-forming Condition of Bedrock Buried Hill in Beizhong Sub-depression [D]. Daqing: Northeast Petroleum University, 2012, 16-17

【作者简介】



陈素凤，女，汉族，硕士研究生，储层地质学方向。Email: s5s5s585@sina.com