

文章编号: 1001- 6112(2002) 04- 0345- 03

# 吐哈盆地三叠系砂岩的孔隙类型 及次生孔隙形成机理探讨

刘爱永, 陈 刚, 刘林玉

(西北大学 地质学系, 陕西 西安 710069)

**摘要:** 依据 X- 衍射、岩石薄片、扫描电镜、岩石物性等分析测试资料, 详细研究并阐述了吐哈盆地三叠系砂岩的储层物性特征、次生孔隙类型及其形成机理。综合分析认为, 吐哈盆地三叠系储层主要为中上三叠统长石质岩屑砂岩, 孔隙类型以次生孔隙为主, 储层物性相对较差, 总体属于中孔- 低渗或低孔- 低渗性储层; 吐哈盆地三叠系砂岩在成岩作用过程中发育形成了较为有利的裂隙- 溶蚀型次生孔隙, 构成该盆地三叠系砂岩储层的主要油气储集空间类型。

**关键词:** 次生孔隙; 成岩作用; 三叠系砂岩; 吐哈盆地

中图分类号: TE122. 1

文献标识码: A

吐哈盆地是新疆维吾尔自治区三大含油气盆地之一, 呈东西向展布于天山北部的觉罗塔格山与博格达山之间(图 1)。该盆地的三叠系地层自下而上主要包括下三叠统烧房沟组( $T_{1s}$ )和韭菜园子组( $T_{1j}$ ), 以及中上三叠统克拉玛依组( $T_{2-3k}$ )、郝家沟组( $T_{3hj}$ )和黄山街组( $T_{3hs}$ )。其中, 克拉玛依组砂岩属滨浅湖一半深湖相三角洲及扇三角洲沉积<sup>[1]</sup>, 其间夹有灰黑色、深灰色泥页岩层, 上部发育灰色、紫红色砂岩及砂质砾岩; 郝家沟组和黄山街组砂岩属浅湖一半深湖相三角洲沉积, 主要由灰色、深灰色泥岩、灰色杂色砂岩及砂质砾岩组成, 上部发育薄煤层。近年来的油气勘探实践初步表明, 中上三叠统( $T_{2-3}$ )是吐哈盆地油气成藏的主要目的层系之一<sup>[2]</sup>。

## 1 岩石物性特征与主要孔隙类型

### 1.1 岩石物性特征

吐哈盆地三叠系储层岩性以长石质岩屑砂岩和岩屑砂岩为主, 其中石英含量 15%~35%, 长石含量 12%~30%, 岩屑含量 40%~70%, 属典型的贫石英岩屑砂岩。钻井岩心的岩石物性测试分析结果表明, 托克逊凹陷中上三叠统砂岩总体属于低孔-低渗和中孔-中渗储层。其中, 上三叠统郝家沟组和黄山街组砂岩孔隙度为 6.2%~17.6%, 平均为 15%, 渗透率一般为  $0.1 \times 10^{-3} \sim 143 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 平均  $32 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ; 中上三叠统克拉玛依组砂岩孔隙度为 7%~14%, 平均为 12%, 渗透率一般为  $0.1 \times$

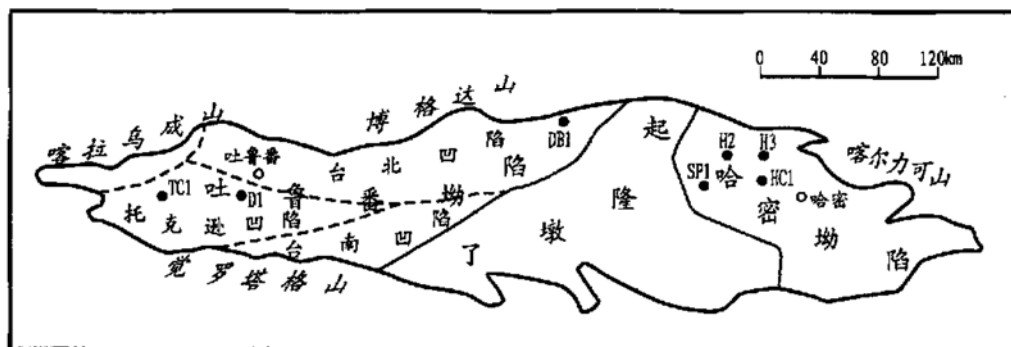


图 1 吐哈盆地构造单元划分图

Fig. 1 Structural unit division of the Tur-Ha Basin

收稿日期: 2001- 07- 02; 修订日期: 2002- 05- 20.

作者简介: 刘爱永(1975-), 男, 河南鹤壁市人, 硕士生, 主要从事盆地构造与油气地质学方面的研究工作。

$10^{-3} \sim 427 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 平均  $32 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。与之相比, 哈密坳陷中上三叠统砂岩的储层物性相对较差, 孔隙度  $\leq 10\%$ , 渗透率  $\leq 1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 总体属于低孔-低渗储层。另据测井解释孔隙度数据分析, 吐哈盆地三叠系砂岩储层的岩石物性总体较差, 其中盆地西部的托克逊凹陷相对较好。

值得注意的是, 吐哈盆地中三叠系砂岩的储层物性虽然总体较差, 但中上三叠统次生孔隙尤其是裂缝型次生孔隙比较发育, 而且裂缝发育段储层渗透性明显提高。托克逊凹陷 TC1 井郝家沟组裂缝发育段砂岩孔隙度最大值为 13.5%, 渗透率最大值达到  $239.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ , 储层物性明显提高, 显示为中高渗储层特性。哈密坳陷 SP1 井郝家沟组裂缝发育段砂岩测井解释孔隙度虽然较低 (1.79%), 但渗透率最大值却达到  $386.82 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ; 托克逊凹陷 D1 井克拉玛依组裂缝砂岩层段测井解释孔隙度 9.1%, 渗透率最大值达到  $105.6 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。因此, 次生孔隙尤其是裂缝型次生孔隙的形成和分布研究, 显然对于吐哈盆地三叠系致密砂岩的储层评价和油气勘探具有重要的现实意义。

## 1.2 主要孔隙类型

### 1.2.1 裂缝孔隙

岩石由于外在的压力作用破碎形成裂隙。哈密坳陷 H3 井郝家沟组和 H2 井黄山街组岩心普遍可见高角度裂隙, 裂隙宽 0.5~3mm, 长几厘米至数十厘米, 但大都被方解石充填。在显微镜下观察哈密坳陷 HC1 井郝家沟组和 H2 井郝家沟-黄山街组砂岩薄片, 发现微裂隙较为发育, 而且主要被沥青充填, 说明这些裂隙是油气运移的通道。哈密坳陷 HC1 井和台北凹陷 DB1 井钻遇三叠系时发生泥浆漏失, 显然是由于钻井过程中钻遇裂隙的缘故。

### 1.2.2 溶蚀孔隙

溶蚀孔是吐哈盆地中上三叠统砂岩的主要储集空间类型, 它们一般与裂隙伴生, 并形成裂隙-溶蚀型次生孔隙组合。郝家沟组、黄山街组以及克拉玛依组都发育有这种孔隙组合。裂隙增强了砂岩的渗透性, 溶蚀孔提高了砂岩的孔隙度, 裂隙与溶蚀孔的存在改善了砂岩的储集物性。

### 1.2.3 残留粒间孔隙

部分原生粒间孔隙被新生矿物充填形成残留粒间孔隙, 但这种孔隙类型在吐哈盆地中上三叠统砂岩储层中的含量较低, 不足以改善砂岩的储集物性。

## 2 次生孔隙的形成机理探讨

研究表明, 吐哈盆地三叠系砂岩的孔隙结构受

成岩作用类型决定。压实作用、胶结作用、破碎作用以及溶蚀作用是影响研究区三叠系砂岩物性及次生孔隙发育程度的主要因素。

### 2.1 压实、胶结作用与原生孔隙的消失

成岩演化过程中, 随上覆沉积物的逐渐增加, 压实作用使得砂岩孔隙度减小<sup>[3]</sup>。压实作用的强度与岩石的结构及埋深有关。吐哈盆地三叠系砂岩主要是岩屑砂岩与长石质岩屑砂岩, 矿物成熟度低, 且岩屑含量为 40%~70%。碎屑岩主要由柔性组分组成, 如凝灰岩、喷出岩、泥岩及云母等。这些碎屑在上覆压力的作用下发生强烈变形<sup>[4]</sup>, 使高含量碎屑遭受强烈的压实并导致大部分原生孔隙消失; 而在柔性组分含量较低的长石质岩屑砂岩中则保存了少量残留粒间孔隙。

胶结作用是指沉积物成岩作用过程中发生的化学沉淀充填作用。根据 X-衍射分析, 吐哈盆地三叠系砂岩中的胶结物主要是新生的粘土矿物、碳酸盐矿物、沸石矿物及少量硅酸盐矿物。粘土矿物主要是伊利石、高岭石、绿泥石、伊-蒙混层以及少量蒙脱石。蒙脱石是早期成岩阶段碱性条件下不稳定凝灰岩和喷出岩碎屑发生强烈化学变质作用的产物<sup>[5]</sup>, 中后期成岩阶段逐渐转变成伊-蒙粘土矿物; 长石含量较高的长石质碎屑砂岩在成岩后期的酸性介质条件下形成高岭石矿物结合体。碳酸岩胶结物主要为杂乱分布的方解石与铁方解石。沸石胶结物主要来源于凝灰岩以及碱性介质条件下中酸性喷出岩的片沸石和浊沸石的分解。胶结物使得三叠系砂岩的原生孔隙消失, 储层物性变差; 但成岩早期的方解石和沸石充填则抑制了压实作用, 为溶蚀孔隙的形成提供了物质基础。

### 2.2 破碎作用与裂缝型次生孔隙的形成

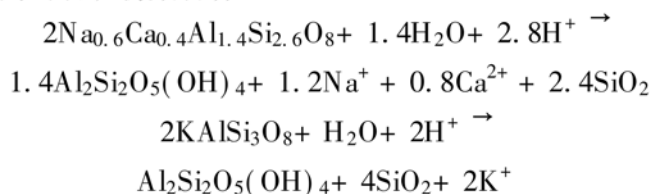
破碎作用是指成岩作用阶段应力作用于脆性岩石并形成裂缝孔隙的作用, 这种作用极易在致密的碎屑岩中发生<sup>[6]</sup>。吐哈盆地三叠系砂岩在压实作用下变得致密, 这为裂缝孔隙的形成提供了重要的物质基础。由于吐哈盆地处于近南北向的构造挤压应力变形带上, 构造运动使得三叠系地层发生强烈褶皱和断层逆冲, 尤其是受盆地北缘博格达构造带的影响, 吐哈盆地形成由北向南的逆冲推覆和褶皱变形<sup>[7]</sup>, 强烈的挤压构造作用使三叠系致密砂岩发生破碎, 从而形成较为发育的裂缝孔隙。

吐哈盆地三叠系砂岩中的裂缝孔隙主要呈不规则状或共轭状分布, 而且砂岩的裂缝孔隙比泥岩更为发育。裂缝孔隙的发育提高了中上三叠统砂岩的渗透性, 为油气运移提供了理想的通道; 但另一方

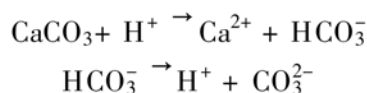
面,裂缝孔隙却有可能使油气发生逸散,对油气藏的保存极为不利。

### 2.3 不稳定成分的溶解与溶蚀型次生孔隙的形成

根据 V. Schmidt 等的成岩作用演化阶段划分方案,吐哈盆地三叠系砂岩处于中期成岩阶段,碎屑岩的伊-蒙混层粘土矿物中蒙脱石含量小于 40%,镜质体反射率  $R_o$  值为 0.54%~1.09% (TC1 井)。在这一成岩阶段,有机质分解形成的有机酸和  $CO_2$  融入孔隙水中使得孔隙水呈酸性,酸性介质通过裂隙进入砂岩并促使其中的不稳定成分发生溶解,因而砂岩溶蚀孔隙的形成必然要求一定量的容纳酸性介质的原生孔隙<sup>[8]</sup>。由于吐哈盆地三叠系岩屑砂岩中稳定碎屑含量低,强烈的压实作用使得原生孔隙几乎消失殆尽,酸性介质难以进入砂岩,从而造成三叠系岩屑砂岩中溶蚀孔隙不够发育;但另一方面,三叠系长石质岩屑砂岩的稳定碎屑含量却相对较高,保存了一定量的容纳酸性介质的原生孔隙,从而使得其中的斜长石和钾长石溶解,形成大量的自生高岭石矿物集合体<sup>[9]</sup>:

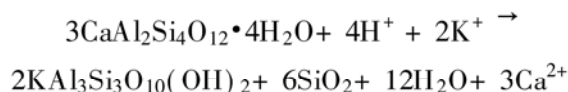


长石碎屑发生溶解从而形成粒间溶蚀孔隙。同时,在酸性介质作用下,成岩作用早期阶段形成的方解石也开始溶解并形成溶蚀孔隙:



$CO_3^{2-}$  随地层水 pH 值升高而解析出来。

在高温高压和酸性介质条件下,吐哈盆地三叠系砂岩中的沸石发生溶解并形成一定量的溶蚀孔隙,同时产生伊利石-石英矿物组合:



此外,吐哈盆地三叠系砂岩中的凝灰岩、喷出岩

和凝灰质喷出岩等不稳定碎屑沉积物在酸性介质条件下发生溶解也能够形成一定量的溶蚀孔隙。上述溶解作用形成的溶蚀孔隙常常与裂隙共生,形成了三叠系砂岩中普遍发育的裂隙-溶蚀型次生孔隙,构成吐哈盆地油气聚集的主要储集空间类型。

## 3 主要结论与认识

综上所述可以看出,吐哈盆地三叠系砂岩的储层物性总体较差,大部分原生孔隙几乎消失殆尽,主要孔隙类型为成岩演化过程中形成的裂隙-溶蚀型次生孔隙。盆地西部托克逊凹陷的中上三叠统砂岩,强烈的压实作用虽然造成其中的大部分原生孔隙趋于消失,但在成岩演化过程中长石质岩屑砂岩却普遍发育,并形成了裂隙-溶蚀型次生孔隙,具有相对较好的储层物性,从而构成吐哈盆地三叠砂岩储层中相对有利的储集空间类型。

### 参考文献:

- [1] 李文厚,林晋炎,袁明生,等.吐鲁番-哈密盆地的两种粗碎屑三角洲[J].沉积学报,1996,14(3):113-120.
- [2] 赵文智,李伟,张研.吐哈盆地鲁克沁稠油藏成藏过程初探与勘探意义[J].石油勘探与开发,1998,25(2):1-3.
- [3] 邸世祥.中国碎屑岩储集层的孔隙结构[M].西安:西北大学出版社,1991.1-6,210-220.
- [4] 罗蛰潭,王允诚.油气储集层的孔隙结构[M].北京:科学出版社,1986.198-225.
- [5] 刘林玉,柳益群,陈刚.吐鲁番坳陷中-上侏罗统碎屑岩中的自生粘土矿物特征及其成岩意义[J].岩石学报,1998,14(2):258-268.
- [6] 陈刚,刘林玉.吐鲁番-哈密盆地丘陵地区油气储集层特征[J].西北地质,1998,19(4):39-44.
- [7] 赵文智,袁非,曾晓明.吐鲁番-哈密盆地的构造特征[J].石油学报,1992,13(3):9-17.
- [8] 刘林玉.吐鲁番-哈密盆地中生界砂岩次生孔隙研究[J].石油实验地质,1996,18(3):317-324.
- [9] 刘林玉,曲志浩,孙卫.新疆鄯善油田碎屑岩中的粘土矿物特征[J].西北大学学报(自然科学版),1998,28(5):443-446.

## DISCUSSION ON THE PORE TYPES OF THE TRIASSIC SANDSTONE IN THE TULUFAN-HAMI BASIN AND THE FORMATION MECHANISM OF SECONDARY PORES

LIU Aiyong, CHEN Gang, LIU Liryu

(Department of Geology, Northwest University, Xi'an, Shaanxi 710069, China)

(to be continued on page 353)

- 区[J]. 石油实验地质, 1994, 16(2): 157.
- [8] 冯增昭. 中国沉积学[M]. 北京: 石油工业出版社, 1994.
- [9] 杨长青. 松辽盆地南部上侏罗—下白垩统层序特征及油气勘探意义[J]. 石油实验地质, 1995, 17(4): 334.
- [10] 刘翠荣, 等. 裂谷盆地的理论模拟——以松辽盆地为例[J]. 石油实验地质, 1996, 18(3): 274.
- [11] 陈志高, 等. 应用专家系统技术评价松辽南圈闭含油气性[J]. 石油实验地质, 1996, 18(4): 424.
- [12] 楼章华. 松辽盆地扶杨油层(K<sub>1</sub>q<sup>3-4</sup>) 沉积环境[J]. 石油实验地质, 1997, 19(1): 71.
- [13] 郭少斌. 松辽盆地南部西部斜坡层序地层油气聚集规律[J]. 石油实验地质, 1997, 19(4): 340.
- [14] 陈建文. 一个大型弧后裂谷盆地的沉积充填模式——以松辽盆地为例[J]. 石油实验地质, 2000, 22(1): 50.

## SEDIMENTARY MICROFACIES STUDY ON THE SECOND AND THIRD MEMBERS OF THE YAOJIA FORMATION IN HAITUOZI AREA, THE SOUTH SONGLIAO BASIN

YANG Ming-da<sup>1</sup>, YANG Ming-hui<sup>2</sup>, LIU Hong-vou<sup>3</sup>, ZHAO Hong-tao<sup>4</sup>

(1. China University of Geosciences, Beijing 100083, China;

2. Beijing Bestfaith Technology Development Co., Ltd., Beijing 100083, China;

3. China University of Mineral Resources, Beijing 100083, China;

4. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Jilin Oilfield, CNPC, Songyuan, Jilin 138001, China)

**Abstract:** Sedimentary facies, sandbody distribution and their control over oil and gas accumulation in the second and third members of the Yaojia Formation in Haituozi area, the Songliao Basin were poorly understood during the process of exploration. In order to solve these problems, the authors deliberately studied sedimentary microfacies, the types of main sandbodies and their distribution in this area by using modern sedimentary and sequence stratigraphy and on the basis of core, logging, seismic and related experimental data. Also, the evolution of sedimentary facies and their control over oil and gas accumulation was summarized, and the pinch-out position of sandbeds and advantageous reservoir zones were pointed out. All these provided technical supports to looking for blind reservoirs in this area.

**Key words:** sedimentary microfacies; the second and third members of the Yaojia Formation; Haituozi area; the South Songliao Basin

(continued from page 347)

**Abstract:** According to the X-ray diffraction, rock thin-section, scanning electron microscope, rock physical property and other testing data, the physical property features of reservoirs and the types and formation mechanism of secondary pores for the Triassic sandstone of the Tulufar-Hami Basin were discussed and expounded in detail. The comprehensive analyses showed that the Triassic reservoirs of the Tu-Ha basin are mainly the Middle-Upper Triassic feldspathic litharenite, and the pore types are dominated by secondary pores. As the reservoirs have relatively poor physical properties, they belong to medium-porosity and low-permeability or low-porosity and low-permeability reservoirs on the whole. During the diagenesis of the Triassic sandstone in the Tu-Ha Basin, the more favorable fissure-solution-typed secondary pores were developed, which constitute the major hydrocarbon-bearing space types of the Triassic sandstone in the Basin.

**Key words:** secondary pore; diagenesis; the Triassic sandstone; the Tulufar-Hami Basin