

阜新盆地沙海组三段浅层致密砂岩 储层特征及成岩作用

刘远征¹, 罗 红², 刘 欣³

(1. 华北水利水电学院 资源与环境学院, 郑州 450011;

2. 重庆川东南地质大队, 重庆 401329; 3. 河南黄河勘测设计研究院, 郑州 450003)

摘 要: 针对阜新盆地浅层致密砂岩气成藏条件, 在对 8 口井砂岩储层测试数据的分析基础上, 研究了沙海组三段砂岩储层物性和沉积-成岩特征。认为阜新盆地沙海组三段砂岩储层为浅层致密砂岩储层, 埋深 < 1500 m, 孔隙度 < 10%, 渗透率 < $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$; 成岩作用控制沙海组三段砂岩的物性特征, 沙海组三段砂岩主要经历压实作用、碳酸盐胶结作用和碳酸盐溶解作用, 成岩阶段主要处于晚成岩 A 期。从而指出沙海组三段浅层致密砂岩储层适合储集来自周围气源生成的天然气, 是盆地浅层致密砂岩气的有利勘探层位。

关键词: 阜新盆地; 致密砂岩; 储层; 成岩作用

中图分类号: P618.130.21 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-1412(2008)01-0077-05

0 引言

致密砂岩储层是指孔隙度 < 10%, 渗透率 < $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 的非常规砂岩储层^[1]。低孔低渗的含气层是非常规气藏的主要存在形式^[2]。长期以来, 由于开采工艺和地球物理探测技术的制约, 这一领域的勘探和开发进展缓慢, 在我国多数气区甚至尚未将致密储层作为勘探目标, 相关的天然气地质研究有待深入。

阜新盆地位于辽宁省中部, 是辽河油田外围的中生代沉积盆地。根据以往的煤田和油气勘探资料^[3-7], 盆地有大量的油气显示。研究表明^[4], 盆地的储层孔渗性较差, 尤其是沙海组三段(以下简称沙三段)砂岩储层孔渗性极差, 对于天然气的储集非常不利。进一步的研究证实由于有丰富的气源, 盆地沙三段致密砂岩储层内可形成浅层致密砂岩气藏^[5,9]。在以上的研究基础上, 随着盆地天然气勘探程度的加深, 有必要深入研究盆地沙三段致密砂岩储层特征及其控制因素, 指导盆地的天然气勘探开发。

1 概况

阜新盆地位于华北地块燕山褶皱带东部郯庐断裂和赤峰-开原断裂夹持的三角地区^[7](图 1)。盆地走向为 NNE 向, 为狭长状地堑, 长约 80 km, 宽 11~22 km, 面积约 1500 km², 为我国东部典型陆相

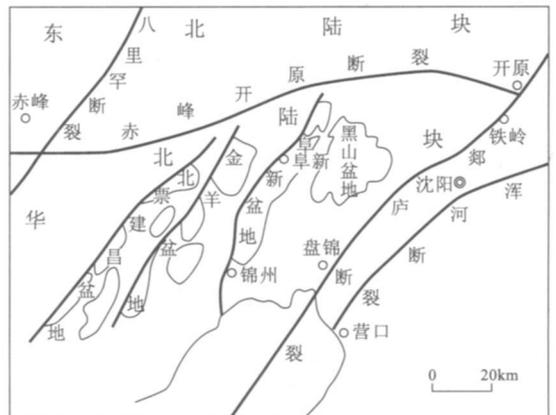


图 1 阜新盆地构造位置(据王伟峰等, 1997)

Fig. 1 Structural location of Fuxin basin

收稿日期: 2006-09-27; 改回日期: 2007-04-12

作者简介: 刘远征(1978-), 男, 辽宁法库人, 助教, 硕士, 地质学专业。E-mail: jji0584@sina.com

断陷盆地^[8]。盆地以太古界、元古界为基底, 盖层为上侏罗统义县组、九佛堂组、下白垩统沙海组、阜新组、孙家湾组和第四系, 缺失上白垩统和第三系。其中, 沙海组四段和三段为主要的生源岩, 沙三段为储集岩, 沙四段为区域盖层, 形成了一套良好的生储盖配置(图2)。

砂体^[5,9], 岩性以粉砂岩最多, 中、细砂岩次之, 粗砂岩、砾岩较少, 夹3个煤层组。

统计表明, 区内砂岩厚度变化较大, 研究区南北两端厚度较小, 中间厚度较大, 最大累积厚度359.96 m, 一般为100~200 m(图3a)。沙三段含砂率>40%, 多为60%~80%(图3b), 以上表明沙三段砂岩储层非常发育。

3 储层岩石学特征

3.1 砂岩的岩石组成和岩石类型

沙三段砂岩碎屑中石英含量为7.6%~26.7%, 长石含量为14.5%~28.8%, 岩屑含量为26.7%~59.1%; 杂基含量为0.5%~29.9%, 以20%以上者为主; 胶结物含量为7.2%~11.6%, 以碳酸盐最为普遍, 其次是高岭石等粘土矿物(表1)。

据龚建明等转引孙洪斌等(1994)所做的砂岩类型三角图判断^[4], 沙三段砂岩类型主要为长石岩屑砂岩和岩屑长石砂岩。砂岩的结构成熟度和成分成熟度较低, 导致砂岩的原始孔隙度低。

3.2 储层物性特征

表2可见, 沙三段砂岩储层的孔隙度大多<10%, 部分超过10%的也多为10%~15%; 有3口井的样品渗透率值全都<1×10⁻³ μm², 其余井有78%~82%的样品都<1×10⁻³ μm², 呈现明显的低孔隙度和低渗透率。

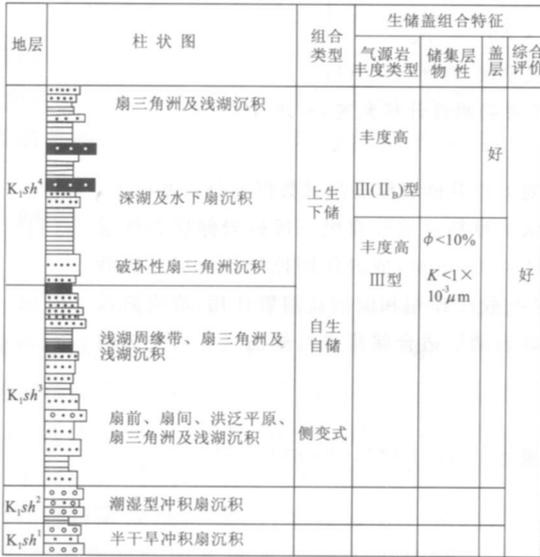


图2 阜新盆地沙海组生储盖组合柱状(据路爱平, 2003)

Fig.2 Gas reservoir histogram of Shahai formation in the Fuxin basin

2 储层类型和展布

盆地沙三段储层主要为冲积扇砂体和扇三角洲

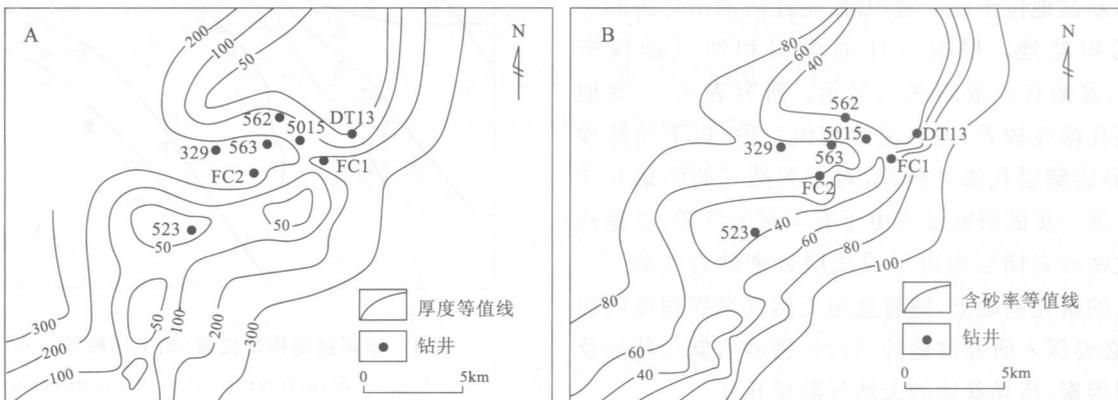


图3 阜新盆地中部沙三段砂岩厚度等值线及含砂率等值线(据东煤107队, 1991)

Fig.3 Thickness contour of sandstone and sand percent contour of K₁sh³ in the Fuxin basin

表 1 阜新盆地沙三段砂岩成分

Table 1 Mineralogy of sandstone of $K_1 sh^3$ in the Fuxin basin

井号	碎屑组分(%)			杂基(%)	胶结物(%)				
	石英	长石	岩屑		碳酸盐	高岭石	菱铁矿	石英	片钠铝石
DT 13	7.6	14.5	59.1	29.9					
329	26.7	25.7	26.7	21.0					
523	23.2	25.0	38.0	21.6					
562	21.8	25.0	33.8	22.7					
563	18.8	21.6	39.9	23.4					
FC1	22.9	28.8	35.3	2.4	10.6	0.0	0.0	少量	偶见
FC2	16.8	26.2	49.3	0.5	6.1	1.1	0.0	少量	偶见
5015	15.0	19.5	48.6	5.4	5.9	4.7	0.9	0.0	0.0

表 2 阜新盆地沙三段砂岩储层物性

Table 2 Physical property of sandstone of $K_1 sh^3$ in the Fuxin basin

井号	样品数	孔隙度(%)					渗透率($10^{-3}\mu m^2$)				
		< 5	5~ 10	10~ 15	15~ 20	> 20	< 1	1~ 10	10~ 100	100~ 1000	> 1000
		分布频率(%)									
FC1	22	41	59				100				
FC2	58	9	25	33	25	7	78	2	12	5	3
329	209	7	32	42			80	5	9	6	
562	60	27	68				100				
563	32	19	47	30	3		82	18			
DT 13	2	100					100				
5015	8	13	75	12			100				

4 成岩作用特征

4.1 机械压实作用

盆地机械压实作用强烈, 该作用主要受埋藏深度、杂基含量、碎屑成分及胶结物等因素影响, 具体表现在: 随埋深增加, 压实作用增强, 孔隙性变差(图 5); 随杂基含量增加, 压实作用增强, 使原生孔隙大大降低^[10](表 1), 砂岩中杂基含量较高, 所以导致该区砂岩物性差; 碎屑中刚性碎屑含量较高时, 压实作用进行得缓慢, 塑性碎屑含量较高时, 压实作用强, 进行得也快, 岩屑含量较高时, 反映此类砂岩中塑性碎屑含量较高^[11], 表 1 中沙三段砂岩的岩屑含量高, 表明塑性碎屑多、压实作用强。

图 4, 随埋深增加, 大致可划分 3 个压实带: 埋深小于 400 m 为弱压实带, 粒间呈点接触, 孔隙较发育, 样品孔隙度几乎都落在 > 10% 范围, 阜新组和沙四段砂岩主要处于该带; 埋深 400~ 1 000 m 为中等压实带, 粒间呈点-线接触, 孔隙发育较差, 样品孔隙度大多 < 10%, 沙三段砂岩主要处于该带; 埋深大

于 1 000 m 为强压实带, 沙一、二段和九佛堂组砂岩主要处于该带。其中 FC2 井沙三段物性明显好于 FC1 井, 分析认为可能主要是 FC2 井离主要物源较远, 搬运距离长导致。

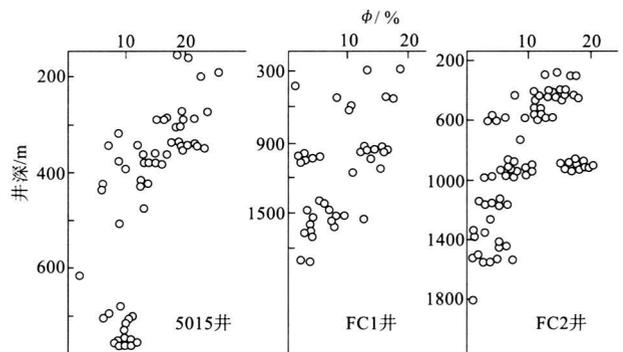


图 4 阜新盆地砂岩孔隙度与埋深关系^[3]

Fig. 4 Relation between porosity and depth of burial of sandstone in the Fuxin basin

4.2 胶结作用

主要通过胶结物实现, 砂岩中胶结物以碳酸盐发育最为普遍, 其次是粘土矿物, 以高岭石为主(表

1)。其中碳酸盐胶结物含量为5.9%~10.6%。碳酸盐胶结一方面堵塞了原生孔隙,但另一方面也抑制了颗粒间的压实^[12]。由图5看出,沙三段砂岩孔隙度与碳酸盐含量呈现明显的负相关;但是渗透率与碳酸盐含量关系不明显,可能主要是碳酸盐的溶解作用导致,也可能由于碳酸盐抑制压实作用,为次生孔隙形成打下基础。

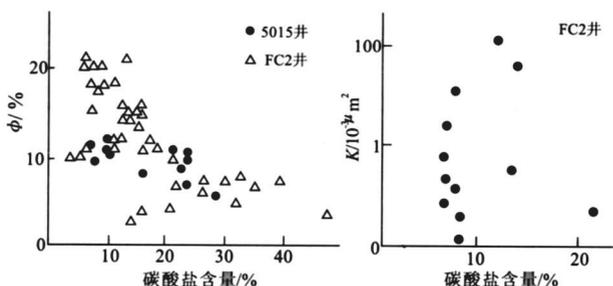


图5 沙三段砂岩物性与碳酸盐含量关系

Fig.5 Relation between physical property and carbonate percent of sandstone of K1sh³ in the Fuxin basin

4.3 溶解作用

由表3可见,盆地溶解作用主要为长石和碳酸

盐溶解,长石局部溶孔量可达到2.1%,碳酸盐局部溶孔量可达到6.5%,溶解产生的次生孔隙可成为主要的孔隙类型,从而改善了储层物性。据研究,我国东北中生代盆地碎屑岩储层的长石和岩屑较多时,反映了此类砂岩中塑性碎屑含量较高,砂岩的原生孔隙和渗透率变差,不利于长石碎屑的溶蚀^[11]。

4.4 成岩序列和成岩阶段

根据以上成岩过程及其关系的分析,盆地沙三段砂岩主要成岩序列为:压实作用→早期碳酸盐胶结→砂岩组分溶解→晚期碳酸盐胶结交代→油气进入。

阜新盆地沙三段埋深400~1000m,有机质镜质体反射率在0.67%~1.51%之间,砂岩成岩作用较强,成岩阶段处于主要处于晚成岩A期,孔隙类型以次生孔隙发育为主。

5 结论

阜新盆地沙三段浅层致密砂岩储层有着特殊的沉积-成岩机制,且控制了该段砂岩储层的物性特征,研究认为:

表3 阜新盆地沙三段储层孔隙组成

Table 3 Composition of porosity of K1sh³ in the Fuxin basin

井号	井深	原生粒间孔	粒内溶孔		碳酸盐溶孔	杂基溶孔	微孔隙	f (%)	K (10 ⁻³ μm ²)	碳酸盐含量 (%)
			长石	岩屑						
FC2	877.95	2.5	1.4	0.6	3.0	0.5	12.5	20.0	21.0	6.2
	878.25	3.5	1.5	1.0	4.0	0.5	9.6	20.1	51.0	7.7
	878.65	2.0	2.1	0.9	2.5	1.0	9.4	17.9	50.0	6.8
	907.55	6.0	2.0	0.5	6.5	0.5	3.0	18.5	518.0	7.7
FC1	550.00	0.0	0.3	0.2	0.0	1.0	6.9	8.4	< 1	0.0
	974.00	0.0	0.7	0.3	0.0	0.8	6.3	8.1	< 1	0.0
DT13	807.00	0.0	0.2	0.0	0.4	0.0	5.4	6.0	0.03	14.4
	876.31	0.0	0.5	0.2	0.0	0.0	4.0	4.8	0.14	6.4

(1) 沙三段砂岩储层主要为冲积扇-扇三角洲沉积产物,储层类型以扇三角洲砂体为主。

(2) 沙三段砂岩中以岩屑和长石碎屑为主,类型主要为长石岩屑砂岩和岩屑长石砂岩,砂岩的结构成熟度和成分成熟度较低。

(3) 沙三段砂岩物性较差,孔隙度大多<10%,渗透率多<1×10⁻³μm²,埋深<1500m,表现出典型的浅层致密砂岩特征。

(4) 沙三段砂岩主要经历压实作用、碳酸盐胶结作用、碳酸盐和长石溶解作用,主要处于晚成岩A期,成岩作用控制了沙三段砂岩的物性特征。

参考文献:

- [1] 戴金星,裴锡古,戚厚发. 中国天然气地质学(卷一)[M]. 北京:石油地质出版社,1992. 190-206.
- [2] Spencer C W. Review of characteristics of low-permeability gas reservoirs in Western United States [J]. AAPG Bulletin, 1989, 73(5): 613-629.
- [3] 朱志敏,沈冰,路爱平,等. 阜新盆地白垩系阜新组煤层气系统[J]. 石油勘探与开发, 2006, 34(2): 181-186.
- [4] 龚建明,温珍河,戴春山. 阜新盆地的储层特征及其勘探方向

- [J]. 海洋地质与第四纪地质, 1998, 18(2): 81-90.
- [5] 朱志敏, 崔洪庆, 宋文杰. 阜新盆地东梁区浅层天然气成藏特征[J]. 天然气工业, 2006, 26(4): 18-20.
- [6] 朱志敏, 沈冰, 孙祥. 阜新盆地东梁区浅层致密砂岩气源岩特征[J]. 地质找矿论丛, 2007, 22(1): 71-75.
- [7] 王伟锋, 陆诗阔, 孙月平. 辽西地区构造演化与盆地成因类型研究[J]. 地质力学学报, 1997, 3(3): 81-89.
- [8] 李思田. 断陷盆地分析与煤聚集规律[M]. 北京: 地质出版社, 1988. 14-44.
- [9] 路爱平. 阜新盆地构造演化沉积环境与非煤能源矿产评述[J]. 辽宁工程技术大学学报, 2003, 22(5): 606-608.
- [10] 张金亮, 司学强, 梁杰, 等. 陕甘宁盆地庆阳地区长 8 油层砂岩成岩作用及其对储层性质的影响[J]. 沉积学报, 2004, 22(2): 225-233.
- [11] 史基安, 王琪. 影响碎屑岩天然气储层物性的主要控制因素[J]. 沉积学报, 1995, 13(2): 128-139.
- [12] 李忠, 寿建峰, 王生朗. 东濮凹陷砂岩储层成岩作用及其对高压致密气藏的制约[J]. 地质科学, 2000, 35(1): 96-104.

CHARACTERIZATION OF SHALLOW TIGHT SANDSTONE RESERVOIR AND DIAGENESIS OF K_1sh^3 IN THE FUXIN BASIN

LIU Yuan-zheng¹, LUO Hong², LIU Xin³

(1. College of Resource and Environment, North China university of water conservancy and electric power, Zhengzhou 450011, China; 2. Geological Team of Southeastern Sichuan;

Chongqing General Corporation of Geology and Exploration, Chongqing 401329, China;

3. Reconnaissance Design & Research Institute of Yellow River Henan Bureau, Zhengzhou 450003, China)

Abstract: Study of test data of sand reservoir from 8 wells and physical property and sedimentary-diagenesis of K_1sh^3 directed to formation and reservoir condition indicate that the K_1sh^3 reservoir is a shallow tight sandstone reservoir in Fuxin basin with buried depth of < 1300m and porosity of < 10% and permeability of < $1 \times 10^{-3} \mu m^3$. Diagenesis controls physical property of K_1sh^3 . The K_1sh^3 reservoir was exposed to compact, cementation and dissolution of carbonate. The diagenesis is dominated by late diagenesis. The shallow tight K_1sh^3 is favorable for reservoir of gas from the surrounding source of natural gas thus is the gas exploration target.

Key Words: Fuxin basin; tight sandstone; reservoir; diagenesis