

文章编号: 1001-6112(2010)01-0041-05

柴北缘南八仙油田储层特征与综合评价

姜福杰^{1,2,3}, 武 丽^{1,2}, 李 霞⁴, 马中振⁵

(1. 中国石油大学 油气资源与探测国家重点实验室, 北京 102249;

2. 中国石油大学 盆地与油藏研究中心, 北京 102249; 3. 新疆大学 地质与勘查工程学院, 乌鲁木齐 830046;

4. 新疆油田公司 勘探开发研究院, 新疆 克拉玛依 834000; 5. 中国石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要:柴北缘南八仙油田有近 50 年的开发历史, 储层的综合评价对于剩余油的挖潜具有重要的意义。南八仙油田第三系储层岩石类型以长石砂岩和岩屑长石砂岩为主, 碎屑成分中杂基、胶结物含量较高; 孔隙类型主要为原生孔隙和次生溶孔, 分选较好; 储层成岩作用相对较弱, 碳酸盐析出是减少原生孔隙的重要因素; 孔隙类型以粒间孔为主, 喉道以弯片状一片状组合类型为主。储层物性为中孔—中渗类型, 连通性较好; 成岩相主要为早成岩 B 期, 有利于次生溶孔的发育。应用聚类分析方法对储层综合评价表明, 南八仙油田内Ⅲ类储层所占比例最大, 其次为Ⅱ类储层, I 类储层比例相对较小。

关键词:聚类分析; 孔隙结构; 成岩作用; 储层特征; 南八仙油田; 柴达木盆地

中图分类号: TE122.2

文献标识码: A

RESERVOIR CHARACTERISTICS AND COMPREHENSIVE EVALUATION OF NANBAXIAN OILFIELD IN NORTH MARGIN OF THE Q Aidam BASIN

Jiang Fujie^{1,2,3}, Wu Li^{1,2}, Li Xia⁴, Ma Zhongzhen⁵

(1. State Key Laboratory for Petroleum Resource and Prospecting, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

2. Research Center of Basin and Reservoir, China University of Petroleum, Beijing 102249, China;

3. College of Geology & Prospecting Engineering Program, Xinjiang University, Urumqi, Xinjiang 830046, China;

4. Research Institute of Exploration and Development of Xinjiang Oilfield Company, Karamay, Xinjiang 834000, China;

5. Research Institute of Petroleum Exploration and Development, PetroChina, Beijing, 100083, China)

Abstract: Reservoir comprehensive evaluation has great meaning for residual oil development in Nanbaxian Oilfield, locating in north margin of the Qaidam Basin, which has been developed for more than 50 years. Feldspar sandstone and debris-arkosic sandstone are the main rock types of the Tertiary reservoir sandstone with high matrix and cement content in detritus in Nanbaxian Oilfield. Well sorted original pore and secondary dissolved pore are the main pore types. Reservoir diagenesis is relatively weak. The separate out of carbonate is the main factor for original pore decrease. Intergranular porosity is the main pore type, which is connected by bend sheet-sheet shape pore throat. The reservoir has middle porosity-middle permeability and well connectivity. Diagenetic facies is early B period, which is favorable for the development of secondary dissolved pores. Comprehensive reservoir analysis by cluster analysis method showed that reservoir type in Nanbaxian Oilfield was mainly type III, the next was type II, while type I was relatively small.

Key words: cluster analysis; pore structure; diagenesis; reservoir characteristic; Nanbaxian Oilfield; Qaidam Basin

南八仙油田位于柴达木盆地东北部, 西北紧邻冷湖七号构造, 东与马海构造相邻, 南以陵间断裂与伊克雅乌汝凹陷为界^[1-3]。截至目前, 在古近系和新近系地层中普遍发现了工业油气流和油气显示^[4], 展现了良好的勘探前景^[5-6]。

1 储层特征

1.1 储层岩石学特征

南八仙油田储集层从下到上分为路乐河组(E_{1+2})、下干柴沟组下段(E_3^1)、下干柴沟组上段(E_3^2)、

收稿日期: 2009-04-08; 修订日期: 2009-12-14。

作者简介: 姜福杰(1979—), 男, 博士, 讲师, 主要从事石油地质方面的研究。E-mail: jiangfjwl@163.com。

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2006CB202300)和新疆维吾尔自治区高校科研计划青年教师科研启动基金(Xjedu 2008S09)。

上干柴沟组(N₁)、下油砂山组(N₂)以及上油砂山组(N₃)^[7-8]。碎屑成分特征及含量变化如下:石英含量一般在 13%~62.5%,平均值为 45.2%;长石主要为甲长石和斜长石,含量在 8%~43%之间,平均值为 22.8%;岩屑含量变化范围较大,为 6.2%~40%,平均值为 21.3%;杂基含量变化范围为 6.4%~26.9%,平均值为 15.8%;胶结物以方解石为主,根据 X—衍射资料及化学分析可知其变化范围为 0%~63.7%,平均值为 19.3%,变化大,含量高,并在不同层段分布不均匀(图 1)。

1.2 储层的孔隙结构特征

南八仙油田储层的储集空间主要是孔隙,少见裂缝。孔隙包括原生粒间孔、残余粒间孔、粒内溶孔、粒间溶孔、晶内溶孔、晶间溶孔等类型;裂缝主要是碎屑颗粒的张开缝以及方解石等晶体的解理纹(图 2)。在各类孔隙中原生粒间孔、残余粒间孔及粒内溶孔是比较常见且全井段均有发育,随成岩作用增强,纵向上有明显的分带现象。喉道的类型主要有片状、弯片状和管束状,其中以弯片状一片

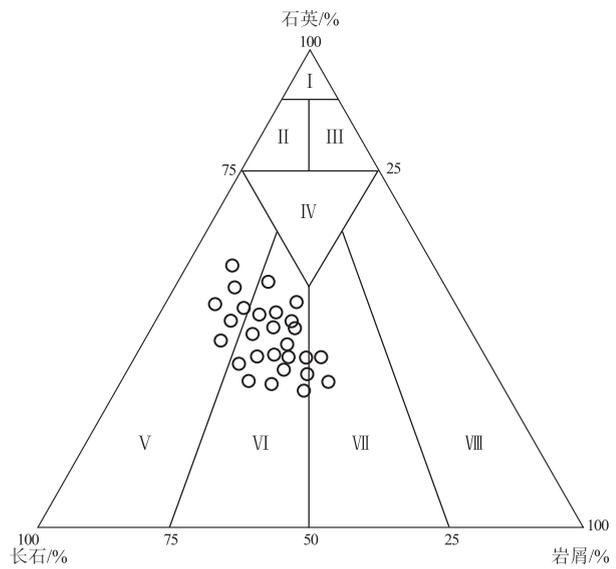
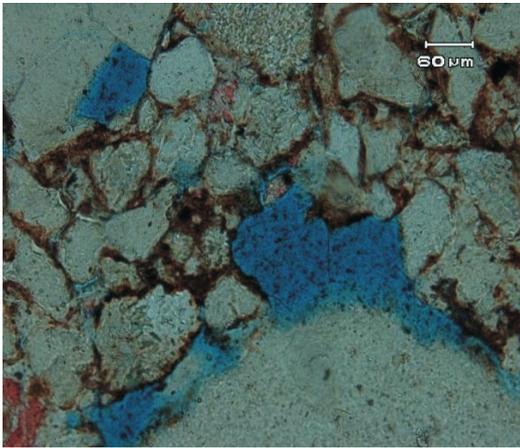


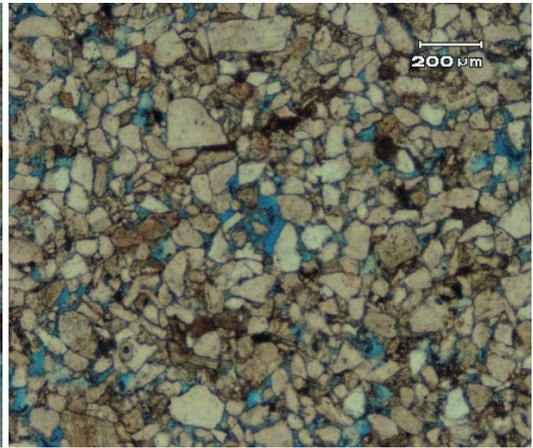
图 1 柴达木盆地北缘南八仙油田第三系储层碎屑组分

- I. 石英砂岩; II. 长石石英砂岩; III. 岩屑石英砂岩;
- IV. 长石岩屑石英砂岩; V. 长石砂岩; VI. 岩屑长石砂岩;
- VII. 长石岩屑砂岩; VIII. 岩屑砂岩

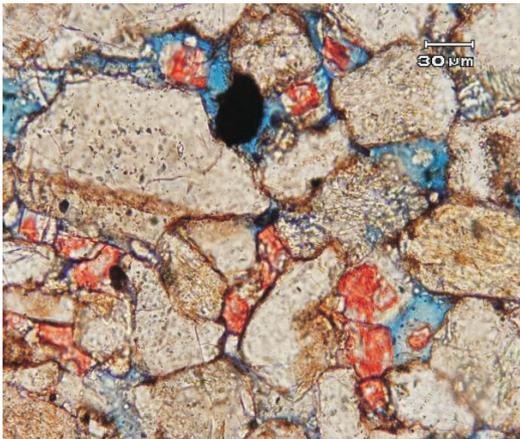
Fig.1 Triangular chart of Tertiary reservoir detritus components in Nanbaxian Oilfield in north margin of the Qaidam Basin



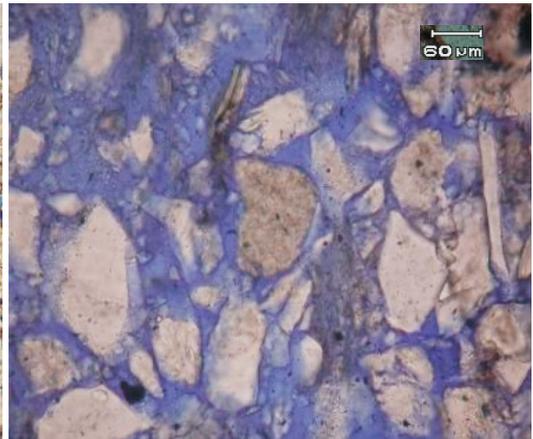
仙6井 N₁(1 508~1 517.2 m) 铸体薄片



仙3井 E₃(2 900~2 910 m) 铸体薄片



仙3井 E₃(2 300~2 310 m) 铸体薄片



仙9井 N₂(1 414 m) 铸体薄片

图 2 柴达木盆地北缘南八仙油田第三系储层铸体薄片

Fig.2 Casting thin sections of Tertiary reservoir in Nanbaxian Oilfield in north margin of the Qaidam Basin

状组合类型为主,在全井段的变化无明显的规律性,随成岩作用的加强弯片状喉道类型增加,在局部井段也见有缩颈型喉道。

1.3 储层的物性分析

南八仙油田第三系储层物性较好,且储层的孔、渗具有明显的相关性(图 3)。这是因为,一方面南八仙油田第三系具有好的沉积相带,砂体发育;另一方面第三系埋深较浅,受成岩压实作用影响较小。统计表明,粉砂岩孔隙度一般在 1.3%~33%,平均 16.2%;渗透率一般在(0.02~1 071.6)×10⁻³ μm²,平均 80.56×10⁻³ μm²。细砂岩孔隙度一般在 5.1%~34.2%,平均 23.8%;渗透率一般在(0.16~3 366.7)×10⁻³ μm²,平均 678.77×10⁻³ μm²。南八仙地区中、浅层储层物性比较好,深层储层物性接近我国砂岩储集层的平均水

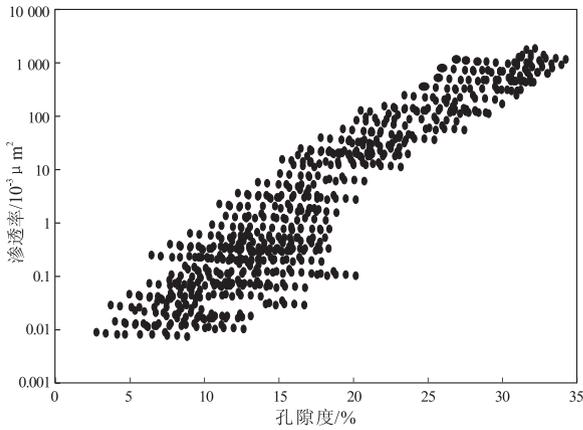


图 3 柴达木盆地北缘南八仙油田第三系储层孔渗相关图

Fig. 3 Porosity and permeability relationship of Tertiary reservoir in Nanbaxian Oilfield in north margin of Qaidam Basin

平。但由于深层处于异常高压带,温度高,因此深层 E₃¹ 气层高产。

1.4 储层成岩阶段划分

早成岩阶段 A 期,南八仙油田 N₂² 地层大部分被剥蚀,因此早成岩阶段 A 期埋深比较浅。

早成岩阶段 B 期埋深约 200~1 520 m,由于埋深增加,温度、压力升高,沉积物中的大量水被排出,I/S 混层、C/S 混层、高岭石、伊利石等粘土矿物以及菱铁矿、石盐等自生矿物出现。由于压实作用、地层水作用,该期压溶、溶解作用增强,碎屑颗粒以点接触为主,也见线接触或溶蚀边的凸凹接触,孔隙度在该期下降较快。

晚成岩阶段 A 期深度约为 1 520~3 500 m。由于埋深进一步增加,温度和压力随之加大,有机质成熟度增大,进入脱羧阶段,使地层水的酸性增强,大量的碳酸盐矿物、自生矿物、碎屑矿物等被溶解形成大量次生孔隙。压溶、交代以及胶结作用成为成岩作用的主要方式,碎屑颗粒逐渐过渡到点—线接触及溶蚀凸凹接触;石英次生加大现象明显,为 II 级;有机质最高热解温度大于 480 °C,泥岩 I/S 中 S 层百分比小于 30%~50%,I/S 转变为有序混层,从扫描电镜中观察可见 I/S 混层呈丝发状(图 4)。

2 储层综合评价

2.1 储层综合评价的方法

在综合评价应用多种数理统计方法进行尝试后,采用 Q 型聚类分析和贝叶斯(Bayes)判别分析 2 种方法相结合进行储层类型划分与判别^[9-13]。工作流程如图 5 所示。

成岩阶段		埋深/m	有机质热解温度/°C	泥质岩		沙固结程度	砂岩中自生矿物										溶解作用	接触类型	成岩作用类型	孔隙类型	铸体薄片特征	
阶段	期			I/S 中 S 层/%	混层类型分带		蒙皂石	I/S 混层	C/S 混层	高岭石	伊利石	绿泥石	石英加大级别	方解石	铁方解石	菱铁矿						石盐
早成岩	A	< 200	< 450	> 70	蒙皂石	弱固结													点			
	B	200 ~ 1 520	450 ~ 480	70 ~ 50	无序混层	半固结—固结					I								点	压实 溶蚀	原生孔隙	
晚成岩	A	1 520 ~ 3 500	> 480	50 ~ 30	有序混层	固结					II								点线	溶解+交代+胶结	次生孔隙	

图 4 柴达木盆地北缘南八仙油田碎屑岩储层成岩阶段划分

Fig. 4 Clastic reservoir diagenesis stage classification in Nanbaxian Oilfield in north margin of the Qaidam Basin

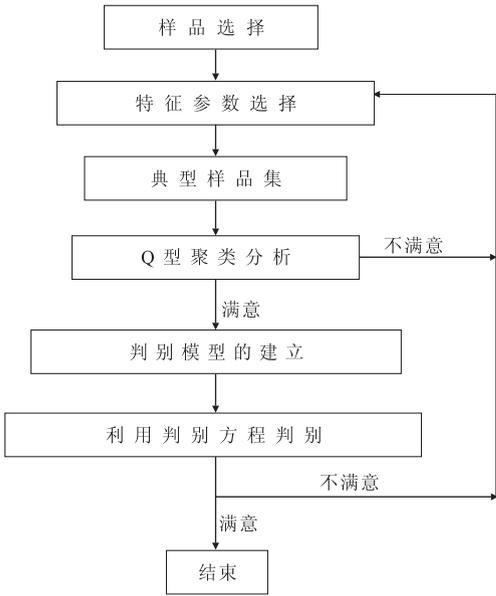


图 5 储层评价工作流程

Fig. 5 Work flow chart of the reservoir evaluation

利用 Q 型聚类方法进行储层分类时,为了尽可能合理、准确地划分储层,选取分类样品及特征参数是一项基础而又十分重要的工作。针对南八仙油田储层的特点,结合岩心、含油性情况,从仙 9 井等 5 口井的储层中选取了 32 个样品组成样品集,每个样品都反映了一个小层的总体储层类型。最终选用孔隙度、渗透率、泥质含量、砂岩厚度、砂岩百分含量和平均孔喉半径 6 个参数作为储层评价的特征参数。

各参数在储层评价中的意义是:1)孔隙度、渗透率是储层研究中的经典参数,它们反映了储层的总体特征,是表征储层质量好坏的重要参数;2)泥

质含量从组成砂体粒度大小的角度来说明储层性能,一般来说,泥质含量低时储层的孔渗性较好,有利于油气的储集;3)砂岩厚度、砂岩百分含量则从另一方面反映了储层的优劣,在其它特征相似的情况下,砂岩厚度和砂岩百分含量较高的储层具有较好的储集能力;4)平均孔喉半径从微观的角度对储层的储集特征进行评价,一般情况下,储层的平均孔喉半径越大,它的孔渗性越好,也越具有更好的渗流能力。

2.2 储层的综合判别结果

确定了储层的各种类型之后,将标准样品分组,建立判别分析的输入文件,利用 Bayes 判别分析法建立了各类储层的判别函数模型,获得了南八仙油田储层的综合评价结果(图 6)。结果表明南八仙油田内Ⅲ类储层所占比例最大,其次为Ⅱ类储层,Ⅰ类储层比例相对较小,主要集中分布在 N_2^1 和 N_1^2 个层段内。目前南八仙油田的油气产出层位主要集中在 N_2^1 和 N_1^1 这 2 个层位,其与储层的好坏有直接关系。

3 结论

1)南八仙油田储集层从下到上分为路乐河组(E_{1+2})、下干柴沟组下段(E_3^1)、下干柴沟组上段(E_3^2)、上干柴沟组(N_1)、下油砂山组(N_2^1)以及上油砂山组(N_2^2)。

2)南八仙油田储层的孔隙主要为原生粒间孔、残余粒间孔及粒内溶孔;裂缝主要是碎屑颗粒的张开缝以及方解石等晶体的解理纹;喉道的类型以弯片状—片状组合类型为主。

3)南八仙油田第三系储层物性相对较好,孔、

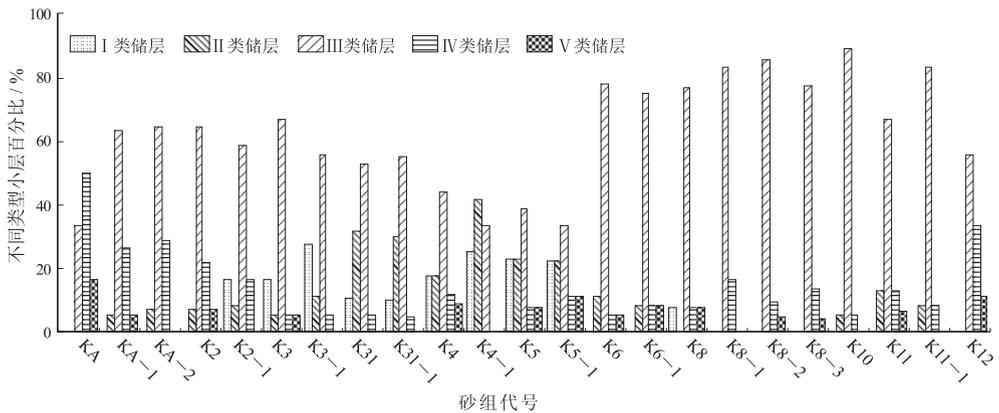


图 6 柴达木盆地北缘南八仙油田第三系储层各砂层组不同类型储层分布

KA,KA-1,KA-2,K2,K2-1,K3,K3-1,K31,K31-1,K4,K4-1 为 N_2^2 ;K5,K5-1, K6,K6-1 为 N_2^1 ;K8,K8-1,K8-2,K8-3 为 N_1 ;K10,K11,K11-1 为 E_3^2 ;K12 为 E_3^1 。

Fig. 6 Different kinds of reservoirs in each sand group of Tertiary reservoir in Nanbaxian Oilfield in north margin of the Qaidam Basin

渗相关性较好。成岩阶段主要包括早成岩阶段 A 期、早成岩阶段 B 期和晚成岩阶段 A 期,并以早成岩阶段 B 期为主,对于次生溶孔的发育比较有利。

4) 聚类分析综合评价结果表明,南八仙油田内 III 类储层所占比例最大,其次为 II 类储层, I 类储层比例相对较小,主要集中在 N_2^1 和 N_1 这 2 个层段内。

参考文献:

[1] 何登发,吕修祥,林永汉,等. 前陆盆地分析[M]. 北京:石油工业出版社,1996:77-89.

[2] 罗群. 柴达木盆地成因类型探讨[J]. 石油实验地质,2008,30(2):115-120.

[3] 胡受权,曹运江,黄继祥. 柴达木盆地北缘地区前陆盆地演化及油气勘探目标[J]. 天然气工业,1999,19(4):1-5.

[4] 党玉琪,胡勇,余辉龙,等. 柴达木盆地北缘石油地质[J]. 北京:地质出版社,2003.

[5] 甘贵元,严晓兰,赵东升,等. 柴达木盆地德令哈断陷石油地

质特征及勘探前景[J]. 石油实验地质,2006,28(5):499-503.

[6] 陈琰,张敏,马立协,等. 柴达木盆地北缘西段石炭系烃源岩和油气地球化学特征[J]. 石油实验地质,2008,30(5):512-517.

[7] 高先志,马德达,刘震,等. 柴达木盆地北缘油气成藏特点[J]. 石油与天然气地质,2004,25(6):707-712.

[8] 赵贤正,吴因业,邵文斌,等. 柴西南地区第三系有利储集体分布预测[J]. 石油勘探与开发,2004,31(2):50-53.

[9] 赵永军,李汉林. 石油数学地质[M]. 东营:石油大学出版社,1998.

[10] 么枕生. 用于数值分类的聚类分析[J]. 海洋湖沼通报,1994(2):1-11.

[11] 陆明德,田时芸. 石油数学地质[M]. 北京:中国地质大学出版社,1991.

[12] 王苏斌,郑海涛,邵谦谦,等. SPSS 统计分析[M]. 北京:机械工业出版社,2003:361-363.

[13] 吕红华,任明达,柳金诚,等. Q 型主因子分析与聚类分析在柴达木盆地花土沟油田新近系砂岩储层评价中的应用[J]. 北京大学学报(自然科学版),2006,42(6):740-745.

(编辑 黄娟)

(上接第 40 页)

[2] 高瑞祺,蔡希源. 松辽盆地油气田形成条件与分布规律[M]. 北京:石油工业出版社,1997:87-93.

[3] 柳成志,辛任臣,王刚. 松辽盆地北部头台地区扶余油层浅水湖泊三角洲沉积特征[J]. 大庆石油学院学报,1998,22(1):68-70.

[4] 楼章华,金爱民,朱蓉,等. 松辽盆地东北地区扶余油层孔隙流体地球化学与砂岩成岩相研究[J]. 地质学报,2002,76(4):557-565.

[5] 迟元林,萧德铭,殷进垠. 松辽盆地三肇地区上生下储注入式成藏机制[J]. 地质学报,2000,74(4):371-377.

[6] 迟元林,蒙启安,杨玉峰. 松辽盆地岩性油藏形成背景与成藏条件分析[J]. 大庆石油地质与开发,2004,23(5):10-15.

[7] 王颖,王英民,王晓洲,等. 松辽盆地西部坡折带的成因演化及其对地层分布模式的控制作用[J]. 沉积学报,2005,23(3):498-506.

[8] 李延平,陈树民,宋永忠,等. 大庆长垣及以东泉三、四段扶余油层浅水湖泊—三角洲体系沉积特征[J]. 大庆石油地质与开发,2005,24(5):13-16.

[9] 李延平,于坤,姜耀俭,等. 松辽盆地泉四段扶余油层地层序新认识[J]. 中国海洋大学学报,2007,37(6):977-982.

[10] 姜洪福,陈发景,张云春,等. 松辽盆地三肇地区扶余油层储集层孔隙结构及评价[J]. 现代地质,2006,20(3):465-472.

[11] 王雪. 松辽盆地齐家凹陷与大庆长垣扶余油层油源[J]. 石油勘探与开发,2006,33(3):294-298.

[12] 郭峰,陈世悦,王德海,等. 松辽盆地滨北地区白垩系泉头组—嫩江组沉积特征[J]. 大庆石油地质与开发,2007,26(1):40-44.

[13] 林春明,冯志强,张顺,等. 松辽盆地北部白垩统超层序特征[J]. 古地理学报,2007,9(5):619-634.

[14] 赵波,张顺,林春明,等. 松辽盆地坳陷期湖盆层序地层研究[J]. 地层学杂志,2008,32(2):159-168.

[15] 辛任臣,张雪辉,张翼,等. 湖盆无露缓坡带层序界面特征及成因:以松辽盆地他拉哈地区上白垩统为例[J]. 沉积学报,2008,26(1):77-85.

[16] 楼章华,谢鸿森,蔡希源,等. 松辽盆地扶余油层(K_1q^{3+4})沉积环境[J]. 石油实验地质,1997,19(1):71-75.

[17] 毕素萍,张庆龙,王良书,等. 松辽盆地宾县凹陷平衡剖面恢复及构造演化分析[J]. 石油实验地质,2008,30(2):203-206,211.

[18] 付广,卢双筋,李宏涛,等. 滨北地区扶余油层油气远景预测[J]. 油气地质与采收率,2003,10(5):25-27.

[19] 王良忱,张金亮. 沉积环境和沉积相[M]. 北京:石油工业出版社,1996:36-66.

[20] 冯增昭. 沉积岩石学[M]. 北京:石油工业出版社,1993:84-155.

[21] 邓宏文,王宏亮,祝永军,等. 高分辨率层序地层学:原理及应用[M]. 北京:地质出版社,2002:3-22.

[22] 张庆国,鲍志东,那未红,等. 松辽盆地中央坳陷南部白垩统泉头组四段沉积相[J]. 古地理学报,2007,9(3):267-276.

[23] 赵波,尹淑敏,张顺,等. 松辽盆地中央坳陷滨北地区上白垩统青山口组沉积相与沉积演化[J]. 古地理学报,2009,11(3):293-300.

[24] 赵波,王革,王雪,等. 安达向斜达 9 井扶余油层油流的确定[J]. 大庆石油地质与开发,2008,27(6):39-42.

(编辑 韩 或)