

文章编号:0253-9985(2012)05-0766-12

渤南洼陷北部陡坡带沙河街组砂砾岩有效储层物性下限及其主控因素

李文浩¹, 张枝焕¹, 咎 灵², 张立生³

(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. 中国石化 华东分公司 石油勘探开发研究院, 江苏 南京 210011;

3. 中国石化 胜利石油管理局 录井公司, 山东 东营 257000)

摘要:结合研究区测井解释成果和油田试油资料,综合应用分布函数曲线法和试油法,确定了渤海湾盆地渤南洼陷北部陡坡带沙河街组不同深度段的砂砾岩有效储层物性下限,并拟合出物性下限与深度的关系式,在此基础上分析了岩性、沉积相、成岩阶段、地层压力等对砂砾岩有效储层发育的影响。研究表明:有效储层物性下限有随埋深增加而逐渐降低的趋势;有利的沉积相带是砂砾岩有效储层发育的关键因素,对储层质量起决定性作用。研究区有效储层主要分布于西部的滑塌浊积扇及中东部近岸水下扇的扇中亚相;其中近岸水下扇的扇中亚相最为有利,其次为滑塌浊积扇。成岩作用也在一定程度上影响有效储层物性。研究区砂砾岩体主要处于中成岩阶段 A_1 和 A_2 亚期,对应于有机质热演化的主要生油气阶段,有利于形成次生孔隙,其中溶蚀作用使得深部储层物性变好。研究区地层压力对有效储层物性的影响较小。

关键词:有效储层;物性;砂砾岩储层;北部陡坡带;渤南洼陷;渤海湾盆地

中图分类号:TE112.3

文献标识码:A

Lower limits of physical properties and their controlling factors of effective coarse-grained clastic reservoirs in the Shahejie Formation on northern steep slope of Bonan subsag, the Bohai Bay Basin

Li Wenhao¹, Zhang Zhihuan¹, Zan Ling² and Zhang Lisheng³

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

2. Research Institute of Exploration and Development, SINOPEC East China Company, Nanjing, Jiangsu 210011, China;

3. Logging Corporation of Shengli Oilfield, SINOPEC, Dongying, Shandong 257000, China)

Abstract: This paper determined the lower limits of physical properties for the effective coarse-grained clastic reservoir rocks in different intervals of the Shahejie Formation on northern steep slope of Bonan subsag, the Bohai Bay Basin by integrating the distribution function curve and production test methods combined with logging and production testing data. The relational expressions between the lower limits of physical properties and depths were also defined through matching. On this basis, this paper analyzed the effects of lithology, sedimentary facies, diagenetic stage and formation pressure on the formation of effective reservoir rocks. The lower limits of physical properties of effective reservoirs decrease with the increasing depth. Favorable sedimentary facies is the key factor controlling the development of effective coarse-grained clastic reservoirs, and determine reservoir quality. The effective reservoirs area are mainly distributed in the western slump turbidite fans and the midfan of the central and eastern nearshore subaqueous fans in the study, the latter is better. Diagenesis also affect reservoir quality to a certain extent. The coarse-grained clastic reservoirs developed mostly at A_1 and A_2 substage of middle dia-

收稿日期:2012-04-12;修订日期:2012-08-13。

第一作者简介:李文浩(1985—),男,博士,油气成因机理与分布预测。

基金项目:“十一五”国家科技重大专项(2008ZX05002-006-007HZ)。

genetic stage, which correspond to the major hydrocarbon generation stage during organic thermal evolution, which is favorable for the formation of secondary porosity, with dissolution improving the quality of deep reservoir rocks. , Formation pressure has little effect on effective reservoir rocks.

Key words: effective reservoir, physical property, coarse-grained clastic reservoir, northern steep slope, Bonan subsag, Bohai Bay Basin

有效储层是指储集了烃类流体并在现有的经济价值和工艺技术条件下能够采出的物性下限以上的储层。有效储层物性下限是储层能够成为有效储层而具有的物性下限,通常用能够储集和渗透流体的最小孔隙度和最小渗透率来确定^[1-2]。

渤南洼陷目前在沙河街组四段(沙四段)砂砾岩、沙河街组三段(沙三段)浊积岩、沙河街组二段(沙二段)滩坝砂体以及东营组三角洲砂体中均见显示或获工业油流,其中沙四段砂砾岩和沙三段浊积岩是最重要的两套产油层系。在渤南洼陷,烃源岩成熟过程中生成的有机酸导致了深部3 000~5 400 m岩屑和长石发生溶解,形成次生孔隙^[3]。孙海龙^[4]认为,渤南洼陷在5 000~6 000 m深度段内的孔隙度仍可保留在4.34%~6.44%,这为深层油气的储集提供了很好的空间。但由于研究区构造复杂并且断层较多、圈闭的落实难度较大,前人对有效储层岩性、物性、有效储层微观特征等研究薄弱,目前尚无对渤南洼陷有效储层物性下限的研究,而有效储层控制着油气的分布,并且其物性随深度变化,并非某一固定值,这就需要确定出与深度相关的物性下限,即能够使油气聚集成藏的下限。本文根据渤南洼陷北部陡坡带沙三段和沙四段测井解释物性资料及碎屑岩油气综合地质解释结果(油层、油水同层、干层等),应用分布函数曲线法和试油法分别确定了不同深度段的有效储层物性下限,以及有效储层物性下限随深度变化的拟合公式,同时探讨了有效储层的主要控制因素。为油田增储上产和深入挖掘渤南油田资源潜力提供科学依据,具有重要的理论和实际意义。

1 地质背景

渤南洼陷位于济阳坳陷沾化凹陷的中部,是沾化凹陷的次一级构造单元,构造上为一北东走向的断陷湖盆,其中北以埕南断层为界与埕东凸起相邻,南邻陈家庄凸起,西以义东断层为界与车镇凹陷及义和庄凸起相邻,东以孤西断层为界与

孤北洼陷、孤岛低凸起相邻(图1),面积约600 km²。渤南洼陷自北向南可分为北部陡坡带、中部洼陷带和南部缓坡带3个次一级构造单元。其中砂砾岩体主要发育在北部陡坡带,北部陡坡带是由西部次洼、中部次洼和渤南深洼组成,3个次洼沙三下亚段底部最大埋深分别为4 200,4 200和5 000 m,东侧紧临孤北洼陷。义107断层与埕南断层交界以西为西部次洼,义107断层以东、孤西断层以西为中部次洼,埕东断层以南、孤西断层以西为渤南深洼,埕东断层以南、孤西断层以北为孤北次洼。

渤南洼陷北部陡坡带砂砾岩体的沉积发育受埕南断裂带的控制,埕南断裂带走向的多次改变使渤南洼陷北部陡坡带发育了5条较大的冲沟,与冲沟对应处沉积了大小不等、规模不一的多期砂砾岩扇体。多期扇体纵向上沿断剥面互相叠置^[5]。孙怡等^[6]通过对济阳坳陷车镇凹陷的地质、钻井、地球物理资料进行系统分析,得出济阳坳陷断陷湖盆陡坡带古近系(断陷期沉积)砂砾岩体的分布具有“垂向分期、平面分带、持续后退、继承性强”的特征。

2 有效储层物性下限的确定

2.1 分布函数曲线法

分布函数曲线法主要通过统计分析得到的分布曲线、特征函数等研究变量的总体分布规律,基于这一认识,万玲等^[7]提出了用分布函数曲线法求取储层物性参数下限这一新方法。该方法求取储层渗透率下限时,当原始数据为大子样(样品数 $N>30$)时,应用频率法组成分布函数曲线。具体做法是在同一坐标系中,分别作出有效含气层与非有效含气层的孔隙度或渗透率的频率分布曲线,两条曲线的交点所对应的渗透率即为下限值。分布函数法在确定有效储层的物性下限研究中取得了广泛的应用^[8-9]。

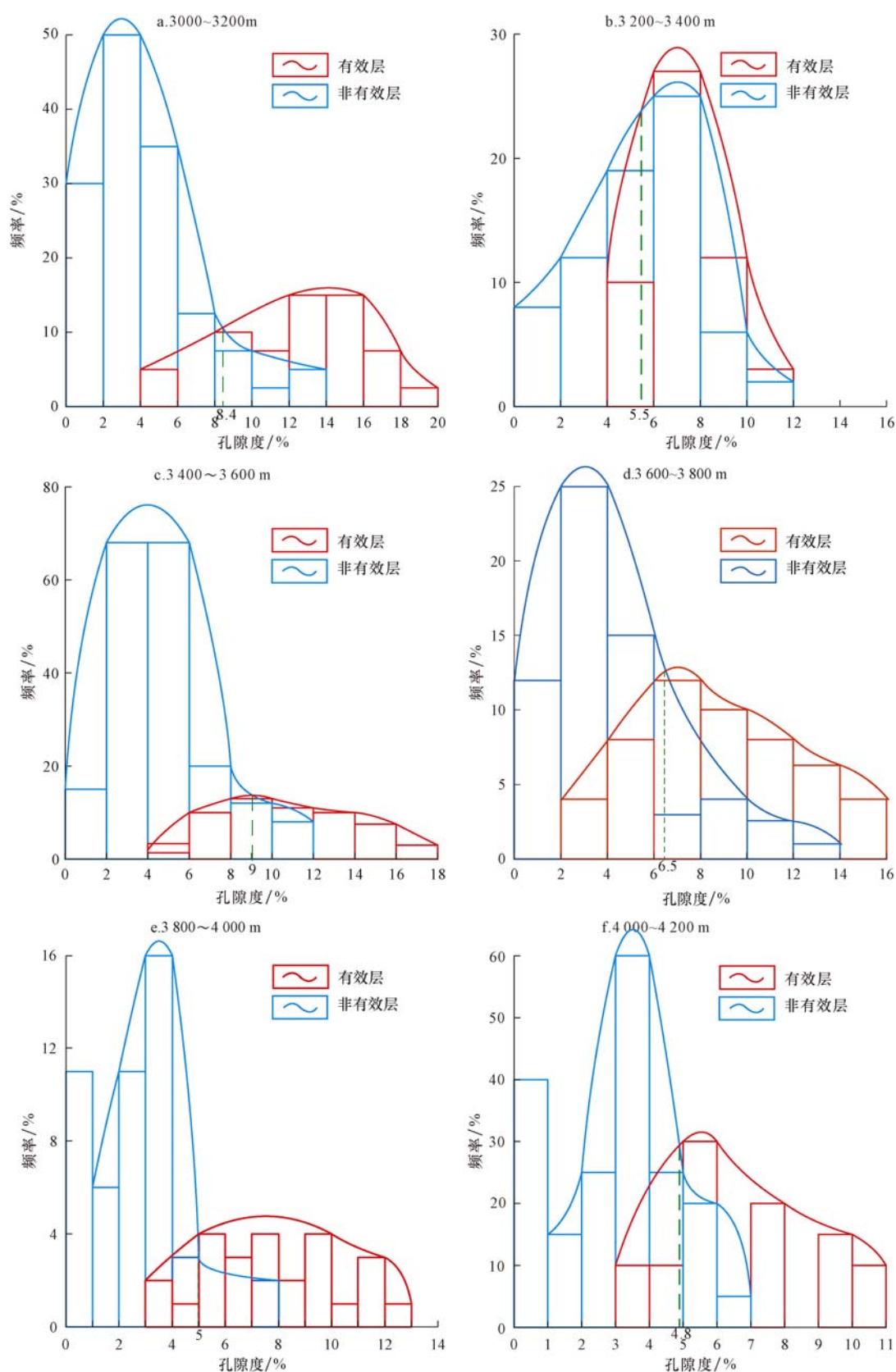


图2 分布函数法确定不同深度有效储层孔隙度下限

Fig. 2 Lower limits of porosity of effective reservoir rocks at different depths determined by using the distribution function method

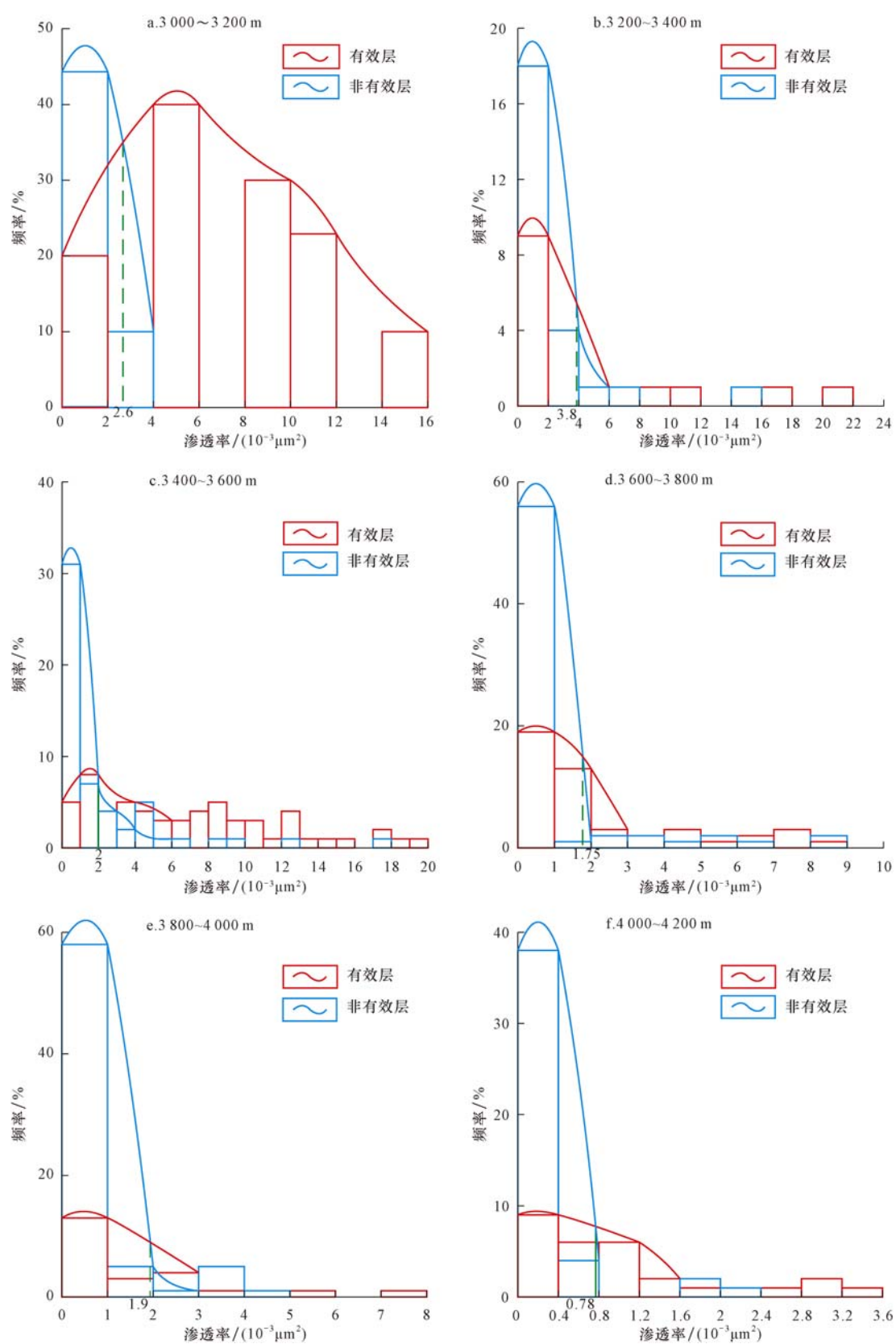


图3 分布函数法确定不同深度有效储层渗透率下限

Fig. 3 Lower limits of permeability of effective reservoir rocks at different depths determined by the using distribution function

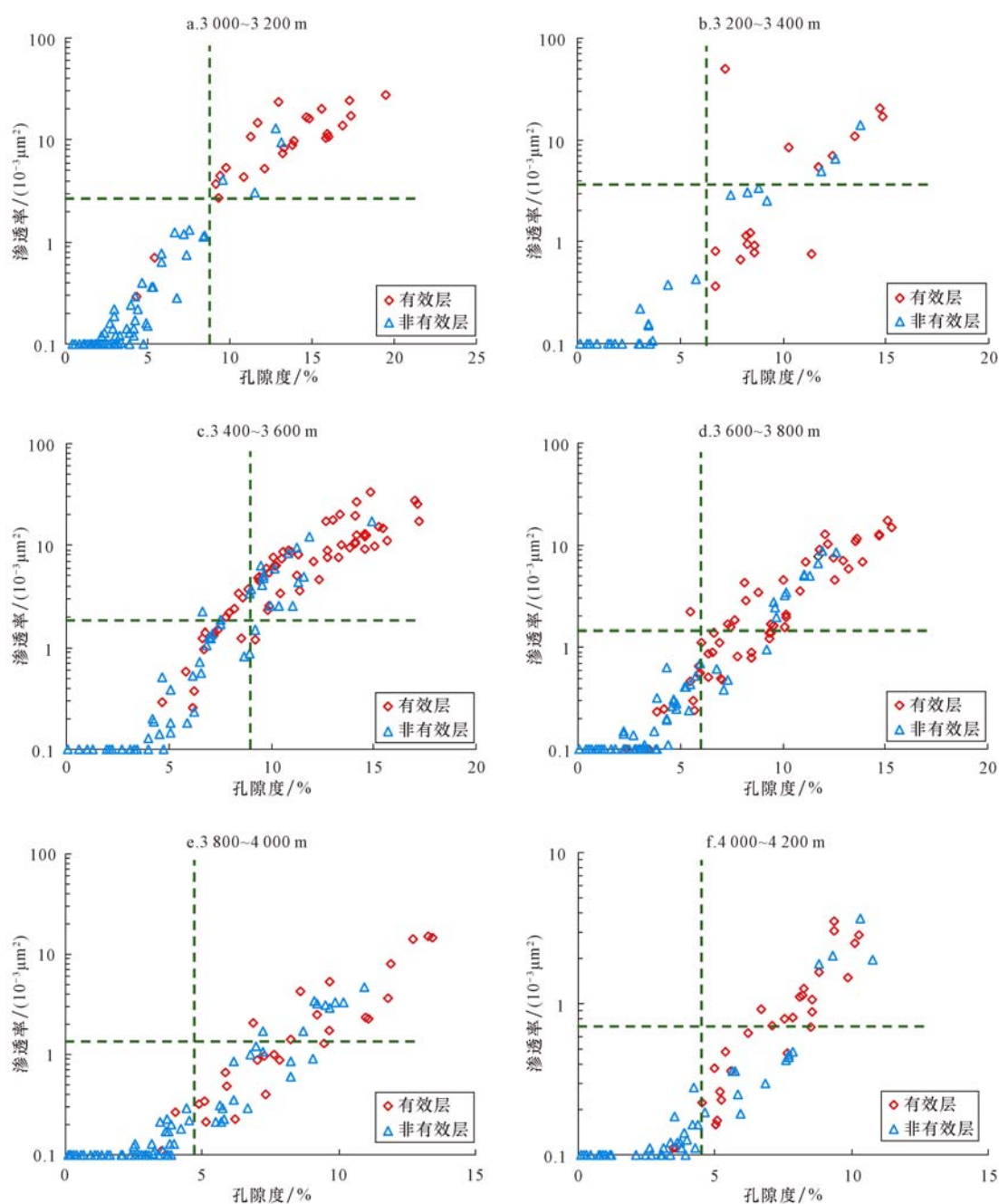


图4 试油法确定不同深度有效储层物性下限

Fig. 4 Lower limits of physical properties of effective reservoir rocks at different depth determined by using the oil testing method

为8.8%、6.3%、6.2%、6.0%、4.8%和4.5%,渗透率下限值依次为 2.90×10^{-3} 、 1.90×10^{-3} 、 1.50×10^{-3} 、 1.20×10^{-3} 、 0.90×10^{-3} 和 $0.60 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

3 有效储层物性下限检验

3.1 试油法与分布函数法的相互检验

试油法确定的物性下限与分布函数法确定的物性下限值都有随深度的增加其物性递减的趋

势,二者所确定的物性下限值具有较好的一致性(表1),孔隙度下限相对误差分布范围为0~12%,相对误差平均值为5.06%;渗透率下限值相对误差分布范围为0~21.05%,相对误差平均值为8.31%。

3.2 试油结果检验

应用渤南洼陷23口井的试油成果数据对由试油法确定的物性下限进行检验。试油检验的原

表1 分布函数法与试油法检验结果

Table 1 Calculation results of the distribution function and the oil testing methods

深度/m	孔隙度下限值/%			渗透率下限值/($10^{-3}\mu\text{m}^2$)		
	分布函数法	试油法	相对误差/%	分布函数法	试油法	相对误差/%
3 000 ~ 3 200	8.40	8.80	4.55	2.60	2.80	7.14
3 200 ~ 3 400	5.50	6.25	12.00	3.80	3.80	0
3 400 ~ 3 600	9.00	9.00	0	2.00	1.90	5.00
3 600 ~ 3 800	6.50	6.00	7.69	1.75	1.60	8.57
3 800 ~ 4 000	5.00	4.80	4.00	1.90	1.50	21.05
4 000 ~ 4 200	4.80	4.50	6.25	0.78	0.70	10.26

理是试油结果为有效储集层(油层、油水同层、水层等)井段的平均孔隙度和平均渗透率必须均高于物性参数下限值时,判别结果为正确;试油结果为非有效储集层(干层)井段的平均孔隙度和平均渗透率中任何一项低于物性参数下限,则判别结果为正确。由检验结果可以看出,有效储集层试油井段共有46层,检验正确率为80.43%;非有效储集层试油井段共有68层,检验正确率达到92.65%。综合检验结果及误判原因分析,结合分布函数法与试油法两种方法所确定的物性下限值,认为计算的有效储集层物性参数下限值可以作为有效储层评价的指标。其3 000 ~ 3 200, 3 200 ~ 3 400, 3 400 ~ 3 600, 3 600 ~ 3 800, 3 800 ~ 4 000 和 4 000 ~ 4 200 m 深度段内,排除不合理值和取两种方法所确定的物性下限值均值作为最终确定的有效储层物性参数下限值(表2)。

应用最终确定物性参数下限(表2)及渤南洼陷23口井测井解释结果筛选出852个样品数据点进行的物性分析及回归拟合可以确定渤南洼陷北部陡坡带任一深度砂砾岩油气藏的物性参数下限值[图5;公式(1),公式(2)]。

表2 研究区有效储层物性下限数据

Table 2 Lower limits of physical properties of the effective reservoir rocks in the study area

深度/m	中深/m	孔隙度下限/%	渗透率下限/ ($10^{-3}\mu\text{m}^2$)
3 000 ~ 3 200	3 100	8.60	2.70
3 200 ~ 3 400	3 300	5.88	3.80
3 400 ~ 3 600	3 500	9.00	1.95
3 600 ~ 3 800	3 700	6.25	1.68
3 800 ~ 4 000	3 900	4.90	1.70
4 000 ~ 4 200	4 100	4.65	0.74

$$H = -1\,694.5 \ln \Phi_{\text{下限}} + 6\,632.9 \quad R^2 = 0.6854 \quad (1)$$

$$H = -923.08 \ln K_{\text{下限}} + 4\,029.6 \quad R^2 = 0.6666 \quad (2)$$

式中: H 为深度,m; $\Phi_{\text{下限}}$ 为孔隙度下限,%; $K_{\text{下限}}$ 为渗透率下限, $10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。

4 有效储层主控因素

近岸水下扇和滑塌浊积扇砂体是发育于陡坡带地区高能条件下形成的较粗粒碎屑岩储集层,其质量好坏受控于沉积过程和沉积后期埋藏、压实、成岩演化等多个地质因素的影响。在有效储层物性下限研究的基础上,探讨了岩性、沉积相、成岩作用、地层压力等对砂砾岩储层有效性的影响,分析有效储层发育的控制因素。

4.1 岩性对有效储层的影响

根据研究区不同岩性有效储层比例统计结果(图6),东部地区义104-1侧井以含砾砂岩有效储层所占比例最大,达到75.39%,砾岩次之,细砂岩最差,其分别为14.42%和5.29%;西部义109-1井与东部相差较大,以细砂岩有效储层所占比例最大,达到55.13%,砾岩和含砾砂岩均占很少部分,与物性统计结果一致。

4.2 沉积相对有效储层的影响

根据不同沉积相带有效储层比例统计结果(表3),近岸水下扇的3个沉积亚相中扇中有效储层所占比例最大,义104-1侧井达到91.11%,义283井的扇中也达到21.94%。扇根和扇端均比较差,与物性统计结果一致。浊积扇砂岩储层有效储层比例也较大,义109-1井达到30.14%,与物性统计结果一致。

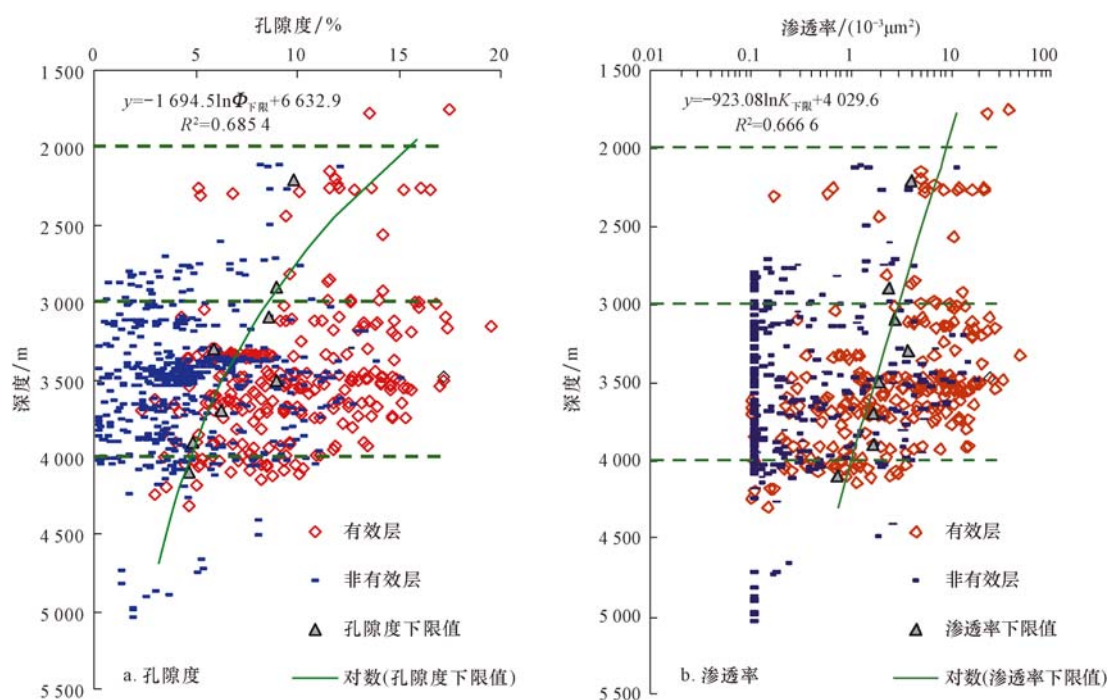


图5 研究区有效储层物性下限值回归拟合曲线

Fig. 5 Regression and curve fitting of the lower limits of physical properties for the effective reservoir rocks in the study area

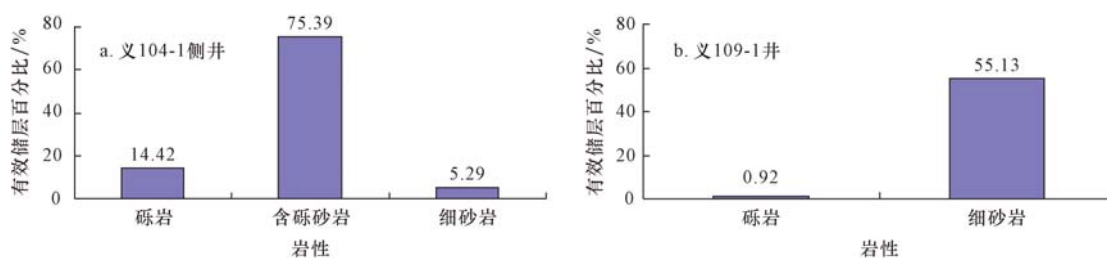


图6 研究区不同岩性有效储层百分比

Fig. 6 Effective reservoir percentages of different lithologies in the study area

表3 研究区不同相带有效储层百分比

Table 3 Effective reservoir percentages of different sedimentary facies in the study area

井位	相带	储层厚度/m	有效储层厚度/m	有效储层比例/%
义288	扇端	27.00	1.00	3.70
义109-1	扇根	540.00	20.90	3.87
义109-2	扇根	516.00	1.00	0.19
义103-1	扇中	447.00	265.18	59.32
义104-1侧	扇中	144.00	131.20	91.11
义更103	扇中	115.00	73.65	64.04
义288	扇中	199.85	124.75	62.42
义283	扇中	67.00	14.70	21.94
义109-1	浊积扇	69.00	20.80	30.14
义109-2	浊积扇	67.00	11.50	17.16

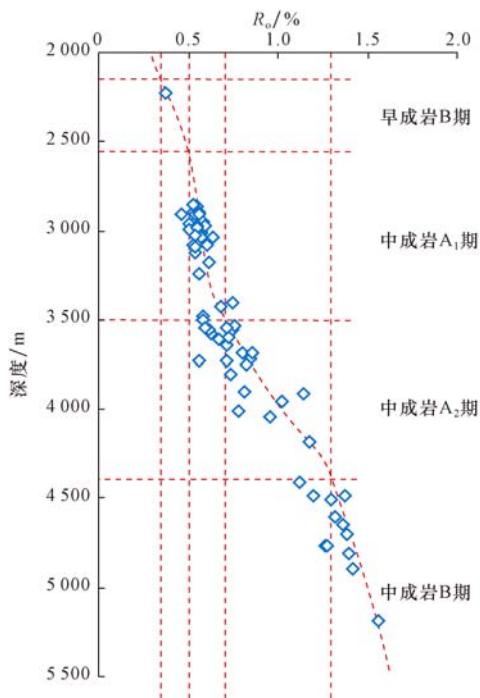


图7 研究区成岩阶段划分

Fig. 7 Diagenetic stages in the study area

4.3 成岩作用对有效储层的影响

有些成岩作用可以改善储层物性,如溶蚀作用,而有些则会使孔隙减少,称为破坏性成岩作用,

如压实和溶解作用、胶结作用和交代作用等^[12-15]。本文重点讨论溶蚀作用对储层物性的影响。

为了排除主观因素的干扰,本文按照中国石油天然气集团公司于2003年制定的碎屑岩成岩阶段划分标准(淡水-半咸水水介质碎屑岩)^[16],根据成岩阶段划分结果,研究区砂砾岩体主要处于中成岩A₁和A₂亚期(图7),此时对应于有机质热演化的主要生油气阶段,生成的有机酸能对储层具有一定的改善作用。不稳定组分溶解相对于改善储层的储集条件具有重要意义^[17],本区溶蚀作用分布广泛,在石英和云母等一些碎屑岩组分中都可以见到溶蚀现象,但主要以长石溶蚀为主,形成了一定规模的次生孔隙。研究区在埋深2 200 m以下常见强压实-压溶成岩作用,是造成储层物性变差的首要原因。石英次生加大、早期碳酸盐胶结等弱胶结成岩作用对储层物性影响有限,而晚期碳酸盐胶结成岩作用分布深度范围为2 700~4 200 m,是深部储层物性变差的重要因素。研究区长石等不稳定矿物被溶解形成粒内溶孔和港湾状粒间溶孔,在研究区形成了两个次生孔隙发育带,第一个次生孔隙发育带位于2 100~2 500 m,该带发育规模较小,第二个次生孔隙发育带位于2 700~3 600 m(图8),该带发育规模较大,较好

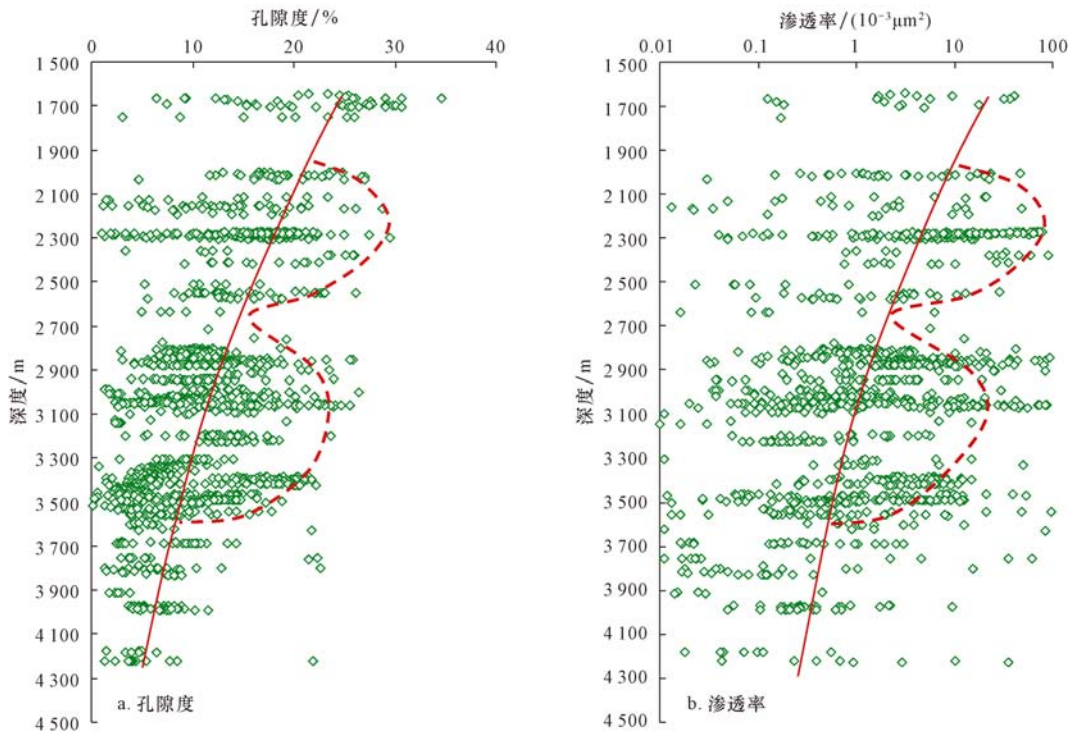


图8 研究区次生孔隙纵向分布特征

Fig. 8 Vertical distribution of secondary porosity in the study area

的改善了深部储层的物性,因此研究区储层物性下限随深度增加总体有下降的趋势,但是溶蚀作用使得次生孔隙发育,改善了深部储层的物性,因此孔隙度下限在 3 400 ~ 3 600 m 和渗透率下限在 3 200 ~ 3 400 m 出现增加的趋势。

4.4 地层压力对有效储层的影响

通过研究区实测压力分布趋势图表明,渤南洼陷北部陡坡带 3 000 ~ 4 200 m 发育异常高压带,地层压力明显偏离正常演化趋势(图 9)。渤南洼陷古近纪和新近纪沉积时期,沉积速率快,沉积地层厚度大,易于形成欠压实,欠压实是渤南洼陷形成异常压力的主要原因。渤南洼陷沙四上亚段、沙三段的异常高压具有晚期形成的特征,在东营期末开始形成,到明化镇期末达到最大(图 10)。总的来讲,研究区超压特征并不明显,一般异常高压可以促进矿物的溶解、抑制压实作用和形成微裂缝,对储层储集性能的改善有一定促进作用^[18-20],但岩心观察并未发现明显的裂缝,由于砂砾岩成分成熟度和结构成熟度均较低,泥质等塑性杂基含量高,不利于形成异常超压,即使砂体中发育异常高压也难形成超压裂缝,因此砂砾岩体的有效储集空间主要为原生粒间孔隙和次生溶蚀孔隙。

5 结论

1) 应用分布函数曲线法和试油法,确定了研

究区不同深度段的有效储层物性下限,并拟合出物性下限与深度的关系式。

2) 有效储层物性下限有随埋深增加而逐渐降低的趋势,沉积相带是影响研究区有效储发育的关键因素,成岩作用起次要作用,此外,溶蚀作用对深部储层的物性具有一定的改善作用,而地层压力对有效储层的影响较小。

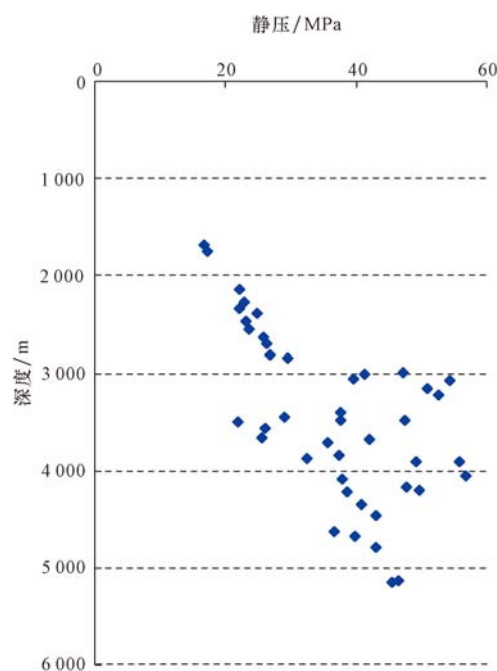


图 9 渤南洼陷北部陡坡带实测地层压力与深度关系

Fig. 9 Relation between the measured formation pressure and depth at northern steep slope of Bonan subsag

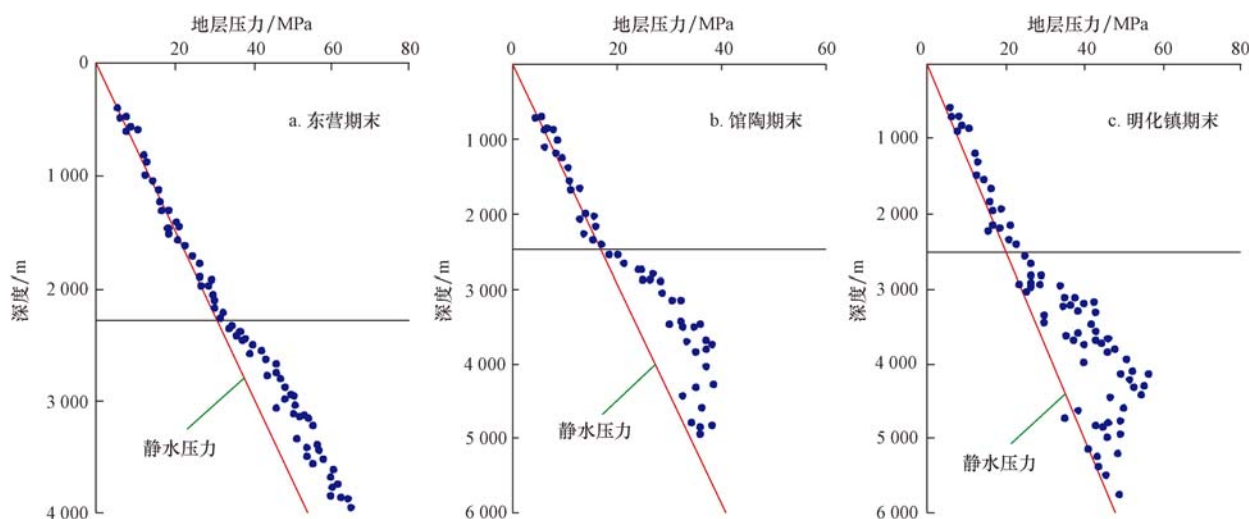


图 10 渤南洼陷古压力纵向演化特征

Fig. 10 Vertical evolution characteristics of paleopressures in Bonan subsag

参 考 文 献

- [1] 郭睿. 储集层物性下限值确定方法及其补充[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(5): 140-144.
Guo Rui. Supplement to determining method of cut-off value of net pay[J]. Petroleum Exploration and Development, 2004, 31(5): 140-144.
- [2] 杨通佑, 范尚炯, 陈元千, 等. 石油及天然气储量计算方法[M]. 北京: 石油工业出版社, 1990: 31-32.
Yang Tongyou, Fan Shangjiong, Chen Yuanqian, et al. Petroleum and natural gas reserves calculation method[M]. Beijing: Oil Industry Press, 1990: 31-32.
- [3] 何宏, 蔡忠东. 渤南洼陷沙河街组次生孔隙形成机理分析[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 2005, 27(5): 557-559.
He hong, Cai Zhongdong. Mechanism of secondary pore in Shahejie formation of Bonan depression[J]. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 2005, 27(5): 557-559.
- [4] 孙海龙. 渤南洼陷膏盐层发育与深层储层次生孔隙发育的关系[J]. 河南石油, 2005, 19(02): 14-16.
Sun Hailong. Relationship between development of salt layers and the secondary porosity of deep reservoirs in Bonan sag[J]. Henan Petroleum, 2005, 19(02): 14-16.
- [5] 房克志, 王军. 埕南断裂带砂砾岩体的地震识别与描述[J]. 油气地质与采收率, 2003, 10(5): 41-43.
Fang Kezhi, Wang Jun. Seismic identification and description for glutenite of Chengnan faulted zone[J]. Oil & Gas Recovery Technology, 2003, 10(5): 41-43.
- [6] 孙怡, 鲜本忠, 林会喜. 断陷湖盆陡坡带砂砾岩体沉积期次的划分技术[J]. 石油地球物理勘探, 2007, 42(4): 468-473.
Sun Yi, Xian Benzong, Lin Huixi. Division of sedimentary cycle of sand-gravel rock mass in steep slope of faulted lake basin[J]. Oil Geophysical Prospecting, 2007, 42(4): 468-473.
- [7] 万玲, 孙岩, 魏国齐. 确定储集层物性参数下限的一种新方法及其应用—以鄂尔多斯盆地中部气田为例[J]. 沉积学报, 1999, 17(3): 454-457.
Wan Ling, Sun Yan, Wei Guoqi. A new method used to determine the lower limit of the petrophysical parameters for reservoirs and its application: A case study on the central gas field in Erdos Basin[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17(3): 454-457.
- [8] 庞雄奇, 李丕龙, 张善文, 等. 陆相断陷盆地相—势耦合控藏作用及其基本模式[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(5): 641-652.
Pang Xiongqi, Li Pilong, Zhang Shanwen, et al. Control of facies-potential coupling on hydrocarbon accumulation in continental faulted basins and its basic geological models[J]. Oil & Gas Geology, 2007, 28(5): 641-652.
- [9] 王艳忠, 操应长, 宋国奇, 等. 东营凹陷古近系深部碎屑岩有效储层物性下限的确定[J]. 中国石油大学学报(自然科学版), 2009, 33(4): 16-21.
Wang Yanzhong, Cao Yingchang, Song Guoqi, et al. Determination of physical property lower limit of deep clastic effective reservoirs of Paleogene in Dongying depression[J]. Journal of China University of Petroleum (Edition of Natural Science), 2009, 33(4): 16-21.
- [10] 邵长新, 王艳忠, 操应长. 确定有效储层物性下限的两种新方法及应用—以东营凹陷古近系深部碎屑岩储层为例[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报), 2008, 30(2): 414-416.
Shao Changxin, Wang Yanzhong, Cao Yingchang. Two new methods used to determine the low limits of effective reservoir physical properties and their applications—a case study on deep clastic reservoir of Palaeogene in Dongying depression[J]. Journal of Oil and Gas Technology, 2008, 30(2): 414-416.
- [11] 王艳忠, 操应长. 车镇凹陷古近系深层碎屑岩有效储层物性下限及控制因素[J]. 沉积学报, 2010, 28(4): 752-761.
Wang Yanzhong, Cao Yingchang. Lower property limit and controls on deep effective clastic reservoir of Paleogene in Chechen depression[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2010, 28(4): 752-761.
- [12] 韩登林, 张昌民, 尹太举. 层序界面成岩反应规律及其对储层储集物性的影响[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(4): 449-454, 462.
Han Denglin, Zhang Changmin, Yin Taiju. Diagenetic reaction pattern of the sequence boundary and its impacts on reservoir quality[J]. Oil & Gas Geology, 2010, 31(4): 449-454, 462.
- [13] 李宏涛, 龙胜祥, 吴世祥, 等. 川西坳陷中段下三叠统碳酸盐岩储层成岩作用与机理[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(4): 551-559.
Li Hongtao, Long Shengxiang, Wu Shixiong, et al. Diagenesis and forming mechanism of the Lower Triassic carbonate reservoirs in the middle part of the western Sichuan Depression[J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(4): 551-559.
- [14] 李庆, 胡文瑄, 钱一雄, 等. 塔里木盆地肖尔布拉克组溶蚀型白云岩储层发育特征[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(4): 522-530.
Li Qing, Hu Wenxuan, Qian Yixiong, et al. Features of dissolved dolostone reservoirs in the Xiaerbulak Formation, Tarim Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(4): 522-530.
- [15] 吴世祥, 李宏涛, 龙胜祥, 等. 川西雷口坡组碳酸盐岩储层特征及成岩作用[J]. 石油与天然气地质, 2011, 32(4): 542-550, 559.
Wu Shixiang, Li Hongtao, Long Shengxiang, et al. A study on characteristics and diagenesis of carbonate reservoirs in the Middle Triassic Leikoupo Formation in western Sichuan Depression[J]. Oil & Gas Geology, 2011, 32(4): 542-550, 559.
- [16] 应凤祥, 罗平, 何东博, 等. 中国含油气盆地碎屑岩储集层成岩作用与成岩数值模拟[M]. 北京: 石油工业出版社,

- 2004.
- Ying Fengxiang, Luo Ping, He Dongbo, et al. Clastic rock reservoir diagenesis and diagenetic numerical simulation of the petroliferous basins of China [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 2004.
- [17] 陈永峤, 于兴河, 周新桂, 等. 东营凹陷各构造区带下第三系成岩演化与次生孔隙发育规律研究[J]. 天然气地球科学, 2004, 5(1): 68-74.
- Chen Yongqiao, Yu Xinghe, Zhou Xingui, et al. Research on diagenetic evolutive succession and occurrence of secondary porosity of lower tertiary in different structural belt of Dongying depression[J]. Natural Gas Geoscience, 2004, 5(1): 68-474.
- [18] 游俊, 郑浚茂, 周建生. 深部地层异常压力与异常孔隙度及油气藏的关系[J]. 中国海上油气地质, 1997, 11(4): 249-253.
- You Jun, Zheng Junmao, Zhou Jiansheng, et al. The relationship between abnormal pressure and abnormal porosity and hydrocarbon reservoir in the deep strata [J]. China offshore Oil and Gas, 1997, 11(4): 249-253.
- [19] 陈纯芳, 赵澄林, 李会军. 板桥和歧北凹陷沙河街组深层碎屑岩储层物性特征及其影响因素[J]. 石油大学学报: 自然科学版, 2002, 26(1): 4-7.
- Chen Chunfang, Zhao Chenglin, Li Huijun. Physical properties of reservoir and influencing factors of deep burial clastic rocks in Banqiao-Qibei sag[J]. Journal of The University of Petroleum, China, 2002, 26(1): 4-7.
- [20] 付兆辉, 秦伟军, 李敏. 渤海湾盆地垦东凸起构造演化及对沉积的控制作用[J]. 石油地质与工程, 2011, 25(4): 7-10.
- Fu Zhaohui, Qing Weijun, Li Min. Tectonic evolution and its controlling effect on sedimentation of the Kending uplift in Bohai Bay Basin[J]. Petroleum Geology and Engineering, 2011, 25(4): 7-10.

(编辑 张亚雄)

2012 年度新加坡 AAPG 国际会议介绍

2012 年 9 月 16~19 日, 2012 年度 AAPG 国际大会在新加坡胜利召开。这次会议的主要目的是推动亚太地区的油气勘探与开发, 主题是“亚太地区资源——为未来发展注入动力”。参加会议的国家与石油公司代表们分别从: ①亚太油气省(区)油气勘探与开发; ②圈闭、烃源岩、储层和盖层; ③过去是通向未来的钥匙(关键); ④现今所面临的未来挑战; ⑤全球非常规资源的新领域五个方面进行了主题组报告和展示。主要内容包括: 非常规资源的工业革命——亚太地区资源接替、成熟盆地和老油气田的新生、区域构造对碳酸盐岩台地结构的影响、流体活动——从盆地到油气藏、亚太地区区域构造、陆相碎屑岩储层系统、碳酸盐岩储层模式的进展、油气藏发现的思考、成熟盆地和油气田的启示和机遇、非常规资源的回报——评价、战略和战术以及地震资料在油气田开发中的应用等。

2012 年 9 月 17 日, 大会报告的主题是“非常规资源的工业革命——亚太地区资源接替”, 这是 AAPG 国际大会历史上第一个关于非常规能源专题的全体大会, 由此足可以看出非常规资源将是亚太地区油气勘探的一个新领域。与会代表们围绕该专题的主要发言内容包括: ①煤层气、页岩气、致密油以及天然裂缝非常规资源的勘探现状和实际意义; ②北美“页岩气风暴”是独一无二的, 或者是全球性的; 关键技术, 商业性的开发这些资源所需要的关键技术、市场、环境保护等与 ③从北美“实验室”获得的启示、它们对亚太地区的实际可用性和转移性。