

文章编号: 1000-0550(2009) 02-0230-08

东营凹陷西部沙四上亚段滩坝砂体有效储层的物性下限及控制因素^①

操应长¹ 王艳忠¹ 徐涛玉¹ 刘惠民² 高永进²

(1. 中国石油大学地球资源与信息学院 山东东营 257061)

(2. 胜利油田有限公司地质科学研究院 山东东营 257015)

摘要 滩坝砂体是东营凹陷西部沙四上亚段主要沉积储层。综合运用实测物性、解释物性、试油、压汞等资料,分别利用分布函数曲线法、试油法、束缚水饱和度法求取了沙四上亚段滩坝砂体不同深度下有效储层的物性下限,运用回归分析方法求取了物性下限与深度之间的函数方程。在物性下限研究的基础上,结合滩坝砂体沉积特征、成岩作用特征、地层压力特征等研究,探讨了有效储层发育的控制因素。研究区滩坝砂体的有效性主要受沉积微相和厚度的控制,其中坝主体和滩脊微相是有利储层发育区,而成岩作用和地层压力对砂体有效性的影响弱于沉积微相对砂体有效性的影响。

关键词 滩坝砂体 有效储层 物性下限 控制因素 东营凹陷

第一作者简介 操应长 男 1969 年出生 教授 博士后 沉积学和层序地层学 E-mail caoych@hdpu.edu.cn

中图分类号 TE122.2⁺2 **文献标识码** A

东营凹陷是渤海湾裂谷系内大型宽缓中—新生代断陷盆地,位于济阳拗陷东部,呈 NEE 走向,具有北断南超、北陡南缓的基本构造格局(图 1)。古近系主要发育孔店组、沙河街组和东营组,其中沙河街组自上向下分为沙河街组一段、二段、三段和四段(分别简称为沙一段、沙二段、沙三段、沙四段),沙四段又分为沙四下亚段和沙四上亚段。沙四段上亚段沉积时期滨浅湖范围约占总凹陷面积的 1/3 广泛发育了滨浅湖滩坝砂体,特别是在凹陷西部滩坝砂体分布范围占据了 2/3 以上的地区(图 1)。“十五”以来,先后在东营凹陷纯化—小营、滨东、正理庄、王家岗等地区发现了多个滩坝砂体含油气区,为该地区的“增储上产”提供了重要的石油地质储量保障。由于古地貌及后期构造运动的影响,滩坝砂体的现今埋藏深度差别较大,位于盆地边缘地区一般在 1 700 m 左右,而靠近盆地中央位置埋深达到了 3 000 m 以下,受埋深差异的影响,滩坝砂体的物性及含油气性也存在较大差异。本文在计算不同埋藏深度下滩坝砂体有效储层物性下限的基础上,结合成岩作用特征、沉积特征、地层压力特征等研究,分析了控制滩坝砂体作为油气有效储层的影响因素。

1 滩坝砂体有效储层物性下限的计算及检验

1.1 有效储层物性下限的计算

储集层是指能够储集和渗流流体的岩层,其具备相对高的孔隙性和渗透性。有效储层是指能够储集和渗流流体(主要为烃类和地层水),在现有工艺技术条件下能够采出具有工业价值产液量(烃类或与烃类同体积的水)的储集层。有效储层不同于有效油层,有效储层中采出的流体既可以是烃类,也可以是水,因此有效储层包含有效油层。干层是指储层物性差、产液量(烃类或水)低于干层产量标准的岩层。有效储层物性下限是指储集层能够成为有效储层应具有最低物性,通常用孔隙度、渗透率的某个确定值来度量^[1,2]。成藏时期的有效储层物性下限一般与储层特征、原油性质、地层温度、地层压力等因素有关,而开采时期的有效储层物性下限值除了与上述影响因素有关外,还与采油工艺和开发技术水平有关^[2,3]。物性下限值的确定方法很多,如测试法、经验统计法、含油产状法、最小有效孔喉半径法、分布函数曲线法等^[1,2,4-7]。针对研究区资料情况,综合运

①教育部新世纪优秀人才支持计划(批准号:NCET-06-0604)。
收稿日期:2008-01-23 收修改稿日期:2008-06-23

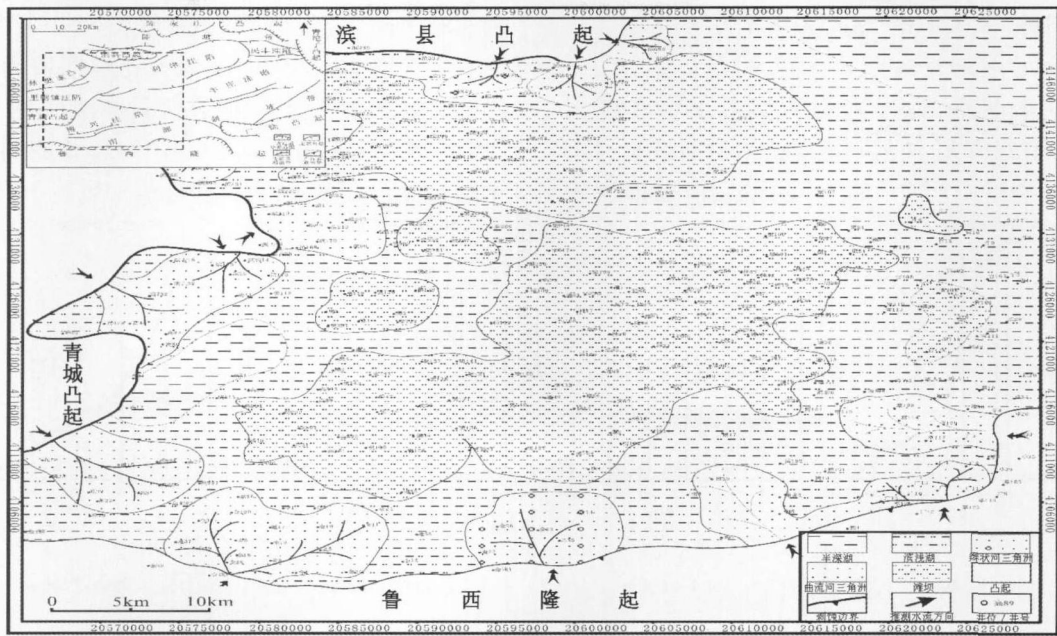


图 1 东营凹陷西部沙四上亚段的滩坝砂体分布图

Fig 1 Distribution map of beach and bar sandbodies of Es_4^s in the west part of Dongying Depression

用物性、试油、压汞等资料, 分别采取分布函数曲线法、试油法、束缚水饱和度法等, 求取滩坝砂体不同埋藏深度下有效储层的物性下限, 在此基础上进行有效储层的物性下限与埋藏深度的回归拟合, 求取研究区滩坝砂体的物性下限与埋藏深度的定量关系式, 这样可以消除单一方法中因原始数据误差、基础数据数量、计算方法等引起的误差。

1.1.1 分布函数曲线法

分布函数曲线法是从统计学的角度出发, 在同一坐标系内分别绘制有效储层 (包括油层、含油层、油水同层、水层) 与非有效储层 (干层) 的物性频率分布曲线, 两条曲线的交点所对应的数值为有效储层的物性下限值^[6]。研究区滩坝砂体钻井取心资料相对较多, 在实测孔隙度和渗透率的刻度下, 滩坝砂体相对发育的探井均进行了测井孔隙度和渗透率解释。针对滩坝砂体孔隙度和渗透率资料相对丰富的 2 400~3 200 m 井段, 利用分布函数曲线法分别求取了 2 400~2 600 m、2 600~2 800 m、2 800~3 000 m、3 000~3 200 m 有效储层的物性下限, 其孔隙度下限值依次为 11.08%、9.6%、8.98%、8.5% (图 2a); 渗透率下限值依次为 $1.29 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、 $1.15 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、 $0.87 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、 $0.83 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (图 2b)。

1.1.2 试油法

试油资料是油气勘探过程中判断储层含油气性

和产液能力的一种重要方法和手段, 试油结果能够较全面地反应地层压力、地层温度、原油性质、孔隙结构等因素, 也是对储层有效性的重要检测。根据试油资料可以采取两种方法来计算有效储层的物性下限。

其一是利用每米采油指数与孔隙度、渗透率的统计关系曲线, 其外推每米采油指数降为零时的临界点所对应的物性作为物性下限, 即曲线与孔隙度、渗透率坐标轴的交点值^[2]。针对目前滩坝砂体的试油资料分别绘制了 2 400~2 900 m、2 700~3 000 m、2 900~3 400 m 的每米采油指数与孔隙度、渗透率的统计关系图, 分别计算了相应深度段下有效储层的物性下限, 其孔隙度下限依次为 10.5%、9.1%、8.3%, 渗透率下限依次为 $1.15 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、 $0.78 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (图 3)。

其二是根据测试井段产液量确定有效储层和非有效储层, 通过绘制相应井段的孔隙度与渗透率交汇图, 图中有效储层和非有效储层分界处对应的孔隙度、渗透率值为有效储层的物性下限值^[7]。研究区根据目前采油技术和经济效益, 将单层产液量 (包括油和水) 大于 1 t/d 的储集层划分为有效储层, 单层产液量小于 1 t/d 的储集层划分为非有效储层, 根据此标准分别求取了 2 400~2 900 m、2 700~3 200 m、2 900~3 400 m 有效储层的物性下限 (图 4), 其中孔隙度下限分别为 10%、9%、8.75%, 渗透率下限分别为

$1.15 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、 $1.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 、 $0.8 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

1.1.3 束缚水饱和度法

从理论上分析, 如果岩石中束缚水饱和度为 100%, 无论动力多大, 油都不能够进入岩石或从岩石中被采出, 则岩石中所有孔隙均为无效孔隙, 即岩石

为非有效储层, 且产液量 (油和水) 为 0 t/d 因此, 束缚水饱和度为 100% 时的最大孔隙度值为有效储层的绝对下限值。但是, 研究区目前采油技术和效益, 一般将单层日产油 (或水) 小于 1 t/d 的储层定义为干层, 其所对应的最大孔隙度值一般高于岩石中束缚

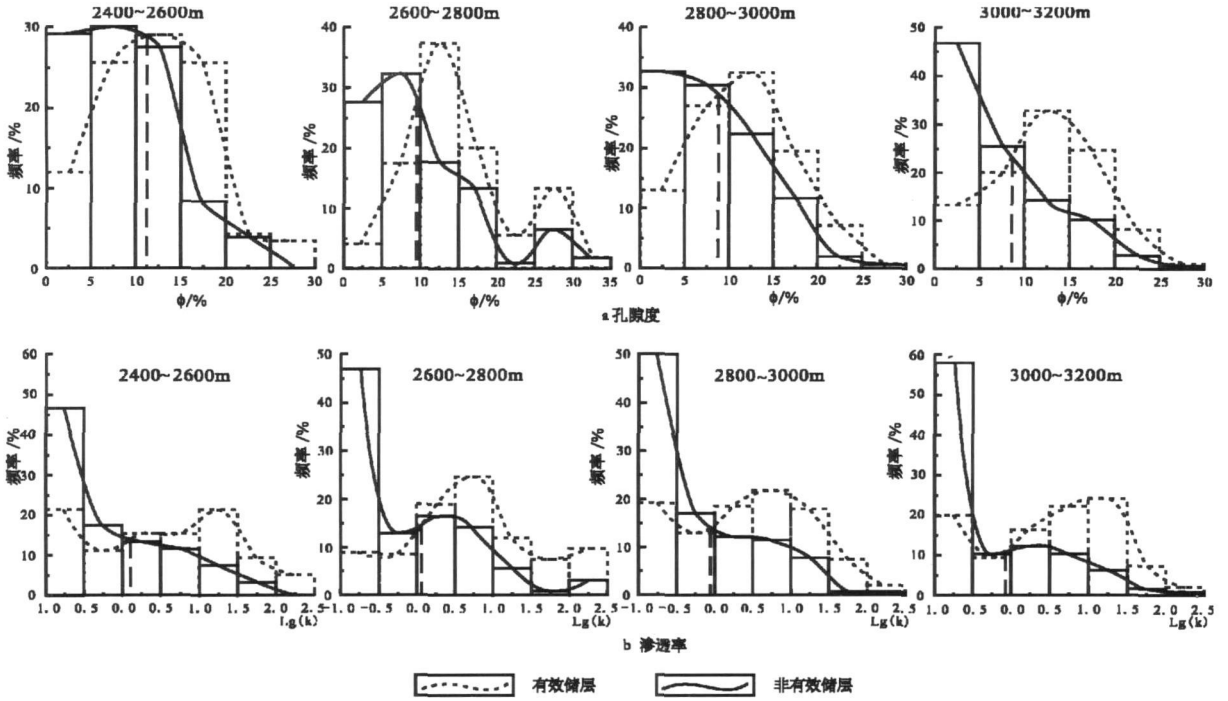


图 2 东营凹陷西部沙四上亚段滩坝砂体有效储层与非有效储层的物性频率分布曲线

Fig. 2 Porosity and permeability distribution curve of effective and non-effective reservoir of beach and bar sandbodies of E_{s4}^s in the west part of Dongying Depression

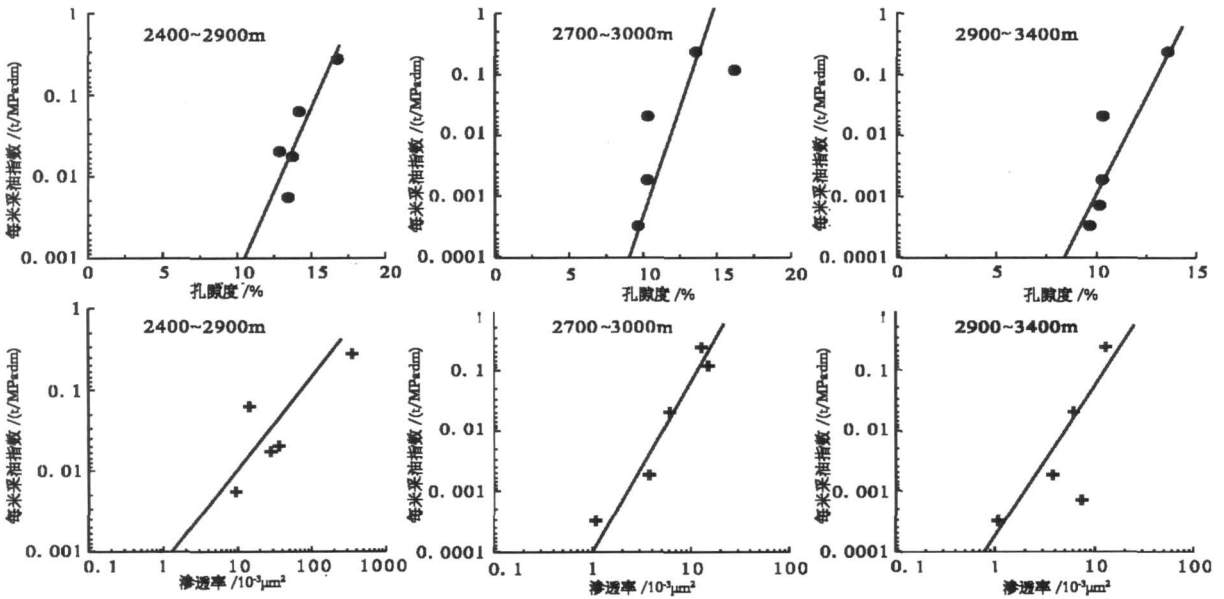


图 3 东营凹陷西部沙四上亚段滩坝砂体的每米采油指数与孔隙度、渗透率关系图

Fig. 3 Relation of specific productivity index with porosity and permeability of beach and bar sandbodies of E_{s4}^s in the west part of Dongying Depression

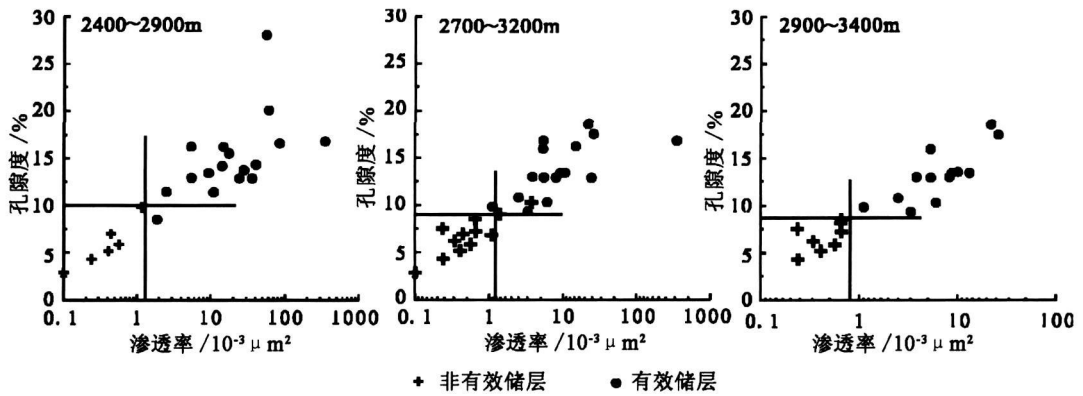


图 4 东营凹陷西部沙四上亚段滩坝砂体的有效储层、非有效储层的孔隙度—渗透率关系图
Fig. 4 Relation of porosity with permeability of effective and non-effective reservoir of beach and bar sandbodies of Es₄^s in the west part of Dongying Depression

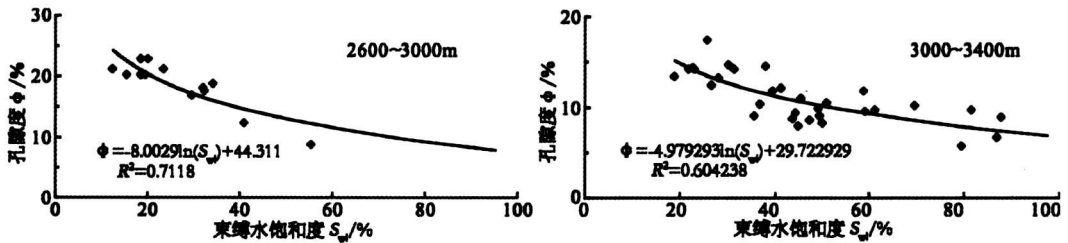


图 5 东营凹陷西部沙四上亚段滩坝砂体的孔隙度与束缚水饱和度关系图
Fig. 5 Relation of porosity with irreducible water saturation of beach and bar sandbodies of Es₄^s in the west part of Dongying Depression

水饱和度为 100% 时的孔隙度值。研究发现, 束缚水饱和度大于 80% 的储层, 其储集空间主要为微孔隙, 储集和渗流流体的能力较差, 且日产液量一般小于 1 t/d 因此将束缚水饱和度为 80% 时所对应的最大孔隙度值作为有效储层的孔隙度下限值。实际工作中经常会出现所测样品的束缚水饱和度均小于 80% 的情况, 分析认为: 通过拟合孔隙度与束缚水饱和度的函数关系, 利用函数方程计算束缚水饱和度为 80% 时所对应的孔隙度值, 将其作为孔隙度下限也是较合理的, 并且可以增加该方法的灵活性。结合研究区内滩坝砂体的束缚水饱和度实测资料分析, 分别绘制了 2 600~ 3 000 m、3 000~ 3 400 m 孔隙度与束缚水饱和度关系图 (图 5), 通过拟合回归, 取其回归曲线上束缚水饱和度为 80% 所对应的孔隙度值, 可以得到 2 600~ 3 000 m、3 000~ 3 400 m 有效储层的孔隙度下限分别为 9.24%、7.9%。

1.1.4 有效储层物性下限与深度的函数关系

通过上述计算和分析可以得到不同埋深下滩坝砂体有效储层的物性下限, 并通过结果比较发现: 在

相同或相近的埋藏深度范围内, 采用分布函数曲线法、试油法、束缚水饱和度法等方法计算的物性下限值基本一致, 说明所采用的计算方法是可行的、计算结果可靠。但是, 由于受到计算方法、基础资料等限制, 采取上述方法所获得的物性下限所对应的埋深是有限的, 且不同方法计算的相近或相同埋深下滩坝砂体有效储层的物性下限值还是存在一定的差值。为了消除单一方法中因原始数据误差、基础数据数量、计算方法等引起的误差, 以及获得任意埋藏深度下滩坝砂体有效储层的物性下限, 对采取上述多种方法获得的有效储层物性下限进行与深度的回归拟合, 作为有效储层物性下限的最终结果。通过拟合获得有效储层的孔隙度下限、渗透率下限与深度的函数关系方程 (图 6), 拟合方程式如下:

$$\phi_{\text{cutoff}} = -10.837 \times \ln(H) + 95.553 \quad R^2 = 0.9115 \quad (\text{式 } 1)$$

$$K_{\text{cutoff}} = 8.0564 \times e^{-0.0073H} \quad R^2 = 0.864 \quad (\text{式 } 2)$$

ϕ_{cutoff} - 孔隙度下限, %;
 K_{cutoff} - 渗透率下限, $\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$;
 H - 埋藏深度, m

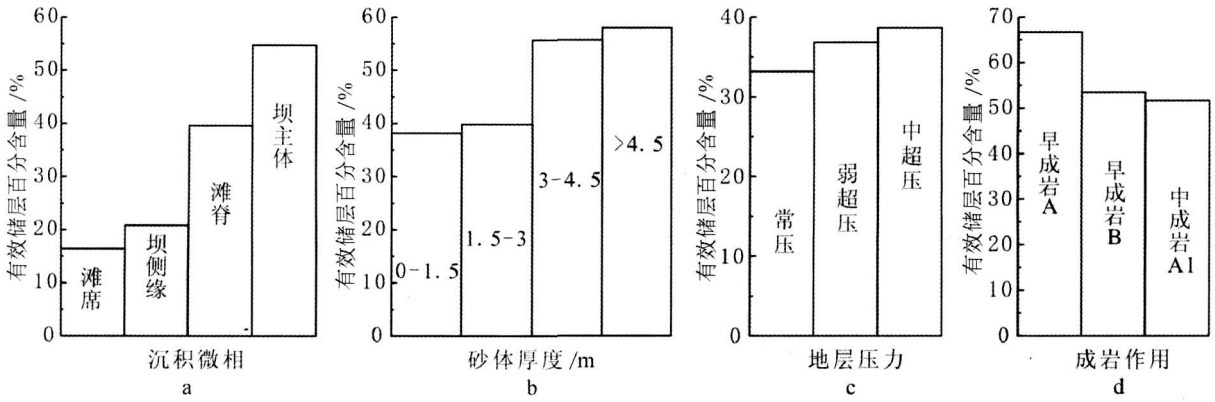


图 7 东营凹陷西部沙四上亚段滩坝砂体的有效储层影响因素分析图

Fig 7 Analysis chart showing controlling factors of effective reservoir of beach and bar sandbodies of Es_{4s} in west part of Dongying Depression

表 1 滩坝砂体不同沉积微相的岩石组构与物性特征

Table 1 Rock fabric and physical properties of beach and bar sandbodies of different micro-facies

| 沉积微相 | 井号 | 井段 /m | 厚度 /m | 孔隙度 % | | | 渗透率 / × 10 ⁻³ μm ² | | | 粒度中值 /φ | | | 分选系数 | | | 岩性 | 样品数 |
|------|-------|---------------|-------|-------|------|------|--|------|------|---------|------|------|------|------|------|-------|-----|
| | | | | 最大 | 最小 | 平均 | 最大 | 最小 | 平均 | 最大 | 最小 | 平均值 | 最大 | 最小 | 平均值 | | |
| 坝主体 | 高 890 | 2597.0~2602.0 | 5 | 23.3 | 17.1 | 20.6 | 124 | 9.53 | 59.7 | 3.48 | 2.69 | 2.99 | 1.47 | 1.28 | 1.37 | 粉细砂岩 | 9 |
| | 梁 225 | 2235.0~2240.5 | 5.5 | 18.8 | 14.4 | 17.1 | 19.3 | 0.93 | 6.6 | 3.47 | 3.47 | 3.47 | 1.74 | 1.42 | 1.58 | 粉细砂岩 | 6 |
| 滩脊 | 滨 170 | 1834.0~1837.0 | 3 | 23.9 | 17.7 | 22.1 | 29.9 | 4.1 | 18.3 | 3.06 | 3.06 | 3.06 | 1.6 | 1.42 | 1.47 | 粉细砂岩 | 4 |
| | 纯 108 | 3051.2~3054.0 | 2.8 | 13.8 | 11.3 | 12.7 | 8.79 | 3.68 | 6.29 | 4.06 | 3.47 | 3.64 | 1.63 | 1.42 | 1.51 | 粉砂岩 | 3 |
| 坝侧缘 | 纯 106 | 2872.5~2873.5 | 1 | - | - | 11.3 | - | - | 0.11 | - | - | 3.47 | - | - | 2.25 | 粉砂岩 | 1 |
| | 纯 106 | 2914.0~2915.0 | 1 | - | - | 9.3 | - | - | 0.02 | - | - | 3.84 | - | - | 3.09 | 含泥粉砂岩 | 1 |
| 滩席 | 高 890 | 2611.0~2612.5 | 1.5 | 9.5 | 8.4 | 8.95 | 0.41 | 0.13 | 0.27 | 4.52 | 4.03 | 4.27 | 3.91 | 2.83 | 3.37 | 泥质粉砂岩 | 2 |
| | 纯 106 | 2882.8~2883.8 | 1 | - | - | 9.6 | - | - | 0.54 | - | - | 3.87 | - | - | 2.61 | 泥质粉砂岩 | 1 |

水动力强度、沉积微相关系密切,且坝主体、滩脊微相的沉积砂体厚度大,研究发现,研究区内厚度一般大于 2 m;坝侧缘、滩席微相的沉积砂体厚度小,研究区内一般小于 3 m(表 1)。这决定了砂体厚度越大,其沉积水动力条件越强,储集性能越好,其储层的有效性越高。

2.3 地层压力对滩坝砂体有效储层的影响

东营凹陷西部沙四上亚段滩坝砂体的实测地层压力表明,研究区滩坝砂体的现今地层压力基本上为常压—弱超压,超压特征不明显。由现今地层压力与滩坝砂体有效性关系直方图(图 7c)可知,常压、弱超压、中超压三种状态下有效储层百分含量分别为 33.16%、36.81%、38.67%,总体上,异常超压强度越高其有效性越高,但三种压力状态下有效性变化不明显,反映了地层压力对研究区滩坝砂体有效性的控制作用不明显。虽然异常超压可以抑制压实作用、促进溶解作用、形成超压微裂缝,从而有效地改善储层储集性能^[10-14]。但该地区滩坝砂体的成熟度高、埋藏

较浅,压实强度相对较低,且高结构和成分成熟度有利于抑制压实作用,决定了研究区滩坝砂体中较难以出现异常超压环境,即使出现异常超压,超压强度也难以促使岩石破裂形成超压裂缝,因此滩坝砂体的储集空间主要为原生粒间孔隙和次生溶解孔隙。

2.4 成岩作用对滩坝砂体有效储层的影响

东营凹陷西部沙四上亚段滩坝砂体现今埋藏深度一般为 1 200~3 500 m,该深度范围内 R_o一般小于 0.7%,目前基本上处于早成岩 A 期、早成岩 B 期和中成岩 A1 亚期。由各成岩作用阶段的滩坝砂体有效储层百分含量统计发现:早成岩 A 期、早成岩 B 期和中成岩 A1 亚期三个成岩阶段的滩坝砂体有效储层百分含量分别为 66.67%、53.43%、51.66%,总体上早成岩 A 期有效性最高,早成岩 B 期和中成岩 A1 亚期次之,但三个阶段的差别不十分明显(图 7d)。这是由于该地区滩坝砂体的成岩作用强度相对较低,且孔隙度较高,虽然压实作用明显减小了原生孔隙度,但溶解作用所形成的次生孔隙给予了补充^[15-16]

(图 8)。早成岩 A 期压实作用弱, 滩坝砂体中原生孔隙发育, 孔隙喉道发育、结构规则; 中成岩 A₁ 期虽然孔隙度高, 但次生孔隙发育, 一般次生孔隙较不规则、有时喉道较不发育, 可影响到储层的有效性。

3 结论

(1) 综合运用试油、压汞、物性等资料, 利用分布函数曲线法、试油法、束缚水饱和度法分别求取了研究区滩坝砂体不同埋深下有效储层的物性下限, 并利用回归分析确定了物性下限与深度的定量关系式, 其函数方程为 $\phi_{\text{cutoff}} = -10.837 \times \ln(H) + 95.553$, $K_{\text{cutoff}} = 8.0564 \times e^{-0.0073H}$, 通过试油结果检验该计算公式基本可靠。

(2) 在滩坝砂体有效储层的物性下限研究的基础上, 探讨了滩坝砂体有效性的控制因素。研究区内滩坝砂体由于埋藏浅、成岩作用弱、岩石成分和结构成熟度高, 成岩作用、地层压力对砂体有效性影响较小, 沉积微相和厚度是砂体有效性的主要控制因素, 且坝主体和滩脊沉积微相是有利储层发育区。

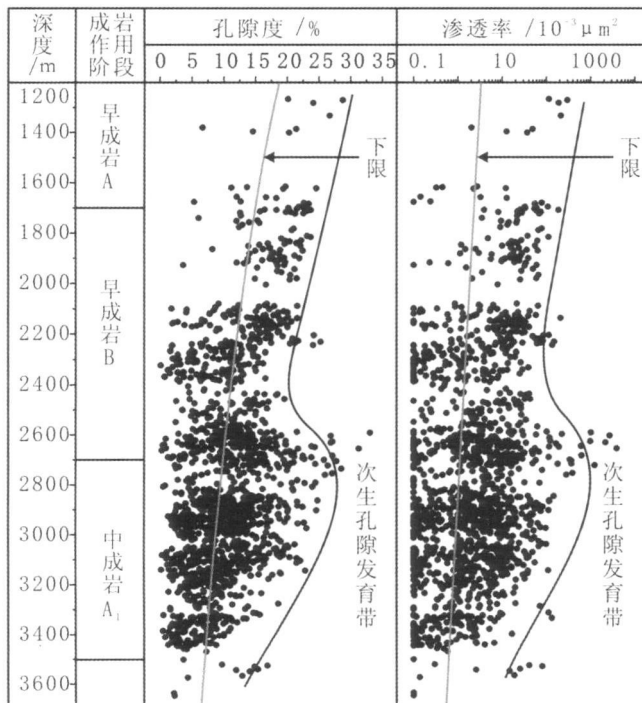


图 8 东营凹陷西部沙四上亚段滩坝砂体的物性与成岩作用阶段关系图

Fig 8 Relation of physical with diagenesis stage of beach and bar sandbodies of Es₄^s in west part of Dongying Depression

参考文献 (References)

- 刘睿. 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 [Li Rui. Supplement to determining method of cut-off value of net pay [J]. Petroleum Exploration and Development 2004, 31(5): 140-144]
- 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. The Methods of Oil & Gas Reserve Calculation [M]. Beijing: Petroleum Industry Press, 1990: 31-32]
- 毕海滨, 王颖惠, 鲁国明. 油水界面张力的经验统计法 [J]. 新疆石油地质, 1996, 17(2): 173-176 [Bi Habin, Wang Yinghui, Lu Guoming. Empirical statistic method of oil-water interfacial tension [J]. Xinjiang Petroleum Geology, 1996, 17(2): 173-176]
- 王成, 邵红梅, 洪淑新, 等. 松辽盆地北部深层碎屑岩储层物性下限及与微观特征的关系 [J]. 大庆石油地质与开发, 2007, 26(5): 18-20 [Wang Cheng, Shao Hongmei, Hong Shuxin, et al. The lower limits of physical properties for deep clastic reservoirs in north Songliao Basin and its relationship with microscopic features [J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2007, 26(5): 18-20]
- 曾伟, 强平, 黄继祥. 川东嘉二段孔隙度下限及分类与评价 [J]. 矿物岩石, 1997, 17(2): 42-48 [Zeng Wei, Qiang Ping, Huang Jixiang. Reservoir's low limit classification and evaluation of member II of Jialingjiang formation (lower Triassic) in eastern Sichuan [J]. Journal of Mineralogy and Petrology, 1997, 17(2): 42-48]
- 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 reservoir and its application: a case study on Zhongbu gas field in Ordos Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica, 1999, 17(3): 454-457]
- 王成, 官艳华, 肖利梅, 等. 松辽盆地北部深层砾岩储层特征 [J]. 石油学报, 2006, 27(增刊): 52-56 [Wang Cheng, Guan Yanhua, Xiao Limei, et al. Characteristics of deep conglomerate reservoir in northern Songliao Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2006, 27(suppl): 52-56]
- 李森明. 利用对比技术分析吐哈盆地台北凹陷储层孔隙特征及有效性 [J]. 石油学报, 2006, 27(1): 47-52 [Li Senming. Pore features and validity analyses of reservoir in Taipei Sag of Tuha Basin using the comparative technology [J]. Acta Petrolei Sinica, 2006, 27(1): 47-52]
- 王琪, 褚喜准, 陈国俊, 等. 鄂尔多斯西部长 6 砂岩成岩演化与优质储层 [J]. 石油学报, 2005, 26(5): 17-23 [Wang Qi, Zhuo Xizhun, Chen Guojun, et al. Diagenetic evolution and high-quality reservoir in Chang 6 sandstone in the western Ordos Basin [J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26(5): 17-23]
- 高勇, 张连雪. 板桥—北大港地区深层碎屑岩储集层特征及影响因素研究 [J]. 石油勘探与开发, 2001, 28(2): 36-39 [Gao Yong, Zhang Lianxue. Characteristics of deep clastic reservoir in Banqiao-Beilagang area and their causing factors [J]. Petroleum Exploration and Development, 2001, 28(2): 36-39]
- 游俊, 郑茂俊, 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 Maojun, Zhou Jiansheng. Relationship between abnormal pressure in deep strata and abnormal porosity and oil and gas reservoirs [J]. China Offshore Oil & Gas: Geology, 1997, 11(4): 249-253]

- Jun Zheng Junmao Zhou Jiansheng. Abnormal pressure and abnormal porosity and hydrocarbon reservoir in the deep strata [J]. *China Offshore Oil and Gas Geology*, 1997, 11(4): 249-253]
- 12 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 elastic rocks in Banqiao-Qibei Sag [J]. *Journal of China University of Petroleum: Natural Science Edition*, 2002, 26(1): 4-7]
- 13 陈中红, 查明, 曲江秀. 沉积盆地超压体系油气成藏条件及机理 [J]. *天然气地球科学*, 2003, 14(2): 97-98 [Chen Zhonghong Zhang Ming Qu Jiangxiu. Conditions and mechanism of hydrocarbon accumulation in overpressure systems in sedimentary basins [J]. *Natural Gas Geoscience*, 2003, 14(2): 97-98]
- 14 苏玉山, 王生朗, 张联盟, 等. 超压异常对东濮凹陷深层油气藏的控制作用 [J]. *石油勘探与开发*, 2002, 29(2): 49-52 [Su Yushan Wang Shenglang Zhang Lianmeng et al. The effect of abnormal overpressure on deep reservoir forming in Dongpu depression [J]. *Petroleum Exploration and Development*, 2002, 29(2): 49-52]
- 15 刘林玉, 王震亮, 张龙. 鄂尔多斯盆地镇北地区长 3 砂岩的成岩作用及其对储层的影响 [J]. *沉积学报*, 2006, 24(5): 690-697 [Liu Linyu Wang Zhenliang Zhang Long. Sandstone diagenesis and the influence on Chang 3 reservoir of Zhenbei area, Ordos Basin [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2006, 24(5): 690-697]
- 16 漆滨汶, 林春明, 邱桂强, 等. 山东省牛庄洼陷古近系沙河街组沙三中亚段储集层成岩作用研究 [J]. *沉积学报*, 2007, 25(1): 99-109 [Qi Binwen Lin Chunming Qiu Guiqiang et al. Reservoir diagenesis of the intermediate section in Member 3 of Shahejie Formation (Paleogene) in Niuzhuang sub-sag Shandong Province [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2007, 25(1): 99-109]

The Petrophysical Parameter Cutoff and Controlling Factors of the Effective Reservoir of Beach and Bar Sandbodies of the Upper Part of the Fourth Member of the Shahejie Formation in West Part of Dongying Depression

CAO Ying-chang¹ WANG Yan-zhong¹ XU Tao-yu¹ LIU Huimin² GAO Yong-jin²

(1. College of Geo-Resources and Information, China University of Petroleum, Dongying Shandong 257061;

2. Research Institute of Geological Science, Shengli Oilfield Company Limited, Dongying Shandong 257015)

Abstract Beach and bar sandbodies are main sedimentary reservoir of the upper part of the fourth member of the Shahejie formation (E_{s4}^s) in the west part of Dongying depression. Based on the comprehensive application of physical properties, oil production test and mercury injection data, the petrophysical parameter cutoff of effective reservoir of beach and bar sandbodies of E_{s4}^s is determined by distribution function curve method, production test method and irreducible water saturation method, and the functional equation between petrophysical parameter cutoff and depth is obtained. On the basis of the research of petrophysical parameter cutoff, combining the analysis of sedimentary characteristics, diagenesis characteristics and reservoir pressure characteristics of beach and bar sandbodies, the controlling factors of effective reservoirs are discussed. Sedimentary micro-facies and thickness are main controlling factors, and the effective reservoir is the most developed in the micro-facies of bar main body and beach ridge. It is not obvious that the diagenesis and reservoir pressure influence physical properties of reservoir.

Key words beach-bar sand body, effective reservoir, petrophysical parameter cutoff, controlling factors, Dongying Depression