

文章编号: 0253-9985(2004)03-0284-04

牛庄洼陷岩性油藏含油气性及主控因素

高永进¹, 邱桂强¹, 陈冬霞², 张俊²

(1. 中国石化胜利油田地质科学研究院, 山东东营 257051; 2. 石油大学盆地与油藏研究中心, 北京昌平 102249)

摘要: 渤海湾盆地牛庄洼陷的砂体主要分布在洼陷的深凹带、深凹带与缓坡带之间、缓坡带及中央低隆起带, 砂体分为水下冲积扇、深水浊积扇和前缘滑塌浊积扇3种类型。其中, 水下冲积扇砂体的厚度大, 物性好, 含油气性好; 深水浊积扇砂体的含油性次之; 而滑塌浊积砂体的含油气性最差。控制砂体含油气性的主要因素包括砂体埋深、沉积相及砂体类型、构造环境、砂体自身物性和压力。因此, 随着埋深的增加, 砂体的储量和含油饱和度明显增高; 压力增高, 砂体的含油气性也明显增加; 处于深凹带的砂体含油气性好于缓坡带砂体及中央低隆起带的砂体。

关键词: 牛庄洼陷; 岩性油藏; 主控因素; 成藏机理

中图分类号: TE112.322

文献标识码: A

Oil/ gas shows in lithologic reservoirs in Niuzhuang sag and their main controlling factors

Gao Yongjin¹ Qiu Guiqiang¹ Chen Dongxia² Zhang Jun²

(1. Research Institute of Geosciences, Shengli Oilfield Company, SINOPEC, Dongying, Shandong;

2. Basin & Oil Reservoir Research Center, University of Petroleum, Beijing)

Abstract: Sandbodies in Niuzhuang sag are mainly distributed in deep sag, area between deep sag and gentle slope zone, as well as central low upwarped area. They can be divided into 3 types, i. e. subaqueous alluvial fan, deep water turbidity fan, and frontal slump turbidity fan, of which the subaqueous alluvial fan sandbodies are thick and have good poroperm characteristics and oil/ gas shows, while the oil/ gas shows in deep water turbidity fan sandbodies are poorer, and that in slump turbidity fan sandbodies are the poorest. The main factors that control oil/ gas shows in sandbodies are burial depth, sedimentary facies and types of sandbodies, as well as structural setting, poroperm characteristics and pressure of sandbodies. Reserves and oil saturation in sandbodies would significantly be heightened along with the increasing burial depth. The better the sandbodies' poroperm characteristics are, the better the oil/ gas shows would be. They would also be significantly improved with increasing pressures. They are good in the deep sag, and become poorer towards the gentle slope zone, and become the poorest in the central low upwarped zone.

Key words: Niuzhuang sag; lithologic reservoir; main control factor; reservoiring mechanism

目前, 岩性油气藏已成为济阳坳陷油气勘探的重要的新领域^[1,2]。自“八五”开始, 东营凹陷已进行了有目的地岩性油藏勘探尝试, 经过“九五”期间连续的攻关研究和勘探实践, 从地质预测到储层描述, 采用了一系列实用而有效的地质-地球物理勘探技术和方法, 获得了较好的勘探生产效益^[3~5]。但在岩性油藏含油性研究与评价方面

没有开展有效的研究工作, 本文通过对牛庄洼陷岩性油气藏含油气性及主控因素的研究与分析, 以期提高本区的勘探效益。

1 砂体分布与含油气性

牛庄洼陷属于渤海湾盆地东营凹陷南部的次级洼陷, 其东、北部及西部与一近弧形的东营中央

基金项目: 国家科技攻关项目“济阳凹陷复杂隐蔽油气藏地质评价和勘探关键技术研究”(2001BA605A09)

第一作者简介: 高永进, 男, 37岁, 高级工程师, 石油勘探综合地质研究

收稿日期: 2004-02-09

背斜带相临,南部与东营凹陷南斜坡的王家岗—陈官庄断裂带相邻,形成一个南北界受东西向断裂所控制的似菱形沉积单元,洼陷东西长40 km,南北宽15 km,面积约600 km²。牛庄油田正位于洼陷的近中央部位,是济阳凹陷内地质储量近亿吨级的大型油田^[6]。

沙河街组三段(以下简称沙三段)沉积时期洼陷位于济阳坳陷东营三角洲前缘斜坡地带,三角洲沉积厚度大,分布面积广,发育了一系列透镜状砂体岩性油藏。目前已发现的145个砂体中,有45个砂体含油,在74.6 km²的含油面积内,共探明地质储量 $8\,287 \times 10^4$ t^[7~9]。层位上,岩性油藏主要分布于沙三段中、下亚段;构造上,岩性油藏不仅在深洼陷内发育,如王78砂体和牛25砂体,而且在洼陷的南、东部和西部斜坡带上均有分布。如东部辛154砂体,东南部王70砂体和王541砂体,南部牛20砂体及西部史131、史133和史128砂体等。勘探结果显示,牛庄洼陷很多探井都见到了油气显示、油层或工业油流,但各井的含油情况差别很大。产量高的达300 t/d,产量低的仅获得少量油花。沙三段中、下亚段的中小型砂岩体存在整体储油、局部储油和不含油3种情况。

为了探讨研究区岩性油藏的展布特征,分别对洼陷内96个岩性砂体进行统计,内容包括:砂体埋深、砂层厚度、油层厚度、砂体的厚度及有效厚度、砂体面积及含油面积、沉积体系、构造环境、层位、砂体类型、砂体物性及压力、含油饱和度及圈闭充满度等。结果显示,牛庄洼陷浊积岩油藏充满度在2.32%~90.1%,平均值为27.6%(图1),含油饱和度在5.1%~74.75%,平均为43.3%,

单个油藏储量分布在 $1 \times 10^4 \sim 900 \times 10^4$ t,平均储量为 82.1×10^4 t。

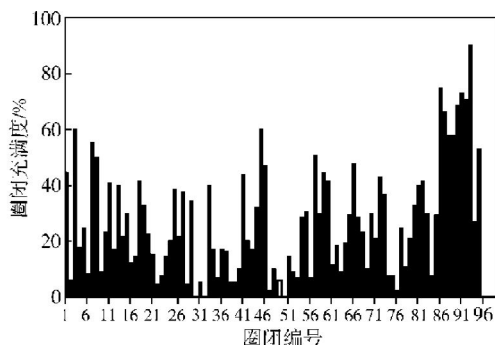


图1 牛庄油田岩性圈闭充满度分布图

Fig.1 Fullnesses of lithological traps in Niuzhuang oilfield

2 主控因素

2.1 砂体埋深

从牛庄洼陷浊积砂体埋深与砂岩油气藏统计关系图(图2)上可看出,原油储量与含油饱和度随砂体埋深的加大而增加。牛庄油田绝大部分岩性油藏均分布在2 700~3 600 m,随着埋深的增加,砂体平均含油饱和度逐渐增高;在埋深3 300~3 600 m时,平均含油饱和度可高达47.8%,平均储量也相应升高至 117.7×10^4 t。这说明牛庄洼陷内的砂体在重力滑塌作用下,沿斜坡下滑进入洼陷深凹带,被厚层的泥岩包裹,形成独立的封闭体,有利于砂体成藏,因此含油性较好。此外,随埋深增加,包裹砂岩的泥岩在上覆压实的作用下演化生烃,成为向砂体供烃的有效烃源岩。可见,砂体埋深是岩性油气藏含油气性的重要控制因素。

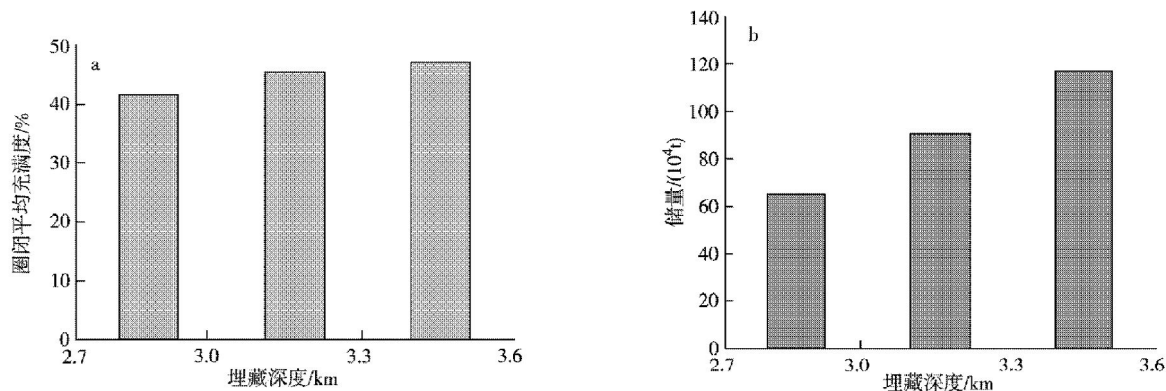


图2 砂体埋藏深度与含油饱和度、原油储量的关系

Fig.2 Burial depth of sand bodies vs oil saturation and reserves

a—砂体埋深与含油饱和度关系;b—砂体埋深与储量关系

2.2 沉积体系

砂体成因类型受沉积、构造环境和岩相古地理条件的制约,因此,一定的沉积环境形成一定的储集岩体,且储集岩体的几何形态与分布有一定的规律性。

牛庄油田岩性砂岩体主要分布在深湖浊积扇和三角洲前缘滑塌浊积扇内,其次为水下扇和三角洲。水下冲积扇的单层厚度大,物性好,砂体发育,叠合次数多,石油富集高产。由于牛庄油田的水下扇砂体分布在南部牛 20 断阶上,砂体深入水下,接触源岩或被源岩所包裹,且砂体物性条件好,因此其含油气性好,平均储量最高;深水浊积和三角洲前缘滑塌浊积砂体,是因浊流作用将湖盆边缘浅水碎屑物搬运到半深湖或深湖低洼处沉积而成,一般个体小,数量多,形状大小不一,物性差别较大。深水浊积砂体与泥岩相互穿插或砂体包裹于泥岩之中,分布于大套暗色生油泥岩中,油源充足,含油气性较好;三角洲前缘斜坡滑塌成因的浊积体,或接触有效烃源岩,或远离有效烃源岩中心,含油性相对较差^[11](表 1)。

表 1 不同成因类型砂体含油气性对比表
Table 1 Comparison of oil-bearing conditions in sand-bodies of different genetic types

砂体类型	水下冲积扇	深水浊积扇	前缘滑塌浊积扇
单砂体平均 储量/(10 ⁴ t)	180	134.4	61.5
含油饱和度/ 度/%	54.3	64.4	45.5
圈闭充 满度/%	37.2	36.4	27.9
砂体 展布特征	发育,厚度 大,物性好	不太发育,个体 小,物性中等	个体小,数量 多,物性差
含油气性	最好	中等	较差

2.3 砂体构造环境

由图 3 可以看出,构造环境对砂体的储量和含油气性也有一定的影响,处于洼陷深凹带的砂体,平均储量和含油性都高,平均储量为 105.6×10⁴ t,平均含油饱和度为 50.8%,平均圈闭充满度为 29.53%;洼陷与缓坡带之间的砂体,含油气性各参数相对较高;缓坡带的砂体次之;而处于中央背斜带的砂体含油气性最差,平均储量 66.2×10⁴ t,平均含油饱和度为 48.8%,平均圈闭充满度为 26.75%(图 3)。

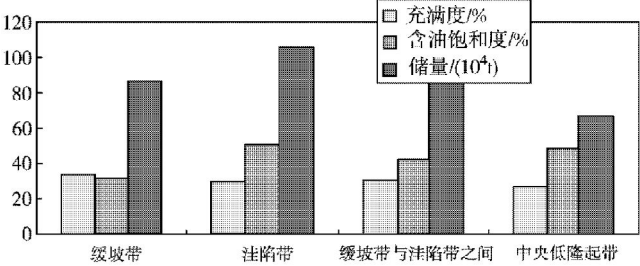


图 3 不同构造环境下砂体的含油气性
Fig. 3 Oil-bearing conditions of sand bodies in different structural environment

2.4 砂体物性

砂体内部孔隙度和渗透率、砂体粒径大小、砂体分选性(级差)也是影响和控制砂体油气充注的主要因素。只有当孔隙度和渗透率参数达到一定临界值时,砂体才能接收来自外部烃源岩中的油气。岩性砂体的内部条件对含油气性具有控制作用,经试验发现,粒径大的砂体含油气性好,粒度细的砂体可能没有油气的聚集^[12]。岩性砂体成藏实验显示,当砂体粒径达到一定临界值后,才能聚集油气^[13, 14]。

勘探开发实践证明,砂岩单层厚度是油气富集的一个重要因素。单层厚度大于 10 m 的油层一般产能都较高,而薄砂层则多为干层或水层。这是因为:①单层厚度大的砂体,储集物性较好,有利于油气聚集成藏;②在同样的水排烃能力和油气聚集条件下,单层厚度大的砂体储集性能强;③单层厚度大的砂体,抵抗压实、表层堵塞作用的能力强。

砂体自身物性也是控制砂体成藏的关键因素之一。随着砂体孔隙度和渗透率的提高,砂体的含油性及其平均储量明显增加,孔隙度在 12%~24%,平均含油饱和度、充满度和储量均呈正比增长。当渗透率大于 100×10⁻³ μm²时,砂体的含油性具有明显的优势,含油饱和度为 50.7%,平均储量高达 209.4×10⁴ t(图 4)。可见,砂体自身物性越好,越有利于外界烃源岩向砂体内部排烃、聚集和成藏。

2.5 压力

不论水下扇还是滑塌浊积岩成藏,都是单个砂岩体在泥岩的包围、封存下形成了一个独立的油、气、水系统及压力系统的封存箱。流体压力封存箱理论认为,在大多数沉积盆地中,烃源岩在压

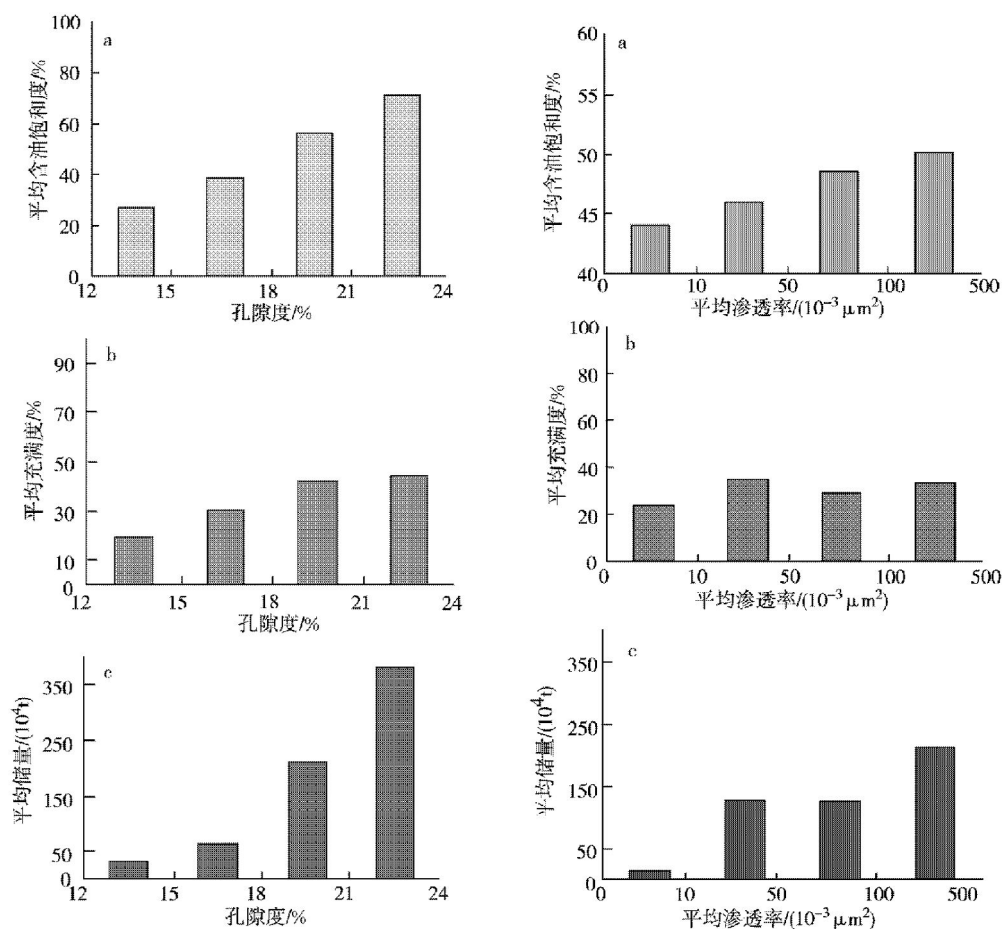


图4 砂体物性与含油气性的关系

Fig. 4 Poroperm properties vs oil-bearing conditions in sand bodies

实、成岩、生烃过程中,往往形成高压异常体(封存箱)。它的存在有利于岩性油气藏的形成^[15]。研究表明,东营凹陷内广泛分布有高压流体封存箱,其顶盖层深度受东营三角洲底界面控制。根据统计,牛庄地区这个深度大约在2 800 m左右^[16]。

高压岩性油气藏是牛庄洼陷油藏的显著特征之一。压力增高,砂体的含油气性明显增加。地层压力系数大于1.6为特高压油气藏,平均储量 $136 \times 10^4 t$,平均含油饱和度为55.02%,平均圈闭充满度为40.6%;地层压力系数1.3~1.6为高压油气藏,地层压力系数1.1~1.2为较高压油气藏;地层压力系数小于1.1为常压油气藏,砂体平均储量 $53.2 \times 10^4 t$,平均含油饱和度为43.9%,平均圈闭充满度为22.9%。统计结果显示,当砂体处于常压时,其自身物性好的砂体含油气性较高,否则多为水层或干层;而处于高压状态的砂体,如果其自身物性好,砂体表现为整体含油,否则为局部含油或不含油。

3 小结

(1) 对牛庄洼陷96个油积砂体进行统计结果显示,牛庄洼陷油积岩油藏充满度为2.32%~90.1%,平均值为27.6%,含油饱和度在5.1%~74.75%,平均为43.3%,油藏储量分布在 $1 \times 10^4 \sim 900 \times 10^4 t$,平均储量为 $82.1 \times 10^4 t$ 。层位上,砂体主要分布在沙三段,该段砂体的储量最为丰富;油藏类型主要为独立砂体,少量为构造-岩性油藏。

(2) 统计分析结果表明,控制砂体成藏的主要因素包括砂体埋深、沉积相及砂体类型、构造环境、砂体自身物性和压力。

参 考 文 献

- 李丕龙,金之钧,张善文,等. 济阳凹陷油气勘探现状及主要研究进展[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(3): 1~4
- 曾贇辉,张善文,邱楠生,等. 东营凹陷岩性圈闭油气充满度及其主控因素[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 219~221

(下转第299页)

- 因研究[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(1): 9~ 13
- 16 李素梅, 李雪, 张庆红, 等. 牛庄洼陷第三系古沉积环境及其控油气作用[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 269~ 273
 - 17 刘华, 蒋有录, 杨万芹, 等. 东营凹陷中央隆起带油-源特征分析[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(1): 39~ 43
 - 18 程克明, 王铁冠, 钟宁宁, 等. 烃源岩地球化学[M]. 北京: 科学出版社, 1995. 254~ 265
 - 19 李延钧, 陈义才, 杨远聪, 等. 鄂尔多斯下古生界碳酸盐烃源岩评价与成烃特征[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(4): 349~ 353
 - 20 刘传联, 徐金鲤, 汪品先. 藻类勃发——湖相油源岩形成的一种重要机制[J]. 地质论评, 2001, 47(2): 207~ 210
 - 21 何伟钢, 金奎励, 郝多虎. 济阳坳陷郭7井沙河街组三段泥岩生、储油特性及其意义[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(4): 375~ 379
 - 22 Carroll A R, Bohacs K M. Lake-type controls on petroleum source rock potential in nonmarine basins[J]. AAPG Bull, 2001, 85(6): 1 033~ 1 053
 - 23 Katz B J. Factors controlling the development of lacustrine petroleum source rocks: an update[J]. AAPG Studies in Geology, 1995, 40: 61~ 79
 - 24 程克明, 王兆云, 钟宁宁, 等. 碳酸盐岩油气生成理论与与实践[M]. 北京: 石油工业出版社, 1996. 43~ 53
 - 25 钟宁宁, 秦勇. 碳酸盐岩有机岩石学[M]. 北京: 科学出版社, 1995. 14~ 33
 - 26 夏新宇, 曾凡刚, 洪峰. 中国陆表海碳酸盐岩有机质的生烃潜力[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(4): 287~ 292
 - 27 Hatch J R, Leventhal J S. Relationship between inferred redox potential of the depositional environment and geochemistry of the Upper Pennsylvanian (Missourian) Stark Shale Member of the Dennis Limestone, Wabaunsee County, Kansas, USA[J]. Chemical Geology, 1992, 99: 65~ 82
 - 28 Genger D, Sethi P. A geochemical and sedimentological investigation of high-resolution environmental changes within the late Pennsylvanian (Missourian) endora core black shale of the mid-continent region [A]. In: Schieber J, Zimmerle W, Sethi P, et al. Shale and mudstones I [C]. Stuttgart, Germany: E Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, 1998. 271~ 293
 - 29 颜佳新, 徐四平, 李方林. 湖北巴东栖霞组缺氧沉积环境的地球化学特征[J]. 岩相古地理, 1998, 18(6): 27~ 32
 - 30 吴朝东, 杨承运, 陈其英. 湘西黑色岩系地球化学特征和成因意义[J]. 岩石矿物学杂志, 1999, 18(1): 26~ 39
 - 31 陈建渝, 朱芒征. 含油气系统与有机地球化学的关系[J]. 石油与天然气地质, 1999, 20(3): 246~ 249

(上接第 287 页)

- 3 李思田, 潘元林, 陆永潮, 等. 断陷湖盆隐蔽油藏预测及勘探的关键技术——高精度地震探测基础上的层序地层学研究[J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2002, 27(5): 592~ 596
- 4 张善文, 王英民, 李群, 等. 应用坡折带理论寻找隐蔽油气藏[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(3): 5~ 7
- 5 丁翠平, 雷安贵. 岩性油藏预测技术[J]. 石油勘探与开发, 1999, 26(1): 6~ 9
- 6 王捷, 关德范. 油气生成运移聚集模型研究[M]. 北京: 石油工业出版社, 1999. 194~ 197
- 7 李素梅, 李雪, 张庆红, 等. 牛庄洼陷第三系古沉积环境控油气作用[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 269~ 272
- 8 朱光有, 金强, 周建林, 等. 济阳坳陷胜坨油田原油物性及其成因研究[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(1): 9~ 13
- 9 刘华, 蒋有录, 杨万芹, 等. 东营凹陷中央隆起带油-源特征分析[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(1): 39~ 43
- 10 何伟钢, 金奎励, 郝多虎. 济阳坳陷郭7井沙河街组三段泥岩生、储油特性及其意义[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(4): 375~ 379
- 11 陈冬霞, 庞雄奇, 翁庆萍, 等. 岩性油藏三元成因模式及初步应用[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 228~ 231
- 12 陈章明, 张云峰. 凸镜状砂体聚油模拟实验及其机理分析[J]. 石油实验地质, 1998, 20(2): 166~ 170
- 13 姜振学, 陈冬霞, 苗盛, 等. 济阳坳陷透镜状砂岩成藏物理模拟实验[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 228~ 232
- 14 曾溅辉, 金之钧. 油气二次运移和聚集物理模拟[M]. 北京: 石油工业出版社, 2000. 207~ 210
- 15 Hunt J M. Generation and migration of petroleum from abnormally pressured fluid compartments[J]. AAPG Bull, 1990, 74: 1~ 12
- 16 陈宝宁, 王宁. 异常压力研究进展与方法实践[J]. 油气地质与采收率, 2001, 8(1): 35~ 37