

<http://www.geojournals.cn/georev/ch/index.aspx>

# 济阳拗陷岩性油气藏充满度大小及分布特征

张善文<sup>1)</sup> 曾溅辉<sup>2,3)</sup> 肖焕钦<sup>1)</sup> 邱楠生<sup>2,3)</sup> 姜振学<sup>2,3)</sup>

1) 中石化胜利油田股份公司勘探事业部, 山东东营, 257062

2) 石油大学石油天然气成藏机理教育部重点实验室, 北京, 102249

3) 石油大学盆地与油藏研究中心, 北京, 102249

**内容提要** 济阳拗陷岩性油气藏充满度统计结果表明:①不同凹陷岩性油气藏充满度大小及分布特征不同, 东营凹陷岩性油气藏充满度从6.8%至94.1%均有分布, 平均为46.5%, 沾化凹陷的分布范围为7.4%~78%, 平均充满度为46.6%, 而车镇凹陷岩性油气藏充满度为5%~60%, 平均仅为19%。岩性油气藏主要分布在沙二段和沙三段, 其中沙三段的岩性油气藏平均充满度高, 另外不同构造带和不同沉积体系岩性油气藏充满度大小不同。②不同类型岩性油气藏充满度大小及分布特征亦存在着差异, 其中孤立砂岩体油藏的充满度绝大部分在40%以上, 总体大于断层侧向沟通砂体岩性油气藏的充满度。

**关键词** 岩性油气藏 油气充满度 济阳拗陷

济阳拗陷位于山东省北部, 东邻渤海, 西至津浦铁路, 大体位于东经116°40'~119°, 北纬37°~39°之间, 构造上处于渤海湾裂谷盆地的东南部, 东邻郯城—庐江大断裂, 南接鲁西隆起, 西、北侧以埕宁隆起与黄骅拗陷相隔, 面积29000 km<sup>2</sup>, 是一个具“盆—岭”结构的中新生代内陆盆地(宗国洪等, 1998)。济阳拗陷可分为东营凹陷、沾化凹陷、车镇凹陷和惠民凹陷4个次级构造单元。济阳拗陷是我国岩性油气藏分布的重要地区, 主要分布在东营凹陷、沾化凹陷和车镇凹陷3个凹陷, 累计探明岩性油气藏储量为60244 × 10<sup>4</sup> t, 占济阳拗陷总探明储量的17%, 另外在济阳拗陷尚未探明的36 × 10<sup>8</sup> t 油气资源中, 岩性油气藏将占有很大的比例。近年来, 油气勘探结果表明, 有些岩性油气藏饱含油气, 而有些岩性油气藏含油较少, 甚至不含油, 即油气充满度大小差别很大, 但是, 有关岩性油气藏油气充满度的大小及分布特征, 前人还没有研究过, 本文在实际岩性油气藏油气充满度统计基础上, 探讨岩性油气藏油气充满度的大小及其分布特征, 从而为岩性油气藏的勘探提供科学依据。

## 1 岩性油气藏类型及油气充满度统计方法

### 1.1 岩性油气藏类型及其划分

为了确定岩性油气藏的充满度, 必须对岩性油气藏进行分类。根据济阳拗陷实际情况, 将岩性油气藏分为孤立砂体岩性油气藏和断层侧向沟通砂体岩性油气藏两大类型(曾溅辉等, 2002)。

(1) 孤立砂体岩性油气藏: 根据其形态特征和所处的构造部位, 孤立砂体岩性油气藏可划分为砂岩透镜体和砂岩上倾尖灭体两种类型(图1)。一般, 砂岩透镜体岩性油气藏主要位于凹陷中心, 即深凹带, 而砂岩上倾尖灭砂体岩性油气藏主要位于凹陷的斜坡带。

(2) 断层侧向沟通砂体岩性油气藏: 这类砂岩体岩性油气藏侧向受断层切割, 实际为岩性—构造复合油气藏(图2a), 它与断层上倾封堵的砂体形成的油气藏不同(图2b)。这类砂岩体岩性油气藏中的断层可能仅起沟通油源的作用, 但这类油气藏形成的主要控制因素为岩性因素。

### 1.2 岩性油气藏油气充满度定义及统计方法

张厚福等(1999)应用充满系数, 即含油高度与圈闭的闭合高度的比值来评价油气藏的含油量大小。武守诚(1994)将油气充满度定义为含油面积占圈闭面积的百分数, 我们在此基础上, 利用油气充满度来评价砂体的含油量, 将砂体油气充满度定义为砂体含油体积与砂体体积之比, 计算公式为:

注: 本文为国家“十五”重点科技攻关项目(编号 2001BA605A09)资助的部分成果。

收稿日期: 2003-11-13; 改回日期: 2004-02-29; 责任编辑: 郝梓国。

作者简介: 张善文, 男, 1956年生, 2002年于中国科学院广州地球化学研究所获博士学位, 现为胜利石油管理局教授级高级工程师, 主要从事石油地质和油气勘探方面的研究和管理。电话: 0546-8715840。

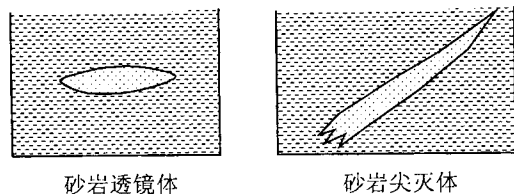


图1 孤立砂体岩性油气藏

Fig. 1 Lithological traps isolated by source rocks

$$f_0 = (h_e \cdot s_e) / (h \cdot s)$$

其中,  $f_0$  为砂体油气充满度(%);  $h_e$  为含油砂体厚度(m);  $s_e$  为含油砂体面积( $\text{km}^2$ );  $h$  为砂体厚度(m);  $s$  为砂体面积( $\text{km}^2$ )。值得注意的是, 砂岩透镜体的体积就是砂岩圈闭的体积。

岩性油气藏油气充满度统计方法为:

(1) 确定岩性油气藏类型。根据区域构造环境和沉积环境, 在前人工作的基础上, 以沉积微相的平面展布和纵向演化为依据, 确定岩性油气藏类型。

(2) 参数选取。① 砂体厚度: 由砂体数据表, 根据钻井、电测结果所解释的各层组单井砂体单层厚度中的砂层厚度进行叠加, 得到单井砂层组总厚度, 根据算术平均方法得出砂体平均厚度。对砂体控制的井数较少的情况, 采用面积权衡值方法选取砂体厚度, 或根据油田各区块的储量报告所确定的砂体厚度。② 砂体面积: 以单井解释结果为依据, 根据砂体的平面分布情况, 若断层上倾封堵或侧向封堵砂体, 则以断层为砂体边界, 其余边界以砂体尖灭线为界(以有效井和无效井井距之半用零线, 沿构造线画计算线来圈定砂体); 若砂体内无断层, 则以砂体尖灭线为界, 确定砂体面积, 或根据小层平面图上砂体尖灭线确定的范围, 直接计算砂体面积, 或根据区块

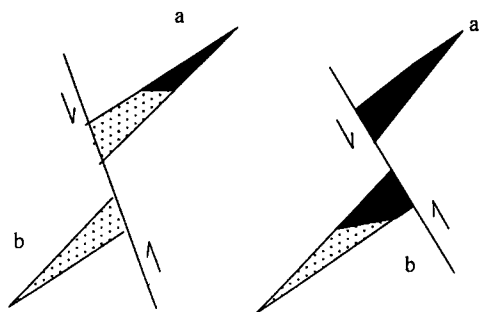


图2 断层侧向沟通的砂体(a)和断层上倾封堵的砂体(b)

Fig. 2 Lithological traps connected flankly by fault (a) and sealed upward by fault (b)

储量报告确定砂体面积值。③ 砂体含油厚度: 由砂体数据表, 将单井一、二类含油砂体单层数据相加, 得出单井砂体总含油厚度, 然后将单层厚度叠加得到砂层组砂体含油厚度, 再将平面上各单井含油厚度按算术平均法计算砂体含油厚度。对于井控制较少的、规模较小的砂体接近似面积权衡值选取砂体含油厚度。④ 砂体含油面积。根据平面上油层分布情况, 圈定砂体含油范围, 通过计算得到砂体含油面积。

(3) 通过砂体油气充满度公式计算油气充满度。

## 2 岩性油气藏油气充满度大小及分布特征

### 2.1 不同凹陷岩性油气藏充满度大小及分布特征

#### 2.1.1 东营凹陷岩性油气藏充满度大小及分布特征

本次共统计了东营凹陷郝家、大芦湖、史南、东辛、牛庄和王家岗等油田岩性油气藏共45个。统计结果表明, 45个岩性油气藏的充满度变化较大, 充满度从6.8%到94.1%均有分布, 平均为46.5%, 其中近一半的砂体充满度低于40%, 而充满度大于50%的岩性油气藏为21个, 占统计的45个油藏的46.7%, 两个岩性油气藏充满度在90%以上, 一个为牛25-C岩性油气藏, 充满度为90.1%, 另一个为营11岩性油气藏, 充满度为94.1%(图3)。

根据统计结果, 东营凹陷岩性油气藏油气充满度大小具下列分布特征:

(1) 东营凹陷孤立砂体和断层侧向沟通的砂体两类岩性油气藏油气充满度大小不一致, 其中孤立砂岩体油气藏充满度较高, 平均达到60%; 断层侧向沟通的砂体充满度平均为40%左右。

(2) 东营凹陷各油田的岩性油气藏的充满度大小相差较大, 其中东辛油田和大芦湖油田平均充满度超过50%; 而郝家油田岩性油气藏的充满度较低, 仅为38%左右(表1)。

(3) 东营凹陷岩性油气藏主要分布在沙二段和沙三段, 在凹陷内以沙三段浊积岩透镜体岩性油气藏为主, 在凹陷边缘和中央隆起带既有岩性透镜体油气藏, 又有沙三段、沙二段的砂体与断层相匹配形成的断层侧向沟通的岩性油气藏。根据统计的结果, 沙三段的岩性油气藏平均充满度高, 为52%, 而沙二段的平均充满度低, 只有23%。

#### 2.1.2 沾化凹陷岩性油气藏充满度大小及分布特征

沾化凹陷岩性油气藏主要分布在渤南油田和五

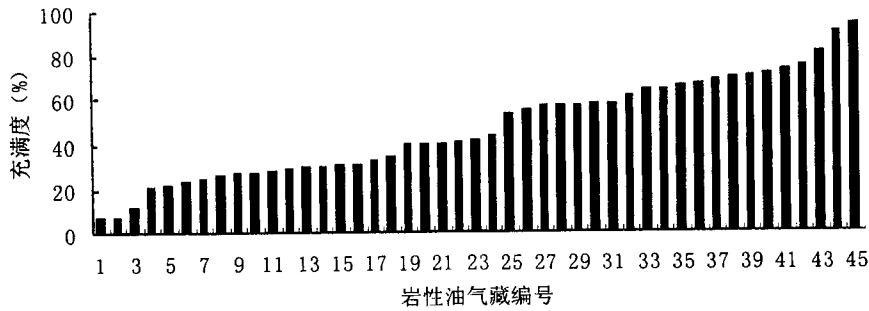


图 3 东营凹陷岩性油气藏油气充满度大小实际统计结果

Fig. 3 The statistical data of the oil-gas filling degree of the lithological oil-gas reservoir in Dongying sag

表 1 东营凹陷各油田不同砂体中油气藏充满度大小及分布特征

Table 1 The statistical data of the oil-gas filling degree of the lithological oil-gas reservoir in different sandbodies in Dongying sag

油田名称	主要圈闭类型	充满度范围(%)	统计砂体数	充满度平均值(%)
王家岗	断层侧向沟通的砂体	39.2~57.2	2	47.2
牛庄	孤立砂体和断层侧向沟通的砂体	7.6~90.1	20	48.4
郝家	孤立砂体和断层侧向沟通的砂体	6.8~71.6	14	37.5
史南	孤立砂体和断层侧向沟通的砂体	27.5~64.2	5	46.4
东辛	孤立砂体	94.1	1	94.1
大芦湖	孤立砂体和断层侧向沟通的砂体	30.4~81.0	3	58.5
小计		6.8~94.1	45	46.5

号桩油田,它们的构造位置分别处于渤南凹陷与五号桩凹陷内。本次共统计了34个岩性油气藏的油气充满度。统计结果表明,沾化凹陷岩性油气藏充满度大小分布在7.4%~78%之间,平均充满度为46.6%。其中,充满度大于60%的砂体有11个,占总数的32%,40%~60%之间的有11个,占总数的32%,20%~40%之间的有8个,占总数的24%,小于20%的有4个,占总数的12%,即大多数岩性油气藏充满度大于40%,少部分岩性油气藏充满度小于20%。

沾化凹陷岩性油气藏充满度的分布特征为:①沾化凹陷岩性油气藏的分布在层位上以沙三段为最多,沙二段次之,沙四段最少,同时岩性油气藏充满度的大小也因层位不同而不同。三个层位中以沙三段的岩性油气藏充满度最高,平均为49%,沙四段次之,为33%,沙二段最低,仅有29.5%;②岩性油气藏所处的不同构造部位也对充满度有重要影响,处于深凹带和深凹带内缓坡带的砂岩体充满度最高,分别为58%和52%,而潜山坡覆带斜坡最低为19%(图4);③不同类型岩性油气藏的充满度也存在着一定的差别,其中,孤立砂体的岩性油气藏平均充满度为51%,要稍高于断层侧向沟通的岩性

油气藏44%的平均充满度。

### 2.1.3 车镇凹陷岩性油气藏充满度大小及分布特征

车镇凹陷勘探程度较低,砂体数量较少,主要分布在大王北凹陷一带。此次统计的岩性油藏共12个,均为断层侧向沟通的岩性油气藏。车镇凹陷岩性油藏充满度均较低,变化范围较大,为5%~60%,一般10%~20%,平均为19%。

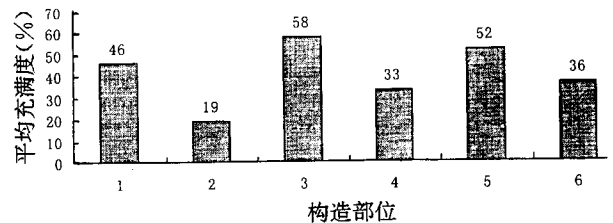


图 4 沾化凹陷不同构造部位砂岩体充满度分布特征  
Fig. 4 The oil-gas filling degree of the lithological oil-gas reservoir in different structural zones in Zhanhua sag

1—缓坡带;2—潜山坡覆带斜坡;3—深凹带;4—深凹带内低隆起;5—深凹带内缓坡带;6—斜坡带  
1—Ramp zone;2—foreslope of buried-hill drapping belt;3—deep sag belt;4—lower uplift in the deep sag belt;5—ramp zone in the deep sag belt;6—foreslope belt

在层位上,大35、大37块沙二段9个砂体平均充满度21%,车40块沙三段3个砂体,充满度5%~20%,可以看出在车镇凹陷大王北凹陷的沙二段充满度较车西凹陷沙三段高。在沉积体系上,扇三角洲沉积体系的5个岩性砂体充满度变化较大,5%~60%,平均25%;滨浅湖砂泥坪沉积体系7个砂体充满度平均15%。

## 2.2 各类岩性油气藏充满度大小及分布特征

(1) 孤立砂体岩性油气藏油气充满度大小及分布特征:孤立砂岩体油气藏是济阳拗陷岩性油气藏的重要组成部分,也是岩性油气藏中充满度相对较高的砂岩体。本次统计了牛庄、博兴、利津、渤南和五号桩凹陷共21个孤立砂岩体油藏。总体来看,济阳拗陷所统计的孤立砂岩体油藏的充满度绝大部分在40%以上。充满度在80%以上的砂岩体油藏有3个。不同凹陷的孤立砂岩体油藏充满度大小也有差别,最高的为东营凹陷,达到60%以上;其次为沾化凹陷,达到44%;车镇凹陷无孤立砂岩体油藏。从层位上看,沙三段的孤立砂体充满度较高。

(2) 断层侧向沟通岩性油气藏油气充满度大小及分布特征:济阳拗陷所统计的断层侧向沟通岩性油气藏共71个,充满度变化范围较大,从小于10%到80%均有分布,但大部分的充满度在40%~60%之间。不同凹陷的油藏充满度大小也有差别,最高的为沾化凹陷,平均达到46%;东营凹陷次之,为40%,车镇凹陷最小,仅19%。总体上,断层侧向沟通岩性油气藏的充满度低于孤立砂体岩性油气藏的充满度。从层位上看,沙三段的砂体充满度较高。

## 3 讨论

通过以上对岩性油气藏充满度主控因素的分析,可以发现,影响济阳拗陷岩性油气藏充满度的因素比较复杂,主要有岩性圈闭所处的构造单元、沉积体系、埋藏深度、岩性圈闭的物性和几何特征(岩性圈闭的厚度、面积和体积)以及地层温度、压力等,而且,这些因素之间相互作用、相互制约。可初步得出以下几点认识:

(1) 构造位置与岩性油气藏之间的关系很密切。岩性油气藏,特别是孤立砂体油气藏多分布在沉积凹陷内,总体规律是,距生烃中心越近,油气藏充满度越高。

(2) 济阳拗陷岩性油气藏所属的沉积相类型主要有浊积、三角洲、滨浅湖等类型,以浊积沉积体系油气藏的充满度最高,其次为滨浅湖相沉积体系、三

角洲沉积体系和扇三角洲沉积体系的砂体。

(3) 埋藏深度与岩性油气藏充满度之间的关系很明显。岩性油气藏的成藏存在一个深度门限:1900m,在此深度之上,砂体很难聚集油气。大部位充满度的深度分布范围为1900~4000m之间。

(4) 岩性油气藏的储集物性与油气藏充满度没有明显的规律,但存在一个成藏的孔隙度门限值:12%。油气藏孔隙度一般分布在12%~30%之间;渗透率对该区岩性成藏控制作用不明显。

(5) 岩性油气藏充满度与砂体厚度、面积、体积关系较复杂,一般不具有明显的线性关系。

## 4 结论

(1) 东营凹陷岩性油气藏充满度从6.8%到94.1%均有分布,平均为46.5%,其中孤立砂岩体油气藏充满度平均达到60%,而断层侧向沟通的砂体充满度平均为40%左右;另外东营凹陷岩性油气藏主要分布在沙二段和沙三段,其中沙三段的岩性油气藏平均充满度高,为52%,而沙二段的平均充满度低,只有23%。

(2) 沾化凹陷岩性油气藏充满度大小分布在7.4%~78%之间,平均充满度为46.6%。岩性油气藏主要分布在沙三段,沙二段次之,沙四段最少。三个层位中以沙三段的岩性油气藏充满度最高,平均为49%,沙四段次之,为33%,沙二段最低,仅有29.5%;另外处于深凹带和深凹带内缓坡带的岩性油气藏充满度最高,分别为58%和52%,而潜山披覆带斜坡最低为19%;同时孤立砂体的岩性油气藏平均充满度为51%,而断层侧向沟通的岩性油气藏平均充满度为44%。

(3) 车镇凹陷岩性油藏充满度均较低,变化范围较大,为5%~60%,一般10%~20%,平均为19%。其中沙二段岩性油气藏充满度高于沙三段,扇三角洲沉积体系的岩性油气藏充满度大于滨浅湖砂泥坪沉积体系岩性油气藏充满度。

(4) 济阳拗陷孤立砂岩体油藏的充满度绝大部分在40%以上,其中充满度最高的为东营凹陷,达到60%以上,其次为沾化凹陷,达到44%;从层位上看,沙三段的孤立砂体充满度较高。

(5) 济阳拗陷断层侧向沟通岩性油气藏充满度变化范围较大,从小于10%到80%均有分布,但大部分的充满度在40%~60%之间,总体低于孤立砂体岩性油气藏的充满度。其中充满度最高的为沾化凹陷,平均达到46%;东营凹陷次之,为40%,车镇凹陷

最小,仅19%。从层位上看,沙三段的砂体充满度较高。

### 参 考 文 献

- 武守诚. 1994. 石油资源地质评价导论. 北京: 石油工业出版社, 191.
- 张厚福, 方朝亮, 高先志, 张枝焕, 蒋有录. 1999. 石油地质学. 北京: 石油工业出版社, 160~161, 265.
- 曾溅辉, 张善文, 邱楠生, 姜振学. 2002. 济阳坳陷砂岩透镜体油气藏充满度大小及其主控因素. 地球科学, 27(6): 729~732.
- 宗国洪, 施央申, 王秉海, 王捷. 1998. 济阳盆地中生代构造特征与油气. 地质论评, 44(3): 289~294.

### References

- Wu S C. 1994. Geological evaluation for petroleum resources. Beijing: Petroleum Industry Press (in Chinese).
- Zeng J H, Zhang S W, Qiu N S, Jiang Z X. 2002. Oil-gas filling degree in lens-shaped sand body in Jiyang Depression and its main controlling factors. Earth Science—Journal of China University of Geosciences, 27(6), 729~732 (in Chinese with English abstract).
- Zhang H F, Fang C L, Gao X Z, et al. 1999. Petroleum Geology. Beijing: Petroleum Industry Press, 160~161 (in Chinese).
- Zong G H, Shi Y S, Wang B H, Wang J. 1998. Mesozoic tectonic characteristics and oil and gas in Jiyang Basin. Geological Review, 44(3): 289~294 (in Chinese with English abstract).

## Oil-Gas Filling Degree and Distribution Characteristics of the Lithological Oil-Gas Reservoir in the Jiyang Depression

ZHANG Shanwen<sup>1)</sup>, ZENG Jianhui<sup>2,3)</sup>, XIAO Huanqin<sup>1)</sup>, QIU Nansheng<sup>2,3)</sup>, JIANG Zhengxue<sup>2,3)</sup>

1) Department of Petroleum Exploration, Shengli Oil Field Ltd. Company, SINOPEC, Dongying, Shandong, 257062

2) Key Laboratory for Petroleum Accumulation Mechanism of Ministry of Education, P. R. China, Beijing, 102249;

3) Basin & Reservoir Research Center, Petroleum University, Beijing, 102249

### Abstract

Statistical data of the oil-gas filling degree of the lithological oil-gas reservoirs (the ratio of the volume of the sand body filled by oil and/or gas to the volume of lithological oil-gas reservoir) in the Jiyang depression show the following two facts. (1) Oil-gas filling degrees of the lithological oil-gas reservoirs and their distribution characteristics are different in different sags. The oil-gas filling degree is between 6.8% and 94.1% with an average of 46.5% in the Dongying sag, between 7.4% and 78% with an average of 46.6% for the Zhanhua sag, and between 5% and 60% with the average being only 19% for the Chezheng sag. The lithological oil-gas reservoirs are mainly distributed in the third and second members of the Shahejie Formation and the average filling degree of the third member is higher than that of the second member. In addition, the filling degrees of the lithological oil-gas reservoirs are different in different structure zones and different sedimentary systems. (2) Oil-gas filling degrees of the lithological oil-gas reservoirs and their distribution characteristics are different in different types of lithological oil-gas reservoirs. The oil-gas filling degrees of the overwhelming majority of the isolated sand bodies are over 40%, which are generally larger than those of the sand bodies connected on the flanks of the faults.

**Key words:** lithological oil-gas reservoir; oil-gas filling degree; Jiyang Depression