

文章编号: 0253-9985(2007)02-0240-10

二连盆地岩性油藏的幕式充注和 相对早期成藏特征分析

刘震, 刘俊榜, 高先志, 辛海燕, 郝琦

(中国石油大学 石油天然气成藏机理教育部重点实验室, 北京 102249)

摘要:在对二连盆地三大主力凹陷的成藏条件、埋藏史、热演化史分析的基础上,结合成岩流体包裹体特征分析,利用流体包裹体均一化温度定量分析方法确定了二连盆地油藏的成藏期次,认为二连盆地岩性油藏具有幕式充注的特征。通过与相同凹陷同一层位构造油气藏成藏期的对比分析后认为,岩性油藏的成藏期具有相对早期的特征。岩性圈闭形成的早期性为岩性圈闭在较早时期捕集油气提供了有利的条件,同时岩性圈闭的多期形成和油气的多期幕式充注有利于大型岩性油气藏的形成。

关键词: 相对早期性;幕式充注;岩性油藏;二连盆地

中图分类号: TE122.3 **文献标识码:** A

Characteristics of relative early reservoiring and episodic charging of lithologic oil pools in Erlian basin

Liu Zhen, Liu Jun-bang, Gao Xianzhi, Xin Haiyan, Xiao Wei

(Key Laboratory for Hydrocarbon Accumulation of Ministry of Education, China University of Petroleum, Beijing, 102249)

Abstract The analyses of reservoiring conditions and burial and thermal history of the three major depressions in Erlian basin, combined with the study on the characteristics and the quantitative analysis of homogenization temperature of its diagenetic fluid inclusions, lead to the conclusion that the lithologic pools in the basin feature in episodic hydrocarbon charging. A comparison with the reservoiring periods of the structural pools at the same horizon in this depression suggests that the lithologic oil pools were formed relatively early. The early formation of lithologic traps was favorable for the early capture of hydrocarbons, and the multistage formation of the lithologic traps and episodic multistage charging of hydrocarbons was conducive for the formation of large-scale lithologic pools.

Key words relative earliness; episodic charging; lithologic oil pool; Erlian basin

近年来,油气晚期成藏的概念得到广泛认可和关注。尽管目前对于“晚期成藏”尚没有明确的定义,它只是指示了油气成藏时间的相对早晚,但是大多数学者都倾向于指新近纪到第四纪以来的新构造运动过程中,特别是新近纪—第四纪所形成的油气藏。学者们从地球动力学背景、成藏条件、成藏动力以及晚期成藏的分类方面对晚期成藏进行了广泛而深入的研究,认为新构造运动影响下的晚期成藏是我国现今大多数油气藏、特别

是气藏的共同特征,并提出晚期成藏是大气田形成的必要条件之一^[1]。新构造运动对中国天然气成藏具有控制作用^[2]。中国近海新构造运动调整和控制了各含油气盆地的油气最终成藏和油气田的定形分布^[3];中国南方古生界的油气藏以晚期成藏最具工业价值^[4];同时在中国西部前陆盆地,新近纪前陆盆地的发育期控制了以中生界煤系烃源岩为主的晚期天然气的聚集^[5]。贾承造等对中国大、中型油田和气田的主要成藏期进行了统

收稿日期: 2007-02-06

第一作者简介: 刘震(1963—),男,教授、博士生导师,石油地质

计,发现新近纪—第四纪形成的大、中型油田和气田分别占已发现大、中型油田和气田总数的 68.2% 和 57.9%,探明储量分别占已发现大、中型油田和气田探明储量的 61% 和 51%^[6]。由此可见,晚期成藏对于油气藏,特别是烃类分子较小、易于散失的天然气的成藏具有十分重大的意义。

随着油气成藏机理研究的深入,在油气成藏模式研究方面取得了一系列新的认识。郝芳等^[7]对超压环境下烃类的生成、超压流体流动机制及流动样式进行了研究,在此基础上提出了幕式成藏概念,将幕式成藏定义为由超压或超压与构造活动联合控制的间歇性油气充注过程。超压环境下油气幕式成藏过程揭示了一种新的流体充注机制,证明了油气可以快速成藏,对油气勘探思路产生了重要的影响。

近几年岩性油气藏勘探不断取得突破。对于岩性油气藏成藏机理研究,学者们从成藏动力^[8~13]、成藏过程^[14~17]、油气充满度^[18~22]以及岩性油气藏成藏主控因素^[23~24]等方面都进行了深入的探讨,并取得了一系列新的认识。但是对于岩性油气藏的成藏期,特别是新生代之前地层中的岩性油气藏的成藏期定量研究比较薄弱,这使得岩性油气藏的形成演化特征模糊,限制了对岩性油气藏形成和分布规律的全面认识。

本文通过二连盆地岩性油藏成藏期的分析以及与同一凹陷、同一层位的构造油藏成藏期的对比研究,分析了二连盆地岩性油藏的成藏特征。

1 地质概况

二连盆地是在内蒙古—大兴安岭海西褶皱带基底上发育起来的中、新生代沉积断陷盆地。在燕山期多期断陷构造运动的作用下,二连盆地在早白垩世形成了大批分割性强、大小悬殊的断陷湖盆,并在此后沉积了厚达 5 000 m 的山间盆地河湖相含煤粗碎屑岩。盆地下白垩统巴彦花群地层自下而上发育了阿尔善组、腾(格尔组)一段、腾二段和赛汉塔拉组 4 个三级层序。其中,阿(尔善组)四段和腾一段是在湖盆扩张时期沉积的灰、深灰和黑灰色泥岩,是盆地内的主要生油层系;阿尔善组、腾一段和腾二段为主要含油气层段^[25]。

巴音都兰凹陷位于二连盆地东北部,呈北东—南西向延伸,长约 80 km,宽约 16~20 km,面积

1 170 km²。凹陷为东南断、西北超的单断型地堑,平面上分为南、北两个次洼槽以及巴 iv 构造、巴 ⑤ 构造和包楞构造 3 个有利二级构造带。宝力格油田位于巴音都兰凹陷南洼槽南部的巴 ⑤ 构造上,是巴音都兰凹陷的主力油田。至 2002 年底,宝力格油田隐蔽油藏储量规模达 $5\,000 \times 10^4$ t,其中岩性油藏占有相当大的比例。受控于陡坡带构造反转作用和扇三角洲沉积作用所形成的阿四段和腾一段扇三角洲沉积砂体,在后期演化中在正向构造的中、低部位形成了砂砾岩上倾尖灭岩性圈闭、砂岩成岩圈闭和砂砾岩透镜体岩性圈闭,在构造高部位受断层和岩性的控制形成了构造—岩性圈闭。这些圈闭被阿尔善组和腾一段的大套厚层泥岩所包围,使得阿尔善组和腾一段成为宝力格油田的主要含油层。

吉尔嘎朗图凹陷位于二连盆地东部边缘,呈北东走向,是一个北断南超的不对称半地堑。凹陷东西长约 18 km,南北宽约 12 km,面积约为 1 000 km²。宝饶油田位于吉尔嘎朗图凹陷中南部,包括宝饶构造带和宝饶内带,在阿四段和腾一段早期的湖扩沉积期形成了一套稳定的湖相暗色泥岩段,成为主要的烃源岩层。宝饶构造带腾一段和阿四段以辫状河道和扇三角洲前缘水道为主,局部发育浊积砂;宝饶内带以前缘砂沉积为主,发育辫状河三角洲前缘楔状砂、席状砂和浊积砂。构造高部位受断层控制形成断鼻、断块油藏和构造—岩性油藏;而宝饶内带三角洲前缘砂沉积被腾一段和阿四段泥岩所包围,多形成上倾方向受坡折带控制的岩性尖灭油藏。

乌利雅斯太凹陷位于二连盆地东北端,为一西北断、东南超的半地堑。凹陷长约 220 km,宽约 16~20 km,面积近 3 000 km²,整体上呈北东—南西向展布。凹陷平面上可以划分为南、中、北 3 个次级洼槽。木日格油田位于乌利雅斯太南洼槽,至 2002 年底腾一段和阿尔善组隐蔽油藏的储量规模已达到 $5\,000 \times 10^4$ t。从当前的勘探现状来看,乌利雅斯太南洼槽构造油藏不发育,石油主要储集在隐蔽圈闭中,洼槽区和缓坡区的腾一段和阿尔善组的砂砾岩透镜体油藏以及岩性上倾尖灭油藏是木日格油田主要的油藏类型。

2 基本原理及研究方法

流体包裹体作为封存在矿物晶穴或裂隙中的

原始有机流体,是油气运移聚集过程中的原始记录。它的最大特点是可以记录下每一期油气运移的特征,而且这些特征一般不会因后期继承性的叠加改造而消失。油气包裹体的形成世代是反映油气运移充注历史的最好记录。因此,准确进行包裹体的分期是确定包裹体形成期次或成藏期次的关键。

本文在研究中先采用盆地模拟的方法对地层的埋藏史进行了恢复,在此基础上利用前人的研究成果并结合实测镜质体反射率进行了单井热演化史的模拟(图 1a);其次,根据相应样品中伴生烃盐水包裹体均一化温度测试结果作出均一化温度分布频率图,按照频率分布以及岩石学分析结果划分出温度分布区间;最后,结合单井埋藏史、热演化史和该样品的均一温度分布区间确定出包裹体的形成时期,作出包裹体频率-年代分布图(图 1b)。包裹体频率-年代分布图可以直观地反映出包裹体形成的时期(代表油气充注的时期),频率值可反映出不同时期形成包裹体的相对多少(代表油气充注期次的主次关系)。

3 油藏成藏期分析

根据上述方法,对二连盆地三大主力凹陷的岩性油藏以及分布在同一凹陷、同一层位的构造油藏的成藏期进行了研究。

3.1 巴音都兰凹陷宝力格油田

宝力格油田位于巴音都兰凹陷南洼槽东部陡坡带的巴⑤鼻状构造上,是受巴⑤号断层和巴 7 东断层两条主断层控制的鼻状构造,西北部紧邻生油主洼槽,处于油气主要运移指向带(图 2a)。其主要产层是阿尔善四段高水位体系域的扇三角洲沉积体,主要为扇三角洲辫状水道和扇三角洲前缘席状砂。

巴⑤鼻状构造紧邻东部边界断层,位于斜坡的高部位,在阿四段沉积期沉积了扇三角洲前缘的大套砂砾岩体,并在后期的成岩过程中形成巴 2 井阿四段(K_1ba^4)油藏的储集层。该油藏为边界断层和岩性共同控制的构造-岩性油藏(图 2b)。巴 19 井和巴 21 井位于巴⑤鼻状构造东斜坡相对较低的部位,其阿四段(K_1ba^4)油藏为扇三角洲成因的砂岩上倾尖灭岩性油藏。

在巴音都兰凹陷宝力格油田所取样品中测得有机包裹体的样品共有两块,其深度、分布层位以及测温结果如表 1 所示。

巴 2 井阿尔善组样品中,包裹体主要存在于石英加大边、硅质嵌晶、方解石嵌晶中(图 3a)。

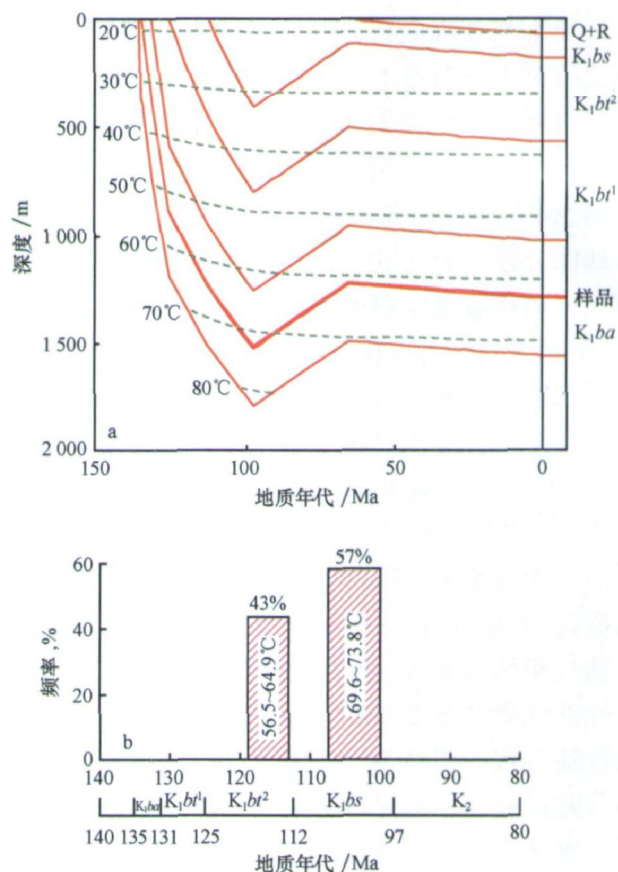


图 1 二连盆地巴音都兰凹陷巴 2 井阿尔善组油藏成藏期分析

Fig. 1 Reservoir stages of the Aershan Formation oil pool in Well Ba2, Bayindulan depression, Erlian basin
a 埋藏史和热史演化剖面; b 包裹体均一化温度频率-年代分布

表 1 二连盆地巴音都兰凹陷宝力格油田包裹体均一化温度测试结果

Table 1 Measurements of the homogenization temperature of fluid inclusions from oil reservoirs in Baolige oilfield, Bayindulan depression, Erlian basin

井号	层位	深度 /m	包裹体均一化温度 /℃
巴 2	K_1ba	1 282.0	56.5 61.3 64.9 69.7 69.6 71.8 73.8
巴 19	K_1ba	1 503.3	56.6 60.7 62.8 65.4 59.6 58.8 65.9 67.8

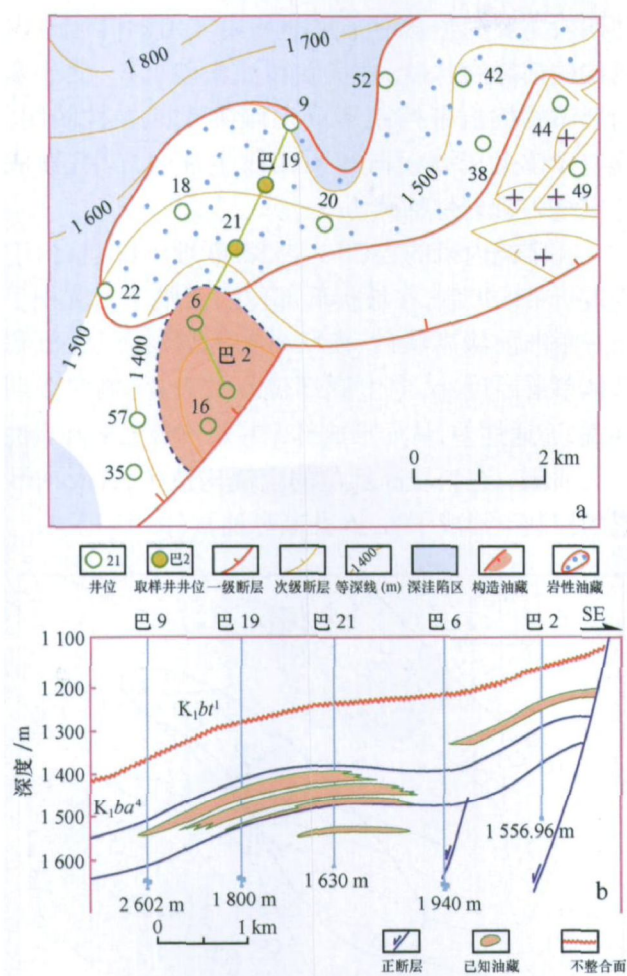


图 2 二连盆地巴音都兰凹陷宝力格油田取样井位分布 a) 及过取样井油藏剖面 b)

Fig. 2 Locations (a) and reservoir profiles (b) of and across the sampling wells in Baolige oilfield, Bayindulan depression, Erlian basin

成岩包裹体可分为两期: 第一期包裹体赋存于次生石英矿物中, 丰度中等—低, 个体小于 $6\ \mu\text{m}$, 气液比在 $0\sim 12\%$ 之间; 第二期包裹体赋存于粒间方解石胶结物中, 丰度低, 大小在 $0\sim 5\ \mu\text{m}$ 之间, 气液比为 $0\sim 10\%$ 。烃类包裹体在透射单偏光下为无色、淡黄色或灰色, 荧光下呈褐黄、淡黄色, 反映出所包裹烃类可能形成于比较低的油气演化阶段。

巴 19 井的样品为阿尔善组岩性油藏的代表。对 $1\ 503.3\ \text{m}$ 深度样品包裹体的分析表明, 包裹体发育差、丰度低, 仅在少量细砂级颗粒外围 iv- ⑤ 期加大边中存在细小包裹体, 偶见烃类包裹体加于其中 (图 3b); 包裹体形态不同, 多为近圆形、不规则形, 单个包裹体大小在 $1\sim 12\ \mu\text{m}$ 之间, 以液态包裹体为主, 同时还存在气液相包裹体, 气液比在 $0\sim 14\%$ 之间; 透射单偏光下烃类包裹体呈无色或淡黄色。

通过巴 2 井的地层埋藏史和热演化史分析 (图 1a), 同时结合岩石学分析和油气包裹体伴生的含烃盐水包裹体均一化温度直方图分析, 可得巴 2 井阿尔善组包裹体均一化温度频率—年代分布图 (图 1b)。以巴 2 井为代表的阿尔善组 (K_1ba) 的构造—岩性油藏油气存在着两期充注, 包裹体均一化温度所反映出的油气充注时间是在腾二末期 (K_1bt^2) 和赛汉塔拉时期 (K_1bs), 但大多数包裹体的形成时间是在赛汉塔拉时期 (K_1bs)。

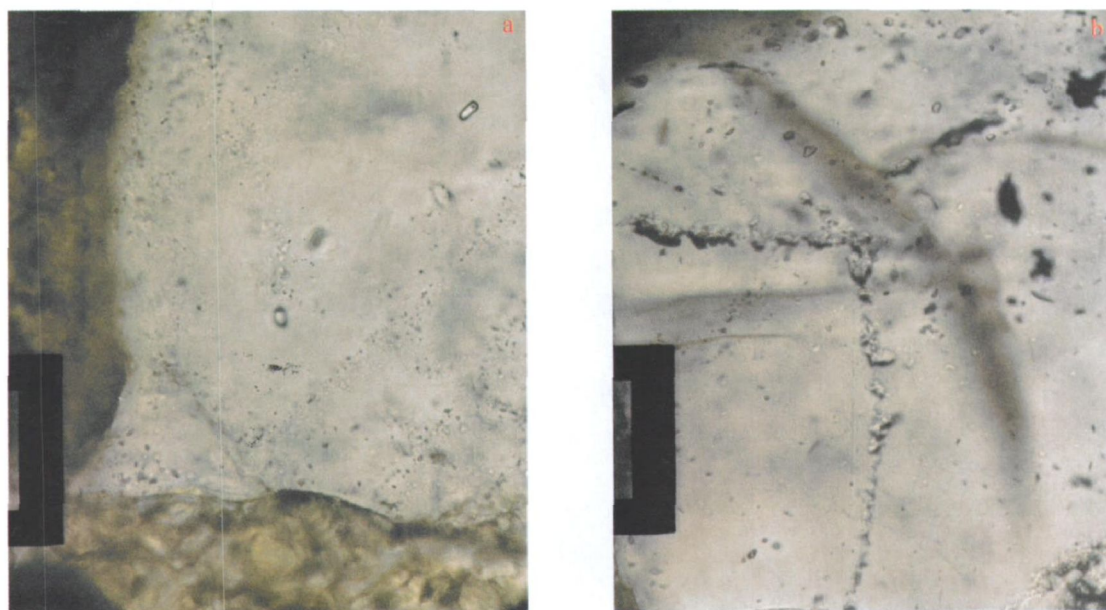


图 3 二连盆地巴音都兰凹陷巴 2 井和巴 19 井样品中的包裹体

Fig. 3 Fluid inclusions from Well Ba2 and Well Ba19, Bayindulan depression, Erlian basin
a. 巴 2 井, $1\ 282.0\ \text{m}$, 石英加大边中, 400 倍; b. 巴 19 井, $1\ 503.3\ \text{m}$, 石英粒内与石英加大边中, 400 倍

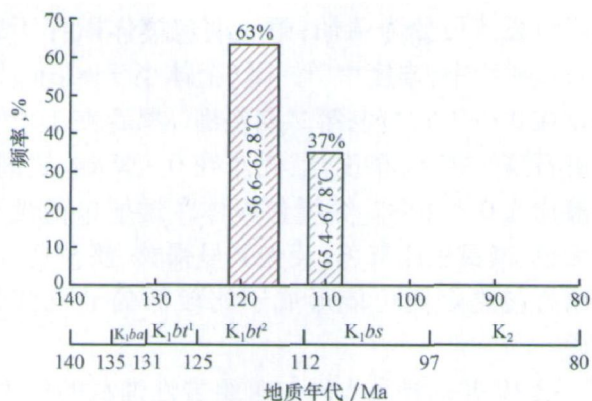


图 4 二连盆地巴音都兰凹陷巴 19 井阿尔善组
油藏包裹体均一化温度频率-年代分布

Fig. 4 Frequency vs age of homogenization temperatures
of the fluid inclusions from Aershan Formation in Well
Ba19 Bayindulan depression, Erlian basin

由此,可以推断巴音都兰凹陷腾一段的油气成藏期是腾二末期 (K_1bt^2) 和赛汉塔拉时期 (K_1bs),但主成藏期在赛汉塔拉时期 (K_1bs)。

综合巴 19 井的地层埋藏史和热演化史,并结合该油藏 1 503.3 m 样品伴生烃盐水包裹体均一化温度分析,可得巴 19 井阿尔善组包裹体均一化温度频率-年代分布图(图 4)。由图可见,阿尔善组的原油是两期充注的,其充注时间分别在腾二中期 (K_1bt^2) 和赛汉塔拉初期 (K_1bs),大部分包裹体的充注时间是在腾二中期 (K_1bt^2)。所以,巴音都兰凹陷阿尔善组的油气成藏期是腾二中期 (K_1bt^2) 和赛汉塔拉初期 (K_1bs),其主成藏期应是在腾二中期。

由上述分析可见,宝力格油田阿尔善组油藏均存在两个充注期,并且不同类型油藏的成藏期存在着差异。巴 19 井第一个成藏期在 116~122 Ma 第二个成藏期在 107~112 Ma 主成藏期为腾二中期;巴 2 井的第一个成藏期在 113~118 Ma 主成藏期为 100~107 Ma (赛汉塔拉早期)。显然,在成藏时间上,以巴 19 井为代表的阿尔善组岩性油藏要早于以巴 2 井为代表的构造-岩性油藏。

3.2 吉尔嘎朗图凹陷宝饶油田

宝饶油田位于吉尔嘎朗图凹陷中部(图 5a),为一个大型辫状河三角洲沉积体系。腾一段和阿四段在洼槽各自发育了一套稳定的暗色泥岩,成为主力的烃源岩层。宝饶内带腾一段、腾二断和

阿四段主要为辫状河三角洲和扇三角洲向洼槽内延伸的前缘席状砂、楔状砂和浊积砂沉积,受北东向展布的坡折带控制形成上倾尖灭的岩性圈闭,这些砂体夹于腾一段和阿四段生油岩之中,形成了宝饶内带岩性油藏。

在宝饶内带的吉 39-吉 85 断坡下降盘,由于受坡折带的控制,在坡折低部位阿四段主要沉积了扇三角洲前缘席状砂、楔状砂与泥岩的互层,沉积砂体单层厚度小,向上倾部位收敛尖灭,侧向多期叠置,连通性差,从而形成林 5 井阿尔善组上倾岩性尖灭油藏。在斜坡高部位的宝饶构造带,在反向断层的控制下形成了吉 46 井断鼻油藏(图 5b)。

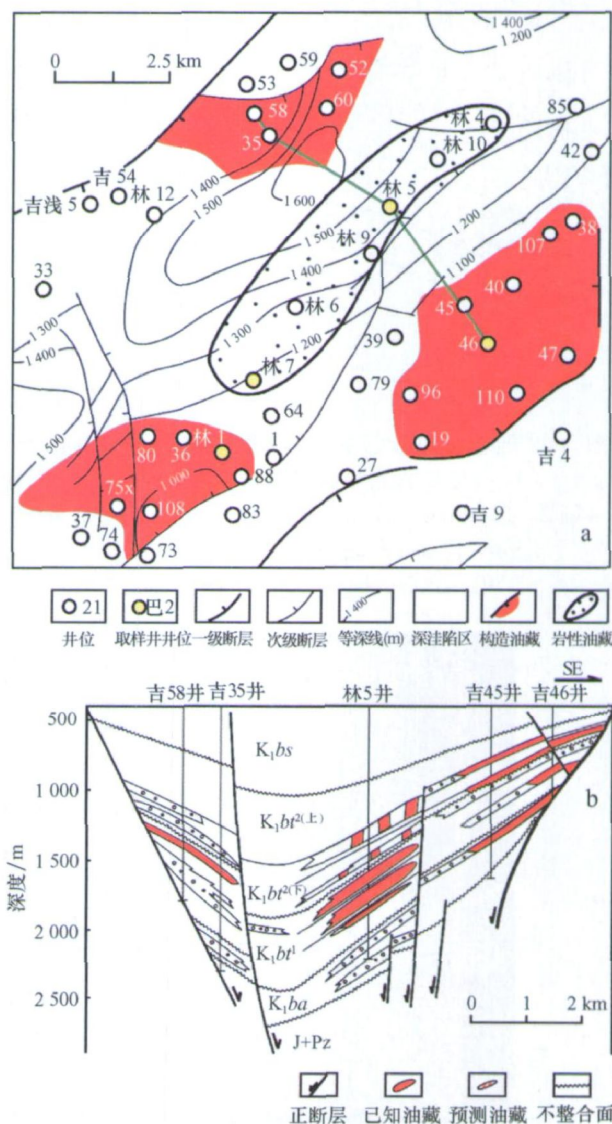


图 5 二连盆地吉尔嘎朗图凹陷宝饶油田取样井位
分布 a) 及过井油藏剖面 b)

Fig. 5 Locations (a) and reservoir profiles (b) of and across the sampling wells in Baorao oilfield Jiergalantu depression, Erlian basin

在吉尔嘎朗图凹陷宝饶油田所取样品中测得有机包裹体的样品共有两块,其深度、分布层位以及测温结果如表 2 所示。

在地层埋藏史和热史分析的基础上,结合岩石学分析和包裹体均一温度测试结果,对林 5 井和吉 46 井腾一段样品所含包裹体进行了综合分析(图 6)。由图可见,林 5 井阿尔善组岩性油藏与吉 46 井构造油藏都表现出多期充注的特征,但是其成藏期又存在着明显差异。林 5 井阿尔善组岩性油藏有 3 个充注期,依次是 121~123、115~117 和 112~114 Ma,其中主要是在 115~117 Ma(腾二中、后期)充注成藏的;而吉 46 井构造油藏具有 101~103 Ma 和 97~100 Ma 2 个充注期,主要是在 K_1bs (赛汉塔拉)时期充注成藏的。

宝饶油田阿尔善组油藏成藏期分析结果表明,宝饶油田阿尔善组不同类型的油藏也都存在多期充注,其中以林 5 井为代表的岩性油气藏存在 3 期烃类的充注,以吉 46 井为代表的构造油藏经历了 2 期烃类的充注,同时高部位构造油藏的形成期明显晚于低部位岩性油藏的形成期。

3.3 乌利雅斯太凹陷木日格油田

木日格油田位于乌利雅斯太凹陷南部注槽缓坡带,其储集层主要为缓坡坡折带附近发育的腾一段湖底扇砂砾岩体,砂砾岩体夹于暗色泥岩之间,向东部上倾尖灭,形成自生自储的岩性油藏。

木日格油田岩性油藏所取样品中,测得有机包裹体的样品共有两块,分别是太 17 井和太 57 井。样品分布的层位、深度以及均一化温度测试结果如表 3 所示。

根据太 17 井和太 57 井的埋藏史和热史恢复结果并结合所测样品的均一化温度综合分析(图 7),太 17 井和太 57 井腾一段岩性油藏都存在多期油气充注,其中太 17 井至少存在 2 期充注,太 57 井的充注有 3 期。总体上,木日格油田腾一段岩性油藏油气充注时间分可为两期,一期在腾二(K_1bt^2)时期,二期在赛汉塔拉(K_1bs)初期,但多数集中在腾二(K_1bt^2)时期。由此可以推断,乌里雅斯太凹陷腾一段的油气充注第一期是在腾二(K_1bt^2)时期,第二期是在赛汉塔拉(K_1bs)时期,多期特征明显。同时相对于二连盆地其他凹陷构造油藏或构造岩性油气藏而言,乌利雅斯太木日格油田腾一段岩性油气藏的成藏期呈现出明显的

表 2 二连盆地吉尔嘎朗图凹陷宝饶油田包裹体均一化温度测试结果

Table 2 Measurements of the homogenization temperature of fluid inclusions from oil reservoirs in Baorao oilfield, Jiergalantu depression, Erlian basin

井号	层位	深度 /m	包裹体均一化温度 /℃
林 5	K_1ba	1 708	56.7, 57.4, 59.8, 62.2, 67.1, 63.4, 51.7, 52.4, 59.8, 62.7, 67.1, 61.6
吉 46	K_1ba	955	52.1, 56.7, 56.2, 51.3, 52.7, 55.2, 57.9, 59.6

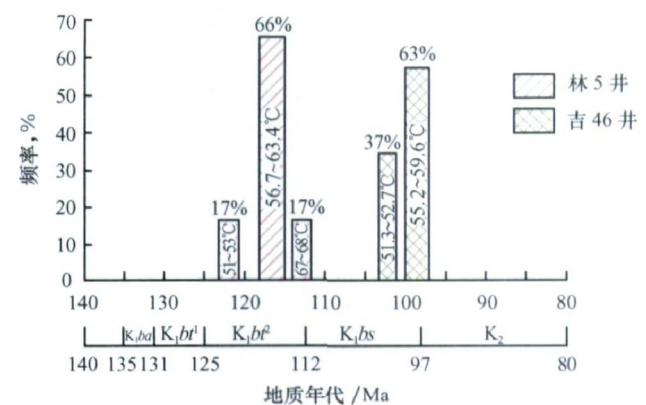


图 6 二连盆地吉尔嘎朗图凹陷宝饶油田阿尔善组油藏包裹体均一化温度频率-年代分布

Fig. 6 Frequency vs age of homogenization temperatures of the fluid inclusions from the Aershan Formation in Baorao oilfield, Jiergalantu depression, Erlian basin

表 3 二连盆地乌利雅斯太凹陷木日格油田岩性油藏包裹体均一化温度测试结果

Table 3 Measurements of the homogenization temperature of fluid inclusions from the lithologic oil reservoirs in Murige oil field, Wuliyasitai depression, Erlian basin

井号	层位	深度 /m	包裹体均一化温度 /℃
太 17	K_1bt^1	2 224	81.5, 88.5, 93.3, 96.6, 74.6, 100.7, 105.5, 78.1, 83.6, 90.4
太 57	K_1bt^1	2 162	79.7, 82.4, 83.5, 84.6, 88.9, 85.7, 85.4, 87.2, 91.2, 72.7, 88.5, 95.3

早期性特征。

4 岩性油藏成藏特征

4.1 多期幕式充注特征

由上述分析可见,二连盆地巴音都兰、吉尔嘎朗图和乌利雅斯太三大凹陷中的大型岩性油藏多存在着多期充注的特征。其位于中巴音都兰凹陷内的宝力格岩性油藏阿尔善组经历了腾二中、后期和赛汉塔拉期两期充注;吉尔嘎朗图凹陷的宝

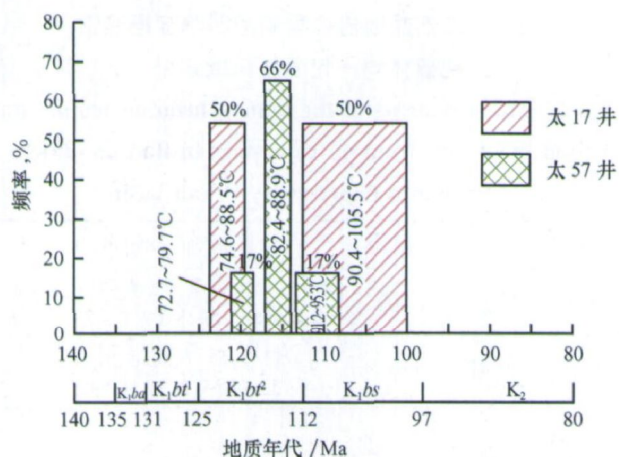


图 7 二连盆地乌利雅斯太凹陷木日格油田腾一段岩性油藏包裹体均一化温度频率-年代分布

Fig. 7 Frequency vs. age of homogenization temperatures of the fluid inclusions from lithologic oil accumulation in Sequence of the Tengg'er Formation in Muliyaite depression, Erlian basin

饶岩性油藏阿尔善组主要是在腾二时期和赛汉塔拉时期分两期充注的;乌利雅斯太凹陷内的木日格岩性油藏腾一段经历了腾二时期和赛汉塔拉时期两期充注。这种现象表明,岩性圈闭在成藏过程中具有幕式特点,大多不是一次充注形成的。

4.2 相对早期性特征

“晚期成藏”观点认为,新构造运动中形成的新生界断陷盆地以及早期抬升盆地在该时期的快速沉降和沉积充填,促使源岩快速熟化并部分达到热裂解生气阶段;新构造运动改造了前期圈闭并形成新的圈闭;新构造运动对超压源岩的触发效应及其所产生构造应力为油气的运移提供了动力;同时,新构造运动中形成的许多断裂成为沟通源岩与后期有效圈闭的通道。在新构造运动控制中所形成的上述成藏条件下,或是形成了新生代原生油气藏或是古油气藏在新生代受到调整改造甚至遭到破坏。所以,新近纪—第四纪是油气藏,特别是气藏的成藏和“定位”期。

二连盆地三大主力凹陷典型油藏的成藏期分析表明,岩性油藏的成藏期相对于同一凹陷、同一层位构造油藏多存在着明显的相对早期性特征,同时相对于我国新近纪—第四纪所形成的油气藏而言也呈现出相对早期性的特征。其中,位于中巴音都兰凹陷内的宝力格油田阿尔善组岩性油藏经历了腾二中期和赛汉塔拉初期两期充注,主成

藏期为赛汉塔拉初期,而以巴 2 井为代表的构造-岩性油藏的成藏期则主要在赛汉塔拉中、后期;吉尔嘎朗图凹陷的宝饶油田阿尔善组岩性油藏则主要是在腾二时期和赛汉塔拉初期分两期充注的,其主成藏期为腾二时期,而以吉 46 井为代表的构造油藏的成藏期则在赛汉塔拉末期—晚白垩世初期;乌利雅斯太凹陷木日格油田阿尔善组岩性油藏主成藏期为腾二中期,明显早于二连盆地构造油藏的成藏期。因此,相对于二连盆地构造油藏的成藏期而言,岩性油藏的成藏期具有明显的早期性;同时二连盆地岩性油藏的成藏期多在晚白垩世的中、后期,相对于我国大多数油藏而言也呈现出早期性的特征。

5 讨论

5.1 岩性油气藏形成的早期性受岩性圈闭形成早期性的影响

岩性圈闭的有效性是由储层的有效性和与之配套盖层的有效性共同决定的。只有当储层物性达到或超过临界油气注入物性,同时配套盖层经压实和成岩演化后储、盖层之间的排替压力差大于某一临界值时,油气方能进入储层并封闭保存。

利用泥岩排替压力表征盖层的封盖性能,利用砂岩的孔隙度表征储层的有效性。在广泛调研国内外学者对泥岩封闭性能研究的基础上,研究中取 0.5 MPa 作为泥岩临界排替压力;同时,二连盆地储层孔隙度与含油性的统计分析结果表明,储层含油临界孔隙度为 12%。

以二连盆地巴音都兰凹陷为例,根据泥岩排替压力与孔隙度之间的函数关系所拟合出来的排替压力与深度的关系曲线如图 8a 所示,砂砾岩储层孔隙度演化曲线如图 8b 所示。假定地质历史过程中研究区盖层排替压力演化以及储层的物性特征演化分别符合图 8a 和图 8b 所示规律,则纵向上在圈闭 iv、圈闭 ①、圈闭 ② 所示部位都满足形成岩性圈闭的条件。同时,对于现今埋深大致上在 1 600 m 左右的圈闭 iv,在地质历史过程中在其埋深达到 1 000 m (圈闭 ② 的位置)和 1 400 m 左右深度 (圈闭 ① 的位置)时就可以形成。同样,现今埋深大致上在 1 400 m 左右的圈闭 ① 在其埋深达到 1 000 m (圈闭 ② 的位置)时就可以形成。据

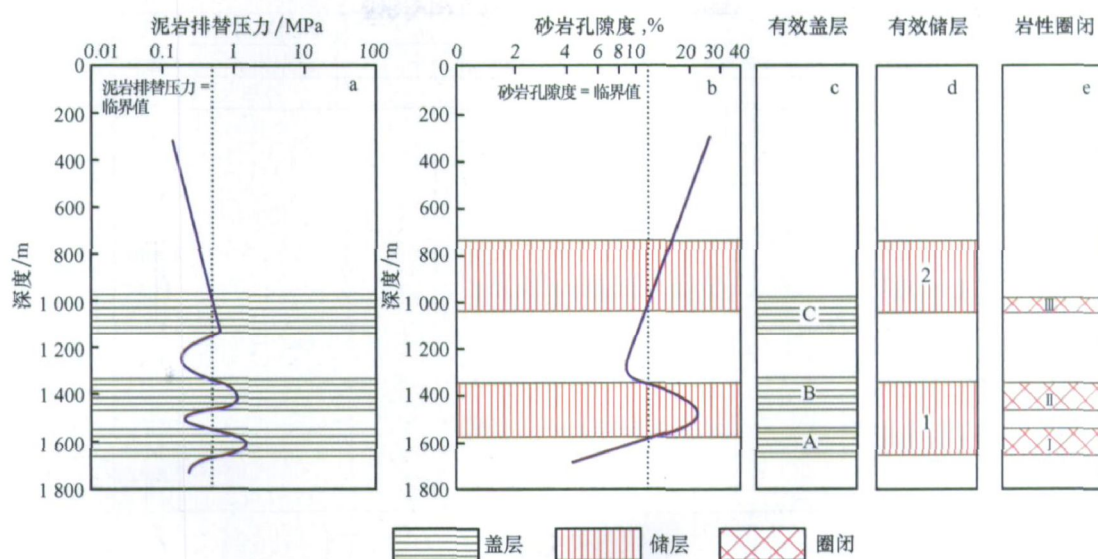
图 8 二连盆地巴音都兰凹陷岩性圈闭形成条件分析模式^[26]

Fig. 8 Analytic modes for the forming conditions of lithologic traps in Bayindulan depression, Erlian basin

此,笔者认为岩性圈闭具有早期形成特征,现今埋深很大的岩性圈闭在其埋深比较浅、储层物性条件和泥岩盖层封闭条件达到临界值时就可以形成^[24]。

对于具有有效烃源岩的凹陷而言,如果源岩在较早的地质时期就开始生成并排出烃类,那么岩性圈闭形成的早期性无疑成为油气在较早的地质时期成藏的有利条件。

5.2 岩性圈闭形成的多期性有利于多期捕集油气

在持续沉积的沉积盆地中,泥岩物性在埋深的过程中由于受压实作用、成岩作用以及生烃作用和水热增压作用等的影响发生着规律性的变化,进而影响着其作为盖层的有效性;砂岩地层在埋深的过程中更多地是受压实作用和成岩作用的影响,表现出物性随深度的规律性变化,进而影响着砂体作为储层的有效性。这种沉积演化过程中砂岩和泥岩的物性变化促使了岩性圈闭的出现。泥岩和砂岩物性随深度变化的旋回性特征又使得岩性圈闭的形成具有多期性的特征(图 9)。在经历了多期沉降、多期抬升的沉积盆地中,岩性圈闭的形成更为复杂,同时其形成的多期性也更为明显^[25]。

岩性圈闭多期形成的特征为油气的多期次充注提供了有利条件,有利于多期捕集油气,因此在构造运动十分强烈的地区有利于岩性圈闭中、后期充注油气的保存;而在构造活动较弱的地区则

可圈闭多期充注的油气,形成规模较大的油气藏。

5.3 岩性油气藏的形成也呈现出幕式特征

沉积盆地中地层在埋深演化的过程中流体的压力也发生着变化。由于在埋深过程中泥岩受压实作用、成岩作用、生烃作用、粘土矿物脱水作用以及水热增压等多种作用的影响,使其成为了超压的主要流体来源。在成熟的烃源岩内主要由于生烃作用而使泥岩产生超压,当超压累积到泥岩压力破裂门限时形成水力破裂微裂缝并伴随着烃类的排出,此后压力释放,微裂缝封闭;随着埋深的持续增加压力不断聚集,当压力达到先存裂隙的开启压力时微裂缝开启,烃类排出。在地层持续埋深的过程中,上述过程周期性出现,从而形成了流体排放的幕式特征^[27, 28]。

郝芳等^[29]对超压环境下生烃动力学、流体流动样式和成藏机理进行了研究,在此基础上提出超压环境中流体的初次排放(流体从超压泥岩向邻近输导层的排放)和二次排放(流体通过压力封闭层从超压系统向上覆常压或相对低超压系统的排放)具有幕式特征;并指出在上覆地层发育圈闭的情况下,流体的幕式排放会对浅部常压系统或相对低压系统形成幕式充注,发生幕式成藏。

烃源岩在埋藏演化的过程中具有幕式排烃特征,同时岩性圈闭在形成时间上具有多期性的特征。而岩性圈闭多为各类扇体和深水浊积体,其

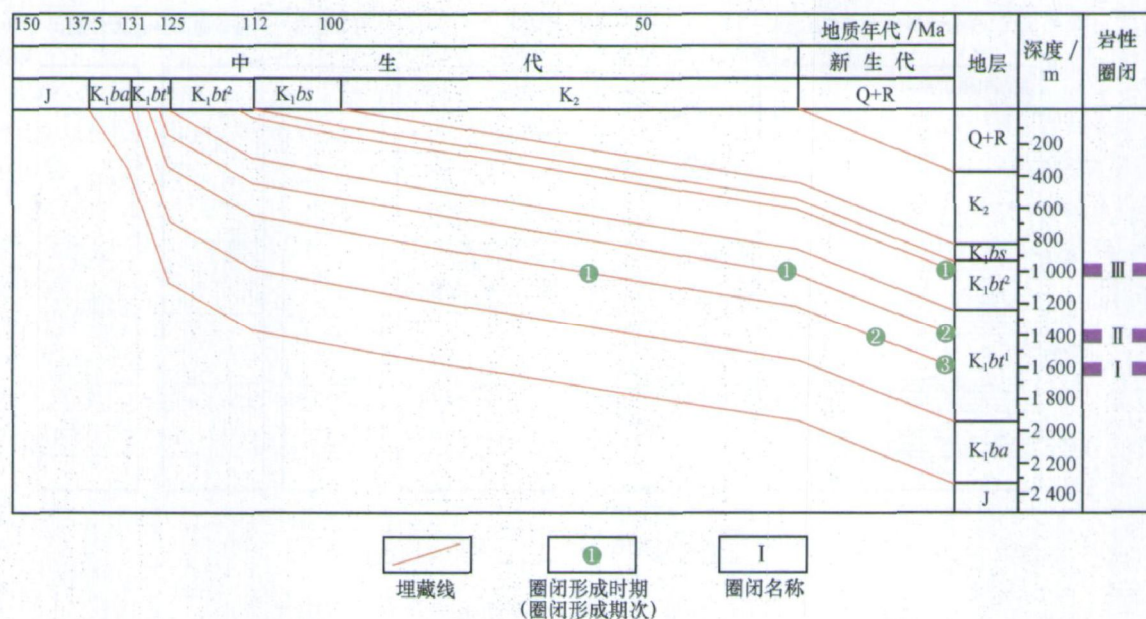


图 9 持续沉降型盆地岩性圈闭形成期分析模式^[26]

Fig. 9 Analytic modes for the forming periods of lithologic traps in continual subsiding basin

侧向紧邻或包裹于泥岩之中,在油源上具有近水楼台的优势。如果在空间上烃源岩与岩性圈闭具有较好的配置,在时间上源岩排烃期内岩性圈闭有效,那么就可形成油气藏。当源岩的多个排烃期与该岩性圈闭的有效期耦合较好则可发生岩性圈闭的多期成藏,由于烃源岩排烃具有幕式特征,所以对于相应的岩性圈闭的成藏过程也具有幕式的特点。

岩性圈闭的幕式成藏可以使岩性圈闭在多次充注的过程中具有更多的捕集油气的机会,在多次供油作用下获得更高的油气充满度,从而有利于大型岩性油气藏的形成。

6 结论

1) 二连盆地典型岩性油藏大多存在两期充注的特征。宝力格岩性油藏阿尔善组的充注期为腾二段沉积中、后期和赛汉塔拉时期;宝饶岩性油藏阿尔善组主要是在腾二时期和赛汉塔拉时期分两期充注;木日格岩性油藏腾一段经历了腾二时期和赛汉塔拉时期两期充注。

2) 二连盆地三大凹陷主力油田岩性油藏的成藏期具有相对早期性的特征。岩性圈闭的早期形成、原油的早期充注使得二连盆地岩性油藏成藏较早,相对于二连盆地的构造油气藏而言,岩性油气藏具有明显的早期成藏特征。

3) 岩性油气藏成藏的相对早期性受岩性圈闭形成相对早期性的影响,岩性圈闭形成相对较早则更有利于早期生成的油气或在形成有效构造圈闭之前所生成的油气的聚集。岩性圈闭捕获油气的幕式特征可能是岩性圈闭本身形成的周期性和流体幕式排放共同作用的结果。由于岩性圈闭形成具有早期性特征和多期性特征,同时幕式排烃作用耦合所发生的岩性圈闭的多期油气充注使岩性圈闭具有更多的捕集油气的机会,可以获得更高的充满度,有利于大型油气藏的形成。

参 考 文 献

- 1 戴金星,卫延召,赵靖舟.晚期成藏对大气田形成的重大作用[J].中国地质,2003,30(1):10~19
- 2 秦胜飞,戴金星,赵靖舟,等.新构造运动对中国天然气成藏的控制作用[J].地质论评,2006,52(1):94~98
- 3 龚再升.中国近海含油气盆地新构造运动与油气成藏[J].地球科学——中国地质大学学报,2004,24(9):513~517
- 4 戴少武.中国南方油气晚期成藏勘探实践及讨论[J].天然气工业,2004,24(1):7~9
- 5 赵孟军,宋岩,秦胜飞,等.中国中西部前陆盆地多期成藏、晚期聚气的成藏特征[J].地学前缘,2005,12(4):525~533
- 6 贾承造,何登发,石昕,等.中国油气晚期成藏特征[J].中国科学(D辑.地球科学),2006,36(5):412~420
- 7 郝芳.超压盆地生烃作用动力学与油气成藏机理[M].北京:科学出版社,2005
- 8 Magara K. Reevaluation of montmorillonite dehydration as cause of abnormal pressure and hydrocarbon migration[J]. AAPG Bu

- letin, 1975, 59(2): 292~ 302
- 9 Berg R R. Capillary pressures in stratigraphic traps[J]. AAPG Bulletin, 1975, 59(5): 939~ 956
 - 10 Stainforth J G. Primary migration of hydrocarbons by diffusion through organic matter networks and its effect on oil and gas generation [J]. Geochemistry, 1990, 16(1): 1~ 3
 - 11 陈荷立. 油气运移研究的有效途径 [J]. 石油与天然气地质, 1995, 16(2): 126~ 130
 - 12 王 斌. Discuss on oil-bearing mechanism of sand lens in mudstone[J]. 石油地质, 1995, (2): 41~ 45
 - 13 张云峰, 付广. 砂岩透镜体油藏聚油机理及成藏模式 [J]. 断块油气田, 2000, 7(2): 12~ 14
 - 14 庞雄奇, 金之钧, 左胜杰. 油气成藏动力学模式成因与分类 [J]. 地学前缘, 2000, 7(4): 507~ 514
 - 15 姜振学, 陈冬霞, 苗胜, 等. 济阳坳陷透镜状砂岩成藏模拟实验 [J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 223~ 226
 - 16 万晓龙, 邱楠生, 张善文, 等. 岩性油气藏成藏的微观控制因素探讨——以东营凹陷牛 35 砂体为例 [J]. 天然气地球科学, 2004, 14(3): 261~ 265
 - 17 陈冬霞, 庞雄奇, 邱楠生, 等. 砂岩透镜体成藏机理 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2004, 29(4): 484~ 488
 - 18 曾溅辉, 张善文, 邱楠生, 等. 济阳坳陷砂岩透镜体油气藏充满度大小及其主控因素 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2002, 27(6): 729~ 732
 - 19 曾溅辉, 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~ 222
 - 20 张善文, 曾溅辉, 肖焕钦, 等. 济阳坳陷岩性油气藏充满度大小及分布特征 [J]. 地质论评, 2004, 50(4): 365~ 369
 - 21 万晓龙, 邱楠生, 张善文, 等. 济阳坳陷岩性油气藏充满度主控因素及其模糊综合评价 [J]. 油气地质与采收率, 2003, 10(3): 25~ 30
 - 22 万晓龙, 邱楠生, 石硕, 等. 东营凹陷超压体系中的岩性油气藏充满度机理 [J]. 吉林大学学报 (地球科学版), 2004, 34(3): 373~ 376
 - 23 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~ 232
 - 24 刘震, 赵阳, 金博, 等. 沉积盆地岩性地层圈闭成藏主控因素分析 [J]. 西安石油大学学报, 2006, 21(4): 1~ 5
 - 25 杜金虎. 二连盆地隐蔽油气藏勘探 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2003
 - 26 刘震, 梁全胜, 肖伟, 等. 内蒙古二连盆地岩性圈闭早期形成和多期形成特征分析 [J]. 现代地质, 2005, 19(3): 403~ 408
 - 27 Hunt J M. Petroleum geology and geochemistry [M]. 2nd ed San Francisco: Freeman Company, 1996
 - 28 方杰. 二连盆地白垩统油气运移特征 [J]. 石油实验地质, 2005, 27(2): 181~ 187
 - 29 郝芳, 邹华耀, 杨旭升, 等. 油气幕式成藏及其驱动机制和识别标志 [J]. 地质科学, 2003, 38(3): 413~ 424

(编辑 李 军)

(上接第 239 页)

砂体侧向被断层切穿的油藏一般位于三角洲—滑塌浊积沉积体系中封闭性强的断层附近。

3) 三角洲前缘砂体、滑塌浊积砂体的性质和分布, 砂体分布范围内有利的构造位置和有利的沉积储集相带成为控制岩性油藏形成的主要因素。

4) 下一步油气勘探应围绕不同时期、不同部位两种成因的储集砂体展开。

参 考 文 献

- 1 李素梅, 庞雄奇, 邱桂强, 等. 东营凹陷北部陡坡带隐蔽油气藏形成与分布 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(4): 416~ 421
- 2 李丕龙. 胜利油田油气勘探新进展 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 24(4): 472~ 477
- 3 曾溅辉, 张善文, 邱楠生. 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~ 222
- 4 杜金虎, 易士威. 二连盆地岩性地层油气藏形成条件与油气分布规律 [J]. 中国石油勘探, 2004, 9(3): 1~ 5
- 5 曾溅辉, 张善文. 济阳坳陷砂岩透镜体油气藏充满度大小及其主控因素 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 2002, 27(6): 729~ 732
- 6 庞雄奇, 陈冬霞, 李丕龙, 等. 砂岩透镜体成藏门限及控油气作用机理 [J]. 石油学报, 2003, 24(3): 38~ 45
- 7 曾溅辉, 郑和荣, 王宁. 东营凹陷岩性油气藏成藏动力学特征 [J]. 石油与天然气地质, 1998, 19(4): 326~ 329
- 8 万晓龙, 邱楠生, 张善文. 东营凹陷岩性油气藏动态成藏过程 [J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(4): 448~ 451
- 9 林会喜, 鄢继华, 袁文芳, 等. 渤海湾盆地东营凹陷古近系沙河街组三段沉积相类型及平面分布特征 [J]. 石油实验地质, 2004, 27(1): 55~ 61

(编辑 陈喜禄)