

# 松辽盆地北部古龙-常家围子地区登娄库组 深盆地气藏形成的可能性

张雷<sup>1</sup>, 张学娟<sup>1</sup>, 卢双舫<sup>1</sup>, 杨志如<sup>2</sup>

(1. 东北石油大学 地球科学学院, 黑龙江 大庆 163318; 2. 中国石油 东方地球物理公司, 河北 涿州 072751)

**摘要:**松辽盆地北部古龙-常家围子地区登娄库组的油气勘探程度较低,尤其是对致密砂岩气的研究尚处于起步阶段。为了证实古龙-常家围子地区登娄库组深盆地气藏形成的可能性,文章从烃源岩、储层条件以及保存条件等方面系统分析了该地区登娄库组天然气成藏地质条件,并与深盆地气藏成藏的基本条件进行对比。研究表明,古龙-常家围子地区登娄库组二段及其邻近地层具备深盆地气藏形成的有利地质条件,即低孔-低渗的致密砂岩储层、充足持续的气源条件、烃源岩与储集层紧密叠置的接触关系以及稳定平缓的构造背景,是松辽盆地北部深盆地气藏可能形成的有利地区。在古龙-常家围子地区下一步天然气勘探工作中,以登娄库组二段气源岩有效生气范围及周边地区为重点区域,以登二段及其邻近地层为重点层位,将有机会获得深盆地气藏的勘探突破。

**关键词:**成藏条件;深盆地气藏;登娄库组;古龙-常家围子地区;松辽盆地

中图分类号:TE122.1

文献标识码:A

## Possibility of formation of deep basin gas reservoirs in the Dengloulou Formation of Gulong-Changjiaweizi region, northern Songliao Basin

Zhang Lei<sup>1</sup>, Zhang Xuejuan<sup>1</sup>, Lu Shuangfang<sup>1</sup>, Yang Zhiru<sup>2</sup>

(1. College of Earth Science, Northeast Petroleum University, Daqing, Heilongjiang 163318, China;

2. Bureau of Geophysical Prospecting, CNPC, Zhuozhou, Hebei 072751, China)

**Abstract:** The Dengloulou Formation in Gulong-Changjiaweizi region is still immature in petroleum exploration, especially for tight sand gas. Based on a systematic analysis of gas accumulation conditions in respects of source rock, reservoir and preservation and a comparison with the basic accumulation conditions of deep basin gas reservoir, we discussed the possibility of formation of deep basin gas reservoir in the Dengloulou Formation of Gulong-Changjiaweizi region. The results show that the 2<sup>nd</sup> member of Dengloulou Fm ( $K_1d^2$ ) and its conterminous layers in Gulong-Changjiaweizi region have favorable geological conditions for the accumulation of deep basin gas, including tight sandstone reservoirs with low porosity and low permeability, abundant and continuous gas charging, stable and gentle structural background as well as close superimposition of source rocks and reservoirs. Therefore, the Gulong-Changjiaweizi region could be favorable for accumulation of deep basin gas in the northern Songliao Basin. The  $K_1d^2$  and its conterminous layers within the effective gas generation area of  $K_1d^2$  source rock and its periphery may be the major target for future deep basin gas exploration.

**Key words:** accumulation condition, deep basin gas reservoir, Dengloulou Formation, Gulong-Changjiaweizi region, Songliao Basin

古龙-常家围子地区位于松辽盆地北部古中央隆起带以西,横跨古龙断陷、常家围子断陷和大庆断阶带3个二级构造单元<sup>[1]</sup>,西部与西部斜坡区接壤,东部与安达-肇州背斜带相接,北邻林甸断陷,主体位于古龙-常家围子断陷内,区域上呈北北东向展布,面积约为8 190 km<sup>2</sup>。登娄库组地层是松辽盆地北部深层重要的天然气产层,在徐家围子地区已发现汪家屯、升

平、昌德、薄荷台等多个以登娄库组为主要储层的气藏,充分展示了登娄库组天然气资源的勘探前景<sup>[2]</sup>,但面积广阔的古龙-常家围子地区登娄库组仍未见突破,仅在几口井中见天然气显示<sup>[3]</sup>。前人对于古龙-常家围子地区登娄库组地层天然气成藏条件与成藏机制方面研究较为薄弱<sup>[4]</sup>,严重制约了该地区登娄库组天然气资源的勘探进程。此外,虽然众多学者均认为

收稿日期:2012-09-19;修订日期:2013-07-11。

第一作者简介:张雷(1979—),男,副教授,储层沉积学、层序地层学与石油地质学。E-mail:zhakeyan@163.com。

基金项目:黑龙江省青年科学基金项目(QC2012C127);黑龙江省教育厅科学技术研究项目(12521061)。

松辽盆地具有形成致密砂岩气的地质条件<sup>[5-7]</sup>,但是对于松辽盆地北部致密砂岩气,尤其是深盆气的研究程度较浅,而古龙-常家围子地区登娄库组储层较为致密,且位于盆地中央向斜部位,是开展深盆气藏研究的有利靶区。因此,本文针对古龙-常家围子地区登娄库组进行深入细致的天然气成藏条件与成藏机理研究,分析该地区登娄库组深盆气藏形成的可能性,对于确定古龙-常家围子地区登娄库组天然气的勘探方向以及促进松辽盆地北部致密砂岩气藏研究工作均具有重要的意义。

## 1 深盆气藏基本特征与形成条件

1979年Masters<sup>[8]</sup>提出深盆气藏的概念,将发育于构造下倾部位或盆地中央向斜部位砂岩中的天然气藏称为深盆气藏。此后,众多学者有关深盆气藏的定义总体上均是基于“位于构造下倾部位或盆地中央,而且气藏上倾部位含水”的内涵之上<sup>[9-12]</sup>。

### 1.1 深盆气藏基本特征

与常规天然气藏相比,深盆气藏具有以下基本特征:1)成藏有利构造位置为深部凹陷、向斜中心或构造斜坡下倾部位<sup>[6,12]</sup>;2)气水倒置<sup>[6,13]</sup>;3)多具异常地层压力<sup>[8,14]</sup>;4)储层岩性致密,低孔低渗<sup>[15]</sup>;5)源储相通,含气储层段与气源相接、相连或互相包容,气源丰富<sup>[6,16]</sup>;6)源藏伴生,源岩多位于紧邻致密储集层下方;7)地质储量大、单井产量低<sup>[14]</sup>。

### 1.2 深盆气藏形成条件

深盆气藏的地质特征是由其独特的成藏机理和成藏条件决定的,其富集成藏条件与常规气藏具有较大的差别,概括起来主要为以下几个方面。

#### 1.2.1 储层致密、低孔低渗

低孔、低渗的致密砂岩储层发育是深盆气藏形成的前提条件<sup>[17]</sup>,要求致密砂岩储层的临界孔隙度小于10%~12%、渗透率小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。只有在储层物性差的情况下,源岩排出的天然气才能大面积和整体排驱致密储层中的孔隙水,形成具有气水倒置关系的深盆气藏<sup>[14]</sup>。

#### 1.2.2 气源充足

气源充足是形成深盆气藏的物质基础。深盆气动态圈闭机理和扩散运移方式是国外深盆地地质理论的基础,国内外许多学者认为深盆气的聚集是一个动态的过程<sup>[9,18]</sup>,其范围受控于生烃补给与散失平衡的动

态圈闭,因而源岩生、排气高峰期较晚且持续时间较长,乃至现今仍有较强的生气能力,这是深盆气藏动态圈闭具有一定规模并能保存至今的最重要的物质保证<sup>[17]</sup>。

#### 1.2.3 源、储相通

气源岩与致密储集层紧密接触是控制深盆气藏形成的关键地质条件<sup>[12-13,17]</sup>。深盆气藏形成过程中天然气主要在侧向输导层中整体排驱水进行运移,除了具备充足的气源条件以外,还必须有致密储层与有效源岩大面积接触的特征条件,形成致密储层对源岩在空间上的紧密包裹,使得源岩生成的天然气一经排出即可进入致密储层并整体排驱致密储层中的孔隙水富集成藏。

#### 1.2.4 构造稳定平缓、断裂发育少

区域构造稳定平缓,断裂发育少是深盆气藏形成与保存的有利条件<sup>[14]</sup>。深盆气藏要求致密储层在大区域内平缓广泛展布,目前在国内外发现的深盆气藏中,储层倾角一般不超过15°<sup>[17]</sup>。断裂发育极易造成深盆气的散失和地层水通过断裂对深盆气藏的破坏,因而在区域性断裂带附近难以形成深盆气藏<sup>[14,19]</sup>。

国内外许多典型深盆气藏发育盆地上述各项深盆气藏富集成藏地质条件均较好,如加拿大阿尔伯达盆地深盆气藏、美国落基山地区深盆气藏、我国鄂尔多斯盆地上古生界深盆气藏等。

## 2 古龙-常家围子地区登娄库组天然气成藏地质条件

本文依据古龙-常家围子地区深层最新的钻井、测井、地震资料及各类分析化验数据,结合前人研究成果,对研究区登娄库组的气源岩条件、储盖条件、生储盖组合关系、运移条件及保存条件等天然气成藏地质条件及特征进行系统分析。

### 2.1 气源岩条件

松辽盆地北部登娄库组的主要天然气来源为断陷期烃源岩和登娄库组烃源岩<sup>[3]</sup>,断陷期烃源岩主要有火石岭组一段、沙河子组、营城组二段3套烃源岩,包括湖相泥岩和煤层,其中沙河子组烃源岩厚度大、分布面积广,为断陷期烃源岩中的主要烃源岩;登娄库组烃源岩则主要是登娄库组二段暗色泥岩段的暗色泥岩。

#### 2.1.1 断陷期气源岩特征

依据大庆油田勘探开发研究院近几年对于深层断

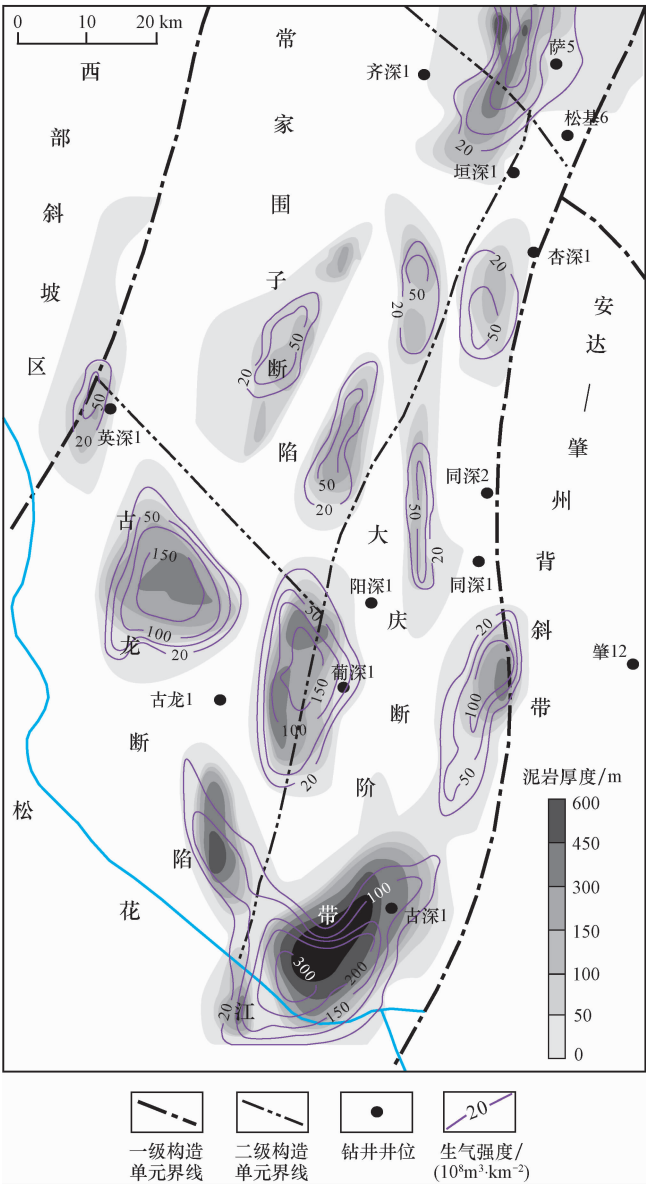


图1 研究区断陷期暗色泥岩厚度与生气强度

Fig.1 Thickness and gas generation intensity of dark mudstone deposited during fault depression periods in the study area

陷期各套烃源岩研究成果,编制了古龙-常家围子地区断陷期暗色泥岩厚度等值线图(图1)。由图1可知,古龙-常家围子地区断陷期气源岩在平面上并非大面积连片分布,而是零散的分布于多个小断陷内,具有多沉积中心的特点。暗色泥岩厚度高值区主要分布于大庆断阶带南部的古深1井附近和古龙断陷内,厚度最大达600 m以上,其余地区暗色泥岩厚度一般小于150 m。断陷期主要气源岩沙河子组湖相泥岩有机碳含量为0.3%~1.9%,大多超过1.0%,有机质类型以Ⅲ型为主,部分为Ⅰ型和Ⅱ型,镜质体反射率范围为1.02%~4.16%,均已达高成熟-过成熟阶段,综合评价断陷期气源岩为好气源岩<sup>[3,20]</sup>。

应用化学动力学方法<sup>[21]</sup>和物质平衡法,古龙-常

家围子地区断陷期气源岩生气量及生气强度的计算结果表明,古龙-常家围子地区断陷期气源岩生气能力较强。中国大中型气田常分布在生气强度大于 $20 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 处<sup>[22]</sup>。研究区断陷期气源岩生气强度大于 $20 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 的地区呈零散状分布。其中,大庆断阶带南部古深1井附近生气中心最大生气强度可达 $300 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 以上,古龙断陷葡深1井、古龙1井附近的两个生气中心最大生气强度可达 $150 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ 以上,其余地区生气强度则基本上小于 $70 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ (图1)。烃源岩生烃史研究可知<sup>①</sup>,断陷期气源岩从营城组沉积末期开始大量生气,泉头组沉积时期达到生气高峰,泉头组末期以后生气速率逐渐降低,但晚期(青山口组-现今)生气量较大,现今依然保持一定的生气能力。

2.1.2 登二段气源岩特征

登二段( $K_1d^2$ )气源岩主要是登二段暗色泥岩段的暗色泥岩,前人预测登二段暗色泥岩主要分布于古龙-常家围子地区<sup>[3]</sup>,但是由于勘探程度低,钻井数量少(目前仅有10口探井钻遇登娄库组地层),尚未对古龙-常家围子地区登二段暗色泥岩的平面分布特征进行有效预测。本文利用地震与钻井资料结合沉积相、构造演化史研究成果,采用多元地震属性岩性定量预测方法<sup>[23]</sup>,对古龙-常家围子地区登二段暗色泥岩厚度平面分布规律进行综合预测(图2)。由图2可知古龙-常家围子地区登二段暗色泥岩高值区主要分布于大庆断阶带北部和大庆断阶带中部与古龙断陷之间的区域,松基6井附近暗色泥岩最大厚度可达300 m以上,葡深1井与古龙1井之间暗色泥岩厚度可达200 m以上,除上述两个暗色泥岩沉积厚度中心外其他地区暗色泥岩不发育,厚度普遍小于20 m。

古龙-常家围子地区登二段泥质岩有机碳含量为0.1%~2.8%,其中30%以上样品有机碳含量大于0.6%。应用原始有机碳恢复方法<sup>[24]</sup>对有机碳含量进行恢复,恢复后有机碳含量大于0.6%的样品占总样品数的43%(图3)。氯仿沥青“A”含量为0.001%~0.268%,其中36%以上样品氯仿沥青“A”含量大于0.060%(图4)。有机质类型以Ⅲ型为主,少部分样品有机质类型达到Ⅱ型。镜质体反射率为1.0%~3.5%,平均值高达1.9%,均已达高成熟-过成熟阶段。综合评价登二段暗色泥岩为较差-中等气源岩。由于登二段气源岩的热演化程度高,成烃转化率较高,生气能力得到充分实现,因而具有较好的生气能力。由古龙-常家围子地区登二段气源岩生气强度等值线图(图2)可知,登二段具有两个相对较大的生气区。

① 卢双舫. 松辽盆地北部登娄库组、泉头组一、二段沉积体系研究. 大庆油田公司,2011.

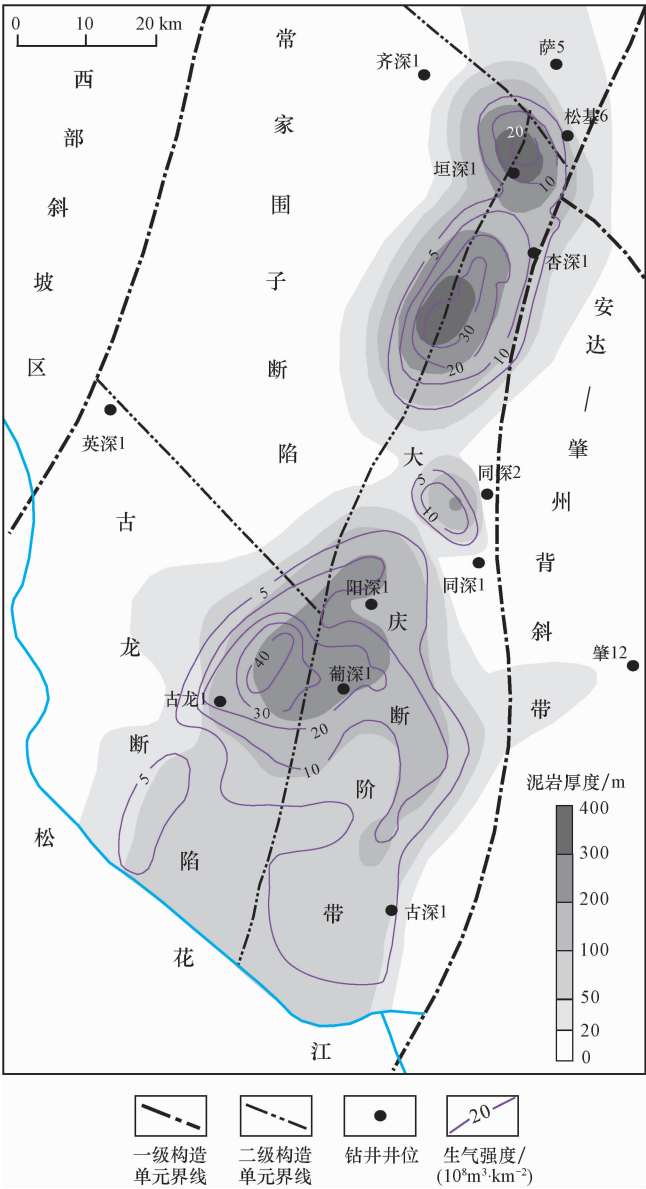


图2 研究区登二段暗色泥岩厚度与生气强度  
Fig. 2 Thickness and gas generation intensity of  $K_1d^2$  dark mudstone in the study area

位于葡深1井-古龙1井附近的生气区最大生气强度超过  $40 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ , 生气强度大于  $10 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$  的面积为  $657 \text{ km}^2$ ; 位于杏深1井附近的生气区的生气强度也可达  $(20 \sim 30) \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$ , 生气强度大于  $10 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$  的面积为  $343 \text{ km}^2$ 。登二段气源岩从泉头组沉积末期开始大量生气, 具有泉头晚期-青山口期和嫩江期两个明显的生气高峰期。其中, 嫩江组沉积时期生气量最大, 且直到现今始终保持较高的生气量(图5)。登二段气源岩这种晚期生气特点有利于天然气的富集成藏。

2.2 储、盖条件

2.2.1 储层特征

古龙-常家围子地区登娄库组河流相、冲积扇和

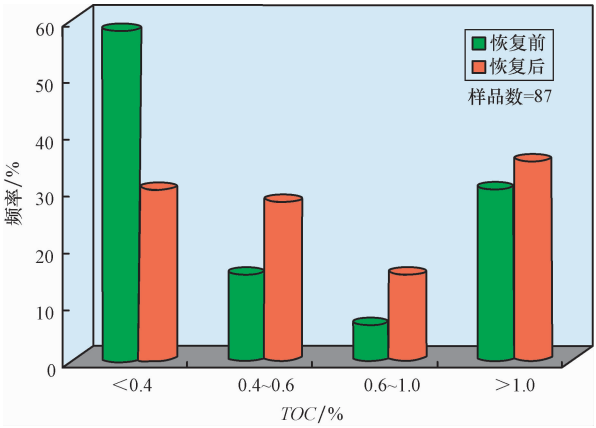


图3 研究区登二段烃源岩有机碳频率分布  
Fig. 3 Frequency histogram of TOC of  $K_1d^2$  gas source rocks in the study area

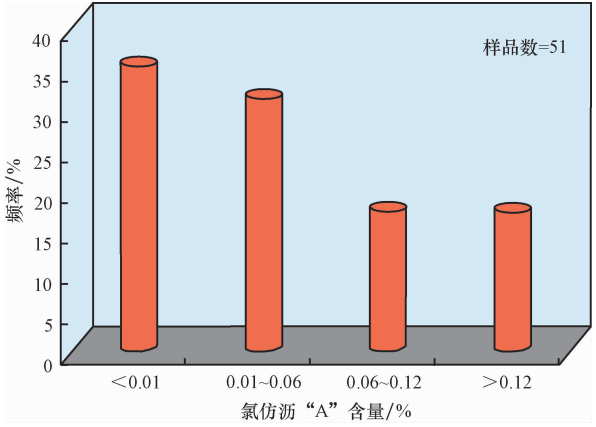


图4 研究区登二段烃源岩氯仿沥青“A”含量频率分布  
Fig. 4 Frequency histogram of chloroform bitumen “A” content of  $K_1d^2$  gas source rocks in the study area

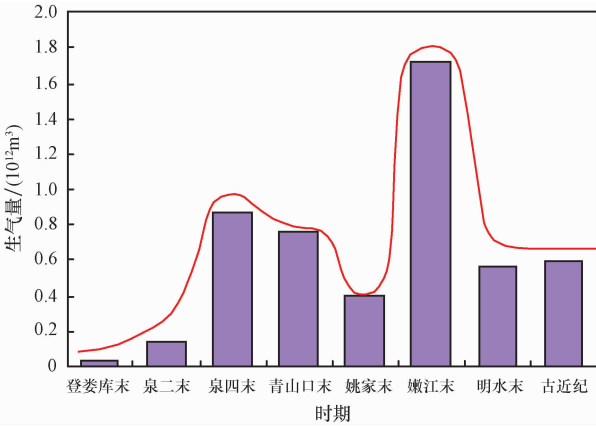


图5 研究区登二段烃源岩各时期阶段成气量直方图  
Fig. 5 Histogram of gas generated from  $K_1d^2$  source rocks in different periods in the study area

扇三角洲相砂岩储层较发育。砂岩以粉细粒结构为主, 部分为中粒结构, 主要颗粒直径范围为  $0.01 \sim 0.50 \text{ mm}$ , 岩石类型主要为岩屑质长石砂岩和长石质岩屑砂岩, 成分成熟度和结构成熟度总体较低。登娄库组砂岩样

品实测孔隙度、渗透率数据统计结果(图6,图7)表明,古龙-常家围子地区登娄库组砂岩储层物性较差,其孔隙度普遍小于12%,平均值小于6%,渗透率小于 $0.5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,属于典型的低孔、低渗致密砂岩储层。

2.2.2 盖层特征

古龙-常家围子地区登娄库组的封盖层主要是登二段和泉(泉头组)一、泉二段这两个泥岩最发育的层位,两套盖层泥岩累计厚度均在100~700 m,泥/地比普遍大于60%。应用泥质岩盖层封盖性能综合评价方法<sup>[25]</sup>进行盖层评价,评价结果表明两套泥岩盖层在古龙-常家围子地区均为较好盖层。由盖层封闭能力形成时期与气源岩大量生气期匹配关系可知,登二段泥岩盖层封闭性能形成时期为登三段沉积末期,泉一、泉二段泥岩盖层封闭性形成于泉一、泉二段沉积末期<sup>[26]</sup>,两套盖层均在气源岩大量生气期前便形成封闭能力,可对气源岩排出的天然气起到有效的封闭作用。

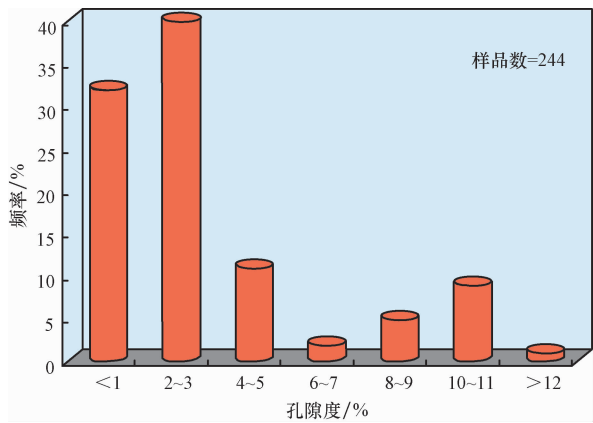


图6 研究区登娄库组孔隙度频率分布

Fig. 6 Frequency histogram of porosity of the Denglouku Formation in the study area

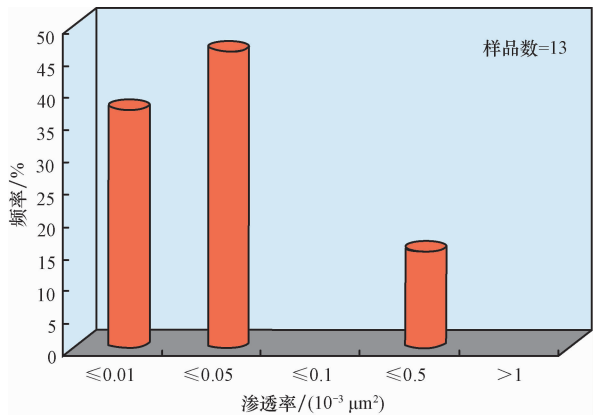


图7 研究区登娄库组渗透率频率分布

Fig. 7 Frequency histogram of permeability of the Denglouku Formation in the study area

2.3 生、储、盖组合关系

通过古龙-常家围子地区深层烃源岩特征、储层特征以及盖层特征综合分析,以登二段和泉一、泉二段区域盖层为分隔,研究区登娄库组可划分为3套生、储、盖组合(图8)。下部生、储、盖组合以断陷期烃源岩为气源岩,登一段砂岩、砂砾岩为储层,登二段泥岩为盖层,属于典型的下生上储式生、储、盖组合;中部生、储、盖组合气源岩为登二段的暗色泥岩,储层为登二段的砂岩,盖层为登二段泥岩,属于典型的自生自储式生、储、盖组合;上部生、储、盖组合以断陷期烃源岩和登二段烃源岩为气源岩,储层为登三、登四段砂岩,泉一、泉二段泥岩为盖层,属于下生上储式生、储、盖组合。

2.4 运移条件

沉积盆地中油气运移的宏观通道主要有断层、不整合面和渗透性地层(输导层)3种基本类型<sup>[27]</sup>。

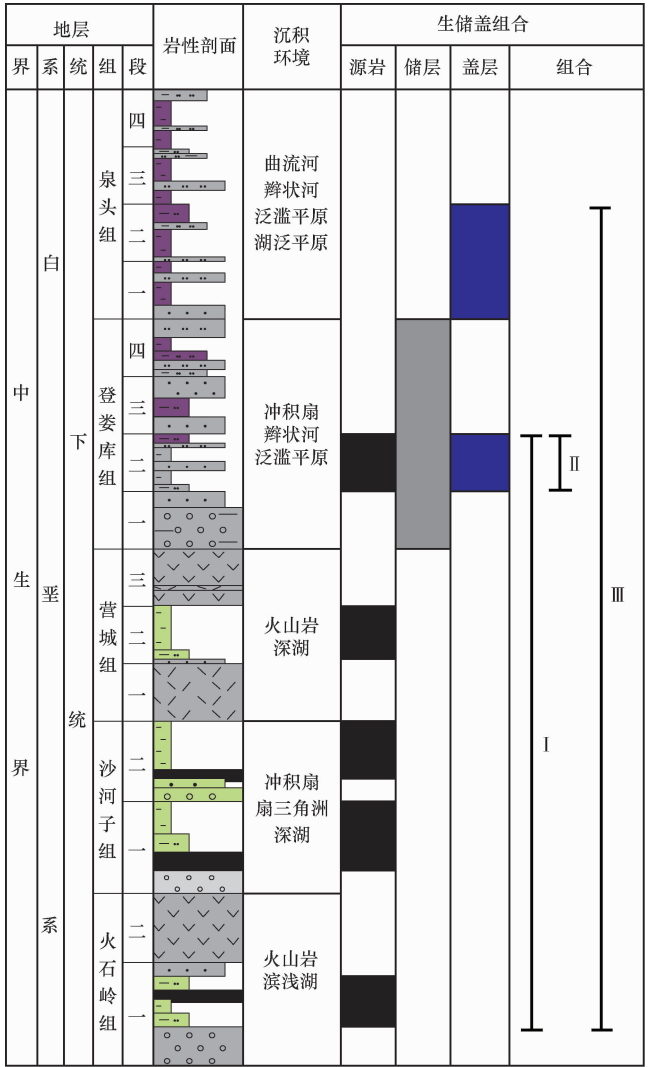


图8 研究区登娄库组生、储、盖组合关系

Fig. 8 Relationship among source rocks, reservoirs and cap rocks of the Denglouku Formation in the study area

断层是松辽盆地北部地区深层断陷期气源岩生成的天然气垂向运移进入登娄库组的主要输导通道<sup>[28]</sup>。登娄库组储层位于断陷期气源岩上方,且储层与源岩之间具有巨厚的地层相隔。其中,较大厚度的地层为泥岩层。断陷期(主要为沙河子组)气源岩生成、排出的天然气要进入登娄库组储层,只能以沟通断陷期气源岩与登娄库组储层之间的断层作为桥梁与纽带,而此类断层在地震剖面上通常表现为由  $T_5$ 、 $T_{4-2}$  或  $T_{4-1}$  反射层断穿至  $T_4$  反射层及其以上地层,简称为  $T_4$  反射层沟源断层。由  $T_4$  反射层沟源断层分布与断陷期气源岩生气强度关系(图 9)可以看出,古龙-常家围子地区  $T_4$  反射层沟源断层较发育,但沟源断层展布与断陷期气源岩生气区匹配关系较差,大部分较大规模

沟源断层分布于断陷期气源岩生气区之外或生气强度低值区,限制了断陷期气源岩对登娄库组地层的天然气供给能力。

砂岩层是最重要、最常见的碎屑岩输导层,其输导能力主要与孔隙度和渗透率有关,而孔渗性的高低又取决于输导层沉积环境和经受的成岩作用。古龙-常家围子地区登娄库组砂岩较发育,由于其主要形成于河流相、冲积扇和扇三角洲相中,砂体横向分布不稳定,加之埋藏较深,压实成岩程度高,孔渗性差,为典型的致密砂岩储层。对于断陷期气源岩而言,由于登娄库组砂岩与其位置关系,可以认为登娄库组砂岩不能独立对断陷期气源岩生成排出的天然气侧向运移,必须与沟源断层配合才能起到输导作用;且低孔渗的登娄库组致密砂岩横向输导能力相对较差,难以使天然气沿其进行长距离侧向输导运移,进一步限制了断陷期气源岩对登娄库组地层的天然气供给能力。对于登二段气源岩而言,通过登二段气源岩有效生气范围与砂岩厚度等值线叠合图(图 10)可知,登二段气源岩生气范围内砂岩累计厚度较大,且致密砂岩储层与暗色泥岩呈互层式、指状交错式或直接相邻的大面积接触关系(图 11),形成致密储层对气源岩在空间上的紧密包裹,有利于生成天然气在致密砂岩储层内经过大面积短距离运移整体排驱致密储层中的孔隙水富集成藏。因此,古龙-常家围子地区登娄库组砂岩是登二段气源岩生成天然气侧向运移的主要输导通道。

松辽盆地北部深层主要发育基岩与火石岭组、营城组与登娄库组和基岩与登娄库组 3 个不整合面<sup>[28]</sup>。其中,基岩与登娄库组不整合面主要分布在缺失火石岭组-营城组的安达-肇州背斜带上,对于古龙-常家围子地区天然气侧向运移作用较弱。基岩与火石岭组不整合面主要分布在古龙-常家围子断陷中心处。从其与气源岩层位关系来看,对于登娄库组气源岩生成天然气的运移基本不起作用,对于断陷期气源岩生成天然气则需与沟源断层相互配合方可起到输导作用。营城组与登娄库组不整合面分布于研究区内的绝大部分地区。但该不整合面位于登二段气源岩之下,且与登二段气源岩几乎无直接接触,对登二段气源岩生成天然气的侧向运移作用较小。此外,由于沟源断层与断陷期气源岩生气区匹配关系较差,决定了该不整合面对于深层气源岩生成的天然气运移作用有限。由此可见,不整合面并非古龙-常家围子地区登娄库组天然气运移的主要输导通道。

综上所述,不整合面对于古龙-常家围子地区登娄库组天然气运移所起作用较小。 $T_4$  反射层沟源断层虽然是断陷期气源岩生成天然气垂向运移主要输导通道,但由于沟源断层与断陷期气源岩生气区匹配关

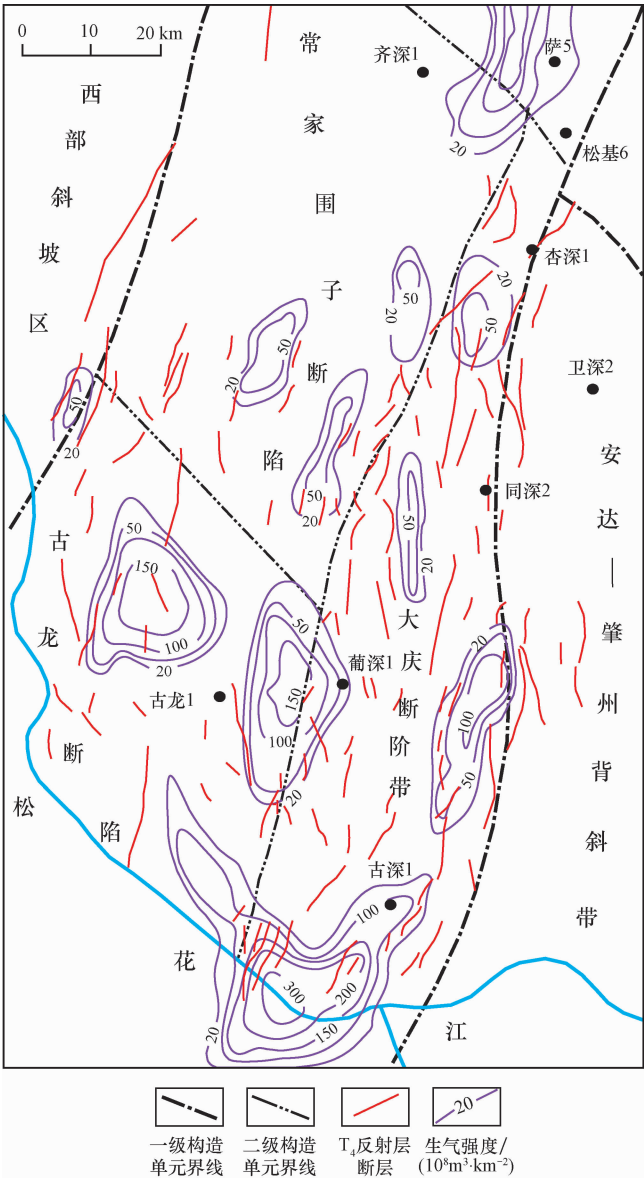


图 9 研究区  $T_4$  反射层沟源断层分布与断陷期气源岩生气强度关系

Fig. 9 Relationship between distribution of source rock-rooted faults in the  $T_4$  reflector and gas generation intensity of source rocks in fault depression periods in the study area

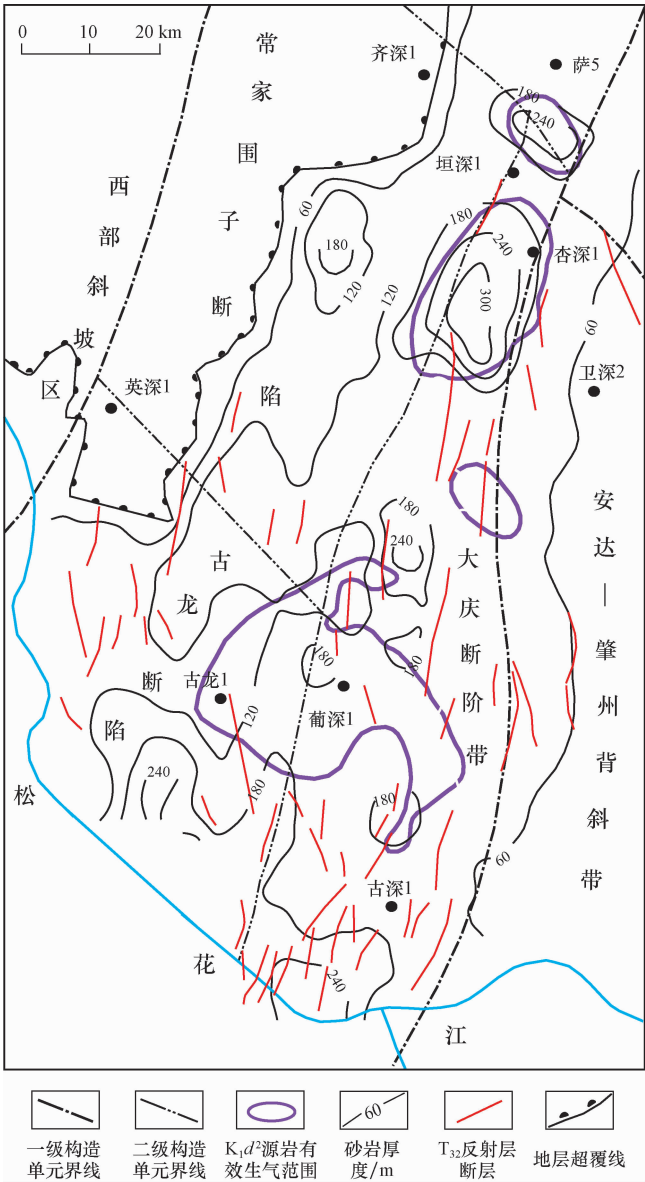


图 10 研究区登二段气源岩有效生气范围、砂岩厚度及  $T_{32}$  反射层断层分布关系

Fig. 10 Relationship among effective gas generation areas of source rocks, sandstone thickness and fault distribution in the  $T_{32}$  reflector in the study area

系较差,限制了其对断陷期气源岩天然气输导能力。登娄库组砂岩是登二段气源岩生成天然气侧向运移的主要输导通道。

2.5 保存条件

登娄库组地层是松辽盆地由断陷阶段向坳陷阶段转化时期的产物,其下部地层具有断坳双重特点,上部地层沉积时期盆地则已进入坳陷期<sup>[29-31]</sup>,整体表现为稳定沉降。盆地萎缩期古龙-常家围子地区发生轻微构造反转,且登娄库组构造演化史研究表明,登二段气源岩生气区始终处于古龙-常家围子地区凹陷中心及较缓的斜坡下倾方向,与其大面积接触的致密储层倾

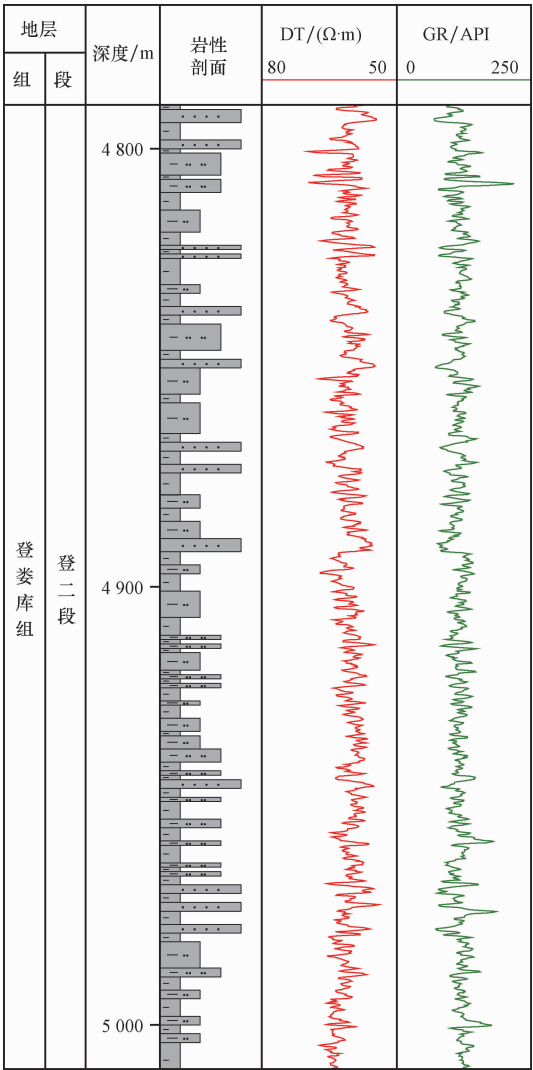


图 11 古龙 1 井登二段地层综合柱状图

Fig. 11 Generalized columnar section of  $K_1 d^2$  in Well Gulong 1

角较小( $1^{\circ} \sim 2^{\circ}$ )。此外,由  $T_{32}$  反射层断层平面展布特征与登二段气源岩有效生气范围关系(图 10)可知,登二段气源岩生气区内断穿登二段顶面  $T_{32}$  反射层及其之上地层的断层发育数量少、规模小。由此可见,古龙-常家围子地区登娄库组地层区域构造稳定平缓,断裂发育少,有利于深盆气藏的形成与保存。

3 深盆气藏形成可能性

通过上述对登娄库组天然气成藏地质条件的综合分析,认为古龙-常家围子地区登二段及其邻近地层的地质条件与有利于形成深盆气藏的各种成藏地质条件较为相符,具体表现为以下几个方面。

- 1) 登娄库组储层物性普遍较差,属于典型的低孔低渗致密砂岩储层,具备了深盆气藏形成的前提条件。
- 2) 登二段气源岩具有较强的生气能力,生气强度大于  $10 \times 10^8 \text{ m}^3/\text{km}^2$  的面积达  $1\,042.5 \text{ km}^2$ ,且直至今始终保持较高的生气量,可为深盆气藏形成提供较

为充足的物质基础。

3) 登二段地层储层与源岩呈互层式、指状交错式或直接相邻的大面积接触关系,形成致密储层对气源岩在空间上的紧密包裹,即源岩和储层之间具有特殊的有效关系,有利于生成天然气在致密砂岩储层内经过大面积短距离运移整体排驱致密储层中的孔隙水富集成藏。

4) 登二段气源岩生气区始终处于古龙-常家围子地区凹陷中心及较缓的斜坡下倾方向,与其大面积接触的致密砂岩储层倾角较小( $1^{\circ} \sim 2^{\circ}$ ),且断层发育数量少、规模小,有利于深盆气藏的形成与保存。

综合分析认为古龙-常家围子地区登二段及其邻近地层具备了深盆气藏形成的有利地质条件,即构造稳定平缓、气源充足、储层致密、源储相通,可作为松辽盆地北部深盆气藏研究的有利靶区。由于国内外的大多数致密砂岩气盆地中,气源岩与致密砂岩储层互层或相邻,气源岩生成的致密砂岩气直接或者经过短途运移进入储集层,气源岩与储集层的分布叠合区域可以作为致密砂岩气成藏勘探的大致区域,因而古龙-常家围子地区深盆气藏勘探的最有利地区为登二段气源岩有效生气范围内的致密砂岩储层分布区(图10)。古龙-常家围子地区登娄库组下一步天然气勘探应以登二段气源岩有效生气范围及周边地区为重点区域,以登二段及其邻近地层为重点层位,以寻找深盆气藏为重点目标,进一步落实深盆气藏的可能分布范围及资源潜力。

## 4 结论

1) 依据天然气成藏地质条件分析,古龙-常家围子地区登娄库组储层属于典型的低孔低渗致密砂岩储层;登二段烃源岩具有较好的生气能力,且有效生气范围内砂岩发育,形成致密储层对源岩在空间上的紧密包裹,有利于天然气大面积运移进入致密砂岩储层,是该地区登娄库组主要的气源岩;登二段气源岩生气区始终处于古龙地区凹陷中心及较缓的斜坡下倾方向,与其大面积接触的致密砂岩储层倾角较小,且断层不发育,有利于深盆气藏的形成与保存。

2) 古龙-常家围子地区登二段及其邻近地层具备了深盆气藏形成的有利地质条件,即构造稳定平缓、气源充足、储层致密、源储相通,可作为松辽盆地北部深盆气藏研究的有利靶区,其中登二段气源岩有效生气范围内的致密砂岩储层分布区是深盆气藏勘探的最有利地区。

3) 古龙-常家围子地区登娄库组下一步天然气勘探应以登二段气源岩有效生气范围及周边地区为重

点区域,以登二段及其邻近地层为重点层位,以寻找深盆气藏为重点目标,进一步落实深盆气藏的可能分布范围及资源潜力。

## 参考文献

- [1] 潘春孚,纪友亮. 松辽盆地北部深层层序地层格架建立与模式研究——以古龙-常家围子断陷沙河子组为例[J]. 沉积学报, 2010, 28(3): 489-496.  
Pan Chunfu, Ji Youliang. The establishment of sequence stratigraphic framework and its models of deep formation in northern Songliao basin: taking the Shahezi Formation of Gulong-Changjiaweizi Fault depression as an example[J]. Acta Sedimentologica Sinica, 2010, 28(3): 489-496.
- [2] 付广,付晓飞,王剑秦. 长垣以东地区登娄库组含气系统及成藏条件分析[J]. 断块油气田, 2000, 7(3): 1-4.  
Fu Guang, Fu Xiaofei, Wang Jianqin. Division of gas bearing systems and analysis on formation conditions of gas reservoir in the east of Changyuan region, Daqing oilfield[J]. Fault-Block Oil & Gas Field, 2000, 7(3): 1-4.
- [3] 任延广,朱德丰,万传彪,等. 松辽盆地徐家围子断陷天然气聚集规律与下步勘探方向[J]. 大庆石油地质与开发, 2004, 23(5): 26-29.  
Ren Yanguang, Zhu Defeng, Wan Chuanbiao, et al. Natural gas accumulation rule of Xujiaweizi Depression in Songliao Basin and future exploration target[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 2004, 23(5): 26-29.
- [4] 于建成,辛仁臣,乔敏,等. 松辽盆地北部西部断陷登娄库组三段沉积体系及油气远景[J]. 中国石油勘探, 2002, 7(4): 46-50.  
Yu Jiancheng, Xin Renchen, Qiao Min, et al. Depositional system and petroleum prospect of the third section of Denglouku Formation in western fault depression of north Songliao basin[J]. China Petroleum Exploration, 2002, 7(4): 46-50.
- [5] 马新华. 中国深盆气勘探开发前景与对策[J]. 天然气工业, 2004, 24(1): 1-3.  
Ma Xinhua. Prospects and countermeasures for exploring and developing the deep-basin gas in China[J]. Natural Gas Industry, 2004, 24(1): 1-3.
- [6] 董晓霞,梅廉夫,全永旺. 致密砂岩气藏的类型和勘探前景[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(3): 351-355.  
Dong Xiaoxia, Mei Lianfu, Quan Yongwang. Types of tight sand gas accumulation and its exploration prospect[J]. Natural Gas Geoscience, 2007, 18(3): 351-355.
- [7] 王金琪. 中国大型致密砂岩含气区展望[J]. 天然气工业, 2000, 20(1): 10-15.  
Wang Jinqi. Prospects for the large sized tight sandstone gas bearing regions in China[J]. Natural Gas Industry, 2000, 20(1): 10-15.
- [8] Masters J A. Deep basin gas traps, Western Canada[J]. AAPG Bulletin, 1979, 63(2): 152-181.
- [9] Cant D J. Spirit River Formation—a stratigraphic-diagenetic gas trap in the Deep Basin of Alberta[J]. AAPG Bulletin, 1983, 67: 577-587.
- [10] Rose P R. Possible basin centered gas accumulation, Raton basin, Southern Colorado[J]. Oil & Gas Journal, 1984, 82(10): 190-197.
- [11] Law B E. Basin-centered gas systems[J]. AAPG Bulletin, 2002, 86

- (11):1891-1919.
- [12] 张金亮,张金功. 深盆地气藏的主要特征及形成机制[J]. 西安石油学院学报(自然科学版),2001,16(1):1-7.  
Zhang Jinliang,Zhang Jingong. Basic characteristics of deep basin gas traps[J]. Journal of Xi'an Petroleum Institute(Natural Science Edition),2001,16(1):1-7.
- [13] 张金川,金之钧. 深盆地气藏机理及分布预测[M]. 北京:石油工业出版社,2005.  
Zhang Jinchuan,Jin Zhijun. Deep basin gas accumulation mechanism and distribution forecasting[M]. Beijing:Petroleum Industry Press,2005.
- [14] 姜振学,庞雄奇,张金川,等. 深盆地气研究现状综述[J]. 地球科学进展,2000,15(3):289-292.  
Jiang Zhenxue,Pang Xiongqi,Zhang Jinchuan,et al. Summarization of deep Basin Gas studies[J]. Advance in Earth Sciences,2000,15(3):289-292.
- [15] 赵靖舟,白玉彬,曹青,等. 鄂尔多斯盆地准连续型低渗透-致密砂岩大油田成藏模式[J]. 石油与天然气地质,2012,33(6):811-827.  
Zhao Jingzhou,Bai Yubin,Cao Qing,et al. Quasi-continuous hydrocarbon accumulation:a new pattern for large tight sand oilfields in Ordos Basin[J]. Oil & Gas Geology,2012,33(6):811-827.
- [16] 王伟明,卢双舫,王世辉,等. 鸡西盆地致密砂岩气存在的可能性[J]. 石油与天然气地质,2012,33(3):385-391.  
Wang Weiming,Lu Shuangfang,Wang Shihui,et al. Possibility of tight sand gas reservoirs in Jixi Basin[J]. Oil & Gas Geology,2012,33(3):385-391.
- [17] 姜振学,林世国,庞雄奇,等. 两种类型致密砂岩气藏对比[J]. 石油实验地质,2006,28(3):210-214.  
Jiang Zhenxue,Lin Shiguo,Pang Xiongqi,et al. The comparison of two types of tight sand gas reservoir[J]. Petroleum Geology & Experiment,2006,28(3):210-214.
- [18] Cant D J. Diagenetic trap in sandstones[J]. AAPG Bulletin,1986,70(2):155-166.
- [19] 蒲军,张金川. 川西坳陷深盆地气研究进展与问题讨论[J]. 地球科学与环境学报,2004,26(2):34-37.  
Pu Jun,Zhang Jinchuan. Advances and discussion about the study on deep basin gas in western Sichuan province depression[J]. Journal of Earth Science and Enivronmental,2004,26(2):34-37.
- [20] 卢双舫,付广,王朋岩,等. 天然气富集主控因素的定量研究[M]. 北京:石油工业出版社,2002.  
Lu Shuangfang,Fu Guang,Wang Pengyan,et al. Analysis of the main control factors of natural gas enrichment[M]. Beijing:Petroleum Industry Press,2002.
- [21] 卢双舫,付晓泰,刘晓艳,等. 油成气的动力学模型及其标定[J]. 天然气工业,1996,16(6):6-8.  
Lu Shuangfang,Fu Xiaotai,Liu Xiaoyan,et al. Kinetic model of oil-formed gas and its calibration[J]. Natural Gas Industry,1996,16(6):6-8.
- [22] 戴金星,邹才能,陶士振,等. 中国大气田形成条件和主控因素[J]. 天然气地球科学,2007,18(4):473-484.  
Dai Jinxing,Zou Caineng,Tao Shizhen,et al. Formation conditions and main controlling factors of large gas fields in China[J]. Natural Gas Geoscience,2007,18(4):473-484.
- [23] 张学娟,卢双舫,贾承造. 基于沉积特征分区域的多元地震属性储层定量预测方法[J]. 石油地球物理勘探,2012,47(1):115-120.  
Zhang Xuejuan,Lu Shuangfang,Jia Chengzao. The regional multiple seismic attribute quantitative reservoir prediction method based on sedimentary characteristics[J]. Oil Geophysical Prospecting,2012,47(1):115-120.
- [24] 卢双舫,刘晓艳,曲佳燕,等. 海拉尔盆地呼和湖凹陷烃源岩原始生烃潜力和原始有机碳的恢复[J]. 大庆石油学院学报,1995,19(1):31-34.  
Lu Shuangfang,Liu Xiaoyan,Qu Jiayan,et al. Restoring of original hydrocarbon potential and original organic carbon of source rocks in huhehu depression hailar basin[J]. Journal of Daqing Petroleum Institute,1995,19(1):31-34.
- [25] 付广,陈章明,吕延防. 泥质岩盖层封盖性能综合评价方法探讨[J]. 石油实验地质,1998,20(1):80-86.  
Fu Guang,Chen Zhangming,Lu Yanfang. Comprehensive evaluation of sealing ability of mudstone caprock[J]. Experimental Petroleum Geology,1998,20(1):80-86.
- [26] 孙英杰,付广,张然. 松辽盆地北部源岩和盖层的时空匹配关系及其对天然气聚集与分布的控制[J]. 现代地质,2003,17(3):318-322.  
Sun Yingjie,Fu Guang,Zhang Ran. The matching relation between cap rock and source rock and its control over the gas accumulation and distribution in the north of the songliao basin[J]. Geoscience,2003,17(3):318-322.
- [27] Ghisetti F,Uezzani L. Detachments and normal faulting in the Marche fold-and-thrust belt(central Apennines,Italy):inferences on fluid migration paths[J]. Journal of Geodynamics,2000,29:345-369.
- [28] 付广,石巍. 徐家围子地区深层天然气成藏机制及有利勘探区预测[J]. 大庆石油地质与开发,2006,25(3):23-26.  
Fu Guang,Shi Wei. Study on deep gas reservoir forming mechanism of Xujiaweizi area and prediction of favorable exploration areas[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing,2006,25(3):23-26.
- [29] 刘丽娟,陈建文,程新民,等. 松辽盆地北部徐家围子地区登娄库组下部沉积相分析[J]. 世界地质,2006,25(1):16-22.  
Liu Lijuan,Chen Jianwen,Cheng Xinmin,et al. Sedimentary facies analysis of the lower part of Denglouku Formation in northern Xujiaweizi area,Songliao Basin[J]. Global Geology,2006,25(1):16-22.
- [30] 孙立东. 松辽盆地北部深层断陷类型及风险勘探领域优选[J]. 断块油气田,2012,19(6):681-685.  
Sun Lidong. Fault depression type and optimal selection of risk-taking exploration field in deep layer of northern Songliao Basin[J]. Fault-Block Oil and Gas Field,2012,19(6):681-685.
- [31] 罗佳强,任延广,吴朝东,等. 松辽盆地徐家围子断陷营四段沉积相研究[J]. 石油实验地质,2010,32(2):140-146.  
Luo Jiaqiang,Ren Yanguang,Wu Chaodong,et al. Research of sedimentary facies of Forth Member of Yingcheng Formation in Xujiaweizi Fault Depression in the Songliao Basin[J]. Petroleum Geology & Experiment,2010,32(2):140-146.