

文章编号: 0253- 9985(2004) 02- 0204- 05

松辽盆地西部斜坡带油气运移主输导通道

向才富¹, 夏 斌¹, 解习农², 冯志强³

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 广州 510640; 2. 中国地质大学资源学院, 湖北武汉 430074;

3. 大庆油田勘探开发研究院, 黑龙江大庆 163458)

摘要: 通过对松辽盆地西部斜坡带 400 余口井的回剥分析, 再现了油气运移关键时刻区域盖层的底界面构造。从该构造图上识别出油气向西部斜坡带运移的 4 种脊状构造, 即鞍状构造- 岩性脊、断层- 岩性脊、背斜- 岩性脊和纯岩性脊。4 种脊状构造在空间上的有机组合形成了油气向松辽盆地西部斜坡带运移的主输导通道。该主输导通道呈枝状, 先从多个方向汇集了来自齐家- 古龙凹陷的油气资源, 然后向两个主要方向输送, 其一向北西方向的富拉尔基, 其二向西部的平洋油田方向。

关键词: 脊状构造; 主输导通道; 松辽盆地; 西部斜坡带

中图分类号: TE112. 12 文献标识码: A

Major hydrocarbon migration pathway system in western slope zone of Songliao basin

Xiang Caifu¹ Xia Bin¹ Xie Xinong² Feng Zhiqiang³

(1. Guangzhou Institute of Geochemistry, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou, Guangdong; 2. China University of Geosciences (Wuhan), Wuhan, Hubei; 3. Exploration and Development Research Institute of Daqing Oil Field, Daqing, Heilongjiang)

Abstract: Analyses of data acquired in over 400 wells have reproduced the structures on the bottom boundary of regional caprock (Nenjiang Formation) in the critical period of hydrocarbon migration. Four kinds of ridge-like structures, saddle structural-lithological ridge, fault-lithological ridge, anticlinal-lithological ridge and lithological ridge, can be identified from the structural map. The spacial array of these ridge-like structures acted as the major hydrocarbon migration pathway system to the western slope zone of Songliao basin. Hydrocarbons from Qijia-Gulong depression would be gathered through this major branching pathway system, and then migrated northeastward to Fulaerji and westward to Pingyang oilfield, respectively.

Key words: ridge-like structure; major migration pathway system; western slope zone; Songliao basin

输导体系是联系烃源岩与圈闭的纽带与桥梁, 一般由断层、不整合面和渗透性骨架砂体组成^[1~4]。对流体运移起主输导作用的输导体系的组合即是流体运移的主输导通道。前人通过各种岩石地球化学^[5,6]、同位素地球化学^[7]、流体包裹体分析^[8]和盆地模拟的方法^[9,10]研究盆地流体——特别是烃类运移的主输导通道。多年来松辽盆地西部斜坡带油气成藏规律^[11]、油气运移路径等问题一直是制约本区油气资源勘探与开发的

瓶颈^[12]。本文通过松辽盆地西部斜坡带 400 余口探井的回剥分析, 分析了关键时刻松辽盆地西部斜坡带的输导脊的类型, 在此基础上识别出了西部斜坡带油气运移的主输导通道。该主输导通道合理的解释了本区油气资源的空间分布模式, 对指导本区的油气勘探具有重要的指导作用。

1 地质背景

松辽盆地西部斜坡带位于松辽盆地大庆长垣

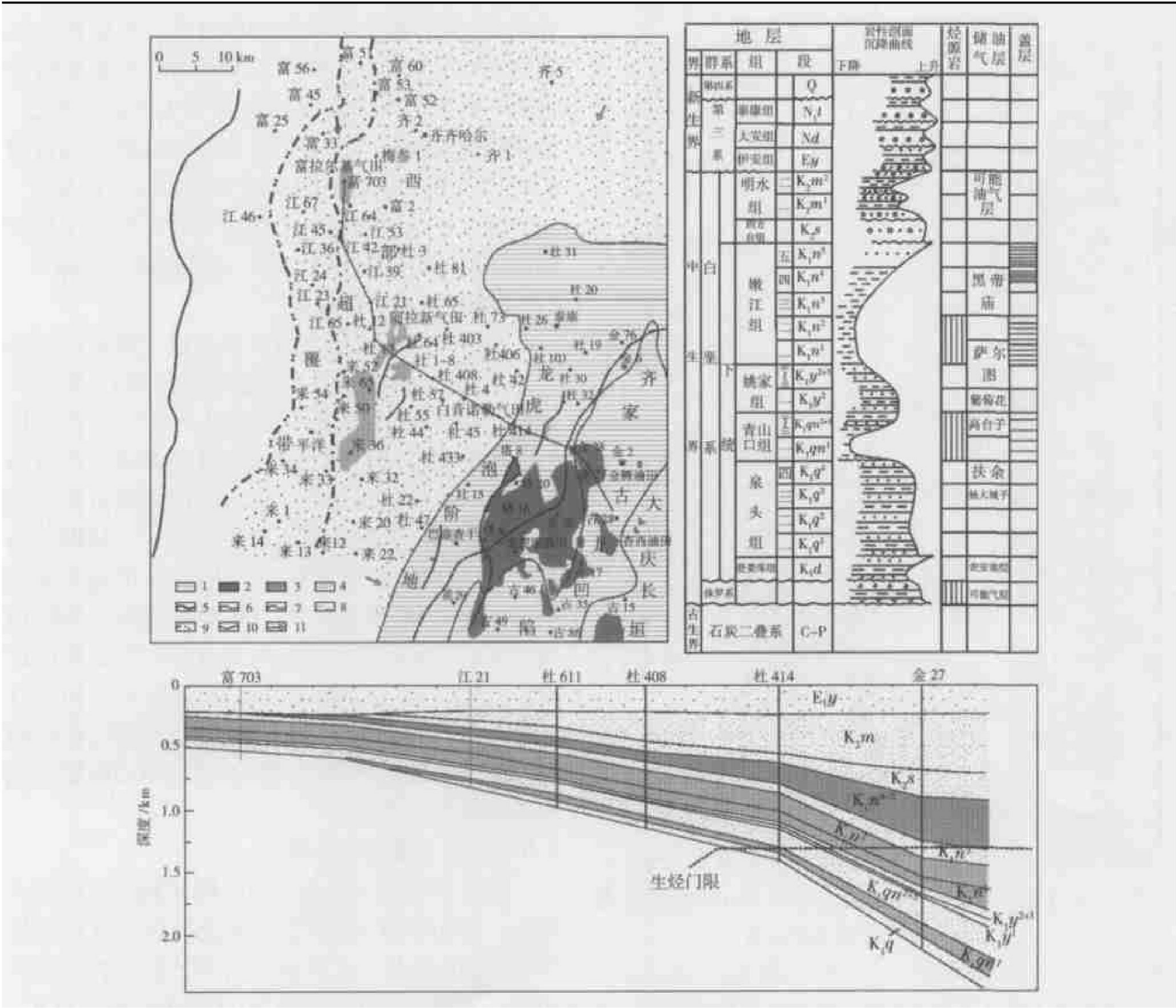
基金项目: 中国科学院创新工程项目(KZCX-SW-117; KZCX2-101) 和国家教委重点基金项目(01038)

第一作者简介: 向才富, 男, 29 岁, 博士后, 地质流体及其成矿与成藏作用

收稿日期: 2004- 02- 06

以西, 构造区划上包括传统的龙虎泡阶地、泰康隆起和广大的西部超覆带(图 1)。油气田的平面分布规律可概括为“一串一线”, “一串”为阿拉新、二店、他拉哈、白音诺勒、新店、江桥、富拉尔基等油气田, 大致沿松 I 大剖面呈串珠状分布。“一线”指油气藏自北向南沿齐家-古龙凹陷西侧的小林克-敖古拉-他拉哈构造带呈线形分布。青山口组一段泥岩和嫩江组一段泥岩是主要的烃源岩和盖层。根据本区现今生烃门限深度 1 350 m^[12], 可以限定本区成熟烃源岩的分布范围(图 1), 由此可见本区油气资源来源于东部的齐家-古龙凹陷。两套烃源岩之间的中部含油气组合, 特别是萨尔图油层是本区主要的储集层和勘探目标。由于研

究区除了东部龙虎泡阶地的地层倾角稍陡外, 广大的西部斜坡带的地层倾角小于 1°, 且彼此平行整合接触^[13], 不存在复杂的断裂系统, 决定了西部斜坡带油气运移的主输导体是砂岩输导体。齐家-古龙凹陷的青山口组烃源岩在中白垩世末期进入生烃门限, 在白垩纪末期进入生烃高峰。嫩江组一段烃源岩在白垩纪末期进入生烃门限, 而在早第三纪末期进入生烃高峰。白垩纪末期(65 Ma)是本区油气运移的关键时刻^[12, 13]。西部斜坡带中部含油气组合的区域性盖层为嫩江组一段泥岩, 而油气在运移过程中将最终向输导体的顶界面, 即盖层的底界面聚集。因此关键时刻嫩江组底面的空间展布特征是影响油气运移的关键因素。



2 输导脊类型

油气在输导体中的运移分为3个阶段,第一阶段在浮力作用下垂直向输电体的顶面运移聚集;第二阶段沿输电体顶面向临近的构造高部位(输导脊部位)运移聚集,所谓脊是指正向构造的轴部,如背斜的核部和鼻状构造的轴;第三阶段,即油气的脊运移阶段。脊运移是油气成藏的关键过程,没有油气的脊运移阶段,就不可能形成具有经济价值的油气藏。

通过对松辽盆地西部斜坡带及齐家-古龙凹陷现有的400余口井的回剥分析^[14~17],作出西部斜坡带及齐家-古龙凹陷在油气运移关键时刻嫩江组底面构造图(图2)。在该图上可以识别出4

种类型的输导脊:鞍状构造-岩性输导脊、断层-岩性输导脊、背斜-岩性输导脊和纯岩性输导脊。由于西部斜坡带萨尔图油层的砂岩厚度在10~50 m,葡萄花油层砂岩厚度在5~20 m。砂岩的孔隙度多分布于20%~30%,是渗透性良好的砂岩^[18],因此输导脊中岩性的因素不作为讨论的重点。

2.1 鞍状构造-岩性输导脊

该输导脊主要分布于齐家-古龙凹陷,是盆地发育时期,凹陷和凹陷之间的隆起构造配置所形成的特殊的输导脊类型,其形态如图3a所示。鞍状构造的两侧紧邻生油凹陷,有利于所生成的油气向鞍状构造的轴部运移聚集,因此是最有效的油气聚集器。而鞍状构造的轴部又对所聚集的油气存在分流作用,即以鞍状构造轴部最低点为分界线,油气资源向两侧运移聚集。根据鞍状构造的油气运移模式,齐家-古龙凹陷的鞍状构造将油气资源同时向西部斜坡带和大庆长垣输送,输送比例近似相当。而不存在向西部斜坡带排液面积比向齐家-古龙凹陷排液面积小的情况^[12]。在齐家-古龙凹陷的3个次洼之间存在两个鞍状构造,鞍状构造的轴部是油气运移的高速公路。

2.2 断层-岩性输导脊

断层-岩性输导脊的形成过程主要是由于断层的后期活动,在断层下降盘形成负地形,断层上升盘所保留的骨架砂体与断层一起形成脊状构造。如果断层的封堵性良好,即成为油气运移的输导脊。该脊状构造在龙虎泡地区的敖古拉-他拉哈断层部位表现的最为清楚(图3b)。该断层为一反向屋脊断层,断层的活动使敖古拉地区形成明显的负地形,而断层的上升盘形成油气脊状构造。来自古龙凹陷的油气在向盆地边缘运移的过程中,逐渐向该输导脊部位运移聚集,然后沿该脊状构造向白音诺勒方向运移聚集。此外,在西部斜坡带沿来65-杜607-杜64井展布的断层也起到了输导脊的作用。

2.3 背斜-岩性输导脊

这是由齐家-古龙凹陷向西部斜坡带广泛分布的一类输导脊,其形成是构造挤压与沉积作用联合作用的结果。在齐家-古龙凹陷存在一系列小型的背斜-岩性输导脊,而在西部斜坡带存在3个大型的背斜-岩性输导脊。新店-白音诺勒-杜420井区的背斜-岩性输导脊为最重要的输导脊,该背斜输导脊分为两枝,一枝继续向西北方

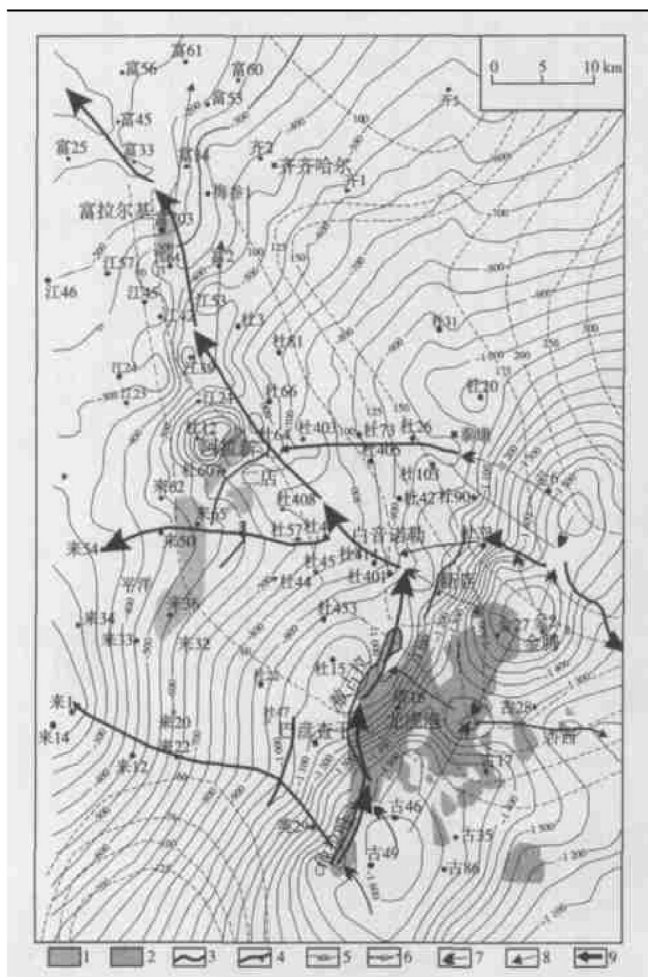


图2 松辽盆地西部斜坡带关键时刻(65 Ma)脊状构造及油气运移主导通道展布图

Fig. 2 Distribution of ridge-like structures and major migration pathway system in the western slope zone of Songliao basin in the critical period of hydrocarbon migration(65 Ma)

- 1—油田; 2—气田; 3—盆地边界; 4—断层; 5—海拔高程/m;
6—萨葡高油层砂岩厚度/m; 7—油气面状运移;
8—油气脊运移; 9—主导输通道;

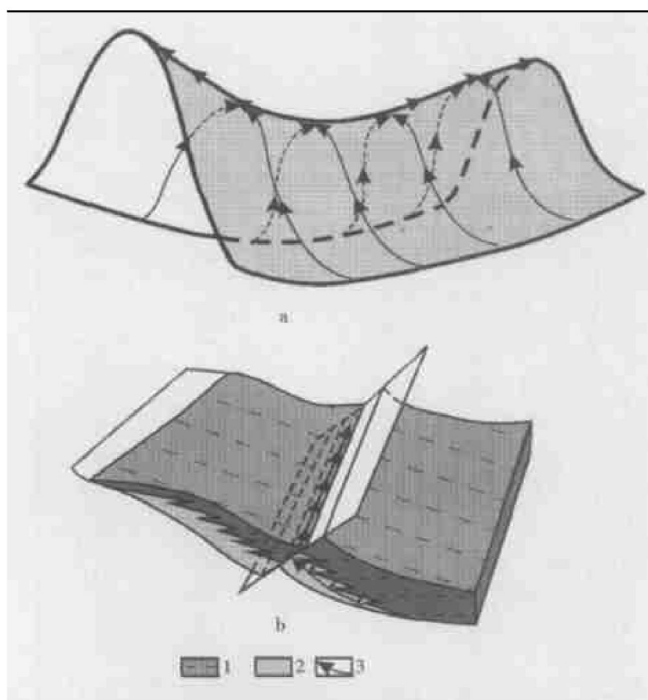


图3 鞍状构造(a)与反向屋脊断层(b)示意图

Fig. 3 Sketch map of saddle-like structures (a) and

antithetic ridge faults (b)

1—泥岩; 2—渗透性砂岩; 3—油气运移方向

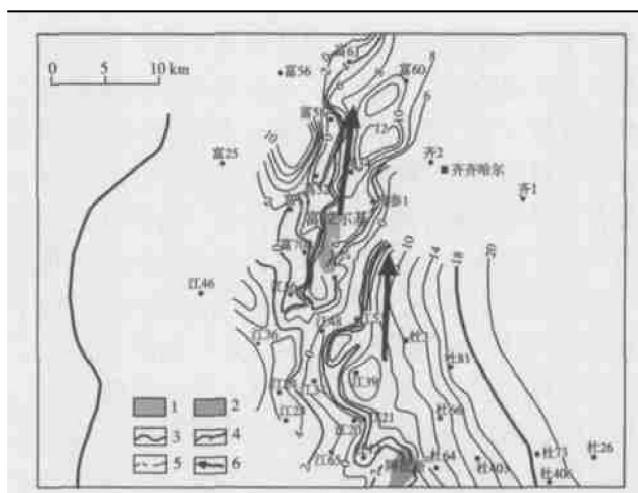


图4 松辽盆地西部斜坡带岩性输导脊及其油气运移方向

Fig. 4 Lithologic ridge migration pathways and hydrocarbon migration direction in the western slope zone of Songliao basin

1—油田; 2—气田; 3—盆地边界; 4—断层;

5—萨尔图油层砂岩厚度/m; 6—油气运移方向

向,穿过江桥直达富拉尔基;另一枝转为近东西向,穿过平洋油田,直达来54井部位。此外由齐家—古龙凹陷向英台方向的他拉哈—英20—来22—来1井也存在一明显的背斜—岩性输导脊,由于该背斜岩性脊被临近凹陷的敖古拉—他拉哈断层—岩性脊所切割,而且砂岩厚度小于25 m,因而该背斜—岩性脊对油气的输导作用尚值得怀疑。

2.4 岩性输导脊

该输导脊类型是指由沉积原因所形成的砂岩上翘尖灭带,泥岩对油气的运移形成了良好的侧封与顶封。西部斜坡带的岩性输导脊主要分布于西部富拉尔基地区的萨尔图油层。在富拉尔基地区萨尔图油层存在两个明显的砂岩零值带(图1, 4):一为沿富58—富32—富17—江56井一带分布的泥岩条带,长达36 km;一为江桥地区沿江53—江44—江34—江20井一线分布的泥岩条带,长达30 km。由于泥岩的封堵作用,改变了流体的流动方向,使流体只能沿泥岩条带东侧的砂岩向构造高部位运移。在西部斜坡带的其他油层也可能存在这种泥岩输导体,可在局部形成上翘尖灭型油气藏。

3 主导通道

在盆地输导脊分析的基础上可以分析西部斜

坡带油气运移的主导通道构成。西部斜坡带只存在两条大的由输导脊构成的油气运移通道(图2),即南部的由简单背斜—岩性输导脊构成的由他拉哈—英20—来22—来1井的输导通道和北部由4类不同的输导脊配置而成的复杂的输导通道。南部的输导脊无论在油源来源和输导脊展布的空间范围上均无法与北部的输导脊相比拟,而且该输导通道所在位置的砂岩厚度小于25 m,决定了该通道对油气的输导能力有限。北部的输导通道主要沿齐家—古龙凹陷—他拉哈—敖古拉—新店—白音诺勒—江桥—富拉尔基及齐家—古龙凹陷—新店—白音诺勒—平洋方向展布(图2中粗线条所示)。该输导通道在空间上展布范围广,对齐家—古龙凹陷3个次洼所生成的油气有良好的汇聚作用,同时和所发现的油气资源匹配完美,可以推测该输导通道是齐家—古龙凹陷的油气向西部斜坡带运移的主导通道(相关地球化学证据另文待刊)。

该主导通道在层次上可以分为3层,为了叙述上的方便,在此依次将三级通道由大至小分为“高速公路”、“公路”和“小路”。油气运移的高速公路位于沿新店—白音诺勒—杜420井区展布的背斜—岩性输导脊部位,该“高速公路”是3条油气运移“公路”的汇聚部位,因此油气运移的量最大。3条油气运移“公路”是齐家—古龙凹陷内

部为 3 个次洼之间的两个鞍状构造—岩性输导脊及在龙虎泡阶地沿敖古拉—他拉哈展布的断层岩性输导脊。前二者聚集了齐家—古龙凹陷的大部分油气资源,后者对古龙凹陷向西运移的油气资源有重要的汇聚作用。可以看出每一条油气运移的“公路”都是次一级沿背斜核部展布的油气运移“小路”的交汇部位。西部斜坡带油气运移的“高速公路”在杜 420 井附近分为两枝,一枝继续向北西方向,穿过江桥直达富拉尔基。另一枝转为近东西向,穿过平洋油田,直达来 54 井部位。这两枝可以看成是油气运移“高速公路”分出的“公路”。向北西运移的油气在富拉尔基部位进一步沿两个岩性输导脊发生了分流作用,这两个岩性输导脊可以看成是油气运移的“小路”。

4 输导通道时空演化

由于西部斜坡带砂泥岩频繁互层,即使是同一层位也存在多种储盖组合关系,因此了解关键时刻空间上输导体的差异可以确定不同油层成藏部位和输导趋势上的差异。同时,由于松辽盆地生烃延续时间长,因此了解主输导通道在时间演化过程中的差异,即可分析油气运移聚集的演化过程。

4.1 空间上的变化规律

由于松辽盆地西部斜坡带地层彼此互相平行整合接触,并逐渐向西部斜坡带超覆,因此在关键时刻不同地层的底面形态相似,只存在海拔高程的不同。虽然在嫩江组与青山口组之间不存在区域性的盖层,但是中部系统的各个主要油层在关键时刻具有相同的油气运移趋势。保证了关键时刻油气沿特定方向向西部斜坡带的运移。

4.2 时间上的变化规律

通过对比白垩纪末期和现今嫩江组底面构造图(图 2, 5),发现嫩江组底界面在整个历史时期除了埋藏深度不断增加外,底面的总体形态几乎没有变化。这说明在历史过程中前文所述的输导体组合一直在油气运移中起主导作用。

这一点也说明晚白垩世至今构造活动对松辽盆地西部斜坡带的构造格局影响较小,白垩纪后松辽盆地即使有构造活动也以整体升降运动为主^[13]。对主输导通道的影响较小,保证了油气资源沿特定方向的持续供给,有利于油气在西部斜坡带的聚集。

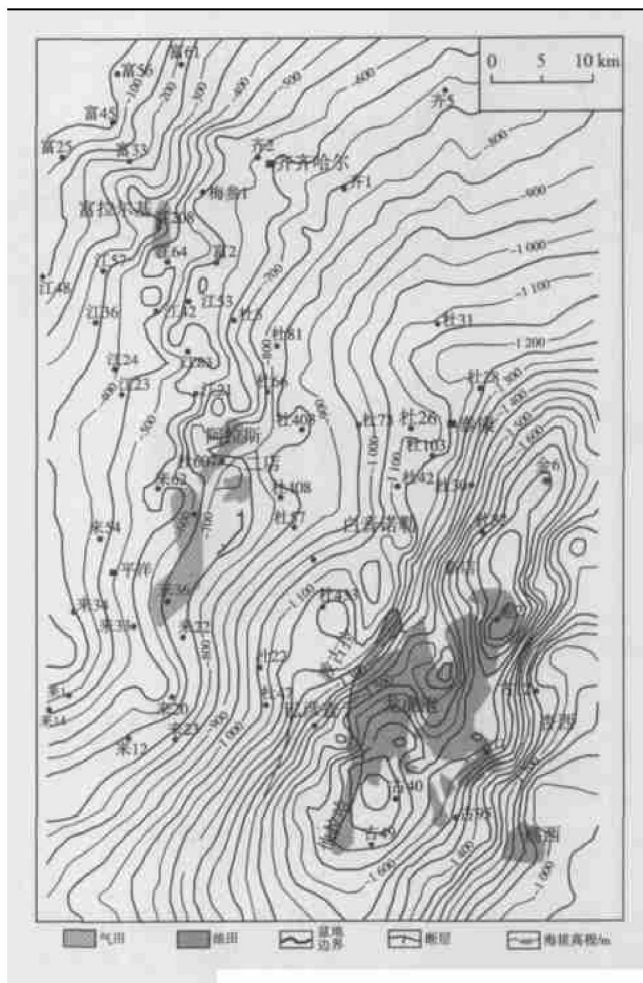


图 5 松辽盆地西部斜坡带嫩江组底面构造图

Fig. 5 Structural map of the bottom of Nenjiang Formation in the western slope zone of Songliao basin

致谢: 本文所有原始资料均由大庆油田勘探开发研究院提供。

参 考 文 献

- 1 Ghisetti F, Vezzani 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
- 2 Nie F J, Li S T, Wang H, et al. Lateral migration pathways of petroleum in the Zhu III subbasin, pearl river mouth basin, South China sea[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2001, 18: 561~ 575
- 3 Chen Q, Kinzelbach W. An NMR study of single and two phase flow in fault gouge filled fractures[J]. *Journal of Hydrology*, 2002, 256: 236~ 245
- 4 郝芳, 邹华耀, 姜建群. 油气成藏动力学及其研究进展[J]. *地学前缘*, 2000, 7(3): 11~ 21
- 5 Lynch F L. Mineral/water interaction, fluid flow, and friro sandstone diagenesis: evidence from the rock[J]. *AAPG Bull*, 1996, 80(4): 486~ 503

(下转第 215 页)

- 11 张水昌, 张保民, 王飞宇, 等. 塔里木盆地两套海相有效烃源岩层- I 有机质性质、发育环境及控制因素[J]. 自然科学进展, 2001, 11(3): 261~ 268
- 12 程克明. 生油岩的定量评价[A]. 见: 石油勘探开发科学研究院. 中国陆相油气生成[C]. 北京: 石油工业出版社, 1982. 175~ 188
- 13 张水昌, 梁狄刚, 张大江. 关于古生界烃源岩有机质丰度的评价标准[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(2): 8~ 12
- 14 夏新宇, 戴金星. 碳酸盐岩生烃指标及生烃量评价的新认识[J]. 石油学报, 2000, 21(4): 36~ 41
- 15 Carroll A R, Bohacs K M. Stratigraphic classification of ancient lakes: balancing tectonic and climatic controls[J]. *Geology*, 1999, 27(2): 99~ 102
- 16 朱光有, 金强. 烃源岩的非均质性及其研究——以东营凹陷牛38井为例[J]. 石油学报, 2002, 23(5): 20~ 26
- 17 Derenne S, Largeau C, Brukner W A. Origin of variations in organic matter abundance and composition in a lithologically homogeneous maatype oil shale deposit[J]. *Organic Geochemistry*, 2000, 31: 787~ 798
- 18 Bertrand P, Lallier V E, Boussafir M. Enhancement of accumulation and anoxic degradation of organic matter controlled by cyclic productivity: a model[J]. *Organic Geochemistry*, 1993, 22: 511~ 520
- 19 张林晔, 孔祥星, 张春荣, 等. 济阳坳陷下第三系优质烃源岩的发育及其意义[J]. 地球化学, 2003, 32(1): 35~ 42
- 20 朱光有, 金强. 东营凹陷两套优质烃源岩层地质地化特征研究[J]. 沉积学报, 2003, 21(3): 452~ 460
- 21 洪志华, 陈致林, 殷沫, 等. 东营凹陷牛38井沙三段中下部有机碳分布特征[J]. 石油与天然气地质, 1991, 12(3): 292~ 299
- 22 朱光有, 金强, 周建林. 东营凹陷旋回式深湖相烃源岩研究[J]. 地质科学, 2003, 38(2): 254~ 262
- 23 冯有良, 何立琨, 郑和荣, 等. 山东牛庄地区沙三段前三角洲斜坡重力流沉积[J]. 石油与天然气地质, 1990, 11(3): 314~ 318
- 24 施继锡. 有机包裹体及其与油气的关系[J]. 中国科学, 1987, (7): 318~ 325
- 25 邱楠生, 蔡进功, 李善鹏, 等. 昌潍坳陷潍北凹陷热历史和油气成藏期次[J]. 地质科学, 2003, 38(3): 332~ 341
- 26 胡见义, 徐树宝, 童晓光. 渤海湾盆地复式油气聚集区(带)的形成和分布[J]. 石油勘探与开发, 1986, (1): 5~ 9
- 27 李德生. 迈向新世纪的中国石油地质学[J]. 石油学报, 2000, 21(2): 1~ 8
- 28 刘兴才, 杨申铤. 济阳复式油气区大油田形成条件及分布规律[J]. 成都理工学院学报, 1998, 25(2): 276~ 284
- 29 戴金星. 油气地质学的若干问题[J]. 地球科学进展, 2001, 16(5): 710~ 718
- 30 李晋超, 马永生, 张大江, 等. 中国海相油气勘探若干重大科学问题[J]. 石油勘探与开发, 1998, 25(5): 1~ 2
- 31 李丕龙. 富油断陷盆地油气环状分布与惠民凹陷勘探方向[J]. 石油实验地质, 2001, 23(2): 146~ 148
- 32 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探讨[J]. 石油与天然气地质, 2004, 25(1): 9~ 13

(上接第208页)

- 6 Chowdhury A H, Noble J P A. Origin distribution and signification of carbonate cements in the Albert formation reservoir sandstones New Brunswick, Canada[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 1996, 13: 837~ 846
- 7 Worden R H, Coleman M L, Matray J M. Basin scale evolution of formation waters: a diagenetic and formation water study of the Triassic Chaunoy Formation, Paris Basin[J]. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 1999, 63(17): 2513~ 2528
- 8 Kelly J, Parnell J, Chen H H. Application of fluid inclusions to studies of fractured sandstone reservoirs[J]. *Journal of Geochemical Exploration*, 2000, 69~ 70: 705~ 709
- 9 Hindle A D. Petroleum migration pathways and charge concentration: a three-dimensional model[J]. *AAPG Bull*, 1997, 81(8): 1451~ 1481
- 10 Welte D H, Hantschel T, Wygrala B P, et al. Aspects of petroleum migration modeling[J]. *Journal of Geochemical Exploration*, 2001, 69~ 70: 711~ 714
- 11 宋维海, 王璞珺, 张兴洲, 等. 松辽盆地中生代火山岩油气藏特征[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(1): 12~ 17
- 12 杨万里, 高瑞祺, 郭庆福, 等. 松辽盆地陆相油气生成、运移和聚集[M]. 哈尔滨: 黑龙江科学技术出版社, 1985. 200~ 208
- 13 Zhou Y S, Litke R. Numerical simulation of the thermal maturation, oil generation and migration in the Songliao Basin, Northeastern China[J]. *Marine and Petroleum Geology*, 1999, 16: 771~ 792
- 14 刘景彦, 林畅松, 喻岳钰, 等. 用声波测井资料计算剥蚀量的方法改进[J]. 石油实验地质, 2000, 22(4): 302~ 306
- 15 Gvirtzman Z. Lateral thickening of sedimentary units: sediment compaction vs. tectonics[J]. *Tectonophysics*, 2001, 340: 109~ 115
- 16 Matenco L, Bertotti G, Cloetingh S, et al. Subsidence analysis and tectonic evolution of the external Carpathian-Moesian platform region during Neogene times[J]. *Sedimentary Geology*, 2003, 156: 71~ 94
- 17 漆家福, 杨桥, 王子煜. 编制盆地复原古构造图的若干问题的讨论[J]. 地质科学, 2003, 38(3): 413~ 424
- 18 大庆油田石油地质志编写组. 中国石油地质志(卷二)[M]. 北京: 石油工业出版社, 1987. 147~ 149