

文章编号:1000-0550(2011)03-0599-06

论油气运移的“高速公路”及源外找油思想^①

潘树新^{1 2} 卫平生² 袁剑英² 王天奇² 赵志魁³ 赵占银³ 王立贤³ 雷明²

(1. 成都理工大学沉积地质研究所 成都 610059;

2. 中国石油勘探开发研究院西北分院 兰州 730020; 3. 中国石油吉林油田公司 吉林松原 138001)

摘 要 源控论认为,有效烃源岩的展布范围或者生油凹陷的展布范围控制了油气的平面分布,油气主要分布在距离主力生油洼陷 20~30 km 的范围内。松辽盆地西部斜坡大部分地区超出有效烃源岩的展布范围,但在西坡发现了富拉尔基油田、平洋油气田、图牧吉油砂矿和套保油田等油区。笔者在松南西斜坡发现一条大型“人字”形沟谷体系,该沟谷体系对白城水系具有重要的控制作用,在河道上的探井都有良好的油气显示,套保和图牧吉油田(距离主力生油凹陷达 120 km)的成因也与沟谷体系有关。嫩一、二段湖相泥岩形成的区域性盖层,沟谷体系的高孔—高渗储层以及单倾斜坡使得长岭凹陷生成的油气具备了向西部斜坡长距离运移的地质条件。因此,盆缘发育的“人字”形沟谷体系及其控制的河道沉积是油气长距离运移的“高速公路”,只要存在圈闭条件,沿着“高速公路”就可以实现“源外”找油。

关键词 源控论 盆缘沟谷体系 油气运移的高速公路 源外找油 松辽盆地

第一作者简介 潘树新 男 1974 年出生 在读博士 沉积学及石油地质学 E-mail: ltpan@126.com

中图分类号 TE122.1 **文献标识码** A

0 引言

油气二次运移是石油地质学研究的重要内容,也是实际勘探中要解决的重要问题。国内外对油气运移二次相态、动力、通道、方向、数量、距离、试验模拟等方面都取得了很大的进展^[1~16]。

20 世纪 50 年代以来,中国对油气二次运移通道和运移距离得到了更为广泛的关注,这是因为二者直接决定了油气藏的空间分布,对油气勘探具有重要的指导意义。我国学者在油气运移距离方面取得了丰硕的研究成果,并提出“源控论”的找油思想。“源控论”即绝大多数含油气单元(包括盆地、凹陷及成油系统等)只发生过短距离的油气运移,油气就近聚集在烃源岩分布区内或其邻近地带,生烃区基本上控制了油气田的分布范围,这是源控论的主导思路,油气的短距离运移是源控论的核心^[17]。

源控论的提出有效地指导了我国陆相沉积盆地的油气勘探。但是在国内外,经常发现不少由于油气长距离运移而形成的“源外”大型油气田,探索这些油气田的形成机理和分布规律有重要的理论和实践意义。本文以松辽盆地南部西斜坡为例,对油气长距离运移的地质条件、“源外”油藏分布规律进行了系统分析。

1 西斜坡地质背景

松辽盆地西部斜坡跨越大庆和吉林两个油区,东起龙虎泡—红岗阶地,西至盆地边界,北起齐齐哈尔以北,南以西南隆起区为界,勘探面积约 4.3×10^4 km²,属较低勘探程度区。基底构造形态为一东倾的区域单斜,在单斜背景下,发育白城—安广鼻状隆起和安广、兴隆山等局部凸起。T₁和 T₂反射层构造形态基本继承了基底构造形态,由于后期构造,发育了一些低幅度的断鼻和背斜构造。构造坡度东陡西缓,倾角 0.5°~1.5°。

西斜坡勘探目的层主要为萨尔图和高台子油层,自 20 世纪 60 年代至今,西部斜坡从北向南先后发现了富拉尔基油田、平洋油气田、图牧吉油砂矿和套保油田等,找到阿拉新、二站和白音诺勒等气田(图 1),显示该地区蕴含丰富的油气资源,油藏类型主要为岩性、构造—岩性油藏。

西部斜坡大部分地区处于有效烃源岩的展布范围之外(图 1),已经发现的油气田距离主力生油洼陷分别为 30~120 km。因此,超出“源控”范围找油及源外油气成藏的分布规律、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核心问题之一。

关于西斜坡油气长距离运移的问题,大庆油田及

^①国家重点基础研究发展计划项目(编号:2007CB209604)资助。
收稿日期:2010-03-02; 收修改稿日期:2010-09-15

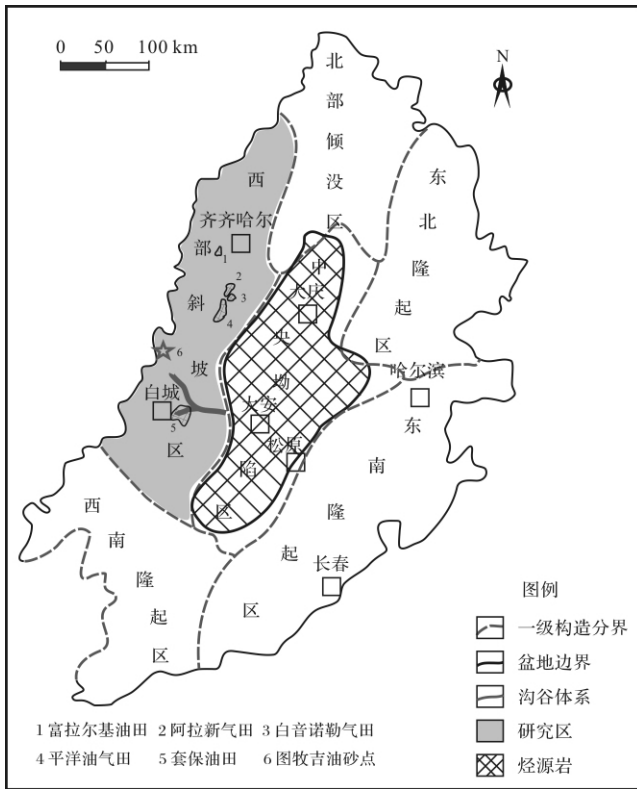


图1 研究区位置图

Fig. 1 Location and tectonic division of Songliao Basin

有关学者认为:大庆探区西斜坡的富拉尔基、平洋等油气田的主输导通道是脊状构造和正向构造^[19]。通过笔者近几年在松辽盆地开展的工作,认为吉林探区套保油田和图牧吉油砂区的油气运移途径与大庆探区完全不同,吉林探区油气长距离运移的主要通道为盆缘沟谷体系及其控制下的河道沉积。

2 西斜坡沟谷体系与油气运移的“高速公路”

2.1 西斜坡沟谷体系

在松辽盆地南部西部斜坡地区,笔者研究发现一条由基底控制的大型沟谷体系,平面分布位置见图

1 剖面见图2。该沟谷基底岩性主要为变质岩、火山岩以及少量的花岗侵入岩,沟谷宽2~6km。从图2可以看出,该沟谷体系具有向两侧上超充填的结构,沟谷中央地层明显大于两侧高部位。另外由于流体侵蚀作用,地震剖面上还具有明显的同向轴终止及破碎现象。通过对基底的刻画,该沟谷体系整体呈东西向展布,在白城以东地区分为两枝,一枝延伸到白城地区;另一枝延伸至图牧吉方向(图3),在平面上呈“人”字形展布(图1),其中到图牧吉地区的沟谷总长度达120 km,到套保地区的沟谷约70 km。

构造控制沉积,沉积反映构造。西斜坡“人”字形沟谷体系对松南西斜坡白城水系的展布起着重要的控制作用,从泉头组到姚家组,白城水系长期沿此沟谷体系发育(图4)。

通过岩相、相序、测井及地震资料的研究,西斜坡“人”字形沟谷体系充填有辫状河和湖泊相两种相类型。泉头组—姚家组沉积时期,主要以辫状河及心滩、滞留沉积等微相构成,主要的岩相类型为砾岩相和砂岩相,砾岩相主要分布在河道底部,分选及磨圆性较差,是构成滞留沉积的主体(见图5a);砂岩相是“人”字形沟谷体系充填的主体,以长石砂岩、岩屑砂岩为主,常具平行层理、板状交错、槽状交错层理(见图5b、5c)。嫩江组初期,由于松辽湖泊面积扩大,整个西斜坡地区主要以湖泊相沉积为主,“人”字形沟谷体系亦被深湖相、滨浅湖相泥岩所覆盖,主要岩相为泥岩相,具水平层理、夹薄层粉细砂岩,含植物碎屑和湖相化石(见图5d),常发育生物扰动构造。

2.2 西斜坡油气藏的分布与沟谷体系

西斜坡地区泉头组—嫩江组泥岩本身没有生烃能力。油源对比表明,套保油田和图牧吉油砂区等“源外”油气藏油源主要来自中央凹陷带青山口泥岩^[19-20]。松南西斜坡油气田的分布、成因及油气显示规模与此沟谷体系有着重要的关系,沟谷体系的末

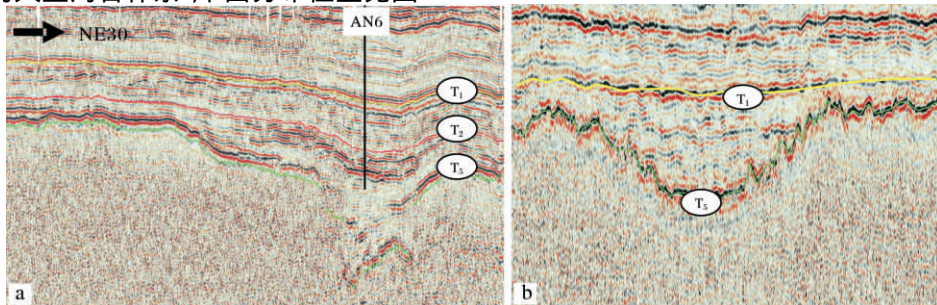


图2 西斜坡沟谷体系地震剖面(剖面位置见图4)

Fig. 2 Seismic profile of channel in the west slope of Songliao basin

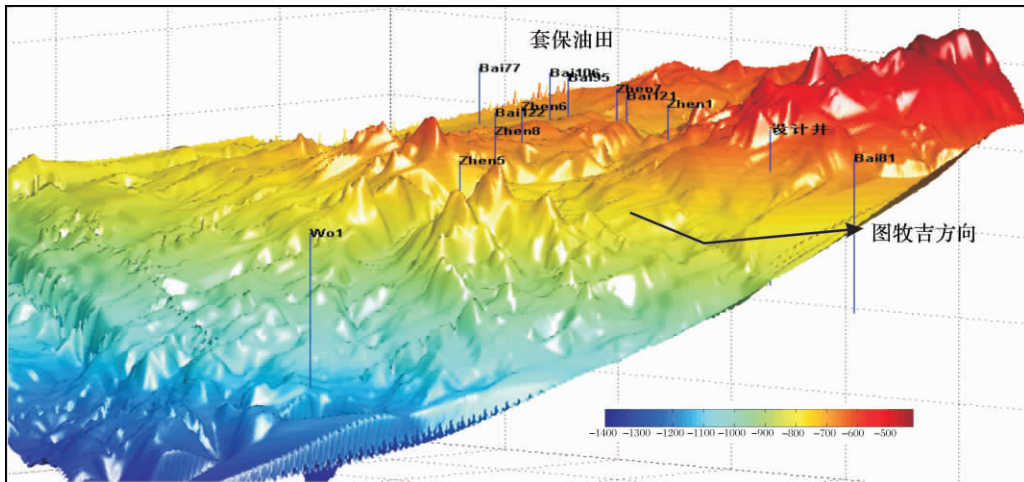


图 3 西坡沟谷三维可视化图

Fig. 3 Visualization of 3-dimensional map of channel in the west slope of Songliao Basin

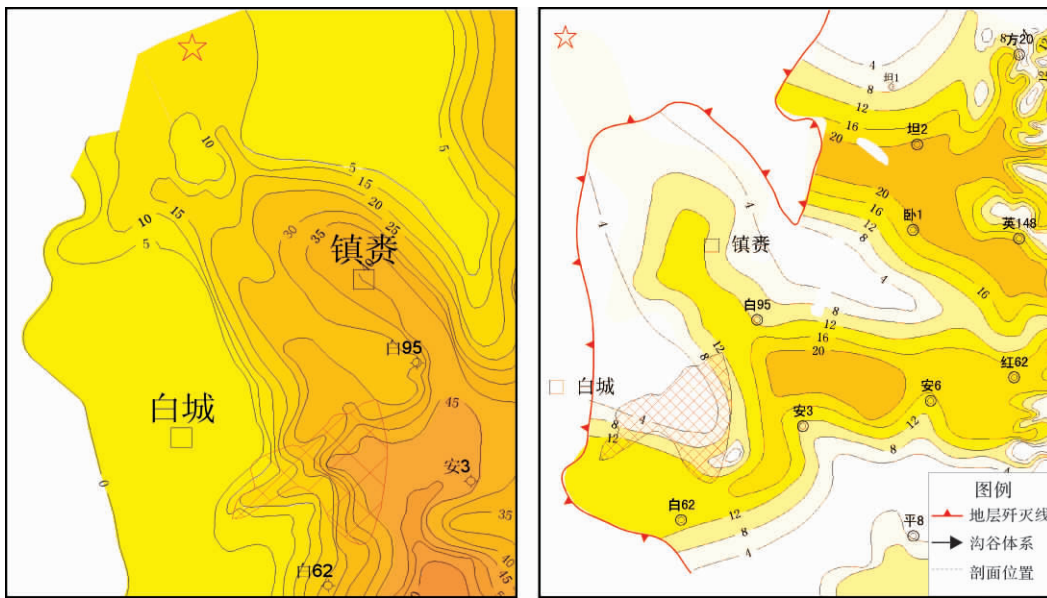


图 4 沟谷体系对砂岩展布的控制作用

Fig. 4 The channel controls the distribution of sandstones

端分别发现了套保油田和图牧吉油砂区。

原油甾烷 $\alpha\alpha\alpha 20S_{C_{29}} / (\alpha\alpha\alpha 20R + \alpha\alpha\alpha 20S)_{C_{29}}$ 和原油甾烷 T_m / T_s 的平面变化趋势^[20]也揭示西坡油气主要来自齐家—古龙凹陷的南侧和长岭凹陷的北部,油气运移路径与沟谷展布基本一致。目前在该沟谷体系上的探井只有少数几口,但都获得了较好的油气显示或获得了少量油流,并且其油气显示的规模明显大于西坡其它地区。尤其值得一提的是,在该沟谷体系的上完钻的 AN6 井,油气显示厚度达 103 m,泉四段—姚家组几乎所有砂岩都有油气显示,说明该沟谷体系是油气由东向西运移的优势通道。

2.3 沟谷体系的高效运移

运移效率或运聚效率为油气的聚集量与运移量之比,其中聚集量为疏导系统上或其上方圈闭系统中所聚集的有工业价值的油气之量,运移效率越高,聚集的油气量就越大^[16]。

目前在该沟谷体系末端发现的套保油田及图牧吉油砂区,资源量相当可观。图牧吉油砂矿的油砂资源和套保油田探明储量已达近亿吨。可见该沟谷体系是油气向西坡长距离运移的高效通道。

2.4 沟谷体系的快速运移

伊利石、油藏饱和压力法和包裹体等成藏年代学

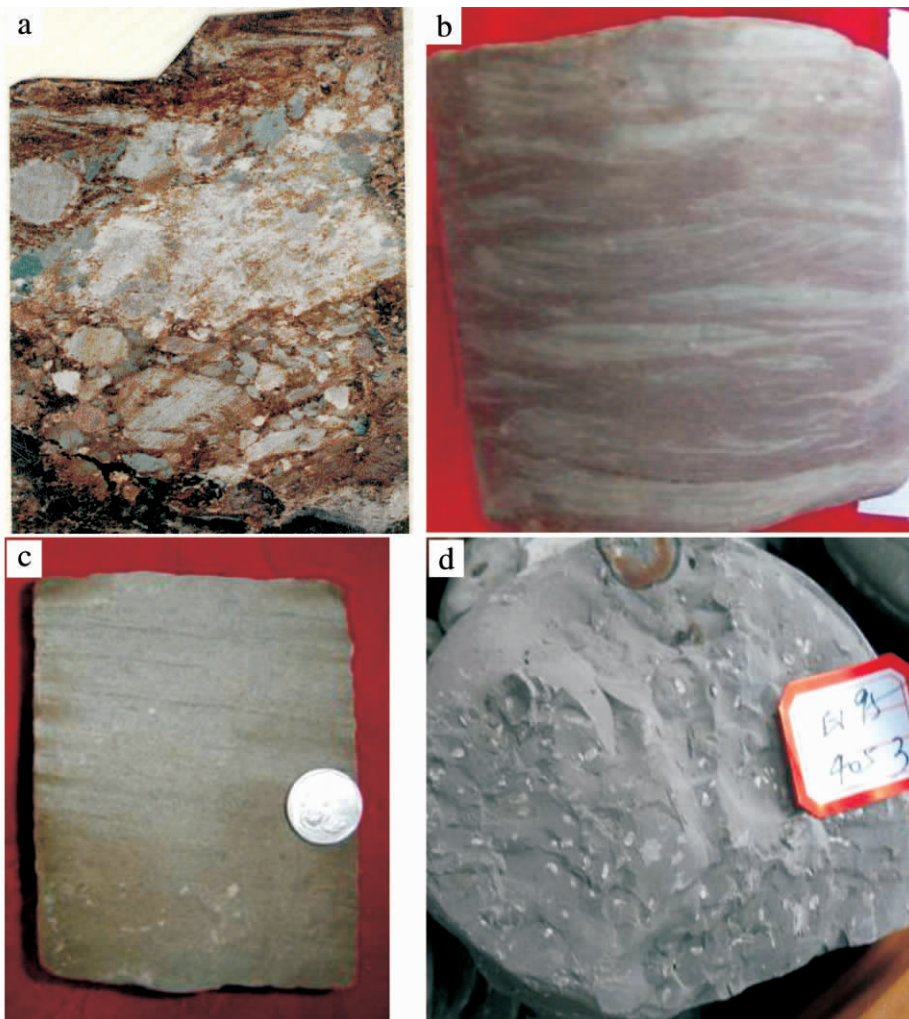


图5 沟谷沉积特征

Fig. 5 Sedimentary characters of the channel deposits

表明^[21~23] 松辽盆地中浅层成藏主要为三期:嫩江组沉积末期(75 Ma)、白垩纪末期的明水组(65 Ma)、古近纪末期的依安组(23 Ma),具有多期充注、幕式成藏的特点。而西斜坡成藏研究表明,其成藏年代主要集中在56~35 Ma(嫩末,明末—古近纪初)^[24],其成藏年代甚至早于中央坳陷带的油气藏,表明沟谷体系是油气长距离运移的“高速公路”。

因此,盆缘发育的大型沟谷体系控制了河道的展布,这些河道是油气运移的“高速公路”,只要具备其它圈闭条件,超出有效烃源岩的展布范围也可以发现大型油气藏。

3 松南“源外”油气藏的形成条件

3.1 储层物性好

李明诚认为输导层中的渗透性地层、不整合面、

断层和裂缝都是油气侧向运移和垂向运移的主要通道^[9,10,15]。其中储层的连通孔隙是油气进行二次运移的基本通道,且储层物性越好,油气在储层中运移就越快、距离越长;储层物性越差,油气运移则越慢、距离越近。西斜坡地区尤其是沟谷体系砂地比高达80%以上,储层物性好,孔隙度20%~35%,平均为27.1%;渗透率最高达 $9\ 552 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属于高孔—高渗储层。所以,油气在沟谷体系中运移,受到的阻力较小。

3.2 良好的区域性盖层

松南西斜坡具有区域性分布的盖层,即嫩一、二段泥岩,泥岩的总厚度50~150 m左右。优越的泥岩盖层直接覆盖在姚家组储层之上,使得油气在向西运移时,散失量很小,非常有利于油气的长距离运移(图6)。

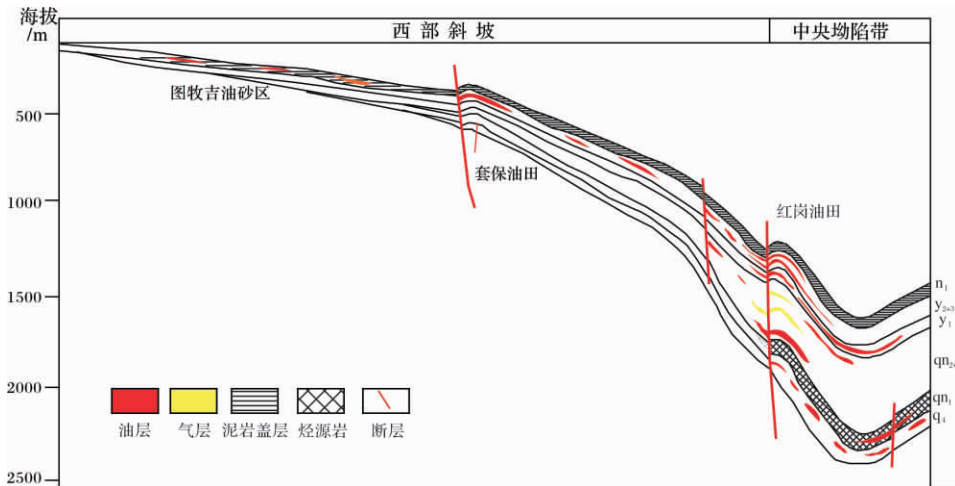


图 6 西斜坡油气成藏模式图

Fig. 6 Hydrocarbon accumulation pattern of the west slope area

3.3 侧向断层少及单倾斜坡

断层既是油气运移的有利通道,也可作为油气运移的遮挡物,其在油气运移中的作用要根据实际情况分析而定。西斜坡地区整体为一东倾斜坡,并且侧向断层很少发育,这对油气的长距离运移十分有利。

4 结论及启示

(1) 松辽盆地西部斜坡存在大量的“源外”油气藏。研究表明,套保油田及图牧吉油砂区的成藏与聚集与盆缘发育的沟谷体系有关。因此,盆缘发育的沟谷体系及其控制下的河道沉积是油气高效、快速运移的“高速公路”。

(2) 在盆缘勘探中,应当注意这些大型沟谷体系。只要存在圈闭条件,完全可以跳出有效烃源岩的展布范围来寻找“源外”油气藏。

承蒙审稿专家和编辑对本文初稿提出有益建议,谨致谢忱。期望通过本文能促进中国“源外”油气藏的研究和勘探。

参考文献 (References)

- Schowalter T T. Mechanics of secondary hydrocarbon migration and entrapment [J]. AAPG Bulletin, 1979, 63: 723-760
- Nakayamak K, VanSiclen D C. Simulation for petroleum exploration [J]. AAPG Bulletin, 1981, 65: 1230-1255
- Tissot B P, Pelet R, Ungerer P. Thermal history of sedimentary basins, maturation indices, and kinetics of oil and gas generation [J]. AAPG Bulletin, 1987, 71: 1445-1466
- Dembicki H Jr, Anderson M J. Secondary migration of oil: experiments supporting efficient movement of separate buoyant oil phase along limited conduits [J]. AAPG Bulletin, 1989, 73: 1018-1021
- Ungerer P, Burrus J, Doligez B. Basin evaluation by integrate two dimensional modeling of heat transfer fluid flow hydrocarbon generation and migration [J]. AAPG Bulletin, 1990, 74: 309-335
- Sweeney J J, Burnham A K. Evaluation of a simple model of vitrinite reflectance based on chemical kinetics [J]. AAPG Bulletin, 1990, 74: 1559-1570
- Pollack H N, Hurter S J, Johnson J R. Heat flow from the earth's interior: analysis of the global dataset [J]. Review of Geophysics, 1993, 31: 267-280
- Hmidle A D. Petroleum migration pathways and change concentration: a 3-dimensional model [J]. AAPG Bulletin, 1997, 81: 1451-1481
- 李明诚. 石油与天然气运移研究综述 [J]. 石油勘探与开发, 2000, 27(4): 1-10 [Li Mingcheng. An overview of hydrocarbon migration research [J]. Petroleum Exploration and Development, 2000, 27(4): 1-10]
- 李明诚. 对油气运聚研究中一些概念的再思考 [J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(2): 13-16 [Li Mingcheng. Reconsideration on some concepts in research of hydrocarbon migration and accumulation [J]. Petroleum Exploration and Development, 2002, 29(2): 13-16]
- 罗晓容. 油气运聚动力学研究进展及存在问题 [J]. 天然气地球科学, 2003, 14(5): 337-346 [Luo Xiaorong. Review of hydrocarbon migration and accumulation dynamics [J]. Natural Gas Geoscience, 2003, 14(5): 337-346]
- 华保钦, 林锡祥, 杨小梅. 天然气二次运移和聚集研究 [J]. 天然气地球科学, 1994, 5(4): 1-31 [Hua Baoqin, Lin Xixiang, Yang Xiaomei. The research second migration and accumulation of natural gas [J]. Natural Gas Geoscience, 1994, 5(4): 1-31]
- 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 [Hao Fang, Zou Huayao, Jiang Jianqun. Dynamics of petroleum accumulation and its advances [J]. Earth Science Frontiers, 2000, 7(3): 11-21]

- 14 庞雄奇,金之钧,姜振学. 油气成藏定量模式[M]. 北京:石油工业出版社,2003: 123-145 [Pang Xiongqi, Jin Zhijun, Jiang Zhenxue. Quantitative Models of Hydrocarbon Accumulation[M]. Beijing: Petroleum Industry Press 2003: 123-145]
- 15 李明诚. 油气运移基础理论与油气勘探[J]. 地球科学,2004,29(4): 379-383 [Li Mingcheng. Basic principles of migration and hydrocarbon exploration[J]. Earth Sciences,2004,29(4): 379-383]
- 16 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 [Zeng Jianhui, Jin Zhijun. Oil and Gas Secondary Migration and Accumulation Physical Model[M]. Beijing: Petroleum Industry Press 2000: 207-210]
- 17 胡超元. “源控论”适用范围量化分析[J]. 天然气工业,2005,25(10): 1-8 [Hu Chaoyun. Research on the application extent of “Source control theory” by semi-quantitative statistics characteristics of oil and gas migration distance[J]. Natural Gas Industry,2005,25(10): 1-8]
- 18 向才富,夏斌,解习农,等. 松辽盆地西部斜坡带油气运移主导通道分析[J]. 石油与天然气地质,2004,25(2): 204-208 [Xiang Caifu, Xia Bin, Xie Xinong, et al. The main hydrocarbon migration pathway systems case study on the west zone of the Songliao Basin[J]. Oil and Gas Geology,2004,25(2): 204-208]
- 19 邹才能,王兆云,徐冠军. 松辽盆地西斜坡稠油特征及成因[J]. 沉积学报,2004,22(4): 700-706 [Zou Caineng, Wang Zhaoyun, Xu Guanjun. Characteristics and genesis of the western slope thick oils in Songliao Basin [J]. Acta Sedimentologica Sinica,2004,22(4): 700-706]
- 20 王永春. 松辽盆地南部岩性油气藏的形成和分布[M]. 北京:石油工业出版社,2001: 120-124 [Wang Yongchun. Formation and Distribution of Lithologic Oil Pools in Southern Songliao Basin [M]. Beijing: Petroleum Industry Press,2001: 1-125]
- 21 侯启军,蒙启安,张革. 松辽盆地齐家—古龙地区扶杨油层流体包裹体特征[J]. 石油勘探与开发,2004,31(4): 48-51 [Hou Qijun, Meng Qi'an, Zhang Ge. Characters of fluid inclusions in the Fuyang reservoir, Qijia-Gulong area, Songliao Basin [J]. Petroleum Exploration and Development,2004,31(4): 48-51]
- 22 闫建萍,刘池洋,郭桂红. 松辽盆地扶杨油层油气成藏期次和时限确定[J]. 兰州大学学报:自然科学版,2008,44(5): 26-29 [Yan Jianping; Liu Chiyang, Guo Guihong. Determination of oil/gas entrapment stage and time in Fuyang reservoir of Songliao Basin [J]. Journal of Lanzhou University: Natural Sciences,2008,44(5): 26-29]
- 23 刘宝柱,孙万军,陈少军,等. 松辽盆地南部中浅层油气藏的成藏史[J]. 现代地质,2003,17(1): 87-91 [Liu Baozhu, Sun Wan-jun, Cheng Shaojun, et al. The history of petroleum accumulation in the south of the Songliao basin [J]. Geoscience,2003,17(1): 87-91]
- 24 向才富,冯志强,吴河勇,等. 松辽盆地西部斜坡带油气运移的动力因素探讨[J]. 沉积学报,2005,23(4): 719-725 [Xiang Caifu, Feng Zhiqiang, Wu Heyong, et al. Discussion on the dynamic factors controlling hydrocarbon migration from depression to west slope zone of the Songliao Basin, Northeast China [J]. Acta Sedimentologica Sinica,2005,23(4): 719-725]

Expressway of Hydrocarbon Migration and the Thought to Find the Reservoirs beyond the Region of Source Rock

PAN Shu-xin^{1,2} WEI Ping-sheng² YUAN Jian-ying² WANG Tian-qi² WANG Jian-gong²
ZHAO Zhi-kui³ ZHAO Zhan-ying³ WANG Li-xian³ LEI Ming²

(1. Sedimentary Institute of Chengdu University of Technology, Chengdu 610059;

2. Research Institute of Petroleum Exploration & Development-Northwest (NWGI), PetroChina, Lanzhou 730020;

3. Jilin Oilfield, CNPC, Songyuan Jilin 138001)

Abstract According to source control theory, most reservoirs lie in ambient region of source rock. The kernel content of "Source Control Theory" is that oil & gas migration distance is short. Most of them distribute between 20 km and 30 km. The west slope in the Songliao basin is outside of source rock distribution. However, several oilfield have been found in the west slope, such as Fulaerji, Pingyang, Taobao, Tumuji and so on. A large channel is found in the west slope and this research shows that this channel control distribution of Baicheng & Honggang river system. The channel and its river system is the most effective migration way for the reservoirs in the west slope. The wells in this channel all have good signs oil migration. The regional cap formed by the lacustrine shale in Nen I and II members, sandstone of high porosity and high permeability in the channel, and single slanted slope provide the geologic conditions for the hydrocarbon generated in Changelin Sag to migrate towards the west slope the channel and its river is a kind of expressway of hydrocarbon migration. Therefore, it is possible that explorer may seek reservoirs alone expressway beyond the region of source rock.

Key words source control theory; fluvial channels; expressway of hydrocarbon migration; reservoirs beyond reservoir; Songliao Basin