

长岭地区东北部拗陷层油气成藏特征及储层预测

匡朝阳^{1,2}, 高锐¹, 史海英³, 贺日政¹

(1. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037;

2. 中国石油化工股份有限公司华东分公司处理解释中心, 南京 210007;

3. 中国石油化工股份有限公司华东分公司规划研究院, 南京 210007)

摘要 本文从长岭凹陷隐蔽油气藏勘探实际出发, 以分析该区的油气地质条件、控砂主导因素及油气成藏规律为主线, 利用钻井、地震等资料通过地震属性分析、测井约束反演等方法对该区进行了储层预测, 寻找有利的储层分布范围, 研究砂体在空间展布特征, 掌握砂体与断层的配置关系、砂体的尖灭情况, 进而识别不同类型隐蔽型圈闭。指出该区隐蔽油气藏主要有三种成藏类型, 即构造-岩性复合型、砂岩上倾尖灭型、砂岩透镜体型。远物源缓坡河流-三角洲沉积体系控制该区砂体分布, 使得油气富集成藏规律主要表现为多层位含油, 各个砂组交互发育; 单个油藏面积小, 在平面上具有多套砂体形成迭合连片的特征。主要目的层, 如青一、二段砂体, 以三角洲前缘分支河道发育为主, 河道走向北东向, 研究区内的断层走向近南东-北西向, 与砂体走向垂直。这种断层与砂体配置关系, 易形成构造-岩性复合圈闭。

关键词 长岭凹陷, 拗陷层, 隐蔽油气藏

中图分类号 P631

文献标识码 A

文章编号 1004-2903(2008)03-0808-06

Accumulation characteristics of oil-gas under north-eastern depression in Changlin area and reservoir prevision

KUANG Zhao-yang^{1,2}, GAO Rui¹, SHI Hai-ying³, HE Ri-zheng¹

(1. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China;*

2. *Data-Processing & Interpretation Center, Hua Dong Petroleum Bureau,*

China Petroleum & Chemical Corporation, Nanjing 210007, China; 3. *The Academy of Programming,*

Hua Dong Petroleum Bureau, China Petroleum & Chemical Corporation, Nanjing 210007, China)

Abstract As the south part of Songliao Basin, Changlin depression have abundant resource of oil and gas. At present, Changlin depression have already been developed. The depression have many layers of oil and gas accumulation, which have many different types of accumulations. It is those good geological conditions that was favourable to development of complex accumulation of oil and gas. This paper will report the development regularity of oil and gas accumulation in Changlin Depression, and analyze log and seismic data by seismic attribution and log-restrict inversion to forecast reservoir in the depression, in order to find distribution characteristic of advantageous reservoir and sandstone bodies, and to understand the relationship between sandstone body and faults, vanished character of sandstone body and identify the closure of lithological character. The results show that, characteristic of oil and gas accumulation mainly have three types of closure, such as complex structure-lithological closure, upper-dip tail-out closure of sandstone body and len closure of sandstone body. The development regularity of oil and gas accumulation mainly is multi-layer of oil and gas and mutual effect of those sandstone groups. And, single accumulation have too small area, but widely distributed as sheet in the horizontal plane. Multi-sandstone-body in the accumulation have vertical connexity. The main objective-layer, such as sandstone layers in Qing-I and Qing-II formation, have main characteristic of delta-

收稿日期 2007-11-10; 修回日期 2008-01-20.

基金项目 国家自然科学基金项目(40334035, 40404011, 40774051)、科技部国际合作项目(2006DFA21340)和中国地质科学院地质所基本科研业务费 2007 年度专项经费联合资助。

作者简介 匡朝阳, 男, 1967 年生, 高级工程师, 现主要从事地震数据处理和解释研究。(E-mail: kzy88@126.com).

通讯作者 贺日政, 男, 1973 年生, 主要从事青藏高原深部结构与构造研究和地震数据处理、解释研究。(E-mail: herizheng@cags.net.cn)

front watercourse, which is north-eastern trend. And, faults in this area have nearly south-eastern to north-western strike, which is perpendicular to those sandstone bodies. Those relationship easily result in the development of the complex closure of structure-lithology.

Keywords Changling depression, depression layer, subtle reservoir of oil and gas

0 引言

随着勘探的不断深入,寻找隐蔽油气藏圈闭已成为当今找油的一种新途径。在松辽盆地经过多年的勘探研究表明,位于盆地南部的长岭凹陷缺乏大型构造带,拗陷层构造不很发育,局部构造类型以低幅构造居多。但长岭凹陷内所发育的一系列走向近南北的断层与分支河道近垂直,这种断层与砂体配置关系,使得大面积的含油砂岩^[1]易形成砂体长轴方向靠断层封闭、短轴方向靠自身尖灭的油气藏。即构造-岩性、断层-岩性隐蔽油气藏^[2]。在油区内,目前基本实现了三维地震覆盖,油田也初具规模。因而,长岭地区被认为是实现战略展开的重点地区。

在总结前人成功经验基础之上,更新找油思路,打破构造控油模式,探索出一套针对长岭地区岩性-构造复合油气藏的勘探技术,获得了较好的油气突破。该区沉积微相研究表明:大情字—腰英台一带在青一段和青二段沉积时期处于三角洲前缘沉积环境,以西南方向保康沉积体系为主的三角洲前缘砂体经本区延伸到生油凹陷中心^[3]。其内部,在砂体与砂体之间发育的稳定暗色泥岩,其既为烃源岩,又为良好的盖层。因此,该地区具有良好的生、储、盖组合条件。具备形成隐蔽型油气藏的条件。

最近几年,长岭地区腰英台油田的勘探^[4]证实了隐蔽油气藏圈闭存在巨大的勘探潜力。由于该地区主要的油藏类型是构造-岩性复合油气藏,因此开展有利储层预测与评价,揭示油气在地下的赋存状态,是目前研究之重点。本文目的是研究该区的油气成藏规律、利用多种资料通过地震属性分析、测井约束反演等方法^[5~9]预测对该区内的储层,寻找有利的储层分布范围,研究其内部的砂体空间展布特征,掌握砂体与断层的配置关系、砂体的尖灭情况,识别构造-岩性圈闭^[10]。

1 区内油气地质条件

1.1 区域构造特征

长岭凹陷是松辽盆地南部中央坳陷区的大型凹陷。长岭凹陷东部为东南隆起区,南与西南隆起区毗邻,西为西部斜坡区,呈三面隆起向北延伸的“U”型

凹陷(图1),由大情字—腰英台低伏隆起带将长岭凹陷分为两个次级洼陷,即乾安次级洼陷、黑帝庙次级洼陷^[3]。北部的乾安次级洼陷在青山口期至嫩江末期一直是沉降中心。而在长岭凹陷南部,受晚白垩纪明水组末期的构造运动控制,形成了黑帝庙次级洼陷。在新生代,长岭凹陷内的大情字低幅隆起的长期发育控制了该地区的沉积演化^[11],而且该区长期发育在盆地沉积、沉降轴线上,地层发育齐全。而东北部的腰英台和北部的大情字井地区所处独特的沉积、构造部位,易形成岩性-构造复合型隐蔽油气藏。

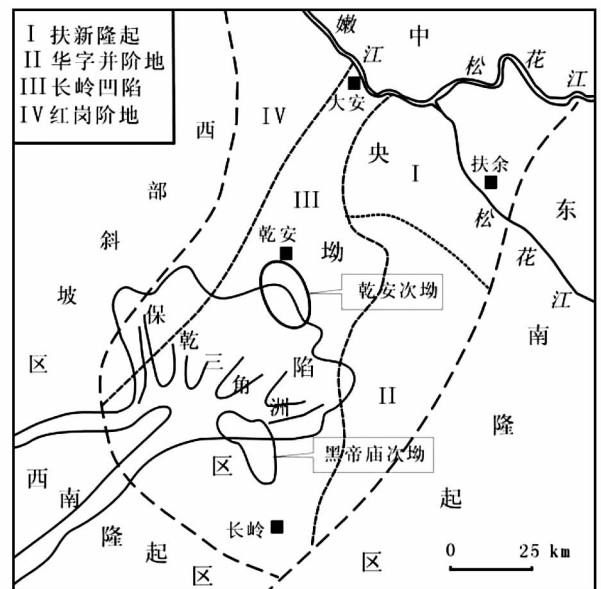


图1 大情字—腰英台地区构造及沉积相带位置示意图^[3]

Fig. 1 Tectonic and the location of sedimental faces^[3]

1.2 隐蔽油气藏形成的沉积背景

长岭凹陷经历了两次大的湖水扩张—兴盛—衰退演变史。青山口组至姚家组早期,西南保康—通榆水系和东南怀德水系携带大量碎屑物质进入本区沉积了一套河流—三角洲砂岩体。其中青山口组一、二段沉积时期,多次振荡性的水进和水退,尤其在青山口组一段沉积末期和青山口组二段沉积早期,大情字井至腰英台及以北地区处于半深湖环境。至姚家组沉积晚期湖盆开始第二次扩张,嫩江组一段、嫩江组二段沉积时期,湖盆进入第二次兴盛期,此时,湖

盆范围最大,之后逐渐退缩.这两次大的湖水扩张一兴盛期,沉积了青山口组、嫩江组两套半深湖—深湖相的暗色泥岩将全区覆盖,此暗色泥岩既是生油岩,又是良好的区域盖层.

区域沉积研究表明,青山口组沉积时期,长岭拗陷东北部大情字井至腰英台一带为东北倾的斜坡.在青一段和青二段沉积时期,处于三角洲前缘沉积环境,以西南方向为主的三角洲前缘砂体分支河道经本区延伸到生油拗陷中心,该区距物源区越远,储层的厚度越薄,单砂层厚度均不超过6 m,砂体自西南向东北在长岭拗陷东北部减薄,甚至尖灭,钻井剖面上表现为大套泥岩夹砂岩的特征;砂体之间的连通性变差,物性也变差,这样的沉积作用是控制该区砂体发育的主导因素,从而为形成隐蔽圈闭奠定了岩相基础.

1.3 储层特征

在青山口组沉积期,长岭地区处于滨浅湖相、三角洲前缘相^[3].因此,砂岩不是很发育,砂地比约20%,岩性油藏、岩性构造叠加油藏为其成藏特征.地层在此时期的纵向发育特征,决定了该区发育四套有利的成藏组合,即泉头组顶部上生下储成藏组合、青一和青二段自生自储成藏组合、青三段下生上储成藏组合和姚家组上生下储成藏组合.

储层岩性以粉砂岩为主,少量泥质粉砂岩和细砂岩.单层砂岩厚度大致为1~5 m,孔隙度在15%~19.8%,而渗透率在 $0.05\sim 10.8\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$.主要粒径一般为0.03~0.25 mm,颗粒分选中等,磨圆度为次棱角状.砂岩结构以粗粉砂状—细砂状结构为主.薄片鉴定分析表明,砂岩的矿物成分主要由石英、长石、岩屑组成.其中石英含量一般为30%~42%,长石含量一般为32%~45%,岩屑含量一般为20%~34%,为岩屑质长石砂岩.显然在该区内的储层岩中,石英含量偏低而岩屑含量偏高.目的层胶结物以灰质和泥质为主,含少量硅质.灰质以方解石为主,其含量在2%~15%,最高可达35%.泥质含量一般为5%~20%.硅质主要以石英次生加大边和粒间自形晶体两种形式存在,含量在1%~3%,胶结类型以孔隙式和孔隙—再生式胶结为主,储集岩主要发育原生孔隙和次生孔隙^[7],局部以次生孔隙为主.

1.4 烃源岩条件

松辽盆地拗陷阶段发生了二次大规模水进事件,形成了青山口组和嫩江组二套烃源岩.拗陷阶段构造稳定,湖盆面积大、水体深.此阶段形成的烃源

岩具有面积广、分布稳定、品质优和生烃潜力大等特点.勘探研究表明:长岭拗陷主力烃源岩分布在乾安拗陷,明确了青一、二段是区内拗陷层系的主力烃源岩,邻区已先后发现了多个油气田,与这些油气田具相似油气地质条件的长岭地区,紧邻生烃中心,是拗陷层最有利的勘探目标区块.

青山口组沉积时期,长岭拗陷为东北倾斜的斜坡.在青一段和青二段沉积时期,该区大情字—腰英台一带的东北部处于深湖、半深湖相沉积环境,广泛发育了较厚的暗色泥岩,有机质丰度高.其中,青一段暗色泥岩夹油页岩厚度在25~80 m,有机碳含量为1.967%,氯仿沥青含量为0.355%;青二、三段暗色泥岩厚度在40~160 m,有机碳含量在0.5%~1.4%,氯仿沥青含量在0.01%~0.2%.这表明,长岭拗陷内存在良好的烃源岩.

2 油气成藏特征

中、新生代以来,该区长期发育在盆地沉积、沉降轴线上,地层发育齐全,长期发育的大情字井低伏古隆起控制了该地区的沉积演化和构造演化^[11].侏罗纪末期构造运动使本区深层断陷层构造定型,嫩江组末期构造运动使本区浅层低幅度构造群具雏形,白垩纪明水组末期的构造运动使全区构造反转最后定型.这次的构造反转改变了原来沉积砂体的倾向,导致沿大情字—腰英台一带,及其以东、北东和北西向的前缘砂体由下倾而转为上倾,形成砂岩上倾尖灭圈闭而富集油气.同时这一地区一系列走向近南北断层与分支河道近垂直,这种断层与砂体配置关系,易形成砂体长轴方向靠断层封闭、短轴方向靠自身尖灭的构造—隐蔽油气藏^[2].这样,该带具备隐蔽圈闭形成的沉积、构造背景,易形成砂岩上倾尖灭、透镜状、断层—岩性复合型等多种多样的隐蔽

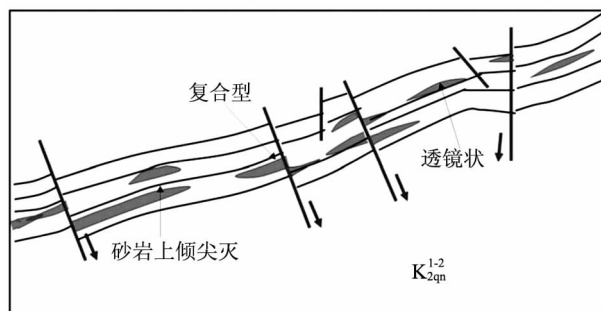


图2 长岭拗陷东北部 $K_{2qn}1-2$ 组隐蔽油气藏成藏模式图
Fig. 2 Model of oil-gas Accumulation in $K_{2qn}1-2$ formation of North-eastern Changling depression

类型油气藏.最近数年的精细石油勘探成果显示,长岭地区油气的富集主要有三种形式(图 2):构造—岩性复合型圈闭富集油气;砂岩上倾尖灭型圈闭富集油气;砂岩透镜体型圈闭富集油气.

3 储层预测

储层预测以腰英台三维地震工区为例,在岩性—构造复合油气藏勘探思路的指导下,应用区域地质资料、录井资料、测井资料、实验分析资料及地震资料进行储层研究与预测,识别砂体的发育分布状况,预测储集岩的空间展布形态,结合构造情况,落实岩性构造复合圈闭,为下一步的勘探工作提供依据.

3.1 沉积特征

通过对目的层段青山口组各砂组进行沉积相分析,表明:青一段和青二段中下部剖面上呈下粗上细的正旋回,属三角洲前缘亚相.微相主要发育水下分流河道、河口坝、分流间湾和浅湖相(图 3),至青二段上部逐渐演变为洪泛平原、曲流河沉积^[12].水下分流河道、河口坝、曲流砂坝以粉砂岩为主,底部为细砂岩.青山口组三段下部为一套三角洲平原相沉积,微相主要发育有分流河道、河口坝、分流间湾,岩性以粉砂岩为主.

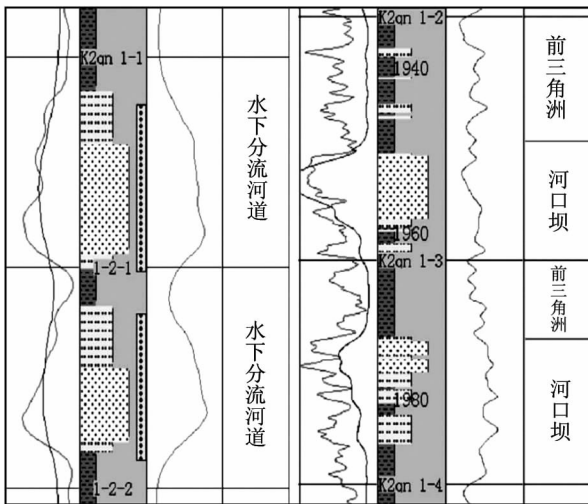


图 3 DB31 井与 DB17 井青一段各砂层沉积微相分析图

Fig. 3 Sedimental face analysis of sandstone

layer in segment of Well DB31 and DB17

3.2 有利储层预测

通过构造的精细解释、沉积微相和地震反演、特殊处理储层预测等^[5~9,13]综合研究,反映出该地区

拗陷层局部构造不很发育(图 4),圈闭以岩性、岩性—构造复合圈闭^[14]为主.青山口组沉积时期,本区处于三角洲前缘相,主要目的层青一、二段砂体以三角洲前缘分支河道^[3]发育为主,河道走向北东向.砂体在该地区向北、向东减薄、尖灭,纵向上表现为大套泥岩夹砂岩.明末运动东部地层抬升,形成砂体长轴方向尖灭或靠断层封闭、短轴方向靠自身尖灭的岩性、构造—岩性油气藏.凹陷内的主要储层详细特征如下:

(1)青一段 该段以青一 II 油层为主,为本区主力油层,分布在大情字、腰西和腰英台地区,储层发育,最接近油源.大情字、腰西区块储层以水下分流河道沉积为主,储层物性较好,该区砂体较薄,单砂体厚度 1~5 m,横向连通性差,微幅断鼻构造可以形成有效圈闭.腰英台区块储层以河口坝为主,储层变细,物性变差,构造背景下的储层分布对油气分布起主要控制作用.

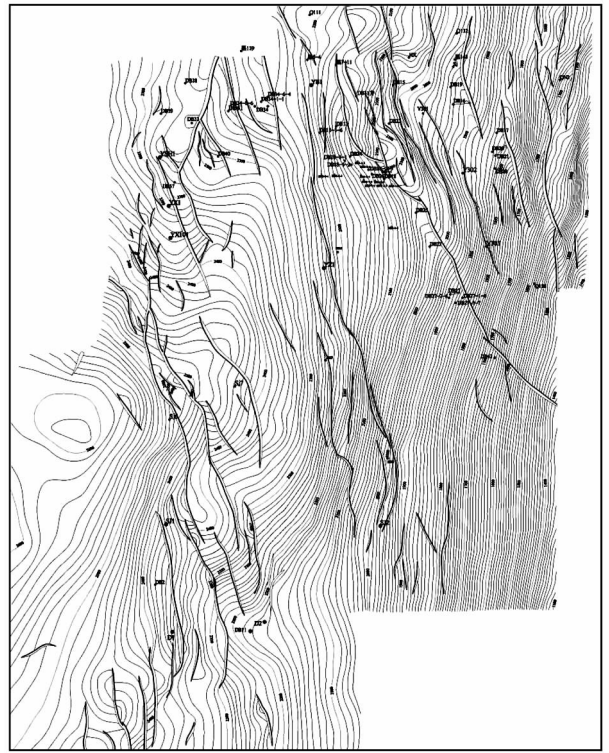


图 4 腰英台地区青山口组一段顶面(T_1^3)构造

Fig. 4 The top structure of Qingshankou Group

in Yaoyintai area

(2)青二段 以青二 V、青二 IV 和青二 III 油组为主,青二 V 油层只分布在腰西区块,腰西青二 V 油组为以水下分流河道沉积,储层发育,而腰英台区

块为滨浅湖沉积,储层不发育;青二 IV 油层分布在腰西区块、腰英台区块,以上区块的青二 IV 油组均以水下分流河道和河口坝沉积为主,储层有利,均成藏;青二 III 油层只分布在腰英台区块,腰英台区块青二 III 油组为曲流河沉积,为油气有利聚集区,而腰西区块青二 III 油组为泛滥平原沉积,不具备储集条件。

4 结 论

综上所述,青山口组属松辽盆地南部的保康沉积体系,位于盆地西南端,水系自西南流向东北与盆地长轴斜交,基底坡度较缓,流域长,为远物源缓坡河流-三角洲沉积体系,是控制砂岩分布的主控因素。一方面,由于湖水进退频繁,湖岸线摆动幅度较大,致使不同地区、不同层位砂体类型、分布特征差异较大。具体来讲,可以分为泉四段的河流相沉积、青一段的湖相沉积及青二段的河湖交互沉积体系,砂、泥岩叠置关系复杂,横向连通性差,易形成砂岩上倾尖灭、透镜状圈闭;另一方面,该区总体格局是一个区域上向东抬起的单斜,当砂体展布方向与地层走向斜交或垂直时,易形成断层-岩性复合型圈闭。

油藏特征在纵向上具多套含油层系,其含油层段长,油层主要分布于青二段的中下部 III、IV、V 砂组,青山口组一段 II、III、IV 砂组中,其中主力油层青二 III、IV 段砂组和青一段 II 砂组,其油层厚度较厚。横向上具有多套砂体形成迭合含油连片的特征,砂体横向厚度稳定,腰英台区块主要为构造-岩性油藏,腰西区块油藏以岩性-构造油藏为主,不受局部构造高点控制,为典型隐蔽型岩性油藏。因此,该区具备隐蔽圈闭形成的沉积、构造背景,易形成砂岩上倾尖灭、透镜状、断层-岩性复合型等多种多样的隐蔽类型油气藏。

参 考 文 献 (References):

[1] 牛嘉玉,王玉满,谯汉生. 中国东部老油区深层油气勘探潜力分析[J]. 中国石油勘探, 2004, 9(1): 33~40.
Niu J Y, Wang Y M, Qiao H S. Analysis of potential for oil and gas exploration of deep formations in old oil areas in East China[J]. China Petroleum Exploration, 2004, 9(1): 33~40.

[2] 牛嘉玉,李秋芬,鲁卫华,等. 关于“隐蔽油气藏”概念的若干思考[J]. 石油学报, 2005, 26(2): 122~126.
Niu J Y, Li Q F, Lu W H, et al. Discussion on proposition and definition of subtle oil-gas reservoir[J]. Acta Petrolei Sinica, 2005, 26(2): 122~126.

[3] 李建忠,杨涛,王立武,等. 松辽南部大情字井地区断裂构造特

征及其控油作用. 石油勘探与开发, 2004, 31(1): 18~20.

Li J Z, Yang T, Wang L W, et al. The fault structure and its controlling role to hydrocarbon accumulation in Daqingzijing area, Southern Songliao Basin[J]. Petroleum exploration and development, 2004, 31(1): 18~20.

[4] 杨立英,李瑞磊,张江涛,等. 松辽盆地南部十屋断陷构造特征研究[J]. 地球物理学进展, 2005, 20(3): 775~779.
Yang L Y, Li R L, Zhang J T, et al. Study of structure character with seismic data in Shiwu Fault Depression in south of Songliao basin[J]. Progress in Geophysics (in Chinese), 2005, 20(3): 775~779.

[5] 李明 侯连华 邹才能,等. 岩性地层油气藏地球物理勘探技术与应用[M]. 北京:石油工业出版社. 2005.
LI Ming, HOU Lian-hua, ZOU Cai-neng et al., Geophysical prospect technique of Lithological-formation accumulation of oil-gas and application [M]. Beijing, Petroleum Industry Press, 2005.

[6] 王锡文,秦广胜,刘向东,等. 叠前偏移技术在中原复杂断块区的应用[J]. 地球物理学进展, 2005, 20(4): 1092~1098.
Wang X W, Qin G S, Liu X D, et al. The application of pre-stack migration technique in complex Fault-blocks of Zhongyuan oilfield[J]. Progress in Geophysics (in Chinese), 2005, 20(4): 1092~1098.

[7] 樊卫花,杨长春,孙传文,刘文卿. 三维地震资料叠前时间偏移应用研究[J]. 地球物理学进展, 2007, 22(3): 836~842.
Fan W H, Yang C C, Sun C W, Liu W Q. Application of pre-stack time migration for three dimensional seismic data[J]. Progress in Geophysics (in Chinese), 2007, 22(3): 836~842.

[8] 苑书金. 叠前地震反演技术的进展及其在岩性油气藏勘探中的应用[J]. 地球物理学进展, 2007, 22(3): 879~886.
Yuan S J. Progress of pre-stack inversion and application in exploration of the lithological reservoirs[J]. Progress in Geophysics (in Chinese), 2007, 22(3): 879~886.

[9] 胡艳飞,于平,孔庆莹等. 松辽盆地北安地区断陷期构造特征的地震学证据及其油气意义[J]. 地球物理学进展, 2007, 22(5): 1455~1459.
Hu Y F, Yu P, Kong Q Y, Wang S Y. Seismic evidence of faulted tectonic features and its petroleum significance in area of Beian of Songliao Basin[J]. Progress in Geophysics (in Chinese), 2007, 22(5): 1455~1459.

[10] 刘震,赵政璋,赵阳,等. 含油气盆地岩性油气藏的形成和分布特征[J]. 石油学报, 2006, 27(1): 17~23.
LIU Zhen, ZHAO Zheng-zhang, ZHAO Yang etc., Predominant characteristics of formation and distribution for lithologic reservoirs in petroliferous basin[J]. Acta Petrolei Sinica, 2006, 27(1): 17~23.

[11] 程裕淇. 中国区域地质概论[M]. 北京:地质出版社, 1994, 461~465.
CHENG Yu-qi, Conspectus of Chinese regional geology[M]. Beijing: Geological Publishing House, 1994. 461~465.

[12] 刘宝柱,魏志平,唐振兴. 大情字井地区低孔、低渗型岩性油藏成因探讨[J]. 特种油气藏, 2004, 11(1): 24~27.

LIU Bao-zhu, WEI Zhi-ping, TANG Zhen-xing. Genesis study of low porosity, low permeability, lithologic reservoirs in Daqingzijing area[J]. Special oil and gas reservoirs, 2004, 11 (1): 24~27.

[13] 王西文,刘全新,吕焕通,等. 储集层预测技术在岩性油气藏勘探开发中的应用[J]. 石油勘探与开发, 2006, 33(2):189~193.

WANG Xi-wen, LIU Quan-xin, LU Huan-tong, etc. Application of reservoir prediction technique in the exploration and

development of lithologic oil-gas reservoirs[J]. Petroleum exploration and development, 2006, 33(2):189~193.

[14] 蔡先华,谭胜章. 松辽盆地南部长岭断陷火成岩分布及成藏规律[J]. 石油物探, 2002, 41(3):363~366.

CAI Xian-hua and TAN Sheng-zhang. Pattern of igneous rock distribution and hydrocarbon accumulation in changling fault depression of the south part of Songliao Basin[J]. Geophysical Prospecting for petroleum, 2002, 41(3):363~366.

查阅本刊网站获取详细信息
(<http://www.progeophys.cn>)

欢迎订阅《地球物理学进展》

2008年《地球物理学进展》为双月刊,每年6期,每期定价35元,全年定价为210元。

订刊联系方式

(1) 本刊编辑部(邮局汇款与单位电汇均可)

汇款地址 100029 北京市 9825 信箱《地球物理学进展》编辑部

电话传真 010-82998113, 010-82998105, 010-62369620

联系人 刘少华

电子邮件 shliu@cgs.org.cn, geophys@163.com

网 站 <http://www.progeophys.cn>

开户行 中国农业银行北京建德支行 账 号 190901040000456

收款单位 中国科学院地质与地球物理研究所

(务必在注释行写上:购《地球物理学进展》款,同时写上您的姓名和联系地址)

(2) 天津全国非邮发联合证订服务部

邮编地址 300385 天津市大寺泉集北里别墅 17 号

电话传真 022-23973378, 022-23962479

网 址 <http://www.LHZD.com>

E - mail LHZD@public.tpt.tj.cn