

松辽盆地朝长地区葡萄花油层成藏模式及控制因素

常艳^{1,2},刘大锰¹

[1. 中国地质大学(北京)能源学院,北京100083; 2. 中国地质图书馆,北京100083]

摘要:针对松辽盆地朝长地区葡萄花油层油气成藏模式及主控因素不清的难题,利用烃源岩评价、油源对比、疏导体系、油水关系、油藏类型以及油藏控制因素分析等技术方法,对葡萄花油层油气来源、成藏特征、主控因素和成藏模式进行了研究。结果表明:研究区内葡萄花油层原油主要来自西部的三肇凹陷和东部朝阳沟阶地局部地区青一段,还有一部分来自下伏扶杨油层;区内断裂可以分为油源断裂、疏导断裂和封闭断裂,其中疏导断裂在研究区中广泛分布;西北砂体主要为内前缘河道砂,东南部主要为外前缘席状砂,西北部砂体的储集性和物性好于东南部。综合分析认为,研究区油气成藏主要受烃源岩、油源断裂和砂体共同控制,成藏模式主要有“近源成藏”模式和“上倾成藏”模式两种。对朝长地区葡萄花油层油气成藏富集规律的研究,对下一步葡萄花油层确定勘探目标和储量预测具有指导意义。

关键词:断裂;砂体;成藏模式;葡萄花油层;朝长地区;松辽盆地

中图分类号:TE122.1

文献标识码:A

Hydrocarbon accumulation patterns and their controlling factors of Putaohua reservoirs in Chaochang area, Songliao Basin

Chang Yan^{1,2}, Liu Dameng¹

[1. School of Energy Resources, China University of Geosciences (Beijing), Beijing 100083, China;

2. National Geological Library of China, Beijing 100083, China]

Abstract: To answer the questions concerning the hydrocarbon accumulation patterns and main controlling factors of Putaohua reservoirs in Chaochang area, Songliao Basin, we studied the hydrocarbon sources, accumulation features, main controlling factors as well as accumulation patterns of the reservoirs through source rock assessment, crude-source correlation, analyses of conduit systems, oil-water contact, and controlling factors of accumulation, and reservoir type identification. The results show that crude in the reservoirs are mostly from the first member of the Qingshankou Formation in Sanzhao sag in the west and Chaoyanggou terrace in the east. The underlying Fuyang oil-bearing layer also made some contribution. Faults in the area can be classified into three types: source rock-rooted faults, carrier faults and sealing faults, among which, the carrier faults dominate the area. Sandbodies are largely inner front channel sands in the northwest part, and outer front sheet sands in the southeast part, with the former having better storage capacity and physical properties than the latter. A comprehensive analysis comes to a conclusion that hydrocarbon accumulation in the area was generally controlled by source rocks, source rock-rooted faults and sandbodies. There are mainly two types of accumulation pattern: near-source accumulation and updip accumulation. The study is meaningful in term of guiding the identification of future exploration targets and reserve estimation in Chaochang area.

Key words: fault, sandbody, accumulation pattern, Putaohua reservoir, Chaochang area, Songliao Basin

松辽盆地朝长(朝阳沟—长春岭)地区地理上位于黑龙江省肇源、肇州和肇东三(市)县相接壤的部位,西部与肇州、肇源油田相连,北部与榆树林油田相邻^[1-3]。本次研究区主体在朝阳沟阶地上,还包括三

肇凹陷南部区域,勘探面积1 450 km²。

近年来朝长地区评价重点层位为扶余油层^[4-5],但随着油气不断开发,扶余油层未动用储量逐年降低,油田面临后备储量严重不足的问题。同时,在评价过

收稿日期:2016-03-10;修订日期:2017-08-20。

第一作者简介:常艳(1982—),女,博士、工程师,油气地质。E-mail:84321818@qq.com。

基金项目:大庆油田有限责任公司科技项目(DQYT-0510003-2011-JS-331)。

程中,三肇凹陷向朝阳沟阶地过渡的斜坡区、榆东—太平川地区,在葡萄花油层钻井及试油过程中发现了较好的含油显示,肇41井、肇18-1井和树38井等探评井试油获得工业油流,证明葡萄花油层具有进一步开展研究和评价的必要性。葡萄花油层并非主力油层,资料少,前人研究程度低^[6],因此开展葡萄花油层油气运聚规律和成藏控制因素研究,对进一步开展储量评价工作具有重要的意义。

1 区域地质概况

朝长地区构造上位于松辽盆地北部中央坳陷区朝阳沟阶地及长春岭背斜带上,横跨朝阳沟阶地及长春岭背斜2个二级构造单元^[7-9]。区内主要构造单元为

三肇凹陷、朝阳沟阶地和长春岭背斜(图1),包括尚家、树25、太平川、平川南、朝阳沟、丰乐、丰乐南、肇源南、榆西、以及朝86等10个地震区块。评价区块总体上呈现出东南高、西北低的构造格局,构造最高点位于长春岭背斜带的长72井附近。

朝长地区自上而下发育有第四系,上白垩统嫩江组、姚家组、青山口组,下白垩统泉头组、登娄库组,侏罗系和基底地层^[1,10-11]。本区缺失第三系及白垩系上白垩统明水组、四方台组及嫩江组嫩四五段。主要开发目的层为姚一段葡萄花油层,厚度为30~34 m;泉三段中、上部—泉四段的扶余油层,厚度为193~287 m;泉三段下部杨大城子油层,厚度为320~360 m。

松辽盆地经历了断陷—坳陷—反转3大发展阶段,盆地具有下裂、上坳的双重结构。在发育过程中具

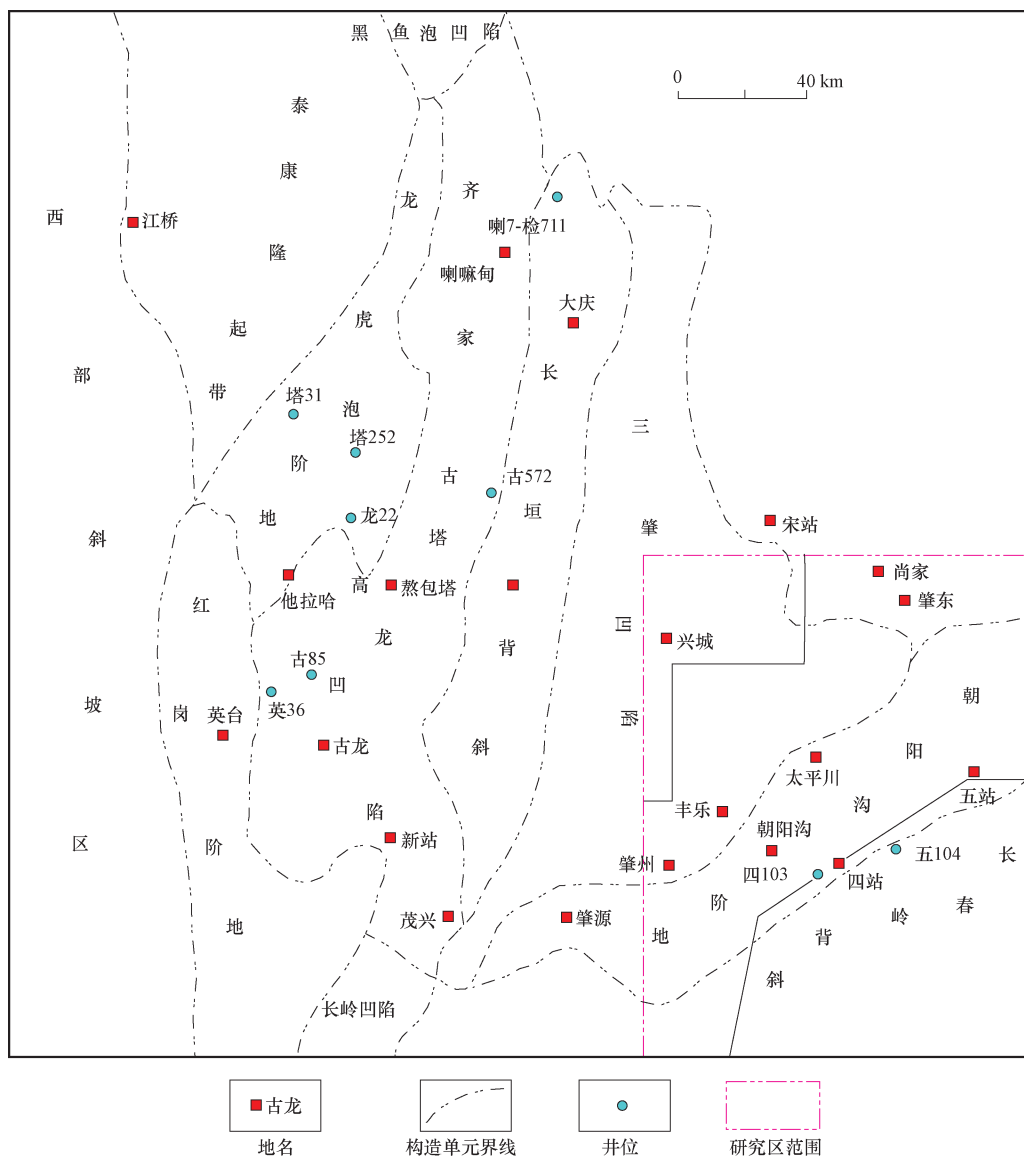


图1 松辽盆地朝长地区区域位置

Fig. 1 Location of Chaohang area in Songliao Basin

有明显的振荡性质,即在总体沉降过程中有短期的抬升,在总体抬升过程中又会发生阶段性沉降,致使湖泊的面积、水深和岩相变化较大,沉积剖面具有多级次旋回性^[2]。根据松辽盆地的构造发育背景认为,朝长地区断陷期包括了火石岭组、沙河子组和营城组;断—坳转换期包括了登娄库组;坳陷期包括了泉头组、青山口组、姚家组和嫩江组;而从嫩江末至新近纪为构造反转期。

2 成藏控制因素

油气成藏是多种因素作用的结果,受“生、储、盖、运、圈、保”要素制约^[12],缺一不可。因此,朝长地区葡萄花油层成藏控制因素按照上述要素,结合研究区前人研究成果和本次研究资料,分别从烃源岩、输导体系、油气运移、砂体展布、油藏剖面和平分布特征等方面开展分析研究。

2.1 烃源岩

大规模的油气聚集必须具备大面积分布、高丰度、适当热成熟度的烃源岩,这是国内外油气勘探成功的必备条件,也是源控理论的精髓所在^[13],尤其对于东部断陷盆地具有非常重要的指导作用。因此,在早期勘探阶段,“烃源”一般被认为是油气成藏的主控因素。

油源对比是油气勘探过程中的一项重要研究内容,因为油的分布直接受控于油源。石油和天然气是一种流体矿物,它们在油(气)源岩中生成后,经过一定距离运移才聚集成藏。油气藏和油气源岩常常不在同一地点,甚至不在同一层位;同一盆地或凹陷内的油气,有时又来自不同油气源^[14]。因此,为了确切了解油气来源,须进行油—油、油—“岩”对比,确定它们之间的亲缘关系,为指导勘探、开发提供科学的依据^[15]。

研究区内葡萄花油层原油的凝固点和含硫量特征总体一致,为低含硫量、高含蜡量、高凝固点的胶质原油(表1)。区内青山口组、嫩江组以及葡萄花油层烃源岩族组成(图1)、姥鲛烷(Pr)和植烷(Ph)(图2)对比研究表明,葡萄花油层族组成和生源构成上,与三肇凹陷和阶地东部的青山口组烃源岩显示出良好的一致性和相关性,总体上属于相同或相似烃源岩产物,为同一族群,葡萄花油层的油气主要来源于三肇凹陷和阶地青山口组。

烃源岩的有机质丰度、有机质类型及成熟度是烃源岩研究与评价的主要内容,这3个因素之间既相互联系,又相互制约。烃源岩中的有机质是油气形成的物质基础。通常用总有机碳(TOC)、氯仿沥青“A”、总

表1 松辽盆地朝长地区原油性质分类

Table 1 Classification of crude in terms of properties from Chaochang area, Songliao Basin

性质	含硫量/%	含蜡量/%	凝固点/℃	胶质含量/%
最高值	0.166	38.4	41	29.3
最低值	0.043	14.4	29	5.9
平均值	0.139	26.4	35	17.6
定名	低硫原油	高含蜡原油	特高凝点原油	胶质原油

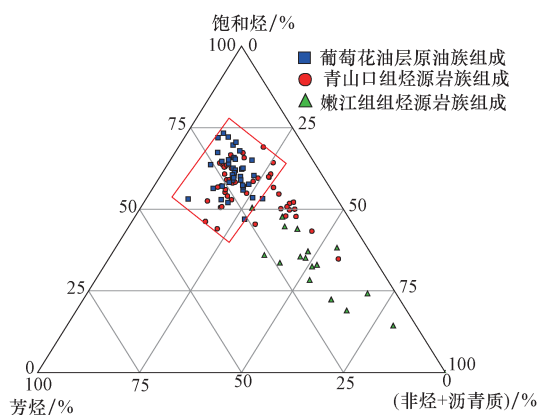


图2 松辽盆地朝长地区内烃源岩族组成对比

Fig. 2 Comparison of group compositions of extracts from source rocks in Chaochang area, Songliao Basin

烃、生烃潜量($S_1 + S_2$)等参数来表征烃源岩的有机质丰度^[16-17]。有机质丰度是评价烃源岩最常用的指标,目前国内学者对泥质烃源岩、炭质泥岩和煤的有机质丰度的评价标准认识比较一致,国内各大油公司通常都以黄第藩等(1992)制定的评价指标为依据评价生油岩有机质丰度。

青山口组分为青一段和青二、三段。通过对三肇凹陷和朝阳沟阶地内20多口井的500多个样品进行分析表明,青一段有机碳含量(TOC)主要集中在大于3.5%和1%~3.5%,分别占53%和41%;氯仿沥青“A”含量大于0.12%的占87%,综合表明青一段暗色泥岩为很好的烃源岩。青二、三段暗色泥岩中有机碳含量(TOC)主要集中在小于0.4%,氯仿沥青“A”含量也是以小于0.06%的为主,此层段暗色泥岩主要为差烃源岩层(图4,图5)。通过对研究区内(三肇凹陷和朝阳沟阶地)有机碳含量(TOC)和氯仿沥青“A”统计分析可以得出,有机碳含量(TOC)与氯仿沥青“A”的分布范围基本一致,含量较高区域位于西部三肇凹陷和东部朝阳沟阶地局部地区(图6)。

有机质类型是衡量烃源岩质量的指标,不同类型的有机质生烃潜力不同且生成的产物也不同,生油门限值和生烃过程也有一定差别,这主要与有机质的化学组成和结构有关。研究认为,青一段主要为I型干

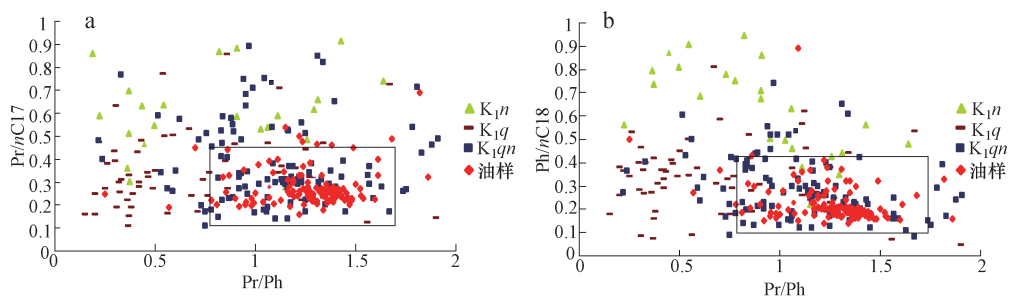


图 3 松辽盆地朝长地区内姥鲛烷与植烷对比

Fig.3 Comparison of pristane and phytane in crude samples from Chaochang area, Songliao Basin
a. 姥鲛烷; b. 植烷

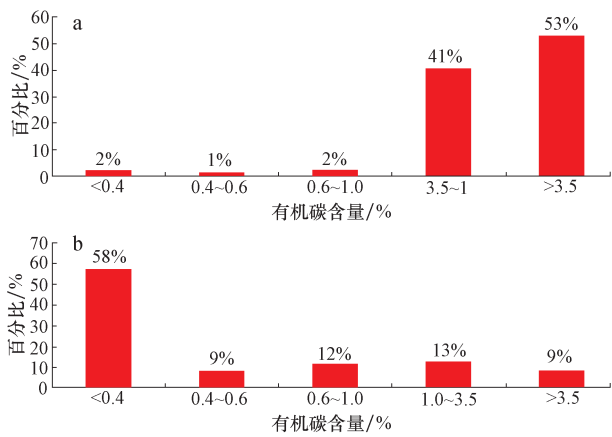


图 4 松辽盆地朝长地区青山口组有机碳含量分布
Fig.4 Organic carbon distribution of samples from the Qingshankou Formation in Chaochang area, Songliao Basin
a. 青一段烃源岩; b. 青二、青三段烃源岩

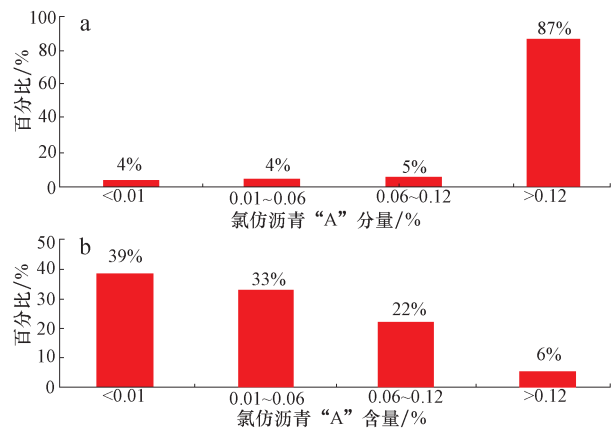


图 5 松辽盆地朝长地区青山口组氯仿沥青“A”含量分布
Fig.5 Chloroform bitumen “A” distribution of samples from the Qingshankou Formation in Chaochang area, Songliao Basin
a. 青一段烃源岩; b. 青二、青三段烃源岩

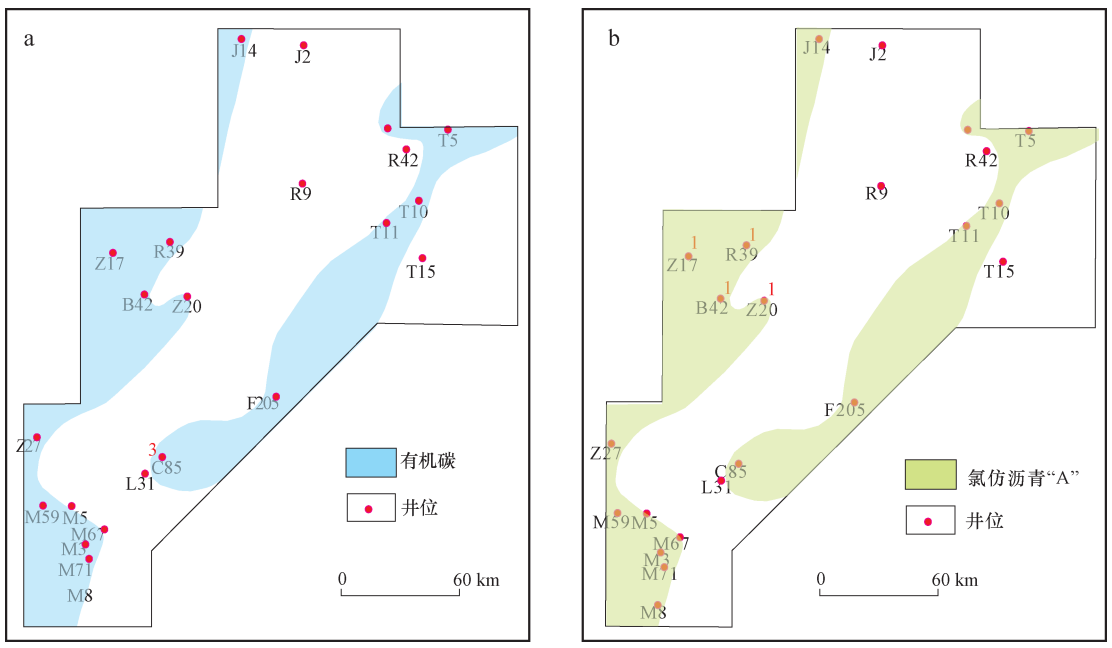


图 6 松辽盆地朝长地区有机碳与氯仿沥青“A”含量平面分布
Fig.6 Plane distribution of organic carbon and chloroform bitumen “A” of samples from the Qingshankou Formation in Chaochang area, Songliao Basin
a. 有机碳含量; b. 氯仿沥青“A”含量

酪根,以及部分Ⅱ₁型干酪根。岩石样品中 R_o 范围在0.5%~1.23%,平均为0.78%。干酪根演化处于成熟阶段。

2.2 油气输导体系

油气输导体系是油气藏形成和分布的关键控制因素,目前大多数学者都将其定义为:油气从烃源岩到圈闭过程中所经历的所有路径网及其相关围岩,包括连通砂体、断层、不整合及其组合。它作为油气成藏中连接生烃区与圈闭之间的“桥梁与纽带”,在某种程度上决定着含油气盆地内各种圈闭最终能否成为油气藏及油气聚集的数量,而且决定着油气在地下向何处运移,在何处成藏及成藏类型^[18-22]。

研究区输导体系主要是断层和砂体。主要目的区块为三角洲前缘,并且以外前缘为主。三角洲外前缘亚相主要以席状砂沉积为主,岩性为粉砂岩与砂岩互层。砂体的储层质量和连续性并不好,所以更多强调的是砂岩与油源断裂的配置关系,油源断裂是连接生油层和储层最为主要的形式,受到构造发育和演化的影响。

2.2.1 断层输导体系

油源断裂是指在成藏的关键时刻活动并连接烃源岩层与储层的断裂。即油源断裂是穿过生油层、连通储集层、在排烃时期开启^[23-27]。基于以上标准,研究区的油源断层需要经过青一段(主要的生油层和下伏盖层)、葡萄花油组(研究区目的储层)及嫩江组(区域性盖层)。选取28条研究区内满足条件的油源断层,通过地震剖面观测和测量得出,油源断层的断距和伸展长度差异较大,断距一般超过8 m,普遍在12~14 m。伸展长度最少要超过2 km,一般在5 km左右(图7)。在平面上,油源断层整体以近SN向为主,偶见南偏西向,总体断层延伸较长,断距特征不明显;西北部油源断层密度较大,延伸更长,南部无论是油源断层的数量还是延伸长度,都明显下降;东北部油源断层密集,并且沿着构造高部位向南延伸,控制了构造高部位的油源分布;中部地区尽管断层发育较为丰富,但多位后期小型断层和非油源断层。

油源断裂接触优质烃原岩才能有效的作为输导体系。研究区内烃源岩整体处于成熟阶段,主要决定因素为有机质的丰度。油源断裂在有机质丰度高的是优质油源断裂,油源断裂在有机质丰度中等的是次一级油源断裂,这两种类型的油源断裂都可作为起输导作用断裂,其他的则是起封闭作用的断裂,阻挡油气的运移,遇到合适的圈闭则形式油气藏(图8)。

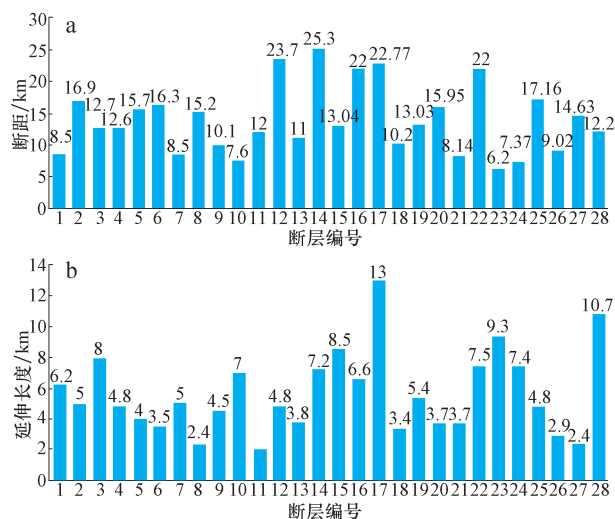


图7 松辽盆地朝长地区油源断层断距与延伸长度分布
Fig. 7 Throw and extended distance of the source rock-rooted faults in Chaochang area, Songliao Basin
a. 断距分布; b. 延伸长度分布

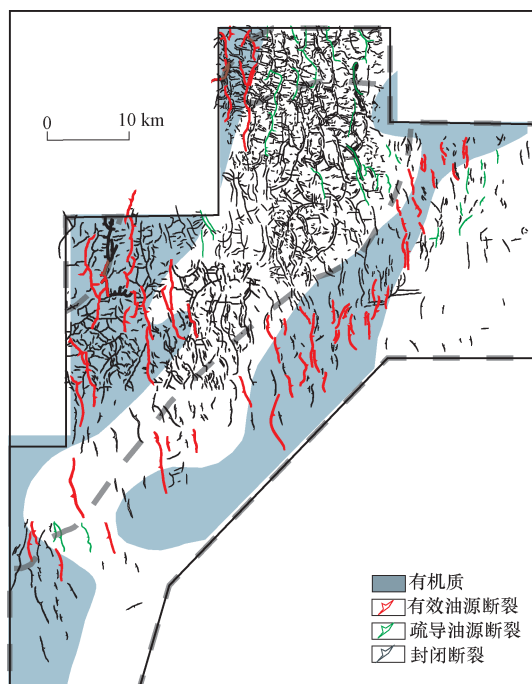


图8 松辽盆地朝长地区有效油源断层平面分布
Fig. 8 Plane distribution of effective source rock-rooted faults in Chaochang area, Songliao Basin

2.2.2 砂体输导体系

朝长地区沉积物源来西北部,葡萄花油层沉积时期主要发育三角洲前缘亚相,内前缘主要发育有分下分流河道、河道间、漫溢砂;外前缘主要发育席状砂和泥。内前缘水下分流河道砂体质量较好,单砂体具有一定规模,同时,较高水位期形成的漫溢砂还可使河道砂岩连通,内前缘具有较好的储层质量和砂体连续性,

但仍需要与断层一起形成有效的输导体系。外前缘席状砂主要为粉砂岩和泥岩互层,储层物性一般^[1]。一般外前缘的砂体多孤立分布,砂体之间的连通多需要油源断层(图9)。

研究区成藏关键时期为明水组末期^[4],嫩江组沉积末期构造圈闭、岩性圈闭均已形成,早于主要烃源岩青山口组排烃的主要运移期。该区油气沿着油源断层从青一段烃源岩或下伏扶杨油层运移至砂体发育的葡萄花油层圈闭中聚集成藏。在研究区范围内,西部断层密度大,砂体基本没有输导能力,油气沿着油源断层向上运移,并在附近的圈闭中成藏;东部砂岩和油源断层构成输导体系,部分输导断层有连通作用,但砂体整体范围小,物性一般;中部缺少油源断层,封堵断层较多,限制了两侧油气的运移,成藏较少。

3 油气富集规律

断裂可以输导油气,也可以阻挡油气,根据油气生成、运移、聚集和保存等过程中断裂所起的不同作用,研究区把断裂分为油源断裂、输导断裂、封闭断裂3种类型,研究区内多数为疏导断裂。

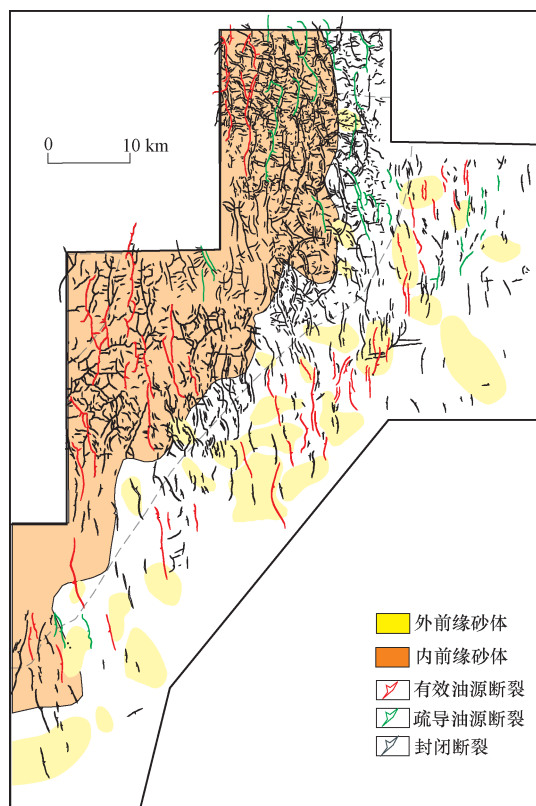


图9 松辽盆地朝长地区砂体平面分布
Fig. 9 Plane distribution of sandbodies in Chaohang area, Songliao Basin

断裂的活动时期与烃源岩有机质大量排烃期决定了油气聚集数量;断裂组合形式、封闭性影响了油气的运移与保存和油气成藏模式;断裂的活动强度与油气大规模运移期次的配置关系对油气成藏起着控制作用。葡萄花油层发现的油藏一般分布在油源断裂附近,这也是该区多数油藏的一个共有特性(图10)。

朝长地区葡萄花油层断层非常发育,油水分布基本上受构造和断层控制,没有统一的油水界面。

油气主要分布在西北部 and 东南部。西北部靠近烃源岩和物源区,加上油源断裂发育,油气从三肇凹陷烃源岩层经油源断层向上和侧向运移至物性和储集性较好的葡萄花油层,就近成藏,西北部的油气聚集和成藏主要受到油源断裂和内前缘水下河道、漫溢砂控制。

东南地区属于构造高部位,靠近朝阳沟东部烃源岩区,虽然断层不多,但是油源断层较发育,砂体主要以外前缘席状砂为主,油气从阶地烃源岩经油源断裂、疏导断裂向上和侧向运移至葡萄花外前缘席状砂聚集,在构造高部位成藏。东南部油气的聚集主要受疏导断层、外前缘席状砂和构造控制。

中部地区由于油源断裂和疏导断裂不发育,断层基本上属于封闭性断层,加上距离油源区较远,砂体不发育,因此油气不富集。

4 油气成藏模式

朝长地区储层以三角洲前缘水下分流河道砂、河口坝和席状砂为主。砂体呈断续透镜状、条带状错叠

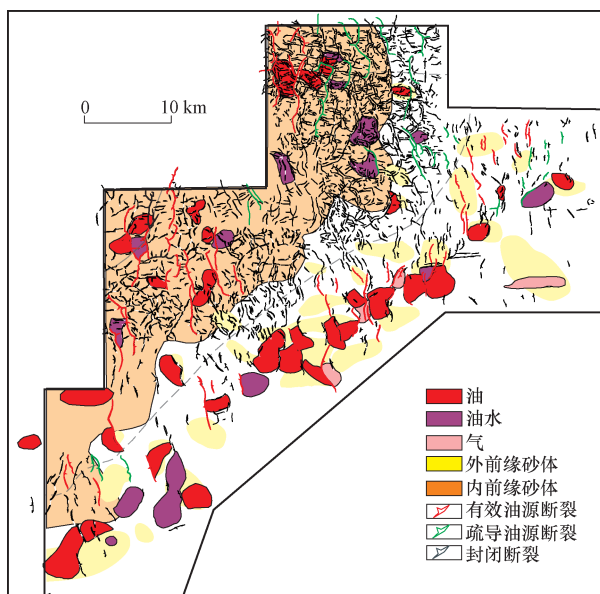


图10 松辽盆地朝长地区葡萄花油层油水平面分布
Fig. 10 Plane distribution of oil and water in Putaohua reservoirs in Chaohang area, Songliao Basin

连片分布,被中期继承性多期活动的断层及伴生的小断层切割,有利于油气的运移和聚集。研究认为研究区油气藏类型主要为断层油气藏、岩性油气藏及岩性-断层油气藏。

结合油藏分布规律,分析成藏的控制因素(断裂+砂体)和油气运聚特征,总结形成了朝长地区葡萄花油组的成藏规律。一种是研究区西北部的近源成藏模式和研究区东南部的上倾成藏模式(图11)。就近成藏模式主要分布在油源区内源断裂附近,青一段烃源岩中生成的油以油源断裂作为输导通道,向上直接运移至葡萄花油层,受断层的封堵作用和储层砂体发育,形成油气藏,此类油气藏没有统一的油水界面,主要形成断层油气藏。在油源断裂发育的情况下,此模式最为常见。上倾成藏模式主要分布在研究区的东南的构造高部位,青一段生成的油气首先以油源断裂作为输导通道,向上垂直运移至葡萄花油层,而后再沿砂体侧向运移,受岩性的控制,形成的油气藏主要以断层-岩性或岩性油气藏为主,此类油气藏有相对统一的油水界面,在研究区的东南部比较常见。

5 结论

1) 通过油源对比认为,烃源岩来自西部三肇凹陷

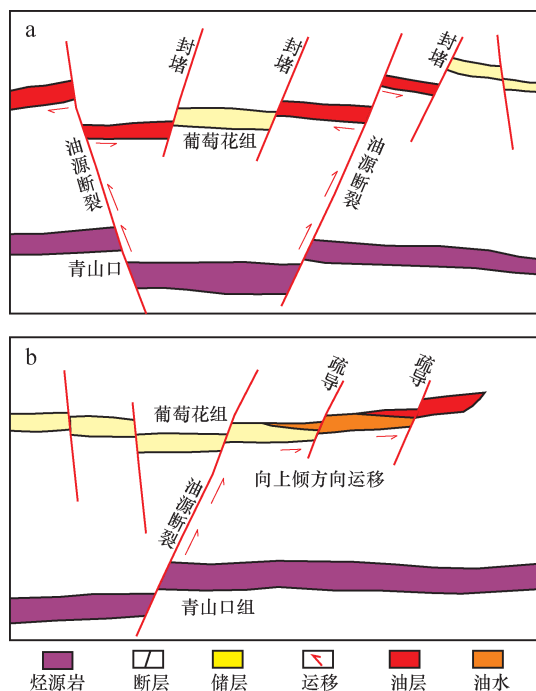


图11 松辽盆地朝长地区葡萄花油组成藏模式

Fig.11 Hydrocarbon accumulation patterns of Putaohua reservoirs in Chaochang area, Songliao Basin

a. “就近成藏”模式;b. “上倾成藏”模式

和东部朝阳沟阶地局部地区青一段地层,优质有机质主要分布在工区西侧和阶地一带,有机质的干酪根以I型为主,处于成熟阶段,在嫩江组时期开始排烃,至明水组排烃强度达到最大值。

2) 研究区输导体系包括断层和砂岩,根据油气生成、运移、聚集、保存等过程中断裂所起的不同作用,研究区把断裂分为油源断裂、输导断裂、封闭断裂3种类型,研究区内多数为疏导断裂。砂体主要分布在研究区的西北和东南部,西北发育内前缘水下分流河道、河道间和漫溢砂,东南部发育外前缘席状砂和泥。内前缘河道储集性和物性较好,具有一定的疏导作用;外前缘席状砂疏导性较差,油气运移至砂体后在高部位聚集成藏。

3) 油源断裂和砂岩的时空配置关系构成朝长地区油气运聚系统,通过油水分布规律研究,归纳出2种成藏规律:“就近成藏”和“上倾成藏”模式。

参 考 文 献

- [1] 张燕云. 大庆朝长地区葡萄花油层层序地层及沉积相研究[D]. 北京:中国地质大学(北京),2013.
Zhang Yanyun. Study on sequence stratigraphy and sedimentary facies of Putaohua oil layer in Daqing Chaochang area[D]. Beijing: China University of Geosciences(Beijing),2013.
- [2] 陈昭年,王小敏,陈珊,等. 松辽盆地朝长地区扶余油层的构造演化[J]. 现代地质,2008,(04):512-519.
Chen Zhaonian, Wang Xiaomin, Chen Shan, et al. Tectonic evolution of Fuyu reservoir in Changchang area of Songliao basin[J]. Geoscience,2008,(04):512-519.
- [3] 王小敏. 松辽盆地朝长地区扶余油层油藏分布规律[D]. 北京:中国地质大学(北京),2009.
Wang Xiaomin. Distribution Law of Fuyu Reservoir in Changchang Area, Songliao Basin[J]. Beijing: China University of Geosciences(Beijing),2009.
- [4] 郭艳平. 朝长地区扶余油层油气成藏模式及控制因素[J]. 石油天然气学报,2010,(05):171-175+407.
Guo Yanping. Study on Hydrocarbon Accumulation Patterns and Control Factors in Fuyang Reservoir, Chaoyang Area[J]. Journal of Oil and Gas Technology,2010,(05):171-175+407.
- [5] 施立志,马春雨,王卓卓,等. 朝长地区扶余油层油气成藏条件及主控因素[J]. 大庆石油地质与开发,2014,(03):1-6.
Shi Lizhi, Ma Chunyu, Wang Zhuozhuo, et al. Characteristics and Main Controlling Factors of Hydrocarbon Accumulation in Fuyu Reservoir of Chaochang Area[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing,2014,(03):1-6.
- [6] 刘枫. 朝长地区葡萄花油层成藏主控因素[J]. 中国石油和化工标准与质量,2014,(02):168.
Liu Feng. Main controlling factors for the formation of Putaohua reservoir in Chaochang area[J]. China Petroleum and Chemical Standard and Quality,2014,(02):168.
- [7] 李郑辰,钟淑敏,杨永军. 朝长地区扶余油层储层分类与产能预测[J]. 地球物理学进展,2013,(05):2561-2568.
Li Zhengchen, Zhong Shumin, Yang Yongjun. Preparation and capaci-

- ty prediction of Fuyu reservoir in Chaochang area[J]. Progress in Geophysics, 2013, (05): 2561–2568.
- [8] 王翔飞. 朝长地区扶杨油层沉积相及砂体展布特征研究[D]. 东北石油大学, 2015.
- Wang Xiangfei. Study on sedimentary facies and sand body distribution characteristics of Fuyang reservoir in Chaochang area[D]. Northeast Petroleum University, 2015.
- [9] 黄薇, 吴海波, 施立志, 等. 松辽盆地北部朝长地区扶余油层油气来源及成藏特征[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2012, (01): 238–248.
- Huang Wei, Wu Haibo, Shi Lizhi, et al. Oil and gas source and hydrocarbon accumulation characteristics of Fuyu reservoir in Chaochang area, northern Songliao Basin[J]. Journal of Central South University (Natural Science Edition), 2012, (01) 238–248.
- [10] 陈珊. 松辽盆地朝长地区扶余油层构造演化与断层封闭性研究[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2009.
- Chen Shan. Tectonic Evolution and Fault Sealing of Fuyu Reservoir in Changchang Area, Songliao Basin[D]. Beijing: China University of Geosciences(Beijing), 2009.
- [11] 万欢. 大庆油田朝长地区扶杨油层成岩作用研究和储层评价[D]. 北京: 中国地质大学(北京), 2009.
- Wan Huan. Diagenesis and Reservoir Evaluation Of Fuyang Reservoir in Chaochang Area, Daqing Oilfield[D]. Beijing: China University of Geosciences(Beijing), 2009.
- [12] 刘志峰, 吴克强, 柯岭, 等. 珠江口盆地珠一坳陷北部洼陷带油气成藏主控因素[J]. 石油与天然气地质, 2017, 38(3): 561–569.
- Liu Zhifeng, Wu Keqiang, Ke Ling, Wang Shenglan, Yu Kaiping, Zhu Wenqi. Main factors controlling hydrocarbon accumulation in northern subsag belt of the Zhu-1 Depression, Pearl River Mouth Basin[J]. Oil & Gas Geology, 2017, 38(3): 561–569.
- [13] 刘金萍, 王改云, 王嘹亮, 等. 北黄海东部次盆地油气成藏主控因素[J]. 石油与天然气地质, 2015, 36(6): 888–896.
- Liu Jinping, Wang Gaiyun, Wang Liaoliang, Jian Xiaoling, Du Min, Wan Xiaoming. Main controlling factors of hydrocarbon accumulation in the Eastern Sub-basin, North Yellow Sea[J]. Oil & Gas Geology, 2015, 36(6): 888–896.
- [14] 孟苗苗, 康志宏, 徐耀辉, 等. 塔里木盆地喀什凹陷烃源岩地球化学特征和油源对比[J]. 石油实验地质, 2016, (02): 266–272.
- Meng Miaomiao, Kang Zhihong, Xu Yaohui, et al. Geochemical characteristics and oil source comparisons of hydrocarbon source rocks in Kashi depression, Tarim Basin[J]. Petroleum Geology and Experiment, 2016, (02): 266–272.
- [15] 张水昌, 梁狄刚, 黎茂稳, 等. 分子化石与塔里木盆地油源对比[J]. 科学通报, 2002, (S1): 16–23.
- Zhang Shuichang, Liang Digang, Li Maozhen, et al. Comparison of oil fossil in Tarim Basin and Tarim Basin[J]. Chinese Science Bulletin, 2002, (S1): 16–23.
- [16] 李素梅, 张爱云, 王铁冠. 朝长地区原油中的有机含氮化合物及其应用[J]. 现代地质, 1999, (04): 444–450.
- Li Sumei, Zhang Aiyun, Wang Tieguan. Application of Organic Nitrogenous Compounds in Crude Oil and Its Application[J]. Geoscience, 1999, (04): 444–450.
- [17] 侯读杰, 王铁冠, 孔庆云, 等. 松辽盆地朝长地区原油的地球化学特征[J]. 石油大学学报(自然科学版), 1999, (02): 40–42+46+6.
- Hou Dujie, Wang Tieguan, Kong Qingyun, et al. Geochemical Characteristics of Crude Oil in Chaochang Area, Songliao Basin[J]. Journal of the University of Petroleum, China(Edition of Natural Science), 1999, (02): 40–42+46+6.
- [18] 陈昭年, 王永卓, 王小敏. 松辽盆地朝长地区扶杨油层油气运移模式[J]. 断块油气田, 2009, (06): 22–24.
- Chen Zhaonian, Wang Yongzhuo, Wang Xiaomin. The oil and gas migration model of Fuyang reservoir in Zhaolong area of Songliao basin[J]. Fault Block Oil and Gas Field, 2009, (06): 22–24.
- [19] 周永炳, 王秀娟, 沈旭友, 等. 大庆油田朝长地区扶余油层断层封闭性及其演化[J]. 现代地质, 2009, (05): 880–886.
- Zhou Yongbing, Wang Xiujuan, Shen Xuyou, et al. Seepage and Evolution of Fuyu Oil Layer in Chaochang Area, Daqing Oilfield[J]. Geoscience, 2009, (05): 880–886.
- [20] 王琳霖, 王振奇, 张宗斌. 滴南凸起—阜北斜坡中上侏罗统—下白垩统油气成藏条件分析[J]. 科学技术与工程, 2015, (36): 134–141.
- Wang Linlin, Wang Zhenqi, Zhang Zongbin. Hydrocarbon Accumulation Conditions of the Upper Jurassic-Lower Cretaceous in the North Slope-Fubei Slope[J]. Science Technology and Engineering, 2015, (36): 134–141.
- [21] 赵鹏飞, 范洪军, 杨香华. 锦州 X 油田东营组油气成藏模式及滚动开发[J]. 海洋地质与第四纪地质, 2013, (03): 133–141.
- Zhao Pengfei, Fan Hongjun, Yang Xianghua. Hydrocarbon Accumulation Model and Rolling Development in Dongying Formation of Jinzhou X Oilfield[J]. Marine Geology & Quaternary Geology, 2013, (03): 133–141.
- [22] 刘雅利, 顾琳, 方旭庆, 等. 孤南洼陷东部地区上第三系油气成藏规律研究[J]. 油气地质与采收率, 2005, (02): 33–35+83–84.
- Liu Yali, Gu Lin, Fang Xuqing, et al. Study on Hydrocarbon Accumulation Law of Upper Tertiary in Eastern Area of Gunan[J]. Petroleum Geology and Recovery Efficiency, 2005, (02): 33–35+83–84.
- [23] 张雷, 卢双舫, 张学娟, 等. 松辽盆地三肇地区扶杨油层油气成藏过程主控因素及成藏模式[J]. 吉林大学学报(地球科学版), 2010, (03): 491–502.
- Zhang Lei, Lu Shuangfang, Zhang Xuejuan, et al. Main Controlling Factors and Reservoir-forming Patterns of Hydrocarbon Accumulation in Fuyang Reservoir in Sanzhao Area, Songliao Basin[J]. Journal of Jilin University(Earth Science Edition), 2010, (03): 491–502.
- [24] 罗群. 断裂控烃理论与油气勘探实践[J]. 地球科学, 2002, (06): 751–756.
- Luo Qun. Fault Hydrocarbon Control Theory and Oil and Gas Exploration Practice[J]. Earth Sciences, 2002, (06): 751–756.
- [25] 陈方文. 榆树林油田葡萄花油层沉积特征与油气富集规律研究[D]. 大庆: 大庆石油学院, 2009.
- Chen Fangwen. Sedimentation characteristics and hydrocarbon enrichment of Putaohua oilfield in Yushulin oil field[D]. Daqing: Daqing Petroleum Institute, 2009.
- [26] 王有功, 严萌, 郎岳, 等. 松辽盆地三肇凹陷葡萄花油层油源断层新探[J/OL]. 石油勘探与开发, 2015, (06): 734–740.
- Wang Yougong, Yan Meng, Lang Yue, et al. New exploration of oil source fault in Putaohua reservoir in Sanzhao depression, Songliao Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2015, (06): 734–740.
- [27] 刚文哲, 柳广第, 郝石生, 等. 塔里木盆地古生界气源岩热演化史研究[J]. 石油大学学报(自然科学版), 1997, (04): 14–16+115.
- Gang Wen Zhe, Liu Guang first, Hao Shisheng, et al. Study on thermal evolution history of Paleozoic gas source rocks in Tarim Basin[J]. Journal of Petroleum University (Natural Science Edition), 1997, (04): 14–16+115.