

松辽盆地南部中浅层石油地质条件、 资源潜力及勘探方向

邓守伟, 范晶, 王颖

中国石油天然气股份有限公司吉林油田分公司

摘要 致密油的勘探开发,使松辽盆地南部的石油资源结构发生了较大变化,因此需要开展新一轮系统的资源评价。松辽盆地南部石油资源主要分布于中浅层,中浅层发育下部、中部和上部等3套成藏组合,常规油在3个组合中均有分布,致密油发育于下组合。对于常规油,建立了构造、构造-岩性和岩性等3种类型的刻度区,划分了13个评价单元,资源评价方法以统计法和类比法为主;对于致密油,建立了1个刻度区,按照渗透率大小划分了3个评价单元,资源评价方法采用了资源丰度分类类比法、小面元容积法。评价结果显示:松辽盆地南部中浅层石油资源量约为 $32.2 \times 10^8 \text{t}$,其中常规油资源量为 $22.5 \times 10^8 \text{t}$,致密油资源量为 $9.7 \times 10^8 \text{t}$;剩余石油资源量约 $10 \times 10^8 \text{t}$,其中,常规油为 $5.7 \times 10^8 \text{t}$,主要分布于高台子油层和萨尔图油层,致密油为 $4.3 \times 10^8 \text{t}$,主要分布于扶余油层。大情字井地区的高台子油层和乾安地区的扶余油层,是近期—中期勘探的重点区带。

关键词 常规油;致密油;资源评价;勘探方向;白垩纪;松辽盆地

中图分类号: TE155

文献标识码: A

0 前言

松辽盆地南部石油资源主要分布于白垩系泉头组三段及以上的地层,分布层位自下而上主要包括泉头组三段和四段、青山口组、姚家组及嫩江组。松辽盆地南部第三次资评的石油资源量为 $19.85 \times 10^8 \text{t}$,油藏以构造、构造-岩性型为主。第三次资评之后,在三角洲控藏和致密油成藏认识的指导下,先后发现了方85、黑46等多个大型岩性油藏,同时证实了扶余油层致密油满洼含油,具有较大的资源潜力。随着勘探的不断突破和新类型油藏的发现,第三次资评的资源量与已发现储量不协调的矛盾日益凸显,如第三次资评时长岭凹陷扶余油层资源量仅为 $3400 \times 10^4 \text{t}$,目前该区已提交三级储量 $1.85 \times 10^8 \text{t}$ 。为了进一步客观评价松辽盆地南部中浅层的石油勘探潜力,需要开展新一轮石油资源评价,进一步明确剩余资源潜力和勘探方向。

1 松辽盆地南部石油地质条件

松辽盆地是叠置在古生代基底上的大型中新生代盆地,具有明显的下断上坳双重结构^[1-2]。松辽盆地南部主要指吉林省境内的部分(图1),主要包括西部斜坡区、中央坳陷区、东南隆起区等一级构造单元,中浅层已探明的石油储量集中在中央坳陷区。

松辽盆地南部石油资源主要分布于上部的坳陷层(即中浅层)(图2)。区内发育上白垩统青山口组及嫩江组2套烃源岩,储层主要分布于下白垩统泉头组三段(以下简称泉三段)、四段,上白垩统青山口组、姚家组和嫩江组,盖层包括青山口组、嫩江组及四方台组。生储盖配置共形成上、中、下3套含油组合:上部组合包括嫩江组黑帝庙油层;中部组合包括姚家组二+三段萨尔图油层、姚家组一段葡萄花油层和青山口组高台子油层(合称萨葡高油层);下部组合包括泉四段扶余油层和泉三段杨大城子油层(合称扶杨油层)。

收稿日期: 2018-12-25; 改回日期: 2019-06-10

本文受中国石油集团重大专项“中国石油第四次油气资源评价”之课题“吉林探区第四次油气资源评价”(编号: 2013E-0502-0302)和国家科技重大专项课题“岩性地层油气藏成藏规律、关键技术及目标评价”(编号: 201705001-002)联合资助

第一作者: 邓守伟, 博士, 高级工程师, 主要从事油气成藏研究。通信地址: 138000 吉林省松原市宁江区锦江大街1号; E-mail: dengsw-jl@petrochina.com.cn

通信作者: 王颖, 博士, 高级工程师, 主要从事油气成藏研究。通信地址: 138000 吉林省松原市宁江区锦江大街1号; E-mail: wangying-jl@petrochina.com.cn

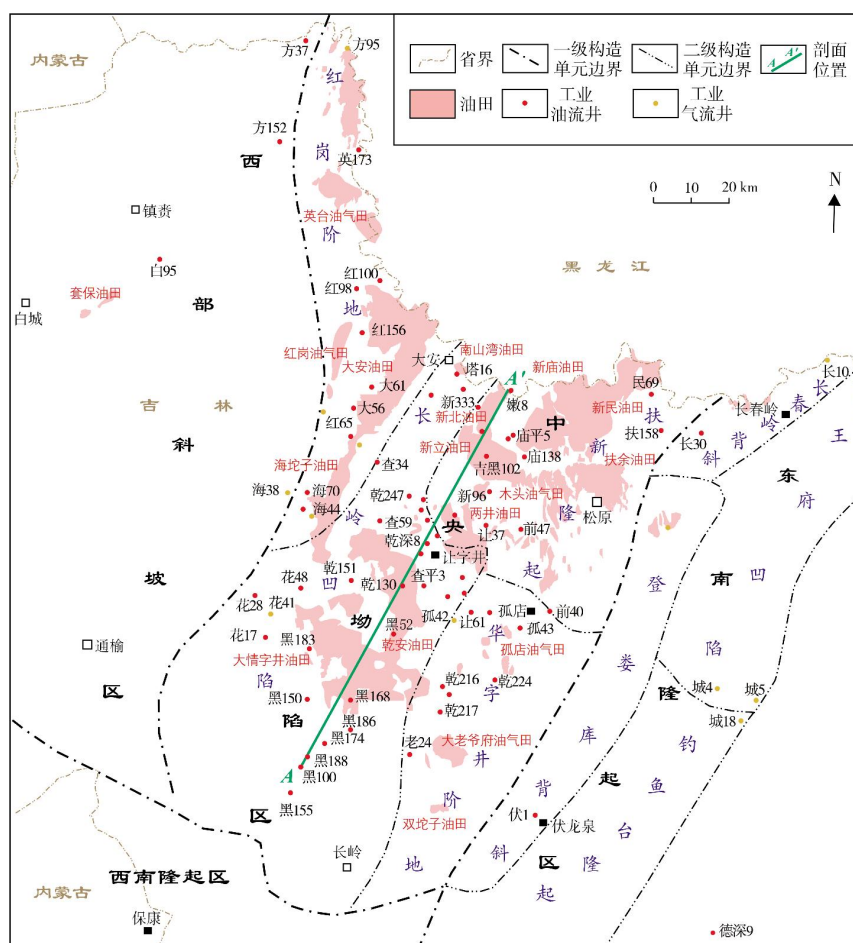


图1 松辽盆地南部中浅层构造区划及油田分布图

1.1 烃源岩特征

青山口期是松辽盆地扩张和水进体系发育的主要时期,沉积中心处于大安—乾安一带(图3)。青山口组泥岩南薄北厚,最大厚度近400m。青山口组烃源岩以灰黑色、深灰色泥页岩为主。青山口组划分为3段,青一段烃源岩品质最好,烃源岩有机碳含量(TOC)大于1%的达到80%以上,沉积中心的TOC一般大于2%;青二段、三段烃源岩TOC大于1%的分别为70%和60%。青一段烃源岩有机质类型以Ⅰ型和Ⅱ₁型为主;青二段、三段烃源岩类型略差于青一段,主要为Ⅱ₁型、Ⅱ₂型,长岭凹陷还可见少量Ⅲ型干酪根。青山口组镜质组反射率(R_o)主要分布在0.5%~1.1%之间,分布较集中,坳陷区 R_o 多达到0.7%以上(表1),这表明该套烃源岩为大面积分布的成熟烃源岩。整体来看,松辽盆地南部中浅层青山口组为一套有机质丰度高、类型好、处于成熟阶段的烃源岩,生烃潜力较大,其中青

一段烃源岩最好,其次为青二段和青三段烃源岩。

嫩江组烃源岩主要分布于嫩一段和嫩二段,烃源岩TOC一般大于1%, R_o 一般为0.5%~0.7%(表1)。

1.2 储层特征

白垩纪时期,松辽盆地南部,湖盆以在其西部、西南部发育的河流—三角洲沉积体系为特点(图3)。中浅层储层主要为三角洲、河道砂体,西斜坡局部发育浊流砂体。其中,辫状河三角洲、扇三角洲的水下分支河道、河口坝和河流相的主河道砂体,颗粒粗,分选、磨圆好,往往发育优质储层。储层岩性以粉砂岩和细砂岩为主,填隙物以泥质为主,一般含量为6%~10%。在松辽盆地南部,埋深在1500m以上的储层处于中成岩阶段。整体来看物性受埋深影响较大:黑帝庙油层物性最好,储集空间以原生孔隙较为常见;其他油层的储集空间则以混合孔隙(原生孔隙与次生孔隙均发育)为特征。

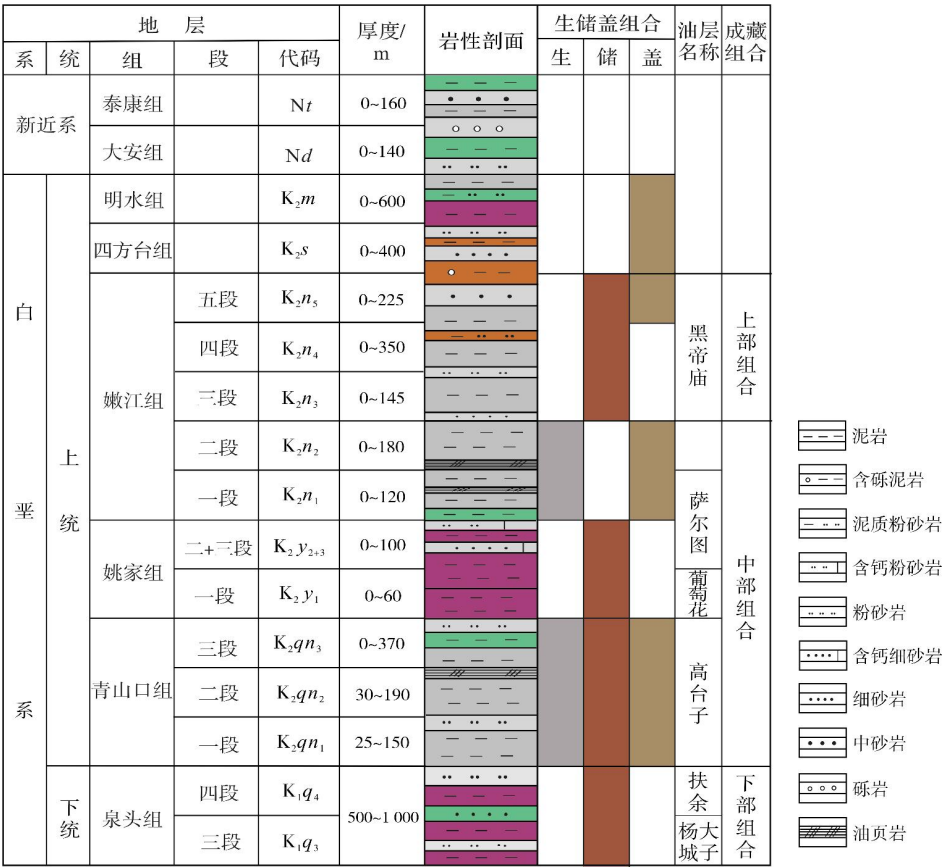


图 2 松辽盆地南部中浅层综合柱状图

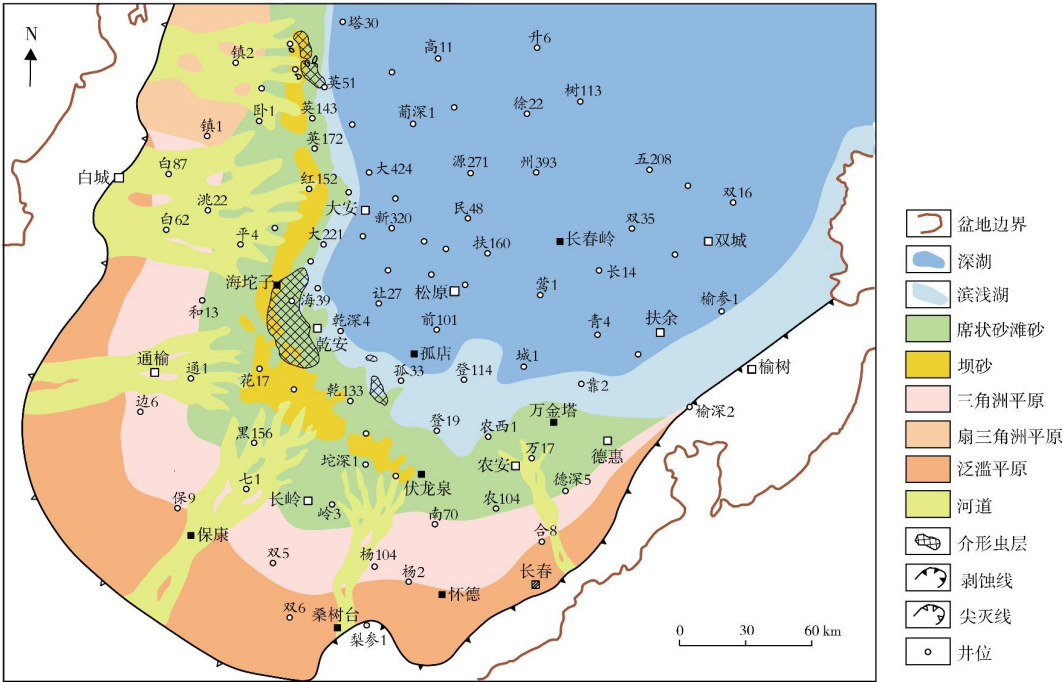


图 3 松辽盆地南部晚白垩世青山口期沉积相图

表 1 松辽盆地南部中浅层烃源岩基本参数表

层 段		厚度/m	TOC/%		有机质 类型	R _e /%		样品数
			范围值	平均值		范围值	平均值	
嫩江组	二段	59~154	0.50~2.48	1.82	Ⅱ ₁	0.47~0.73	0.59	646
	一段	60~98	0.80~4.40	2.39	I	0.48~0.74	0.61	510
青山口组	三段	270~370	0.34~1.48	0.86	Ⅱ ₁ 、Ⅱ ₂	0.61~0.88	0.78	635
	二段	70~160	0.50~1.99	1.35	Ⅱ ₁	0.60~1.09	0.80	697
	一段	60~90	0.52~3.75	2.18	I、Ⅱ ₁	0.54~1.10	0.82	715

以渗透率 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 为界限,可将储层划分为常规储层和致密储层2种^[3]。松辽盆地南部中浅层致密储层主要发育在扶余油层,埋深一般大于1 750 m,孔隙度一般为5%~12%,渗透率为 $(0.01 \sim 1) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,储集空间以粒间孔、溶孔和微孔为主,孔隙连通性差,中值孔喉半径一般小于 $0.4 \mu\text{m}$,储层平面和纵向变化快,非均质性强。

2 石油成藏模式

2.1 常规油成藏模式

常规油在中浅层3套成藏组合中均有发育(图4),油藏类型多样。

2.1.1 上部成藏组合

上部成藏组合主要包括黑帝庙油层,它主要分布于嫩三段和嫩四段,是以青山口组或嫩江组一段、二段作为烃源岩而形成的下生上储型成藏组合(图4)。有效烃源岩的分布控制了油藏的形成与分布,已发现的油藏主要分布在生烃凹陷附近。三角洲前缘砂体与构造背景的合理配置形成了构造-岩性油藏。断层发育区有利于油藏的形成;一方面,断层在石油早期成藏过程中是作为沟通烃源岩和储层的通道;另一方面,断层在后期又起到了遮挡作用,并且与岩性圈闭配套形成断层-岩性油藏。

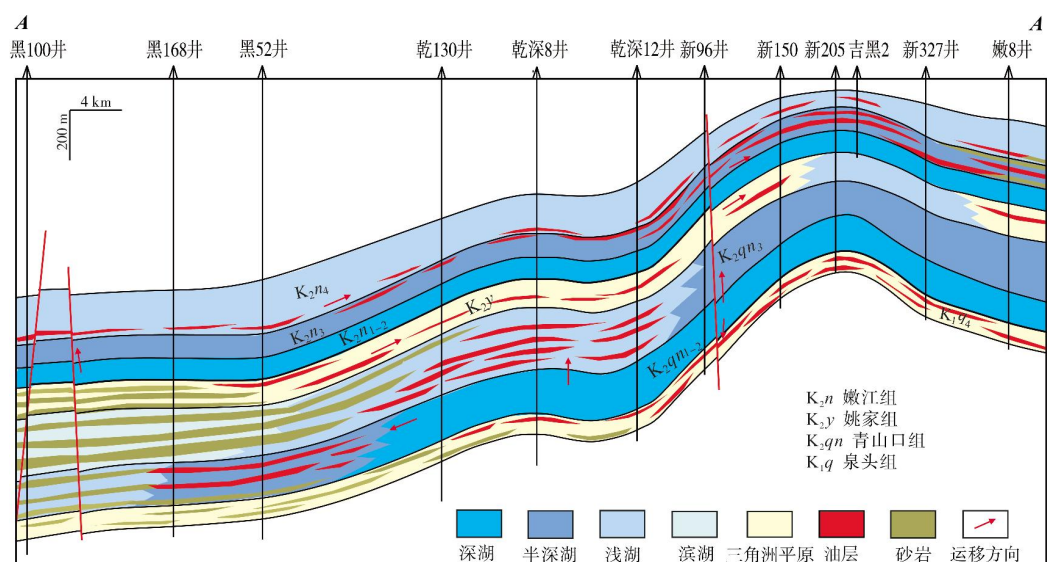


图4 松辽盆地南部中浅层石油成藏模式图
剖面位置见图1

2.1.2 中部成藏组合

中部成藏组合包括萨尔图油层、葡萄花油层和高台子油层。萨尔图油层(姚家组二+三段)主要分布于西部沉积体系,油源对比结果表明:萨尔图油层

油源主要来自中央坳陷区的青山口组烃源岩,石油以侧向运移为主。油藏受构造控制比较明显,目前已发现的油藏主要分布于构造发育区,如红岗油田的背斜油藏,四方坨子地区的低幅度构造油藏和套保

油田的构造-岩性油藏。

葡萄花油层(姚一段)主要分布于北部和西南沉积体系,分布范围较小,砂岩横向上不连通,纵向上以单砂体为主,油藏分布连续性较差^[4]。青山口组烃源岩生成的石油通过断层向上运移至储层,形成下生上储型含油组合。构造背景宏观上控制了石油的运移和聚集,鼻状构造背景和反向正断层是石油聚集的有利条件,断层起到了封堵石油的作用,油藏类型以构造-岩性油藏为主。

高台子油层(青山口组)是盆地南部中央坳陷区发育最广泛的油层之一,为自生自储自盖式组合,油源充足。从勘探结果看,凹陷内部石油垂向运移起主导作用,青一段暗色泥岩与砂岩的叠合范围,宏观上控制了青山口组石油的分布范围。油藏类型受沉积相带控制:三角洲砂体核部(砂地比>40%)以低幅度构造油藏为主,三角洲前缘(砂地比在20%~40%之间)以构造-岩性、断层-岩性油藏为主,三角洲外前缘(砂地比<20%)以砂岩透镜体油藏和薄层岩性油藏为主。

2.1.3 下部成藏组合

下部成藏组合包括扶余油层和杨大城子油层。扶余油层(泉四段)一直以来是吉林油田勘探开发的主力目的层,资源量大,在全区广泛分布^[3]。扶余油层常规油发育区一般位于斜坡带。斜坡带圈闭发育,具有较好的构造背景,油层埋深小于1750m。扶余油层储层物性较好,孔隙度一般为15%~28%,渗透率一般为 $(5\sim504)\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。凹陷区青山口组烃源岩生成的油气,通过砂体、断层向两侧构造高部位阶梯式运移(图4),并沿断层、砂岩输导层向下运移至泉头组聚集,形成了构造油藏或岩性-构造油藏,局部发育构造-岩性或断层-岩性油藏。

杨大城子油层(泉三段)分布局限,仅在东部扶新隆起的新木、扶余等地区分布,一直作为兼探层。

2.2 致密油成藏模式

松辽盆地南部致密油主要分布于中央坳陷区下部组合的扶余油层,为大面积连片分布的岩性油藏。

青一段发育大面积的厚层烃源岩,是扶余油层致密油成藏的基础。青一段烃源岩厚度一般为60~90m,分布面积为 $1.3\times 10^4\text{km}^2$,致密油区TOC一般为1.0%~2.5%,有机质类型为I、II型, R_o 主要为0.7%~1.0%,排烃强度为 $(90\sim400)\times 10^4\text{t/km}^2$ 。中央坳陷区砂体厚度一般为20~60m,砂地比一般为35%~60%。

(水下)分支河道砂体来回摆动,横向上连通性较差,纵向上相互叠置,使得中央坳陷区“满盆含砂”,形成大面积低渗透储层。研究表明,随深度增加,扶余油层的储层物性逐渐变差。中央坳陷区(埋深大于1750m)扶余油层储层物性差,孔隙度一般小于10%,渗透率一般小于 $1\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。

致密油成藏模式为“上生下储、超压排烃、倒灌成藏”(图5)。坳陷中心区青山口组优质烃源岩生烃强度大,自嫩江组沉积期末持续生烃至现今,使得烃源层普遍存在超压。石油在烃源岩超压作用下,穿过烃源岩底面、侧界面,或以断层(微裂隙)为通道,幕式向下排运到扶杨油层。由于储层较致密,孔隙及喉道狭小,油所受到的浮力远小于界面张力,浮力无法驱动油的运移。随埋深增加和生烃持续,进入储层的油在超压驱动下,将可动水和弱束缚水向下和向凹陷周边排挤。上覆青一段、二段暗色泥岩的厚度和超压控制石油分布范围,形成坳陷中含油包络面以上油层连片分布的致密油藏。

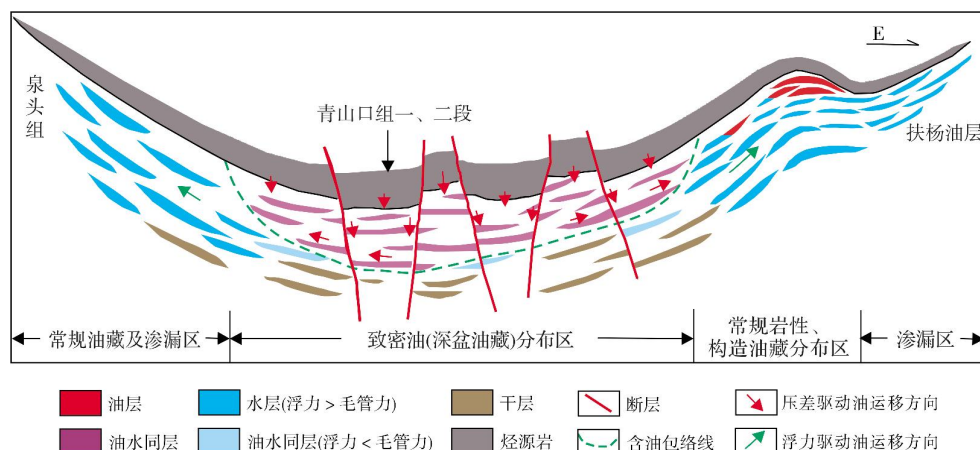


图5 松辽盆地南部中浅层扶余油层致密油成藏模式图

3 石油资源潜力评价

松辽盆地南部石油资源勘探程度高。本次资源评价主要应用了适用于高勘探程度区的统计法及类比法^[5-8]。

评价单元划分是资源评价工作的重要环节。中浅层的勘探程度高,评价单元细分至区带级;考虑二级构造单元、沉积特征、油藏类型、资源类型等众多因素,将松辽盆地南部中浅层按照3套成藏组合总共划分为16个评价单元,其中包括致密油的3个评价单元(表2)。

表2 松辽盆地南部中浅层石油资源评价单元划分

资源类型	成藏组合(层系)	评价单元*	类比刻度区
常规油	上部(K ₂ n)	乾安断层-岩性区带-H	乾安大情字井
		黑帝庙岩性区带-H	
		沿江构造-岩性区带-H	扶新隆起带
	中部(K ₂ qn—K ₂ y)	乾安大情字井区带-SPG	乾安大情字井
		西部斜坡区带-SPG	英台四方坨子
		英台四方坨子区带-SPG	
		红岗大安区带-SPG	
		孤店大老爷府区带-SPG	扶新隆起带
		扶新隆起区带-SPG	
	下部(K ₁ q ₃₋₄)	红岗西斜坡区带-FY	英台四方坨子
		扶新隆起区带-FY	扶新隆起带
		长春岭区带-FY	
		孤店大老爷府区带-FY	
致密油	下部(K ₁ q ₃₋₄)	红岗大安海坨子区带	红岗大安致密油
		长岭凹陷区带	
		新北让字井区带	

* H 黑帝庙油层; SPG 萨尔图油层、葡萄花油层、高台子油层; FY 扶余油层、杨大城子油层

按照刻度区选取的“三高”(勘探程度高、研究认识程度高及资源探明率高)原则,通过分析油气成藏条件,并借鉴第三次资评的刻度区,沿用扶新隆起区带、大情字井区带及英台四方坨子区带作为本次常规油评价的刻度区。通过解剖得到刻度区的关键参数:资源丰度在 $(13\sim 23)\times 10^4\text{ t/km}^2$ 之间,主体为 $15\times 10^4\text{ t/km}^2$,可采系数在18%~22%之间。对于致密油,考虑到大安地区成藏认识清楚,开发时间长,故选取红岗大安作为致密油评价的刻度区,解剖得到的资源丰度为 $40\times 10^4\text{ t/km}^2$,可采系数为18%。

3.1 常规油资源潜力评价

3.1.1 类比法

类比法的主要原理:具有相同地质条件的区带具有相似的油气聚集规律,通过总结评价区的关键地质参数,与刻度区类比,确定评价区与刻度区的相似程度,最终求取评价区的资源量。松辽盆地南部中浅层发育3种类型常规油藏,分别是构造型、岩性型及构造-岩性型,各评价区带分别选择合适的刻度区进行类比评价(表2)。

3.1.2 统计法

统计法是一类利用历史经验的趋势推断法,通过数学统计分析将历史资料按合理的趋势拟合成资源储量的增长曲线,将过去的勘探与发现状况有效外推至未来或穷尽状态,并据此对资源总量进行求和计算。该类方法通常适用于成熟或较成熟勘探地区的中期、后期评价阶段。具体的方法包括油藏规模序列法、油藏发现序列法及广义帕莱托法等。松辽盆地南部中浅层各个区带勘探程度较高,提交储量区块较多,可以应用此类方法进行评价计算。需要说明的是,乾安断层-岩性区带-H、黑帝庙岩性区带-H及红岗西斜坡区带-FY等3个区带,由于提交储量区块较少,勘探程度低,仅用了类比法进行资源量计算,详见表3。

3.1.3 综合评价结果

松辽盆地南部中浅层各个评价区带整体勘探程度较高,通过各类方法计算的石油资源量差距较小,赋予油藏规模序列法、油藏发现序列法、广义帕莱托法及类比法相同的权重值,最终结果为各种方法计算结果的平均值。松辽盆地南部中浅层常规油资源量为 $22.51\times 10^8\text{ t}$ (表3),按3套成藏组合统计:上部组合为 $1.90\times 10^8\text{ t}$,中部组合为 $11.50\times 10^8\text{ t}$,下部组合为 $9.11\times 10^8\text{ t}$ 。

3.2 致密油资源潜力评价

针对松辽盆地南部扶余油层致密油,以渗透率 $1\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 、 $0.1\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$ 为标准划分为3个评价区带^[9-10]:由西向东,分别是红岗大安海坨子区带、长岭凹陷区带和新北让字井区带,其中,中部的长岭凹陷区带渗透率一般小于 $0.1\times 10^{-3}\mu\text{m}^2$,其余2个区带渗

表 3 松辽盆地南部中浅层常规油资源量汇总表

序号	区 带	区带面积/ km ²	地质资源量/10 ⁸ t				可采资源量/10 ⁸ t	
			统计法			类比法	综 合	综 合
			规模序列	发现序列	广义帕莱托	面积丰度类比		
1	沿江构造-岩性区带-H	1 384	1.05	1.03	0.83	1.05	0.99	0.24
2	乾安断层-岩性区带-H	425				0.31	0.31	0.06
3	黑帝庙岩性区带-H	1 246				0.60	0.60	0.12
4	西部斜坡区带-SPG	5 098	1.48	1.49		1.44	1.47	0.23
5	英台四方坨子区带-SPG	1 255	1.41	1.42		1.41	1.41	0.31
6	红岗大安区带-SPG	1 303	1.50	1.49	1.09	1.52	1.40	0.36
7	乾安大情字井区带-SPG	6 680	6.45	6.49		6.57	6.50	1.28
8	孤店大老爷府区带-SPG	579	0.40	0.39	0.47	0.45	0.43	0.07
9	扶新隆起区带-SPG	531	0.28	0.29	0.25	0.33	0.29	0.06
10	扶新隆起区带-FY	2 628	7.03	7.08			7.06	1.67
11	长春岭区带-FY	1 085	0.80	0.80		0.80	0.80	0.20
12	红岗西斜坡区带-FY	846				0.22	0.22	0.05
13	孤店大老爷府区带-FY	1 188	1.00	1.02	0.99	1.09	1.03	0.17
合 计							22.51	4.82

透率为 $(0.1\sim1)\times10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。不同于常规油,致密油油藏呈连续分布,传统的评价方法并不适用。本次评价针对致密油选取了小面元容积法^[11-14]、资源丰度分类类比法^[11-14]等方法计算资源量。

3.2.1 小面元容积法

小面元容积法的基本原理为:从储层角度出发,计算地下岩石孔隙中油气所占的体积,然后用地面的质量单位或体积单位表示。

为了精细评价致密油资源,本次评价将致密油资源进行分类计算。通过统计录井显示与储层物性的相关性(图6)可以看出:低孔、低渗的储层以荧光显示为主,有少量油迹显示;而油迹级以上显示的储层孔隙度大于5%,渗透率大于 $0.03\times10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。考虑致密油储层物性及含油性的这些特征,以孔隙度大小作为分类的依据,可以将致密油储层划分为3类:孔隙度大于9%的为Ⅰ类,渗透率一般大于 $0.2\times10^{-3}\mu\text{m}^2$;孔隙度5%~9%的为Ⅱ类,渗透率一般为 $(0.04\sim0.2)\times10^{-3}\mu\text{m}^2$;孔隙度小于5%的为Ⅲ类,渗透率一般小于 $0.04\times10^{-3}\mu\text{m}^2$ 。

为了突出致密油资源的近期可动性,更加精确地评估致密油可动用资源量,将油迹级及以上显示(主要为Ⅰ、Ⅱ类)的储层厚度作为有效厚度,针对3个区带分砂组计算可动用致密油资源量。

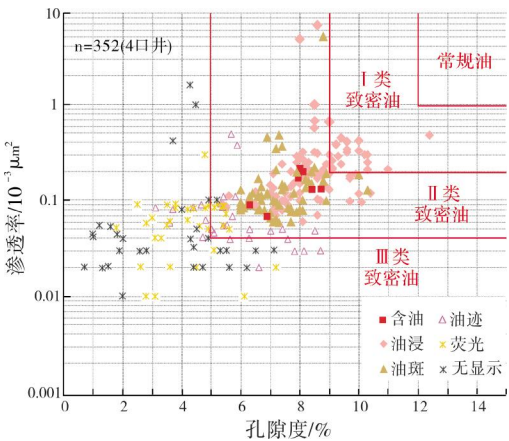


图 6 松辽盆地南部录井显示标定的致密油孔渗参数储层分类

最终计算出扶余油层致密油总资源量为 $9.75\times10^8\text{t}$ (表4)。

容积法与小面元容积法原理相同,计算的致密油资源量约 $9.60\times10^8\text{t}$ (表4)。

3.2.2 资源丰度分类类比法

致密油资源丰度类比法与常规油资源丰度类比法,两者的原理完全相同,但是在具体实践过程中存在很大的差异,主要是致密油资源质量相差较大,因此不仅要评价地质资源的总量,更要评价地质资源

的质量。为此,首先按资源丰度与地质认识将评价区划分为 A、B、C 3 类:A 类相当于潜力区、核心区或甜点区,B 类相当于远景区、扩展区或非甜点区,C 类相当于较长时间不能投入的不可动用区。统计分析 A 类、B 类、C 类地区各项地质参数,按照地质类比标准分别予以打分,然后与已建立的红岗大安刻度区进行类比评价,求取相似系数,根据相似系数和刻度区的资源丰度,求出评价区的地质资源量。计算得到 3 个评价区带的资源量共计 $9.71 \times 10^8 \text{ t}$ (表 4)。

表 4 松辽盆地南部中浅层致密油资源量汇总表

计算单元	地质资源量				可采资源量 (综合)
	小面元容积法	容积法	资源丰度类比法	综合	
红岗大安海坨子区带	3.04	3.37	3.56	3.35	0.57
长岭凹陷区带	2.85	2.92	2.65	2.79	0.35
新北让字井区带	3.83	3.31	3.50	3.54	0.45
合计	9.75	9.60	9.71	9.68	1.37

常规油、致密油 2 项合计,松辽盆地南部中浅层总的石油资源量为 $32.19 \times 10^8 \text{ t}$ 。

4 剩余石油资源分布与勘探方向

4.1 常规油剩余资源

松辽盆地南部中浅层常规油总资源量约为 $22.5 \times 10^8 \text{ t}$,已提交三级储量 $16.80 \times 10^8 \text{ t}$,资源发现率为 74.7%,剩余资源量约为 $5.7 \times 10^8 \text{ t}$ 。剩余资源主要分布于下部组合的扶杨油层($2.0 \times 10^8 \text{ t}$),中部组合的高台子油层($2.1 \times 10^8 \text{ t}$)和萨尔图油层($1.6 \times 10^8 \text{ t}$)。

扶杨油层常规油剩余资源主要分布于已发现油田周边及斜坡带,这些区域资源丰度较高,砂岩发育,横向变化快,单层厚度一般为 4~8 m,有利面积大约 1500 km^2 。

高台子油层剩余资源主要分布于西南沉积体系的三角洲前缘相带(大情字井地区)。被烃源岩包夹的薄砂岩型岩性油藏,大面积连片分布;岩性油藏单层砂岩厚度薄,一般为 1~5 m,纵向上发育多套薄层,累计厚度为 4~12 m;砂体横向变化快,局部相对稳定。综合评价认为,松辽盆地南部高台子油层有利勘探面积约 3000 km^2 。

萨尔图油层目前探明储量已全部动用开发,是储

3.2.3 综合评价结果

上述 3 种方法获得的资源量结果相差不大。由于资源丰度类比法精细地考虑到各类参数的取值,分类原则也是基于资源丰度及地质认识,计算结果相对更可靠,因此该种方法的权重取值稍高,为 0.4;其余 2 种方法由于原理相同,权重值均取 0.3。最终确定致密油总资源量为 $9.68 \times 10^8 \text{ t}$,可采资源量为 $1.37 \times 10^8 \text{ t}$ (表 4)。

量动用程度最高、开发效益最好的目的层系。该油层剩余资源量为 $1.6 \times 10^8 \text{ t}$,主要分布于西部斜坡区,有利区面积约为 $2.4 \times 10^4 \text{ km}^2$,资源丰度较低,分布零散。

4.2 致密油剩余资源

松辽盆地南部扶余油层致密油资源量约为 $9.7 \times 10^8 \text{ t}$,已提交三级储量 $5.4 \times 10^8 \text{ t}$,剩余资源量约为 $4.3 \times 10^8 \text{ t}$ 。剩余资源主要分布于中央拗陷区的余字井、孤店、塔虎城、大情字井等地区,有利区带总面积为 1900 km^2 。与已发现的致密油资源相比,这些地区构造不发育,均分布于凹陷区,致密油储层物性较差,孔隙度一般小于 7%,渗透率一般小于 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,砂体厚度一般小于 20 m,且连续性变差。

4.3 有利勘探方向

松辽盆地南部中浅层石油勘探程度较高,剩余石油资源量约为 $10 \times 10^8 \text{ t}$,主要有利区带的资源分布情况详见表 5。纵向上剩余资源主要集中于扶余油层、高台子油层,其次为葡萄花油层、萨尔图油层;平面上主要围绕青山口组烃源岩发育区分布,集中于大情字井和乾安地区。

大情字井地区纵向上发育黑帝庙油层、葡萄花油层、高台子油层和扶余油层,其中高台子油层分布

表5 松辽盆地南部中浅层石油主要剩余资源分布

分区	区带	区块	有利面积/ km ²	埋深/ m	油藏类型	油层 厚度/m	孔隙度/ %	渗透率/ 10 ⁻³ μm ²	剩余资源量/ 10 ⁸ t	资源 类型
凹陷区	乾安 大情字井 区带-SPG	青三段 三角洲前缘带	2 000	1 900~2 200	岩性、 断层-岩性	2~14	8~20	0.5~10	0.5	常规油
		青二段 三角洲前缘带	200	2 000~2 400	岩性、 断层-岩性	2~10	6~15	0.1~2	0.2	
		青一、二段 三角洲外前缘带	1 300	1 600~2 500	岩性	1~8	5~12	0.05~0.5	1.7	
		青一段 三角洲内前缘带	200	2 200~2 600	构造、 构造-岩性	2~7	6~18	0.2~15	0.2	
	长岭凹陷 区带	余字井	600	2 100~2 500	岩性	2~16	6~12	0.01~0.3	1.2	致密油
	新北 让字井区带	孤店	650	1 600~2 300	岩性	4~20	6~14	0.01~1.2	0.9	
斜坡区	西部斜坡 区带-SPG	套保以东	24 000	100~1 900	地层、构造、 构造-岩性	4~15	10~40	1~2 000	1.6	常规油

范围广、资源量大,为该区主力勘探层系。乾安地区包括鳞字井—大遐字井、余字井、孤店等几个区块,目前已发现资源主要分布于鳞字井—大遐字井地区,余字井、孤店区块为下一步致密油勘探的重点,关键是要持续攻关提产技术,推进储量落实及动用。西部斜坡区的萨尔图油层剩余资源分布面积广,初步预测有利区面积为 $2.4 \times 10^4 \text{ km}^2$,由于油藏较零散,且主要为二维地震工区覆盖区,因此是中长期攻关的目标。

5 结 论

(1) 松辽盆地南部中浅层发育上白垩统青山口组和嫩江组 2 套烃源岩,中央坳陷区的青山口组烃源岩为主力烃源岩。储层以三角洲砂体为主,储集性能受埋深影响较大,埋深大于 1 750 m 的储层渗透率一般小于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,为致密储层。

(2) 松辽盆地南部中浅层自下而上发育 3 套成藏组合:下部组合以扶余油层为主,坳陷区发育大面积连片分布的致密油藏,斜坡区发育常规油藏,以构造-岩性或岩性-构造油藏为主;中部组合的萨尔图油层主要分布于西部沉积体系,以构造油藏为主;中部组合的葡萄花油层和高台子油层,以及上部组合的黑帝庙油层,受控于三角洲相带、断层等,形成多种类型油藏。

(3) 按照 3 套成藏组合,将松辽盆地南部中浅层划分为 16 个区带评价单元,其中常规油 13 个,

致密油 3 个。常规油评价采用统计法和类比法,计算的资源量约为 $22.5 \times 10^8 \text{ t}$;致密油评价采用小面元容积法、资源丰度类比法,计算的资源量约为 $9.7 \times 10^8 \text{ t}$ 。松辽盆地南部中浅层总的石油资源量约为 $32.2 \times 10^8 \text{ t}$ 。

(4) 松辽盆地南部中浅层剩余石油资源量约 $10 \times 10^8 \text{ t}$,其中常规油约为 $5.7 \times 10^8 \text{ t}$,主要分布于高台子油层和萨尔图油层,致密油约为 $4.3 \times 10^8 \text{ t}$,分布于扶余油层。剩余资源主要集中于中央坳陷区的大情字井地区和乾安地区,前者以常规油为主,后者以致密油为主。这 2 个地区油藏分布较集中,资源丰度较高,是近期—中期吉林油田增储上产的主攻区带;西部斜坡区的萨尔图油层是中长期攻关的目标。

参 考 文 献

- [1] 高瑞祺,蔡希源. 松辽盆地油气田形成条件与分布规律[M]. 北京:石油工业出版社,1997: 50-52.
- [2] 王永春. 吉林探区油气勘探理论与实践[M]. 北京:石油工业出版社,2007:1-24.
- [3] 孙雨,陈晨,马世忠,等. 松辽盆地扶新隆起带南部扶余油层油气运移机制与成藏模式研究[J]. 地质论评,2013, 59(3): 501-509.
- [4] 葛岩,黄志龙,唐振兴,等. 长岭凹陷葡萄花油层油源及成藏控制因素分析[J]. 断块油气田,2013, 20(4): 409-412.
- [5] 周总瑛,白森舒,何宏. 成因法与统计法油气资源评价对比分析[J]. 石油实验地质,2005, 27(1): 67-72.
- [6] 金之钧,张金川. 油气资源评价技术[M]. 北京:石油工业出版社,1999.

- [7] 郭光辉, 吉云刚, 赵仁德, 等. 一种油气资源量计算新方法及其应用[J]. 天然气地球科学, 2007, 18(1): 41-44.
- [8] 郭秋麟, 陈宁生, 刘成林, 等. 油气资源评价方法研究进展与新一代评价软件系统[J]. 石油学报, 2015, 36(10): 1305-1314.
- [9] 贾承造, 郑民, 张永峰. 中国非常规油气资源与勘探开发前景[J]. 石油勘探与开发, 2012, 39(2): 129-136.
- [10] 贾承造, 邹才能, 李建忠, 等. 中国致密油评价标准、主要类型、基本特征及资源前景[J]. 石油学报, 2012, 33(3): 343-350.
- [11] 郭秋麟, 陈宁生, 吴晓智, 等. 致密油资源评价方法研究[J]. 中国石油勘探, 2013, 18(2): 67-76.
- [12] 郭秋麟, 周长迁, 陈宁生, 等. 非常规油气资源评价方法研究[J]. 岩性油气藏, 2011, 23(4): 12-19.
- [13] 王社教, 蔚远江, 郭秋麟, 等. 致密油资源评价新进展[J]. 石油学报, 2014, 35(6): 1095-1105.
- [14] 吴晓智, 王社教, 郑民, 等. 常规与非常规油气资源评价技术规范体系建立及意义[J]. 天然气地球科学, 2016, 27(9): 1640-1650.

编辑: 董庸

The geological conditions, resource potential, and exploration direction of oil of middle-shallow layers in the southern Songliao Basin

DENG Shouwei, FAN Jing, WANG Ying

Abstract: The exploration and development of tight oil has greatly changed the structure of oil resources in the southern Songliao Basin, so it is necessary to carry out systematic resource evaluation. The oil resources in the southern Songliao Basin are mainly distributed in middle-shallow layers, in which three reservoir assemblages of lower, middle, and upper develop. Conventional oil is widely distributed in the three reservoir assemblages, but tight oil only in the lower assemblage. As for the conventional oil, we set up three types of calibration zones including structure, structure-lithology, and lithology, and divide the study area into 13 units based on reservoir types and assemblages, and evaluate the resources mainly with statistics and analogy method. As for the tight oil, we set up one calibration zone and divide the study area into 3 units based on permeability, and evaluate the resources with methods of classified resource abundance analogy and small cell volume. The total amount of oil resource in the southern Songliao Basin is about 32.2×10^8 t, including 22.5×10^8 t of conventional oil and 9.7×10^8 t of tight oil. The total amount of remaining oil resources is about 10×10^8 t, including 5.7×10^8 t of conventional oil, which mainly develop in oil layers of Gaotaizi and Saertu, and 9.7×10^8 t of tight oil, which mainly develop in oil layers of Fuyu. The Gaotaizi oil layer in Daqingzijing area and Fuyu oil layer in Qian'an area are the key exploration zones in the near to medium term.

Key words: conventional oil; tight oil; resource evaluation; Cretaceous; exploration direction; Songliao Basin

DENG Shouwei, First author: PhD, Senior Engineer, engaged in petroleum geology. Add: No. 1 Jinjiang Street, Songyuan, Jilin 138000, China

WANG Ying, Corresponding author: PhD, Senior Engineer, engaged in petroleum geology. Add: No. 1 Jinjiang Street, Songyuan, Jilin 138000, China