

辽河断陷源内油气资源潜力分析

廖兴明¹⁾, 廖晓蓉²⁾, 施玉华¹⁾, 柳世光¹⁾

1) 中国石油辽河油田公司, 辽宁盘锦, 124010 ;2) 中国石化西南油气分公司, 成都, 610016

内容提要: 辽河油田经过 50 余年以寻找圈闭为主的源外油气勘探开发, 取得了丰富的成果。1986 年突破年产原油 10.0 Mt 大关, 成为中国第三大油田。进入 21 世纪以来, 油田产量逐年下降, 稳产难度越来越大。为了确保油田持续稳定发展, 积极拓展勘探视野, 寻找新的后备勘探领域, 提出了油田发展的巨大潜在资源——源内油气资源的勘探新思路。可望带来新一轮油气储量和产量增长高峰。源内油气资源是相对于源外油气资源的概念而提出的。源内油气资源就是滞留在烃源岩中尚未排出或难于排出的油气资源。在长期的源外石油勘探工作中, 摸索、总结了一套具有指导意义的石油地质理论和较成熟的勘探、开发技术系列, 有效地勘探开发了地下的油气资源。源内石油勘探, 是对油田发展和国家能源战略安全的前瞻性思考。但这是一个难度较大、常人难以理解的新领域和新观念! 特别是面对目前世界原油价格不断下滑的困难局面, 更增加了工作的难度。如能突破对这种新观念的种种束缚和来自方方面面的阻力, 积极组织研究源内油气资源的富集和分布规律, 开展相应的勘探开发技术攻关, 将会带来新一轮油气资源量和储量增长高峰。对油田发展和国家能源战略安全具有重要的现实意义和深远的历史意义。

关键词: 源内油气资源; 源外油气资源; 油页岩; 微裂缝; 纳米孔

随着油田勘探开发的深入发展, 缺少较整装的后备勘探开发区块, 稳产难度越来越大。为了使油田发展有更加充足的资源保障, 必须积极开辟新的油气勘探领域, 为此, 提出了“源内油气资源”的新思考, 可望带来新一轮油气储量和产量增长高峰, 对油田发展和国家能源战略安全具有重要的现实意义。

所谓“源内油气资源”是相对于“源外油气资源”的概念而提出的。源内油气资源是指滞留或富集在烃源岩中尚未排出或难以排出的油气资源。北美和我国四川涪陵地区的海相页岩气都属于源内油气资源的范畴。辽河油田的 H95、SG165、S224 等井在深灰、褐灰色泥岩、页岩中(烃源岩)不同程度地获工业性油气流, 揭示了源内油气资源勘探的良好发展前景。

“源外油气资源”, 是指从烃源岩中运移出来的油气, 在适宜的条件下, 在储集层圈闭中聚集成藏的油气资源。这是目前油气勘探活动的主要目标。随着油气勘探开发的深入发展, 可供勘探的领域越来越小、越来越隐蔽, 难度越来越大。积极开拓新的——源内油气勘探领域, 成为石油工业发展的必

然趋势。

1 地质概况

辽河断陷是在华北地台基础上发育起来的裂谷盆地。位于辽宁省南部, 北抵沈阳, 南至辽东湾海域, 东西两侧大致以沈大、沈山铁路为界; 构造上位于渤海湾盆地东北部, 是一个中—新生代断陷—坳陷叠合型盆地^①。坳陷受北东走向的郯庐深大断裂控制, 经历了古近纪早期裂陷、中期进入裂(断)陷鼎盛时期, 晚期持续下陷—衰减。由于断裂分割形成三个独立的凹陷和三个凸起。即北部大民屯凹陷、西部凹陷、东部凹陷; 西部凸起、中央凸起、东部凸起(图1)。新近纪坳陷期形成统一的辽河坳陷, 坳陷面积约 12400 km²。古近系断陷面积 6660 km², 是油气田的主要分布区。

古近纪时期, 构造运动相对较弱, 湖盆持续下沉, 气候温暖潮湿, 周边发育众多规模不等的山间河流, 携带大量的陆源碎屑和营养物质注入湖盆, 湖生生物大量生长繁殖和死亡, 形成了巨厚的富含有机质的生油岩系——烃源岩(宁方兴, 2015)。自下而上发育四套烃源岩, 其中以古近系沙河街组四段

(E_2s^4)、三段(E_2s^3)为主要烃源岩,其厚度大(700 ~ 2000m)、有机质丰富、母质类型好(I、II_B型为主),地温梯度高(最高 6.7℃,一般 3 ~ 4℃),转化条件好,油气资源十分丰富。1986 年突破年产原油 1000 × 10⁴t,成为中国第三大油田。连续 30 年稳产 1000 × 10⁴t 以上,到目前为止,累计生产原油约 4.3 × 10⁸t。

2 辽河断陷源内油气资源潜力分析

2.1 源内油气资源的概念和意义

所谓源内油气资源是相对于源外油气资源的概念而提出来的。源内油气资源就是滞留在生油层系(烃源岩)中尚未排出或难于排出的油气资源。这些油气资源主要以游离态、吸附态或溶解态赋存在烃源岩的纳米级孔、洞、缝中。

源外油气资源,是指从生油层(烃源岩)中逃移

出来的油气,在储集层中富集成藏的油气资源。源外石油勘探是以寻找含油气圈闭为主。在长期的生产活动中,摸索、总结了一套具有指导意义的石油地质理论和较成熟的勘探、开发技术系列,有效地勘探开发了地下的油气资源。促进了国民经济快速发展。但对源内油气资源勘探来说,这是一个难度较大、常人难以理解的新领域和新观念。如能突破对这种新观念的种种束缚,积极组织研究源内油气资源的富集条件、分布规律等,开展相应的勘探开发技术攻关,将会带来新一轮油气资源量和储量增长高峰。对油田发展和国家能源战略安全具有重要的现实意义和深远的历史意义。

2.2 源内油气藏特点及类型分析

源内即烃源岩内。烃源岩指富含有机质的暗色泥岩、页岩、油页岩、粉砂质泥岩、凝灰质泥岩、云质泥岩、薄层状泥质灰岩和灰质泥岩等。它们既是生

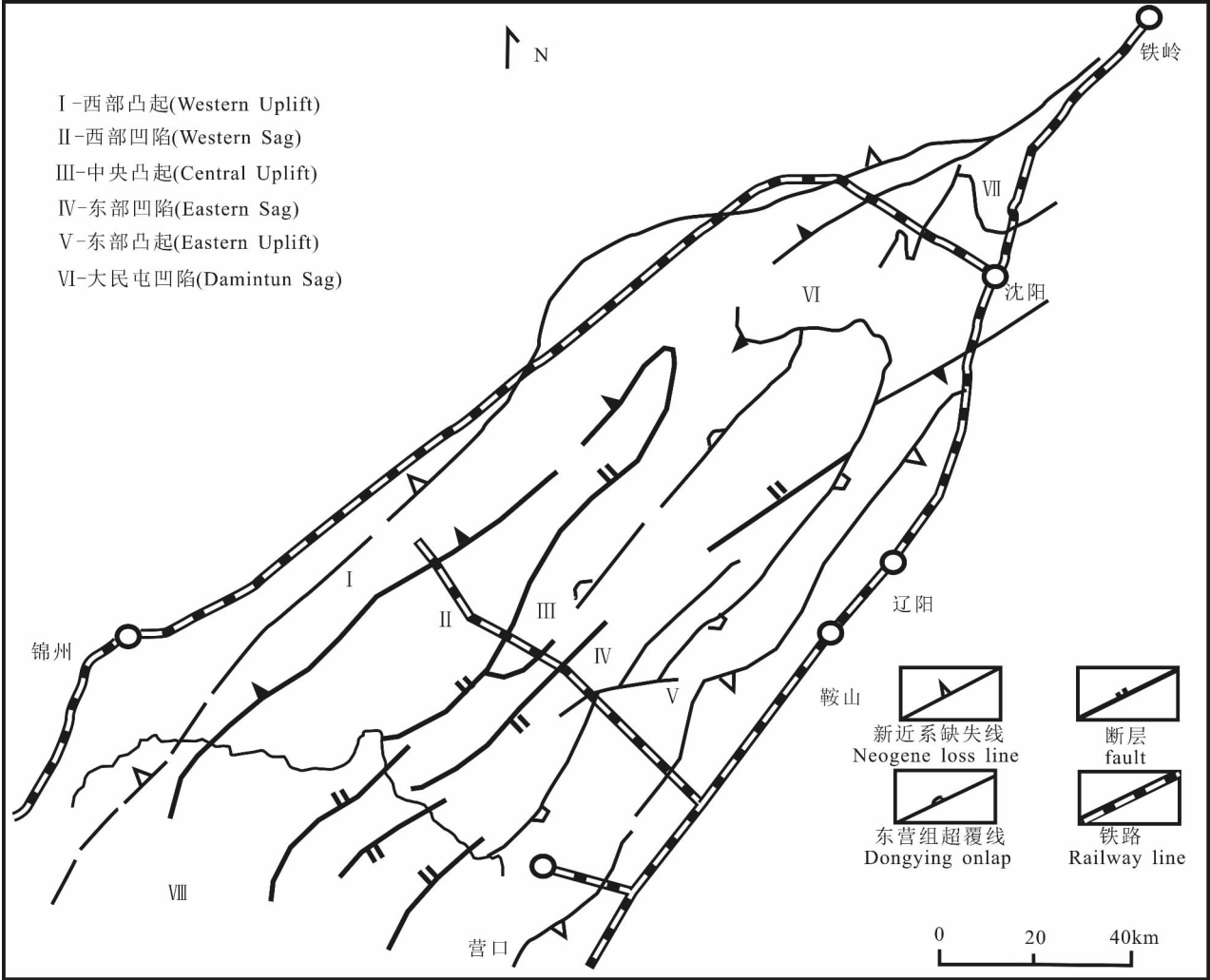


图 1 辽河断陷构造单元划分图

Fig. 1 The structural unit division in Liaohe Depression

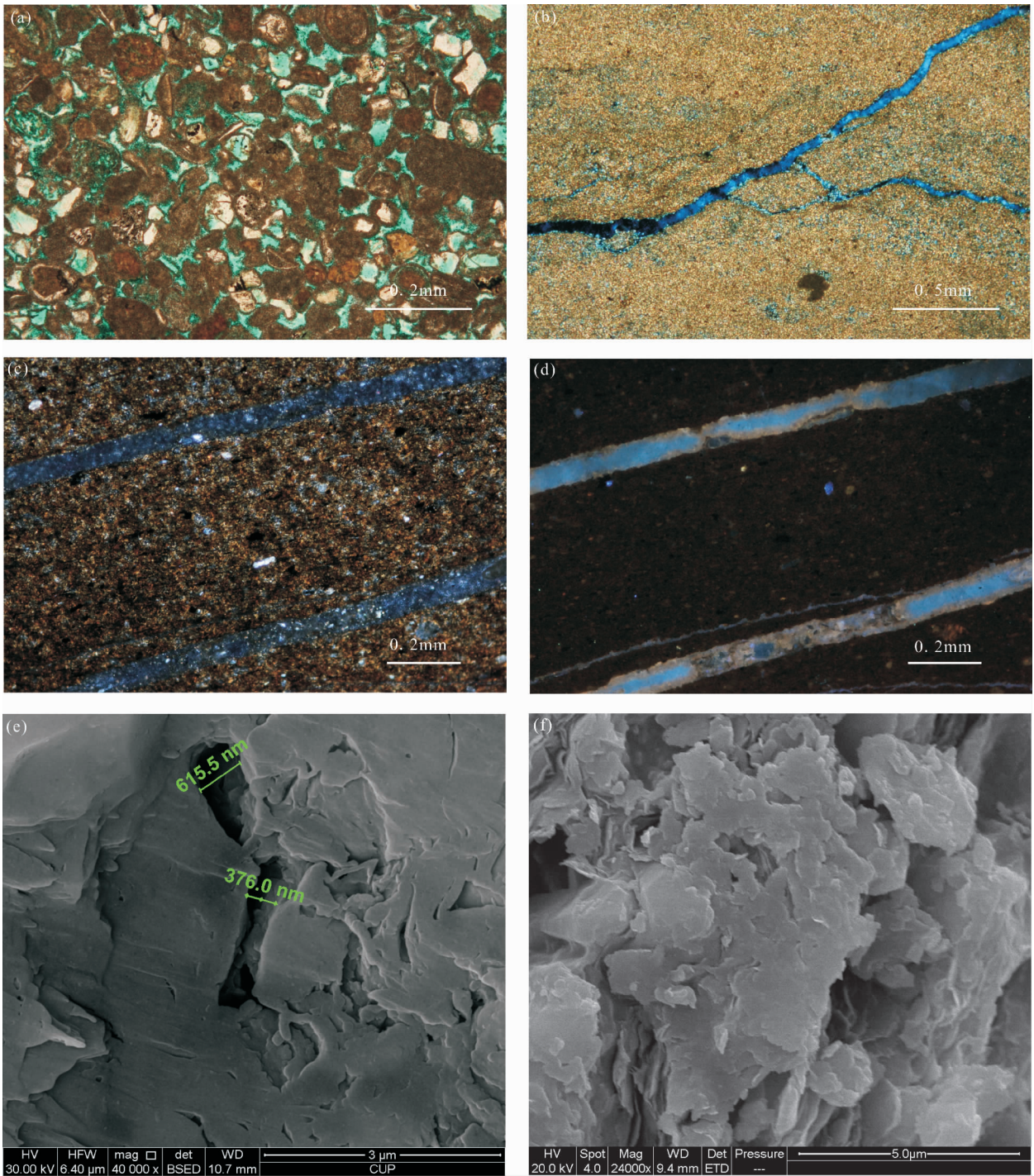


图 2 源内油气储层特征(宋柏荣^①)

Fig. 2 Oil and gas reservoir features within the kitchen(from Song Bairong^①)

(a) 泥晶粒屑云岩,粒间孔及溶孔(高 25-21 井,1883.56m)。(b) 含泥泥晶云岩,构造微裂缝及基质溶孔(雷 36 井,2515.39m)。(c) 含碳酸盐油页岩,页理缝(沈 352 井,3171.41m)。(d) 含碳酸盐页岩,页理缝发暗黄,淡蓝的荧光,含油(沈 352 井,3171.41m)。(e) 含菱铁矿泥岩,有机孔(沈 352 井,3242.45m,氩离子抛光扫描电镜,60000×)。(f) 含碳酸盐油页岩,晶间孔(沈 352 井,3176.57m,场发射扫描电镜,24000×)

(a) Micrite grain doiomite, intergranular pore and dissolved pore (Gao oilwell25-21, 1883.56m). (b) Argilliferous micrite dolomite, microtectoclase and dissolved pore of matrix (Lei oilwell36, 2515.39m). (c) Carbonated oil shale, lamellation crack (Shen oil well352, 3171.41m). (d) Carbonated shale, lamellation crack is drak yellow, light blue fluorescent light, contain oil(Shen oil well352, 3171.41m). (e) Siderited mudstone, organic pore (Shen oil well352, 3242.45m, SEM with Ar-ion,60000x). (f) Carbonated oil shale, intercrystal pore (Shen oil well352, 3176m, FESEM,24000x)

油层,又是油气滞留和富集的“储集层”,这就决定了源内“油气藏”的特点:

(1) 烃源岩的岩性一般较致密,孔渗条件差。储集空间以极其微小粒间孔(图2a)、溶蚀孔、洞、缝(图2b)、生物洞穴、有机孔(图2e)、页岩的页理面、微裂缝和收缩张裂缝等^⑥((图2c、d))。但由于构造断裂活动的改造,可能形成多期多组系的裂缝系统,有利于油气在源岩内作短距离运移和富集,使源内油气资源勘探成为可能。

(2) 油藏类型有层状和不规则块状体。一般页状岩石为层状“油气藏”;厚层块状烃源岩中的缝洞发育带或断裂破碎带及其油气在其中富集成藏的几何形态,可能是不规则的块状体“油藏”。

(3) 源内油气藏的成藏机制不同于常规的砂岩油藏,常规的砂岩油气藏,油气是在浮力作用下克服源岩中的毛细管阻力进入储层,并聚集成藏。源内油气是以游离、溶解和吸附状态存在于微孔隙、微裂缝、有机孔和矿物颗粒表面,主要靠生烃增压或构造作用产生的压差,使油气由相对高压区向相对低压区作短距离运移富集,因此,油藏(层)可能无边水和底水,弹性能量较低。如不进行油层改造和能量补充,一般产量较低。

(4) 滞留在烃源岩中的油气,保存较好,一般为未氧化型原生油气藏(层),原油性质较好。

正是由于上述特点,特别是物性差、产量低的特点,在常规油气勘探过程中不容易引起重视,使滞留在烃源岩中的丰富的油气资源“含冤”地下而得不到开发利用。

2.3 辽河断陷源内油气资源潜力巨大

辽河断陷在古近系沉积时期,为潮湿湿润气候条件下的深湖—半深湖相(亚相)的暗色泥岩沉积,发育沙河街组四段(E_2s^4)、三段(E_2s^3)、沙1+2段(E_3s^{1+2})、东营组(E_3d)等四套烃源岩。但在各凹陷生油层系的发育程度、富含有机质的数量、质量、母质类型、成熟度、生烃强度、油气生成的质量和数量等差别较大:西部凹陷四套烃源岩都较发育,但以沙河街组四段(E_2s^4)、三段(E_2s^3)最好,生油层厚度大达700~1200m、母质类型好以I~II_B型为主,TOC含量一般在1.0%~16.5%之间, R_o 值一般在0.5%~1.1%左右,已进入成熟生油阶段,是优质烃源岩。SG165井在沙三段褐灰、深灰色泥岩中常规试油获工业油流;东部凹陷只有沙河街组三段(E_2s^3)、1+2段(E_3s^{1+2})、东营组(E_3d)等这三套烃源岩,以沙三段最好,生油层最厚约1000m,母质类

型以II_B~III型为主;TOC含量一般1.0%~3.0%,平均2.91%, R_o 一般在0.5%~1.3%左右,已经进入成熟生油阶段。大民屯凹陷主要发育沙河街组四段(E_2s^4)、三段(E_2s^3)两套烃源岩,生油层厚达800~2000m,TOC平均值可达7.85%,母质类型以II_B为主, R_o (热演化程度)在0.5%~0.7%之间,大民屯凹陷广泛发育2~3套油页岩,厚度为40~140m,是最好的源岩类。S224井在沙四段褐灰、深灰色泥质灰岩、油页岩中获油斑显示,气测异常较高,在2968~3010m井段试油,日产油16.2t,表明源内油气资源的存在。

资料表明,辽河断陷烃源岩分布层位多、面积广、厚度大,有机质丰富、母质类型好;表明深灰、褐灰等暗色泥、页岩既是良好的生油层,又是滞留油气富集的储集层。已有SG165、H95、S224等井在烃源岩中获得工业油流,展示了源内油气资源良好的勘探前景。

按照辽河油田第三次油气资源评价(胡礼国^①),辽河断陷总生油量约40.3Gt,生气量为 $14.5 \times 10^{12} \text{m}^3$ (表1);石油资源量4.18Gt,天然气资源量 $3950 \times 10^8 \text{m}^3$,分别占生油、气量的10%和3%。其中西部凹陷:生油量19.8Gt,生气量 $5.7 \times 10^{12} \text{m}^3$;石油资源量2.33Gt,天然气资源量 $1710 \times 10^8 \text{m}^3$,分别占生油气量的12%和3%。东部凹陷:生油量7.4Gt,生气量 $3.2 \times 10^{12} \text{m}^3$;石油资源量0.65Gt,天然气资源量 $960 \times 10^8 \text{m}^3$,分别占生油气量的9%和1.5%。大民屯凹陷:生油量56.5 $\times 10^8 \text{t}$,生气量 $1.6 \times 10^{12} \text{m}^3$;石油资源量 $5.7 \times 10^8 \text{t}$,天然气资源量 $480 \times 10^8 \text{m}^3$,分别占生油气量的10%和3%。滩海西部凹陷:生油量3.7Gt,生气量 $1.6 \times 10^{12} \text{m}^3$;石油资源量0.33Gt,天然气资源量 $320 \times 10^8 \text{m}^3$,分别占生油气量的9%和2%。滩海东部凹陷:生油量3.8Gt,生气量 $2.4 \times 10^{12} \text{m}^3$;石油资源量0.3Gt,天然气资源量 $480 \times 10^8 \text{m}^3$,分别占生油气量的8%和2%^②。

在源外石油勘探中,各凹陷石油资源量仅占烃源岩中生油量的8%~12%。经过了50余年的勘探开发,剩余石油资源量约1.8Gt,剩余天然气资源量约 $14.3 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。这是当前确保油田稳定发展的资源条件。但没有较大的勘探目标(含油气圈闭),稳产难度大。如果再从烃源岩中找到生油量的10%~20%,即石油资源量约3.6Gt~7.2Gt;天然气资源量约 $1.4 \times 10^{12} \text{m}^3 \sim 2.8 \times 10^{12} \text{m}^3$,这比源外石油勘探中所提供的资源量要丰富得多,勘探领域

更广,但也要难得多。随着勘探技术特别是水平井和压裂技术的不断进步和国家的政策性扶持,会带来源内石油勘探开发的革命性变化。这不仅给石油工业发展带来重大转机、为国民经济发展注入新的活力,也能有效地确保国家能源战略安全。

3 源内油气资源勘探的重大发现和突破

3.1 美国页岩气

近年来,美国在页岩气的勘探开发实践中取得了举世瞩目的成就。目前美国页岩气已经进入产业化生产,使其非常规天然气的产量增加了 65%,由 1998 年约 $1500 \times 10^8 \text{ m}^3$,增至 2007 年约 $2500 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。页岩气使美国的天然气储量增加了 40%。2009 年美国年产页岩气 $1000 \times 10^8 \text{ m}^3$,占全国天然气总产量的 13%~15%(纽约时报 2009 年 10 月 10 日)。这不仅使美国天然气快速自给,而且带来世界页岩油气勘探认识上的变化;同时,形成了一套相应的技术系列,从而,影响和带动了各国非常规油气勘探,展示了源内油气资源勘探的光明前景。

3.2 中国源内油气勘探获重大发现和突破

3.2.1 中国海相页岩气获重大突破

2005 年以来,中国在页岩气勘探开发上,借鉴北美成功经验,加强了中国页岩气赋存地质条件研究。在资源评价基础上,进行区域性预探。在四川盆地及邻区钻探了长芯 1、渝页 1、威 201、宁 201、焦页 1、巫溪 2 等井,在滇东北昭通地区钻探了昭 101 井、在湘西地区钻探了湘页 1,在下扬子地区钻探了宣页 1 井、在鄂尔多斯钻探了柳评 177 井等一批具有战略意义的区域探井(张金川等,2012;邹才能等,2016)。在此基础上评价优选了四川盆地及邻区、鄂尔多斯盆地为中国页岩气勘探开发有利区。截止 2016 年 4 月,中国共有页岩气探矿权区块 54 个,面积约 $17 \times 10^4 \text{ km}^2$,20 余家国内外企业在 11 个

省区 5 大沉积盆地(区)开展页岩气勘探开发,钻井 800 余口,压裂试气 270 余口获页岩气流。在四川盆地发现上奥陶统五峰组一下志留统龙马溪组特大型页岩气区,涪陵、长宁、威远 3 大页岩气田,累计探明页岩气地质储量 $5441.29 \times 10^8 \text{ m}^3$,初步实现页岩气工业化开采,年产量逾 $40 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。中国成为全球第 3 个实现页岩气生产的国家(邹才能等,2016)。

四川盆地涪陵焦石坝和威远、长宁县、珙县等地区都是海相页岩气,具有厚度大、分布稳定的特点,海相页岩可能既是生气的源岩,也是储气层,展示了广阔的勘探开发前景。随着页岩气与常规天然气产量的增加,四川盆地有望建成 $5000 \times 10^4 \text{ t}$ 级油气当量的“西南大庆”(即西南气大庆)(张晓明等,2015;邹才能等,2016)。

3.2.2 辽河坳陷油气勘探在陆相泥页岩获重大突破

辽河坳陷,在源外油气勘探过程中,在烃源岩(源内)中有 H95 井、SG165 井、S224 井、等多口井不同程度地获良好油气显示或工业油气流,预示了源内油气资源勘探的广阔前景:

3.2.2.1 辽河断陷在褐灰、深灰色泥岩(烃源岩)突破出油关

据辽河油田完井数据表和试油资料:H95 井,1980 年 6 月 29 日完钻,完钻井深 3655 m,在沙三下段褐灰、深灰色泥岩中电测解释:3495~3518 m,差油层 3 层 16.4 m,常规试油射开 3497.2~3512.6 m 井段,液面 1743.5 m,日产油 0.6 m^3 ,累计产油 4 m^3 。结论:差油层。原油性质:密度 0.9204 g/cm^3 ,粘度 117 $\text{mPa}\cdot\text{s}$,凝固点 26 $^{\circ}\text{C}$,含蜡 3.55%,含硫 0.22%,胶质 19.56%。

据辽河油田完井数据表和试油资料:SG165 井,2011 年 3 月 5 日完钻,井深 3389m,录井在 2704~3006m 约 300m 井段的褐灰、深灰色泥岩(图 3)井段

表 1 辽河断陷石油和天然气资源量统计表
Table 1 The statistical table of the oil and gas resource in Liaohe Rift

凹陷	面积 (km^2)	生油层特征				生油气量		资源量			
		层位	厚度(m)	TOC(%)	母质类型	油 ($\times 10^8 \text{ t}$)	气 ($\times 10^{12} \text{ m}^3$)	油 ($\times 10^8 \text{ t}$)	占 (%)	气 ($\times 10^8 \text{ m}^3$)	占 (%)
西部	2560	$\text{E}_2\text{S}^3, \text{S}^4, \text{E}_3\text{S}^{1+2}$	700~1200	1~16.5	I~II B	235	7.3	26.6	11	2030	3
东部	3300	$\text{E}_2\text{S}^3, \text{E}_3\text{S}^{1+2}$	1000	平均 2.91	II B~III	112	5.6	9.5	8	1440	3
大民屯	800	$\text{E}_2\text{S}^3, \text{S}^4$	800~2000	平均 7.85	II B	56.5	1.6	5.7	10	480	3
合计	6660					403.5	14.5	41.8		3950	

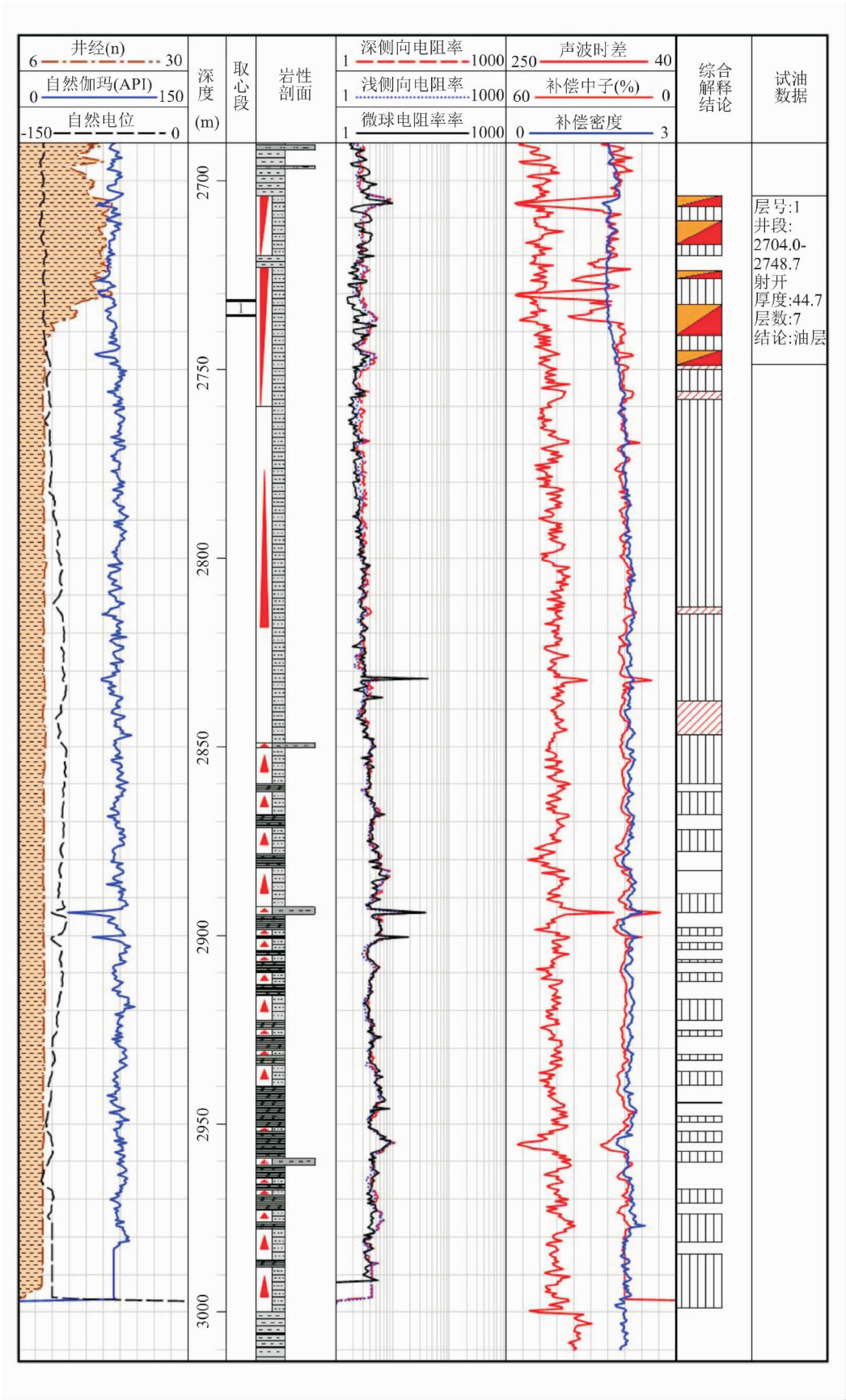


图 3 辽河油田 SG165 井完井综合图(据泥浆录井)
Fig. 3 Well completion of the Well SG165 in Liaohe Oilfield (from mud logging)

中见油浸、油斑和含油显示,在沙三段 2704 ~ 2750m,录井解释油气同层 5 层 24.5m,试油射开井段,2748.2 ~ 2704 m,7 层 44.7 m,6mm 油咀,日产油 7 m^3 ,累计油 100.8 m^3 ,结论:油层。静压 45.58 MPa,疏压 25.67MPa。原油性质:密度 0.8907 g/cm^3 ,粘度 $38.13\text{ mPa}\cdot\text{s}$,凝固点 23°C ,含蜡 9.59%,胶 + 沥青质 20.35%。

研究认为,富含有机质的烃源岩(暗色泥岩或油页岩),在适宜的温度、压力等条件下,有机质转化成分散状的微量“油滴”或“气”,赋存在纳米级孔、洞、缝中。分析认为,当形成的微量油气逐渐增多时,则产生增压作用或由于上覆地层产生的静压力,使油气逐步渗流或压入孔隙相对较发育的储集层中而富集成油气藏。远离输导层或孔隙发育的储集层时,则有机质转化形成的油气就滞留在烃源岩中,特别是油页岩和远离孔隙发育的储层的巨厚块状暗色泥岩,滞留的油气较为丰富。在后期的多期次、不同方向的构造应力作用下,产生多期、多组系的裂缝系统,为烃源岩中滞留的油气富集提供了良好的储集空间,有利于层状油藏(油页岩)和不规则的块状油藏(决定于巨厚的暗色泥岩中裂缝体系的形状)。上述资料说明,在烃源岩中,缝洞发育的地方或断裂破碎带,滞留的油气是可以透过裂缝系统作短距离运移富集,形成有开采价值的源内油藏。揭示了源内油气勘探潜在的巨大资源潜力和油田发展的重大战略接替领域。应当引起决策层的高度重视和深入研究。

3.2.2.2 陆相页岩油气获重大突破

对于源内油气层,页岩有较发育的页理缝和微裂缝,油气要比在厚层块状泥岩中更容易形成油气富集区。资料表明,页岩或似层状岩石中,发育层理面和平行层理面的微裂缝系统(图 2 c、d),构成油气运聚的良好通道和储集空间。S103 井在沙四段泥质页岩岩样中,见到大量沿层理和微裂缝分布的纹层状和波状烃类荧光,肉眼亦可见到原油沿层面分布(肖佃师等,2016)。这一成果说明,在辽河断陷广泛分布的油页岩、页岩、钙质页岩、云质页岩和泥灰岩等都可能不同程度的滞留油气富集区,是较现实的源内油气勘探领域。

辽河断陷在西部凹陷的 G34 井区和大民屯凹陷的 S224 等井区,在沙四段的陆相油页岩、薄层泥质云岩中获不同程度的油气流和工业油气流。S224 井在沙河街组四段二亚段($E_2s_4^2$)的泥页岩段压裂试油,日产油 16.2t,2010 年 5 月至 2011 年 7 月累计

产油 3126.4t,产气 73805 m^3 ,此外,在大民屯凹陷内对 137 口探井的资料进行复查,其中有 50 多口井在泥页岩地层具有良好的油气显示(卢双舫等,2016)。展示了陆相地层源内油页岩油气勘探的新希望。目前,在上述两个地区初步控制了约 200 km^2 的含油气面积。预计进一步工作,将有更大的发现和突破。

4 结论及建议

4.1 结论

(1)辽河断陷烃源岩中有大量的油气滞留和富集,是油田持续稳定发展和国家能源战略安全潜在的丰富油气资源。第三次资源评价采用多种方法计算结果:辽河断陷总生油量约 $403 \times 10^8\text{ t}$,生气量为 $14.5 \times 10^{12}\text{ m}^3$;石油资源量 $41.8 \times 10^8\text{ t}$,天然气资源量 $3950 \times 10^8\text{ m}^3$;目前,石油资源量分别占生油量的 10% 和 3%,说明还有大量的油气资源还滞留在“源岩”中(不排除有部分被散失),如果其中有 10% ~ 20% 的滞留油气被开发利用,可为油田持续稳定发展提供约 $36 \times 10^8\text{ t} \sim 70 \times 10^8\text{ t}$ 石油资源量和 $4200 \times 10^8\text{ m}^3$ 天然气资源量。

(2)辽河断陷陆相页岩油气是目前较现实的源内油气资源勘探领域。在辽河断陷广泛分布富含有机质的油页岩、页岩、钙质页岩、云质页岩、泥质灰岩和灰质泥岩等,都可能不同程度的有油气滞留和富集其中,而且页岩有较强的波阻抗界面,易于识别,是较现实的源内油气勘探领域。

4.2 建议

(1)源内油气勘探面对的是质纯性脆的暗色泥岩和油页岩,泥岩迁水膨胀、易垮塌。因此,要求有与之相适应、配套的勘探开发技术系列,这就可能带来常规油气勘探技术的革命和选择性发展,建议引进和开发直接找油技术、发展高精度地震技术、大强度的油层改造和压裂技术、精准的平衡钻井和水平井钻井技术等的同步快速发展,满足源内油气勘探开发的需要。

(2)源内油气以游离、吸附和溶解等方式赋存在纳米级的低孔、低渗的烃源岩储层中,勘探开发的难度较大,勘探成本较高,特别是目前油价低迷(2015 年 12 月已跌破 30 美元/桶)的情况下,勘探工作很难展开。但可加强地质综合研究。建议设立源内油气资源研究课题组,研究烃源岩的排烃规律、残烃或滞留油气的富集条件和分布规律;评价富含有机质的泥页岩有利相带、油气资源潜力区分布与

优选;泥页岩中缝洞发育特点及分布规律;研究裂缝的成因类型和分布特点,一般断裂带附近的泥页岩裂缝较发育,可能是滞留油气富集区;以及国内外有关源内(如海相页岩气)油气勘探的成果、方法和技术系列的调研,建立适合陆相地层烃源岩中油气勘探开发的技术系列和技术规范;

(3)有针对性地选择泥页岩(烃源岩)进行大井段连续取心,为滞留的源内油气的赋存状态、缝洞发育特点和源内油气的富集规律等的研究提供可靠资料;

(4)油田的兴衰,不同程度地影响和制约石油工业和国民经济的发展,建议政府或石油总公司加大风险勘探的投入,扶持这一具有战略意义的源内石油勘探工作健康、有序发展,改善 1 和降低我国对石油进口的依存度(60% 以上),确保国家能源战略安全和国民经济持续、稳定发展。

注 释 / Notes

① 胡礼国,等. 2002. 辽河断陷及外围油气资源评价. 辽宁盘锦:中国石油辽河油田公司,内部资料.
Hu Liguó et al. 2002#. Oil and gas resource estimation of Liaohe faulted depression and its periphery, internal published academic journal.

② 廖兴明,姚继峰,于天欣,等. 1994. 辽河盆地构造分析和演化及其与天然气生成、运移、聚集的关系. 辽宁盘锦:中国石油辽河油田公司,内部资料.
Liao Xingming et al. 1994#. Liaohe basin structure analysis, structural evolution and their relations with generation, migration and accumulation of natural gas, internal published academic journal.

③ 宋柏荣. 2013. 西部凹陷致密油气储层微观特征及对油气成藏的控制作用. 辽宁盘锦:中国石油辽河油田公司,内部资料.
Song Bairong. 2013#. microscopic feature of tight reservoirs in west depression and their control on reservoir forming, internal published academic journal.

参 考 文 献 / References

(The literature whose publishing year followed by a “&” is in Chinese with English abstract; the literature whose publishing year followed by a “#” is in Chinese without English abstract)

卢双舫,单俊峰,陈国辉,王民,李进步,王新,胡英杰,毛俊莉. 2016. 辽河断陷大民屯凹陷沙河街组四段页岩油富集资源潜力评价. 石油与天然气地质,37(1): 8~13.

宁方兴. 2015. 济阳拗陷页岩油富集主控因素. 石油学报,36(8):905~913.

肖佃师,卢双舫,陆正元,张鲁川,郭思祺,谷美维. 2016. 辽河断陷大民屯凹陷沙河街组四段页岩油层矿物组份含量反演方法及应用. 石油与天然气地质,37(1): 37~44.

张金川,林腊梅,李玉喜,唐玄,朱亮亮,邢雅文,姜生玲,荆铁亚,杨升宇. 2012. 页岩油分类与评价. 地学前缘,19(6):322~331.

张晓明,石万忠,徐清海,王任,徐壮,王键,王超,袁琪. 2015. 四川盆地焦石坝页岩气储层特征及控制因素. 石油学报,36(8):926~938.

邹才能,董大忠,刘洪林,王玉满,李新景,黄金亮,王淑芳,管全中,张晨晨,王红岩,拜文华,梁峰,吝文,赵群,刘德勋,杨智,梁萍萍,孙莎莎,邱振. 2016. 中国页岩气特征、挑战及前景. 石油勘探与开发,43(2):166~178.

Lu Shuangfang, Shan Junfeng, Chen Guohui, Wang Min, Li Jinbu, Wang Xin, Hu Yingjie, Mao Junli. 2016#. Potential evaluation of enriched shale oil resource of Member 4 of the Shahejie Formation in the Damintun Sag, Liaohe Depression. Oil & Gas Geology, 37(1): 8~13.

Ning Fangxing. 2015#. The controlling factors in shale oil accumulation in Jiyang Depression. Acta Petrolei Sinica, 36(8):905~913.

Xiao Dianshi, Lu Shuangfang, Lu Zheng Yuan, Zhang Luchuan, Guo Siqi, Gu Meiwei. 2016#. Inversion method of shale oil Formation mineral component content and its application in the Fourth Member of the Shahejie Formation in the Damintun Sag, Liaohe Depression. Oil & Gas Geology, 37(1): 37~44.

Zhang Jinchuan, Lin Lamei, Li Yuxi, Tang Xuan, Zhu Liangliang, Xin Yawen, Jiang Shengling, Jing Tieya, Yang Shenyu. 2012#. Classification and evaluation of shale oil. Earth Science Frontiers, 19(6):322~331.

Zhang Xiaoming, Shi Wangzhong, Xu Qinghai, Wang Ren, Xu Zhuang, Wang Jian, Wang Chao, Yuan Qi. 2015#. Reservoir characteristics and controlling factors of shale gas in Jiaoshiba area, Sichuan Basin. Acta Petrolei Sinica, 36(8):926~938.

Zou Caineng, Dong Dazhong, Wang Yuman, Li Xinjing, Huang Jinliang, Wang Shufang, Guan Quanzhong, Zhang Chenchen, Wang Hongyan, Liu Honglin, Bai Wenhua, Liang Feng, Lin Wen, Zhao Qun, Liu Dexun, Yang Zhi, Liang Pingping, Sun Shasha, Qiu Zhen. 2016#. Shale gas in China: Characteristics, challenges and prospects. Petroleum Exploration and Development, 43(2):166~178.

Oil and Gas Resource Potential Analysis within Kitchen in Liaohe Rift

LIAO Xingming¹⁾, LIAO Xiaorong²⁾, SHI Yuhua¹⁾, LIU Shiguang¹⁾

1) Liaohe Oilfield Company, Panjin, Liaoning,124010;
2) Sinopec Southwest Oil & Gas Company, Chengdu, 610016

Obiectives: Through over 50 years of outside source rock development and exploration that primarily focus on trap finding, abundant results have been obtained. By the year 1986, the annual oil production of the oil field broke though 1000×10^4 t, and became the third largest oil field of China. While entering 21st century, oil

production of this oilfield decreased year by year, and the difficulty of stabilizing oil production became larger and larger. The purpose of writing this paper is expanding exploration visibility to find new substitute exploration territory for the sustained stable development of the oilfield.

Methods: A new bold exploration thinking of finding great tremendous potential resources potential resources in the source rock was raised.

Results: The so called source rock hydrocarbon resources is the concept raised in comparison with hydrocarbon resources outside source rock. Source rock hydrocarbon resources is the hydrocarbon resources that is not yet expelled or difficultly expelled and still residual in the oil generative assemblage (hydrocarbon mother rock).

Conclusions: Outside source rock exploration (conventional oil conventional oil prospect) is the exploratory work primarily on finding oil and gas bearing trap. In the long term production operation, a set of directive petroleum geology theory and relatively matured serial exploration and development technique were found and generalized. With such exploration method, hydrocarbon resources of this oilfield were effectively explored, developed and used. Source rock petroleum exploration is a forward looking concept for oil field development and state energy resources strategy security. However, it is a hard understanding frontier and concept for average man. In particular, the continuous gliding international crude oil price quagmire adds the difficulties to the exploration work. If we can break through many restrains and resistance to this new concept, and actively carry out studies on source rock hydrocarbon resources concentration and distribution and on relevant exploration and development technique, the source rock exploration work will lead to a new hydrocarbon resources and reserve additions peak.

Keywords: source rock hydrocarbon resources; hydrocarbon resources outside source rock; oil shale; micro-crack; nano-pore.

Acknowledgements: It has both practical and historic significance on oil field development and state energy security.

First author: LIAO Xingming, born in 1940, male. graduated from petroleum and natural gas exploration at Southwest Petroleum University in 1964, professor level senior engineer, expert with State Department special allowance, administrative vice director of Geophysical Society in Liaoning. Email: 18842784048@163.com

Manuscript received on: 2016-03-15; Accepted on: 2016-10-22; Edited by: ZHANG Yuxu.

Doi: 10.16509/j.georeview.2016.06.007