

江汉盆地江陵凹陷油气富集规律与勘探方向

罗开平¹, 邱歧¹, 叶建中²

(1. 中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214126;

2. 中国石油化工股份有限公司 江汉油田分公司 荆州采油厂, 湖北 荆州 434100)

摘要:江汉盆地江陵凹陷主力烃源岩为新沟嘴组下段, 梅槐桥—资福寺向斜是生油中心。已经发现的油气藏具有圈闭规模小、充满度低、环生油中心较集中分布的特点和规律, 以断层为主的输导体系和储层物性是油气成藏和富集的主要控制因素。江陵凹陷白垩—第三系资源探明率仅为12.4%, 探明程度很低, 还具有很大的勘探潜力。荆州背斜带南缘斜坡和梅槐桥洼陷内构造—岩性及岩性圈闭、万城断裂上盘白垩系及前白垩系古潜山、公安单斜带火山岩储层及生油洼陷中的页岩油是今后一段时间油气勘探的突破方向和领域。

关键词: 烃源岩; 生油中心; 油气富集; 勘探方向; 江陵凹陷; 江汉盆地

中图分类号: TE122

文献标识码: A

Petroleum accumulation regulations and exploration targets in Jiangling Sag, Jianghan Basin

Luo Kaiping¹, Qiu Qi¹, Ye Jianzhong²

(1. Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214126, China;

2. Jingzhou Oil Plant, SINOPEC Jianghan Oilfield Company, Jingzhou, Hubei 434100, China)

Abstract: In the Jiangling Sag of the Jianghan Basin, the lower Xingouzui Formation served as the main source rocks, and petroleum generated mainly in the Meihuaiqiao—Zifusi syncline. The discovered oil and gas pools are featured by small trap scale, low charging extent and located around oil sources. Transformation system mainly of faults and reservoir physical property controlled petroleum accumulation. From Cretaceous to Tertiary in the Jiangling Sag, the proved rate is 12.4%, indicating for low exploration extent and good potential. The southern slope of the Jingzhou anticline, the tectonic—lithologic and lithologic traps in the Meihuaiqiao sub-Sag, Cretaceous and Precretaceous buried hill in the Wancheng fault, the volcanic reservoirs in the Gongan monocline, and the shale oil in oil source sags are the targets for future exploration.

Key words: source rock; oil generation center; petroleum accumulation; exploration target; Jiangling Sag; Jianghan Basin

江汉盆地是发育在前白垩系变形褶皱基底上的中—新生代断—坳盆地^[1-2], 江陵凹陷为其中最大的次级负向构造单元, 面积达6 500 km², 具有隆洼相间的构造格局。经过多年的勘探, 虽然先后发现了花园、八岭山、沙市、荆西、谢凤桥等多个小型油田(图1), 探明石油地质储量1 280×10⁴ t, 但相对于凹陷内白垩—第三系资源量10 361×10⁴ t(据三次资评), 资源探明率仅为12.4%, 探明程度还很低。因此, 立足于盆地分析, 在确定主力烃源岩和主要生烃中心的基础上, 系统、客观地认识江陵凹陷的油气成藏特点和富集规律, 明确勘探领域和方向, 将有助于江陵凹陷油气勘探的新发现和新突破。

1 主力烃源岩与生烃中心

1.1 主力烃源岩及地球化学特征

江陵凹陷发育沙市组上段、新沟嘴组下段及潜江组3套烃源岩。近年来通过深井钻探和大量的油/源对比工作, 对凹陷内的烃源岩有了重新认识和评价, 认为主力烃源岩为新沟嘴组下段, 层位上主要分布在新沟嘴组下段Ⅱ油组和Ⅲ油组。

据凹陷内190口井烃源岩地球化学资料统计, 新沟嘴组下段烃源岩有机质丰度以Ⅱ油组最高, TOC含量最大值为2.93%, 一般为0.49%~0.83%, 平均值为0.75%; 氯仿沥青“A”含量最大值为0.53%, 最小

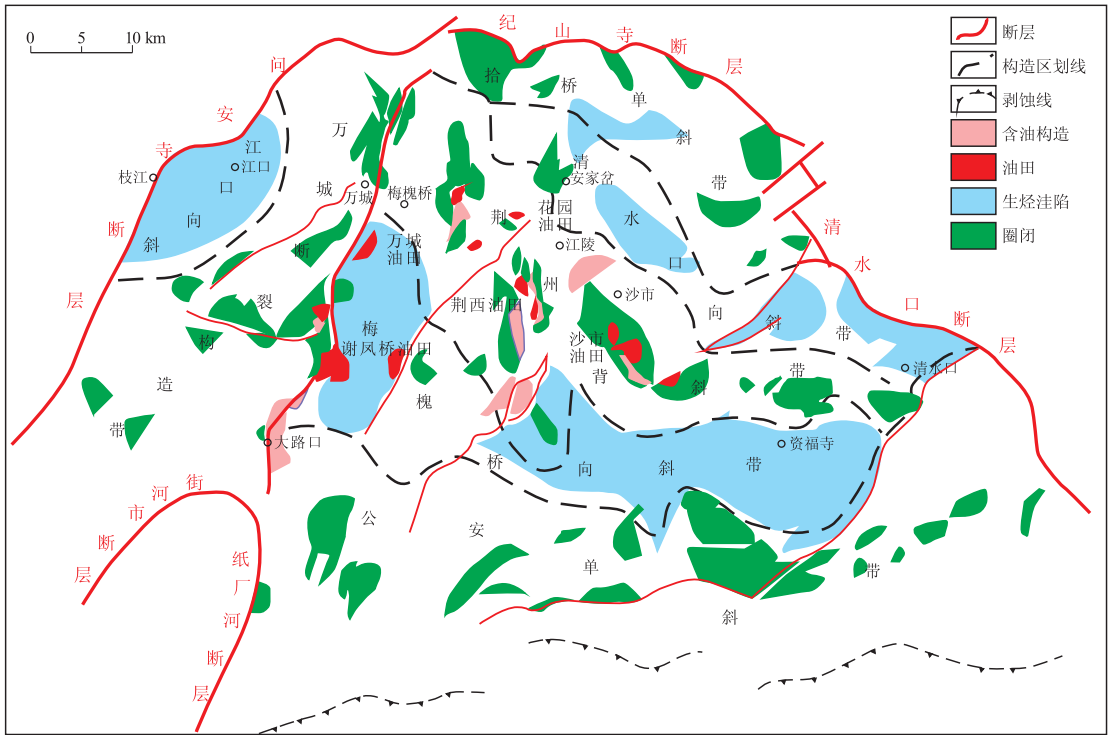


图1 江汉盆地江陵凹陷油气勘探成果

Fig. 1 Petroleum exploration achievements in Jiangling Sag, Jiangnan Basin

表1 江汉盆地江陵凹陷新下段(II油组)烃源岩评价

Table 1 Evaluation of source rocks from lower Xingouzui Formation, Jiangling Sag, Jiangnan Basin

地区	井号	有机碳含量/%	氯仿沥青“A”含量/%	总烃含量/ 10^{-6}	R_o /%	评价
梅槐桥向斜	万13	0.48~1.29/0.87	0.045~0.11/0.067	310~753/473	1.34	好
	鄂深25	0.24~2.93/0.83	0.004~0.53/0.212 4	10~4 224/1 933	1.34	
	路9	0.29~2.45/0.83	0.004 3~0.273 5/0.041	4~1 788/235	1.1	
虎渡河向斜带	虎2	0.18~2.23/0.61	0.003~0.123/0.021	1.15		好
江口向斜	路10	0.24~1.45/0.73	0.003 8~0.207/0.717	32.6	0.86	中等-好
荆州背斜带	复2	0.42~1.29/0.72	0.033	169	0.9	中等-好
	陵72	0.53~2.67/0.9	0.04	0.72		
	李1	0.47~0.78/0.58	0.036~0.081/0.06	16~255/101		
	陵15	0.45~1.39/0.68	0.004~0.235/0.05	8~1 226/192	0.84	
	陵33	0.61~2.88/1.08	0.003~0.04/0.013	10~225/84	0.9	
	陵61	0.44~0.64/0.57	0.09			
	陵76	0.24~2.0/0.8	0.08	325~1 048/608		
	陵60	0.39~0.51/0.49	0.08			
	沙18	0.64~1.0/0.81	0.046~0.11/0.08	48~97/69		
	沙27	0.35~1.33/0.8	0.04	165~316	0.81	
公安斜坡带	金6	0.45~1.47/0.73	0.004~0.069/0.03	173	0.86	中等

注:表中分式含义为:最小值~最大值/平均值。

值为0.004%,一般为0.041%~0.08%,平均值为0.062%;烃含量最大值为 $1 933 \times 10^{-6}$,最小值为 84×10^{-6} ,一般为 $(84 \sim 608) \times 10^{-6}$,平均值为 395×10^{-6} ;有机质类型以II₂、III型母质为主;镜质体反射率 R_o 为0.72%~1.34%,以梅槐桥凹陷为最高,虎渡河向斜带次之,基本上都达到成熟—高成熟阶段(表1)。江陵凹陷所发现的油气均来自于新沟嘴

组下段成熟烃源岩。

1.2 烃源岩展布与生烃中心

新沟嘴组下段沉积期,沉积中心位于梅槐桥和虎渡河—资福寺地区,在沉积中心发育了较厚的半深湖—深湖相地层,厚度达500~800 m。其中烃源岩厚度为20~200 m,平均厚度110 m,分布面积2 560 km²(图2)。生烃史模拟结果,梅槐桥—资福

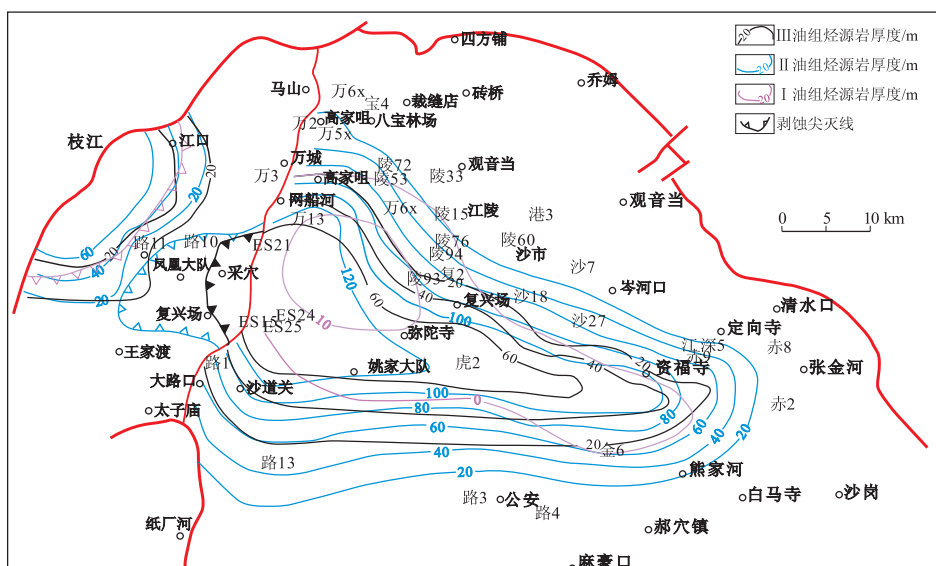


图2 江汉盆地江陵凹陷新下段烃源岩厚度

Fig. 2 Thickness of source rocks from lower Xingouzui Formation, Jiangling Sag, Jianghan Basin

图3 江汉盆地江陵凹陷新下段烃源岩生油强度^[2]

Fig. 3 Hydrocarbon generation strength of source rocks from lower Xingouzui Formation, Jiangling Sag, Jianghan Basin

寺向斜带生油强度达 $(20 \sim 120) \times 10^4 \text{ t/km}^2$ (图3)^[2],以梅槐桥洼陷最高,达 $120 \times 10^4 \text{ t/km}^2$ ^[3]。综合烃源岩展布、地球化学特征及生烃史模拟结果,认为梅槐桥—资福寺向斜是江陵凹陷的主要生烃中心。

2 油气成藏特点与富集规律

2.1 油藏特点

经过40余年的勘探,至今在江陵凹陷中已经发现了花园、八岭山、沙市、荆西、谢凤桥、涇市、万城等7个小型油田(图1)。其油藏特点可以归纳为以下几点:

(1)油藏相对集中分布:已发现的油藏主要分布在荆州背斜带、万城断裂带和梅槐桥洼陷万城断层下降盘的坡折带上;

(2)多层系含油:新沟嘴组、沙市组上段、荆沙组和白垩系渔洋组、红花套组均被证实为含油层;

(3)圈闭类型多样:早期发现的油藏类型以构造油藏为主,其中又以断块、断鼻油藏占绝大多数;近年来在梅槐桥凹陷内隐蔽油藏勘探取得了突破;

(4)油藏规模小、油藏丰度低:截至目前已发现的油气藏均属小型—超小型、中低丰度—特低丰度油藏;

(5)油气充满度偏低、产量以中低产为主。

2.2 成藏主控因素与油气富集规律

2.2.1 成藏主控因素与成藏模式

江陵凹陷在多旋回的断陷—断坳盆地演化中造就了新沟嘴组下段、沙市组上段及潜江组3套烃源岩及新沟嘴组、沙市组上段、荆沙组和白垩系渔洋组、红花套组等多套砂岩储层^[4]。随着近年来在万城断裂带复I断块、采穴断块白垩系红花套组、渔洋组及涇市断裂带虎4井荆沙组的勘探突破,江陵凹陷呈现多层系含油的格局^[5-6]。由多期、多组断裂体系与砂体、不整合面共同构成的有效油气输导系统为纽带,形成了以新沟嘴组下段为主力烃源的自生自储、下生上储(新下段为源,荆沙组为储层)及上生下储(新下段为源,白垩系为储层)的多种成藏组合^[7]。

(1)新沟嘴组自生自储成藏组合。新沟嘴组时期构造活动相对稳定,形成了北部单向物源的浅水盐湖坳陷盆地,从沉积中心往北依次发育浅湖—半深湖、滨浅湖、三角洲前缘和三角洲平原的沉积相组合^[8]。在后期的成烃成藏过程中,可以形成以新下段为源、相邻砂体为储层的地层岩性油藏和

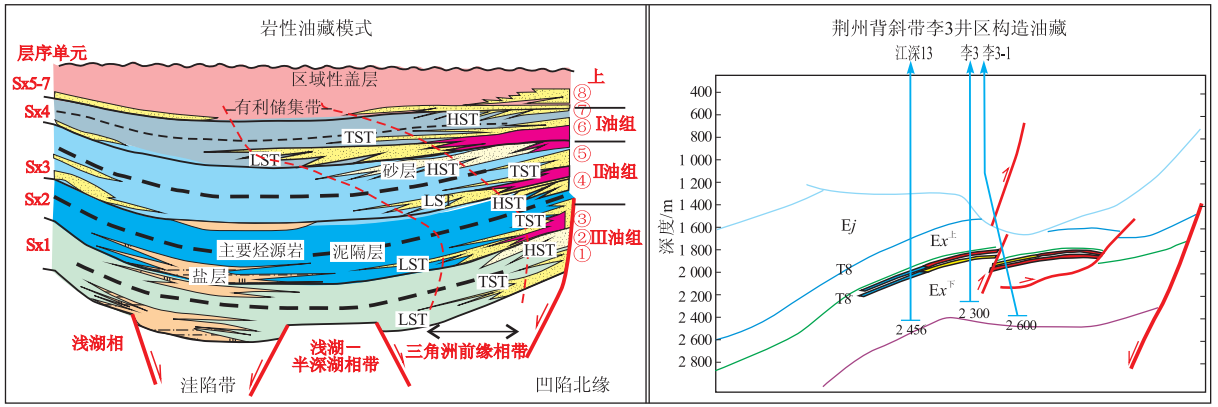


图4 江汉盆地江陵凹陷新沟嘴组自生自储成藏模式

Fig. 4 Accumulation pattern of "self-generation and self-storage" in Xingouzui Formation, Jiangling Sag, Jiangnan Basin

通过断层纵向输导的构造油藏(图4)。其成藏主控因素取决于(砂体)储层物性、源—储对接关系及圈闭的时效性。

(2)上生下储成藏组合。该类成藏组合目前主要位于万城断裂的上盘,已发现复I断块、采穴2个含油构造。万城断裂位于江陵凹陷的西部,是一个NNE向的长期活动的断裂。万城断裂带白垩系储层发育,物源主要来自西北部和西南部,以冲积扇和河流相沉积为主,局部也发育有滨浅湖相沉积。白垩系底部砾岩发育,中上部细砂岩发育,砂岩厚度一般为300~1000m。白垩系上覆的沙市组为一套红灰间互的泥岩、泥膏岩,是很好的区域盖层。万城断裂上下盘的差异升降使断层上盘的白垩系和前白垩系地层与断层下盘新下段烃源岩相直接对接或者通过断层垂向沟通,形成较好的生储组合^[9-11](图5)。

(3)下生上储成藏组合。该类成藏组合目前仅发现于涇市断裂带,含油层为荆沙组,油源来自于下伏的新下段主力烃源岩。涇市断裂带西、东分别与梅槐桥生油中心和虎渡河向斜相接,北邻荆州

背斜带,具有良好的烃源条件。荆沙组以紫红色泥岩夹灰白色薄砂岩及和火山岩互层为主,荆沙组沉积期在江陵凹陷西南有一物源,渗透性砂岩可达100~150m,往东延伸至涇市地区渗透性砂岩厚10~40m。通过断层输导形成了新下段生、荆沙组储的下生上储成藏组合^[12](图6)。

江陵凹陷目前所发现的油气被证实均来自于新下段成熟烃源岩,具有油源单一的特点;同时由于物源主要来自于凹陷的北缘,导致凹陷内砂体欠发育、整体物性较差,砂体的不连续限制了油气横向运移。这种特点组合使得江陵凹陷油气成藏很大程度上依赖于断层沟通和输导,油气富集程度取决于储集物性条件。因此以断层为主的输导体系和储层物性成为油气成藏和富集的主要控制因素。

2.2.2 油气富集规律

(1)油气藏主要环梅槐桥—虎渡河—资福寺生油中心分布。中国东部断陷盆地油气均具有“短距离运移、环生烃中心优势富集”的特点,江陵凹陷的油气分布也基本符合这种规律。若以梅槐桥—虎渡河—资福寺生油中心为圆点,荆州背斜

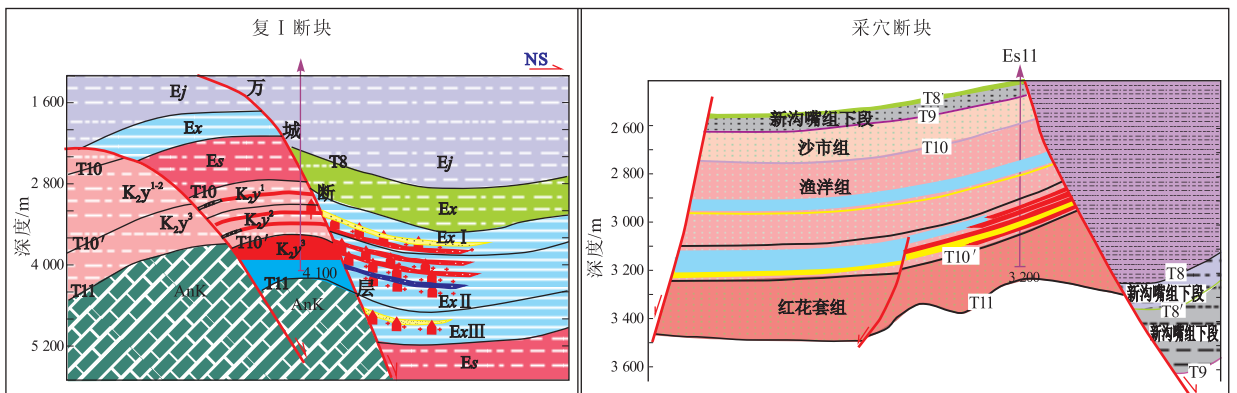


图5 江汉盆地江陵凹陷下生上储成藏模式

Fig. 5 Accumulation pattern of "lower-generation and upper-storage" in Jiangling Sag, Jiangnan Basin

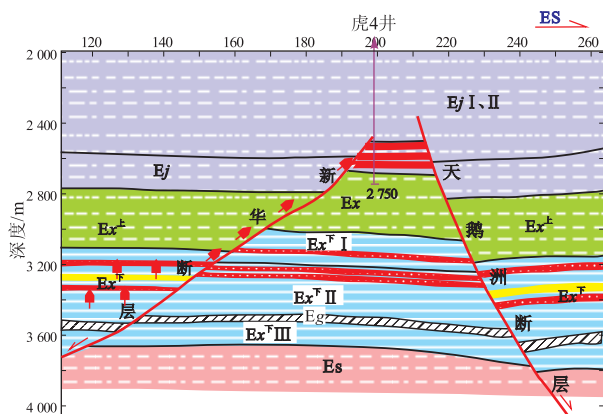


图6 江汉盆地江陵凹陷万市断裂带虎4井下生上储成藏模式

Fig. 6 Accumulation pattern of "lower-generation and upper-storage" in well Hu 4, Wanshi Fault Belt, Jiangling Sag, Jiangnan Basin

带、万城断裂带、公安单斜带已发现的油藏和油气显示几乎全部都在半径 13 km 范围内,这是由江陵凹陷自生的油气条件决定的。正是由于江陵凹陷新生代沉积时期物源单一、砂体欠发育、限制了油气的侧向运移,油气以短距离运移为主,才形成了现今的油气分布格局。

(2) 荆州背斜带和万城断裂带有利于油气富集,是油气主要聚集区。油气从高势区向低势区运移,“凹中隆”和紧邻生油凹陷的正向构造带是油气运移的指向区。因此,荆州背斜带(定型于 Ex^I -Ej 强烈伸展期、新下段烃源岩大量排烃之前)、公安单斜带和万城断裂带(上盘)无疑是油气聚集的有利地区。万城断层除了是一条长期活动的断裂外,更是一条重要的油源(通源)断裂,其良好的输导性保证了梅槐桥生油中心生油层与断层上盘白垩系储层的对接和沟通,成就了复 I 断块和采穴断块的油气成藏。另一方面,在总体物性较差背景下,荆州背斜带和万城断裂上盘白垩系相对较好的储层物性也有利于油气的富集。

3 勘探领域与方向

相对于江陵凹陷内白垩—第三系资源量 $10\ 361 \times 10^4$ t,目前的探明石油地质储量仅 $1\ 280 \times 10^4$ t,资源探明率为 12.4%,表明江陵凹陷还有很大的资源潜力。基于江陵凹陷油气成藏主控因素和富集规律的分析,结合近年来油气勘探的进展,笔者认为,除了老油田的挖潜和增储上产外,近期勘探应该重点围绕下列几个领域和方向展开:

3.1 荆州背斜南缘斜坡带及梅槐桥向斜

荆州背斜是江陵凹陷内荆沙组沉积时期受盐

隆和断裂共同作用形成的北西向正向构造带,紧邻梅槐桥—虎渡河—资福寺生油中心,是油气运移的有利指向区和聚集区。荆州背斜南缘斜坡处于油气运移路径上,且湖盆发育时长期位于三角洲前缘—滨浅湖相带,砂岩储层较发育,储层物性较好。背斜带上沙市油田的沙 24 井区、荆西油田的陵斜 93 井均为构造背景下的岩性油藏,表明在这一地区寻找岩性油藏是现实的。

梅槐桥向斜面积约 300 km^2 ,万城断裂是新沟嘴组沉积时期的同沉积断裂,来自西北部的马山和西南方向的物源在其下降盘坡折带发育裙摆状或朵状砂体,可以形成岩性圈闭。万 12 井工业油流的突破,表明万城断裂下降盘坡折带砂岩岩性油藏是存在的。另外鄂深 25 井在新下段 II 油组上部发现 9.0 m/2 层的水层,表明梅槐桥向斜中南部也有储层发育。

因此通过沉积微相精细描述,确定砂体分布,评价出有利圈闭,应该会取得较好的勘探效果。

3.2 万城断裂构造带古潜山

从 2008 年首次在复 I 断块发现红花套组“小而肥”的底水油藏,实现白垩系勘探的突破,到 2009 年实现复 I 断块储量快速升级(共提交探明储量 448.90×10^4 t),成为江陵凹陷单块探明储量最大的整装油田,万城断裂带白垩系勘探成果成为近年来江陵凹陷油气勘探的最大亮点,它突破了江陵凹陷仅仅在新生界找油的局限,开创了白垩系甚至前白垩系古潜山油气勘探领域。万城断裂带上钻探古潜山的钻井共有 6 口,钻遇的岩性有碎屑岩和碳酸盐岩。据物性统计和测井解释,碳酸盐岩储集性能明显优于碎屑岩。经过构造分析及地震剖面地层识别,复 I 断块上的古潜山顶部极有可能是三叠系的灰岩地层,具有较好的储集性能。另外,万城断裂带东西为梅槐桥生油中心和江口洼陷夹持,烃源条件优越。因此在落实圈闭的前提下,深化成藏条件分析,将有可能取得新的突破。

3.3 公安单斜带火山岩储层

公安单斜带紧邻虎渡河—资福寺向斜,由于储层条件的限制,长期以来未受到重视,勘探程度很低。仅在单斜带中段的公安—金家场区块有二维地震测线 33 条 351.2 km,探井 11 口(2009 年资料统计),在 10 口井中见到不同程度的油气显示。对 5 口井进行了试油,其中江深 4 井获工业油流(日产 2.3 t),另外 3 口井获低产油流,出油层为火山岩层。

公安单斜表现为由北向南抬升的宽缓斜坡,被

众多的NE、NW、近EW向断裂切割复杂化,这些断层以北掉正断层为主,使斜坡由北向南呈阶梯状抬升,并与少量的南掉正断层组合,形成长条状地垒。魏家场、金家场构造为2个相对独立的构造单元,圈闭主要集中在构造坡折带上。由于江陵凹陷新沟嘴组下段主要物源来自于北部的马山和后港,本区远离物源区,多口井的钻井揭示的渗透性砂岩厚度均在5 m以下,砂岩储层发育相对较差。但该区玄武岩分布较普遍,纵向上主要发育在新沟嘴组下段、上段,平面上主要分布在金家场及以东地区。玄武岩储层孔隙度一般为7.6%~19.1%,平均为13.2%,渗透率一般为 $(0.613 \sim 2.486) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,平均为 $1.705 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,属中等储层。

公安单斜位于江陵凹陷虎渡河生油洼陷南部,为虎渡河生油洼陷油气运移的指向区,从烃源条件分析,该区带是仅次于荆州背斜带和万城断裂带的有利油气聚集区,金家场构造上大量的油气显示和工业油流证明了这点。目前该区带上已有比较好的圈闭线索,三级构造形态比较清晰,通过部署三维地震,发现和落实局部圈闭目标,有可能取得新进展。

3.4 页岩油资源

页岩油作为一种非常规油气资源,在全球已表现出强劲的发展势头^[13]。页岩油是指以页岩为主的页岩层中所含的石油资源,油页岩是页岩油最主要的产出地层。对生油岩来说,排烃效率越低,页岩油含量越高。江陵凹陷梅槐桥—资福寺生油凹陷新下段主力烃源岩的生油强度为 $(20 \sim 120) \times 10^4 \text{ t/km}^2$,但排油强度只有 $(5 \sim 55) \times 10^4 \text{ t/km}^2$,排烃率不到50%,超过50%的石油仍然赋存在生油岩中,页岩油资源潜力可能超过常规油气资源,具

有很大的勘探潜力。

江陵凹陷断裂发育、构造破碎,圈闭和砂体规模相对较小,这些先天条件决定了油藏规模以小型为主。因此,“精雕细琢、积小成大”是江陵凹陷油气勘探的正确之路。

参考文献:

- [1] 朱国华,刘春平. 江陵凹陷构造演化与油气成藏[J]. 石油天然气学报(江汉石油学院学报),2005,27(4):429-432.
- [2] 杨长青,陈孔全. 喜马拉雅运动对江陵凹陷油气成藏的影响[J]. 石油实验地质,2004,26(2):176-179.
- [3] 旷理雄,郭建华,江继纲,等. 从主力烃源岩的角度论江陵凹陷新沟嘴组下段油气资源潜力[J]. 贵州工业大学学报:自然科学版,2006,35(4):17-20.
- [4] 黎洋,刘登. 江陵凹陷成藏基本地质条件评价[J]. 中国科技信息,2011(9):19-20.
- [5] 罗明霞,陈波,夏永涛,等. 江汉盆地谢风桥油田地球化学特征及其勘探意义[J]. 石油实验地质,2008,30(5):508-511.
- [6] 黄华,王永军. 江陵凹陷万城断裂带成藏主控因素及勘探潜力[J]. 石油地质与工程,2009,23(3):6-9.
- [7] 童小兰,卢明国,廖忠礼,等. 江陵凹陷成藏组合体与勘探思路[J]. 沉积与特提斯地质,2009,29(1):9-12.
- [8] 易积正. 江陵凹陷梅槐桥地区第三系新沟嘴组下段沉积相及砂体分布研究[J]. 矿物岩石,2010,30(3):77-82.
- [9] 陈金荣,李志刚. 江汉盆地江陵凹陷白垩系勘探前景的再认识[J]. 沉积与特提斯地质,2003,23(2):67-70.
- [10] 潘泽雄,潘磊,闻涛. 江陵凹陷复I断块油气富集原因分析[J]. 天然气技术,2010,4(3):7-10.
- [11] 何志祥. 松滋油田白垩系红花套组滚动勘探与认识[J]. 地球,2012(6):93-95.
- [12] 陈景荣. 江陵凹陷荆沙组成藏条件分析[J]. 沉积与特提斯地质,2012,32(2):72-75.
- [13] 罗承先. 页岩油开发可能改变世界石油形式[J]. 中外能源,2011,16(12):22-26.

(编辑 韩 或)