

文章编号: 1009-6248(2009)04-0084-08

南襄盆地襄樊-枣阳凹陷油气勘探前景探讨

魏建设, 卢进才, 李玉宏, 姜亭, 李金超

(西安地质矿产研究所, 西安 710054)

摘要: 襄樊-枣阳凹陷位于南襄盆地的南部, 与北部“小而肥”的南阳、泌阳凹陷相比, 该区油气勘探一直未获得突破。通过对凹陷内核桃园组烃源岩特征的研究及油气资源评价表明, 核桃园组烃源岩未成熟, 生烃量和聚集烃量均较少, 且已施钻的以核桃园组为主要目的层的钻井均未获得油气成果。因此, 襄樊-枣阳凹陷核桃园组不能作为油气勘探的主要目的层。凹陷东部的部分盐井提供了区内白垩系烃源岩具有生油气潜力的信息, 而且土壤地球化学勘探也指示了该区白垩系具有一定的勘探前景; 襄参1井揭示区内震旦—寒武系碳酸盐岩有机质丰度高, 其生油气潜力值得进一步探索, 土壤地球化学勘探也显示, 存在与震旦—寒武系有关的热演化气; 土壤地球化学勘探显示区内存在幔源成因天然气。综合分析认为, 中生界白垩系、幔源天然气及震旦—寒武系碳酸盐岩是襄樊-枣阳凹陷油气勘探值得探索的新层位和新领域。

关键词: 襄樊-枣阳凹陷; 白垩系; 幔源天然气; 碳酸盐岩; 勘探前景

中图分类号: [TE121]

文献标识码: A

南襄盆地位于扬子地台与秦岭-大别造山带交汇处, 为燕山运动以来断陷下沉所形成的坳陷盆地(翟光明, 王慎言, 史训知, 等, 1992), 沉积面积 $17\ 000\text{ km}^2$ 。接受了以中生界白垩系和新生界古一新近系为主的沉积, 沉积厚度最大达 $10\ 000\text{ m}$ 。该盆地包括南阳、泌阳、襄樊和枣阳4个凹陷, 但就目前的勘探情况看, 4个凹陷的油气成藏条件差别较大。截至2008年底, 南阳油田在南襄盆地北部的南阳和泌阳凹陷累计探明石油地质储量 $2.99 \times 10^8\text{ t}$, 可采储量 $0.88 \times 10^8\text{ t}$, 累计采出量 $0.66 \times 10^8\text{ t}$, 2008年生产原油 $180.51 \times 10^4\text{ t}$, 而南部的襄樊-枣阳凹陷至今仍未获得油气勘探突破。但是, 襄樊-枣阳凹陷盐矿钻井及近地表土壤地球化学勘探提供了具有油气勘探前景的信息。

1 构造特征

1.1 南襄盆地

南襄盆地基底北部属秦岭-大别造山带, 南部属扬子地台(王定一, 车自成, 张树田, 等, 1987)。盆地具有“四凹五隆”的构造格局, 划分为南阳凹陷、泌阳凹陷、襄樊凹陷、枣阳凹陷、师岗凸起、社旗凸起、新野凸起、唐河低凸起和双沟低凸起。泌阳凹陷位于活动的秦岭-大别造山带上, 南阳凹陷位于秦岭—大别造山带与扬子地台的交汇处, 襄樊-枣阳凹陷位于扬子地台之上(图1)。

南襄盆地基底主要发育北西—近东西向和北东向两组共9条断裂, 前者活动时间长、切割较深, 延伸远, 后者一般延伸距离短, 切割深度相对浅。其

收稿日期: 2009-01-04; 修回日期: 2009-09-25

基金项目: 延长油田股份公司资助, 南襄盆地延长油田勘查区油气综合评价及勘探目标优选(2006081)。

作者简介: 魏建设(1981-), 男, 河南驻马店人, 硕士, 工程师, 主要从事石油天然气勘探与开发研究。通讯地址: 710054, 西安市友谊东路438号, 西安地质矿产研究所。E-mail: upcwjs@126.com。

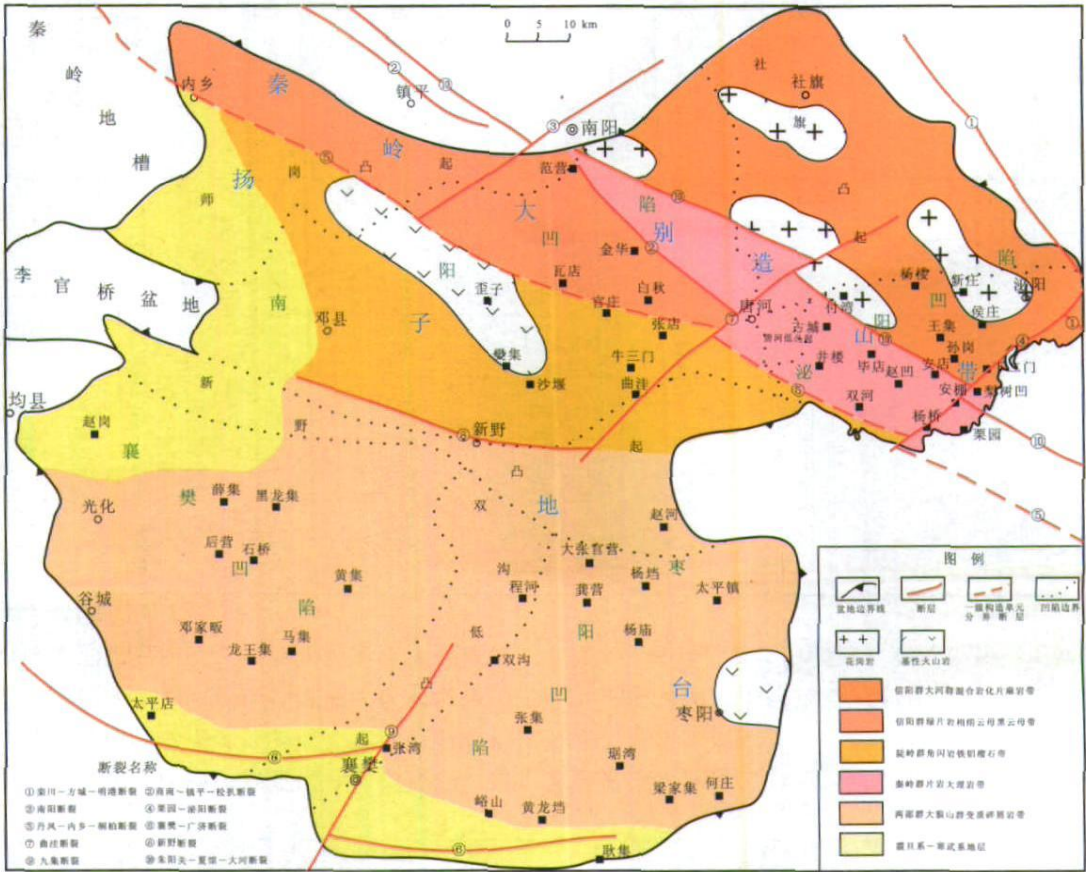


图1 南襄盆地大地构造位置及其基底结构图

Fig.1 Geotectonic location and basement structure map of Nanxiang Basin

中，控制襄樊—枣阳凹陷的断裂有3条，北西—近东西向断裂有新野断裂和襄樊—广济断裂，北东向的断裂为九集断裂。

1.2 襄樊—枣阳凹陷

襄樊凹陷受九集边界断裂和襄樊—广济断裂的控制，西部和南部边界与盆地边界一致，北部边界到新野凸起，东部边界抵双沟低凸起，位于扬子地台之上，面积约3 700 km²。

枣阳凹陷受襄樊—广济断裂和九集断裂的控制，形成了南断北超的断拗型箕状凹陷，南抵襄樊—广济大断裂，北部以斜坡形式向新野凸起过渡，西起九集大断裂，东至盆地边界，位于扬子地台之上，面积约2 800 km²。

在白垩纪—古近纪时期，襄樊凹陷与枣阳凹陷为一个整体，古近纪末由于双沟低凸的隆起，两凹陷分离。

2 襄樊—枣阳凹陷地层沉积特征

2.1 地层特征

襄樊—枣阳凹陷的沉积地层主要为白垩系和古近系（表1）。古近系与新近系之间是盆地范围内的区域性不整合，襄樊—枣阳凹陷核桃园组和廖庄组局部为不整合接触。

由于凹陷受断层控制，分割性强，盆地内各凹陷发展过程中活动强弱程度及沉降幅度有明显的差异，南北差异主要表现为：以新野凸起为界，南部的襄樊—枣阳凹陷白垩系厚、古近系薄，北部的泌阳、南阳凹陷白垩系薄、古近系厚。

2.2 沉积相特征

襄樊—枣阳凹陷核桃园组沉积保留范围较小，在东部的枣阳凹陷形成湖盆，襄樊凹陷核桃园组全部为河流—泛滥平原相沉积（图2）。

半深湖相主要分布在枣阳凹陷南部枣18井至

黄龙山以东地区, 呈近南北向展布, 北部范围相对较宽, 南部较窄, 面积250 km²。以绿灰色泥岩为主, 夹紫红色泥岩、薄层油页岩, 暗色泥岩厚度占地层厚度的72%, 红色泥岩含量一般小于20%。

表1 襄樊-枣阳凹陷地层划分表

Tab. 1 Stratigraphic division of Xiangfan-Zaoyang sag

界	系	统	组	段	地层代号	地层厚度 (m)
新生界	第四系 新近系	中新统	平原组 上寺组 廖庄组		Q	0 ~ 200
					N	41 ~ 365
					El	0 ~ 610
	古近系	渐新统	核桃园组	一段	Eh ₁	0 ~ 310
				二段	Eh ₂	600 ~ 650
		始新统	大仓房组	三段	Eh ₃	200 ~ 260
					Ed	170 ~ 345
		古新统	玉皇顶组	一段	Ey ₁	250 ~ 530
				二段	Ey ₂	> 500
中生界	白垩系			上段	K ₁	> 600
				中段	K ₂	294 ~ 760
				下段	K ₃	750 ~ 1500

滨湖—浅湖相围绕半深湖相呈环带状分布, 面积约460 km²。岩性为棕红色泥岩与灰绿色泥岩互层, 夹薄层粉细砂岩。湖盆的北部缓坡带发育七方岗河流—湖泊三角洲体; 南部向斜带襄樊—广济边

界断裂的下降盘发育裾湾—何庄扇三角洲体。其他广大地区为大面积的河流—泛滥平原相沉积, 岩性以棕红色泥岩、砂质泥岩为主, 夹灰绿色和杂色泥岩, 砂岩增多, 而且以细砂为主夹中粒砂岩。

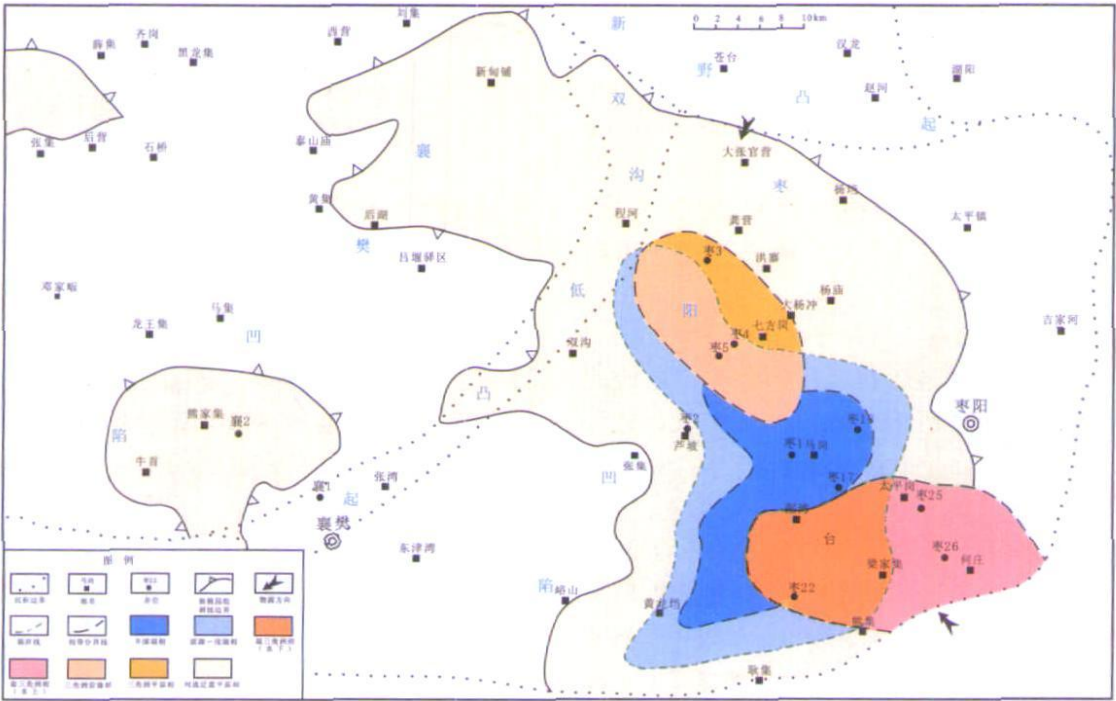


图2 襄樊-枣阳凹陷核桃园组沉积相图

Fig. 2 Sedimentary facies map of Hetayuan group in Xiangfan-Zaoyang sag

3 襄樊-枣阳凹陷核桃园组油气资源前景

3.1 烃源岩特征

目前，南阳、泌阳凹陷的烃源岩主要是核桃园组深湖—半深湖相沉积的暗色泥岩、页岩和油页岩（秦伟军，林社卿，程哲等，2005）。笔者对襄樊-枣阳凹陷核桃园组烃源岩特征进行评价。

3.1.1 烃源岩分布特征

与南阳、泌阳凹陷相比，襄樊-枣阳凹陷核桃园组烃源岩分布范围相对较小，面积约1 100 km²，仅

占凹陷总面积的16%，主要分布在东部的枣阳凹陷内。

枣阳凹陷内的核桃园组是一套以半深湖相沉积为主的暗色泥岩，分布范围相对较广，但凹陷边缘暗色泥岩厚度较薄，而且有机质丰度和演化程度低，有效烃源岩主要分布在除凹陷东部太平镇—枣阳和西南东津湾一带以外的区域，面积约1 050 km²，占凹陷总面积的37.5%，厚度一般为300~600 m，占核桃园组地层厚度的35%~58%，具有两个厚度中心，分别位于枣1井区和枣22井区（图3），最厚可达774 m，占地层厚度的50%以上。

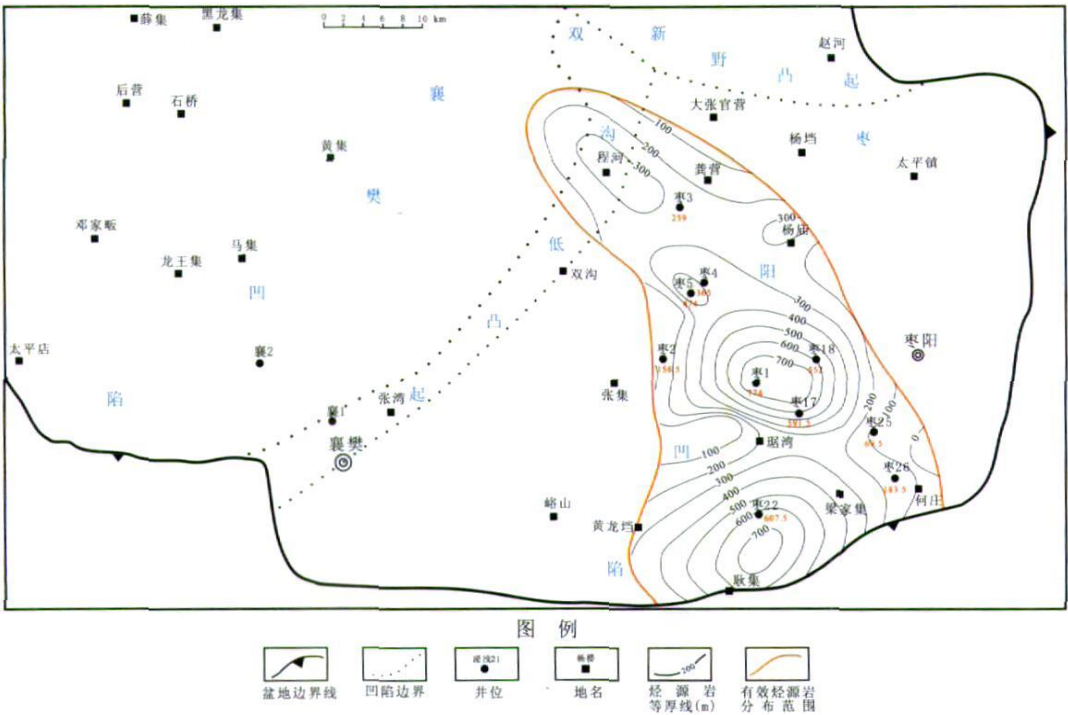


表2 枣阳凹陷部分井核桃园组生油指标对比表

井号	地层厚度 (m)	烃源岩厚度 (m)	烃源岩占地层 (%)	有机碳 (%)	氯仿沥青“A” (%)	总烃 ($\times 10^{-6}$)	总烃/有机碳 (%)
枣1	1053	774	73.5	0.97	0.1380	284	2.9
枣22	774 (未穿)	462.5	60.0	0.63	0.0429	181	2.9
枣4	808.5	272.5	33.7	0.42	0.0411	51	1.2
枣17	968 (未穿)	531.5	54.9	0.80	0.0552	287	3.6

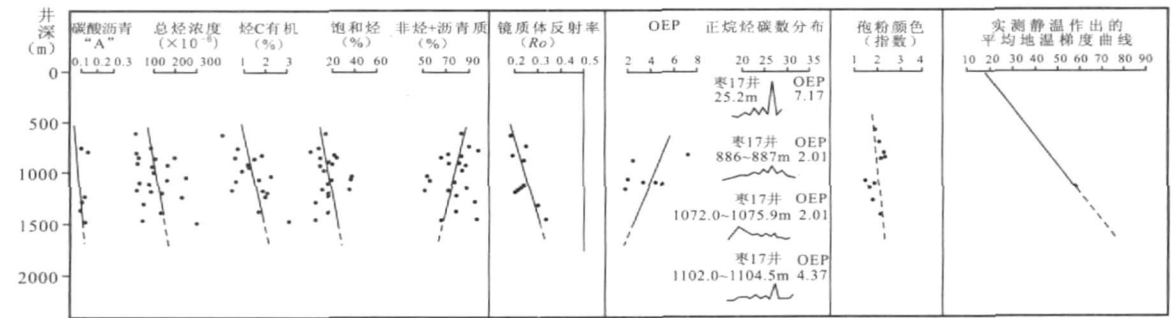


图4 襄樊-枣阳凹陷核桃园组烃源岩热演化图

Fig. 4 Sources rock thermal evolution map of Hetayuan Formation in Xiangfan-Zaoyang sag

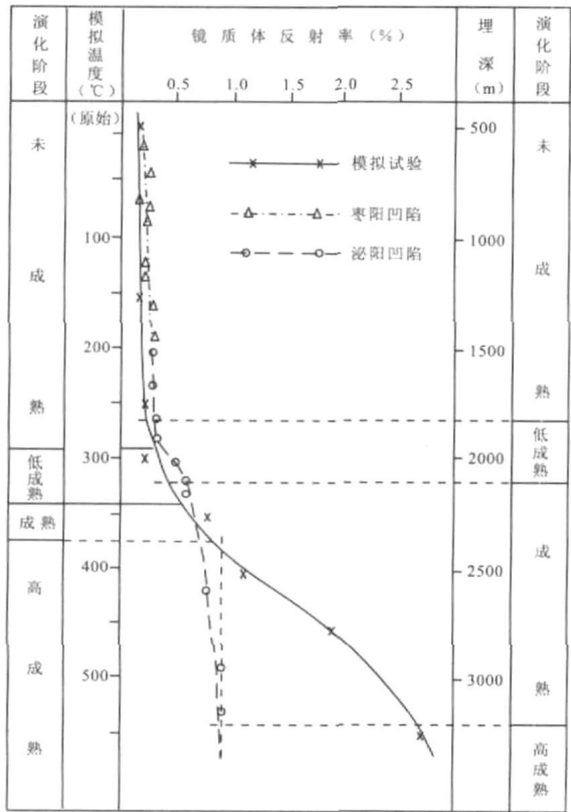


图5 枣阳凹陷模拟试验与自然剖面演化阶段对比

Fig. 5 Comparison between simulated test and evolu-

另外，烃源岩饱和烃平均含量低于20%；烃浓度小于 100×10^{-6} ；非烃含量高，普遍大于70%，最高达90%；岩石吸附烃含量低，一般 $2 \times 10^{-6} \sim 11 \times 10^{-6}$ ；正烷烃碳数分布曲线多呈锯齿状，主峰碳位于C₂₇，具有明显的奇碳数优势；OEP值一般大于3，最高可达7~8，与现代沉积物正烷烃OEP值相近，说明襄樊-枣阳凹陷核桃园组烃源岩未成熟。综合评价襄樊-枣阳凹陷核桃园组烃源岩差，对生烃不利（梁文华，旷理雄，2001）。

3.2 核桃园组油气资源评价

襄樊-枣阳凹陷核桃园组为未成熟烃源岩，有效面积约1100 km²，有效烃源岩体积为345 km³，江汉油田通过对该区有机碳和氯仿沥青“A”指标（532块次）统计可知，达生油标准的样品占总数的74.2%。因此，折扣后核桃园组烃源岩体积为256 km³。根据资源量评价公式，襄樊-枣阳凹陷核桃园组烃源岩总生烃量为 2.97×10^8 t，最大聚集烃量（资源量）为 130×10^4 t（庞雄奇等，2004；赵文智，1999），油气勘探前景较差。

4 襄樊-枣阳凹陷油气勘探前景

气资源贫乏，油气勘探前景差，而且凹陷内已施钻以核桃园组为目的层的钻井14口，均未获油气成果，也为区内新生界核桃园组油气资源贫乏提供了佐证。

但是，襄樊-枣阳凹陷的盐矿钻井及近地表土壤地球化学勘探提供了白垩系和震旦—寒武系碳酸岩生烃以及幔源天然气存在的信息。

江汉油田委托原地质矿产部石油地质综合大队在襄枣凹陷进行了油气地球化学勘探(1992)，甲烷碳同位素分析成果表明，襄樊凹陷近地表化探烃类异常具有多成因特点，即①生物化学作用阶段形成的，以生物气为主。②与新生界有关的低成熟或未成熟石油伴生气。③与中生界有关的成熟石油伴生气。④与震旦—寒武系有关的高成熟或过成熟天然气。⑤幔源成因气(表3)。

4.1 白垩系油气勘探前景

襄樊-枣阳凹陷白垩系沉积保留范围较大，厚度大，且埋藏深，烃源岩演化程度较高。据枣阳凹陷东部边缘王城一带盐矿钻井揭示的白垩系，暗色泥岩厚度一般150~200 m，大者可达293.5 m(ZK3井)，占白垩系厚度的61.7%，单层厚度最大24 m。有机质丰度相对较高，有机碳含量最高0.89%，氯仿沥青“A”最高0.28%，饱和烃最高达20.84%。根据ZK6-9和ZK11井不同深度样品的比较，由浅至深有机质丰度有变好的趋势(表4)，这说明枣阳凹陷深部的白垩系生油条件可能更好。而且白垩系大部分埋藏深度较大，超过生烃门限深度，烃源岩演化达到成熟阶段，表明枣阳凹陷白垩系具有较好的生油能力。襄樊凹陷白垩系沉积保留厚度更大，埋深更深，其烃源岩的生烃潜力会更好。

表3 襄樊凹陷土壤化探甲烷碳同位素分析成果与成因分析

Tab. 3 Methane carbon isotope analysis result and cause analysis of soil geochemical exploration in Xiangfan sag

编号	$\delta^{13}C, ‰$	演化阶段	成因分析
1	- 54.785	生物化学作用阶段	与新生界有关，以生物成因为主 与新生界有关低成熟或未成熟石油伴生气
2	- 48.693	生物—热催化过渡阶段	
3	- 44.031	热催化作用阶段	与中生界有关的成熟石油伴生气
4	- 43.237	热催化作用阶段	
5	- 39.259	热催化作用阶段	与震旦—寒武系有关的高成熟或过成熟天然气
6	- 37.953	热催化作用阶段	
7	- 37.104	热催化作用阶段	
8	- 36.110	热催化作用阶段	
9	- 34.902	热催化作用阶段	
10	- 33.204	热催化作用阶段	
11	- 32.536	热裂解作用阶段	
12	- 29.723	热裂解作用阶段	
13	- 27.539	热裂解作用阶段	
14	- 27.394	热裂解作用阶段	
15	- 23.909		幔源成因
16	- 22.991		
17	- 20.316		

表4 枣阳凹陷东部地区盐井揭示白垩系生油指标数据表

Tab. 4 Cretaceous source rock index of salt wells in the east of Zaoyang sag

井号	烃源岩厚度 (m)	烃源岩占地层 (%)	井段 (m)	有机碳 (%)	氯仿沥青“A” (%)	饱和烃 (%)	总烃 (×10 ⁻⁶)
ZK3	293.5	61.7		0.89	0.28	20.84	
ZK6-9	156.75	51.6	17.36~119.02	0.27	0.0062	8.29	7.75
			232.14~321.31	0.33	0.0112	10.13	11.07
ZK11	195	42.2	40~114	0.45	0.0197	9.12	37.91
			245~470	0.67	0.0226	15.66	63.46

4.2 震旦—寒武系碳酸盐岩油气勘探前景

国外碳酸盐岩地层中的油气储量占据了已发现油气的主导地位,目前我国发现的油气以陆相生油为主,国内海相碳酸盐岩勘探已经取得了重要进展,在四川地区发现了丰富的碳酸盐岩成因的天然气,开拓了我国油气勘探的新领域,预示着我国碳酸盐岩将会有很好的油气勘探前景。

襄樊-枣阳凹陷南缘基底为震旦—寒武系碳酸盐岩,襄樊凹陷内施钻的襄参1井揭示了寒武系和震旦系。其中,寒武系烃源岩有机碳含量高,为2.84%, R_o 为1.77%,为高成熟—过成熟烃源岩,有生成油气的可能,其生烃能力值得进一步探索。而且,襄樊凹陷土壤化探样品甲烷碳同位素分析指示,该区存在与震旦—寒武系有关的热演化气(杨道庆等,2009)。

4.3 幔源天然气勘探前景

地幔中存在烃类气体是不争的事实,戴金星等(2001)研究认为,幔源天然气运移有两种途径:①地幔热柱上升引起的岩浆火山活动及其脱气作用。②幔源天然气沿超壳断裂直接运移至浅部聚集藏。一般认为,幔源成因甲烷碳同位素大于 -25‰ ,随着幔源甲烷气含量的增加,甲烷碳同位素增大(卢进才,魏仙样,李玉宏等,2005;戴金星,石昕,卫延召,2001;魏仙样等,2008)。

襄樊-枣阳凹陷南部边界的襄樊-广济大断裂可能为超壳断裂,可以为幔源气向浅部运移提供有利通道,而且油气化探也揭示了幔源甲烷气的存在的信息。原地质矿产部石油地质综合大队等单位1992年对襄樊凹陷近地表油气化探,采集的17件吸附烃和水溶烃样品进行甲烷碳同位素分析,其中3件样品甲烷碳同位素($\delta^{13}\text{C}_1$) $> -24\text{‰}$,指示天然气是幔源成因的,占样品总数的17.6%(表3),这说明该区存在幔源成因的天然气。

5 结论

通过对襄樊-枣阳凹陷新生界古近系核桃园组烃源岩评价及中生界白垩系、震旦—寒武系和幔源天然气等新层位新领域油气勘探前景的分析认为,该区核桃园组的油源贫乏,油气勘探前景较差,中生界白垩系、震旦—寒武系和幔源天然气等新层位新领域的油气勘探值得进一步研究。

(1) 襄樊-枣阳凹陷核桃园组沉积保留范围小,埋深浅,烃源岩有机质丰度低,演化程度低,为未成熟烃源岩,生排烃量较少,油气资源贫乏,油气勘探前景差;

(2) 凹陷白垩系沉积保留厚度大,埋藏深,东部的几口盐井揭示了该区白垩系烃源岩有一定的生烃能力,且油气化探指示了该区与中生界有关成熟石油伴生气存在的信息,白垩系可能成为该区油气勘探的新层系;

(3) 土壤地球化学勘探显示区内存在与幔源天然气和震旦—寒武系碳酸盐岩有关的天然气,幔源天然气和震旦—寒武系碳酸盐岩是襄樊-枣阳凹陷油气勘探值得探索的新领域。

参考文献 (References):

- 戴金星,石昕,卫延召.无机成因油气论和无机成因的气田(藏)概略[J].石油学报,2001,22(6):5-12.
- 梁文华,旷理雄.枣阳凹陷核桃园组有效烃源岩研究[J].江汉石油科技,2001,11(1):11-13.
- 卢进才,魏仙样,李玉宏,等.汾渭盆地富氢天然气成因及成藏条件初探[J].西北地质,2005,38(3):82-86.
- 秦伟军,林社卿,程哲,等.南襄盆地泌阳凹陷油气成藏作用及成藏模式[J].石油与天然气地质,2005,26(5):668-673.
- 王定一,车自成,张树田,等.南襄盆地构造发育特征及形成机制[J].石油与天然气地质,1987,8(4):363-372.
- 翟光明,王慎言,史训知,等.中国石油地质志(卷7)[M].北京:石油工业出版社,1992,57-66.
- 庞雄奇,李素梅,金明钧,等.排烃门限存在的地质地球化学证据及其应用[J].地球科学——地质大学学报,2004,29(4):384-390.
- 魏仙样,卢进才,魏建设.高精度重磁测量在商都地区 CO_2 气藏勘查中的应用[J].西北地质,2008,41(4):111-117.
- 杨道庆,何明喜,王新荣,等.南襄盆地襄枣坳陷深层海相古生界含油气前景初探[J].石油实验地质,2009,31(3):
- 赵文智,何登发.石油地质综合研究导论[M].北京:石油工业出版社,1999:162-168.
- DAI Jinxing, SHI Xin, WEI Yanzhao. Summary of the abiogenic origin theory and the abiogenic gas pools (fields) [J]. ACTA, 2001, 22(6): 5-10 (in Chinese with English abstract).

- LIANG Wenguang, KUANG Lixiong. Research on effective hydrocarbon source rock of Hetaoyuan group in Zaoyang sag [J]. *Jiangnan Petroleum Science and Technology*, 2001, 11 (1): 11-13.
- LU Jincai, WEI Xianyang, LI Yuhong, JIANG Ting. Preliminary study about genesis and pool formation conditions of rich-helium type natural gas [J]. *Northwestern Geology*, 2005, 38 (3): 82-86.
- QIN Weijun, LIN Sheqing, CHENG Zhe, et al. hydrocarbon accumulation and reservoiring pattern in Biyang depression, Nanxiang basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 2005, 26 (5): 668-673.
- WANG Dingyi, CHE Zicheng, ZHANG Shutian, et al. Characteristic of tectonic evolution and formation mechanism in the Nanxiang basin [J]. *Oil & Gas Geology*, 1987, 8 (4): 363-372.
- ZHAI Guangming, WANG Shenyan, SHI Xunzhi, et al. *Petroleum geology of China (Vol 7)* [M]. Petroleum Industry Press, Beijing, 1992: 57-66.
- PANG Xiong Oi, LI Sumei, JIN Zhijun, et al. Geochemical evidences of hydrocarbon expulsion threshold and its application [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 2004, 29 (4): 384-390.
- WEI Xianyang, LU Jincai, WEI Jianshe. Applications of high precision gravity and magnetic survey to CO₂ gas pool exploration in Shangdu area [J]. *Northwestern Geology*, 2008, 41 (4): 111-117.
- YANG Daoqing, HE Mingxi, WANG Xinrong, et al. The study of petroleum-bearing prospect of marine paleozoic of the Xiang-zao depression in the nanxiang basin [J]. *Petroleum Geology & Experiment*, 2009, 31 (3): 177-180.
- ZHAO Wenzhi, HE Dengfa. *Synthetic research introduction of petroleum geology* [M]. Petroleum Industry Press, Beijing, 1999: 162-168.

Oil and Gas Exploration Prospects in Xiangfan-Zaoyang Sag of Nanxiang Basin

WEI Jian-she, LU Jin-cai, LI Yu-hong, JIANG Ting, LI Jin-chao
(*Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, China*)

Abstract: Xiangfan-Zaoyang sag lies on the south of Nanxiang basin. Compared with the northern small but prolific Nanyang and Biyang sags, the breakthrough of exploration activity is always obtained in this area. Through the research on the characteristics of Cenozoic Hetaoyuan group source rock and the hydrocarbon resource evaluation, we know that the source rock is immature, and the quantity of hydrocarbon generation and resources is very little, the total quantity of hydrocarbon generation is 2.97×10^8 t, the largest resources quantity is only 130×10^4 t. Moreover, the wells of aiming at Hetaoyuan group don't obtain the hydrocarbon accomplishment in Xiangfan-Zaoyang sag. Therefore, Hetaoyuan group can't be taken as the exploration objective formation. Some salt wells provided a little information on Cretaceous source rock, and soil geochemistry exploration also showed that Cretaceous has exploration prospect. The exploration of carbonate and mantle derived gas is the fields of being concerned both at home and abroad over a long period of time, and some breakthroughs have been made. Some soil geochemistry exploration information has revealed that there are some exploration prospects of carbonate and mantle derived gas. Then based on multidisciplinary analyzing research accomplishment of salt exploration and soil geochemistry exploration, Mesozoic Cretaceous, mantle derived gas and Sinian-Cambrian carbonate are the new horizon and fields of hydrocarbon exploration in Xiangfan-Zaoyang sag.

Key words: Xiangfan-Zaoyang sag; Cretaceous; mantle derived gas; carbonate; exploration prospect