

南襄盆地襄樊—枣阳凹陷白垩系油气资源 前景初步评价

张 惠^{1,2}, 李玉宏³, 卢进才³, 魏建设³, 李金超³

ZHANG Hui^{1,2}, LI Yu-hong³, LU Jin-cai³, WEI Jian-she³, LI Jin-chao³

1. 西安石油大学地球科学与工程学院, 陕西 西安 710065;

2. 西北大学地质学系, 陕西 西安 710069;

3. 西安地质矿产研究所, 陕西 西安 710054

1. School of Sciences and Engineering, Xi'an Shiyu University, Xi'an 710065, Shaanxi, China;

2. Department of Geology, Northwest University, Xi'an 710069, Shaanxi, China;

3. Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, Shaanxi, China

摘要:通过南襄盆地内矿产地质、油气地球化学勘探等研究,发现一些襄樊—枣阳凹陷白垩系烃源岩信息;凹陷东缘盐矿井揭示的上白垩统中段烃源岩较发育、有机质丰度较高、演化程度适中,显示出一定的生烃能力;地表化探甲烷 C 同位素数据显示,近一半样品与中生界成熟石油伴生气有关,佐证了该区中生界生烃能力。地震勘探成果表明白垩系分布广、厚度大、沉积环境较稳定;在已投入地震勘探的 900km² 范围内,共解释出襄樊—枣阳凹陷可靠和比较可靠的白垩系圈闭 23 个,圈闭面积 4~16km²,最大可达 200km²。其中,枣阳凹陷的 13 个圈闭是 20 世纪 90 年代地震勘探解释成果,落实程度较高,总面积达 189km²。利用现有的地质、物探、化探等资料,对襄樊—枣阳凹陷白垩系石油地质条件进行初步评价,资料显示,南襄盆地襄樊—枣阳凹陷白垩系范围较广,厚度大,埋藏深,烃源岩演化程度较高,综合认为白垩系是区内值得探索的勘探新层系。

关键词:南襄盆地;襄樊—枣阳凹陷;白垩系;烃源岩;油气勘探

中图分类号:P534.53;TE122.1+13

文献标志码:A

文章编号:1671-2552(2013)05-0824-08

Zhang H, Li Y H, Lu J C, Wei J S, Li J C. Preliminary evaluation of hydrocarbon prospects of Cretaceous strata in Xiangfan-Zaoyang sag, Nanxiang basin. *Geological Bulletin of China*, 2013,32(5):824-831

Abstract: Hydrocarbon resource exploration of the Cretaceous strata in Nanxiang basin has been rarely carried out. Through research on mining geology and geochemical oil and gas exploration in the study area, the authors obtained some information of Cretaceous hydrocarbon source rock in Xiangfan-Zaoyang sag: the salt wells in the eastern part of the sag show that in the middle of the upper Cretaceous strata, the hydrocarbon source rock is well developed and characterized by high abundance of organic matter and moderate evolution degree, suggesting certain hydrocarbon-generating capacity. Half of the samples are related to gases of the mature oil, as evidence by methane carbon isotope data from the surface geochemical exploration. The seismic exploration shows that the Cretaceous strata are characterized by wide distribution, great thickness and stable sedimentary environment. The interpretation made by the authors shows that, in an area of 900 km² of seismic exploration, there exist 23 reliable or relatively reliable traps of the Cretaceous strata, and the area of a trap is generally 4~16km², with the maximum trap area reaching 200km² in Xiangfan-Zaoyang depression. Then there are 13 traps from the interpretation of seismic exploration made in the 1990's, possessing totally 189km² in the Zaoyang depression, and with good precision. According to the data from geological, geophysical and geochemical prospecting, the authors preliminarily evaluated petroleum geological conditions. The data obtained show that the Cretaceous strata are characterized by wide distribu-

收稿日期:2012-05-16;修订日期:2013-04-26

资助项目:延长油田股份公司《南襄盆地延长油田勘查区油气综合评价》(编号:2006081)

作者简介:张惠(1976-),女,博士,讲师,从事石油地质研究。E-mail:zhanghui0911@263.net

tion, great thickness, deep burial depth and high evolution degree of the source rock. It is therefore considered that Cretaceous is a new target deserving further investigation.

Key words: Nanxiang basin; Xiangfan-Zaoyang sag; Cretaceous; source rock; oil and gas exploration

南襄盆地位于扬子地台与秦岭-大别造山带的交会处(图 1),是燕山运动以来形成的断陷盆地,接受了以中生界白垩系和新生界古近系—新近系为主的沉积^[1]。南襄盆地南阳、泌阳凹陷烃源岩主要为古近系核桃园组深湖—半深湖相暗色泥岩、页岩和油页岩;含油层系亦主要为古近系核桃园组。勘探实践表明,南阳、泌阳凹陷内的各类油藏明显受生油凹陷控制,在 2 个深凹中心区易形成“小而肥”的油藏^[2-4]。与南阳、泌阳凹陷相比,南襄盆地襄樊-枣阳凹陷古近系核桃园组有机质丰度低、埋藏浅、热演化程度低,为未成熟烃源岩。江汉油田 1988 年计算枣阳凹陷新生界油气资源量仅为 $6.30 \times 10^4 \sim 12.60 \times$

10^4 t,油气资源贫乏,难以有效成藏^[5-6]。另外,区内以新生界(古近系—新近系)为目的层的 14 口探井未获得油气成果,也预示了区内新生界油气资源的贫乏。虽然襄樊-枣阳凹陷核桃园组油气潜力很低,且南襄盆地白垩系相关的资料十分有限,白垩系油气资源勘探工作开展很少,但现有资料显示沉积了巨厚的白垩系,最厚超过 2400m,枣阳以东王城一带盐矿揭示上白垩统发育厚度较大的暗色泥岩,暗色泥岩厚度占地层厚度的 40%~61.7%,生油指标显示白垩系可能具有油气勘探前景。同时,该区甲烷 C 同位素组成指示具有热演化成熟烃、过成熟烃等多源烃的存在,表明该区新生界以下的白垩系等可能具

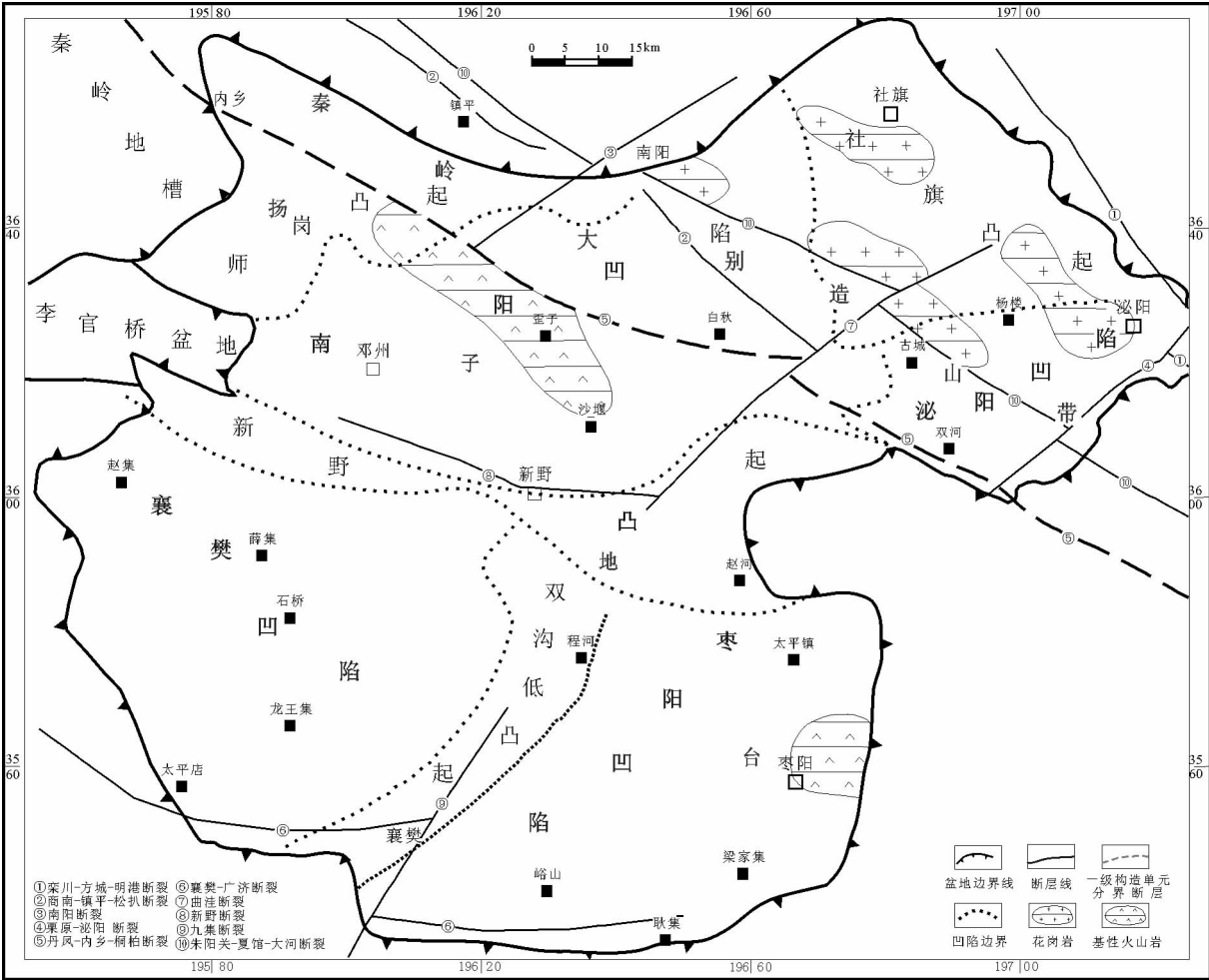


图 1 南襄盆地构造位置和构造单元划分
Fig. 1 Location and regional structural map of Nanxiang basin

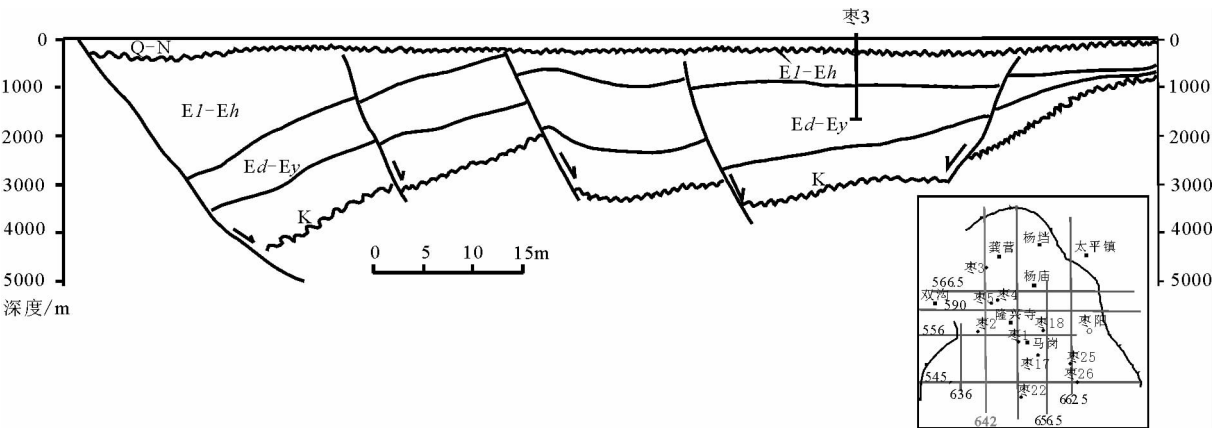


图 2 南襄盆地枣阳凹陷 642 地震测线解释剖面

Fig. 2 Structural section of 642 survey line in Zaoyang sag, Nanxiang basin

E1—廖庄组; Eh—核桃园组; Ed—大仓房组; Ey—玉泉顶组; K—白垩系

有一定的油气勘探前景。本文从地层层序、构造、烃源岩发育特征、圈闭与保存条件等对该区白垩系的油气资源前景进行了初步评价。

1 基本地质特征

南襄盆地枣阳凹陷受北西向襄樊—广济断裂的控制,形成了轴线近东西向的南断北超的断拗型箕状凹陷,具有单断断陷特征,以长期活动的同向正断层为主,局部发育反向正断层,多具有同沉积特征,断裂活动大体结束于古近纪末期。地层由下到上依次发育白垩系、古近系、新近系和第四系,其中古近系最为发育,由上而下发育廖庄组(E1)、核桃园组(Eh)、大仓房组(Ed)和玉皇顶组(Ey);其次为白垩系;新近系和第四系沉积较薄。古近纪末期发生区域构造抬升,局部(枣 22—枣 17 井区)于古近纪中

晚期还发生了构造抬升,古近系普遍遭受部分剥蚀。新近纪—第四纪断陷以整体均衡沉降、沉积为主,但沉降幅度与沉积速率明显减小(图 2、图 3)。

不同钻井对地层均有不同程度的揭示。枣阳凹陷的枣参 1 井仅揭示了上白垩统上段,上部是紫红色含砾砂岩及暗紫色、蓝灰色、灰色泥岩,其下为紫灰色、紫红色角砾岩,暗紫、暗紫红色角砾岩(图 4)。枣阳凹陷东南部王城地区盐井为上白垩统中段,上部以蓝灰—紫红色泥灰岩为主,含粉砂质泥灰岩,泥膏岩,粉砂质泥岩夹薄层石膏及钙芒硝层;中部为蓝灰—紫红色泥岩与钙芒硝,含盐泥岩与岩盐互层;下部以紫红色泥岩、砂质泥岩为主,夹薄层石膏,部分泥岩蓝灰色,局部含钙芒硝。地表剖面可见上白垩统下段地层,上部为紫红、砖红色厚层砂岩夹灰质砂岩;下部为紫红色砂砾岩,

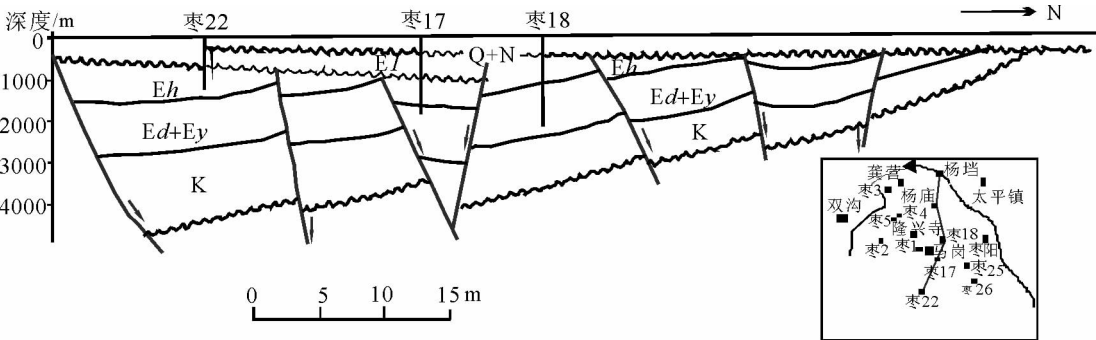


图 3 枣阳凹陷构造剖面

Fig. 3 Structural section in Zaoyang Sag

Q—第四系; E1—廖庄组; Eh—核桃园组; Ed—大仓房组; Ey—玉泉顶组; N—新近系; K—白垩系

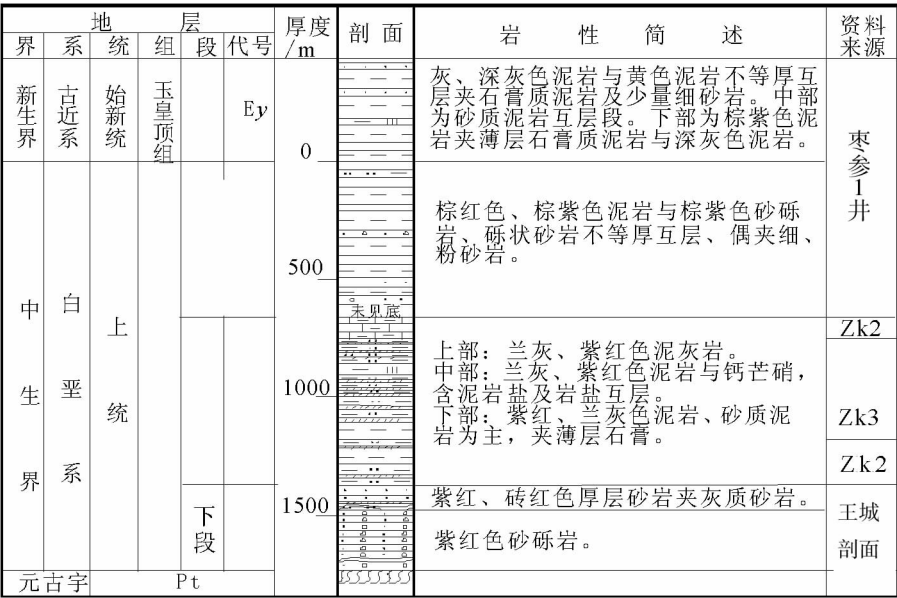


图 4 南襄盆地枣阳凹陷白垩系地层综合柱状图

Fig. 4 Composite stratigraphic column of Cretaceous in Zaoyang sag, Nanxiang basin

由上到下岩性变粗，砾石成分以石英、长石为主，含少量硅质灰岩及变质岩。

根据枣阳凹陷地震剖面特征，白垩系(T10—T11 反射界面之间)有较大范围的较强振幅中频连续地震反射特征存在(图 5)，表明白垩系沉积环境较稳定、沉积连续性好。地震反射的反射结构、连续性、振幅、频率及地震相单元的外形等条件分析结果表明，南部向斜(凹陷)带的枣 26 井区、草店—马岗

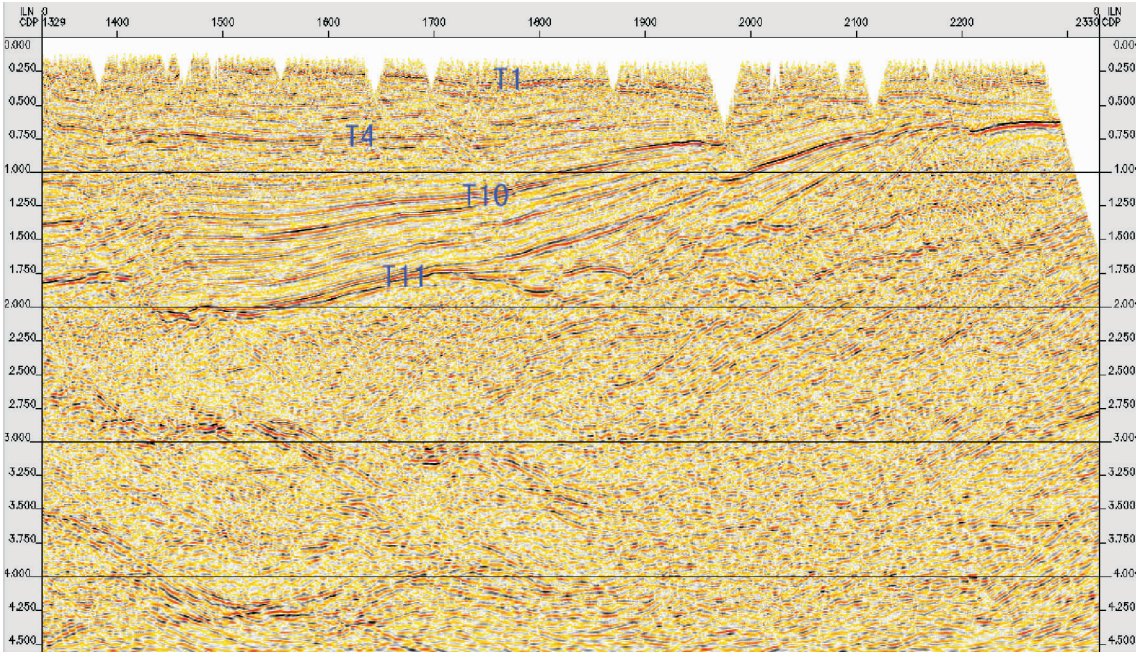


图 5 南襄盆地枣阳凹陷地震波组特征

Fig. 5 Characteristic diagram of the seismic wave group in Zaoyang sag, Nanxiang basin

断裂褶皱带的枣 1 井区和枣 4 井区的白垩系沉积厚度较大, 为 1200~1600m, 沉积环境较稳定, 推测为较深湖相。向斜带周围的断裂带上, 白垩系沉积厚度一般为 800~1200m, 为弱水动力环境, 推测为浅湖相。张集-太平岗断裂带上的枣参 1 井区及枣阳东南一带白垩系厚度为 600~900m, 为弱水动力环境, 推测为滨湖相。凹陷南部襄樊断裂下降盘前缘及凹陷东部边缘白垩系沉积不稳定, 厚约 100~800m, 推测为冲积扇相。根据构造演化恢复结果, 枣阳凹陷白垩纪为统一的规模较大的断陷湖盆, 水体面积大, 应具有深水烃源岩形成的条件。

2 白垩系油气资源潜力分析

2.1 烃源岩发育特征

枣阳凹陷东缘王城一带盐矿钻井揭示, 白垩系暗色泥岩厚度一般为 150~200m, 厚者可达 293.5m (Zk3 井), 占白垩系厚度的 61.7%, 单层厚度最大 24m。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%^[7]。比较 Zk6-9 和 Zk11 井不同深度样品, 由浅至深有有机质丰度有变高的趋势(表 1), 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。因此, 枣阳凹陷白垩系可能具有较好的生油能力。根据地震勘探成果, 襄樊凹陷白垩系厚度更大(图 6), 埋藏更深, 分析认为烃源岩发育, 有机质进入成熟阶段, 可以生成油气, 其生烃潜力更好。

2.2 烃源岩生烃潜力分析

襄樊-枣阳凹陷白垩系分布广, 厚度大^[7-8], 烃源岩演化程度高于新生界, 应达到成熟阶段。襄樊-枣阳凹陷白垩系保留范围超过凹陷总面积的 90%, 一般厚度 1000~2000m, 最厚超过 2400m(图 6), 埋藏较深, 一般在 1500~3000m 之间, 最深处超过 3500m^①。

石油钻井揭示, 上白垩统上段总体为干旱环境

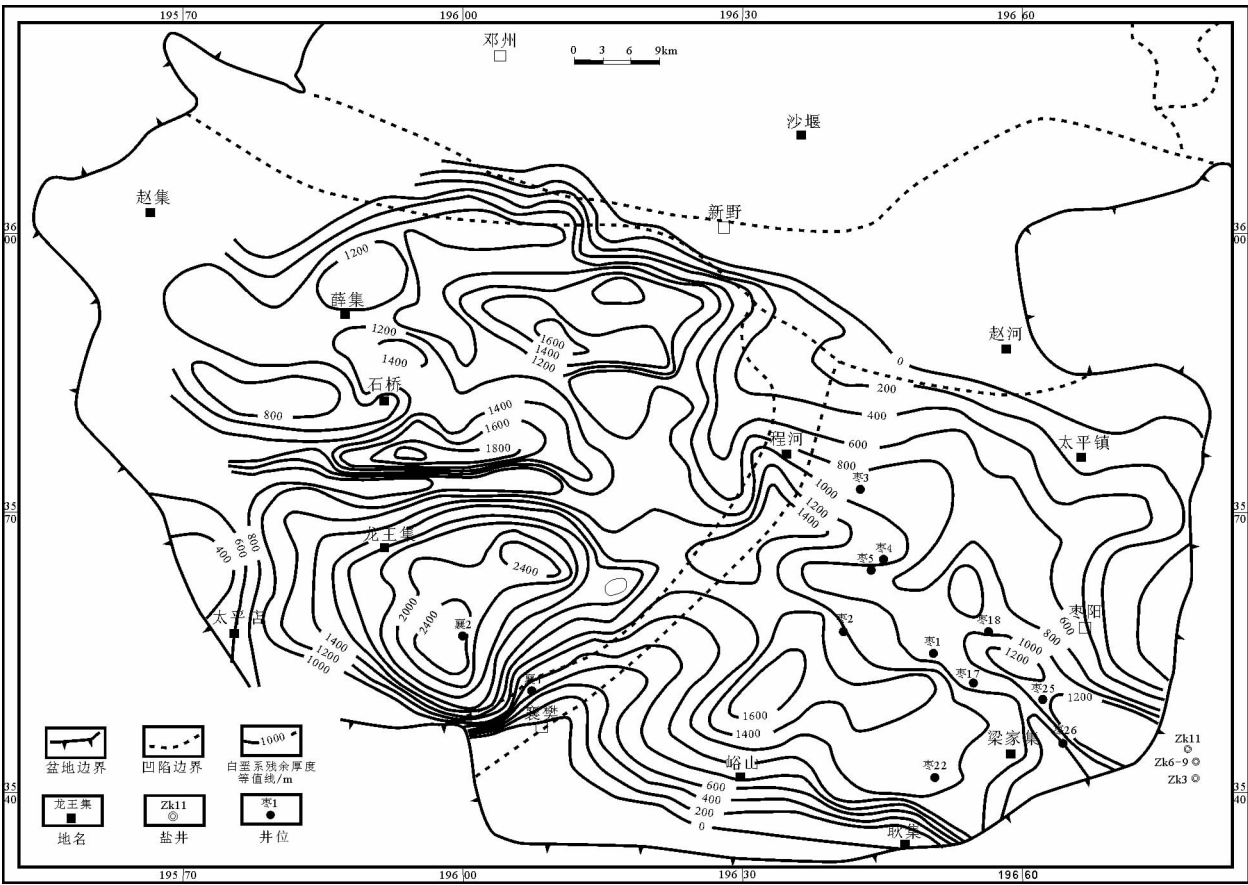


图 6 南襄盆地襄樊-枣阳凹陷白垩系残留厚度

Fig. 6 Thickness of Cretaceous residual strata in Xiangfan-Zaoyang sag, Nanyang basin

表 1 枣阳凹陷东部地区盐井揭示白垩系生油指标

Table 1 Data table of oil generation indexes of Cretaceous in the eastern part 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

沉积,不具备生烃能力;东缘盐矿井剖面为上白垩统中段地层,其烃源岩占地层厚度比例大、有机质丰度较高、演化程度适中,显示了一定生烃能力,但盐井位于凹陷边缘,沉积相带不利。襄樊—枣阳凹陷白垩系沉积保留厚度较大(最厚可达2400m),分析认为凹陷中心应发育烃源岩,并具有生烃潜力。

2.3 油气地球化学勘探信息分析

有机质向油气转化的不同阶段形成的烃类具有不同的甲烷 C 同位素特征,可用天然气(或石油伴生气)甲烷 C 同位素将有机质演化阶段划分为4个阶段(表 2):①生物化学作用阶段,以形成生物甲烷气为主,甲烷 C 同位素($\delta^{13}C_1$)小于-55‰;②生物—热催化过渡阶段,形成天然气或石油伴

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

Table 3 Analytical results and genetic analysis of methane carbon isotopes of soil geochemical exploration in Xiangfan sag

编号	$\delta^{13}C_1/\text{‰}$		演化阶段	成因分析
	分析值	校正值		
1	-54.785	-59	生物化学作用阶段	生物成因气
2	-48.693	-54	生物—热催化过渡阶段	与新生界有关低熟或未熟石油伴生气
3	-44.031	-48		
4	-43.237	-48		
5	-39.259	-44		
6	-37.953	-43		
7	-37.104	-42	热催化作用阶段	与中生界有关的成熟石油伴生气
8	-36.11	-40		
9	-34.902	-40		
10	-33.204	-38		
11	-32.536	-38		
12	-29.723	-35	热裂解作用阶段	与震旦系—寒武系有关的高成熟或过成熟天然气
13	-27.539	-33		
14	-27.394	-33		
15	-23.909	-29		
16	-22.991	-28		
17	-20.316	-25		

Ⅱ类圈闭各 2 个, 总面积 24.88km², Ⅲ类圈闭 6 个, 面积 33.45km², Ⅳ类圈闭 3 个, 面积 128.75km² (表 4)。

南襄盆地未变质的白垩系沉积盖层与前中生界变质基岩之间呈不整合接触^④, 属不同的构造层。前中生界逆冲推覆作用非常强烈, 地层倾角较大, 而白垩系地层平缓, 构造变形较弱, 有利于油气的保存 (图 7)。

4 结 论

襄樊—枣阳凹陷古近系油气资源潜力较低, 但白垩系圈闭与保存条件较好, 成藏的主要控制因素为烃源岩的发育程度。枣阳凹陷东缘已经揭示白垩系具有生烃潜力, 地震勘探及综合研究成果表明, 襄樊—枣阳凹陷内部白垩系沉积相带更有利于烃源岩发育, 而且凹陷内部白垩系分布广、厚度更大、埋藏更深, 推测生烃潜力会更大。同时, 地表油气化探成果显示该区存在较多与中生界 (白垩系) 有关的成熟石油伴生气信息。因此, 襄樊—枣阳凹陷白垩系是值得探索的油气勘探新层系。

致谢:评审专家提出了宝贵的修改意见, 延长油田股份有限公司向笔者提供了区域地质资料, 在此一并表示感谢。

参考文献

- [1]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.
- [2]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.
- [3]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.
- [4]夏东领, 杨道庆, 林社卿, 等. 南襄盆地中、新生代构造演化与油气成藏[J]. 油气地质与采收率, 2007, 14(6): 32–34.
- [5]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.
- [6]庞雄奇, 李素梅, 金之钧, 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, 2004, 29(4): 384–390.
- [7]魏建设, 卢进才, 李玉宏, 等. 南襄盆地襄樊—枣阳凹陷油气勘探前景探讨[J]. 西北地质, 2009, 42(4): 84–91.
- [8]刘绍龙, 刘宁, 薛玉纬, 等. 南襄盆地深层反射地震界面剖面特征及其构造属性[J]. 河南石油, 1999, (1): 5–9.
- [9]戴金星. 天然气碳氢同位素特征和各类天然气鉴别[J]. 天然气地球科学, 1993, 2(Z1): 1–40.
- [10]王万春, 陶明信. 地质微生物作用与油气资源[J]. 地质通报, 2005, 24(10/11): 1022–1026.
- ①南阳油田. 南襄盆地油气资源评价报告. 1985.
- ②原地矿部石油地质综合大队. 巴丹吉林盆地额济纳坳陷区油气地球化学勘查研究报告. 1993.