

南襄盆地泌阳凹陷赵凹安棚油田深盆油(气)藏

胡望水¹⁾, 李宗贤¹⁾, 黄玉欣¹⁾, 邱荣华²⁾, 王敏²⁾, 杨道庆²⁾, 夏东领²⁾

1) 长江大学油气资源与勘查技术教育部重点实验室, 长江大学地球科学学院, 湖北荆州, 434023

2) 河南油田分公司, 河南南阳, 473132

内容提要: 泌阳凹陷赵凹安棚油田深层系部分油(气)藏属于深盆油(气)藏, 即深盆致密砂岩油(气)藏。利用深盆气藏理论和分析方法, 通过对其成藏要素分析, 发现其深层系油(气)藏具有深盆油气藏的典型特征。构造呈现单斜背景上的鼻状, 自西北向东南生油中心倾没; 赵凹安棚油田深层系内油水分布较为复杂, 在横向连续储层内, 出现了油水关系倒置的深盆油(气); 储层属非均质低渗透储层; 从深盆油(气)观点看, 属一种动态致密砂岩油(气)藏; 地层压力异常低, 甚至负异常压力。在泌阳凹陷勘探程度极高油区, 如果进行思想变革, 就能实现资源的突破。

关键词: 泌阳凹陷; 赵凹安棚油田; 深盆油(气); 致密储层

深盆气藏的发现最早可追溯到 1926 年在美国圣胡安盆地发现的分布于盆地中央向斜部位的特大气田 Blanco 气田。Masters(1979)将发育在构造下倾部位或中央向斜部位砂岩中的天然气藏称为深盆气藏。深盆气以其储量巨大而倍受石油地质工作者的重视, 加拿大艾尔姆华士、牛奶河、霍得利三大气田均以深盆气藏为主; 美国已在圣胡安、尤因塔、皮申斯、丹佛、大绿河、粉河、风河等 12 个大型盆地发现并开采深盆气, 其产量占非常规天然气产量的 69%(姜振学等, 2000)。我国在鄂尔多斯、四川、松辽、吐哈等盆地发现了深盆气藏(王金琪, 2003)。

深盆气藏是致密储层中与烃源岩相连具有气水倒置关系的气藏, 是在成藏机理和分布规律方面都比较特殊的油气藏类型, 常发育在盆地的构造低部位, 在碎屑岩沉积盆地中具有广阔的勘探前景(姜振学等, 2000)。因此利用深盆油气理论和方法, 研究和寻找深盆油(气)藏, 扩大找油领域, 尤其是我国东部油气老区, 具有非常重要的实际意义; 研究深盆油成藏条件、成藏机理、成藏模式及分布规律, 对于完善深盆油气藏理论也有重要的理论意义。

1 地质背景

南襄盆地是东秦岭褶皱带上一个以古近纪沉积

为主的中、新生代断拗型盆地, 面积约 17000 km², 基底为北秦岭褶皱带的秦岭群和二郎坪群变质岩系。泌阳凹陷是我国东部的一个新生代富含油气的小型断陷盆地, 位于河南省南部唐河与泌阳县之间, 面积 1000 km²(有效勘探面积 800 km²), 属南襄盆地中的一个次级凹陷。凹陷的形成主要受北西向的唐河-栗园断裂和北东向的栗园-泌阳断裂控制, 凹陷沉降中心位于东南边界断裂的交汇处, 基底最大埋深可达 8000 m 以上, 向北逐渐抬起, 构成一个南深北浅的箕状断陷。经过近 30 年的勘探开发, 目前已发现双河、下二门、井楼、古城和赵凹安棚等 8 个油田。

中新世代地层自上而下有第四系、新近系、古近系及上白垩统, 基底为元古宇变质岩。沉积盖层主要为古近系, 自下而上可分为玉皇顶组+大仓房组、核桃园组、廖庄组, 纵向上构成一个完整的沉积旋回, 位于旋回中部的核桃园组(尤其是核二、核三段)是凹陷的主要勘探目的层, 厚约 2500~4000 m。核三段划分为 8 个砂组, 整个核桃园组划分为 10 个三级层序, 其中核一段 3 个, 核二段 3 个, 核三段 4 个。

2 深盆油(气)藏特征

深盆气藏主要是在毛细管压力的作用下, 存在

注: 本文为国家自然科学基金项目(编号 40173023)资助成果。

收稿日期: 2006-03-21; 改回日期: 2006-11-25; 责任编辑: 周健。

作者简介: 胡望水, 男, 1963 年生, 博士, 教授, 博士生导师。主要从事油藏描述和石油构造研究和教学工作。通讯地址: 434023, 湖北省荆州市南环路 1 号, 长江大学地球科学学院; 电话: 0716-8062073; Email: huwangshui@126.com。

于具有低孔隙度、低渗透率特征储层、位于构造下倾方向上的天然气聚集体。深盆气藏储层具有低孔隙度低渗透率特征,赋存空间位于坳陷深处或构造斜坡上,且具有气水倒置、压力异常等特点,常规的勘探方法不适合用于深盆气藏。成藏的前提条件是具有持续、充足的气源供给和致密的储层(Cant, 1983;Gies, 1984;Rose et al., 1984; Welte et al., 1984; Masters, 1984; Law et al., 1985; Spencer, 1987;Rice, 1991)。深盆气的保存条件通常被认为是致密储层在高含水饱和度情况下的“水锁效应”(Gies, 1984;Rice, 1991)。泌阳凹陷赵凹安棚油田深层系深盆油(气)藏也具有类似的特征。

2.1 储存空间

深盆油(气)藏位于泌阳凹陷半地堑斜坡构造的下倾位置到沉降沉积中心(图 1、2)。油气储层紧邻生油层,同时位于生油岩高成熟区内(图 3),因此油源充足。高成熟生油岩产生的油气为深盆油气藏的

形成提供了必要的油源保障。

2.2 油水关系

与深盆气藏气水关系相似,同常规油气藏油气水关系相反,深盆油(气)藏中的流体分布表现为下油气上水的倒置关系(图 2),即下部致密储层段饱含油气而上部常规储层段饱含地层水,油与水之间存在油气水过渡带。深盆油(气)藏的上倾方向可以过渡为常规油藏,即油在水上的油藏。图 2 上部油层下倾部位储层饱含油,中间为干层,上倾部位储层饱含水。

2.3 储层特征

深盆气藏以低孔、低渗为特征,一般孔隙度范围为 6%~13%,渗透率范围为 $0.1 \times 10^{-3} \sim 1.0 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (Cant, 1983; Gies, 1984; Rose et al., 1984; Law et al., 1985)。赵凹安棚油田深层系深盆油(气)藏其储层也具有这样的特征,均为低孔、低渗—特低渗储层,孔隙度主要分布于 4%~7% 区

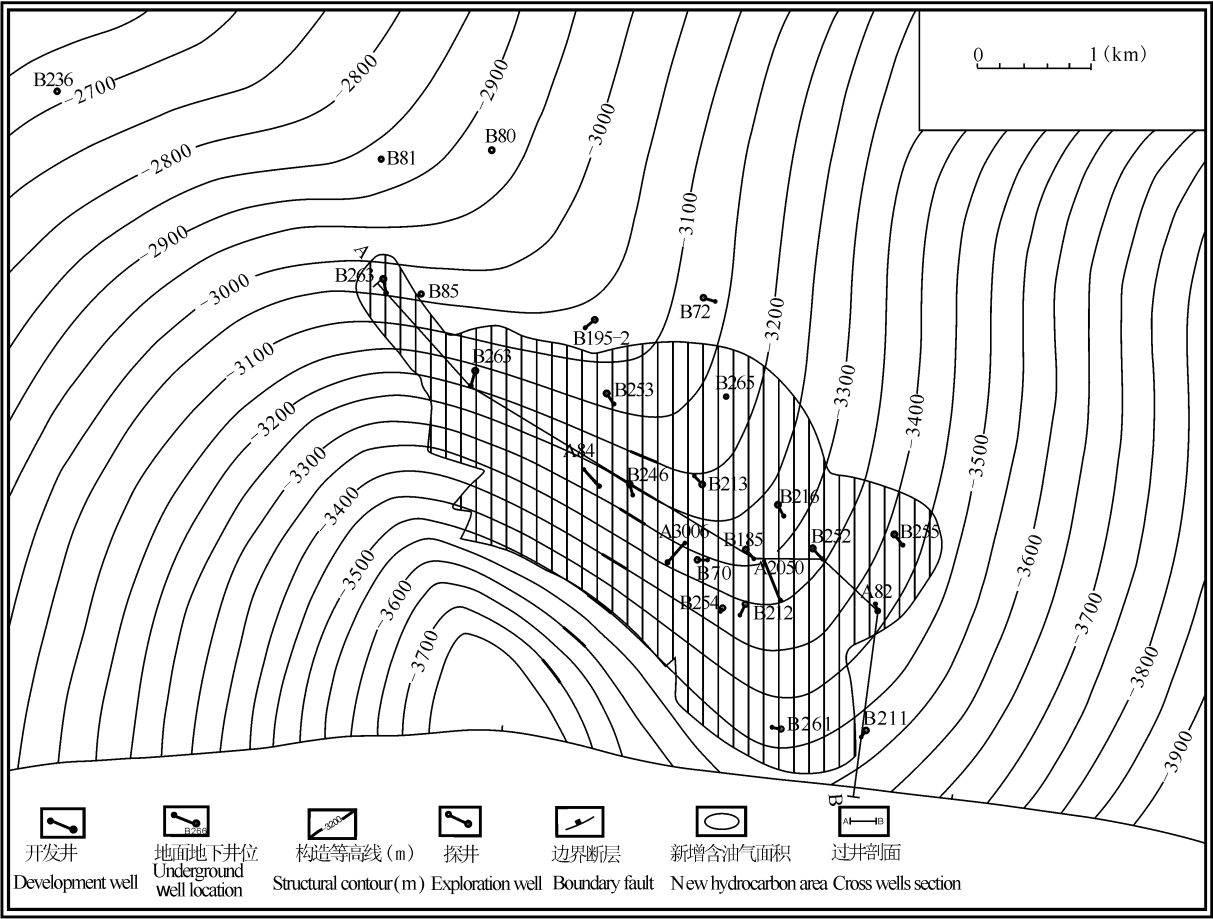


图 1 赵凹安棚油田深盆油(气)藏分布图
Fig. 1 The distribution of deep-basin oil-gas pool of the Zhaowa-Anpeng field

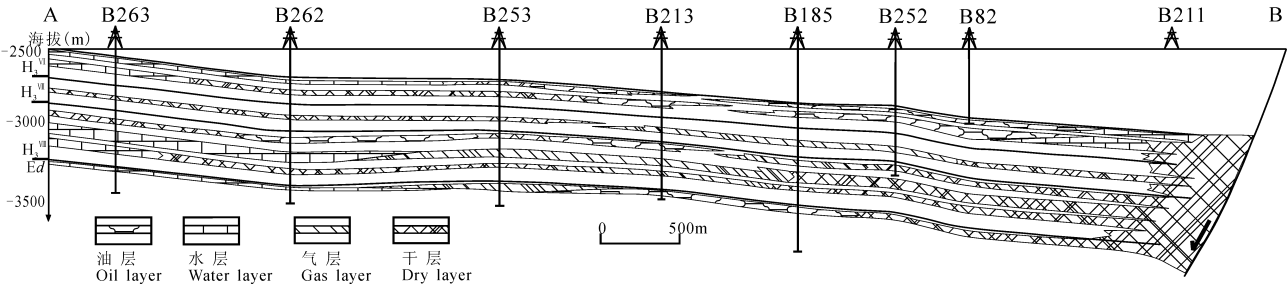


图 2 赵凹安棚油田泌 263 井—泌 211 井油藏剖面图(剖面位置见图 1)

Fig. 2 Reservoir profile of well Bi263-Bi211 of well the Zhaowa-Anpeng field(location of the section in Fig. 1)

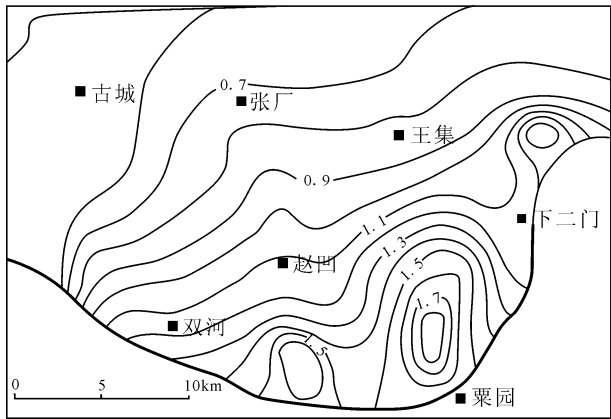


图 3 核桃园组三段下亚段底现今 R_0 (%) 值分布图
(据吴胜和等, 2001)

Fig. 3 The distribution map of R_0 (%) in lower part of the third Member of Hetaoyuan Formation
(after Wu Shenghe et al. , 2001)

表 1 赵凹油田深层系油层物性统计表

Table 1 The statistical list of physical property of oil layer in deep zone of Zhaowa oil filed

油组	井号	孔隙度 (%)	渗透率 ($\times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)	碳酸盐含量 (%)	样品数 (个)
Ⅶ	安 2020	6.75	1.59	12.32	28
	泌 252	6.52	3.65	12.5	23
	泌 246	6.11	1.00	13.05	5
	安 84	5.36	0.62	8.70	18
Ⅷ	泌 185	5.72	<1	10.12	23
Ⅸ	泌 213	6.87	5.57	12.64	7
平 均		6.17	1.88	11.97	

间;渗透率大多数小于 $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (表 1)。安棚深层系孔隙度主要分布区间为 4%~7% (图 4), 频数占 51%; 大于 8% 的频数占 20%; 小于 5% 的频数为 29%。渗透率分布上主峰明显, $0.1 \times 10^{-3} \sim 2 \times$

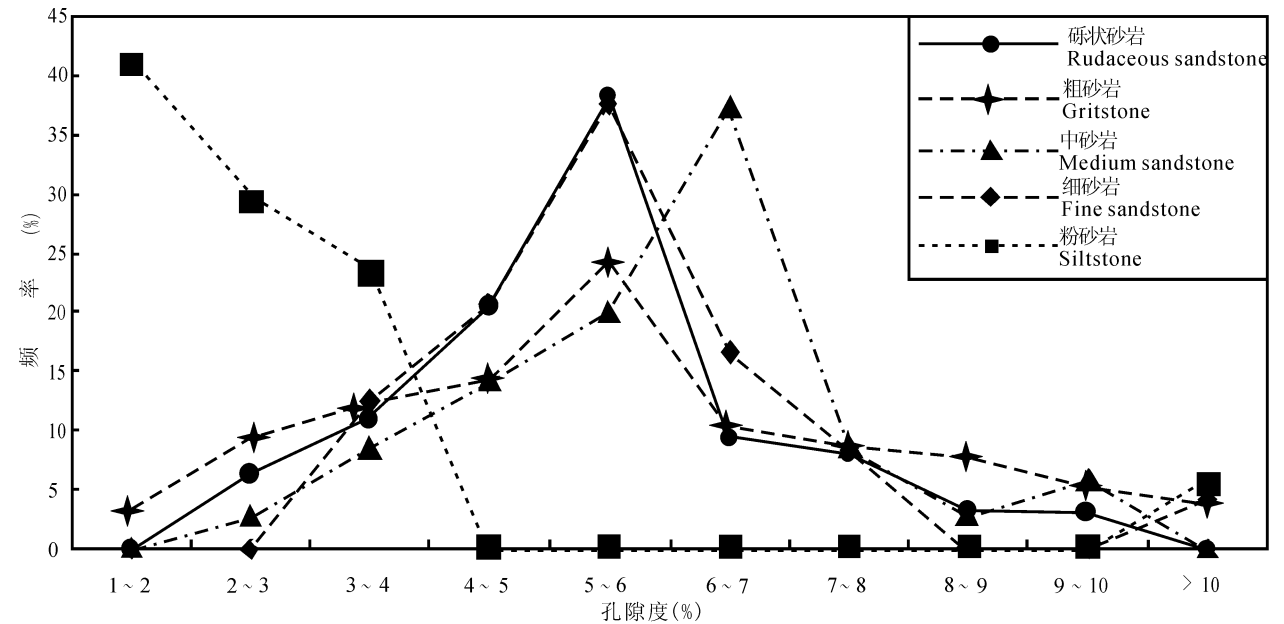


图 4 赵凹安棚油田深层系不同岩性孔隙度频率分布图

Fig. 4 The porosity frequency of different lithology in deep strata of the Zhaowa-Anpeng field

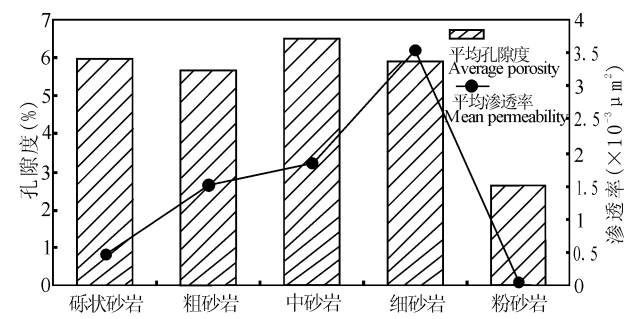


图 5 赵凹安棚油田深层系岩性物性关系图

Fig. 5 The relationship of physical property and lithology in deep strata of the Zhaowa-Anpeng field

$10^{-3} \mu\text{m}^2$ 者占 59%, 小于 $0.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 者占 17%, 大于 $2 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 者占 24%。细砂岩物性最好(图 5)。

深盆油(气)藏储层的孔隙度、渗透率沿构造上倾方向总体呈现为有序变化, 由下向上总体变好。由构造下部向构造上部(由东南向西北), 即自泌 212 井—泌 246 井物性变好(图 6、7)。构造下倾方向上的致密性储层中饱含油, 向构造上倾或地层上倾方向物性条件逐渐变好(图 5), 地层流体也逐渐由饱含油向饱含水方向转化。对于顶部油层而言, 尽管也符合这样的规律, 但下部油与上部水之间是

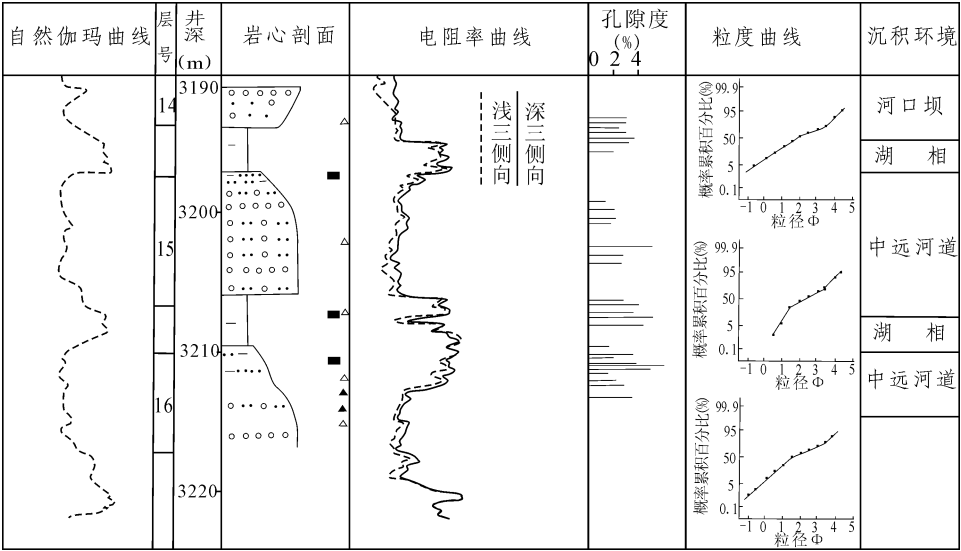


图 6 泌 212 井Ⅶ油组 6~8 小层岩心综合分析图

Fig. 6 The integrated analysis of cores in Ⅶ6~8, well Bi212

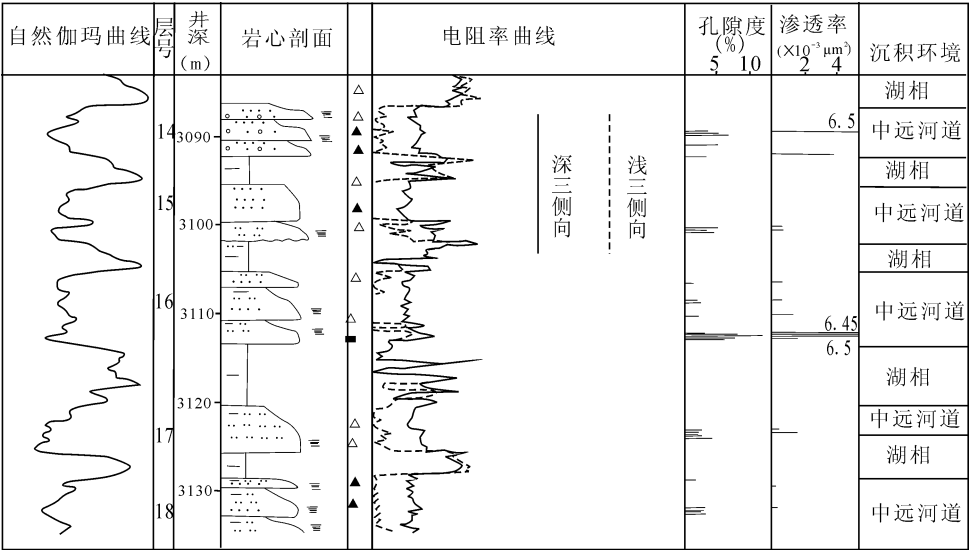


图 7 泌 246 井Ⅶ油组 6~10 小层岩心综合分析图

Fig. 7 The integrated analysis of cores in Ⅶ6~10, well Bi246

干层,说明干层的储层物性很差,成为油气的封堵体,使得油气无法继续向上倾方向运移,因此出现了非常规的油水干现象(图 2)。

储层岩性主要有砾状砂岩、粗砂岩、中砂岩、细砂岩和粉砂岩。岩性较粗,以砾状砂岩、粗砂岩、中砂岩和细砂岩为主。根据深层系岩样实际分析资料统计表明,岩性为砾状砂岩、粗砂岩、中砂岩和细砂岩的样品占岩样取样总数的 89.6%。细砂岩与粉砂岩的含油产状有明显差异,细砂岩有荧光显示的岩样占 71.4%,无显示的占 28.6%;而粉砂岩有油气显示的岩样只占 20%(图 8),且物性明显变差(图 5)。

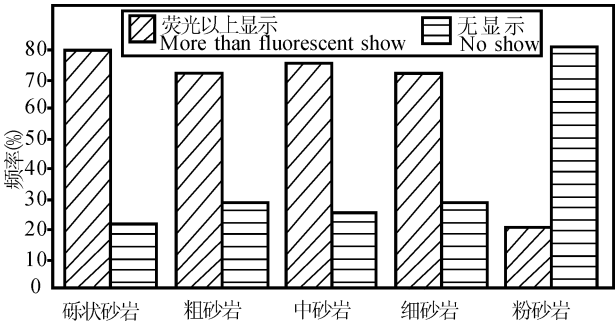


图 8 赵凹安棚油田深层系岩性含油性关系图
Fig. 8 The relationship of lithology and petroleum in deep strata of the Zhaowa-Anpeng field

2.4 原油性质

Ⅶ油组 1~12 小层原油密度为 0.795~0.8419 g/cm³,粘度为 1.46 mPa·s,胶质沥青质含量 1.17%,含蜡量 9.97%,含硫 0.03%,凝固点 11.8℃,属挥发性原油;Ⅶ 13~14 小层以下原油具有六低一特低特征,具体为低密度(0.756 g/cm³)、低粘度(1.356 mPa·s)、低胶质沥青质含量(0.452%)、低含蜡(5.2%)、低含硫(0.026%)、低初馏点(54.6℃),特低凝固点(-13.7℃),其原油颜色为透明的稻黄色,高压物性分析结果为凝析油。可见其油质很好,这也是深盆油的显著特征之一。

2.5 地层压力

如同深盆气藏一样,赵凹安棚油田深层系深盆油(气)藏的地层压力低或高。压力系数划分压力类型的标准为:压力系数<0.9,属于异常低压,压力系数介于 0.9~0.96 之间,属于低压,压力系数>0.96,属于高压。从随机统计结果可见,泌阳凹陷核桃园组三段下Ⅶ—Ⅷ油组地层压力大部分属于低压,异常低压和低压约占 77%(表 2),优势明显。

表 2 泌阳凹陷核三段下Ⅶ-Ⅷ油组地层压力类型
Table 2 The formation pressure types of oil group Ⅶ-Ⅷ in the third Member of Hetaoyuan Formation of Biyang depression

井名	层位	压力系数	类型
泌 252	Ⅶ	0.82	异常低压
泌 213	Ⅷ	0.95	低压
泌 213	Ⅷ	0.97	高压
泌 253	Ⅷ	0.96	低压
泌 253	Ⅷ+Ed	0.94	低压
泌 253	Ⅶ	0.96	低压
泌 262	Ⅷ	0.97	高压
泌 262	Ⅶ	0.96	低压
泌 262	Ⅶ	0.94	低压

2.6 源-藏伴生

深盆油(气)藏源岩多位于紧邻致密储集层的下方,源岩生成的油气一经排出即可进入致密储层并整体排驱致密储层中的孔隙水富集成藏(图 2)。

2.7 油气藏边界不受构造等深线控制

深盆油气藏的边界受控于力学平衡,即供油气热膨胀力+油气体浮力与毛细管力+静水压力之平衡,与物质平衡,深盆油气藏赋集油气量—源岩供给油气量与盖层散失气量—油气水边界散失油气量之平衡。力学平衡的主要影响因素有储层孔隙度、渗透率等物性与埋深等(姜振学等,2000;金之钧等,2003);物质平衡的主要影响因素有源岩的排油气速率、排油气强度、盖层散失油气量、油气水边界散失气量、储层倾角大小、埋深、厚度等,因此油气藏油气水边界不受构造等深线的控制(图 1)。

2.8 成岩作用

泌阳凹陷为北高南低、北薄南厚的箕状断陷,地层总体上向南倾斜。同一层段的地层,在不同地区埋藏深度不同,所处的成岩阶段不同,经历的成岩作用不同,其成岩相也就不同,储层物性也存在明显差异。

赵凹安棚油藏分布边界既不是砂体尖灭线,也不是相变线(图 1、9),水层部分和含油气部分均位于同一相带内(图 2)。从泌 185 井到泌 263 井,砂体是连续的,而且沉积相也没有明显变化。砂体孔隙性在泌 185 井较好,而在泌 263 井一带胶结严重。

由于同一砂体在不同地区埋藏深度不同,所处的成岩阶段不同。核三段Ⅷ砂组砂体在泌 185 井处于晚成岩 B 亚期溶蚀带(图 10),次生孔隙较发育,储集性能较好,因此形成产量较高的油层;在泌 263 井处于晚成岩 A3 亚期胶结带(图 10),胶结强烈,储

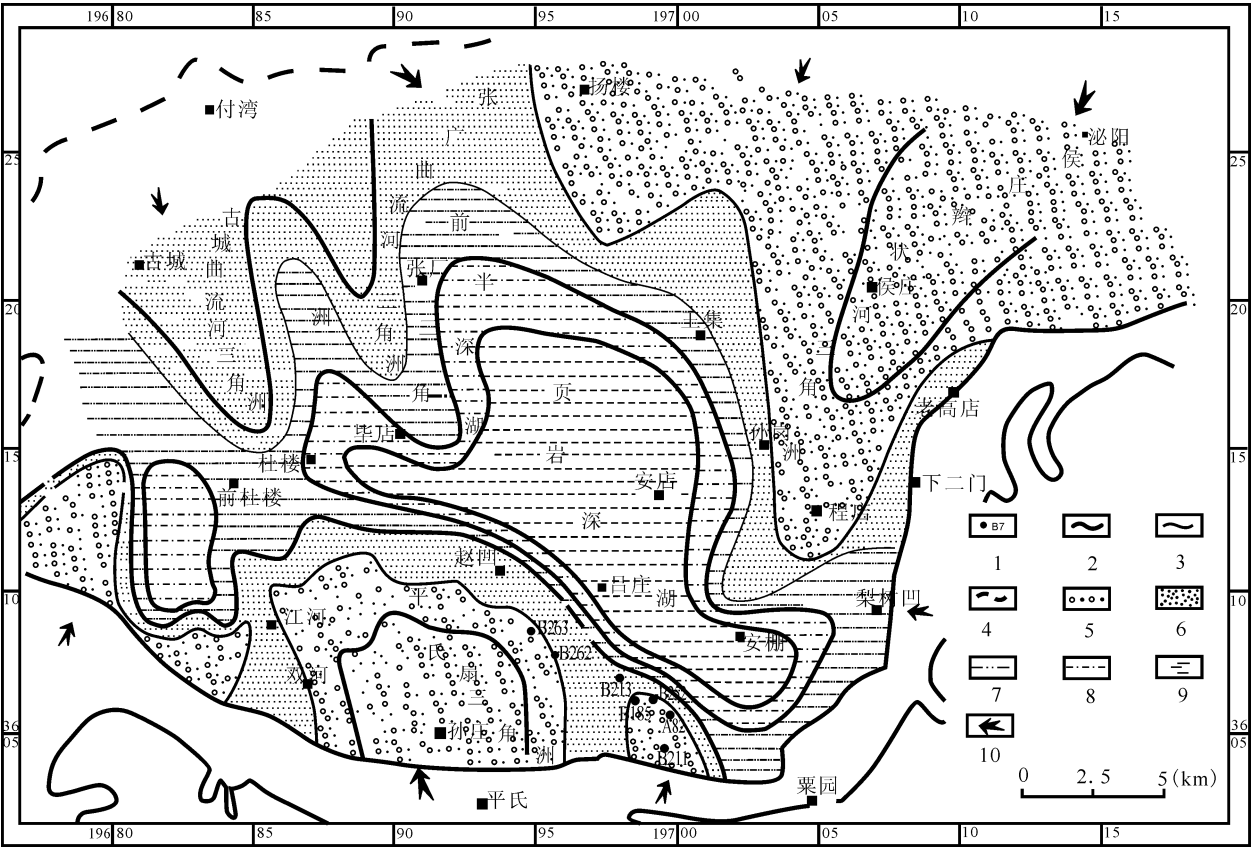


图 9 泌阳凹陷核桃园组三段Ⅲ砂组沉积相图(据金振奎等,2001)

Fig. 9 The sedimentary facies map of the third Member of Hetaoyuan Formation in Biyang depression (after Jin Zhenkuai et al. , 2001)

- 1—井位及井号; 2—相边界; 3—岩相边界; 4—推测的相及岩相边界; 5—砂砾质三角洲平原/前缘; 6—砂质三角洲前缘/平原;
7—前三角洲; 8—半深湖; 9—页岩深湖; 10—物源方向
- 1—Well location and No. ; 2—facies boundary; 3—lithofacies boundary; 4—tentative facies and lithofacies boundary;
5—gritty delta plain/front; 6—sandy delta front/plain; 7—predelta; 8—semi-abbyss; 9—shale abyss; 10—source orientation

集性能变差,形成水层或干层。再往上倾方向,储层物性变好,进入正常油水分布区带。

3 认识与讨论

从深盆气藏及泌阳凹陷深盆油(气)藏特征看,深盆油(气)藏形成条件与深盆气藏形成条件相似,与常规油藏形成条件有明显的不同,具有特殊的形成条件和机理,从以下几方面讨论深盆油(气)藏的形成条件。

3.1 构造条件

深盆油(气)藏在盆地中的存在表现为低位势特征,同时无需特定类型的构造圈闭,只要构造平缓,断裂不太发育就有可能形成深盆油聚集,它们对盆地构造条件的要求较为简单。泌阳凹陷赵凹安棚油田深层系深盆油(气)藏其构造条件极为简单,为一起伏变化较小的鼻状构造。

3.2 源岩条件

如同深盆气藏一样,深盆油(气)藏源岩也应位于储层的下方,即油源层与储层紧密接触,其次源岩分布面积大,成熟度较高,油源近且供应充足。泌阳赵凹安棚油田深层系深盆油(气)藏就位于生油中心区内,紧邻较高成熟区生油中心,有利于生成的油直接运移进入储层聚集成藏。

3.3 储层条件

储层致密是形成深盆油(气)藏的重要条件之一。从赵凹安棚油田深层系深盆油(气)藏可见,在碎屑岩中,横向上深盆油(气)藏储层的孔、渗物性沿构造上倾方向呈现为总体的有序性变化,即由下向上总体变好,垂向上形成由致密到常规的有序性递变。储层物性的致密特征和变化特点主要受沉积环境和后期成岩条件影响和控制。依据同一储层横向储层物性和成岩阶段的变化规律,可以预测深盆油

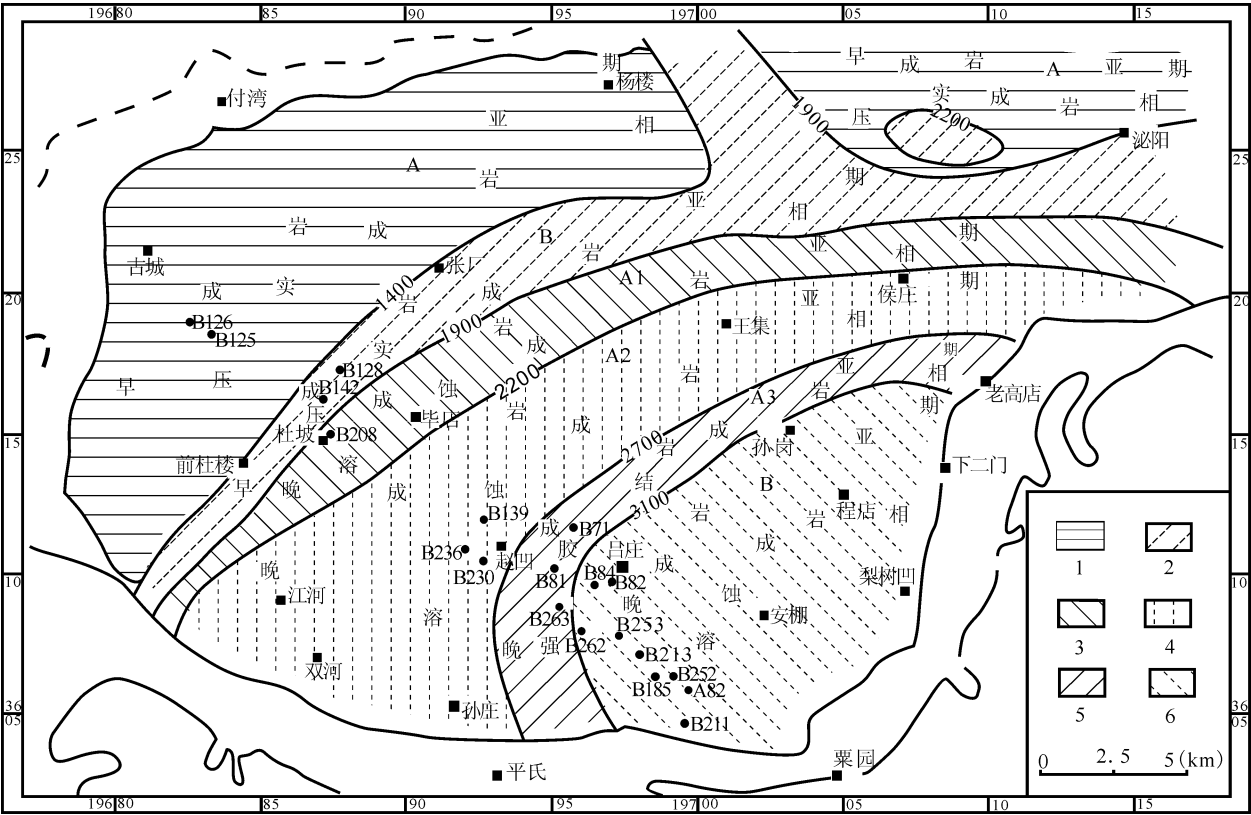


图 10 泌阳凹陷核桃园组三段Ⅷ砂组成岩相图(据金振奎等,2001)

Fig. 10 The diagenetic facies map in the third Member of Hetaoyuan Formation of Biyang depression (after Jin Zhenkuai et al. , 2001)

1—早成岩 A 亚期压实带；2—早成岩 B 亚期压实带；3—晚成岩 A1 亚期溶蚀带；4—晚成岩 A2 亚期溶蚀带；
5—晚成岩 A3 亚期胶结带；6—晚成岩 B 亚期溶蚀带

1—Compaction zone of early diagenetic substage A; 2—compaction zone of early diagenetic substage B; 3—corrosion zone of late diagenetic substage A1; 4—corrosion zone of late diagenetic substage A2; 5—cementation zone of late diagenetic sustage A3; 6—corrosion zone of late diagenetic substage B

气藏分布区带及与地层水的转化关系。

4 结论

(1)深盆油(气)藏与深盆气藏一样是一种在特殊地质条件下形成的,具有特殊成藏机理和分布规律的非常规油气藏,其基本特征是源-藏伴生、油水倒置、油藏压力异常。

(2)深盆油(气)藏形成的基本地质条件是:①在断裂不发育的平缓构造斜坡上发育低孔、低渗致密储层;②储层直接位于生油区生油层的上方;③生油岩一般达到较高成熟度,且规模大,面积广;④从构造的下部往构造的上倾部位碎屑岩储层岩性必须有序变化,成岩作用阶段在横向上必须有明显的区带性。

(3)泌阳凹陷赵凹安棚油田深层系油藏是一种典型的深盆油(气)藏,为深盆油(气)藏的进一步深

化研究提供了一个良好的范例。

(4)加强深盆油(气)藏的理论 and 勘探方法研究,有利于进一步完善油气勘探方法体系和扩大找油领域,为老油田注入新的活力。

参 考 文 献

金之钧,张金川,王志欣. 2003. 深盆气成藏关键地质问题. 地质论评,49(4):400~407.
姜振学,庞雄奇,张金川,王德华. 2000. 深盆气研究现状综述. 地球科学进展, 15(3):289~292.
王金琪. 2003. 鄂尔多斯超大型深盆气区三次理论预测及今后展望. 天然气工业,23(3):1~4.
Cant D J. 1983. Spirit River Formation a stratigraphic-diagenetic gas trap in the deep basin of Alberta. AAPG Bull. , 67(4):577~587.
Gies R M. 1984. Gas history for a major Alberta deep basin trap the Cadomin Formation. AAPG Memoir, 38:15~140.
Law B E, Dickinson W W. 1985. Conceptual model or origin of Abnormally pressured gas accumulation in low permeability

reservoirs. AAPG Bull. , 69(8): 1295~1304.

Masters J A. 1979. Deep basin gas trap, western Canada. AAPG Bull. , 63(2):152~181.

Masters J A. 1984. A lower cretaceous oil and gas in western Canada. AAPG Memoir, 38:1~34.

Rice D D. 1991. Nonassociated gas potential of San Juan basin considerable. Oil & Gas Journal,88(2):60~61.

Rose P R, Everett J R, Merin I S. 1984. Possible basin centered gas accumulation, Roton Basin, Southern Clorado. Oil & Gas Journal, 82(40):190~197.

Spencer C W. 1987. Hydrocarbon generation as a mechanism for overpressuring in Rocky Mountains region. AAPG Bull. , 71(2):368~388.

Welte D H, Stoessinger W, Schaefer R G, et al. 1984. Gas generation and migration in the deep basin of Western Canada. AAPG Memoir, 38:35~48.

Deep-Basin Oil Pool of the Zhaowa-Anpeng Field in the Biyang Depression of the Nanxiang Basin

HU Wangshui¹⁾, LI Zongxian¹⁾, HUANG Yuxin¹⁾, QIU Ronghua²⁾,
WANG Min²⁾, YANG Daoqing²⁾, XIA Dongling²⁾

1) Key Laboratory of Exploration Technologies for Oil and Gas Resources of Ministry of Education at Yangtze University; Geoscience College of Yangtze University, Jingzhou, Hubei, 434023
2) Henan Oilfield Branch Company, Sinopec, Nanyang, Henan, 473132

Abstract

A part of deep reservoirs of the Zhaowa-Anpeng Oilfield in the Biyang Depression belongs to deep-basin oil pool, i. e. , deep-basin tight-sand oil pool. The formation conditions are detected by the concept and analysis technique of deep-basin gas pools. The deep reservoir of the Zhaowa-Anpeng Oilfield has the typical feature of deep-basin oil and gas pool. The structure is a nose-shape monocline that descents toward the center of hydrocarbon occurring from the northwest to southeast. The distribution of oil and water in the Zhaowa-Anpeng Oilfield is relatively complex. There is deep-basin oil pool that the oil/water contact occurs at the updip end of the accumulation in the horizontal continuous reservoir. It is a tight-sandstone oil pool, the reservoir has a low permeance, and the formational pressure is lower than normal. In the Biyang Depression with high-degree exploration, if this method is applied, new resources will be discovered.

Key words: Biyang Depression; Zhaowa-Anpeng Oilfield; deep oil (gas); tight reservoir