

深盆气

南襄盆地泌阳凹陷“深盆气藏”特征及成因探讨

赵 追<sup>1</sup>, 罗家群<sup>2</sup>  
(1. 九江学院, 江西 九江 332000; 2. 河南石油勘探开发研究院, 河南 南阳 473132)

**摘要:**南襄盆地泌阳凹陷深层系致密砂岩普遍含油气, 油气分布不像常规油气藏那样严格受圈闭条件控制, 油气藏也未发现有统一的油气水界面, 这是由于成岩作用演化到一定阶段后, 在水层的低部位形成了一个相对成岩作用较强带, 虽不能完全起到遮挡或封堵作用, 但它降低了储层的导流能力; 同时, 油气显示层中烃类成分不断裂解, 新的油气又不断注入, 形成了“深盆油气藏”, 该气藏具有“三层楼一夹层”特征。

**关键词:**泌阳凹陷; 成岩作用; 深盆气藏

**中图分类号:** TE122. 3      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1672-1926(2009)05-0790-04

0 引言

南襄盆地泌阳凹陷中南部深凹区, 为一向东南倾没的鼻状隆起, 面积约 50 km<sup>2</sup>。1999 年开始对该区深层系进行勘探, 深层系指埋深大于 3 000 m, 以下第三系核三下段为主的层位。近年来针对研究区盆地深层进行补充勘探, 取得了突破性进展, 初步探明约 1 400 万 t 以上的石油地质储量。通过对安棚深层系构造特征和沉积特征的研究, 结合研究区储层特征和油气分布规律, 探讨安棚地区“深盆油气藏”的形成条件, 分析认为平氏物源砂体在该区北部(下倾)形成了“深盆油气藏”(图 1)。

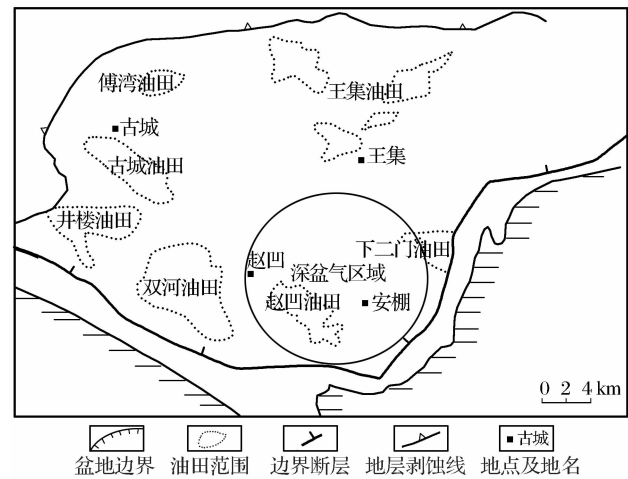


图 1 泌阳凹陷深盆气藏分布区域示意

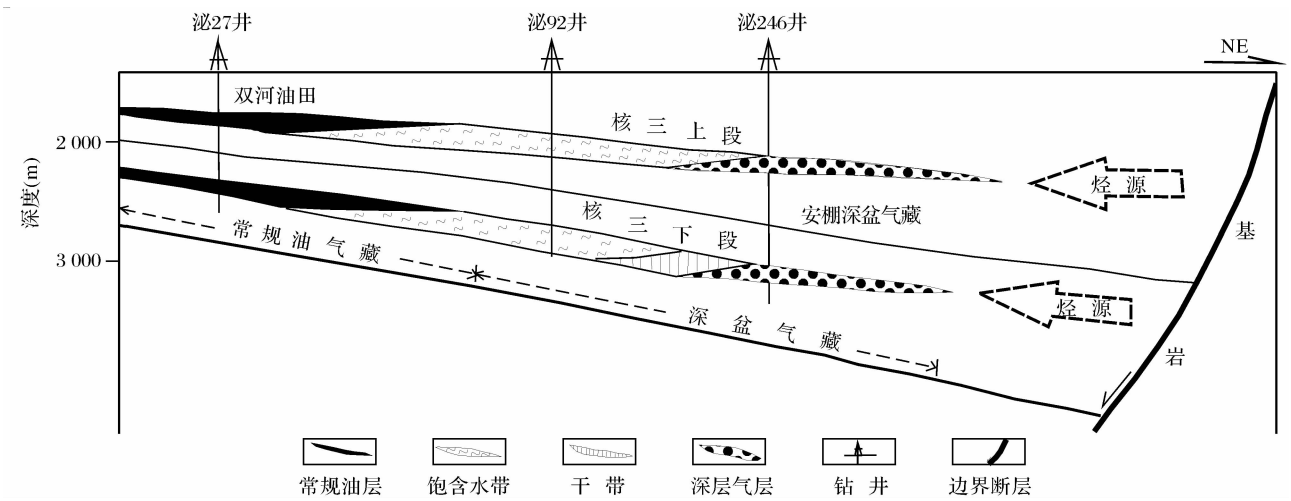
1 泌阳凹陷深盆气的主要特征

1.1 具“三层楼一夹层”特征

安棚—赵凹地区深盆气藏以层状形式赋存于泌阳凹陷中南部深凹区, 其底部与凹陷中心源岩层直接接触; 在剖面上自下而上形成了饱含气带、气油水过渡带、成岩作用较强带和饱含水带“三层楼一夹层”的基本结构(图 2)。对于该区饱含气带, 目前控制点太少, 仅泌 185 井在核三下段 V 砂组发现了不含水的纯油气层。综合分析认为除少数“甜点”区外, 饱含气带可能属于厚度较薄(一般<3 m), 储层物性太差, 就目前的技术手段, 基本无开采价值的气层; 气油水过渡带是重要的勘探领域, 因该区储层属南部物源形成的砂岩, 在饱含水带的上方存在正常的油气藏(双河油田)。深盆油气藏在剖面上, 由下向上依次为深盆气藏的供气源岩带、致密储层饱含气带、气油水混合过渡带(主要勘探目标)、成岩作用较强带、常规储层饱含水带和常规油气藏。

1.2 储层物性特征

安棚深层系储层为扇三角洲沉积环境, 其岩屑含量较高, 长石含量又多于石英含量, 表现为岩石结构及矿物成分成熟度均较低的特征。安棚深层系储层已进入了高成熟成岩演化阶段, 经历了强烈的压实作用和胶结作用, 而溶解作用相对较弱, 储层原始



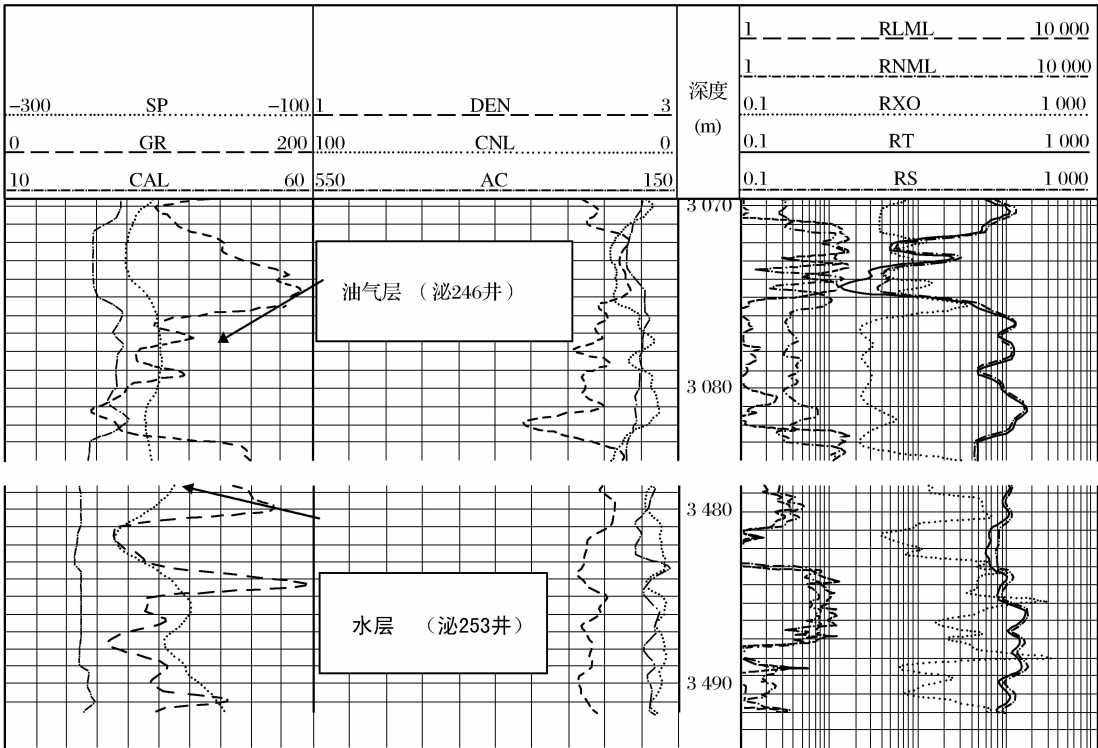
孔隙损失很多,又得不到大量次生孔隙的补充,储集性能差。

从储层孔隙分布特征来看其孔隙度主要分布在1%~5%区间,频率为80%;其次在5%~7%区间,频率为16%。渗透率分布上主峰明显,96%的样品渗透率 $<1\times10^{-3}\mu\text{m}^2$ ,由于裂缝的存在使部分样品的渗透率得到了较大改善,上述特征表明安棚深层储层为低孔、低渗、裂缝发育性储层。

1.3 深盆气藏的录井、测井资料响应

安棚深层系大多属于挥发性原油和凝析气藏,原油密度低、易挥发,因此它们在岩屑录井过

程中油气显示级别低,肉眼很难判断油气显示,主要依靠荧光录井手段观察判断。但在气测录井中,油气层往往气测异常明显。因此,荧光录井、气测录井是深层系油气层判别的重要手段。据测井与试油资料初步分析认为:深盆气在测井曲线上以自然电位(SP)变异为其重要特征(图3),若储层的自然电位(SP)与自然伽玛(GR)和其他曲线不匹配,则表明其成岩作用较强,多为油气水同层;反之则成岩作用较弱,多为水层。成岩作用的强弱除受埋藏深度控制外,更主要还受沉积相带控制。主河道相带成岩作用较弱,河道侧缘成岩作



用较强。该区存在油气层、油气水同层以及水层与干层之分。其划分标准为:油气水同层单层厚度一般 $>5\text{ m}$ ,视电阻率 $>60\ \Omega\cdot\text{m}$ ,且深侧向大于浅侧向,微电极曲线有幅度差,反映油气层有一定的渗透性,自然伽玛表现为低值,声波时差为 $185\ \mu\text{s/m}$ 左右(骨架时差),有效孔隙度 $>4.5\%$ 。常规试油一般日产气为 $11\sim3\ 000\ \text{m}^3$ ,日产水为 $1\sim2\ \text{m}^3$ ,压裂后日产油可达 $2\sim100\ \text{m}^3$ ,产气为 $0.5\sim4.8\ \text{万}\ \text{m}^3$ ,水为 $7\sim100\ \text{m}^3$ ,气藏压力表现为负异常特征,压力系数为 $0.008\ 7\sim0.009\ 8\ \text{MPa/m}$ 。

## 2 泌阳凹陷深盆气藏的成因分析

平氏砂体分布面积较大(达 $120\ \text{km}^2$ ),在位于其构造高部位的储层中已找到了大型(亿吨级)的双河—江河油田,而位于赵凹—安棚地区的这套储层处于构造低部位,其间尚存在已被证实了的大套水层。这种在同一砂层圈闭内出现油层过渡为水层再过渡为油气层的现象,与北美深盆气藏的特征非常相似<sup>[1-2]</sup>。

### 2.1 丰富的油气资源为深盆气的形成提供了充足的气源条件

安棚—赵凹构造带地处凹陷中南部深凹区,长期处于凹陷沉降、沉积中心,深湖、较深湖相暗色泥岩发育,沉积岩厚度最厚达 $8\ 000\ \text{m}$ ,生油岩累计厚度达 $2\ 000\ \text{m}$ 。全凹陷生油岩分布面积为 $635\ \text{km}^2$ ,而该区位于中心和主体部位,而且全部进入成熟阶段。有机质丰度高(平均有机碳含量为 $1.06\%$ ,氯仿沥青“A”含量为 $0.2\%$ ,总烃含量为 $921\times10^{-6}$ ),生油母质类型好(以腐泥型、腐殖—腐泥型为主),是核三下段的生排烃中心,具备良好的生烃条件。据第三次资源评价成果,泌阳凹陷的总资源量为 $3.38\times10^8\ \text{t}$ ,截至目前,全凹陷探明地质储量为 $1.59\times10^8\ \text{t}$ ,控制储量为 $0.18\times10^8\ \text{t}$ ,表外储量为 $0.16\times10^8\ \text{t}$ ,还剩余 $1.45\times10^8\ \text{t}$ 的地质储量可供进一步勘探,这些剩余资源量主要分布于深凹区。

### 2.2 边界大断裂对平氏砂体形成及对物性特征的控制

(1)边界断裂几何形态决定了扇三角洲的发育类型。边界断裂倾角的陡缓决定了2种扇三角洲的发育,即陡坡型和缓坡型。二者的主要差别在于后者内部相带分化较为完全,平原亚相明显。核三段沉积时期,东部的平氏砂体表现为陡坡型扇三角洲,而西部靠近边界断裂端处的长桥砂体则为缓坡型扇三角洲砂体。核二段沉积时期,边界断裂整体变缓,

均演化为缓坡型扇三角洲。

(2)平氏砂体自下而上向东迁移,安棚—赵凹地区始终位于砂体侧缘,储层物性差。由于边界断裂沿走向不均一的沉降(交会处最大),随断陷湖盆的演化,向沉降中心倾斜的古地形斜坡变得越来越陡,从而导致砂体在发育时间上自早而晚逐渐向沉降中心迁移。平氏砂体核三下段主要发育于江河—赵凹地区,而核三上段向东迁移至双河—安棚地区就是上述原因所致。

### 2.3 成岩作用与烃类裂解以及现今油气的大量注入是深盆气藏形成的重要条件

由于受古断裂系统和边界大断裂的影响,平氏砂体展布方向为北西向,安棚—赵凹地区位于砂体侧缘,使其储层物性较差。油气从运移到聚集过程中,经过储层物性较差的相带时残留油斑、油迹等烃类物质,物性好的不含油气;在后期成岩过程中,又由于含水岩石发生较强烈成岩作用,逐渐演变为干层;含烃储层由于油气侵位作用的发生,使正常的成岩环境发生巨大变化,原来的水—岩反应系统变成水—油(气)—岩三相反应系统,从而使部分无机成岩作用受到抑制或终止<sup>[3]</sup>,造成含烃类储层成岩作用相对较弱;加之,沿凹陷边界大断裂走向沉降量的差异,使其安棚鼻状构造带进一步隆起,在构造两翼受到相对的水平挤压应力,而构造轴部受到相对向上拱升张力,这种砂砾岩脆性地层必然会产生一系列张性裂缝和微裂缝。从而使得其储层物性发生逆转,好的变差,差的相对变好。与此同时,烃类成分不断裂解,而深凹区内新的油气(据生油研究,泌阳凹陷现今仍是生油和油气运移高峰<sup>[4]</sup>)又不断地注入,形成了现今的大套层含油气特点。据美国石油地质学家威尔逊“含油、含水层成岩作用不同理论”分析,饱含水带与气水过渡带之间在成岩作用演化到一定阶段后,水层的低部位必然形成一个相对致密的干带。这一干带虽然不能完全起到遮挡或封堵作用,但它可以进一步降低其导流速度,笔者认为这也是深盆气藏形成的关键因素,尽管有人提出加拿大阿尔伯达深盆气藏是油气的散失与聚集达到了动态平衡<sup>[5]</sup>,但这种现象也是由于饱含水带与气水过渡带之间存在一个相对(较窄)的成岩作用较强带所致。

## 3 泌阳凹陷深凹区深盆气的勘探潜力

在油田老区如何实现勘探的新突破,必须在油气成藏模式上有新的认识,我国学者在楚雄盆地<sup>[6]</sup>、

鄂尔多斯盆地<sup>[7]</sup>及川西坳陷<sup>[8]</sup>等老油区对深盆气的勘探有了不同的认识,这些成果对泌阳凹陷深盆气的勘探有重要借鉴意义。对于深盆气的勘探,泌阳凹陷有得天独厚的优势。一是地温梯度高,从未熟油到成熟油再到凝析气、湿气,浓缩在 2 000 多米的井段内,在较浅的深度(3 300 m 以下)就以生气为主(濮阳凹陷在 4 000 m 以下),勘探成本低;二是油气资源较富集,类似阿尔伯达牛奶河的侯庄砂体向南延伸至深凹区,具深盆气藏形成条件。近年来的勘探研究成果表明,泌阳凹陷深盆气的勘探有较大潜力,主要分布在凹陷中南部深凹区。

泌阳凹陷深凹区核三下段深层系整体勘探程度不高,从泌阳凹陷油气资源三次评价结果表明,核三段总资源量为  $3.38 \times 10^8$  t,其中核三上段为  $1.75 \times 10^8$  t,核三下段为  $1.63 \times 10^8$  t,可见核三下段资源量占总资源量的近一半。目前,核三下段累计探明油气储量为  $0.55 \times 10^8$  t,资源探明率仅 37%,还有近  $1.1 \times 10^8$  t 的剩余资源量。核三下段已经探明的资源量主要集中在双河、古城等地。因此,剩余资源量大部分应该在中南部深凹区,主要以深盆气的形式成藏,初步计算约有  $0.7 \times 10^8$  t 的资源量可供勘探。

## 4 结论

(1)位于平氏砂体构造高部位的储层已找到了大型(亿吨级)的双河—江河油田,而位于赵凹—安棚地区的这套储层处于构造低部位,其间存在大套水层。这种同一砂层圈闭内出现油层过渡为水层再过渡为油气层的现象,与北美深盆气藏的特征非常相似。

(2)泌阳凹陷深盆气藏以层状的形式赋存于凹陷的中南部深凹区,在剖面上自下而上形成了饱含气带、气油水过渡带、成岩作用较强带和饱含水带“三层楼一夹层”的基本结构。

(3)泌阳凹陷深盆气藏形成的关键因素在于饱含水带与气水过渡带之间在成岩作用演化到一定阶段后,水层的低部位形成一个相对致密的干带。

(4)泌阳凹陷深盆气藏具有较大的勘探潜力,主要分布在中南部深凹区安棚—赵凹地区,初步计算约有  $0.7 \times 10^8$  t 的资源量可供勘探。

## 参考文献:

- [1] Masters J A. Deep basin gas traps, Western Canada[J]. AAPG Bulletin, 2006, 64(2): 152-181.
- [2] 张金川,金之钧. 美国落基山地区深盆气及其基本特征[J]. 国外油气勘探, 2000, 12(6): 16-21.
- [3] 王琪,史基安,肖立新,等. 石油侵位对碎屑储集岩成岩序列的影响及其与孔隙演化的关系[J]. 沉积学报, 1998, 16(3): 55-58.
- [4] 赵追,赵全民,孙冲,等. 陆相断陷湖盆的成岩圈闭——以泌阳凹陷下第三系核桃园组三段为例[J]. 石油与天然气地质, 2001, 22(2): 154-157.
- [5] 袁政文,许化政. 阿尔伯达深盆气研究[M]. 北京:石油工业出版社, 1996.
- [6] 张福东,戚厚发. 从新的勘探理念寻求楚雄盆地油气勘探的突破——试论楚雄盆地的深盆气勘探前景[J]. 天然气地球科学, 2004, 15(1): 28-31.
- [7] 张金亮,张金功,洪峰,等. 鄂尔多斯盆地地下二叠统深盆气藏形成的地质条件[J]. 天然气地球科学, 2005, 16(4): 526-534.
- [8] 宋岩,洪峰. 四川盆地川西坳陷深盆地地质条件分析[J]. 石油勘探与开发, 2001, 22(2): 49-52.

## A Discussion on the Formation Condition of Deep-basin Oil-gas Pools in Biyang Sag, Nanxiang Basin

ZHAO Zhui<sup>1</sup>, LUO Jia-qun<sup>2</sup>

(1. Jiujiang University, Jiujiang 332000, China;

2. Exploration and Development Research Institute, Henan Oilfield Company, SINOPEC, Nanyang 473131, China)

**Abstract:** According to the characteristics of deep-basin gas pools in the North America and Welson's theories about the lithogenesis of the hydrocarbon-bearing and water-bearing strata, this article presents that deep-basin gas pools form when a relative dry zone is created between the water saturation zone and gas-water transitional zone after lithogenesis of the reservoirs evolves into a certain phrase. On the basis of well hole and seismic data, combined with the physical properties of the Pingshi sandstone in Anpeng-Zhaowa Region, this article analyses formation conditions and characteristics of the deep-basin oil-gas pools, and points out that the nonmarine deep-depression region in the lake basin also boasts positive geologic background for deep-basin gas pools.

**Key words:** Biyang Sag; High maturation period; Deep-basin oil-gas pool.