

## 泌阳凹陷白云岩系储层特征研究

赵宝生<sup>1</sup>,刘桂兰<sup>1</sup>,张本书<sup>2</sup>,翟京天<sup>2</sup>,章新文<sup>2</sup>,谢铁军<sup>3</sup>

(1. 南阳海达石油工程有限公司,河南南阳 473132;

2. 中国石化河南油田分公司石油勘探开发研究院;3. 中国石化河南石油勘探局地质调查处)

**摘要:**白云岩系分布于泌阳凹陷东南部的安棚-安店地区,平面分布稳定,纵向上分布于古近系核桃园组核二段-核三上段。其岩石成份以铁白云石、铁方解石为主,大多具有泥晶结构,层理类型以水平层理、波状层理和透镜状层理为主,经历了强烈的压实作用。白云岩系储集空间类型多样,以溶孔溶洞、裂缝和孔隙为主,物性较差。研究认为只有找到白云岩孔隙发育段,才能找到有规模的白云岩类油藏。

**关键词:**泌阳凹陷;白云岩系;储集空间;泥晶结构;微观构造;白云岩油藏

**中图分类号:**TE112.222

**文献标识码:**A

泌阳凹陷核二段白云岩系发现稠油油藏,湖相白云岩储层是一种非常规油气储层,此类储层结构复杂,物性较差,开发难度大。由于储量接替的需要,白云岩油气藏逐渐成为重要的研究对象和勘探目标之一<sup>[1]</sup>。

## 1 白云岩系的沉积特征

### 1.1 白云岩的形成条件

泌阳凹陷是南襄盆地中的一个次级构造单元,其形成经历了晚白垩世初始断陷期、古近纪主断陷期和新近纪-第四纪拗陷期三个发展阶段,凹陷的生成和演化受唐河-栗园和栗园-泌阳弧形断裂控制,为南深北浅、南陡北缓的箕状断陷<sup>[1]</sup>。沉积地层依次为古近系玉皇顶组、大仓房组、核桃园组、廖庄组、新近系凤凰镇组和第四系平原组。核桃园组核三段-核二段沉积时期,古气候干旱度增加,湖盆处于咸化环境<sup>[2]</sup>,沉积了以泥质白云岩和白云岩为主的白云岩系。泌阳凹陷的白云岩是湖泊处于碱性苏打型水体的背景下由生物和化学双重因素综合作用形成的。

### 1.2 分布特征

(1)平面分布比较稳定。岩性统计结果显示(表1),该区白云岩的分布面积从H<sub>3</sub>V至H<sub>2</sub>I各段变化在65~72 km<sup>2</sup>,以65~68 km<sup>2</sup>居多。主要分布于沉积中心区-深凹区,呈近同心环状(“牛眼式”)分布(图1)。

(2)厚度变化与地层厚度变化基本一致。泌阳凹陷白云岩系分布区最大厚度区与地层厚度分布趋

势是一致的,凹陷的沉降与抬升控制着白云岩系的沉积。持续稳定的沉降为碳酸盐岩沉积创造了有利的条件,白云岩最大厚度累计有860多米。

表1 白云岩厚度统计

层段	地层厚度/m	白云岩最大厚度/m	白云岩占地层厚度百分比/%	分布面积/km <sup>2</sup>
H <sub>2</sub> <sup>1</sup>	298	252	85	65
H <sub>2</sub> <sup>2</sup>	255	185	73	68
H <sub>2</sub> <sup>3</sup>	194	141	73	70
H <sub>3</sub> <sup>1</sup>	195	137	70	72
H <sub>3</sub> <sup>2</sup>	286	103	36	68
H <sub>3</sub> <sup>3</sup>	400	140	35	68

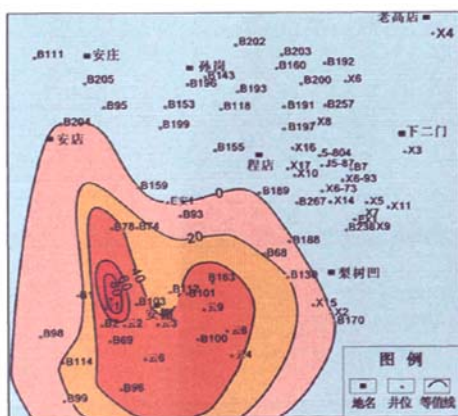


图1 H<sub>2</sub>I砂组白云岩百分含量

收稿日期:2010-05-10;改回日期:2010-07-27

作者简介:赵宝生,1964年生,1988年毕业于西北大学石油地质专业,现从事石油地质工程研究与开发工作。

## 2 白云岩系的储层特征

### 2.1 岩石类型及岩矿特征

平面上,白云岩系分布于湖盆中心,天然碱位于白云岩区中部,从凹陷边缘到中心,岩石类型依次出现:砂、砾岩-泥岩-白云岩-碱、盐,构成了典型的

同心环状岩相分布(图2)。垂向上,白云岩分布不连续,与砂泥岩相间出现,具有明显的旋回性,白云岩与泥岩、砂岩、碱等不同岩性构成了各种韵律式沉积。常见韵律:白云质泥岩-泥质白云岩-白云岩;白云岩-含碱白云岩及白云岩-含碱白云岩-天然碱层。

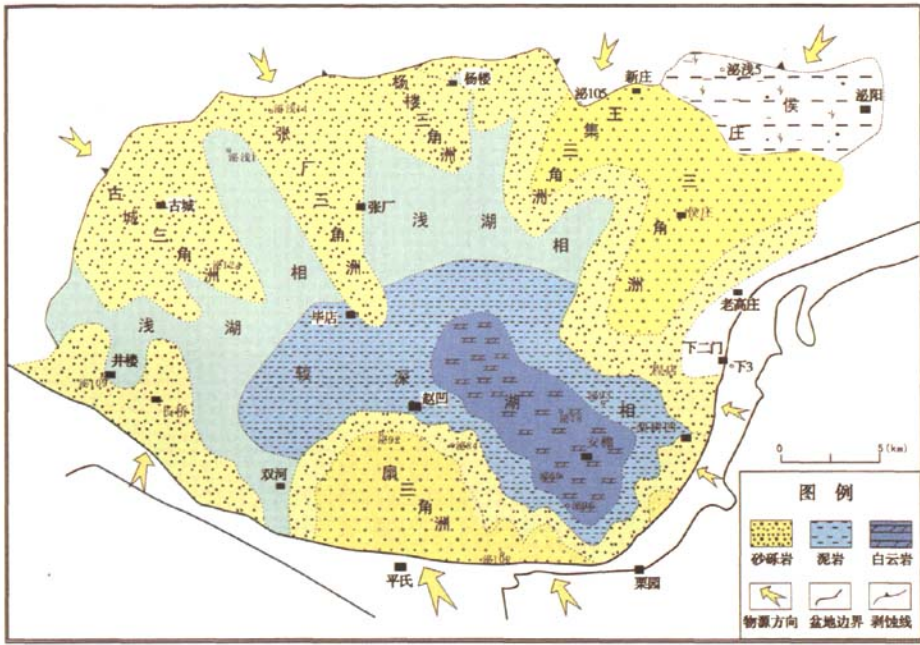


图2 泌阳凹陷核三段沉积相图

岩石薄片分析表明,白云岩矿物成分以铁白云石、铁方解石为主,方解石相对较少,岩石类型以泥质白云岩、白云质泥岩为主,纯白云岩相较少。白

云岩发育层段(H<sub>2</sub>-H<sub>3</sub> II)地层的岩石分类由白云岩类、砂岩类(陆源碎屑)、泥岩类(粘土质)三端元的混合物组成(表2、图3)。

表2 云2井 H<sub>2</sub>-H<sub>3</sub> 岩石类型统计况

层位	薄片总点数	白云岩类		砂岩类		泥岩类		混合岩	
		点数	百分比, %	点数	百分比, %	点数	百分比, %	点数	百分比, %
H <sub>2</sub> <sup>2</sup>	288	169	58.7	72	25	47	16.3		
H <sub>2</sub> <sup>3</sup>	281	197	70.1	55	19.6	29	10.3		
H <sub>3</sub> <sup>1</sup>	123	64	52	46	37.4	12	9.8	1	0.8
合计	692	430		173		88			

### 2.2 沉积结构构造标志

泌阳凹陷绝大多数白云岩具泥晶结构,以泥晶白云岩为主,并富含有机质;半数具显微水平层理、水平层理、波状韵律层理、透镜状层理等,有21.05%的白云岩具鸟眼构造、竹叶状构造<sup>[3]</sup>。

### 2.3 成岩作用

白云岩系所经历的成岩作用有:压实作用、溶解作用、充填和成岩破裂作用。其中压实作用最为强烈,主要表现在成岩阶段。

成岩早期阶段:以压实作用为主,沉积物在上覆沉积物的压力作用下,泥晶白云石和方解石沉积重结晶形成微亮晶,沉积物逐步由松散变为半固结,孔隙度降低。

成岩中-晚期阶段:主要表现为碳酸盐岩的孔隙和裂缝中的方解石和白云石充填、胶结作用,以及溶蚀作用。充填和胶结作用使储层物性变差,尤其是对裂缝的充填使储层渗透性受到重大影响。溶解作用是含碱白云岩及泥质白云岩中天然碱等可溶性

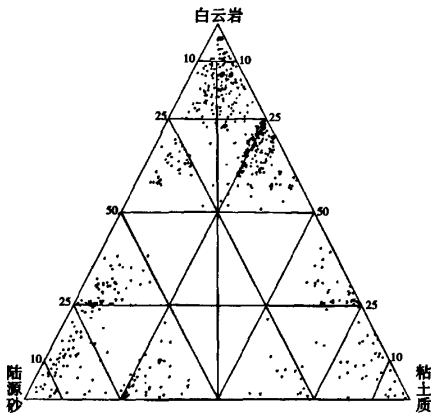


图3 云2井H<sub>2</sub>段岩石三角图

矿物的溶解,形成鸟眼状构造,溶缝、溶沟和溶洞,同时许多缝合线、层间缝、裂缝,在溶解作用下形成和扩大了储集空间,对白云岩储层物性有重大的改善作用<sup>[4]</sup>。

#### 2.4 地球化学特征

白云岩中常含有大量的酸不溶物,这些酸不溶物主要是粘土和砂质。光谱半定量分析结果表明,本区白云岩中含有多种常量和微量元素,其中以Fe、Mn、Ti、P及Ba含量较高,Fe的含量最高,且以黄铁矿形式存在,钠含量高于钾。

#### 2.5 储集空间类型

白云岩储集空间基本上可以分为三大类,一类为溶孔、溶洞型;一类为裂缝型<sup>[5]</sup>;另一类为孔隙型,俗称孔、洞、缝<sup>[4]</sup>。

##### 2.5.1 溶孔、溶洞型

主要有溶洞和针孔,其中溶洞为大于毫米级的溶蚀孔洞,呈层状或层状不连续分布,有的呈鸡窝状零星分布,洞中大都含有残留碱和原油,其储集空间大,但连通性差。针孔是微米-毫米级的溶孔,面孔率一般为5%,孔内大都充填有原油、碱等。

##### 2.5.2 裂缝型

最常见的为构造作用形成的剪切缝,垂直缝以及沉积、成岩作用形成的层间缝,溶蚀缝等。裂缝对于储层的改造具有重要的意义,特别是构造作用形成的裂缝。大部分裂缝含油,为油气的运移聚集提供了良好的通道。

##### 2.5.3 孔隙型

主要有晶间孔隙,揉皱孔隙,铸模孔隙等,这种孔隙一般为微米级,在白云岩储层中只占有极其次要的地位。

#### 2.6 储层类型

##### 2.6.1 针孔型储层

这类储层以针孔状溶孔作为储集空间,大的溶洞和裂缝基本上不发育,主要发育于泥晶白云岩和泥质白云岩中,物性较差,孔隙度在5%~8%之间,渗透率大多低于 $1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。

##### 2.6.2 洞穴型储层

这类储层以不同规模的溶洞作为储集空间,溶洞大者可达10 cm以上,形态各异,圆形、长条形、网状形均有,往往沿层分布,由白云岩或泥质白云岩中的天然碱等可溶性物质溶解而成,岩心实测的物性数据一般不能反映这类储层的物性。该类储层常呈鸡窝状分布。

针孔型储层和洞穴型储层均只有通过裂缝等改造才能成为有效的储层。

##### 2.6.3 裂缝-孔隙型储层

储集空间以溶孔、溶洞为主,层间缝、剪切缝等裂缝发育,将溶孔、溶洞连通形成最佳的组合形式。这是最好的一类储层,在钻井过程中往往出现严重的井漏现象。

##### 2.6.4 裂缝-孔隙型储层

储集空间以晶间孔隙、揉皱孔隙、铸模孔隙等为主,裂缝的发育使储层具有一定渗透能力,但孔隙度并不高,储集性能差。

#### 2.7 储层物性

白云岩类储层实测孔隙度平均为8.62%,渗透率平均为 $0.614 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,(不计裂缝段岩心),裂缝段渗透性略好,可达 $500 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 甚至 $8000 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。其夹层砂岩的孔隙度平均为11.11%,渗透率平均为 $25.1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,最高可达 $190 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。在裂缝不发育段,白云岩类储层为孔隙性差的低渗透性储层,而在裂缝发育段,则为渗透好-极好的储层。

## 3 结论

泌阳凹陷的白云岩是湖泊处于碱性苏打型水体的背景下由生物和化学双重因素综合作用沉淀形成的。由于凹陷的面积小,周围水系携带的大量陆源碎屑极易抵达凹陷中心,因而白云岩多含泥和粉砂。白云岩层系占据了泌阳凹陷的主体沉积部位,最大沉积厚度达到了2200多米,其中白云岩最大厚度有860多米,与砂泥岩地层构成了多级次的频繁交互沉积,具有良好的油气生储盖组合条件。但是由于处于凹陷的沉积中心,长期深埋,成岩作用强烈,

(下转第52页)

### 3.4 测井数字处理参数定量识别油水层

(1)储层划分标准:根据岩心、试油资料研究分析得出储层划分应符合以下条件: $\phi \geq 15\%$ ,  $K \geq 7.36 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ ,  $V_{sh} \leq 21.2\%$ 。

(2)测井解释油、水层判别标准:综合分析试油、地质资料、测井数字处理结论,得出油水层测井解释标准(表1),可较为直观有效地识别白秋地区油水层。

表1 白秋区块测井解释油水层判别标准

	油层+同层	水层
电阻率/ $(\Omega \cdot \text{m})$	8~30	6~15
声波时差/ $(\mu\text{s} \cdot \text{m}^{-1})$	$\geq 248$	$\geq 248$
孔隙度, %	$\geq 15$	$\geq 15$
渗透率/ $10^{-3} \mu\text{m}^2$	$\geq 7.36$	$\geq 7.36$
泥质含量, %	$\leq 21.2$	21.2
含油饱和度, %	$S_o \geq 49$	$S_o < 49$

## 4 应用效果

张38井2 065.2~2 075.2 m,电阻率 $9 \Omega \cdot \text{m}$ ,声波时差 $260 \mu\text{s}/\text{m}$ ,本层电阻率偏低,原测井解释水层。该层录井显示为荧光细砂,经过计算孔隙度为 $17.5\%$ ,含油饱和度 $50.2\%$ ,应用图版解释为油水同层。经试油验证日产油 $5 \text{ t}$ ,水 $17.7 \text{ m}^3$ 。

南79井1 894.3~1 900.0 m井段,电阻率 $12 \Omega \cdot \text{m}$ ,声波时差 $275 \mu\text{s}/\text{m}$ ,原测井解释也为水层。其录井显示为油迹细砂,计算孔隙度为 $20.3\%$ ,含油饱和度为 $55.6\%$ ,应用图版解释应为油层。该层经测试自喷纯油 $40.3 \text{ t}/\text{d}$ ,效果较好。

根据本次建立的测井参数解释模型和油水层识别标准,对白秋区块全部井进行了测井二次解释,重

新解释油层20层,同层10层,有效厚度增加 $21.4 \text{ m}/\text{口}$ ,并在此基础上进行了储量计算,新增石油控制储量 $354.81 \times 10^4 \text{ t}$ 。

## 5 结束语

(1)通过本次研究建立了白秋区块的油水层识别标准,将为下步该地区控制储量升级为探明储量提供可靠的理论依据。

(2)建议对白秋区块的下步勘探加大力度,针对关键部位对目的层段进行取心,这样会对储层的各种特征参数定量确定提供保证。

### 参考文献

[1] 李联五. 双河油田砂砾岩油藏[M]. 北京:石油工业出版社,1997:1-8

[2] 杨通佑,范尚炯,陈元千,等. 石油及天然气储量计算方法[M]. 北京:石油大学出版社,1990:31-82

[3] 刘丽琼,严其柱,辛利波,等. 张店油田低阻油层测井解释方法研究[J]. 河南石油,2005,19(1):25-26

[4] 翟中喜,台怀忠,刘丽琼,等. 下二门油田深层系油水层解释方法研究[J]. 江汉石油学院学报,2003,25(3):45-46

[5] 曾小阳,李显路,祁东华,等. 泌阳凹陷南部陡坡带泌304区块测井解释方法研究[J]. 石油地质与工程,2009,23(1):46-47

[6] 印森林,陈恭洋,胡张明,等. 王场油田北区测井解释方法研究[J]. 断块油气田,2009,16(1):115-117

编辑:彭刚

(上接第15页)

断层不发育,后期构造运动改造影响小,因而物性差,加上白云岩韵律性、旋回性强,储层多而薄,非均质性强,能够作为储层的白云岩不甚发育,储层累计厚度仅占白云岩层的 $10\%$ 左右,一般多在 $2 \text{ m}$ 以下,大于 $4 \text{ m}$ 的储层较少。只有找到白云岩孔隙缝发育段,才能找到大规模的白云岩类油藏。

### 参考文献

[1] 伏卫东,陈祥,孙凤华,等. 泌阳凹陷湖相白云岩油气聚集性能及勘探潜力[J]. 江汉石油学院学报,2002,(1):16-18,2

[2] 王寿庆,张新社,何祖荣,等. 泌阳凹陷滚动勘探开发的新领域-白云岩油藏[J]. 河南石油,1996,10(2):7-12,26

[3] 冯增昭. 沉积岩石学[M]. 北京:石油工业出版社,1992:1-150

[4] 赵克超,高伟勤,夏国宏. 泌阳凹陷深层系测井评价方法研究及应用[J]. 特种油气藏,2006,(1):30-31,35

[5] 刘华夏,王永诗. 富台油田古潜山储集层特征及分布模式[J]. 特种油气藏,2003,(3):41-43,47

编辑:吴官生