

# 储层综合特征参数预测大牛地气田盒3段产能

陈利雯<sup>1,2</sup> 赵永刚<sup>2</sup> 李保华<sup>2</sup> 温伟<sup>1,2</sup>

1.成都理工大学 2.中国石化华北石油局测井公司

陈利雯等.储层综合特征参数预测大牛地气田盒3段产能.天然气工业,2009,29(6):46-48.

**摘要** 大牛地气田上古生界砂岩具有低孔、低渗、低丰度气层的特点,应用测井综合特征参数对盒3段储层的低孔、低渗及含气性进行了敏感性分析,构建了气层类型的标准;在与气层实测无阻流量对比的基础上,建立了高、中、低产能的判别标准;选择对产能预测贡献大的比值参数与实测无阻流量进行拟合,得到了无阻流量的预测公式。现场验证表明,该技术对识别储层的产能高低具有快速、简便、实用、可信的特点。

**关键词** 大牛地气田 晚古生代 砂岩 测井 参数 分类 生产能力 预测

DOI:10.3787/j.issn.1000-0976.2009.06.013

## 0 前言

大牛地气田上古生界砂岩具有低孔、低渗、低丰度气层的特点。该区块曾经采用交会图方法或测井参数与无阻流量的关系<sup>[1]</sup>来预测产能,但优化参数组合法公式过于繁琐,不利于现场解释判别。笔者以该区块DK13井区储集层基本特征为依据,应用综合特征参数法对盒3段储层的低孔、低渗、含气性进行敏感性分析,并结合交绘图技术构建了气层划分的标准,在与气层实测无阻流量对比的基础上,建立了高、中、低产能的判别标准,选择了对产能贡献大的综合特征参数与实测无阻流量进行拟合求得无阻流量的预测公式,其预测产能与实测产能相对误差较小,取得了明显的效果。

## 1 储层综合特征参数敏感性分析

通过对区内上二叠统上石盒子组3段储集层岩性、电性、物性和含气性的研究,总结出适合该区块盒3段储层的岩性特征参数、物性特征参数、电性特征参数和含气性特征参数<sup>[2-5]</sup>。

### 1.1 岩性特征参数

$$K_1 = (CAL_1 + CAL_2) / 2BITS \quad (1)$$

$$K_9 = GR / GMIN \quad (2)$$

$$K_3 = (SP_{max} - SP) / (SP_{max} - SP_{min}) \quad (3)$$

式中:  $CAL_1$ 、 $CAL_2$  为双井径测井值, cm;  $BITS$  为钻头直径, cm;  $GR$  为储集层的测井曲线值, API;

$GMIN$  为储集层所在组段纯砂岩值, API;  $SP_{max}$ 、 $SP_{min}$  为纯泥岩层和纯地层自然电位相对应的极大和极小值, mV。

式中  $K_1$  值小于 1, 则表示缩径、地层岩性较纯;  $K_1$  值越大, 其对应地层代表致密层或泥岩的可能性越大。  $K_9$  能较好地反映地层的岩性,  $K_9^{-1}$  值越大, 表明储集层岩性越纯; 反之,  $K_9^{-1}$  值较小, 表明储砂体含泥质的可能性增大。  $K_3$  是反映岩性和渗透性的参数,  $K_3$  值高, 表明岩性分选性好、流体流动性好。

### 1.2 电性特征参数

$$K_2 = R_{LLD} / R_{LLS} \quad (4)$$

$$K_{10} = R_{LLD} / R_{X0} \quad (5)$$

式中:  $R_{LLD}$  为深电阻率测井值,  $\Omega \cdot m$ ;  $R_{LLS}$  为浅电阻率测井值,  $\Omega \cdot m$ ;  $R_{X0}$  为冲洗带电阻率测井值,  $\Omega \cdot m$ 。

$K_2$  主要指示孔隙发育程度。  $K_2$  值越大, 表明孔隙发育程度越好的可能性越大; 反之,  $K_2$  值越小, 一般表明储层孔隙发育越差。  $K_{10}$  为深、冲洗带电阻率比值, 除能反映孔隙性外, 也能较好反映地层的含气情况。一般  $K_{10}$  值越大, 表明孔隙发育程度越好, 储层孔隙空间好, 同时, 地层含气性亦越好; 反之,  $K_{10}$  值越小, 一般表明储层孔隙发育越差, 储集油(气)性能亦差。

### 1.3 孔隙性特征参数

$$K_4 = AC(1 - V_{sh}) / TM \quad (6)$$

$$K_5 = DEN(1 - V_{sh}) / DG \quad (7)$$

$$K_6 = CNL(1 - V_{sh}) \quad (8)$$

作者简介: 陈利雯, 女, 1968年生, 工程师, 现从事测井资料解释和方法研究工作。地址: (610059) 四川省成都市成华区二仙桥东三路1号。电话: 13353674912。E-mail: chenliwen\_8@126.com

式中:  $AC$  为声波测井时差,  $\mu\text{s}/\text{m}$ ;  $TM$  为岩石骨架声波测井时差,  $\mu\text{s}/\text{m}$ ;  $V_{\text{sh}}$  为储集层泥岩含量;  $DG$  为密度骨架值,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;  $DEN$  为密度测量值,  $\text{g}/\text{cm}^3$ ;  $CNL$  为中子测井曲线值, %;  $K_4$  是声波时差比值;  $K_5$  是实测密度与骨架密度之比;  $K_6$  是中子相对孔隙度。

当储层含气时, 会使时差值增大,  $K_4$  越大, 反映储层含气性愈好。地层物性好会使密度值降低, 地层含气也能使密度值降低, 其比值低反映地层含气性好。故常用  $K_4$  增大与  $K_5$  减小之差值大表示物性和含气性好。 $K_6$  是中子相对孔隙度。中子测井反映地层总孔隙度, 当地层含气时, 中子孔隙度会减小, 因此求储层孔隙度时用中子和密度两种方法求和取平均值。

#### 1.4 综合特征参数

$$K_{11} = K_4 - K_5 \quad (9)$$

$$K_{12} = (K_6 - K_5)/K_6 \quad (10)$$

$$K_{13} = K_4/K_5 \quad (11)$$

$$K_{14} = R_{\text{LLD}}/R_{\text{SH}} \quad (12)$$

式中:  $K_4$  为声波特征参数值;  $K_5$  为密度特征参数值;  $K_6$  为中子特征参数值;  $R_{\text{SH}}$  为围岩深电阻率测井值,  $\Omega \cdot \text{m}$ ;  $K_{11}$ 、 $K_{12}$ 、 $K_{13}$  分别为双孔隙差、双孔隙差比及双孔隙比值;  $K_{14}$  为砂岩储层与泥岩电阻率的比值。

当储集层物性和含气性较好时会使得时差增大, 密度降低, 故可利用双孔隙差、双孔隙比值 ( $K_{11}$  和  $K_{13}$ ), 也即时差比值 ( $K_4$ ) 和密度比值 ( $K_5$ ) 的重叠交会或比值特征来划分气层; 同时, 当储集层含气时, 一般中子曲线具有“挖掘效应”特征, 因此, 双孔隙差比值 ( $K_{12}$ ) 较好地指示了储层的这一含气特征。

$K_{14}$  能较好地指示含气性。一般  $K_{14}$  值越大, 表明储集层含气性越好。反之,  $K_{14}$  值越小, 表明储集油(气)性能亦差。

## 2 DK13 井区盒 3 段气层类型识别

### 2.1 储层和干层划分标准

利用测井综合特征参数及其交会图技术, 可以对储层和干层进行快速的分类或识别。储层和干层特征值差别较大, 在干层中, 特征值  $K_2$ 、 $K_3$ 、 $K_4$ 、 $K_5$ 、 $K_9^{-1}$ 、 $K_{10}$ 、 $K_{11}$ 、 $K_{13}$  均为低值, 受岩性及物性的影响  $K_6$  值较高。

通过各种特征参数交会, 可以得出该区盒 3 段储层和干层划分标准(表 1)。

### 2.2 气层类型划分标准

DK13 井区盒 3 段储层解释类别可分为气层、差

表 1 大牛地气田 DK13 井区盒 3 段储层和干层划分标准表

类别	岩性参数	孔隙性参数	含气参数
储层	$K_3 \geq 0.3, K_9^{-1} > 0.5$	$K_4 \geq 10$	$K_{11} \geq 2$
干层	$K_3 < 0.3, K_9^{-1} < 0.6$	$K_4 < 10$	$K_{11} < 2$

气层和含气层, 通过综合分析各特征参数<sup>[2-3]</sup>, 将 12 个特征参数加权平均, 可得出气层类型判别标准: 气层,  $K \geq 4.0$ ; 差气层,  $3.5 \leq K < 4.0$ ; 含气层,  $3.2 < K < 3.5$ 。

## 3 产能判别标准及产能预测

### 3.1 产能判别标准

储层产能级别一般划分为高产层、中产层和低产层。经对 DK13 井区 30 余口测试的典型井的各类储层测井响应特征分析研究, 其中高产层指无阻流量大于  $10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 中产指无阻流量  $5 \times 10^4 \sim 10 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 低产指无阻流量低于  $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ , 特低产是指无阻流量小于  $1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。通过在 DK13 井区盒 3 段单层测试层位应用上述特征参数, 通过岩性、电性、孔隙性和综合特征参数的交会, 表明使用特征参数能够较有效地区分高、中、低产气层(图 1)。

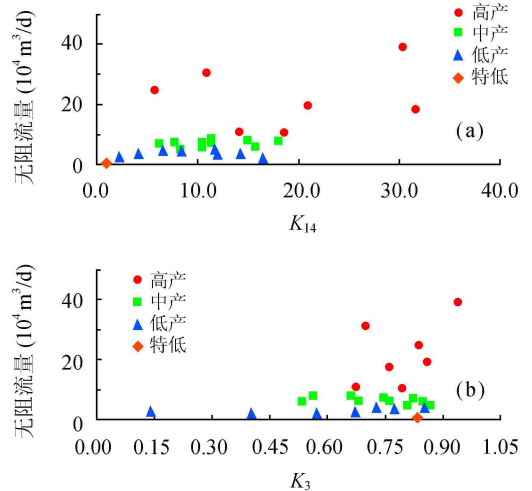


图 1 特征值和无阻流量交会图

由交会图和高、中、低产综合参数的统计分析, 可以得出高、中、低产产能划分标准(表 2)。图 2 为高、中、低产层的综合特征解释成果图。

### 3.2 产能预测模型的建立

研究表明, 测井参数经过适当组合, 可提高其与无阻流量的相关程度<sup>[1]</sup>。经过对测井曲线特征参数交会图的分析研究可以得出, 笔者拟合的特征值可

表 2 DK13 井区盒 3 段储层产能判别表

储层类型	岩性参数	电性参数	含气性参数
高产	$K_3 > 0.68, K_9^{-1} > 0.7$	$K_2 > 1, K_{10} > 1.5$	$K_{14} > 10$
中产	$K_3 > 0.5, K_9^{-1} > 0.7$	$K_2 > 1, K_{10} > 1.25$	$5 < K_{14} < 18$
低产	$K_3 > 0.4$	$K_{10} > 0.5$	$2 \leq K < 5$
特低产			$1 < K_{14} < 2$

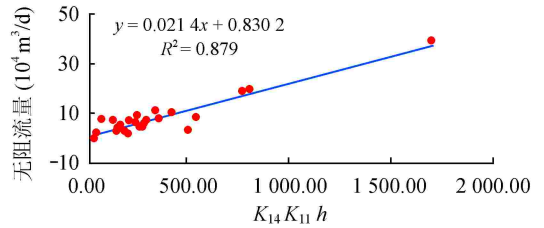


图 3 无阻流量与综合特征参数拟合关系图

使用该公式预算 DK13 井区产能是可行的,DK13 井区盒 3 段测试无阻流量与预测无阻量的相对误差均较低。

### 4 结论与建议

研究表明储层综合特征参数(或测井比值参数)对岩性、物性和含气性的反映具有较好的敏感性。测井曲线特征值能快速直观地区分储集层和干层,同时对识别储集层产能大小具有快速简便、实用的特点。

该区储集层的产能与综合特征参数  $K_{14}$  (砂岩深感应电阻率与围岩深感应电阻率之比)及综合特征参数  $K_{11}$  (声波特征参数与密度特征参数之差)关系最为密切。 $K_{14} > 30$  的一般是高层。

对该区块而言,深、冲洗带电阻率的比值对识别气层的效果也较为明显,但由于冲洗带电阻率受井眼影响较大,在定量识别产能上存在一定难度。

根据产能与特征参数的关系,拟合的产能预测公式具有计算简捷和较准确的特点。

### 参 考 文 献

- [1] 严建文,张松杨,黄国骞.大牛地气田储层测井参数与无阻流量的关系[J].天然气工业,2008,28(2):67-69.
- [2] 赵永刚,李功强,宋立志,等.大牛地气田碳酸盐岩储层类型测井判别及应用[J].天然气工业,2008,28(12):44-47.
- [3] 张松杨,陈萍,范宣仁.塔河油田碳酸岩储层测井评价研究[J].石油物探,2005,44(5):433-438.
- [4] 卢颖忠,李保华,张宇晓,等.测井综合特征参数在碳酸盐岩储层识别中的应用[J].中国西部油气地质,2006,2(1):109-113.
- [5] ZHAO YG, LI BH, LUO M, et al. Identification techniques of carbonate reservoir by well logs in Daniudi gas field, Ordos, China [J]. Journal of China University of Geosciences, 2007, 18(6):540-543.

(收稿日期 2009-03-29 编辑 韩晓渝)

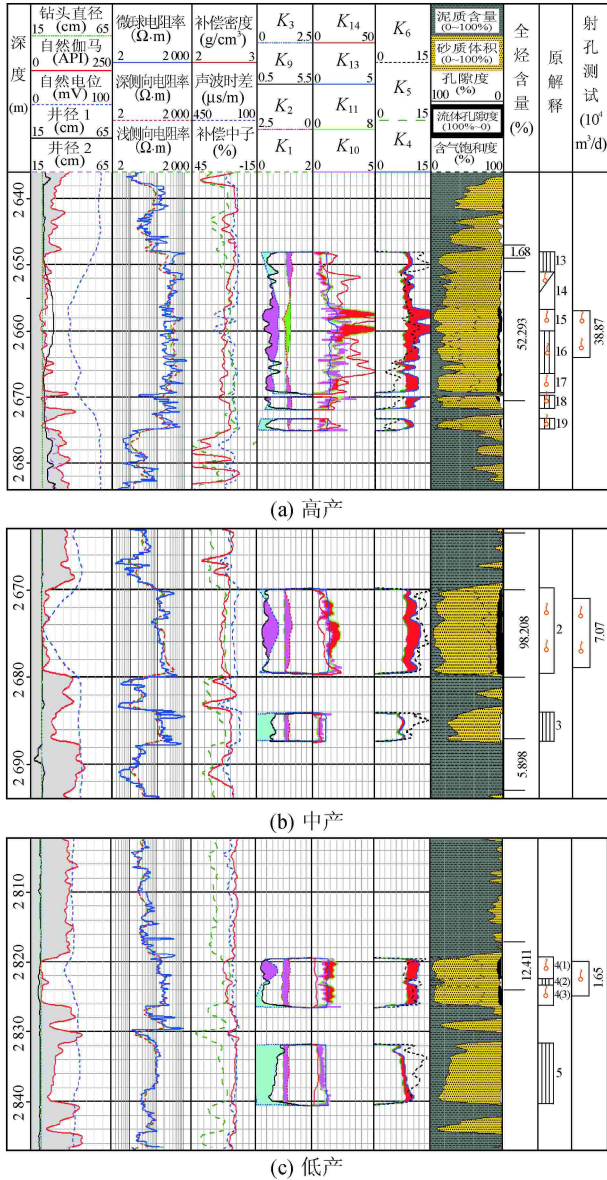


图 2 综合参数解释成果图(高、中、低产)

以较好地反映气层岩性、物性和含气性。其中,在已确定储集层为气层条件下,综合特征参数  $K_{14}$ 、 $K_{11}$  及气层的有效厚度对产能高低贡献较大(图 3)。

由此得到无阻流量预测公式为:

$$Q = 0.021 4 K_{11} K_{14} h + 0.830 2 \quad (13)$$

从图3可以看出,其拟合精度达到0.879,说明