

利用测井资料预测大牛地气田气层产能

李甲^{1,2} 赵永刚² 滑爱军² 袁显华³

1. 成都理工大学 2. 中国石化华北石油局测井公司 3. 川庆钻探工程公司地质勘探开发研究院

李甲等. 利用测井资料预测大牛地气田气层产能. 天然气工业, 2009, 29(4): 42-44.

摘要 油气田在开发阶段最重要的一个环节就是储层产能的预测。而预测则主要基于储层的特征参数估算油气层在同一试采条件下的产出能力, 主要包括孔隙度、渗透率和地层压力等, 这些参数均来源于测井。测井资料在预测产能方面具有连续、准确、快速等优点, 尤其在提供选层建议、快速求取产能方面起着关键性作用。通过对气层产能和测井参数之间的相关性研究, 找到了产能的预测方法, 即直接利用测井资料建立与产能间的关系, 而不是利用解释的成果资料, 这就避免了资料解释中带来的各种误差。最后, 对实际井的资料进行分析评价, 结果表明利用测井资料进行的产能预测效果良好。

关键词 大牛地气田 气层 测井 生产能力 预测 效果

DOI: 10.3787/j.issn.1000-0976.2009.04.012

0 引言

大牛地气田高产气层主要集中在中、粗砂岩地层中, 储层为属低孔低渗^[1]。随着本区块钻井的数量剧增, 迫切需要解决的问题是储层含气性的评价, 尤其是气层产能的定量预测和解释。目前有很多种方法进行产能计算^[2], 大部分是根据流体的渗流理论, 利用各种压力参数和产量来计算产能^[3], 但需要在打开储层时经测试之后才可以取得数据。利用测井资料进行产能预测的方法也很多, 但大部分方法都利用了测井解释的成果参数(如孔隙度、渗透率和含气饱和度等)^[4], 而这些参数是通过测井的原始资料间接计算而来, 在计算过程中有很多关键参数不可避免地受各种因素的影响, 从而给计算带来较大误差, 这就是笔者所要解决的问题。

1 气层测井响应特征

1.1 测井系列

该气田采用的测井系列包括自然伽马、自然电位、双测向—微球形聚焦、补偿中子、补偿密度和补偿声波和双井径等项目。近几年的实践证明, 这些项目基本上能够满足气层解释的需要。自然伽马测井确定储层岩性, 自然电位定性评价储层渗透性, 双测向—微球形聚焦主要用来确定含气饱和度, 声波、

中子和密度曲线确定地层孔隙度及定性识别气层。

1.2 测井响应特征及“四性”关系

1) 气层。如图1中第1层所示, 气层自然伽马低值, 显示岩性纯且粒度较大; 自然电位负异常明显, 地层渗透率高; 中子的“挖掘效应”明显, 密度值低, 说明含气特征明显, 孔隙性好; 高电阻率且有较

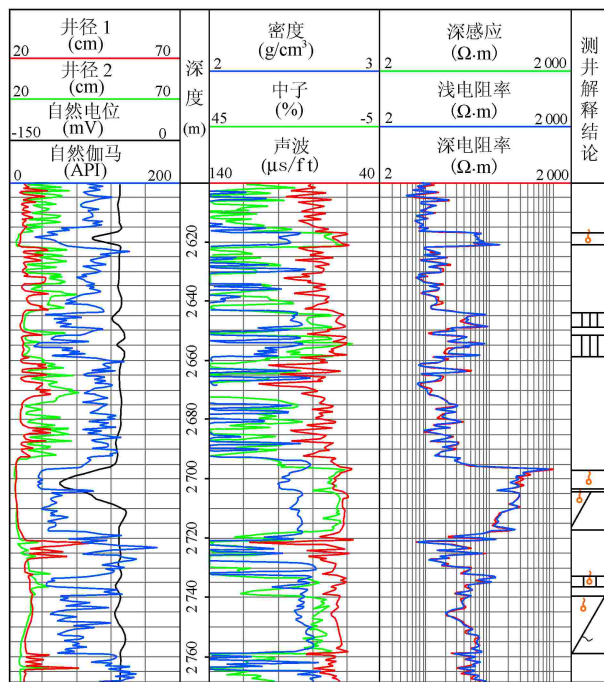


图1 各类储层测井响应特征图

作者简介 李甲, 1966年生, 高级工程师, 硕士研究生; 现从事测井技术研究和管理工作。地址: (453700) 河南省新乡市洪门。电话: 13569862758。E-mail: hbljia@163.com

明显的低侵特征,说明储层具有高的含气饱和度。

2)差气层。图1中第4层为差气层。与气层相比其自然伽马较高,岩性变差,自然电位负异常幅度降低,渗透性较差,电阻率受岩性影响有不同的变化,中子“挖掘效应”明显,说明具有含气特征,差气层主要反映储层岩性、物性变差。差气层因其岩性、物性的变化,会增大含气性解释的难度。

3)含气层。与气层的物性、岩性基本相似,具有相对低的自然伽马和明显的自然电位负异常,但是电阻率一般较低,中子“挖掘效应”特征不明显,在石灰岩孔隙度刻度图上中子、密度曲线基本重合。有含气特征,但含气性差,如图1中第3层所示。

4)干层。如图1中第2层,自然伽马变化较大且为高值,自然电位几乎无异常显示,表明地层物性差、岩性致密。在视石灰岩孔隙度刻度图上,中子孔隙度一般高于密度孔隙度。

2 气层产能与测井响应关系定性分析

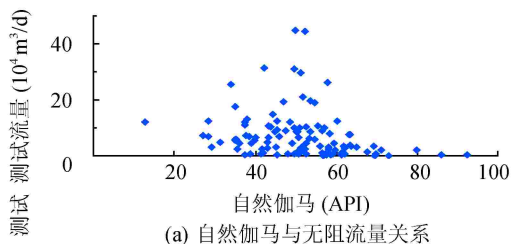
气田的气层测井响应特征比较明显,“四性”关系好,从测井曲线的变化特征能够较为容易的识别气层。从测试结果来看,一般具有气层测井响应特征的层位,测试的无阻流量都较高,相反,含气层的无阻流量都很低。由此可见,测井响应值与气层产能之间必然具有一定的关系。从定性解释规律上来讲,自然伽马越低、自然电位负异常幅度越大、中子的“挖掘效应”越明显、电阻率越高、声波时差越大,含气性就越好^[6],产能越高;反之,产能越低。这种规律说明了利用测井资料预测产能的可能性。

3 产能指数构建

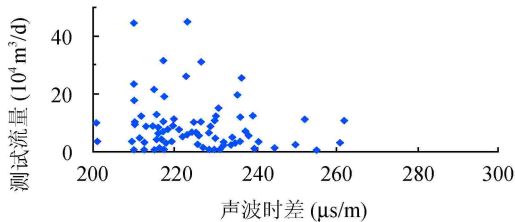
产能预测的方法就是利用测井响应特征值构建一种产能综合指数,然后建立其与产能的关系,从而达到产能预测的目的。建立产能预测方法的思路是先寻求单条测井曲线与产能的关系,然后以储层的“四性”关系为基础,利用多条测井曲线构建指示储层产能的综合指数。

3.1 单条曲线与产能关系

图2中列举了自然伽马、声波时差与测试的无阻流量的关系。从图2中可以看出,各曲线特征和无阻流量之间存在着与定性分析相一致的变化趋势,但相关性很差,说明单凭一种相应特征不可能建立预测产能的方法,还需利用这些基本的趋势,以组合的方式寻求关系。



(a) 自然伽马与无阻流量关系



(b) 声波时差与无阻流量关系

图2 测井响应值与无阻流量的关系图

3.2 综合指数法

3.2.1 基本思路

笔者采取的基本方法:以阿尔奇公式为基础,对补偿密度和电阻率测井曲线进行组合,共同构建综合指数模型。其基本公式如下:

$$\varphi = (-34.06\rho + 91.75)/100$$

$$S_w = 1 - \sqrt[1.854]{\frac{0.1}{[(-34.06\rho + 91.75)/100]^{1.937} \times R_r}}$$

$$K = 4.4 \times \ln(-34.06\rho + 91.75)$$

式中: φ 为孔隙度,%; ρ 为补偿密度测井值, g/cm^3 ; S_w 为含水饱和度,%; R_r 为深测向电阻率值, $\Omega \cdot m$; H 为气层厚度,m。

3.2.2 综合指数构建

综合指数的基本公式如下:

$$\text{综合指数(预测对应数)} = H \times S_w \times K$$

图3为构建的综合指数与无阻流量之间的关系图,此图显示综合指数与无阻流量之间相关性较好,但点的分布分为两条不同斜率的线性关系。一种是斜率较大,无阻流量受综合指数的影响大;另一种是斜率较小的线性关系,综合指数的变化量对无阻流

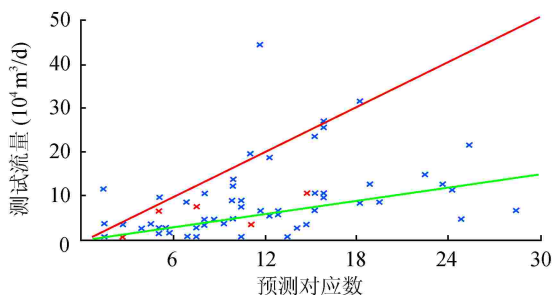


图3 综合指数与无阻流量关系图

量的影响较小。为此,把这两种关系分为高产模型和低产模型。

3.2.3 高、低产两种关系的边界条件

根据建立高、低产关系,进行分类分析发现,高产关系对应的大部分点的补偿中子测井值大于11%,而低产关系对应的大部分点的补偿中子值小于11%(图4)。因此,把补偿中子值为11%定为分界点,建立高产和低产两种关系对气层产能进行预测。由此分析也可以说明,孔隙度大的储层产能变化很大,而低孔隙度的储层产能相对稳定,储层孔隙空间和结构是决定产能的关键参数之一^[6-7]。

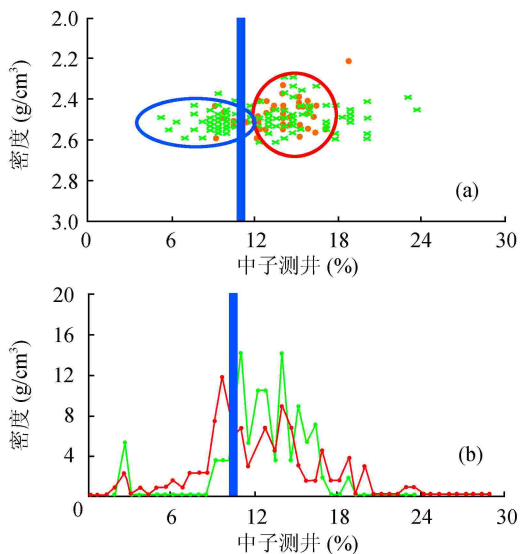


图4 边界条件分析图

4 效果评价

根据构建的产能预测关系和边界条件,对该区块所测试的48口井的层位产能进行了预测,只有5口井的产能误差较大(误差可能是由测试的条件和压裂程度不同而引起的),其余井效果较好,符合率达到89.6%。部分井预测结果见表1。

表1 实测无阻流量与预测无阻流量对比表

井号	实测流量 ($10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)	预测流量 ($10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)	井号	实测流量 ($10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)	预测流量 ($10^4 \text{ m}^3/\text{d}$)
87-2	5.596 5	3.419 923	D1-2-26	2.107	5.291 627
88-6	14.809 9	15.680 26	D1-2-31	1.326 7	4.842 002
96-1	3.818 4	13.911 38	D1-3-1	0.387 1	1.664 404
96-1	2.968 2	2.485 483	D1-3-4	1.692 4	2.064 675
97-1	1.649 8	3.065 024	D1-3-8	3.855 7	3.301 634
97-1	3.870 2	2.756 535	D1-3-22	0.738 3	1.219 561
97-2	7.782 2	4.464 308	D1-3-24	2.014	0.865 945

5 结论

通过笔者的阐述,说明了只用测井原始资料就可以较准确的预测储层产能,利用测井资料的解释成果反而会带来误差,因此,对某一气田来说,应利用测井相应特征所包含的信息来分析储层产能,避免利用解释成果预测储层产能。

由于测井具有的独特优势,与其他方法相比,利用测井资料预测产能具有简单、快捷和直接的优点,应把利用测井资料预测产能作为准确、快速选层的主要手段。

在气层的产能预测中,补偿中子测井是区分高低产能的主要参数,在气层解释中,应该重视其重要性。

虽然测井响应特征与气层产能之间有良好的对应关系,但由于储层本身的复杂性和测试求产工艺的差别,再加上测井资料受井眼环境等因素的影响,对气层产能预测还有较大难度,有些井的预测还存在很大误差,尤其对低孔低渗储层来说,难度更大。

虽然本方法应用效果较好,但两种模型仍存在重叠区域,如何更加准确地确定边界条件,还有待进一步分析研究。

由于该方法是在特定的区块、地层和测试条件下得出的。因此,该方法中的参数和组合形式随着不同的油气田和地层而改变,应用时不可盲目套用。

参 考 文 献

- [1] 常兴浩,王廷宾,韩德馨,等.大牛地气田下石盒子组储层特征[J].天然气工业,2004,24(11):19-21.
- [2] 陈元千.油气藏工程计算方法[M].北京:石油工业出版社,1990.
- [3] 肖慈珣.天然气储层产能的测井评价与预测[J].石油与天然气地质,1999,20(4):279.
- [4] 欧阳健.石油测井解释与储层描述[M].北京:石油工业出版社,1994.
- [5] 李舟波.钻井地球物理勘探[M].北京:地质出版社,1985.
- [6] 贾会冲,张峭楠.鄂北塔巴庙地区上古生界储层发育的控制因素[J].天然气工业,2001(增刊A):35-40.
- [7] 万应明,高峻,董建平,等.多测井曲线合成应用方法初探[J].石油物探,2005,44(1):71-75.

(修改回稿日期 2009-02-11 编辑 韩晓渝)