天然气地质学

大牛地气田盒 2 段致密砂岩气层测井评价

郭振华[1], 赵彦超[2]
(1. 中国石油勘探开发研究院廊坊分院, 河北 廊坊 065007;
2. 中国地质大学(武汉) 石油系, 湖北 武汉 430074)

摘 要: 大牛地气田 DK30-D12 井区盒 2 段致密砂岩气藏具有低孔、低渗及低产的特点。储层特征及产能分布具有极强的非均质性。受储层及含气性的影响, 致密砂岩气层的测井响应特征复杂, 导致气层测井识别和评价困难。该段气层测井响应特征分析表明, 中子和电阻率测井参数在气层处反映灵敏。采用中子、电阻率与密度测井相结合, 重构指示气层含气性的特征参数 $K1$ 和 $K2$, 放大气层的响应特征, 建立根据特征参数定性评价气层无阻流量级别的图版; 并根据中子、密度对天然气的反映, 建立了基于密度、中子孔隙度差值的含气当量与测试无阻流量的关系式, 实现了定量计算致密砂岩气层无阻流量的目的。

关键词: 大牛地; 致密砂岩气层; 测井评价; 特征参数; 含气当量
中图分类号: TE132 文献标识码: A 文章编号: 1672-1926(2010)01-0087-08

0 引言

致密砂岩气层一般具有低孔、低渗及低产的特点[1]: ①孔隙度低, 储集空间小, 单位体积岩石中含气量少, 气层无自然产能或产能很低, 地层骨架对测井信息的贡献远大于孔隙部分的贡献, 大大降低了测井信息对孔隙气层的分辨率; ②渗透率低, 储层一般需经改造才有产能, 压裂和试油工艺水平对测试产能的影响很大, 使根据试油气结论进行测井解释标定的不确定性增大。

针对其特点, 国内外进行了许多研究, 提出了多种基于测井资料识别评价致密砂岩气层的方法, 归纳总结有以下几种:

(1) 基于天然气"挖掘"效应的三孔隙度方法。当地层孔隙中含有天然气时, 声波时差增大甚至会发生周波跳跃, 中子伽玛测井测出的中子孔隙度偏低而密度测井测出的密度孔隙度偏大。利用三孔隙度曲线重叠或根据三孔隙度引出的其他方法和参数(如差值法和比值法[2-6]、含气特征曲线重构法[7]、特征参数[8]、含气当量[6]及气层指数[9]等)可以用来识别气层。

(2) 多测井参数组合放大天然气的测井响应特征的方法。有 $\Delta/\rho_b - \varphi \cdot S_g$ 交会图[10]法、$RD/RS - V_{sh}$[10]交会图法及声波差值法[3,11-13]等。

(3) 新测井技术的应用, 包括以核磁共振为基础的差谱法、移谱法、幅度法、回波比法[3,11]及密度孔隙度与核磁共振孔隙度的交会图法[3,11]。

大牛地气田位于鄂尔多斯盆地北部, 横跨内蒙古伊克昭盟伊金霍洛旗、乌审旗和陕西省榆林市、神木县。构造上位于鄂尔多斯盆地伊陕斜坡东北部。上古生界二叠系的下石盒子组和山西组以及石炭系的太原组是其主要的含气层系。根据地质特征的差异, 大牛地气田共划分为 7 个井区, DK30-D12 井区位于大牛地气田的中西部, 面积约为 200 km^2。盒 2 段属于河流相沉积地层, 岩性以岩屑砂岩和岩屑石英砂岩为主, 含有少量的长石岩屑砂岩; 储层物性较差, 孔隙度一般低于 8%, 渗透率低于 $1\times10^{-3}\ \mu m^2$; 研究区目的层内共有 19 个测试段, 其中, 测试无阻流量最大的为 208 619 m^3/d, 最小的为 5 507m^3/d, 无阻流量大于 100 000 m^3/d 的高产层段较少。

收稿日期: 2009-03-22; 修回日期: 2009-07-02
基金项目: 湖北省油气藏勘探开发理论与技术重点实验室基金项目资助.
作者简介: 郭振华(1979-), 男, 河南辉县人, 工程师, 博士, 主要从事测井地质和储层描述方面的研究工作. E-mail: guozhenhua@petrochina.com.cn.

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

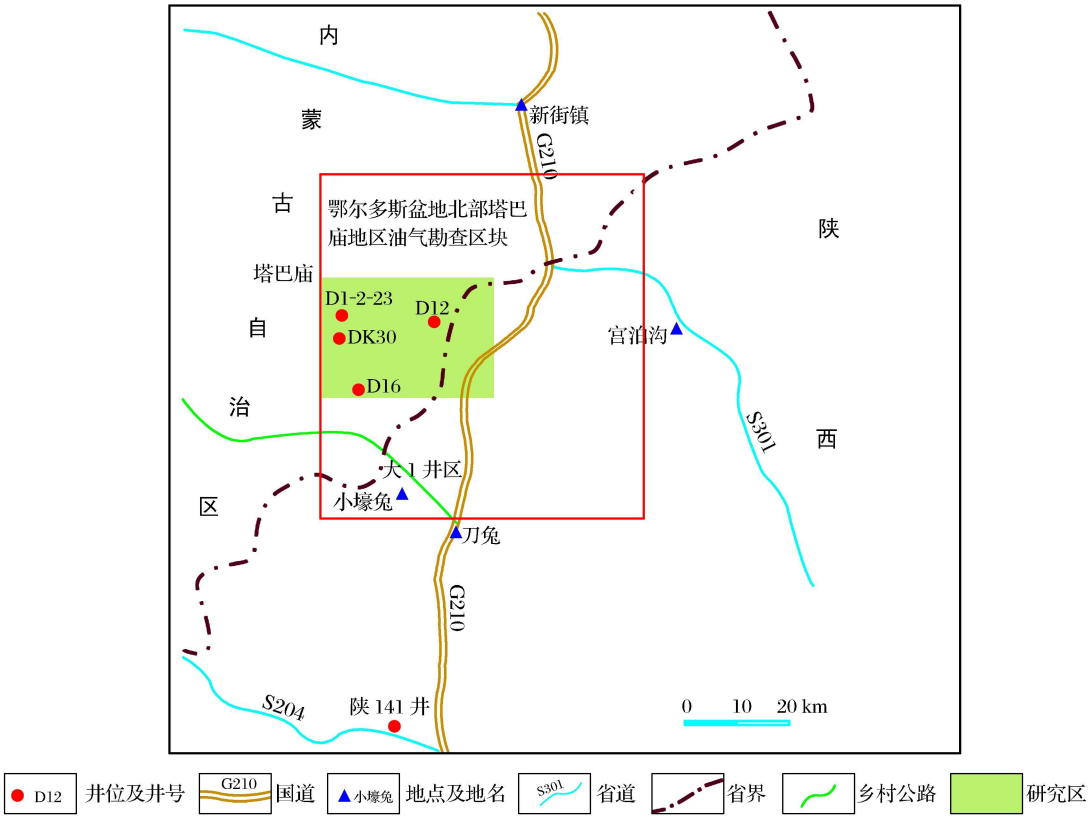


图 1 DK30-D12 井区地理位置

不同的井区, 不同的层段其含气性指示曲线不同。作者曾利用基于声波—电阻率双对数交会图的 B 指数法对大牛地气田盒 3 段的高产气层进行了识别。盒 3 段高产气层一般具有 2 种类型, 一种是低声波高电阻率型, 另一种是高声波低电阻率型, 在声波—电阻率的双对数交会图上区分明显。但是, DK30-D12 井区盒 2 段储层复杂且高产气层较少, 高产层段声波时差一般较低, 密度较大, 高声波时差、低密度层段一般又不高产(图 2), 这种现象与常规不符, 利用 B 指数法进行识别, 分辨率较低, 无法满足该层段的需要。因此, 寻找研究区该层段的气层敏感性曲线, 建立适合研究区的气层识别评价方法, 是寻找天然气富集区域的前提。

1 盒 2 段气层的测井响应特征

地层含气时会对多种测井值产生影响, 一般常规测井曲线在气层处的响应特征为: ①气层的电阻率明显地高于围岩和水层的电阻率, 并与相同储层条件下的油层电阻率相近, 相对于油层, 气层电阻率略高; ②气层在声波测井曲线上常出现周波跳跃或时差增大的现象; ③气层的密度测井值比油层或水层小; ④中子孔隙度测井响应于地层的含氢指数, 由于天然气的含氢指数与体积密度比油或水小得多, 另外挖掘效应的影响也增强了这种效果, 因此中子测井在气层处呈现低值。

DK30-D12 井区盒 2 段 19 个试气层的中子—密度、中子—电阻率、中子—声波及声波—电阻率交会图(图 2)显示: 相对高产层段(无阻流量大于 50 000 m^3/d) 的声波时差测井值一般都位于 210~230 μs/m 之间, 密度测井值位于 2.35~2.55 g/cm^3 之间, 而相对低产层段的声波时差则较高, 大部分大于 230 μs/m, 密度值较低, 个别甚至低于 2.3 g/cm^3。

正常情况下, 对于具有相同孔隙度的地层, 含气时的声波时差值应高于不含气时的; 密度测井值则应低于不含气时的地层, 因此, 推断盒 2 段储层的这种异常现象可能是由岩性的变化而引起的。

岩心观察(D12 井) 表明, 高声波时差值的砂岩, 一般均含有大量的炭质碎屑。炭质碎屑的存在, 将使声波速度减慢, 大幅提高测井声波时差值, 地层的密度也会减小。正是由于这种复杂性, 才使基于声波—电阻率双对数交会图的 B 指数法在该区分辨率大幅降低。因此, 寻找能准确反映该区气层响应特征的电性参数, 就成为准确识别和评价气层产能的前提。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

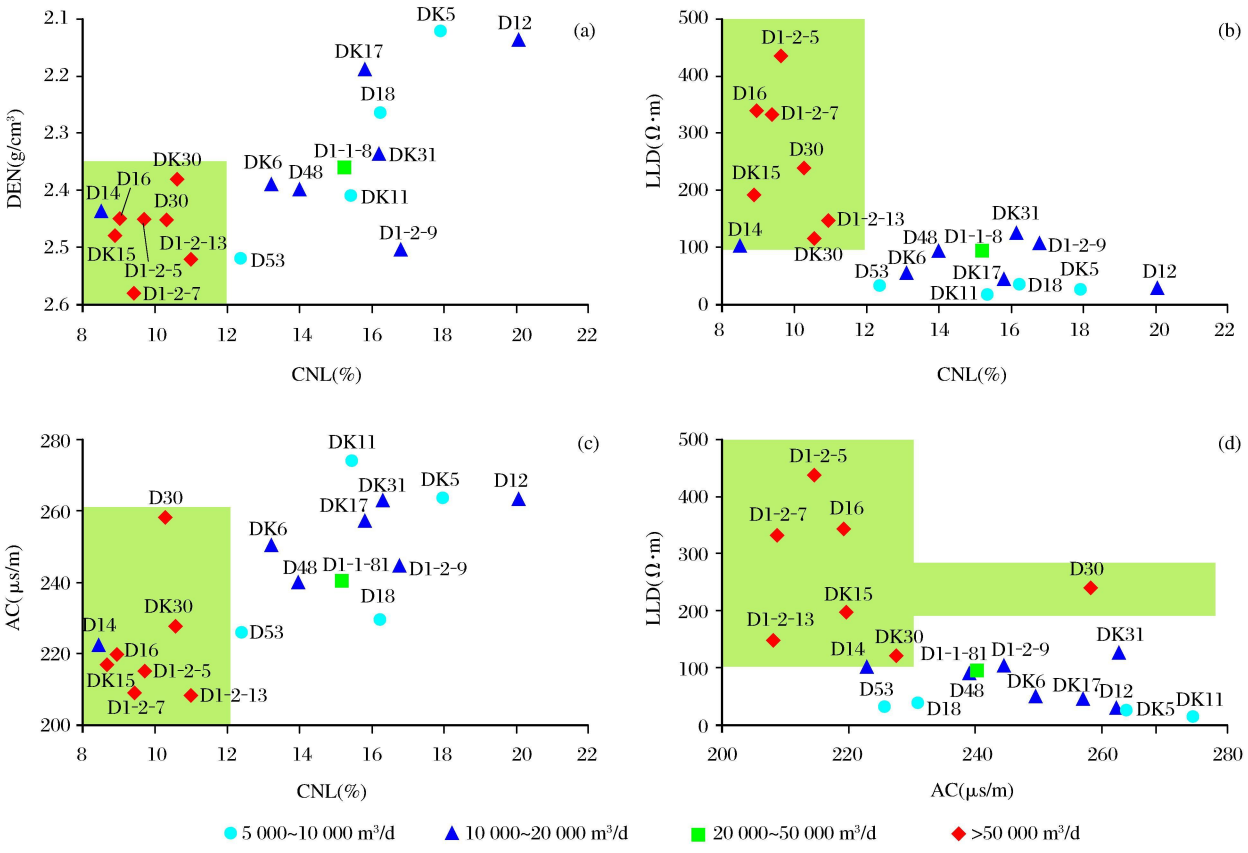


图 2　DK30-D12 井区盒 2 段测试层段电性参数交会特征

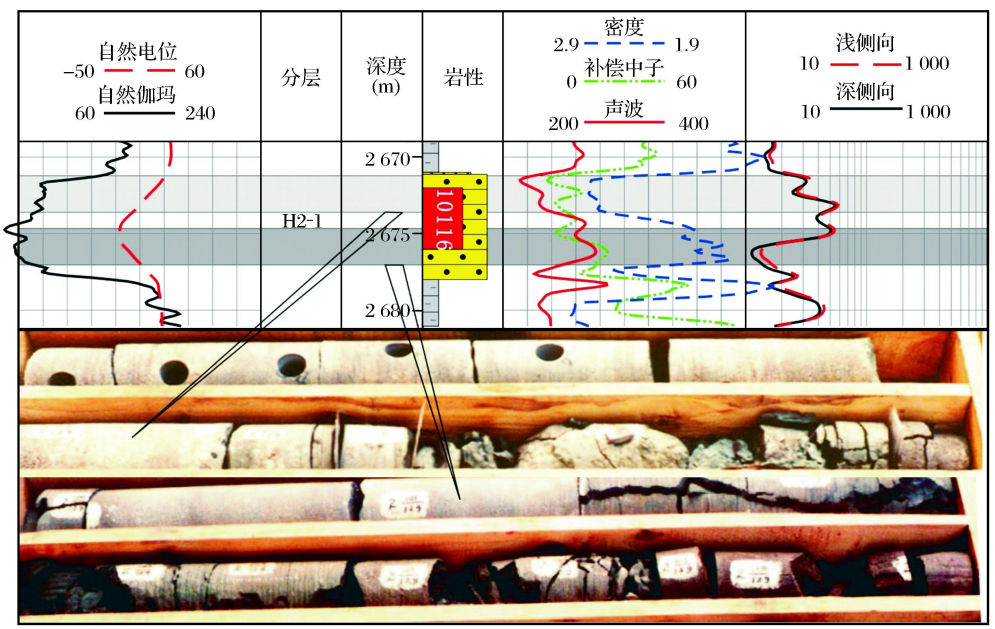


图 3　D12 井测井曲线及岩心照片

交会图(图 2)还显示, 相对高产层段(无阻流量大于 50 000 m^3/d)的补偿中子测井值较小, 一般低于 12%; 相对高产气层段的电阻率要远远大于低产层段, 一般均大于 100Ω·m; 中子和电阻率对气层特征响应灵敏。本研究中, 将反映该区气层特征的中子和电阻率测井与密度测井相结合, 利用中子—密度曲线重叠法和经过校正的密度孔隙度和中子孔隙度差值法可以准确地识别气层; 利用重构的含气性指数和含气当量方法实现了定性评价和定量计算气层无阻流量的目的。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2 气层的识别方法

2.1 中子—密度曲线重叠法识别气层

中子和密度测井响应均与地层骨架和孔隙中流体性质有关。由于天然气的含氢指数与体积密度比油或水小得多,因此,当储层含有天然气时,气层的密度值比油层或水层小,中子测井在气层处呈现低值。

盒 2 段 19 个测试层段的测井资料均显示,无论气层高产或低产,相对干层而言,均呈现相对低密度和低中子的特征。并且,无阻流量越高,中子测井值越低。因此,将密度与中子以相反的方向进行刻度,中子向右增大,密度向右减小,在气层处,密度右偏,中子左偏,两者之间有明显的离差。根据此特点可以直观准确地识别气层。盒 2 段 19 个测试气层段均可以根据此方法识别出来。

图 4 为 D16 井盒 2 段气层识别成果图,测试层段为 2 698~ 2 703 m,获得气产量为 65 092 m^3/d,计算无阻流量为 164 400 m^3/d,测井曲线形态显示在 2 697~ 2 717.5 m 之间,中子测井曲线与密度曲线具有明显的离差(图中绿色填充部分)。

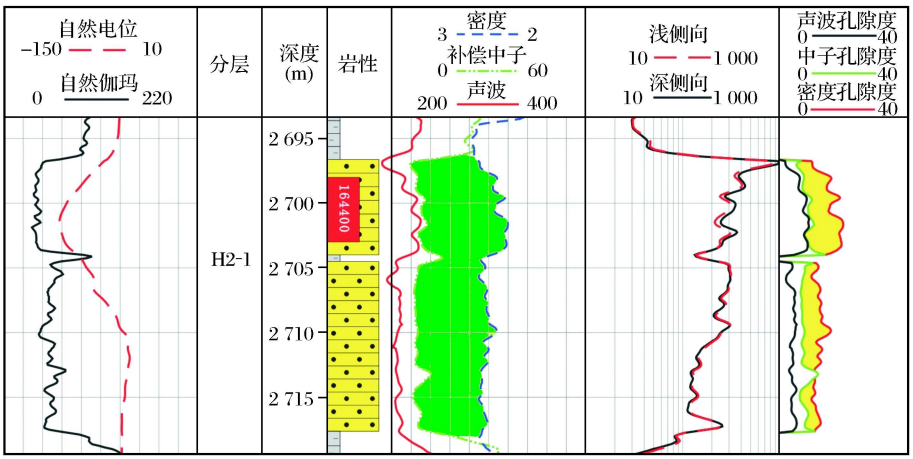


图 4 D16 井盒 2 段测井识别气层成果

2.2 密度—中子孔隙度差值法

在地层含气时,补偿中子测井值减小,密度测井值也减小。根据两者计算出来的密度测井视孔隙度 φ_D 大于地层不含气时孔隙度,而中子测井视孔隙度 φ_N 则小于地层不含气时孔隙度。

根据体积模型,密度和中子测井方程可以表示为[14]:

$$\rho_b = (1-\varphi-V_{sh})\rho_{ma} + \varphi S_g \rho_g + \varphi(1-S_g)\rho_w + V_{sh}\rho_{sh} \quad (1)$$

$$I_{H,b} = (1-\varphi-V_{sh})I_{H,ma} + \varphi S_g I_{H,g} + \varphi(1-S_g)I_{H,w} + V_{sh}I_{H,sh} \quad (2)$$

上面 2 式可变换为:

$$\varphi_D = \frac{\rho_{ma}-\rho_b}{\rho_{ma}-\rho_w} = \varphi\left(1+S_g\frac{\rho_w-\rho_g}{\rho_{ma}-\rho_w}\right) + V_{sh}\frac{\rho_{ma}-\rho_{sh}}{\rho_{ma}-\rho_w} \quad (3)$$

$$\varphi_N = \frac{I_{H,ma}-I_{H,b}}{I_{H,ma}-I_{H,w}} = \varphi\left(1+S_g\frac{I_{H,w}-I_{H,g}}{I_{H,ma}-I_{H,w}}\right) + V_{sh}\frac{I_{H,ma}-I_{H,sh}}{I_{H,ma}-I_{H,w}} \quad (4)$$

式中:ρ_b 为补偿密度测井值,g/cm^3;ρ_{ma} 为岩石骨架密度,g/cm^3;ρ_{sh} 为相邻泥岩层的密度测井值,g/cm^3;ρ_g 为气体密度,g/cm^3;φ_N 为补偿中子测井值,%;$I_{H,ma}$ 为岩石骨架含氢指数;$I_{H,b}$ 为含氢指数测井值;$I_{H,w}$ 为地层水含氢指数;$I_{H,g}$ 为气体含氢指数;$I_{H,sh}$ 为相邻泥岩含氢指数;V_{sh} 为泥质含量,小数。

当 $\varphi_D-\varphi_N>0$ 时,地层含气;当 $\varphi_D-\varphi_N\leqslant 0$ 时,地层不含气。

泥质与天然气对中子测井的影响刚好相反,当储层中含气和泥质时,中子测井值增大,泥质的存在掩盖天然气在补偿中子测井值上的响应,而泥质对密度测井的影响则根据储层邻近泥岩的密度而不同。因此,在计算密度测井视孔隙度和中子测井视孔隙度的时候,必须进行泥质校正。相邻泥岩段的补偿中子测井值和补偿密度测井值的读取,则是选取盒 2 段的相对较纯泥岩层段,读取其中子值和密度值,然后根据这些值的分布状况,确定各个层段的 ρ_{sh} 和 φ_{Nsh};泥质含量 V_{sh} 根据建立的测井解释模型求得。

中子测井孔隙度是地层的视石灰岩孔隙度。在计算中,为了方便比较,密度孔隙度也采用视石灰岩孔隙度。

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

将经过泥质校正的中子测井视孔隙度和密度测井视孔隙度绘制在测井曲线图上, 将 $\varphi_D - \varphi_N > 0$ 的层段填充颜色, 可以直观准确地识别出气层, 如图 4 中黄色填充部分。

3　气层无阻流量定性评价与定量计算

气井的无阻流量是反映气井潜在产能的重要指标。常用的无阻流量是根据压裂改造后的产能测试结果得到, 它反映的是储层经改造后的地层系数。而利用测井资料计算的无阻流量, 接近于储集层原始状态, 对正确评价气层的产气能力, 具有重要意义。

冉宏[15] 认为气井的无阻流量是储层渗流能力的综合反映, 在对温泉井构造西段石炭系气井产能进行预测时, 建立了气井无阻流量与渗透率和储层参数的函数。

董瑞霞[16] 在对松南地区十屋断陷的低孔低渗气层进行识别评价时, 对原有判别气层的特征参数进行了改进, 达到了定性判断气层产能级别的目的。

张松杨[8] 在对大牛地气田的气层进行识别评价时, 根据 4 性(岩性、电性、物性和含气性) 的测井分类特征比值参数与气层产能的关系, 回归建立了气层无阻流量和测井综合比值与气层有效厚度乘积之间的关系。

周惠文[4], 张静[17] 利用中子—声波、中子—密度交会重构含气特征曲线, 通过对地震低频段(含气敏感频段) 进行地震—测井联合反演, 对致密砂岩含气层段进行了定量预测。

本次研究中, 根据测试无阻流量大小, 将其分为 5 个级别(表 1)。根据 DK30-D12 井区盒 2 段气层的测井响应特征, 建立了采用常规测井特征参数比值法评价气层无阻流量级别的方法。根据已知测试层的无阻流量, 回归建立了气层无阻流量和密度—中子孔隙度差值之间的关系式, 达到定量计算气层无阻流量的目的。

3.1　特征参数比值交会图法定性评价气层无阻流量级别

地层含气时, 中子测井与密度均呈低值, 电阻率呈高值。含气性越高, 中子与密度测井值越低、电阻率值越高。在本次研究中, 采用组合测井参数, 放大天然气响应特征的方法来评价气层无阻流量级别。定义 $K1$ 和 $K2$ 为指示气层的特征参数:

$$K1 = LLD/DEN$$

$$K2 = DEN \times CNL$$

式中: LLD 为测试层段的平均深侧向电阻率值, Ω·m; DEN 为测试层段的补偿中子密度测井值(均值), g/cm^3; CNL 为测试层段的补偿中子孔隙度测井值(均值), %。

在岩性相同, 孔隙度相等的情况下, 随着储层含气饱和度越高, 密度测井值降低、中子孔隙度降低而电阻率测井值增大。因此, $K1$ 值增大, $K2$ 值逐渐降

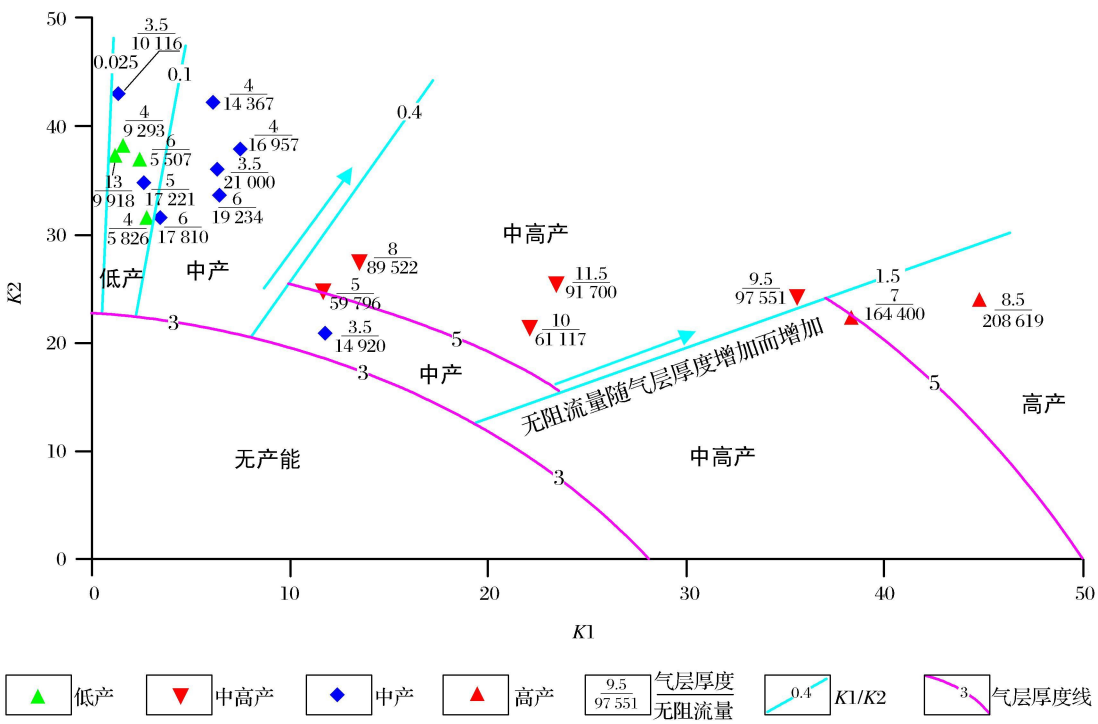


图 5　盒 2 段测试层段特征参数 $K1$ 与 $K2$ 交会特征

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

低。在 $K1$ 与 $K2$ 的交会图上(图 5),低产气层与高产气层位于不同的分布区间,可以明显区分开来。从坐标原点出发的射线段,分别代表不同的含气饱和度,越靠近 X 轴,含气饱和度越高;沿着射线方向,随着气层厚度的增加,无阻流量也增加。

将识别出的气层段分别计算其特征参数 $K1$ 和 $K2$,投影到 $K1$ 与 $K2$ 的交会图版上,可以直观地判断出该气层的无阻流量级别,该图版的评价分辨率可以达到 20 000 m^3/d 的无阻流量级别,对低于 20 000 m^3/d的则区分不明显。

表 1 DK30-D12 井区盒 2 段气层无阻流量判断标准参数

产能级别	无阻流量(m^3/d)	气层厚度(m)	$K1$	$K2$	$K1/K2$
无产能	< 5 000	< 3	< 1	> 40	< 0.025
低产	5 000~ 10 000	⩾3	1~ 3	30~ 40	0.025~ 0.1
中产	10 000~ 50 000	⩾3	3~ 12	21~ 43	0.1~ 0.4
中高产	50 000~ 100 000	⩾5	12~ 36	22~ 28	0.4~ 1.5
高产	> 100 000	⩾5	> 36	22~ 24	> 1.5

依据测试层段电性参数交会图和 $K1$ 与 $K2$ 交会图,定义 DK30-D12 井区盒 2 段气层无阻流量级别判别标准见表 1。

3.2 含气当量法计算气层无阻流量

由式(3)和式(4)可以得出,经泥质校正后的密度—中子孔隙度差值为:

$$\varphi_{D校}-\varphi_{N校}=\varphi\times S_g\left(\frac{\rho_w-\rho_g}{\rho_{ma}-\rho_w}-\frac{I_{H,w}-I_{H,g}}{I_{H,ma}-I_{H,w}}\right) \quad (5)$$

从式(5)可以看出,当砂岩为泥质砂岩时,经过泥质校正后的密度测井视孔隙度与中子测井视孔隙度的差值,是气层孔隙度与含气饱和度乘积的函数,代表了单位厚度气层中天然气的体积,与气层无阻流量成正相关关系。定义气层段总的密度测井视孔隙度和中子测井视孔隙度的差值之和为含气当量 $DN_{总}$:

$$DN_{总}=\sum_{i=1}^{n}(\varphi_{Di}-\varphi_{Ni}) \quad (6)$$

式中:n 为气层段测井采样点数。

盒 2 段存在含有大量炭质岩屑的气层,由于炭质岩屑使岩石骨架密度减小,因此,采用砂岩骨架密度(ρ_{ma})计算的密度测井视孔隙度与中子测井视孔隙度的差值大于单位厚度气层中天然气的体积。从无阻流量(AOF)与含气当量 $DN_{总}$ 的关系图(图 6)上可以看出,测试层段在图上明显分成 2 种:一种为含炭质碎屑的岩屑石英砂岩气层;另一种为不含炭质碎屑的岩屑石英砂岩气层。2 种类型气层其无阻流量均随着含气当量的增加而增加。

2 种类型气层可以通过 $K1$ 来进行区分。在 $K1$ 的直方分布图上,不含炭质碎屑岩屑石英砂岩 $K1$ 主值区间为 22~ 45;而含炭质碎屑岩屑石英砂岩的 $K1$ 主值区间为 0~ 12。对无阻流量(AOF)和含气当量($DN_{总}$)进行回归可得 2 类砂岩气层的无阻流量计算公式(表 2)。

表 2 盒 2 段气层无阻流量计算公式

气层类型	无阻流量计算公式	$K1$
含炭屑岩屑石英砂岩	$AOF=91.575\times DN_{总}+453.4$	⩽12
不含炭屑岩屑石英砂岩	$AOF=134.88\times DN_{总}+81\,052$	⩾22

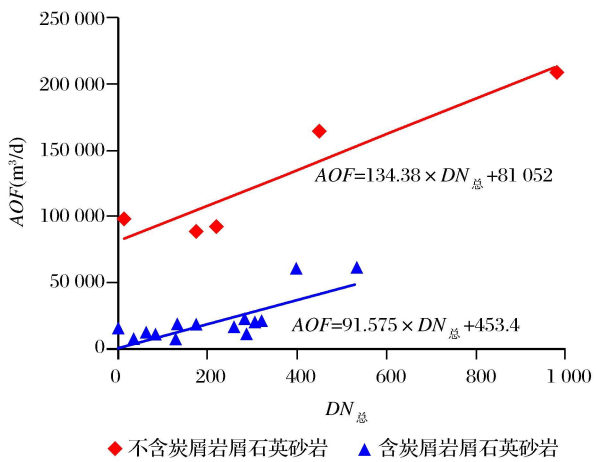


图 6 盒 2 段无阻流量与含气当量关系

4 应用实例

评价方法是否适用于研究区,需要通过实例进行检验。本次研究中选择没有参与建模的测试层段进行气层识别评价检验。

图 7 为 D1-2-33 井 2 705~ 2 720 m 井段测井识别气层成果图,该井射孔层位为 2 711~ 2 716 m,试气结果为 5 744 m^3/d。从图上可以看出,2 712~ 2 715.6 m井段密度与中子测井曲线明显分离(图 7

© 1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

绿色填充部分), 下段气层含气性要差于上段, 这种状况可以在计算的密度孔隙度和中子孔隙度一栏看出, 两者之间对应关系良好(图 7 黄色填充部分)。

对气层采用特征参数比值法和含气当量法进行无阻流量级别的评价, 计算特征参数 $K1$ 和 $K2$ 值分别为8. 6和29. 6, 把$K1$和$K2$投到盒2段特征参数识

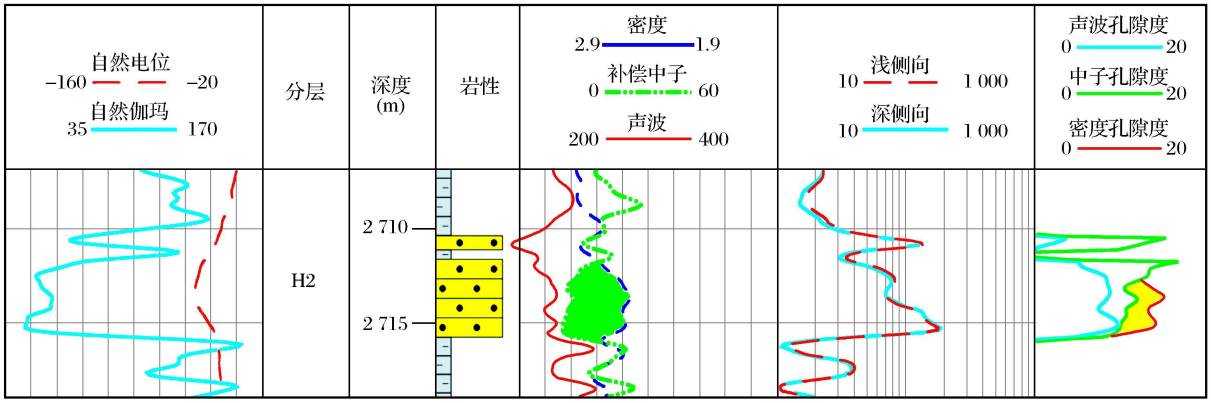


图 7　DK2-33 井盒 2 段测井识别气层成果

别图上, 该点落在 10 000~ 50 000 m^3/d 区间, 采用含气当量法计算该层无阻流量为6 794 m^3/d。无阻流量计算结果与试气结果吻合较好。

5　结论

(1) 通过对盒 2 段测试层段的电性特征进行分析后认为, 盒 2 段储层极其复杂, 局部地区岩性中含有大量的炭质碎屑, 造成声波测井值增大, 密度测井值减小。声波和密度的变化已经不能反映含气性的变化, 研究区中子测井和电阻率测井对储层含气性指示较好。

(2) 基于中子—密度测井的原理及对天然气层的特殊响应, 利用中子—密度曲线重叠和孔隙度差值识别气层的方法已得到了广泛的应用, 但是由于中子测井受泥质和泥浆侵入影响较大, 在使用中必须根据地区特点进行校正。本次研究中根据测试层段的电性反映特征, 对大牛地气田 DK30-D12 井区盒 2 段的中子测井和密度测井孔隙度分别进行了泥质校正, 根据校正后的中子孔隙度和密度孔隙度差值识别气层, 效果较好。

(3) 基于测试层段的电性反映特征, 重构了指示地层含气性的指数 $K1(LLD/DEN)$ 和 $K2(DEN \times CNL)$, 建立了 $K1$—$K2$ 交会图版, 该图版可以定性判别气层无阻流量级别。实际应用证明, 该图版对识别无阻流量较高的层段效果较好, 对无阻流量较低的(小于 20 000 m^3/d) 层段效果较差。

(4) 本文从中子和密度测井的体积模型入手, 推导证明: 对于泥质砂岩气层, 经泥质校正后的密度—中子孔隙度差值代表单位厚度气层的天然气孔隙体积, 气层段总的密度—中子孔隙度差值是气层段天然气体积的函数; 对于含有大量炭质碎屑的砂岩气层, 由于岩石骨架密度的降低, 使采用砂岩岩石骨架密度计算出来的密度—中子孔隙度差值增大, 在应用中, 对这 2 种气层分别回归其无阻流量计算公式, 取得由定性到定量评价气层无阻流量级别的进步。

参考文献:

[1] Yang Shuangding, Zhao Jianwu, Tang Wenjiang, *et al*. New method to identify gas zones in low porosity and permeability reservoir[J]. Well Logging Technology, 2005, 29(1): 43-45. [杨双定, 赵建武, 唐文江, 等. 低孔隙度、低渗透率储层气层识别新方法[J]. 测井技术, 2005, 29(1): 43-45.]

[2] Gao Chuqiao, Zhong Xingshui, Yuan Xiaodong. Identifying gas reservoir with lower resistivity from logging information[J]. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 1999, 21(4): 15-17. [高楚桥, 钟兴水, 袁晓东, 等. 测井信息识别低电阻率气层[J]. 江汉石油学院学报, 1999, 21(4): 15-17.]

[3] Liu Yan, Wang Lixin, Zheng Xinguan, *et al*. Methods for recognizing upper Paleozoic compacted sandstone gas reservoirs in Fuxian exploration region[J]. Journal of Oil and Gas Technology: Journal of Jianghan Petroleum Institute, 2005, 27(3): 355-357. [刘艳, 王立新, 郑新管. 富县探区上古生界致密砂岩气层识别方法研究[J]. 石油天然气学报: 江汉石油学院学报, 2005, 27(3): 355-357.]

[4] Zhou Huiwen, Cao Zhenglin, Du Binshan. The application of gas-bearing attribute curve reconstruction technique to gas reservoir prediction of tight sand[J]. Natural Gas Geoscience, 2006, 17(5): 723-726. [周惠文, 曹正林, 杜斌山. 含气特征曲线重构技术在致密含气砂岩储层预测中的应用[J]. 天然气地球科学, 2006, 17(5): 723-726.]

[5] Wen Zheng, Li Shuqin, Zhong Yanqiu. To distinguish gas reservoirs using background value[J]. Petroleum Geology & Oilfield Development in Daqing, 1996, 15(2): 11-13. [文政, 李庶

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

勤, 钟延秋. 利用背景值识别气层[J]. 大庆石油地质与开发, 1996, 15(2): 11-13.]

[6] Shen Huiping, Shi Zhenqin, Qiao Guoan. Study on the method of recognizing deep gas zone[J]. Natural Gas Industry, 2005, 25(10): 47-48. [沈慧萍, 史振勤, 乔国安, 等. 深层气层识别方法研究[J]. 天然气工业, 2005, 25(10): 47-48.]

[7] Li Yanli, Gou Yingchun, Zhang Jing. Appication of fine logging interpretation in gas-bearing reservoir prediction[J]. Natural Gas Geoscience, 2008, 19(6): 870-875. [李延丽, 苟迎春, 张静. 测井精细解释在含气储层预测中的应用[J]. 天然气地球科学, 2008, 19(6): 870.]

[8] Zhang Songyang. A method for identifying low resistivity gas zone with characteristic parameters[J]. Well Logging Technology, 1995(6): 428-434. [张松杨. 识别低阻气层的一种特征参数判别法[J]. 测井技术, 1995(6): 428-434.]

[9] Chen Bin, Shi Zhenqin, Yu Bentao, *et al*. Influence of lithology on gas reservoir identification[J]. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 2000, 22(4): 35-37. [陈彬, 史振勤, 于本涛, 等. 岩性对气层识别影响分析[J]. 江汉石油学院学报, 2000, 22(4): 35-37.]

[10] Wu Chunping, Wu Dongping, Yang Chaohua. Well log identification method for the upper Paleozoic gas reservoirs of Daniudi gas field[J]. Natural Gas Industry, 2001, 21(supp.): 90-93. [吴春萍, 吴东平, 杨超华. 大牛地气田上古生界气层测井识别方法[J]. 天然气工业, 2001, 21(增): 90-93.]

[11] Cui Daqing, Yang Yongchao. Research of gas reservoir identification manner of competent sand in Dongpu depression[J]. Inner Mongulia Petrochemical Industry, 2005, (9): 70-71. [崔大庆, 杨永超. 东濮凹陷深层致密砂岩气层识别方法研究[J]. 内蒙古石油化工, 2005, (9): 70-71.]

[12] Zhai Fengyun, Li Tao. Gas layer recognition of low pemeability tight sandstone gas reservoir in block PU 76 of Pucheng area in Dongpu depression[J]. Journal of Jianghan Petroleum Institute, 2003, 25(supp.): 54-55. [翟凤云, 李涛. 东濮凹陷濮城地区濮67块低渗致密砂岩气藏气层识别[J]. 江汉石油学院学报, 2003, 25(增): 54-55.]

[13] Yu Shiyuan. Research on the technique of identifying the complex gas bearing formation[J]. Natural Gas Industry, 1999, 19(1): 67-69. [于世元. 复杂气层识别技术研究[J]. 天然气工业, 1999, 19(1): 67-69.]

[14] Mao Zhiqiang, Tan Tingdong. The correlativity of density and neutron log and its application in identifying gas formations[J]. Acta Geophysica Sinica, 1996, 39(1): 125-132. [毛志强, 谭廷栋. 密度测井和中子测井的相关性及其在识别天然气层中的应用[J]. 地球物理学报, 1996, 39(1): 125-132.]

[15] Ran Hong, Liu Zhonglin, Zhang Qiongfang. The quantitative forecasting methods of gas production in early stage[J]. Natural Gas Industry, 2001, 20(1): 94-95. [冉宏, 刘中林, 张琼芳. 气井产能早期定量预测方法[J]. 天然气工业, 2001, 20(1): 94-95.]

[16] Dong Ruixia, Fan Xiaomin. Improvement of method for distinguishing formation containing gas from compact sandstone[J]. Global Geology, 2003, 22(3): 266-270. [董瑞霞, 范晓敏. 致密砂岩气层综合识别方法的改进[J]. 世界地质, 2003, 22(3): 266-270.]

[17] Zhang Jing, Wang Yanchun, Chen Qilin, *et al*. Application of log curve reconstruction in the prediction of reservoirs[J]. Natural Gas Geoscience, 2008, 19(3): 396-401. [张静, 王彦春, 陈启林, 等. 储层特征曲线重构技术在储层预测中的应用研究[J]. 天然气地球科学, 2008, 19(3): 396-401.]

Logging Evaluation to Tight Gas Reservoir in He-2 Member of Daniudi Gas Field

GUO Zhen-hua[1], ZHAO Yan-chao[2]

(1. Langfang Branch of Research Institute of Petroleum and Development, PetroChina, Langfang 065007, China; 2. Petroleum Engineering Department, China University of Geosciences, WuHan 430074, China)

Abstract: The tight gas reservoir of He-2 member in DK30-D12 well area, Daniudi gas field is characterized by small porosity, low permeability and minor product. The heterogeneity to reservoir and productivity distribution occurs. The complexity of logging response results in the difficulty of identification and evaluation for the tight gas reservoir which was affected by physical property of reservoir and gas-bearing. By analyzing the features of logging response within this member, the parameters of neutron and resistivity logging are very sensitive. Thus, in combination with neutron, resistivity and density logging, this paper reconstructs feature parameters $K1$, $K2$ and establishes $K1$—$K2$ pattern which can qualitative evaluate gas AOF (absolute open flow). Additionally, in the light of different reflection toward gas between neutron and density logging, a relation between test nonresistance outflow and gas-bearing content which varies with different neutron and density logging is built, thus the gas AOF can be quantitative evaluation.

Key words: Daniudi; Tight gas sandstone; Logging evaluation; Parameter feature; Gas-bearing content.

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net