

深部煤层气储层测井解释技术及应用分析

苏 帆 (延长油田井下作业工程公司测井资料解释中心, 陕西 延安 716001)

摘 要: 随着社会的快速发展, 人们面临越来越严峻的能源形势, 通过开发煤层气可以为人们提供能源, 因此煤层气的开发获得了人们广泛的关注。在煤层气的开采时需要煤层媒体结构、含气量、显微组分和渗透率等参数进行鉴定, 从而方便煤层气的开发。通过对测井资料进行分析, 结合实验室测试数据、现场注入压降测试等, 可以构建测井解释模型, 对煤层气的相关参数进行评价, 基于此本文对深部煤层气储层测井解释技术及应用进行了分析。

关键词: 深部煤层; 测井解释; 煤岩工业组分; 含气量; 渗透率

随着我国社会的快速发展, 对能源的需求不断增加, 油气作为常用能源需求量不断增加, 而随着人们的不断开发, 常规油气的储量日益减少, 在这样的背景下人们开始重视煤层气的开采。煤层气是一种非常规能源, 其富集和开采难易程度等受到煤层物性的影响, 在进行其开采之前, 需要其煤岩类型、煤质、媒体结构、含气量及渗透性等煤层物性进行研究, 从而根据其开展煤层气的开发工作。

在煤层参数的获取方法方面, 常用的方式包括深部煤层取心、试井和煤岩分析等, 但是在煤层气开发工作中, 采用取心获得的资料较少, 不能够满足实际生产对于煤层参数的要求, 而利用研究区丰富的测井资料来进行煤层的评价具有多方面的优点, 不仅速度快、直观, 而且需要投入的成本也比较低, 因此研究人员在应用测井数据来对煤层进行评价方面进行了大量的研究, 并且取得了一定的成绩。不过煤层具有多重孔隙结构、三相介质流动形态、低孔、低渗透和非均质性较强的特点, 造成对煤层测井进行解释是非常复杂的, 并且存在多解。深部煤层和中部、浅部煤层有比较大的差异, 其环境地应力、低温和矿化度等都高于中、浅部煤层, 在孔隙结构方面也存在较大的差异, 因此在中、浅部煤层取得的研究成果, 在深部煤层和常规测井方面是否能够适用是不确定的, 而且也无法确定测试的精度能够对煤层特征进行全面的反映, 是否能够满足开发的需求。因此需要建立一套通过测井资料对深部煤层展开全面评价的方法, 对深部煤层的物性参数进行准确的评价, 从而为煤层气的开发的决策、选址等工作进行数据支持。

1 目标区域地址情况介绍

本文的研究以某区块作为研究对象, 该区块的具体情况如下: 该区块面积在 700km^2 左右, 地址构造比较简单, 存在 4 条二级断层, 断层倾角为 $40^\circ \sim 60^\circ$, 断距为 25~60m。

在目标区块内, 主采煤层是 2 号煤层, 该煤层的埋深在 1209~1447m 的范围内, 平均埋深 1306m, 受到地质构造的影响, 该煤层呈现出埋深从东向西逐渐增大的趋势; 煤层厚度 2.8~7.3m, 平均厚度为 4.3m; 镜质组

反射率为 2.0%~2.9%, 平均反射率为 2.4%。在该区域内, 煤种类主要是无烟煤以及贫煤, 煤层的压力在 4.5~9.8MPa 的区间内; 储层压力系数为 0.6~1.1; 应力为 8.7~20.9MPa。煤层温度为 30.6~44.7℃, 平均温度为 37.6℃, 地温梯度为 1.09~1.52℃/hm。

煤层水矿化度一般在 10g/L 以上, 水型主要为 CaCl_2 型。该区域煤层和浅部煤层相比都的区别, 在矿化度、地应力、煤层温度和煤变质程度等方面都要高于浅部煤层。

2 煤层测井响应特征

在研究过程中, 从区块中选择 149 口煤层气井煤层段测井响应数值进行处理, 下面对数据的处理结果进行分析:

①自然伽马 (GR) 值在 51~81API, 平均值为 64API。在煤层中放射性物质的分布具有一定的特点, 即会吸附在灰分表面, 因此通过对自然伽马的数值进行分析, 可以对煤层中的灰分含量进行估算;

②深侧向电阻率 (LLD) 的值在 $350 \sim 12100 \Omega\text{m}$ 的范围内, 这一数值的影响因素较多, 包括地层水矿化程度、煤层气含量以及煤层裂缝发育情况等, 因此数值分布较为广泛;

③声波时差 (AC) $360 \sim 430 \mu\text{s/m}$ 。通过声波时差可以判断煤层的密实程度, 该数值越小, 说明声波的速度越高, 说明煤层的密实程度越高;

④补偿中子 (CNL) 的范围在 45%~50% 的范围内, 这一数值的能够反映出煤层的割理, 同时对于大孔隙煤层, 还可以反映出含水量;

⑤密度 (DEN) 在 $1.39 \sim 3.59 \text{g/cm}^3$ 。密度可以反映出煤层的矿物质含量, 其越小说明煤层中含有的矿物质越小;

⑥井径 (CAL)。井径集中在 22~30cm 的范围内, 这说明这些井存在扩径现象。

相关数据还显示, 深部煤层测井相应的电阻率、密度、中子等参数都高于浅部煤层, 而声波时差要小于浅部煤层, 这些参数的差异体现出浅部煤层和深部煤层之间性质存在差异。

3 煤层测井评价

3.1 煤岩工业组分

煤岩工业组分在煤质评价工作中具有重要作用,是煤质评价的前提,主要包括水分、固定碳、挥发分和灰分等几部分组成。在实际工作中,通常采取对煤样进行工业分析的方式来获取煤样中各组分的含量。为了获取测井数据和煤岩工业组分之间的关系,在目标区块内选择了 11 口井,共计 25 块煤进行了煤样工业分析实验,根据对实验数据进行分析发现,灰分和固定碳、水分等的含量之间有着密切的联系,和挥发分之间没有过多的关联。根据这一结论,若应用测井曲线来拟合出煤层中的灰分含量,则可以计算出水分和固定碳的含量。根据分析,煤层的自然伽马参数和其灰分含量有着比较大的关联,同时灰分含量和煤层时差之间有中等关联;同时,还有研究学者发现泥质是灰分的关键成分,煤层中的灰分含量越高,相应的其具有更强的放射性,自然伽马值也就越大,因此在实际工作中,可以采用自然伽马来拟合计算,得到煤层中的灰分含量。通过研究,灰分计算的拟合公式如下:

$$M_{Aad}=0.1542GR+3.2825 \quad (1)$$

根据拟合公式以及灰分和固定碳、水分之间的关系可以获得固定碳和水分含量的计算公式:

固定碳和水分含量计算公式依次为:

$$M_{FC}=-1.0623M_{Aad}+90.981 \quad (2)$$

$$M_{Md}=0.0236M_{Aad}+0.5912 \quad (3)$$

由于灰分、固定碳、水分和挥发分之和为 100%,根据这一关系可以获得挥发分的计算公式为:

$$M_{Vdaf}=1.0387M_{Aad}-90.5722 \quad (4)$$

在上述公式中, M_{Aad} 、 M_{FC} 、 M_{Md} 和 M_{Vdaf} 分别代表灰分、固定碳、水分和挥发分的质量分数,单位是 %。

3.2 煤体结构

煤体结构是指煤体各组成部分的颗粒尺寸、形状和组成关系等,按照破碎程度的不同可以将煤体结构分为原生结构煤、碎裂煤、碎粒煤和糜棱煤等四种,这四种类型的煤体结构破碎程度不断增加,煤体结构和煤体的渗透性、可塑性等有着比较大的关联。原生结构煤和碎裂煤具有较强的硬度,煤体渗透性比较好,这两类煤体压裂改造起来比较方便,可以提高煤体气的产量;碎粒煤和糜棱煤较软,原始渗透性不好,因此对其进行压裂改造的难度比较大,会影响到煤体气的产量。这四类煤体结构在煤岩密度、孔隙-裂隙以及强度等方面有显著的不同,因此在测井相应特征方面也有较大的差异,通过测井曲线形态以及测井属性交会图等方式都可以对煤体结构进行鉴定。原生结构煤和碎裂煤的自然伽马、密度等参数都比较低,而深侧向电阻率则比较高,碎粒煤和糜棱煤则相反。

3.3 煤层含气量

煤层气含量是重要的参数,其直接决定着煤层气井的产气量,在对煤层气资源量进行评估时,其实主要的参数。煤层气一般都吸附并储存在煤基质的表面,如果通过传统的实验来检测煤层气的含量,不仅时间长,而且成本高,而且适用范围小,难以满足实际生产的需求。由于当前测井仪器精度的限制,通过单一的测井曲线来解释含气量还难以实现,因此通常采用多元化回归分析法来对煤层含气量进行解释。相关分析发现,煤层气含量和自然伽马的密度有着较高的关联度,呈现出线性负相关,而其他测井参数和煤层气含量没有明显的关系;应用自然伽马和密度可以实现含气量的二元拟合,建立多元拟合模型,为了提高拟合的精度,采用多元线性回归方程来进行公式的构建。

$$GC=48.9665-0.1256GR-18.3939DEN \quad (5)$$

在上式中, GC 代表的是含气量。

3.4 煤层渗透率

在评价煤层产气量的相关参数中,渗透率是重要的参数,其和煤层气井产气水平有着密切的关系。煤层的渗透性和煤层割理-裂隙形成情况、裂隙的联通情况等方面内容有着比较大的关系,随着割理情况不断发展,连通性能会得到较大的提升,从而使其具有较高的渗透率。通过测井资料能够评价煤层裂隙的演化以及煤层的有效应力等方面的内容,通过这样的方式能够实现煤层渗透率的评价,公式如下:

$$K=0.0089(AC_{\text{煤层}}-AC_{\text{泥岩}})-1.015 \quad (6)$$

在上式中, K、 $AC_{\text{煤层}}$ 、 $AC_{\text{泥岩}}$ 分别代表煤层的渗透率、煤层声波时差和泥岩声波时差。

4 结论

煤层气储层测井解释技术具有实用性高、误差小等特点,能够实现煤层煤质、煤层气含量、渗透率以及煤层气含量等参数的评价,从而对煤层气井产气水平进行有效的评价,为煤层气的开发提供相关的数据支持。

参考文献:

- [1] 原俊红,付玉通,宋昱.深部煤层气储层测井解释技术及应用[J].油气地质与采收率,2018,025(005):24-31.
- [2] 王卫萍,等.煤层气储层测井评价技术及应用效果[C]//煤层气,页岩气勘探开发与井筒技术推介交流会.北京石油学会,2013.
- [3] 许方宁,徐波.沁水煤田 MB 区块煤层气测井技术研究与应用[J].内蒙古煤炭经济,2019,273(04):143-145+151.
- [4] 董传超.浅析煤层气勘探开发测井技术应用及发展[J].工程技术:文摘版,2016,000(006):00266-00266.

作者简介:

苏帆(1991-),陕西延安人,本科学历,助理工程师,从事油气藏评价工作。