

苏5、桃7区块不同粒度碎屑岩测井识别方法

罗利¹ 朱心万² 常俊¹ 周政英¹ 胡振平¹

(1.四川石油管理局测井公司 2.四川石油管理局苏里格项目经理部)

罗利等.苏5、桃7区块不同粒度碎屑岩测井识别方法.天然气工业,2007,27(12):36-38.

摘要 苏里格气田的苏5和桃7区块石盒子组及山西组储层为碎屑岩储层,但碎屑岩粒度变化大。在岩石成分差别不大的情况下,岩石粒度是造成电性特征差别大的原因之一,能用测井资料较准确地识别出岩石粒度,再按不同粒度碎屑岩建立储层评价模型,则能提高碎屑岩储层评价精度。以苏5和桃7区块取心井为目标,从常规测井资料中提取指示不同粒度碎屑岩的9个特征参数,经聚类分析后形成包括泥岩在内的粉砂岩、细砂岩、中砂岩、粗砂岩、砾岩共6类碎屑岩样本841个,再经非线性映射变换处理,得出不同粒度碎屑岩点在X—Y平面上大多呈不同半径的圆形分布特征;根据矢量点间距离最小原则对测井曲线进行分层,再输入测井特征参数和不同粒度碎屑岩样本,就能用模式识别方法从测井资料中识别出不同粒度的碎屑岩。3口样本井取心段岩性识别符合率在93%以上;对非样本井进行了岩性识别处理,与岩心分类结果比较,也有着较好的一致性。

关键词 苏里格气田 碎屑岩 粒度 测井 天然气 识别 方法

一、引言

苏里格的苏5和桃7区块石盒子组及山西组碎屑岩粒度变化大,测井响应特征也有较大差别。因电性特征的影响因素很多,除岩石成分外,还与岩石粒度、孔隙结构、孔隙流体性质及束缚水含量等众多因素有关。在岩石成分差别不大的情况下,岩石粒度是造成电性特征差别大的原因之一,如果能用测井资料较准确地识别出岩石粒度,再按不同粒度碎屑岩建立储层评价模型,则能提高碎屑岩储层评价精度。这里,以苏5区块和桃7区块取心井为目标,研究用常规测井资料识别不同粒度碎屑岩,以期提高不同粒度碎屑岩的识别精度。

二、不同粒度碎屑岩测井响应特征

苏5区块和桃7区块石盒子组及山西组为低孔低渗的碎屑岩地层,岩心、录井资料显示砾岩、砂岩矿物成分以石英为主。但碎屑岩粒度变化较大,地质录井根据碎屑岩粒度大小分为泥岩、细砂岩、中砂岩、含砾中砂岩、粗砂岩及砾岩等几种岩性。

图1是桃7-8-8井盒8段底部岩心与测井曲线对比图,岩心显示3317~3320m为中粗砂岩,中间

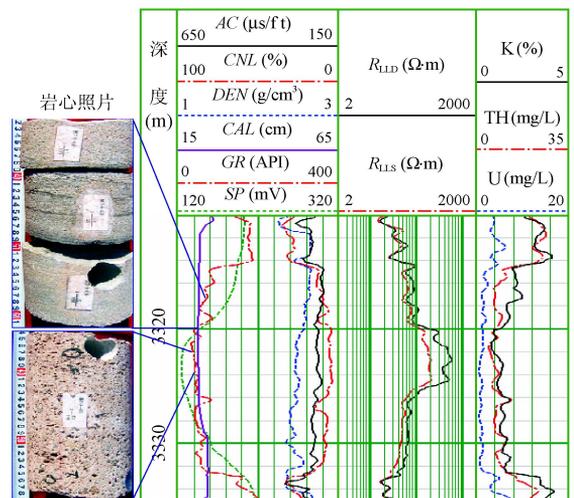


图1 桃7-8-8井盒8段岩心与测井曲线对比图

夹有泥质条带。与泥岩层比较,对应GR值降低,在50~80 API之间;SP呈负差异降低,电阻率增大,TH(钍)、K(钾)为低值;泥质条带对应GR升高,CNL值增大,TH、K增大。3320~3324 m为砾岩,石英约占85%,含长石砾、燧石砾、泥砾,砾间多为硅质充填,较疏松,多见砾间溶孔;对应GR进一步降低,在30~40 API之间;SP偏负最明显,电阻率明显升高,RLLD值最高600 Ω·m,K为最低值。3310

* 本文为四川石油管理局科研项目(2006年科通字第29号)部分成果。

作者简介:罗利,1971年生,高级工程师,博士研究生;现从事测井资料解释及综合应用研究工作。地址:(400021)重庆市江北区大石坝。电话:(023)67352049。E-mail:luoli3988@163.com

~3314 m 泥岩层的 GR 为高值,达 170 API, TH 、 K 为明显高值, SP 无负异常特征。用 GR 和 SP 能有效区分出砂砾岩和泥岩。

对 10 余口井石盒子组气层段(为排除不同流体的影响,只考虑经试油证实的气层)的岩性进行统计表明,细砂岩、中砂岩、粗砂岩、含砾粗砂岩及砾岩中均发育有储层,砾岩、粗砂岩储层物性最好,中砂岩次之,细砂岩最差。图 2 为这些井气层段细砂岩、中砂岩、含砾中砂岩、粗砂岩、含砾粗砂岩及砾岩的 $GR-R_T$ 、 $AC-CN_L$ 交会图。从图上看,砾岩有较明显的差别特征,而其他几种粒度砂岩则呈现交叉重叠的特征,交会图不能有效区分出细砂岩、中砂岩、含砾中砂岩、粗砂岩等岩性(其他测井曲线间的交会图特征与此类似)。

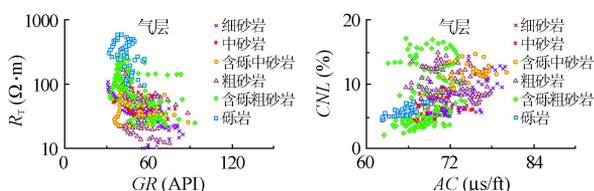


图 2 不同粒度碎屑岩测井响应特征交会图

三、组建不同粒度的碎屑岩样本

1. 提取指示不同粒度碎屑岩的测井特征参数

以桃 7-16-16 井、桃 7-8-8 井、苏 5-16-22 井 3 口井为样本井,将岩心分类的岩性剖面与测井资料对比以校正岩心剖面深度,将含砾中砂岩归入中砂岩类、含砾粗砂岩归入粗砂岩类后可分为:泥岩、粉砂岩、细砂岩、中砂岩、粗砂岩、砾岩共 6 类碎屑岩。根据校正后不同粒度碎屑岩的岩性剖面深度,从测井曲线中提取出对应深度段的 2 个伽马能谱参数(钍、钾平均值)、2 个孔隙度参数(中子平均值、声波与中子的相关系数)、3 个深电阻率参数(最大值、平均值、方差)、2 个数字处理参数(测井计算的泥岩和砂岩含量平均值)等共 9 个特征参数来指示不同粒度碎屑岩,由此组成碎屑岩初始样本集。

2. 样本聚类

在样本分析和模式识别过程中,大量的样本数会增加计算量,聚类分析是一种好的缩减样本数量的实用方法。用聚类分析中的 Q 型聚类分析对初始样本用距离系数相对大小作为分类统计量进行聚类,按标准差标准化后,定义 m 个样本中样本矢量 $V_i = \{v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{i9}\}$ 与样本矢量 $V_j = \{v_{j1}, v_{j2}, \dots, v_{j9}\}$ 的距离系数 d_{ij} 为:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^9 (v_{ik} - v_{jk})^2} \quad (i, j = 1, 2, \dots, m)$$

d_{ij} 越小,表示样本 V_i 与 V_j 的各特征参数值越接近。对样本属性(碎屑岩类型)不同而 $d_{ij} \leq 0.5$ 的样本要人工选定样本属性(如样本属性 V_i 为粉砂岩、 V_j 为中砂岩,人工选定的是 V_j ,则要从样本集中剔除 V_i 样本);把样本属性相同的 $d_{ij} \leq 0.5$ 的样本合并成一个样本以减少样本数量。经样本聚类处理后,最终形成包括泥岩在内的粉砂岩、细砂岩、中砂岩、粗砂岩、砾岩共 6 类碎屑岩样本 841 个。

3. 样本点在 $X-Y$ 平面上的分布

非线性映射是一种几何图像降维方法,通过非线性变换,可以把高维空间样本矢量形成的几何图像变成低维(二维或三维)空间中的图像,变换后仍能近似的保持原图像的几何关系。输入不同粒度碎屑岩的 841 个样本,给定二维($X-Y$)空间上的初始坐标,魔力因子取 0.3,做非线性映射处理。经 382 次迭代后计算结束,迭代后的误差函数值为 0.066,得到不同粒度碎屑岩在 $X-Y$ 平面上的分布(见图 3)。

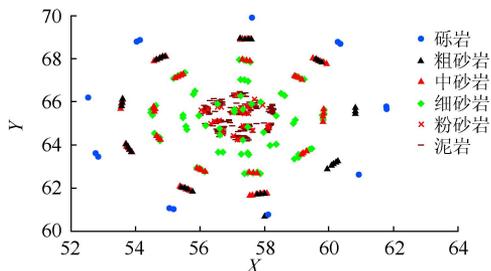


图 3 不同粒度碎屑岩在 $X-Y$ 平面上的分布图

图 3 显示:不同粒度碎屑岩点在 $X-Y$ 平面上(大多数点)都呈不同半径的圆形分布,砾岩点位于最外圈,由外向内粗砂岩和部分中砂岩点交叉重叠于第二圈,部分中砂岩和细砂岩点交叉重叠于第三圈,部分细砂岩点位于第四圈,而粉砂岩和泥岩交叉重叠于最内圈。

四、不同粒度碎屑岩识别方法

1. 分层

首先选取较小深度段长度 L_1 (如 0.5 m),从测井资料中提取出该深度段的 9 个特征参数组成待判矢量点,将该矢量点与碎屑岩样本集中的样本矢量比较,计算出该待判矢量点与样本集中所有样本矢量点间的最小距离 H_1 ;然后在 L_1 深度段长度的基础上增加一个深度采样点组成新的深度段长度 L_2 ,

再提取出该深度段的 9 个参数组成待判矢量点,计算出该待判矢量点与所有样本矢量点间的最小距离 H_2 。重复该过程,直到深度段长度 L_n 满足给定要求时结束,得到待判矢量点与样本矢量点间的最小距离 H_n ,再从 H_1, H_2, \dots, H_n 中的最小值 H_k 所对应的深度段长度作为最终的分层依据,实现分层。

2. 模式识别

对于分层后得到的由 9 个特征参数组成的待判矢量点,可采用模式识别方法得到它的属性,确定出归属于哪类碎屑岩类。模式识别方法很多,这里用汉明网神经网络进行识别(对模式识别问题来说,汉明网神经网络能实现最佳的最小误差分类,不会出现伪模式的输出问题,具体算法见参考文献[3])。桃 7-16-16 井等 3 口样本井取心段岩性识别符合率在 93% 以上,证实了不同粒度碎屑岩样本间有较好的差异性和可识别性。

根据分层结果,输入提取的 9 个测井特征参数和不同粒度碎屑岩样本,用汉明网神经网络就能对其他井进行岩性识别处理。图 4 是非样本井桃 7-1 井的处理成果图,最右边两道分别是测井识别结果和岩心描述结果,二者比较,不同粒度碎屑岩识别符合率为 83% (图中测井识别道与岩心道中的岩性符号和名称一致)。

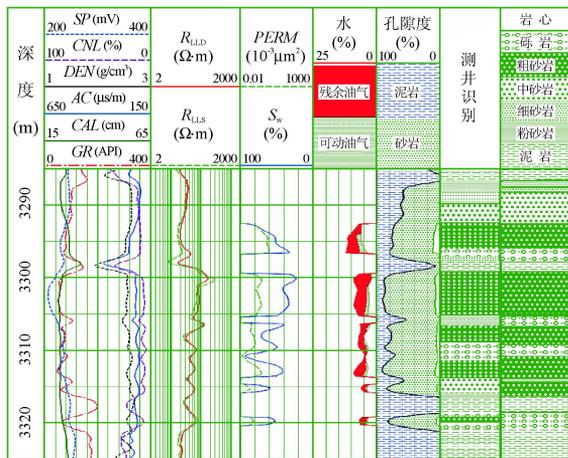


图 4 桃 7-1 井测井处理成果图

五、结束语

岩石粒度在碎屑岩储层评价、沉积微相研究及其他地质与工程应用中有着重要作用,如能结合成像测井资料则会进一步提高岩石粒度识别的精度。按不同粒度碎屑岩建立储层流体性质判别方法是提高碎屑岩气层识别率的有效方法之一;根据岩石粒度建立相应的储层参数计算模型以提高计算精度还有待进一步研究。

参 考 文 献

- [1] 李潮流,周灿灿.利用 FMI 成像测井定量计算碎屑岩石颗粒粒径[C].第四届中俄测井国际学术交流会论文集.中国三亚,2006:172-177.
- [2] 欧阳健,王贵文.测井地质分析与油气层评价技术[M].北京:石油工业出版社,1999.
- [3] 周守信,李士伦,孙雷,等.特低渗储层参数的测井解释方法研究[J].西南石油学院学报,2003,25(2):1-3.
- [4] 殷勤业,杨宗凯.模式识别与神经网络[M].北京:机械工业出版社,1992.
- [5] 刘红岐,彭仕宓,唐洪.苏里格气田低阻气层分布特征及识别方法研究[J].天然气工业,2004,24(10):41-43.
- [6] 张树东,司马立强,刘萍英,等.基于测井新技术解释有效裂缝发育规律[J].西南石油大学学报,2007,29(1):23-25.
- [7] 朱筱敏,刘成林.苏里格地区上古生界有效储层的确定[J].天然气工业,2006,26(9):1-3.
- [8] 程湘君.神经网络原理及其应用[M].北京:科学出版社,1995.
- [9] 杨华,席胜利,魏新善,等.苏里格地区天然气勘探潜力分析[J].天然气工业,2006,26(12):45-48.

(收稿日期 2007-04-27 编辑 韩晓渝)