

含钙储层测井响应特征分析

刘国庆¹,石才艳¹,刘江²

(1. 哈尔滨工业大学,黑龙江 哈尔滨 150001;2. 大庆测井公司,黑龙江 大庆市 163000)

摘 要:针对大庆长垣以西地区中部含油组合萨尔图、高台子油层复杂地质条件给测井解释带来的巨大难度而致使测井解释符合率低的情况,深入分析了开发井测井系列对该类储层响应特征,给出“四性”关系的另一种表达方式,提出 5 点结论,对该储层评价有指导意义。

关键词:含钙储层;薄互层;测井解释;回归分析

中图分类号: P631.823

文献标识码: A

文章编号: 1000-8918(2002)05-0395-03

随着油田开发的深入,大庆长垣西部各个复杂油藏陆续投入开发。由于岩性、断层对流体分布控制强烈,油水分布极其复杂。勘探阶段依托强有力的引进 CSU 测井系列,对含钙薄互层做了大量研究工作,解决了部分疑难问题。油田投入开发后,测井系列完全转向国产 DLS 测井系列,各种疑难问题更加突出、尖锐,致使开发井解释符合率较低,同时也大大降低了油田开发效益。针对上述情形,我们从国产测井资料入手,全面分析了该类储层测井响应特征,及解释符合率低的主要因素,以指导这类储层流体识别建模工作。

1 储层地质特征概述

含钙储层主要分布于大庆长垣西部龙西地区敖古拉及金腾、古龙、英台、新店、他拉哈等油田,也是多年来勘探开发的主要储层。由于其特殊的沉积环境和构造特点,表现出特有的“地貌特征”。

1.1 沉积特征

在青二、三段、姚二、三段沉积时期,湖盆收缩扩张频繁,形成了砂泥薄互层。与此同时,由于水体浅与适宜的气候条件,古生物极其发育致使储层中普遍含钙,有些层出现介形虫骨架堆积和介形虫与粉砂交互层。

1.2 流体分布特征

含钙储层流体的分布不仅由其岩性控制,而且受断层、构造控制。断层的发育一方面作为油气运移的通道形成油气藏,另一方面也阻碍油藏的形成,造成油气溢失而破坏了油藏,形成了构造—岩性、断

层—岩性、岩性油藏。

这种复杂的油藏类型组合使流体分布极其复杂。在纵向上,油夹水、水夹油现象时常出现,总体看重力分异作用不明显,局部仍存在着重力分异作用;横向上看,井与井之间难以对比。由于断层切割与岩性变化的强烈控制,井与井间的流体性质变化较大^[1]。

2 测井响应特征分析

2.1 岩性特征及测井响应特点

经 1997、1998 年探明的 20 口评价井的资料分析与岩芯观察,含钙储层具有如下特点:

1. 单层厚度小。1 m 以下薄层约占 50% 以上,2 m 以下储层占 85% 以上,决定现有 DLS 测井系列除侧向与高分辨声波测井外,均不能真实反映储层真实响应,因而层厚是测井解释工作必须考虑的因素。

2. 含钙砂岩层。随含钙量增大,电阻率升高,时差下降,自然电位与微电极幅度差减小,电性差异减小。

3. 薄互层。砂泥薄互层中小层厚度普遍小于仪器垂向分辨率,呈现出低阻、高时差、电位负差异低、微电极正差异呈现断断续续的离散状;而钙泥薄互层则表现出侧向、时差曲线毛刺状,自然电位低差异或无差异。这种薄互层不多也不列入分层之列。另一种互层是介形虫与粉砂岩薄互层,高电阻低时差,微电极无明显差异,自然电位负差异一般 5~15 mV,表明具有一定的储渗能力^[2]。

2.2 测井参数的数学分布

各种测井参数的数学分布特性是储层的岩性与物性、含油性及岩石微观结构的综合响应,因而其分布特征不仅反映了储层岩性和物性特征,而且也决定了利用测井参数进行地质建模方法的可行性。

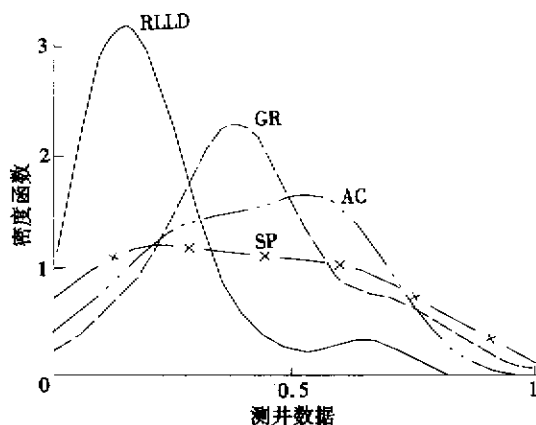


图1 密度函数曲线

a—深侧向电阻率 b—自然电位 c—声波时差 d—自然伽马

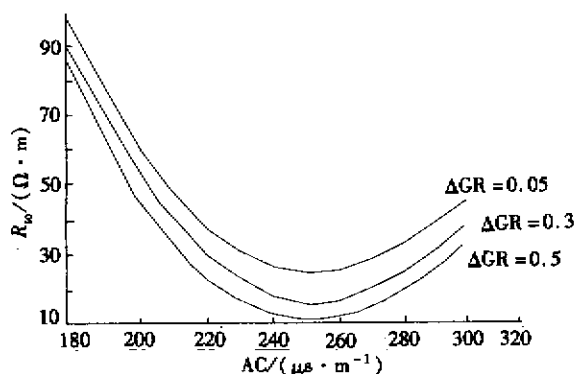


图2 侧向—声波联合分布密度函数曲面

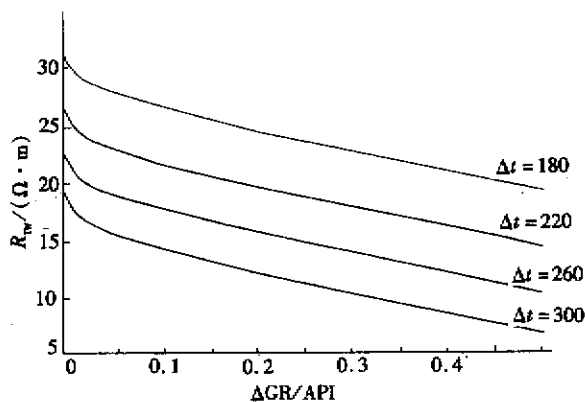


图3 侧向—伽马联合分布密度函数曲面

从数学上讲,不同的建模方法适用于不同的统计特性。通过西部20口井116层DLS系列资料分

析,给出如图1所示的深侧向、声波时差、自然伽马、自然电位4个参数分布密度函数图像,表明了含钙储层的参数分布不具正态性。图2、3分别示出了侧向—伽马、侧向—声波的双参数联合分布函数图像。

这些图像表明:含钙储层测井参数分布具有非正态性,决定了采用常规的基于正态分布的图版法、判别分析法、聚类方法是不合适的,而应采取非参数分析方法。^[3]

2.3 “四性”关系分析

鉴于测井参数的非正态性,不能直接采取通常的基于正态假设前提的分析方法,是否可以采取分离策略使之具有正态性,从而简化问题呢?一个自然的想法是流体性质的变化可能是产生非正态因素之一。下面,我们不妨用实际数据予以说明。

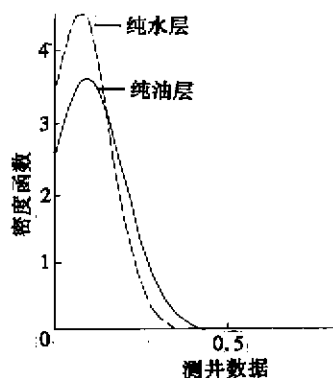


图4 深侧向密度函数曲线

图4是采用前述116层油层数据,单层厚度在1~2m间,油层68层、纯水层48层区分开来,做出的纯水层深侧向电阻率分布密度图像。图像表明,油水分开后,各自具有近正态性,采取通用的参数判别法具有理论可行性,油水的混杂是导致非正态性因素之一。

基于纯油和纯水层的侧向电阻率分布近正态特征,我们可以采用通常的参数回归方法,分别统计出纯油层、纯水层的电阻率与声波、伽马、层厚关系为:

$$R_{to} = a_0 + a_1 \Delta t + a_2 \Delta GR + a_3 h_c + a_4 \ln \Delta t + a_5 \ln h_c, \\ rr = 0.81, err = 4.23, n = 68. \quad (1)$$

$$R_{tw} = b_0 + b_1 + b_2 \ln \Delta GR + b_3 \ln \Delta t + b_4 h_c + b_5 \ln h_c, \\ rr = 0.847, err = 2.26, n = 48. \quad (2)$$

上式中 R_{to} 、 R_{tw} 分别为不同岩性、物性条件下纯油、纯水层电阻率。 Δt 、 ΔGR 分别为声波时差与伽马相对值。 rr —全相关系数, err —相对误差, h_c —层厚, a_i 、 b_i —回归系数。

(1)式图像表示如图5所示。从中不难发现:

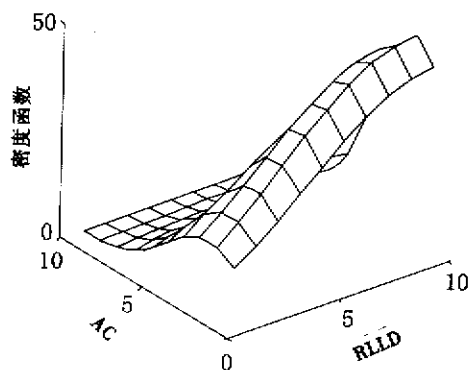


图5 纯油层“四性”关系曲线

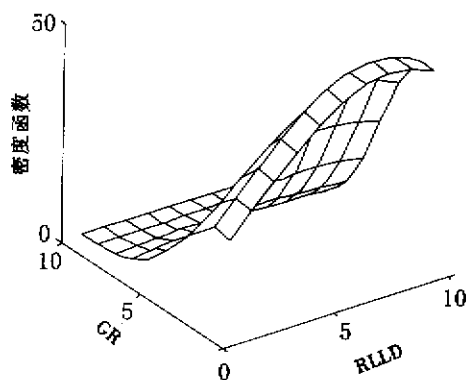


图6 纯水层“四性”关系曲线

油层电阻率与声波时差呈“U”字形,最小值点在声波 $253 \mu\text{s}/\text{m}$ 处。而随着伽马相对值的增大,电阻率相应降低。表明了纯油层电阻率随泥质的增大而逐渐降低;而与物性的关系则在时差小于 $253 \mu\text{s}/\text{m}$ 时,随时差增大而减小,即随含钙量的降低而降低;当时差大于 $253 \mu\text{s}/\text{m}$ 时,随时差增大而增大,即随含油饱和度的增大而增大。图5还表明下述事实:时差小于 $253 \mu\text{s}/\text{m}$ 时,以岩性贡献为主,且随含钙

量的线性增高,电阻率非线性增大,而时差大于 $253 \mu\text{s}/\text{m}$ 时,以含油饱和度贡献为主,电阻率随含油饱和度的增大而缓慢增高。

(2)式图像如图6所示。类似地,伽马相对值为0.04处是一拐点,在拐点的左侧以粒度贡献为主,呈现岩性纯粒径大、水层电阻率高的特征,水层电阻率随泥质减少、粒径增大而快速增高;拐点右侧则呈较小的变化率,随泥质逐渐增高而电阻率逐渐降低。

3 结论

通过上述分析,我们得到如下结论:①含钙储层钙质与泥质并存是流体特征被淹没的主要因素,在DLS系列条件下不能采取岩性校正的途径;②无论采取何种流体识别建模方法,不能忽略各测井参数的数学分布;③公式(1)、(2)事实上给出了含泥、含钙储层的岩性、物性、含油性、电性的“四性”关系,虽不是像饱和度模型那样清晰明确,但无疑是“四性”关系的另一种表达方式,对测井解释工作具有指导意义;④图5、图6可做为定性的流体识别图版,它反映了不同岩性、物性条件下油层电阻率与水层电阻率的取值。

参考文献:

- [1] 李道品. 低渗透砂岩油田开发[M]. 北京:石油工业出版社, 1997.
- [2] 许或斐, 刘复屏. 低渗透条件下储层低阻机理及解释方法[J]. 低渗透油气田, 1999(2): 24-29.
- [3] Williams C G. Assessment and interpretation of electrical borehole images using numerical[J]. Log Anal, 1991, 38(6): 34-43.

ANALYSIS ON LOGGING RESPONSE TO Ca RESERVOIR

LIU Guo-qing¹, Shi cai-yan¹, Liu Jiang²

(1. Harbin Institute of Technology, Harbin 150006, China; 2. Logging Department of Daqing petroleum management Bureau, Daqing 163000, China)

Abstract: In accordance with complicated geological features of oil combinations Sartu, Gaotaizi, development well's response is in detail analyzed and summed up. Another express method for "Four properties" relations and five conclusions are given, which will improve reservoir evaluation effectively.

Key words: Ca reservoir; log interpretation; thin layer; regression analysis

作者简介: 刘国庆(1964-),男,哈尔滨工业大学数学系在职博士生,研究方向为测井解释。