

# 核磁共振测井技术在埕岛地区的应用\*

董斌

(胜利石油管理局测井公司, 山东 东营 257096)

**摘要:**本文以埕岛地区埕北 30 潜山为例,研究了核磁共振测井在地层有效孔隙度、渗透率、可动流体体积和束缚流体体积等参数解释中的应用。

**关键词:**核磁共振测井;孔隙度;渗透率;含油饱和度;埕岛地区

**中图分类号:**TE122.2<sup>+3</sup>

**文献标识码:**B

## 0 引言

核磁共振测井是一新型的裸眼井测井方法。它能够在地层的油气评价提供独特的信息,由于其测量信号不受骨架的影响,观测范围具有可选性,以及油气水在核磁共振特性方面的显著差异能够得以识别,从而克服了以体积模型为基础的传统测井方法受井眼、岩性及地层水矿化度影响的缺陷,使得诸如复杂岩性、低孔低渗、低电阻率等油气藏用常规测井方法难以解决的复杂问题迎刃而解。

## 1 核磁共振测井基本原理

所谓核磁共振就是处在外加恒定磁场中的原子核系统受到电磁波作用时,当电磁波频率等于核磁矩相邻能级之间的跃迁频率时,核磁矩的磁能级间发生共振跃迁。核磁共振测井是根据造岩元素中各种原子核的核磁共振效应研制的,它取决于原子核的旋磁比、岩石中元素的天然含量,以及包含

元素的赋存状态。氢具有最大的旋磁比和最高的共振频率,又是在钻井条件下最容易研究的元素。因此核磁共振测井是研究包含流体(水、油和天然气)中的氢的天然含量和赋存状态的一种测井方法。

核磁共振测井以氢核与外加磁场的相互作用为基础,测量孔隙流体的特征以提供丰富的地层信息,它是通过测量核磁共振信号强度和弛豫时间来获得。

## 2 核磁共振测井应用实例

### 2.1 储层孔隙度解释

地层岩石是由岩石骨架及孔隙流体组成,核磁共振测井可以直接测量地层孔隙中的流体,提供地层有效孔隙度参数,而且不受岩性影响,这是其他各种孔隙度测井方法所无法比拟的,其解释模型如图 1 所示。

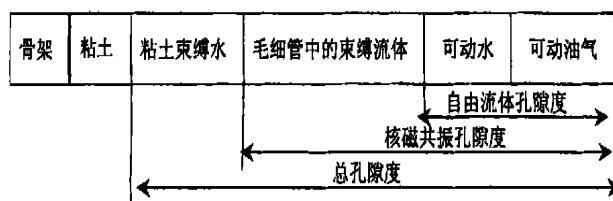


图 1 核磁共振测井孔隙度解释模型

收稿日期:2003-04-19;修订日期:2003-07-10;编辑:张天祯

作者简介:董斌(1968-),男,山东东营人,工程师,主要从事地球物理勘探工作。

根据胜利油区埕岛油田埕北 30 潜山的古生界测井解释研究实践,认为 Schumberger 公司的 ELANPLUS 软件和核磁共振等新方法测井相结合会取得较好效果。好井眼井段的核磁孔隙度与声波、密度、中子三种测井视孔隙度的关系研究,发现古生界核磁孔隙度与中子关系最好(图 2)。

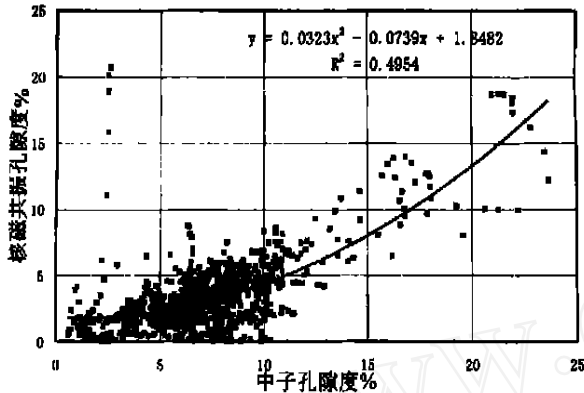


图 2 埕北 302 井核磁测井孔隙度与中子孔隙度交会图

但是核磁测井受井眼条件影响大,在扩径的井段会严重失真,此时则用声波时差与核磁孔隙度的关系来求得声波孔隙度。

## 2.2 储层渗透率解释

核磁共振测井可以用来确定渗透率,而且比其他方法解释结果误差小。用核磁共振测井资料解释渗透率一般采用以下几种公式:

$$Kt = C1 \times MPHI^m \times T_{2g}^n \quad (1)$$

$$Kt = \left(\frac{MPHI}{C2}\right)^4 \left(\frac{MBVM}{MBVI}\right)^2 \quad (2)$$

$$Kt = C3 \times MPHI^4 \times T_{2g}^2 \quad (3)$$

$$Kt = C4 \times MPHI^2 \times T_{2g}^2 \quad (4)$$

其中:MPHI 为核磁测井有效孔隙度,  $f$ , MBVM 为可动流体孔隙度,  $f$ , MBVI 为束缚流体孔隙度,  $f$ ;  $T_{2g}$  为  $T_2$  的几何平均值, ms;  $C1, C2, C3, C4, m, n$  为经验系数。

可以根据不同地区岩心核磁测量结果来刻度上述经验系数,选取适合本地区的经验关系式。埕岛油田埕北 302 井古生界 6 块碳酸盐岩岩心样品的核磁测试数据对上式中经验系数进行了刻度,经过比较第一个经验公式解释渗透率精度最高,用第一个经验公式分别对进行了核磁共振测井的埕北 302、303 两口井好井眼段(坏井眼段核磁测量失真)进行了解释,由于公式中的各项参数均经过岩心刻

度,且好井眼段核磁测量孔隙度是比较可靠的,用该式求得的渗透率基本能代表井眼的实际情况。

不同的地区,可根据资料情况选取合适的渗透率解释方法,也可以几种方法并用,以便相互验证,从中优选合理的解释结果。从埕岛油田埕北 30 潜山对比情况来看,核磁共振、ELANPLUS 软件、试井等几种方法解释结果比较接近(图 3),从图中可看出,核磁共振和 ELANPLUS 解释结果吻合较好,结合地质、油藏方面的研究成果,认为核磁共振、ELANPLUS、试井这几种方法解释结果是比较符合地下实际情况的,考虑到试井解释的局限性,最终结果以 ELANPLUS 和核磁解释为准。

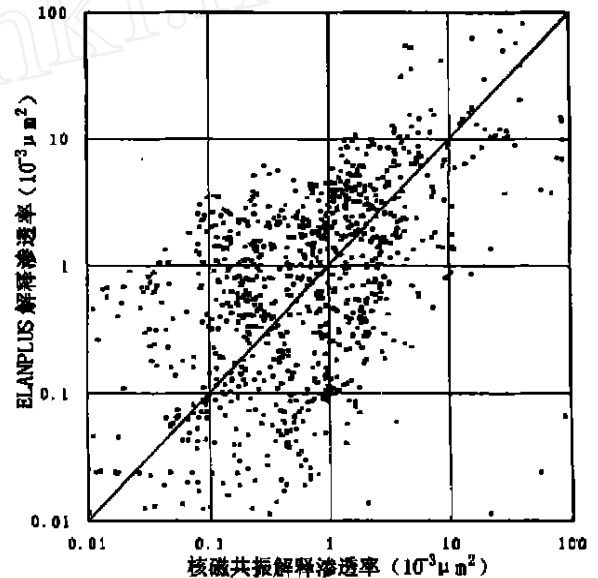


图 3 埕北 302 井 ELANPLUS 软件与核磁共振解释渗透率对比图

## 2.3 储层含油饱和度解释

核磁共振测井可以求得地层可动流体和束缚流体孔隙度,在油水界面以上,可动流体应为油,所以可用核磁测井资料解释含油饱和度。

$$So = \frac{MBVM}{MPHI} \times 100\% \quad (5)$$

上式中符号含义同前,这种方法的关键是求准  $T_2$  截止值,例如埕岛油田埕北 302 井 14 块岩样的核磁共振实验分析,古生界 6 块样品的  $T_2$  截止值平均为 39.1 ms,太古界 8 块样品的  $T_2$  截止值平均为 14.4 ms,对埕北 302、303 井核磁测井数据进行了处理,从这两口井的处理结果来看,在井眼情况比较好的井段,核磁共振测井资料是可信的,埕北 302

井古生界求得的含油饱和度主要分布在 60% ~ 85% 范围内, 平均 69.3% (图 4)。

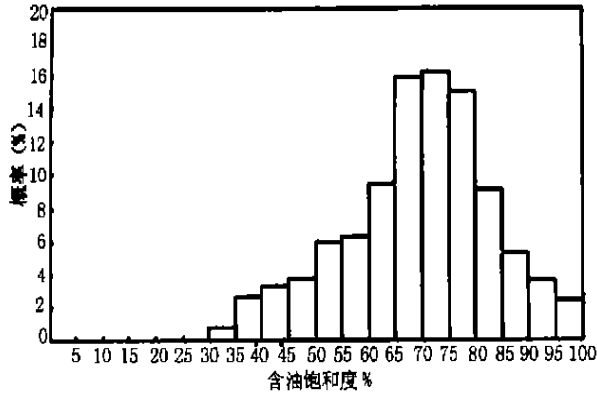


图 4 埕北 302 井古生界核磁共振解释饱和度分布图

### 3 结论

核磁共振测井是一项难度很高的技术, 它可以提供地层有效孔隙度、渗透率, 可动流体体积和束缚流体体积等参数, 是进行储层评价的有效方法之一。它作为一门新技术, 有许多问题需要进一步研究, 使该技术逐步完善。

### 参考文献:

- [1] 肖立志, 等. 核磁共振测井资料解释与应用导论[M]. 北京: 石油工业出版社, 2001.
- [2] 肖立志. 核磁共振成像测井与岩石核磁共振及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 1998.

## Application of Nuclear Magnetic Logging Technology in Chengdao Area

DONG Bin

(Logging Company of Shengli Oil Field, Shandong Dongying 257096, China)

**Abstract:** By using No. 30 buried hill in Chengbei of Chengdao area as an example, application of nuclear magnetic logging in data explanation of effective porosity, rate of percolation, movable liquid volume and combined liquid volume are studied in this paper.

**Key words:** Nuclear magnetic logging; porosity; rate of percolation; oil-bearing saturability; Chengdao area

(上接第 67 页)

## Application of Quantative Fluorescence Logging Technology in Gas and Oil Exploration in Shengli Oil Field

TENG Yu - ming, ZHANG Shu - tong, ZOU Jun, GAO Feng

(Geological Logging Company of Shengli Oil Field, Shandong Dongying 257064, China)

**Abstract:** In order to find low-density oil and decrease effect of organic addition agent to fluorescence logging while they are mixed in drilling liquid under special drilling condition effectively, logging line at home and abroad are both trying a new logging method—quantitative fluorescence logging technology. Forming background, measuring method and technology characteristics of quantative fluorescence logging technology are introduced in this paper, especially quantative fluorescence logging technology to evaluate water-oil strata is introduced. Through 2 years application, it is regarded that quantative fluorescence instrument has high measuring sensitivity and good application future.

**Key words:** Quantative fluorescence logging technology; concentration strata; evaluation method; oil and gas exploration; application effect; Shandong province; Shengli oil field