

三种孔隙率测井资料解释方法

孟伯恩*

(江汉石油管理局测井研究所)

摘 要

孟伯恩. 三种孔隙率测井资料解释方法. 石油地球物理勘探, 1997, 32(3): 428~430

目前, 在常规测井方法中, 均包含声波时差、密度和中子三种孔隙率测井资料。但在测井资料解释时往往仅使用一种资料, 因而丢失了很多信息。

为此, 本文利用声波测井、密度测井和中子测井的读数建立了三种孔隙率测井资料解释的联立方程, 并用克莱姆法则(Cramer 定律)给出最终求解的公式。经过验算, 公式正确可靠, 可用于三种孔隙率测井资料的解释。

主题词 孔隙率 声波测井 密度测井 中子测井 测井数据解释 克莱姆法则

ABSTRACT

Meng Boen. An integrated interpretation method for three kinds of porosity logging data. OGP, 1997, 32(3): 428~430

Ordinary existing logging methods involve three kinds of porosity logging data from acoustic, density and neutron loggings; however, only one kind of data are used in usual logging data interpretation to lose a great deal of very useful informations.

For this reason, the simultaneous equations for jointly interpreting the three kinds of porosity logging data are developed by using acoustic logging, density logging and neutron logging data, and they are solved to obtain some formulae of final solution by using Cramer law. It has been proved that the formulae are reliable and applicable to the interpretation of three kinds of porosity logging data.

Subject heading: porosity, acoustic logging, density logging, neutron logging, logging data interpretation, Cramer law

引 言

目前, 在常规测井方法中, 均包含声波时差、密度和中子等三种孔隙率测井资料。但在测井资料解释中, 并未充分利用这三种孔隙率测井资料进行综合解释, 而往往仅使用某一种孔隙率资料, 这样, 就丢失了很多的信息。为此, 本文提出了综合利用声波、密度、中子等三种孔隙率测井资料的解释方法。

* Meng Boen, Logging Research Institute, Jiangnan Petroleum Administration, Qianjiang City, Hubei Province, 433132
本文于 1996 年 8 月 30 日收到。

方法原理

根据声波测井、密度测井和中子测井的读数可列出三种孔隙率解的联立方程,通过求解可以估计岩性和发现地层中的矿物成分。此联立方程为

$$\begin{cases} \rho_b = \rho_f \Phi + \rho_{C1} V_{C1} + \rho_{C2} V_{C2} + \rho_{C3} V_{C3} & (\text{密度}) \\ \Phi_N = \Phi_{Nf} \Phi + \Phi_{NC1} V_{C1} + \Phi_{NC2} V_{C2} + \Phi_{NC3} V_{C3} & (\text{中子}) \\ \Delta t = \Delta t_f \Phi + \Delta t_{C1} V_{C1} + \Delta t_{C2} V_{C2} + \Delta t_{C3} V_{C3} & (\text{声波}) \\ 1 = \Phi + V_{C1} + V_{C2} + V_{C3} & (\text{物质平衡方程}) \end{cases} \quad (1)$$

式中: V_{C1} 、 V_{C2} 、 V_{C3} 为各矿物骨架的相对体积; Φ 为孔隙率; 方程的系数为流体值 (ρ_f 、 Φ_{Nf} 、 Δt_f) 和矿物骨架值 (ρ_{C1} 、 ρ_{C2} 、 ρ_{C3} 、 Φ_{NC1} 、 Φ_{NC2} 、 Φ_{NC3} 、 Δt_{C1} 、 Δt_{C2} 、 Δt_{C3})。由测井曲线给出 ρ_b 、 Φ_N 及 Δt 值后,用计算机编程对方程(1)求解,可以得到 Φ 、 V_{C1} 、 V_{C2} 和 V_{C3} 。如果解出的值无负值,则此解可以应用。

上述方程(1)所求的解就是三种孔隙率参数的解。因其中包括三种孔隙率测井资料,所以在建立这组线性联立方程时,假定了矿物骨架的有效参数均呈线性变化。

方法实现

对方程(1)求解,不但要花费大量的时间,而且求解过程也很复杂。下面扼要推导求解公式。现将式(1)各参数规格化,令

$$\begin{aligned} V_1 &= \Phi & V_2 &= V_{C1} & V_3 &= V_{C2} & V_4 &= V_{C3} \\ X &= \Phi_N & X_1 &= \Phi_{Nf} & X_2 &= \Phi_{NC1} & X_3 &= \Phi_{NC2} & X_4 &= \Phi_{NC3} \\ Y &= \Delta t & Y_1 &= \Delta t_f & Y_2 &= \Delta t_{C1} & Y_3 &= \Delta t_{C2} & Y_4 &= \Delta t_{C3} \\ Z &= \rho_b & Z_1 &= \rho_f & Z_2 &= \rho_{C1} & Z_3 &= \rho_{C2} & Z_4 &= \rho_{C3} \end{aligned}$$

将上述各量代入式(1),则式(1)改写为

$$\begin{cases} X = X_1 V_1 + X_2 V_2 + X_3 V_3 + X_4 V_4 \\ Y = Y_1 V_1 + Y_2 V_2 + Y_3 V_3 + Y_4 V_4 \\ Z = Z_1 V_1 + Z_2 V_2 + Z_3 V_3 + Z_4 V_4 \\ 1 = V_1 + V_2 + V_3 + V_4 \end{cases} \quad (2)$$

应用克莱姆法则(Cramer 定律)求解式(2),经归纳整理,得到

$$\begin{cases} V_1 = \frac{DD_1}{D} = \frac{1}{D} (A_1 X + B_1 Y + C_1 Z + D_1) \\ V_2 = \frac{DD_2}{D} = \frac{1}{D} (A_2 X + B_2 Y + C_2 Z + D_2) \\ V_3 = \frac{DD_3}{D} = \frac{1}{D} (A_3 X + B_3 Y + C_3 Z + D_3) \\ V_4 = 1 - (V_1 + V_2 + V_3) \end{cases} \quad (3)$$

式中

$$D = (X_3Y_2 - X_2Y_1)(Z_3 - Z_4) + (X_3Y_1 - X_1Y_3)(Z_2 - Z_4) + \\ + (X_1Y_4 - X_4Y_1)(Z_2 - Z_3) + (X_2Y_3 - X_3Y_2)(Z_1 - Z_4) + \\ + (X_4Y_2 - X_2Y_4)(Z_1 - Z_3) + (X_3Y_4 - X_4Y_3)(Z_1 - Z_2) \quad (4)$$

$$\begin{cases} A_1 = Y_2(Z_3 - Z_4) + Y_3(Z_4 - Z_2) + Y_4(Z_2 - Z_3) \\ B_1 = -[X_2(Z_3 - Z_4) + X_3(Z_4 - Z_2) + X_4(Z_2 - Z_3)] \\ C_1 = X_2(Y_3 - Y_4) + X_3(Y_4 - Y_2) + X_4(Y_2 - Y_3) \\ D_1 = (X_4Y_3 - X_3Y_4)Z_2 + (X_2Y_4 - X_4Y_2)Z_3 + (X_3Y_2 - X_2Y_3)Z_4 \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} A_2 = -[Y_3(Z_4 - Z_1) + Y_4(Z_1 - Z_3) + Y_1(Z_3 - Z_4)] \\ B_2 = X_3(Z_4 - Z_1) + X_4(Z_1 - Z_3) + X_1(Z_3 - Z_4) \\ C_2 = -[X_3(Y_4 - Y_1) + X_4(Y_1 - Y_3) + X_1(Y_3 - Y_4)] \\ D_2 = (X_4Y_1 - X_1Y_4)Z_3 + (X_1Y_3 - X_3Y_1)Z_4 + (X_3Y_4 - X_4Y_3)Z_1 \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} A_3 = Y_4(Z_1 - Z_2) + Y_1(Z_2 - Z_4) + Y_2(Z_4 - Z_1) \\ B_3 = -[X_4(Z_1 - Z_2) + X_1(Z_2 - Z_4) + X_2(Z_4 - Z_1)] \\ C_3 = X_4(Y_1 - Y_2) + X_1(Y_2 - Y_4) + X_2(Y_4 - Y_1) \\ D_3 = (X_2Y_1 - X_1Y_2)Z_4 + (X_4Y_2 - X_2Y_4)Z_1 + (X_1Y_4 - X_4Y_1)Z_2 \end{cases} \quad (7)$$

式(3)即为三种孔隙率测井资料联合求解的最终结果。显然,利用上述相关公式编制出专用的软件,使用起来会很方便。

结 束 语

方程(1)的最终解,是笔者应用克莱姆法则(Cramer 定律)经独立推导获得的结果。经过验算,这些公式正确可靠,可用于三种孔隙率测井资料的解释。由于目前有关这方面的文献资料还尚未见到,因此,此项成果的发表将会有利于测井技术的提高和发展。

参 考 文 献

- 1 上海交通大学线性代数编写组编. 线性代数,人民教育出版社,1982