

多相流动电磁波成像测井基础研究

吴锡令 赵亮 刘迪军

石油大学(北京)

本文研究由中国石油天然气集团公司石油科技中青年创新基金资助

引言

目前测量油井内的多相流动仍采用传统的局部空间上平均的单个测量方式,无法获取流体介质空间分布信息,因此在确定井下流动剖面时,识别流型以及计算相含量和相速度都非常困难。成像测井技术可以对井内流体的流动进行实时检测,获取多相流体的二维或三维分布信息,通过处理给出相分布廓形,实现流型辨识和确定相含量、相速度。因此,该技术正在成为国内外地球物理测井界的一个研究热点。

多相流动成像测量属于非均匀介质动态检测,对测量分辨率和实时性要求较高。地面多相流动成像测量技术研究开展较早,20世纪80年代中期以来已相继提出了电容法、电导法、电阻抗法、电磁感应法、超声波法、射线吸收法等多种方法,其中一些方法实际用于工业检测,见到较好效果。油井内多相流动成像测量技术的研究和开发经历了曲折的过程,起初是想沿用地面测量的一些方法。然而,地面测量一般是在管道之外测量常温常压下的流体,不受仪器体积的限制,在油井内测量要求仪器必须能够通过油管或油套环空这样狭小的空间下到数千米深处,才能在钢铁质管子内对高温高压下的流体进行测量,显然地面成像测量方法均不能适用于油井内苛刻的测量条件。于是,研究适用于油井内多相流动条件的成像测量方法成为关键。

作者从油井内油、气、水的导电特性和介电特性差异出发,根据油井内流体中电磁场的特性,提出一种全新的电磁波成像测井方法^[1]。本文介绍该方法的物理基础。

电磁波成像测井原理

油井内流动的流体一般是非均匀混合的油、气和水。电磁波成像测井通过在井内激发一定形式的电磁场,利用流动截面上油、气和水的电性差异,测量并显示流体流动的图像。成像测量的实质是运用一个物理可实现系统,来完成对被测物场某种特性分布的

Radon变换和Radon逆变换。Radon变换体现为对物场的不同方向投影测量,反映的是投影方向上某种物场特性分布参数对投影数据变化的作用规律;Radon逆变换则是运用投影数据确定该物场特性分布参数。多相流动电磁波成像测量通过对油井内流体中电磁场的投影测量,来准确反映流动截面上流体的电性参数和分布状况。测量探头由 N 个等间距环状排列的相同电极组成,置于油井内既定深度的被测流体中,向其中的一个电极供给电压恒定、频率一定的激励信号,就会在井内流体中形成一定结构的电磁场;此时其它的 $N-1$ 个电极作为测量电极,可以在不同方向上接收流体介质作用下的响应信号。依次进行,通过对流动截面上不同方向的投影测量,将得到 $N(N-1)/2$ 个独立测量数据。通过处理和反演这些测量数据,可以得到被测流动截面上各个部位介质的电性参数;再由计算机根据特定算法将其转化为图像像素,便可以重建和显示流动截面图像。

电磁波成像测井需要有坚实的物理基础,显然,它涉及两个基本问题:一是油井中电磁波的传播特性,二是油井中流体介质的电磁性质。

油井中电磁波传播特性

电磁波在油井内流体中的传播特性除了与电磁波本身的频域性质有关外,主要受井内套管和流体介质两方面的影响。油井内的套管是钢铁质圆管,对电磁波的传播将产生限制和引导作用。套管构成的导波系统相当于圆波导,可以传播横电波(TE波)和横磁波(TM波)。油井内流体介质的电性质将决定导波的传播常数,影响电磁场在井的轴向上和横向上的分布状态和波的传播特性。下面通过简单的场分析进行讨论。由于属于理论分析,公式中的物理量注释不列计量单位。

油井内流体介质的分布一般是非均匀的,但其电磁场可以视为各向同性的。电磁场是矢量场,对于非

均匀各向同性介质,由麦克斯韦方程可以导出^[2]

$$\nabla \cdot \mu^{-1} \nabla \cdot E - \omega^2 \epsilon E = j\omega J - \nabla \cdot \mu^{-1} M \quad (1)$$

$$\nabla \cdot \epsilon^{-1} H - \omega^2 \epsilon H = j\omega M - \nabla \cdot \epsilon^{-1} J \quad (2)$$

式中 μ ——介质的磁导率; ϵ ——介质的介电常数; ω ——电磁波的角频率; J ——电流密度; M ——假想的磁流密度; E ——电场强度; H ——磁场强度。

(1)式和(2)式是矢量波动方程,描述了波与非均匀介质相互作用的所有现象,规定了非均匀各向同性介质中电磁场的解。设电磁波随时间正弦变化(用 $e^{i\omega t}$ 表示),取轴向 z 为波的传播方向,采用分离变量法求解,在柱坐标下可得电磁场的通解形式

$$E(\gamma, \varphi, z, t) = E^+(\gamma, \varphi) e^{i\omega t - \gamma z} + E^-(\gamma, \varphi) e^{i\omega t + \gamma z} \quad (3)$$

$$H(\gamma, \varphi, z, t) = H^+(\gamma, \varphi) e^{i\omega t - \gamma z} + H^-(\gamma, \varphi) e^{i\omega t + \gamma z} \quad (4)$$

式中 γ ——电磁波的传播常数; E^+ , E^- ——正向波和反向波的电场; H^+ , H^- ——正向波和反向波的磁场。

由(3)式和(4)式可以分析出电磁场沿导波系统纵向和横向的分布特点。首先,导波电场、磁场沿 z 方向(轴向)呈指数规律变化,变化特点取决于 γ 。当 γ 为实数时,场的振幅沿 z 按指数规律变化,相位沿 z 方向不变,导波处于截止状态;当 γ 为虚数或复数时,场的相位沿 z 方向按指数规律变化,导波处于传播状态。其次,导波系统的横向以套管为边界,场的横向是一种驻波分布,取决于 E 和 H ,亦与 γ 有关。若将套管壁视为理想导体,对于 TE 波和 TM 波,分别应用边界条件进一步求解可知,场的横向上沿径向 r 为贝塞尔函数及其导数分布,沿角向 φ 是三角函数分布^[3]。

上述分析表明,导波场的分布和传播特性均与 γ 有关。导波的传播常数为:

$$\gamma = \sqrt{k_c^2 - \omega^2 \mu \epsilon + j\omega \mu \sigma} = \alpha + j\beta \quad (5)$$

$$k_c = 2\pi f_c \sqrt{\mu \epsilon} = 2\pi / \lambda_c \quad (6)$$

式中 α , β ——导波的衰减常数和相位常数,分别代表导波沿 z 方向单位长度上的幅度衰减和相位移动; k_c ——截止波数; f_c ——截止频率; λ_c ——截止波长; σ ——介质的电导率。

圆波导的所有波型中, H_{11} 波的截止波长最长,为 $3.41a$ (a 为波导半径)。油井套管构成的导波系统是有耗系统,不仅套管的电导率为有限值,存在欧姆损耗,而且流体介质对电磁波也有损耗。油井中流体的介电常数为复数,即

$$\epsilon = \epsilon' - \frac{j(\omega \epsilon'' + \sigma)}{\omega} = \epsilon' \left[1 - \frac{j\sigma'}{\omega \epsilon'} \right] \quad (7)$$

$$\sigma' = \sigma + \omega \epsilon''$$

式中 ϵ' ——与介质无耗时 ϵ 相同; ϵ'' ——代表介质原子结构中的阻尼效应; σ' ——介质的等效电导率。

由于油井中的流体为有耗介质,从(5)式与(7)式可见,无论电磁波的角频率 ω 怎样变化, γ 均为一复数。这意味着波总是沿轴向传播,说明油井中并不存在严格意义下的截止状态,可以传播高频或低频电磁波。同时还可以看到,导波的衰减和相移除与 ω 有关外,主要取决于井内流体介质的电性参数。

油井中流体介质的电性质

油井中混合流体的电性质不仅与油、气、水各相流体的电性参数有关,而且与流体的流动速度、各相含量、分布状态以及测量电磁场有关。在理论上,混合流体的电特性涉及到非均匀介质的电磁场问题。19世纪麦克斯韦不仅建立了完整的电磁场理论,而且还曾致力于物质非均匀结构的介电特征研究。混合流体作为一种非均匀分布系统,由于其电特性在人们生活和社会生产中有广泛应用,许多人继麦克斯韦之后进行了大量理论和实验研究,特别是借助于现代先进技术开展的实验测量,不仅对混合流体的电特性有了更深入的了解,而且提出一些理论模型,促进了电磁测量方法及其应用的发展。

一般而言,混合流体的电性质是其作为电磁场中介质时的一种物理属性。介质的电特性是由麦克斯韦方程组中的组合关系所表征的,对于一般介质为:

$$D = \overline{\epsilon} E + \overline{\xi} H \quad B = \overline{\mu} H + \overline{\xi} E$$

其中, $\overline{\epsilon}$ 、 $\overline{\mu}$ 和 $\overline{\xi}$ 均为张量,介质被称为双重各向异性介质。

井内流体可视为各向同性介质,从而特性方程简化为

$$D = \epsilon E \quad B = \mu H$$

式中 D ——电位移矢量; E ——电场强度; B ——磁感应强度; H ——磁场强度; ϵ ——介质的介电常数; μ ——介质的磁导率。

当 ϵ 和 μ 为频率的函数时,介质称之为频散介质;当 ϵ 和 μ 为空间坐标的函数时,介质被称之为非均匀介质。油井中的混合流体可以说既是频散介质,又是非均匀介质。从物理机理分析,在变化的电磁场中,流体介质的导电特性取决于流体中导电离子的数量和导

电能力,其介电特性则取决于流体分子的感生极化和永久偶极矩。原子和分子的感生极化是由于电子结构的变形而引起的,在频率低于 10^{15} Hz时,极化和电场同步,对物质整体极化的影响很小。分子的永久偶极矩是由分子结构形成的,一般比感生偶极矩大得多,因此有极分子和无极分子之间的差别很明显。石油和天然气均为碳氢化合物,由微极性分子组成,其电导率小于 $10^{-9} \sim 10^{-16}$ S/m,相对介电常数约为 $2.5 \sim 1.0$;地层水中的水为氢氧化合物,由极性分子组成,并且往往含有一定浓度的盐离子,其电导率一般为 $0.1 \sim 10$ S/m,在电磁场的频率低于 10^{10} Hz时,其相对介电常数约为80,例如图1所示为水和冰的介电常数随频率的变化情况(Smyth C P)。但是,如果电磁场的频率相当高,流体中极性分子电极矩的极性变化跟不上电磁场的变化,其电特性就会发生变化,从而使测量问题复杂化。此外,当测量电磁场作用于油井中混合流动的流体时,流速变化(特别是横向剪切速度的大小)会改变流体的非均匀分布状态,因而流体电性质还与流动速度有关。

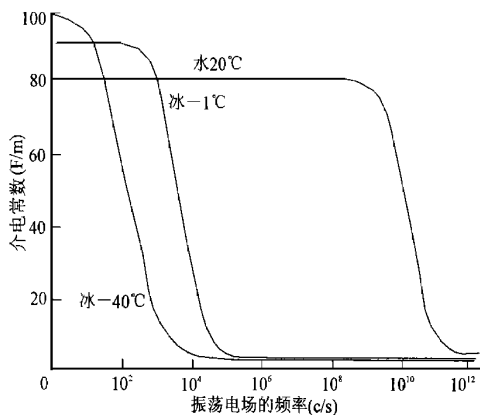


图1 水和冰的介电常数随频率的变化

图2和图3是水/油乳浊液(水的体积分数为80%)的介电常数、电导率与测量频率和流体速度的关系(Tetsuya Hanai)。从图中可以看到,当测量频率低于 10^6 Hz时,无论是流体的介电常数还是电导率,均与流体的速度有关。可见,流动流体的电性质与静态流体是不同的,只有在测量频率高于 10^6 Hz时,才可以忽略流速变化的影响。

结 论

1, 电磁波在油井内流体中的传播特性除了与电磁波本身的频域性质有关外,主要受井内套管和流体介质两个方面的影响。油井内的套管是钢铁质圆管,

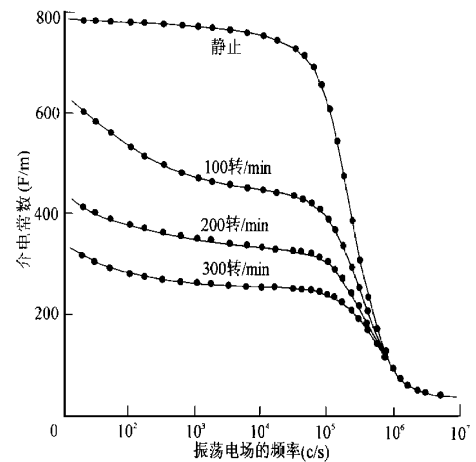


图2 水/油乳浊液的介电常数与测量频率和流体速度的关系

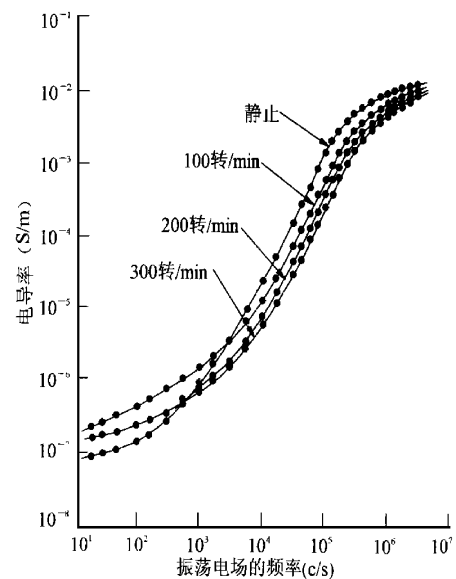


图3 水/油乳浊液的电导率与测量频率和流体速度的关系

对电磁波的传播将产生限制和引导作用;油井内流体介质的电性质将决定导波的传播常数,影响电磁场在井的轴向上和横向上的分布状态和波的传播特性。由于井内流体为有耗媒质,油井构成的导波系统不同于一般的圆波导,可以传播高频或低频电磁波。

2, 油井中各相流体的电性质具有显著差异,油、气、水的介电常数相差几十倍,电导率相差十多个数量级。井内混合流体的电性质不仅与各相流体的电性参数有关,而且与流体的流动速度、各相含量、分布状态以及测量电磁场有关。

3, 多相流动电磁波成像测井根据油井中电磁场的特性,基于油、气、水的电性差异分辨井内流体,具有坚实的物理基础。正确测量和显示井内流体的流动截面,需要合理选择电磁波的工作模式和频率。

参 考 文 献

- 1 吴锡令. 多相管流电磁波成像测井方法研究. 地球物理学报, 1999, 42(4).
- 2 Weng Cho-Chew. Waves and fields in inhomogeneous media. New York: Van Nostrand Reinhold, 1990.
- 3 Wu Xi-Ling. Theory, method, and experiment on using wave guide to

measure water hold-up in oil wells. Chinese J. Geophysics New York: Allerton press, Inc., 1996, 39(3): 445~452.

第一作者简介 吴锡令, 男, 50岁, 教授, 博士生导师, 中国科学院理学博士, 主要研究方向为地球物理测井。地址: 北京市昌平区, 石油大学地球科学系, 邮政编码 102249。

收稿日期 1999-07-27

(编辑 李建国)

正断层系(犁式断层系)动力学成因机制的物理模拟实验 (封面照片说明)

本期封面照片由中国科学院地质与地球物理研究所单家增研究员等提供, 是受国家自然科学基金项目(编号: 49472139)资助的部分研究成果。所提供的实验照片是由4个独立的物理模拟实验构成的系列实验结果, 展示拉张应力场作用下不同几何特征的正断层系动力学成因机制。实验模型(模型层数均为10层)为定量的相似比例模型, 包括几何尺度相似、岩层力学性质相似、边界条件相似和时间相似等。下表为主要实验参数。

实验编号	伸长率 (%)	减薄率 (%)	断层水平倾角 (°)	断层几何特征
NF-1	25.6	39.8	85~75	直线型
NF-2	26.2	42.0	75~60	直线—曲线型
NF-3	25.8	42.8	65~50	曲线型(犁式)
NF-4	27.2	44.6	55~40	曲线型(犁式)

照片中的黄色层代表泥岩层, 灰色层代表砂岩层, 上覆的红色物体是实验结束后为固定实验模型而充注的。该实验结果表明: 拉张应力是正断层形成和演化的主驱动力, 被拉长和减薄的沉积层为正断层上盘体产生垂直和水平位移提供了位移条件; 正断层系相对于沉积层最大减薄部位(拉张应力汇聚中心)呈相向分布, 主断层系的几何形态控制了构造格局, 围绕主断层发育有切割深度和水平倾角不一的次一级正断层; 由于层间滑动和物质迁移的均衡效应, 局部区域发育有小型逆断层。正断层倾角的变化(由陡变缓)与沉积

岩的颗粒粒度、层间界面滑动条件密切相关, 随着砂/泥比值的变化、砂岩粒度的增大、层间滑动条件的改变(粘附在砂岩层面上的泥岩颗粒犹如一种润滑剂, 使得沉积层质点的滑移速率增大), 正断层的水平倾角由约 85° 减小到约 45° , 直至与层面近似平行, 断层的几何特征即由直线型变化为曲线型(犁式), 断层质点的位移值明显增加。正断层质点位移方向是水平位移和垂直位移的矢量和方向, 为油气的侧向和垂向运移提供了有利条件。

地球已经历了几十亿年的发展历史, 地壳不断经历复杂的构造运动, 每次运动都会形成能够反映当时地质背景和条件的岩层和岩体, 并使较早的或正在形成的岩层及岩体在构造应力场作用下发生强弱不等、几何形态和力学性质不同、动力学特征各异的变形和破坏。正断层系是地壳主要构造形迹之一, 也是当前石油地质学研究中倍受关注的研究对象之一。石油地质家和勘探家早就关注沉积盆地成因、盆地构造演化及构造圈闭发育等石油构造问题, 近年来更将研究焦点汇聚于含油气构造的动力学成因机制的实验室反演和理论分析这一重要研究领域。本期封面照片展示的构造物理模拟实验成果, 正是将一些新的和有效的实验方法、手段和技术应用于该研究领域中的部分成果。

(单家增 供稿)

率,以取得最佳处理结果。共处理辽河油田 18 口井的测井资料,处理后的各曲线分辨率都得到很大提高,取得了预期的效果。图 1 参 9(王孝陵摘)

主题词 高分辨率 成像测井 阵列声波测井
数据处理 砂岩 泥岩 薄层 互层 测井解释

P631.81 **20000221**

多相流动电磁波成像测井基础研究[刊]/吴锡令,赵亮...//石油勘探与开发.-2000,27(2).-79~82

研究多相流动电磁波成像测井要涉及到两个物理基础问题:一是油井中电磁波的传播特性,二是油井中流体介质的电磁性质。首先,采用场分析的方法,分析井内套管和流体介质对电磁波传播的影响。油井内的套管是钢铁质圆管,对电磁波的传播将产生限制和引导作用;油井内流体介质的电性质将决定导波的传播常数,影响电磁场在井的轴向上和横向上的分布状态和波的传播特性。通过研究提出了由于井内流体为有耗媒质,油井构成的导波系统不同于一般的圆波导,可以传播高频或低频电磁波的新观点。其次,从物理机理出发,对油、气与水的介电特性和导电特性差异进行分析,指出油井内混合流体的电性质不仅与各相流体的电性参数有关,而且与流体的流动速度、各相含量、分布状态以及测量电磁场有关。研究结果不仅论证了电磁波成像测井具有坚实的物理基础,而且明确了正确测量和显示井内流体流动截面必须合理选择电磁波的工作模式和频率。图 3 参 3(吴锡令摘)

主题词 多相流动 电磁波 成像测井

P631.84 **20000222**

南八仙油气田测井储集层参数及油气识别方法研究[刊]/耿会聚,王贵文...//石油勘探与开发.-2000,27(2).-83~86

“岩心刻度测井”技术是在获得地质、取心、测试等资料的基础上,进行精细测井解释较普遍采用的方法,

以此为指导思想,由南八仙油气田实际资料分析入手,通过确定岩性、物性与电性之间的最佳转换关系,逐步建立了第三系砂岩储集层的泥质含量、粒度均值、孔隙度、渗透率、含油(气)饱和度等储集层参数解释模型,其中针对储集层含气时对测井响应的影响,分别建立了油气层与水层的孔隙度模型。在测井储集层参数研究基础上,与试油气结论相结合制作了油(气)、水层识别图版。并依据气层在三孔隙度曲线上存在的特殊的响应特征,探讨空间模量差比法、双中子孔隙度差值法等直观识别气层方法与常规方法的验证关系。通过南八仙油气田 8 口井资料的实际处理解释,取得了较好的效果,与试油气资料对比符合率达 85%,证实其可为南八仙油气层识别的有效方法。图 6 表 2 参 2(李建国摘)

主题词 储集层参数 测井解释模型 测井解释图版 空间模量差比 双中子孔隙度差值

P631.8 TE112.23 **20000223**

孔隙结构与含油岩石电阻率性质理论模拟研究[刊]/毛志强,高楚桥//石油勘探与开发.-2000,27(2).-87~90

应用建立在有效介质和逾渗理论基础之上的网络模型,模拟岩石孔喉大小及分布、水膜厚度、孔隙连通性等微观孔隙结构特征参数的变化对含两相流体岩石电阻率的影响。理论模拟结果表明,岩石孔隙结构的改变对油气层的电阻率变化有明显的控制作用,其中孔隙连通性、岩石固体颗粒表面束缚水水膜厚度等因素的影响尤其突出。对复杂孔隙结构的储集层,一定要充分重视孔隙结构对岩石电阻率性质的控制作用。对该储集层岩石的含油饱和度定量评价,不能照搬传统的阿尔奇模型,而应区别不同的孔隙结构类型,建立和采用不同的饱和度评价模型。图 3 表 1 参 10(毛志强摘)

主题词 理论模型 模拟 孔隙结构 电阻率 储集层 测井评价

of the directional wells (high angle deviated wells and horizontal wells) makes the three dimensional (3D) numerical modeling of the electrical well logging necessary. In this paper, the 3D finite element method (3D-FEM) is employed to calculate the responses of the dual-laterolog in the high angle deviated wells. Moreover, under the consideration of the impracticability of the strict 3D inversion of the electrical logging, one method named the fast deconvolution is given to correct the electrical logs which is calibrated by the forward method, 3D-FEM. From the assumed formation model, the method presented here is quick and reliable, which could be effectively used into the in-situ data processing in the future. **Subject heading:** High angle deviated well, 3D-numerical modeling, Fast deconvolution

Rapid forward and inversion method for high frequency electromagnetic wave logging. Liu, GuoQiang, et al. (University of Petroleum, Beijing 102200, P. R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2000, 27(2), 72-75. It is certain that the response of electrical logging will give out the formation true electrical parameters to be measured owing to the effect of borehole shoulder and invasion. Now, the routine interpretation of electrical logging is to apply apparent conductivity and dielectric constant directly as true ones or to apply them after correcting the effect of borehole shoulder and invasion by a chart. The latter is better than the former for improving the interpretation resolution. However, the chart method has 2 limitations. One is difficult to operate, and this method can only be used in individual layer. But we can not make the process automated. The other is the difficulty for fitting more situations and has a big error in some situations, especially in thin and inter-thin formations, the effects of borehole shoulder and invasion are coupled closely. At this time, the method will be useless and even gives a wrong result. Therefore, the inversion method based on Maxwell's equation becomes more and more noticeable because it can eliminate the effects simultaneously. The numerical mode matching (NMM) method is employed in the paper, which is a half analytical and half numerical method in essence, and has a higher speed than the finite element method (FEM). A rapid iterative inversion method (RIIM) is presented to inverse true formation conductivity and dielectric constant utilizing phase difference and magnitude ratio curves of frequency 47MHZ

electromagnetic wave well logging. Numerical simulation shows its advantage after the experiments on curves without and with random noises. RIIM is an easily-used method with higher precision and proved to be fairly well by practical data processing. **Subject heading:** Electrical well log, Inversion, True formation conductivity, True formation dielectric constant

A study on methods for processing and interpretation of modern array sonic logging data. Tao, Guo, et al. (University of Petroleum, Beijing 102200, P. R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2000, 27(2), 76-78. The thin sand-shale interbeds that wildly exist in oil fields lead to great difficulties in routine log interpretation. In this paper extensive observations are made on the high-resolution processing techniques. For multipole array acoustic log (MAC) in 5700 logging system recently introduced by Liaohe Well Logging Company, signal analyzing and processing techniques such as FMD and STC in time domain and DPD in frequency domain are applied and special processing subsystems are accomplished for different logging combination. An independent system for IBM PC including a graphic user interface and subroutine modules on workplatform FORWARD in SUN workstation are developed. An idea of resolution coordination is applied that the good compensation of low resolution standard compensation well log to compensate the well bore environment and data from high vertical resolution MAC are utilized simultaneously to obtain an optimized processing result. Well logging data of 18 wells from 3700 well log system or home-made system are reprocessed. Resolution of all these well logging data have been improved greatly. Thus good results have been obtained as predicted. **Subject heading:** High resolution, Imaging logging, Array sonic logging, Data processing, Sandstone, Mudstone, Thin layer, Interbedding, Log interpretation

A fundamental study on electromagnetic wave imaging logging in multiphase flow. Wu, XiLing, et al. (University of Petroleum, Beijing 102200, P. R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2000, 27(2), 79-82. The physical fundamentals of electromagnetic wave imaging logging in multiphase flow deal with the wave propagating characteristics and the fluid electromagnetic properties in oil wells. In this paper, the effects of the casing and the fluid media on the

electromagnetic wave propagation in oil wells are studied and discussed following the field analysis. In an oil well the casing is a steel circular pipe, and it would confine and guide the electromagnetic wave propagating; and the electric properties of the fluid media would determine the propagation factor of the guided wave and affect the distribution state of the electromagnetic field. A new standpoint produced from the study is that the guided wave system in the oil well is different from the normal circular wave guide, as the fluid is a conductive medium, and it allows the higher or lower frequency waves to propagate. From physical principle, the electric property differences among oil, gas and water are analyzed, and it is pointed that the electric properties of their mixture in oil wells are not only determined by their electric parameters but also related to the mixture flow velocity, concentration and distribution state of each phase, and the measured electromagnetic field. At the end, the study comes to the conclusion that the physical fundamentals of electromagnetic wave imaging logging are strong, and it is necessary to select the wave working mode and frequency carefully for measuring and displaying the multiphase flowing section in oil wells. **Subject heading:** Multiphase flow, Electromagnetic wave, Imaging logging

A study on the identification of reservoir parameters and oil/gas beds in Nanbaxian oil field. Geng HuiJu, et al. (University of Petroleum, Beijing 102200, P. R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2000, 27(2), 83-86. A technique called "Core Calibration Log" is used popularly to interpret well logging data in Nanbaxian oil field which is upon the basis of a combination of geologic, core and well testing data. By using the actual data of Nanbaxian oil field, optimized inter-relationship of stratigraphy, petrophysical properties vs. electrical properties are determined and interpretation models of various reservoir parameters, such as shale content, mean grain size, porosity, permeability, oil (gas) saturation etc. are established. Porosity models of oil (gas) beds and the water beds (aquifers) are established respectively according to the effects of

logging response when they are gas containing. Based upon a study of reservoir parameters determined by log interpretation combined with the results of well testing charts for the identification of oil (gas) beds are established. Results of methods to identify gas beds intentionally such as space modulus difference ratio method, double neutron porosity difference method and these conventional method are discussed based upon the special response characteristics of the 3-porosity curves of gas beds. Actual interpretation of the well logging data from 8 wells in Nanbaxian oil field give rather good results, and conform with well testing data at a rate of 85%. This technique will be an effective method for identification of oil (gas) beds is thus verified. **Subject heading:** Reservoir parameters, Log interpretation model, Log interpretation chart, Space modulus difference ratio, Double neutron porosity difference

Theoretical simulation of the resistivity and pore structure of hydrocarbon bearing rocks. Mao, ZhiQiang, et al. (University of Petroleum, Beijing 102200, P. R. China). *Shiyou Kantan Yu Kaifa* 2000, 27(2), 87-90. A network model, which is established upon the effective medium and the percolation theories, is used to simulate the pore structure and its effects on the resistivity of hydrocarbon bearing rocks with complex pore structure. The simulation demonstrates that the pore connection, brine film thickness, pore-throat size, and pore/throat ratio play important roles in resistivity properties of hydrocarbon bearing rocks. The comparison and discussion of various I_r-S_w relations of the simulated rocks with different pore structures are made. The simulated results strongly demonstrate that the Archie's formula will not properly function in those complex formations that are common in the sedimentary basins of China. It is necessary to establish a specific model to evaluate the hydrocarbon saturation of the formation rocks according to their pore structure. **Subject heading:** Theoretical model, Simulation, Pore structure, Resistivity, Reservoir, Log evaluation

(Edited by **Deng ChunPing**)