

测井资料与地震属性关系研究综述¹⁾

卢宝坤 史 琦

(北京大学地球与空间科学学院,北京,100871)

摘 要 测井资料和地震资料是地震勘探中两种最重要的资料,由于地震波的频散,使合成地震记录与地面地震记录不能完全匹配,因此使用之前必须对二者进行频率校正;地震资料在测井资料约束下可以进行反演,以求取地下波阻抗,主要有两种方法:基于褶积模型的波阻抗反演方法和基于波动方程的波阻抗反演方法;可以用多属性变换由地震资料预测测井信息。上述 3 种方法是目前研究测井资料与地震属性关系的主要方法。

关键词 测井资料;地震资料;地震属性;多属性

中图分类号 P 631. 4

1 测井资料与地震资料的匹配

地震勘探中,地震资料和测井资料是两种最重要的资料,地震资料的分辨率较低,但它却具有范围广、横向连续性好的特点。而勘探区中的测井数据能提供井位处的地层层位的变化情况,并且具有岩性信息,但只反映地层模型坐标系中某一点的纵向变化情况。因此必须将二者结合起来,各取所长,用测井资料弥补地震资料分辨率低的缺陷,也可以用地震资料预测井位,为油区勘探和开采服务。

目前,利用地震资料进行油气藏的描述和监控是地震勘探技术的主要任务,而实现这一过程,合理运用测井资料具有十分重要的作用。但由于地面地震与声波测井方法的不同,使测井资料与地面地震资料不能完全匹配,直接表现是测井资料制作的合成地震记录与实际地震道存在差异,一个重要原因是不同频率的波的传播速度存在频散现象。目前实际应用的声波测井中心频率一般为 20 kHz,高于地震波频率。声波测井计算的层速度一般大于实际地震波速度,由其合成的地震记录与实际地震记录之间存在相位差,因此对不同频率的波速进行频率校正是不可少的。由频散理论可知,速度与频率直接相关,因而声波速度不等于常规地震或 VSP 测量的速度,这就使得积分声波时差与同一界面实际地震反射波的旅行时之间存在一定偏差,通常将这种偏差称为闭合差。目前较为常用的匹配校正方法仍然是经典的闭合差校正法,它主要有 3 种方法:差值法,比值法和互相关法。互相关方法是通过在不同时窗内,将声波合成地震记录与井旁地震道做互相关,则互相关的峰值所对应的时移值就是相应时窗内井旁地震道与合成记录之间的闭合差。该方法避免了人工拾取闭合差的不足,自动化程度得到了提高,

1) 中石油 CAPC 物探重点实验室开放基金资助项目 (GPKL0403)

收稿日期: 2003-12-30; 修回日期: 2004-04-02

是目前较为常用的匹配校正方法。上述几种方法简单直观,不受条件的限制,适应性强,但当不存在 VSP 测井时,需要事先进行准确的合成记录制作和层位对比。杨文采^[1]对波速频散现象进行了深入的研究,并导出了黏介质中频散校正的杨氏谐振 Q 模型,同时考虑了岩石固体骨架和孔隙流体的黏滞吸收衰减特性,是目前较为理想的数学模型。当 $Q \gg 1$ 的情况下,推导出相速度计算公式如下:

$$v(\omega_c) = v(\omega) \left[1 + \frac{2\ln \frac{\omega}{\omega_c}}{\pi Q_c} + \frac{4(Q_c - Q_0)}{\pi Q_0 Q_c} \arctan \frac{(\omega - \omega_c) \tau_0}{1 + \omega \omega_c \tau_0^2} \right]^{-\frac{1}{2}}, \quad (1)$$

式中: $v(\omega_c)$ 是低频 ω_c 时的速度; $v(\omega)$ 为任意频率处的速度值; Q_c 为谐振频率段以外某一参考频率 ω_c 处的常数品质因子数值; Q_0 为谐振频率 ω_0 处的 Q 值; $\tau_0 = 1/\omega_0$ 。易维启等^[2]将杨氏谐振 Q 模型用于声波测井资料与地震资料的匹配校正,建立了校正正演模型,并在松辽盆地北部进行了应用(图 1),匹配效果较好。

对比图 1 中直接利用测井资料制作的合成地震记录与井旁地震道可见,合成记录在 0.2 ~ 0.4 s 以及 0.6 ~ 0.8 s 之间的两组波与实际地震道之间存在明显的相位差,校正后相位差明显减小。该方法的缺点是在正演模型计算过程中需要进行先期的参数研究。董恩清等^[3]将多分辨率分析技术用于测井资料的重采样及合成记录与地震道的匹配,经匹配校正处理后合成地震道主要同相轴个数及位置与井旁道取得了较好的一致性。云美厚^[4]总结了上述 3 种方法,在杨氏谐振 Q 模型的基础上提出了基于最小二乘法原理的新的匹配滤波方法。该方法可以从时间、

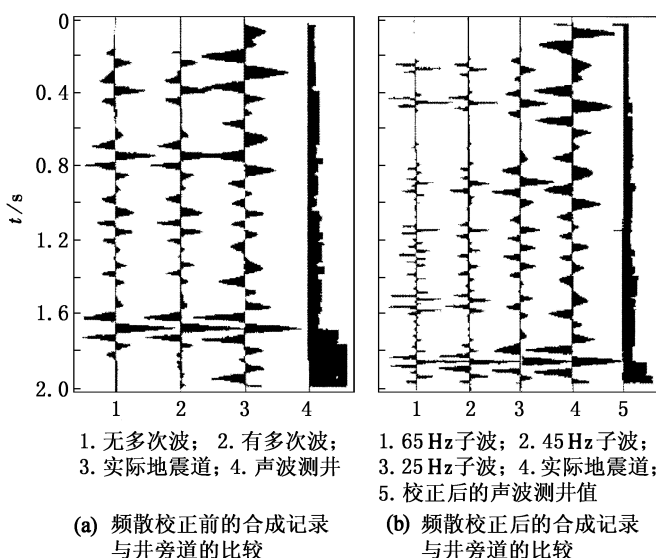


图 1 频散校正前、后的合成记录与井旁道的比较^[2]

Fig. 1 The comparison between the synthetic seismic record and seismic record near the well before the dispersion(a) and after the dispersion(b)^[2]

相位、频率等多方面实现合成记录与地震记录的一致性。每种匹配方法都有优缺点,在实际匹配校正过程中,应根据工区实际的情况决定校正方法的选取。在对测井资料与地震资料进行匹配后,测井资料和地震资料就可以联合应用于地震勘探中。

2 测井资料约束下的地震资料反演

测井资料在地震中的最初应用是利用测井资料合成地震记录,用于地震资料解释中的地震波对比,并将测井资料获得的地层信息用于地震资料解释成果的验证,这是正演模拟。在正演模拟基础上发展了地震反演技术。地震反演是利用地表观测的地震资料,以已知地质规律和钻井、测井资料为约束,对地下岩层空间结构和物理性质进行成像(求解)的过程,广义的地

震反演包含地震处理解释的整个内容。其基本思想是充分利用已知测井资料丰富的高频信息和完整的低频成分来补充实际地震记录有限带宽的不足,用已知的地质信息、地震资料作为约束条件,将低分辨率的实际地震记录反演成具有较高分辨率的近似反射系数序列,为进一步开展波阻抗、层速度反演、岩性反演以及薄储层的追踪、对比、预测提供较可靠的地震依据。现在应用较多的是波阻抗反演,主要有两类方法:基于褶积模型的波阻抗反演方法和基于波动方程的波阻抗反演方法。

2.1 基于褶积模型的波阻抗反演方法

该方法起源于合成声波测井技术,最初是直接利用波阻抗和反射系数的关系,由反射系数积分得到。通过积分处理,将反射系数转换成波阻抗,可以直接以岩层为单位进行地质解释,但误差较大,现在多不采用。后来又发展了基于反射系数递推计算波阻抗(或速度)的递推反演方法,其关键是由地震资料正确估算地层反射系数,该方法受地震频带宽度的影响,分辨率相对较低。20 世纪 80 年代末, Seyer^[5]提出了利用地震剖面过井位的声波测井资料作为约束条件,正反演结合进行迭代,求取地层波阻抗的方法,将反演方法推向非线性,这种方法利用了测井资料的高频信息,大幅度拓宽了地震信号的频带,可以获得薄层、薄互层的波阻抗信息,提高了分辨率,已为国外各大石油公司重点发展。如美国 HGS 公司的宽带约束反演 BCI 技术、法国 CGG 公司的波阻抗反演模拟 ROVIM 技术、俄罗斯的 PARM 等,这些方法在储集层横向预测和评价及提高油气田的勘探开发效益方面起了重要的作用,成为油气勘探开发及油藏描述过程中必不可少的环节,但在模型迭代计算过程中,需要解决多解性问题,同时要加快收敛速度,克服局部极小值的影响。Bunks 等^[6]提出了多尺度地震波形反演方法,将目标函数分解成不同尺度的分量,根据不同尺度上目标函数的特征,逐步搜索全局最小点,这样可以节省计算时间。张玉芬等^[7,8]在该方法基础上提出了多项式拟和方法,对高分辨率处理后的剖面再进行横向多项式拟合处理,用来提高地震记录的分辨率和信噪比。为了加快反演过程的收敛速度,克服局部极小值影响,提出了井震联合多尺度反演计算方法。赵圣亮等人^[9]完成了“复杂地区地质条件下的地震、测井资料综合约束反演”技术方法研究,采用非线性反演理论方法,提出坚持地质、测井、地震资料的紧密结合与综合应用、正演和反演方法结合和交叉使用,使用最小二乘法求解线性方程,利用泰勒展开将非线性问题转化为线性问题。在实际反演过程中首先使用线性反演的结果,即 SEISLOG 剖面作为初始模型,确定标准层位、并参考测井数据来给定初始值,在此基础上再进行非线性反演。该方法在反演过程中直接使用了测井资料及其解释成果,将每一道地震记录转化成波阻抗曲线,利用各种解释方法和所使用的量板,可以将较精细的地层速度转化为直接反映地质成果的岩性剖面。

2.2 基于波动方程的波阻抗反演方法

随着波动方程在偏移中取得成功,基于波动方程的反演方法研究得到重视。该类方法有两种:逆散射算子类反演方法和基于模型拟合的非线性迭代类反演方法。逆散射算子类方法用解析的方法直接表示出偏微分方程的系数,理论上已经可以对背景速度随深度变化的 3D 或 2.5D 问题给出解析解,由于数据的带限等问题,这类方法在实际应用中存在很大的困难。基于模型拟合的非线性迭代类反演方法最早是 Lines 和 Kelly 在 1983 年利用波动理论进行反演尝试的(据 Pratt 等^[10]), Tarantola^[11]取得了重要的进展,他们认识到可以不必直接计算数据对模型的偏导数就能得到声波反演要用的最快下降方向,再通过类似于叠前偏移的过程,计算

出目标函数对参数的梯度方向。随后 Gauthier 等^[12]给出了上述方法的数值计算结果,Pica 等^[13]把该方法用于实际资料的测试,取得了较好的效果。Mora^[14]把这种方法扩展到弹性波并给出了数值结果。Pratt 等^[15,16]把波形反演与频率域正演结合,实现了频率域的反演。频率域正演和反传播计算效率较高,且频率域反演有一些优良的特性。在一维层状介质正演方法的发展(如 Kennett^[17])基础上,Song 等^[18,19]发展了频率域的 2.5 D 正反演计算技术,建立了频率域波动方程 2.5 D 正演和反演模型,并在岩芯资料控制下,对实际地区煤层资料进行反演计算,绘制了速度剖面 and 衰减系数剖面,把波动方程反演推向实际应用。地球物理工作者认识到实际中的反演中不是直接应用理论公式,开始重视反演策略的研究。Tarantola^[20]指出反演的次序是:先反演长波长的速度,然后是短波长的阻抗,最后才是密度。Jannane 等^[21]分析了数据对不同尺度参数的反映精度。Scales 等^[22]对 Bayes 反演的应用问题进行了分析,指出了该方法的困难。Rowbotham 等^[23]对反演中的零空间问题进行了探讨。Xia 等^[24]采用了分别利用走时、振幅和波形的分步反演。Pratt 等^[25]利用广角数据反演,更好地解决了参数反演问题。Berkhout^[26]利用共聚焦成像的方法进行叠前偏移、速度估计和 AVO 分析。Mallick^[27]应用遗传算法(GA)取得很好的效果。目前学者利用波形反演的方法来解决低频的速度结构,如 Landa 等^[28]用退火方法(SA)来解决对应旅行时的低频信息问题。反演理论与目前研究比较成熟的偏移理论具有相同的理论框架,Berkhout^[29]、Stolt 等^[30]、Wu 等^[31]、Mora^[32]、Docherty^[33]和 Wapenaar^[34]从不同的角度对反演与偏移的关系进行了探讨。范祯祥等^[35,36]对基于波动方程的反演方法进行了研究,在理论研究基础上进行实际资料的处理和分析。在测井资料约束下,引用了神经网络系统,综合应用波动方程反演和神经网络系统分析来反演波阻抗参数,指出反演过程分为 3 步:第一步,应用先验地质知识,对地震数据和测井曲线进行地质解释,并对测井曲线进行分层和标定,然后求取相应的层速度的低频信息,旨在搞清井间地层结构状况,为非线性提供地层产状的先验信息;第二步,应用非线性波动方程反演,在层速度界面及井中物性参数约束下,从地震数据中反演高分辨率的反射系数及波阻抗参数;第三步,应用 CUSI 神经网络分析方法,以高分辨率的反射系数及波阻抗等参数作为约束,以沿层求取的地震特征作为输入,以井中反演的波阻抗参数为期望输出,对非线性波阻抗方程反演的波阻抗参数进行标定,得出井间地层绝对波阻抗物性参数。并且指出反演过程中必须利用地震和测井资料的互补特性,并且要把井中数据的高分辨率特征拓展到井间地震反演的数据中,来提高物性参数的分辨率。该方法具有适用范围大且分辨率高的特点,在对断层和尖灭带的反演有一定的适应能力,已经在国内许多生产区应用,效果较好。

3 用多属性变换由地震资料预测测井信息

一般把地震属性定义为地震道数据任意数学变换的结果,它既包括简单的属性(地震道包络、瞬时相位和瞬时频率),也包括复杂的属性(地震道反演和 AVO)。Chen 和 Sidney^[37]把地震属性分为两类:

(1) 基于层位的属性,即两个界面间地震道的平均特性,一般用拾取的层位来定义;

(2) 基于样点的属性,即对输入的地震道进行变换,产生与输入地震道样点数相同的输出道。理论上,通过按边界层位间的样点数重复平均特性,就可以将基于层位的属性转换为基于样点的属性。

Taner 等^[38]给出了基于样点的属性表,并且指出下列属性在预测测井特性时作用较大:积

分道、积分的道绝对振幅、近角度叠加、AVO 截距/梯度、频率和吸收特性及地震速度。由地震数据预测测井特性就是用 3 维地震数据体计算一系列基于样点的属性,导出属性的某个子集与目标测井值之间的线性和非线性变换。该方法同传统反演方法的不同之处是:首先是直接预测测井曲线的特性,如孔隙度。其次,采用的是由地震数据求取的属性而不是常规的叠后地震数据。这样就可以利用叠前信息,而且还可以利用叠后数据的非线性变换。第三,这种方法不是假定地震数据与测井数据间存在任何特定的模型,而是通过分析井位处的一组训练数据,建立起一个统计关系。这种关系既可以是线性的(多元回归),也可以是非线性的(神经网络)。利用建立的统计关系,由地震属性来预测测井信息。使用较早的方法是针对地震数据的某种特性绘制目标数据和地震属性间的常规交会图,这种方法假设测井曲线和地震属性间存在线形关系,通过回归拟合一条直线,用最小平方预测误差来获得直线的系数。在此基础上提出了多属性分析,即多元线性回归,即同时使用多个地震属性。另一类计算方法是非线性变换,即神经网络方法。Liu 和 Liu^[39]描述了用多层前馈神经网络对地震进行测井特性预测。Masters^[40]采用共轭梯度法和模拟退火法来减少目标测井值与预测目标测井值之间的误差。前馈神经网络系统具有两个特性,一是在属性值域的多数区域,模拟的数据对比线性回归法好。但是如果属性值较小时,要使神经网络对数据拟合得很好,会造成数值计算结果不稳定。另一类神经网络是随机神经网络^[41],它是一种采用神经网络结构实现的数学内插法。该方法没有属性域限制引起的不稳定性,但需要转换所有训练数据,运行速度较慢。Daniel 等^[42]对各种多属性变换方法进行了讨论,并对实际的地震数据进行计算,求取了预测井中的孔隙度曲线。在处理结果基础上指出:多元线性回归方法预测结果较为平滑,神经网络方法的预测结果与井位处的孔隙度测井一致,动态范围大,高频成分较为丰富,孔隙度的极大值和极小值都与时间分辨率一致。多属性变换方法是传统地震反演方法的一种推广,主要具有以下优势:(1) 除声阻抗外,还可以预测其他测井特性(如孔隙度等);(2) 除常规叠加数据外,还可以使用其他属性;(3) 不依赖于任何特定的正演模型;(4) 可以大大提高分辨率;(5) 不需要已知地震子波;但是这些优势只有在有足够多的井控下才能达到,要求测井数据的分布要覆盖地下的目的层。

4 展 望

地震勘探中,必须综合应用地震资料和测井资料,由于地震资料和测井资料存在差异,在使用之前,必须进行二者的匹配。在测井约束下对地震资料进行反演,可以把地震资料变为物性资料,为油区生产提供进一步的资料,同时利用地震资料中的各种属性可以预测测井信息,为确定井位提供帮助。为了充分发挥地震资料和测井资料二者相结合的优势,还得做进一步的研究:(1) 在测井资料和地震资料匹配过程中,除了考虑频散因素影响外,研究其他因素的影响,更好的进行二者的匹配。(2) 测井约束下地震资料的反演过程中,利用测井资料对地震资料进行高频部分的补偿,开展地震分辨率和测井分辨率关系的研究,进一步提高地震勘探的分辨率。(3) 利用波动方程进行地震资料的反演是反演的发展趋势,从数学计算方法和地球物理原理两方面进行波动方程反演本质的研究。(4) 反演过程中除使用声波资料外,进行其他类型的测井信息资料与地震资料关系的研究,进行多参数综合反演。

参 考 文 献

- 1 杨文采. 岩石的黏弹性谐振 Q 模型. 地球物理学报, 1987, 39(4): 399—411

- 2 易维启,宋吉杰.声波测井资料与地震资料之间的匹配——波速频散校正.石油地球物理勘探,1994,29(增刊):72—75
- 3 董恩清,刘贵忠,张宗平,等.多分辨率分析用于测井资料的重采样及合成记录与地震道的匹配.测井技术,1999,23(4):264—267
- 4 云美厚,易维启,艾印双.地震与声波测井匹配校正方法研究.石油地球物理勘探,2002,37(6):601—611
- 5 Seymour R H. Exploration of Reservoir Lithology away from Wells Use Seismic Geologic Controls.见:石油工业部地球物理勘探局科技情报室,地质矿产部石油物探研究所情报室.第51届 EAEG 年会论文集.北京:石油工业出版社,1989,211—221
- 6 Bunks C, Saleck F M, Zaleski S, et al. Multiscale Seismic Waveform Inversion. Geophysics, 1995, 60(1): 1 457-1 473
- 7 张玉芬,罗延钟,凌峰.井震联合地震道多尺度反演.地球科学—中国地质大学学报,2001,26(5):533—537
- 8 张玉芬,凌峰,程冰洁.井约束地震道反演和多项式拟合的联合应用.地球科学—中国地质大学学报,2001,22(4):388—390
- 9 赵圣亮,马劲功,谢言光,等.复杂地质条件下的地震、测井资料综合约束反演.西北大学学报,1997,27(5):417—421
- 10 Pratt R G, Shin C, Hicks G J. Gauss-Newton and Full Newton Methods in Frequency Space Seismic-Waveform Inversion. Geophysical Journal International, 1998,133:341-362
- 11 Tarantola A. Inversion of Seismic Reflection Data Inacoustic Approximation. Geophysics, 1984, 49 (8):1 259-1 266
- 12 Gauthier O, Virieux J, Tarantola A. Two-Dimensional Nonlinear Inversion of Seismic Waveforms: Numerical Results. Geophysics, 1986, 51(7): 1 387-1 403
- 13 Pica A, Diet J P, Tarantola A. Nonlinear Inversion of Seismic Reflection Data in a Laterally Invariant Medium. Geophysics, 1990, 55(3): 284-293
- 14 Mora P R. Nonlinear Two Dimensional Elastic Inversion of Multioffset Seismic Data. Geophysics, 1987, 52 (9): 1 211-1 228
- 15 Pratt R G, Worthington M H. Inverse Theory Applied to Multi Source Crosshole Tomography, Part : Acoustic Wave Equation Method. Geophysical Prospecting, 1990, 38: 287-310
- 16 Pratt R G. Inverse Theory Applied to Multi Source Crosshole Tomography, Part : Elastic Wave Equation Method. Geophysical Prospecting, 1990, 38: 311-329
- 17 Kennett B. Seismic Wave Propagation in Stratified Media. London: Cambridge University Press, 1983
- 18 Song Z M, Williamson P R. Frequency Domain Acoustic Wave Modeling and Inversion of Crosshole Data, Part : 2.5 D Modeling Method. Geophysics, 1995, 60(3): 784-795
- 19 Song Z M, Williamson P R, Pratt R G. Frequency Domain Acoustic Wave Modeling and Inversion of Crosshole data, Part : Inversion Method, Synthetic Experiment Sand Real Data Results. Geophysics, 1995, 60(3): 796-809
- 20 Tarantola A. A Strategy for Nonlinear Elastic Inversion of Seismic Reflection Data. Geophysics, 1986, 51(10): 1 893-1 903
- 21 Jannane M, Beydoun W, Crase E, et al. Wavelengths of Earth Structures That Can Be Resolved from Seismic Reflection Data. Geophysics, 1989, 54(7): 906-910
- 22 Scales J A, Snieder R. To Bayes or Not to Bayes? Geophysics, 1997, 62(4): 1 045-1 046
- 23 Rowbotham P S, Pratt R G. Improved Inversion Through Use of the Null Space. Geophysics, 1997, 62(3): 869-883
- 24 Xia G, Sen M K, Stoffa P L. 2D Elastic Waveform Inversion: A Divide and Conquer Approach. Geophysics, 1998, 63(6): 1 670-1 684
- 25 Pratt R G, Song Z M, Williamson P, et al. Two Dimensional Velocity Models from Wide Angle Seismic Data by Wave Field Inversion. Geophysical Journal International, 1996, 124: 323-340

- 26 Berkhout J. Pushing the Limits of Seismic Imaging, Part : Integration of Prestack Migration, Velocity Estimation, and AVO Analysis. *Geophysics*, 1997, 62(3) : 954-969
- 27 Mallick A. Some Practical Aspects of Prestack Waveform Inversion Using a Genetic Algorithm: An Example from the East Texas Woodbine Gas Sand. *Geophysics*, 1999, 64(2) : 326-336
- 28 Landa E, Beydoun W. Tarantola A1 Reference Velocity Model Estimation from Prestack Waveforms: Coherency Optimization by Simulated Annealing. *Geophysics*, 1989, 54(8) : 984-990
- 29 Berkhout A J. Multidimensional Linearized Inversion and Seismic Migration. *Geophysics*, 1984, 49(11) : 1 881-1 895
- 30 Stolt R H, Weglein A B. Migration and Inversion of Seismic Data. *Geophysics*, 1985, 50(12) : 2 458-2 472
- 31 Wu R S, Toksoz M. Diffracton Tomography and Multisource Holography Applied to Seismic Imaging. *Geophysics*, 1987, 52(1) : 11-25
- 32 Mora P. Inversion = Migration + Tomography. *Geophysics*, 1989, 54(12) : 1 575-1 856
- 33 Docherty P. A Brief Comparison of Some Kirchhoff Integral Formulas for Migration and Inversion. *Geophysics*, 1991, 56(8) : 1 164-1 169
- 34 Wapenaar C A. Inversion Versus Migration : A New Perspective to an Old Discussion. *Geophysics*, 1996, 61(3) : 804-814
- 35 范祯祥,邓仙种.地震参数反演与技术应用.郑州:河南科学技术出版社,1998,294—320
- 36 范祯祥,邓仙种,范书蕊.储层参数地震测井联合反演技术.石油地球物理勘探,1998,33(1):38—53
- 37 Chen Q, Sidney S. Seismic Attribute Technology for Reservoir Forecasting and Monitoring. *The Leading Edge*, 1997, 16, 445-456
- 38 Taner M T, Schuelke J S, O'Doherty R, et al. Seismic Attributes Revisited. 64th Ann Internat Mtg. Soc Expl Geophys, Expanded Abstracts, 1994, 1 104-1 106
- 39 Liu Z, Liu J. Seismic-Controlled Nonlinear Extrapolation of Well parameters Using Neural Network. *Geophysics*, 1998, 63, 2035-2 041
- 40 Masters T. Signal and Image Processing with Neural Network. London: John Wiley & Sons, 1994 191-210
- 41 Masters T. Advanced Algorithms for Neural Networks. London: John Wiley & Sons, 1995 111-123
- 42 Daniel P Hampson, James S, John A. Use of Multiattribute Transfer to Predict Log Properties from Seismic Data. *Geophysics*, 2001, 66(1) : 220-236

A Review of Study on Relation Between Well Logging Data and Seismic Attributes

LU Baokun SHI Ge

(School of Earth and Space Science, Peking University, Beijing, 100871)

Abstract The well logging data and seismic data are two most important data in the seismic prospecting. There are three important methods to study the relation between the well logging data and seismic attributes. Because the synthetic seismic record and the seismic record data got in the surface are not well matching caused by the dispersion of seismic wave, frequent correction between them must be done before use. Under control of well logging data, there are two important methods to get wave impedance from seismic data inversion: wave impedance inversion method based on convolution model and wave impedance inversion method based on wave equation. Using seismic data attributes can predict the information of logs.

Key words well logging data; seismic data; seismic attributes; multiattributes