

合成声波测井在江汉地区的初步应用

杨 辉 余云英 郭玉梅

摘 要

地震波的诸种特征参数与地下地层岩性和含油气特征有密切的关系,这是用地震方法研究地层岩性的客观基础。将地震记录道通过合成声波测井处理,反演成声波测井道并进行岩性标定和类比外推。声测井曲线有效外推的基本依据是曲线的横向变化就是岩性的变化。合成声波测井剖面解释比较方便,因为它与岩性有较好的对应关系,为地震资料作岩性解释提供了一种有用的手段。

江汉地区的沉积现象,用合成声波测井剖面进行岩性解释,获得了较好的结果。

ABSTRACT

Seismic wave characters are closely related to lithology and hydrocarbon, which is the foundation for seismic stratigraphic analysis. First, seismic traces are transformed into synthetic sonic logs; then the synthetic sonic logs are lithologically calibrated and laterally traced. The basis for lateral comparison is that the lateral change of sonic logs indicates the change in lithology. Synthetic sonic log section can be easily interpreted because of its good correspondency to lithology, therefore it can be used as a useful tool for lithological interpretation. The synthetic sonic log sections are used to interpret sedimentary formations in Jianghan prospect and good result is obtained.

随着数字记录系统和地震数字处理技术的迅速发展,地震勘探有可能成为一种岩性勘探的手段。地震波的诸种物理特征参数与地下的地层岩性和油气分布有密切的关系,这是用地震方法确定地层岩性的客观基础。将地震时间剖面的记录道转换为测井记录曲线称之为合成声波测井。地震记录横向连续性与测井曲线垂向分辨力相结合,用以研究地层沉积序列、岩性岩相变化、砂泥岩百分比以及在有利地区预测油气存在的可能性。

合成声波测井应用的依据和条件

合成声波测井处理是将地震记录道转换成声波测井道。从已知的实际测井资料出发,对合成声波测井曲线进行岩性标定,建立井段岩性同速度曲线的对比标志,再根据与岩性对应的声波测井曲线类比外推。合成声波测井曲线有效外推的基本依据是:曲线的横向变化就是岩性的变化,以此可以推断和解释离井较远地区的岩性变化。在缺乏钻井资料控制的地区,可以依据本区的岩性与速度的一般标定关系,并结合区域地质情况进行粗略的岩性预测。

应用合成声波测井要求声速曲线的波形或波组有一定的特征和反差,以便于曲线类比外推时的横向追踪,从而进行岩性解释。因此,砂岩单层厚度越厚、层速度的反差越大、砂岩层速度的特征越明显,也就越有利于合成声波测井的应用与解释。

江汉盆地是白垩纪晚期形成的内陆盐湖断陷盆地。储集层主要是下第三系地层。沉积时期水介质咸淡交替,淡化期沉积砂、泥碎屑岩,咸化期湖水浓缩,沉积膏盐层。总的来说,本区水动力条件较差,形成本区砂岩的单层厚度较薄,阻抗低,砂泥岩层速度反差较小。在这样特殊的地质情况下,砂岩单层厚度仅几米至十几米,最厚不超过 35 米;砂岩的声速阻抗低于泥岩(图 1);砂泥岩层速度反差在 200 米/秒到 800 米/秒之间,层速度特征不明显。

尽管单层薄层砂岩在合成声波测井曲线上特征不明显,但是众多薄层砂岩的聚集层在合成声波测井曲线上的综合效应是有所显示的。因此,本区同样具有利用合成声波测井进行岩性解释的条件及其特定的规律。

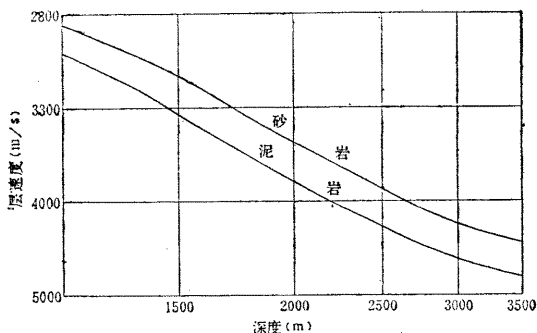


图 1 江汉盆地潜江凹陷北部
砂泥岩层速度综合曲线

岩性与速度的标定关系

本区的泥岩、泥膏岩、含膏泥岩、油页岩以及盐岩表现为高速特征,其中尤以油页岩富集层段以及泥膏岩、盐岩最突出,在声速剖面上显示为极强的正波峰。

砂岩和软泥岩一般显示为低速的特征,厚砂层的厚度在 25 米到 30 米之间,在声速剖面上可以得到反映,呈现半个周期的负波谷。

对于本区的薄层砂岩,由于受地震波频带的限制,目前在合成声波测井剖面上还无法分辨这样的薄层砂岩。但是,许多薄层砂岩的聚集层段其综合效应还是显示出了低速的声速特征。

大套的泥岩、油页岩、泥膏岩中夹有砂岩,在声速剖面上表现为在总的高速背景上

有次一级的负波谷。本区潜一段、潜二段地层较为典型,在大套的砂岩聚集层段中夹有若干层泥岩,一般表现为在总的低速背景上有次一级的正波峰。本区潜三段地层也有这样的显示。

砂泥岩薄层交互的韵律在声速剖面上表现等周期的振动波形。层速度综合特征不大明显,岩性解释比较困难。

除上述岩性标定的一般关系外,还有一些特殊的情况,例如 Eg_3^1 砂岩呈现高速特性,钟市断V测线所在地区的泥岩明显地表现为低速。

合成声波测井剖面的地质解释

断V剖面上的前积

从合成声波测井剖面上看,合成声速曲线与实际的钟53井声速曲线吻合得相当好。因此,合成声波测井曲线的特征反映了地层岩性的特征。低速特性一般反映砂岩的富集层段(图2)。

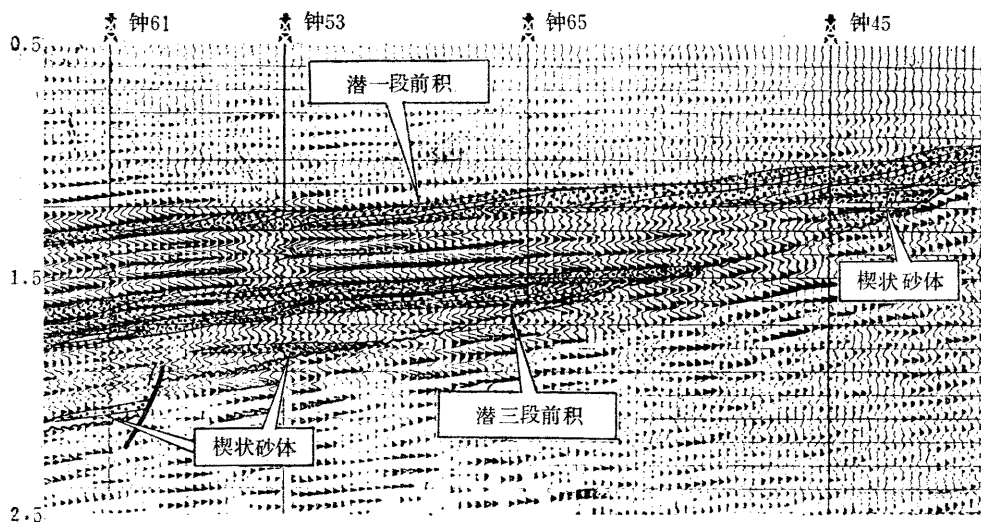


图2 断V测线合成声波测井剖面

值得指出,断V测线所在的钟市地区大套泥岩也表现为低速特性,这与全区的泥岩声速一般特征是不相同的。从时间剖面上看, T_5 反射层的前积结构隐约可见(图3)。

在瞬时相位剖面上, T_5 (相当于 Eg_3^2 顶)前积现象很清楚,但是, Eg_3^1 以及 T_5-T_6 之间的 $Eg_3^3-Eg_3^4$ 的地层是否存在有前积,时间剖面 and 瞬时相位剖面反映均不清楚(图4),而整个潜三段地层($Eg_3^1-Eg_3^4$)在合成声波测井剖面上显示的前积的现象比较清楚。

以低速为特征的砂体成透镜状分布,其中夹有高速特征呈S形的是泥岩条带。钟53井与钟65井之间的 Eg_3^4 砂岩都清晰存在着若干条向盆地中央推进的高速S形泥岩条带。因此,砂体多呈现中间厚两边薄的透镜状,按顺序迭复,向凹陷中心推进。从岩性的角

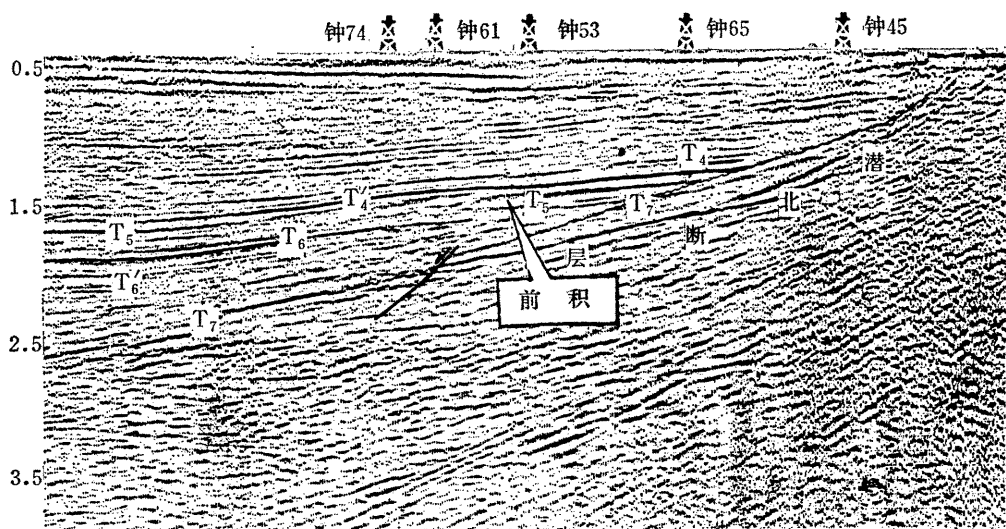


图 3 断 V 测线水平叠加时间剖面

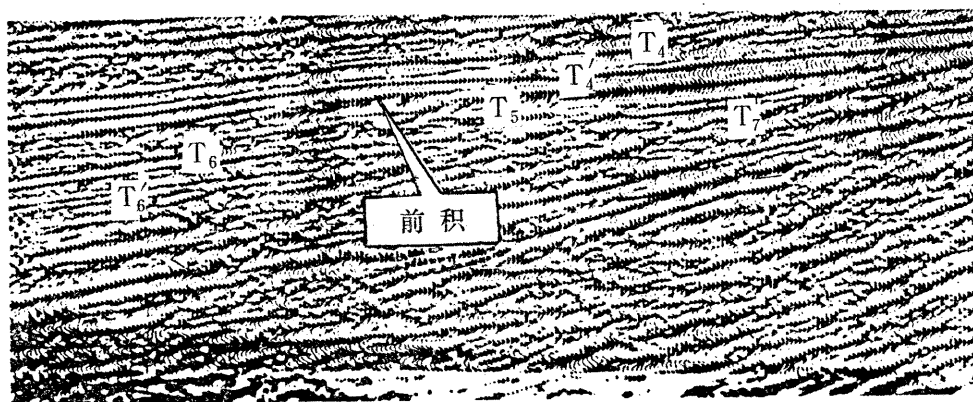


图 4 断 V 测线瞬时相位剖面

度证实，整个潜三段地层存在前积结构。从面上看，它是一个发育在凹陷陡坡地带的冲积扇（图5）。

前积由北向南推进，反映在潜三段沉积时期存在着由北向南去的底水流。沉积岩性为细砂岩和粉砂岩。在前积结构的高部位，即钟 65 井的 Eg_3^3 和 Eg_4^4 砂岩中获得高产油层。钟 74 井和钟 61 井之间的潜四段下部砂岩，钟 53 井的 Eg_2^2 砂岩以及钟 45 井的潜二段砂岩都成楔状向凹陷中心尖灭，砂体的根部上叠于荆沙组剥蚀面上（图 2）。该砂体在时间剖面上和瞬时相位剖面上反映不明显，在合成声波测井剖面上有较明显的反映。砂体表现为低速特征，这些砂体都获得高产油流。

通过合成声波测井剖面解释，还发现潜一段地层也有很明显的的前积结构（图 2），大套砂岩中夹有 S 状泥岩条带，前积角度较大，也可能是属三角洲平原相河间滩的沉积。

应该指出，断 V 测线所在的钟市地区位于江汉盆地北部边缘地带，该处大套泥岩的声速特性表现为低速特征，它不同于本区的其他地方，如果该区合成声波测井处理的测

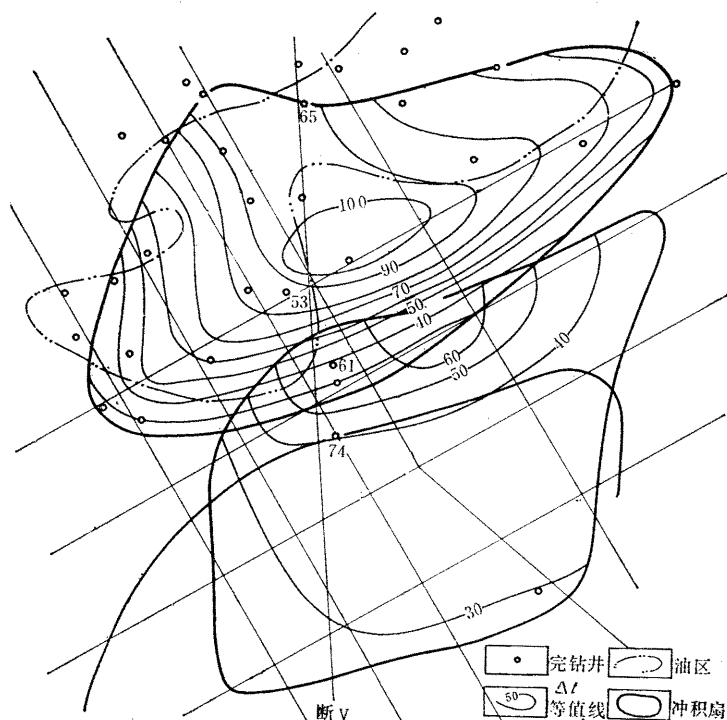
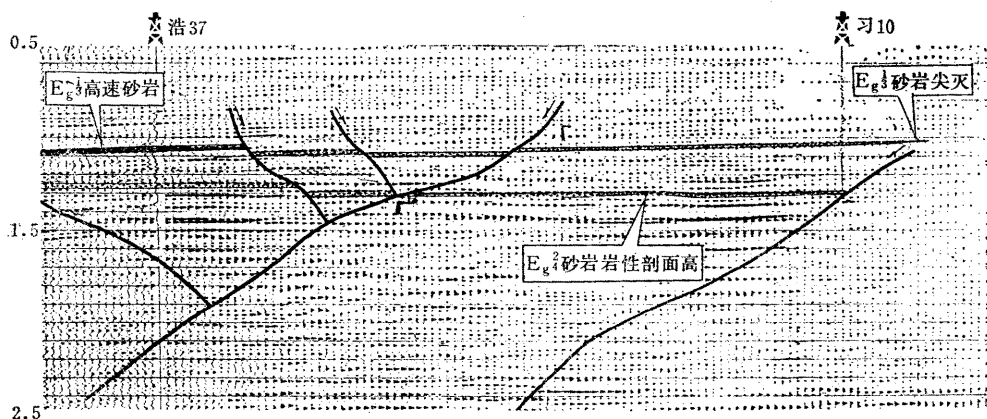
图 5 钟市前积扇体等 Δt 平面图

图 6 586.75测线合成声波测井剖面

线能成网,那么就可进一步划分出高速泥岩与低速泥岩的相带分布,从而推测出当时的沉积环境。

586.75测线浩37井区 Eg_1^1 砂岩丘状砂坝

浩37井的1,228米至1,288米井段 Eg_1^1 砂岩速度约为4,000米/秒,其上部的泥岩层速度约为3,000米/秒,下部的 Eg_2^2 砂岩约为3,200米/秒,层速度之间反差较大。所以在声速剖面上 Eg_1^1 砂岩为高速,波形特征很明显。该砂岩的速度向习10井方向逐渐变低,反映砂岩变少变薄、泥岩成分增加的趋势。 Eg_1^1 砂岩在浩37井区较厚,速度偏高,两端分别向南北方向尖灭,砂体形态是丘状(图6)。在与586.75测线正交的80.5测

线合成声波测井剖面上 Eg_3^1 砂岩是向右上倾尖灭(图 7), 根据西坡潜三段砂泥岩百分比等值线图(图 8), 反映出当时有一股从农 5 井经浩 37 井往丫 46 井方向去的分叉水流, 在浩 37 井区形成丘状砂坝。

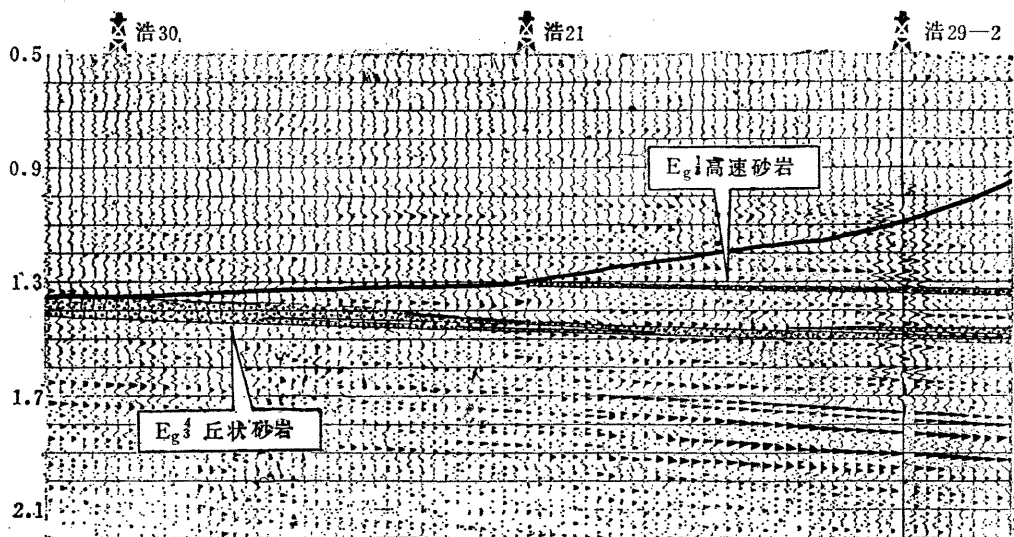


图 7 80.5 测线合成声波测井剖面

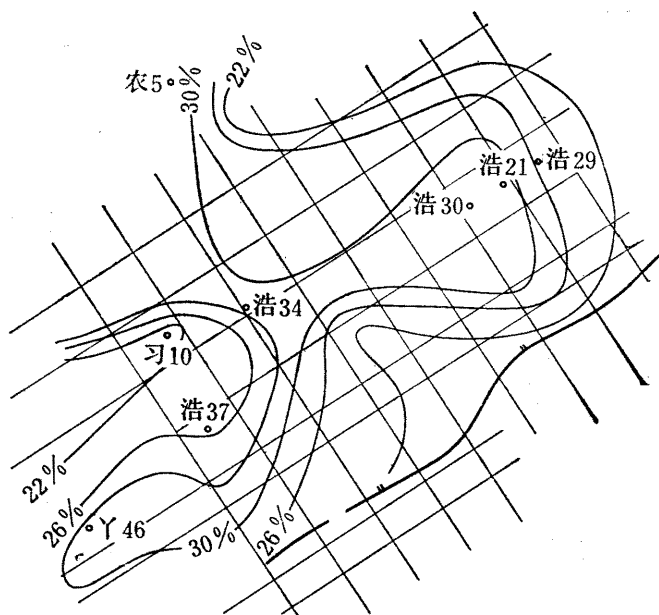


图 8 西坡地区砂泥岩百分比等值线图

80.5 测线浩 30 井区 Eg_3^1 丘状砂坝

浩 30 井区 Eg_3^1 是砂岩的富集层段, 该段顶部砂岩单层厚达 30 米, 对应着明显的低速异常, 声速曲线较为平静, 是大套砂岩特征的反映。浩 30 井以东的浩 21 井区和浩 29-2 井区, 该砂岩明显变薄, 浩 30 井以西该砂岩被 3 号断层切割, 厚度变薄。在浩 21 井区, 在与砂岩相对应的低速背景上, 夹有反映泥岩和油页岩特征的高速层。再往东到浩

29-2井区,变为高速的泥岩和油页岩中夹着低速特征的砂岩。该层砂岩在合成声波测井剖面上可以较好地连续追踪,剖面形态呈丘状(图7)。

浩29-2井区的 Eg_1^1 砂岩为高速特征,可以连续追踪,往浩21井区被3号断层切割,声速剖面上反映明显(图7)。该砂岩同浩37井区的 Eg_1^1 砂岩都表现为高速,这是由农5井区方向来的经浩34井区分叉的两股水流所沉积的砂体,沉积环境应是相同的(图8)。

通过合成声波测井剖面的解释,3号断层在浩30井以东断面倾角较大的区段得到清楚地反映,在横向上声速曲线有明显的突变。浩30井以西的区段,3号断层断面倾角变得很缓,所以反映不清楚。

总之,合成声波测井可以作为地震解释的辅助手段,帮助寻找非构造圈闭,验证断层的存在和地层岩性解释,因此,合成声波测井是进行地震地层学研究的有效手段之一。

参 考 文 献

- [1] E. Robert and M. S. Sheriff, 《Seismic Stratigraphy》, IHRDC, 1980
- [2] 刘雯林, 合成声波测井, 《石油地球物理勘探》, 第2期, 1980
- [3] C. E. 佩顿编, 牛毓荃等译, 《地震地层学》, 石油工业出版社, 1980

· 新书介绍 ·

《弹性动力学》[美]A.C. 艾龙根、[土]E.S. 舒胡毕著, 戈革译。本书共分两卷: 第一卷为有限运动, 已于一九八三年出版; 第二卷为线性理论, 定价3.00元。此书是一部论述弹性动力学的专著, 对波传播理论的数学基础和物理基础作了系统的阐述。本卷在论述了线性弹性动力学的基础上, 逐步讨论了一维、二维、三维空间中的弹性动力学问题, 最后一章分析了弹性波的衍射问题。本书可供地球物理学、地质学、工程学、力学、应用数学和应用物理学的师生、研究人员及工程技术人员参考。本书已由石油工业出版社出版。

《地质家应用地球物理学》[美]F. 海特曼等著, 许云、赵静宣译。本书已由石油工业出版社出版, 定价1.90元。全书分十章, 包括地震资料数字处理方法、利用滤波改进地震资料、地震速度、地震模拟技术, 三维地震模拟、偏移、波动方程偏移、直接检测、地震折射方法和石油勘探中的航空磁测。本书着重论述每种方法的基本概念及其应用, 因此本书适宜地质工作者和初学者阅读。

《地球物理资料数字处理》[加]R.O. 林赛思编, 秦政译。本书已由石油工业出版社出版, 定价1.50元。本书是加拿大勘探地球物理学家协会的一本进修教程, 主要从物理概念上系统地论述地震勘探的数字处理技术, 为避免严格的数学推导, 对一些先进的技术只作定性的描述, 内容浅显、易懂, 并附有较多的插图, 可供实际工作者阅读。