

利用正演模拟技术识别断层解释中的假象

李庆珍 (山东煤田地质局物测队 泰安 271021)

关键词 地震勘探 正演 断层 识别

中国图书资料分类法分类号 P631.4

作者简介 李庆珍 女 30岁 工程师 地球物理勘探

1 引言

地震波在个别地段地质介质中传播具有某些特殊性,使观测到的波场发生畸变,从而使地震时间剖面与实际地质情况差异较大,这就增加了从实测资料中提取可靠信息的难度,往往容易把假象当真实,从而落入解释陷阱。把正演模拟合成地震记录与野外实测记录对比,可使地震资料的地质解释更为可靠。

由于地震反演过程的不确定性,地震资料解释的结论往往不是唯一的,因此需要根据已知的测井资料或地质资料,按照可能的地层岩性组合假设地层厚度、密度和速度,建立一种地质模型并做出相应的理论地震记录道(正演模拟)。用这种理论的地震记录道与实际的地震时间剖面记录道相比较,并不断调整模型的有关地层厚度、密度和速度等参数的假设值,反复迭代直至理论记录道与实际记录道呈最佳拟合为止。

2 二维模拟原理

二维模拟一般只适用于水平层状地层结构,设钻孔揭露的地层基本水平,新生界地层起伏不大。将地质模型转化为地震信息,需要一定的中间媒介,这就是合成地震记录。在反射界面的反射系数不太大的条件下,反射记录 $f(t)$ 近似地是地震子波 $b(t)$ 与反射系数序列 $R(t)$ 的褶积:

$$f(t) = b(t) * R(t) = \int b(t) R(t - \tau) d\tau \quad (1)$$

这里地震子波及反射系数序列都应具有物理可实现性。

为了适用于密度与速度连续变化的连续介质,利用反射函数 $r(t) = d\ln Z(t)$,这时,合成地震记录

$f(t) r$ 的计算公式可写为:

$$\begin{aligned} f(t) &= b(t) * r(t) = \int b(t - \tau) r(t - \tau) d\tau \\ &= \int b(t - \tau) r(t - \tau) d\tau \\ &= \int b(t - \tau) \frac{d}{d\tau} [\ln Z(\tau)] d\tau \end{aligned} \quad (2)$$

在计算机上按(2)式计算合成地震记录 $f(t)$ 时,须在时间域内以离散形式进行运算;若令时间采样间隔为 Δ (一般为2 ms或4 ms),时间 $t_n = n\Delta$,地震子波 $b(t)$ 的时间延续长度为 $N\Delta$,则

$$\begin{aligned} f_n &= \int_0^N b(t - \tau) r(t_n - \tau) d\tau \\ &= \Delta \sum_{m=0}^N b_m r_{n-m} \\ &= \Delta \sum_{m=0}^N b_m \frac{\Delta \ln Z_{n-m}}{\Delta} \\ &= \sum_{m=0}^N b_m (\ln Z_{n-m} - \ln Z_{n-m-1}) \\ &= \sum_{m=0}^N b_m \ln \left(\frac{Z_{n-m}}{Z_{n-m-1}} \right), \end{aligned} \quad (3)$$

$$n = N, N-1, \dots$$

式中 $f_n = f(t)$ 在时间 $t = t_n = n\Delta$ 时的离散值,即 $f_n = f(n\Delta)$;

$b_m = b(t - \tau)$ 在 $t - \tau = m\Delta$ 时的离散值,即 $b_m = b(m\Delta)$;

$$Z_{n-m} = Z(t_n - t_m) = Z(n\Delta - m\Delta)。$$

根据地质模型给定的速度 $V(t)$ 与密度 $\rho(t)$ 可以确定波阻抗离散值 Z_{n-m} 与 Z_{n-m-1} 等,因而按照(3)式可逐一计算出合成记录各个时刻的离散值 f_n 。图1即是理想化的地质模型,参数见表1。

3 应用实例

图2为计算机据图1所作的正演模型。图中

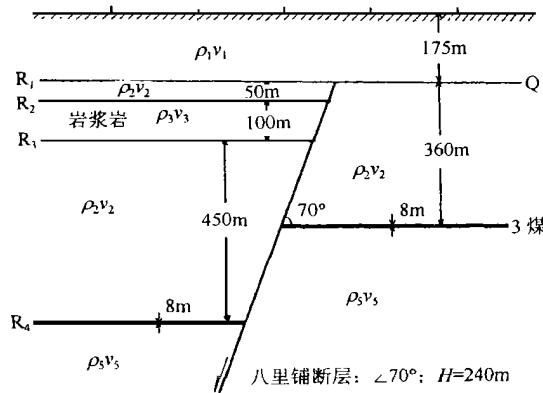


图 1 地质模型

表 1 模型参数表

密度	ρ	ρ	ρ	ρ	ρ
$/\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	1.9	2.59	3.0~4.0	1.33	2.59
速度	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5
$/\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$	1700	3339	5000	1830	4500

R_4 层即为 3 煤层。

从图 1 与图 2 对比分析看, R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 均有较清晰的反射波, 但在八里铺断层下盘反射波变弱且垂直回声时间值减小, 好象与 R_4 层反射波有一个时间差。分析原因认为是八里铺断层上盘 100 m 厚的高速层岩浆岩造成的, 一是其对反射波的屏蔽作用, 使反射波变弱; 二是地震波传播路径不同, 因此形成了像绕射波一样且比 T_3 波时间值小的一层反射波。

图 1 的地质情况基本上与实际测线一样。

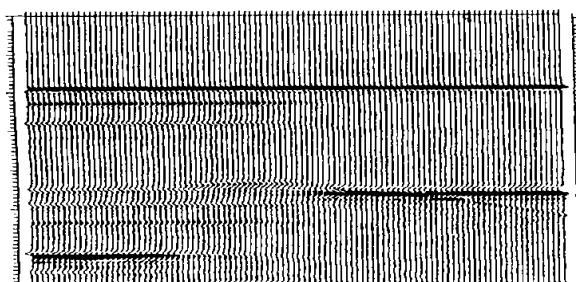


图 2 合成时间记录

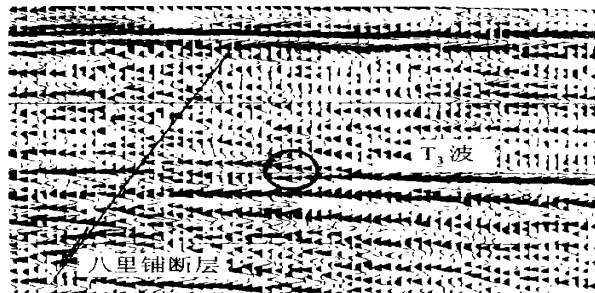


图 3 实际地震时间剖面

图 3 即为实际地震时间剖面。在图 3 中, 极容易在圆圈处解释一个小断层。作了正演模拟后, 图 3 与合成时间记录相似, 因此是断层的假象。笔者最早也把它作为断层解释, 但经过正演模拟, 后改为断层不存在, 巷道揭露亦证实没有断层。

由所作模型可看出, 该模型是比较合适的地质模型。所谓合适的地质模型, 就是该模型可作为实际地质剖面的简化表示, 因而由它计算出的弹性波场与观测到的波场就比较吻合。

误解释的原因主要是由于八里铺断层上盘存在约 100 m 厚的岩浆岩, 在八里铺断层面下 3 煤层的上部, 地震反射波在向下传播时, 其传播路径因岩浆岩的存在, 使反射波时间变小(岩浆岩的速度远远大于煤系地层的速度), 八里铺断层下方局部 T_3 波发生了畸变, 形成了类似断层的假象, 造成解释误区。

4 结语

在地震资料解释中, 用波动方程正演作出相应的理论地震记录道, 往往能得到地震反演的正确解。这种地震模拟技术是解决反演问题的较古老也是较好的方法。

本文曾得到张威(教授级高工)、杨奎(高工)、刘恩兰(高工)等专家的指点, 同时王真、邓广利等同志在资料解释和处理方面给予帮助, 在此一并致谢。

参考文献

1 何樵登. 地震勘探原理和方法. 北京: 地质出版社, 1986

声波扫描成像资料处理软件包研制成功

山东煤田地质局数字测井站近期成功研制一套声波扫描成像测井处理软件包。该软件包具有图像显示和打印成不同比例尺的井周剖面图、井壁立体图、钻孔某一位置的横切

面图、井径尺寸及深度方位, 是一种使用灵活、功能较齐全的图像处理及成像软件。

(山东煤田地质局)