三阶累积量法在断层检测及落差估算中的应用

石玉梅¹.刘天放¹.谢桂生²

(1. 中国矿业大学,徐州 221008;2. 西南石油学院,南充 637001)

[摘 要]阐述了三阶累积量时延估计方法基本原理,并将该方法用于断层检测和落差估计。理论 模型计算表明该方法断层检测准确,落差估计精度高,且具有一定的抗噪能力。文中还对基本双相干相 关方法进行了改进,用改进后的计算公式对实际地震资料进行处理,结果表明,该方法是一种有效的断 层解释方法。

[关键词]三阶累积量 时间延迟 断层检测 落差估计 [中图分类号]P542 [文献标识码]A [文章编号]0495 - 5331(2001)04 - 0073 - 03

0 引言

断层的检测和识别在油气勘探中是非常重要 的。断层既能形成油、气、水的封、堵,又可能是油、 气、水运移通道;在煤炭的开采过程中,断层也是影 响安全的一个重要因素,因此查明断层的规模及分 布情况是地震勘探的主要目标之一。

如何利用地震勘探技术准确地检测识别断层, 一直是地震工作者孜孜以求的。国内外在这方面都 做了大量的工作^[1~5]。

正由于地震工作者的不断努力,近年来,利用地 震方法识别断层无论在理论还是方法上都获得了长 足的发展。尤其是相干体技术的问世,使地震断层 检测能力向上提高了一个台阶。但从现有的资料来 看,根据地震资料解释断层目前基本上还处于定性 和半定量阶段,定量研究断层的工作开展得很少。 然而断层的定量解释,尤其是断距的确定,无论对油 气的勘探开发,还是对煤矿的施工设计和开采都有 着重要的理论和实际意义。

本文根据地震道的三阶累积量计算双相干相关 函数,利用双相干相关函数的性质检测断层并估算 断层落差。文中用该方法对理论模型和实际地震资 料进行处理,效果比较明显。

1 三阶累积量法时延估计

设 *u*(*t*, , , *u*(*t*, , , , **b**)为位于球和中的两地震 道(其中, , , , *z*), , , , *z*), , , *z*)) 。定义三阶累 积量

$$R_{xxx}(,) = \underset{l=-T}{u(t-l, \mathbf{a})} u(t-l-, \mathbf{a}) u(t-, \mathbf{a})$$

$$R_{xyx}(,) = \underset{l=-T}{u(t-l, \mathbf{a})} u(t-l-, \mathbf{a}) u(t-l-,$$

、分别为时间延迟,27为分析时窗的宽度。

分别对 R_{xxx}(,) 和 R_{xyx}(,) 做二维付氏变换,有

$$B_{xxx}(1, 2) = \begin{cases} \mathbf{i}_{0}(1, \mathbf{i}_{1}, \mathbf{i}_{1}, \mathbf{i}_{1}, \mathbf{i}_{1}, \mathbf{i}_{1}, \mathbf{i}_{1}, \mathbf{i}_{1}, \mathbf{i}_{1}, \mathbf{i}_{2}, \mathbf{i}_{1}, \mathbf{i}_{1}, \mathbf{i}_{2}, \mathbf{i}$$

其中, 1、2分别响应于、,为频率; $B_{xxx}(-1, -2)$ 、 $B_{xyx}(-1, -2)$ 分别为 $R_{xxx}(-, -)$ 和 $R_{xyx}(-, -)$ 的付氏变 换,称 $B_{xxx}(-1, -2)$ 为 u(t, 的自双谱, $B_{xyx}(-1, -2)$ 为 u(t, 动 的互双谱; w(-, 动 、动 、动 分别 为 u(t, 动 和 u(t, 动 的付氏变换; *表示复共轭。

记:

$$b_{xyx}(1, 2) = \frac{B_{xyx}(1, 2)}{\sqrt{P_{yy}(1)P_{xx}(2)P_{xx}(1+2)}}$$

$$b_{xxx}(1, 2) = \frac{B_{xxx}(1, 2)}{\sqrt{P_{xx}(1)P_{xx}(2)P_{xx}(1+2)}}$$
(5)

[收稿日期]2000-02-14;[责任编辑]余大良。

73

其中 $P_{xx}()$ 、 $P_{yy}()$ 为地震道 $u(t, \mathbf{i}, u(t, y))$ 的 功率谱。(5) 式中的 $b_{xyx}(1, 2)$ 、 $b_{xxx}(1, 2)$ 分别 称为互双相干相关系数和自双相干相关系数。定义

$$I_{xyx}(_{1}, _{2}) = \frac{b_{xyx}(_{1}, _{2})}{b_{xxx}(_{1}, _{2})}$$
(6)

为相干比。I_{xyx}(1,2)对积分2,得

$$H_{xy}(-1) = I_{xyx}(-1, -2) d_{-2}$$
 (7)

由 (7) 式可知 *H*_{xy}(1) 只是1 的函数。对其做 一维付氏反变换:

$$T(\) = H_{xy}(\ _{1}) e^{i_{1}} d_{1} \qquad (8)$$

称 T() 为双相干相关函数,其最大值用 $T_{0,xy}$ 表示, 记其最大值所对应的时间为 $_0$,则 $_0$ 即为我们所求 的 u(t, 动相对于 u(t, 动延迟时间^[6]。

2 理论模型计算

图 1 是一倾斜层的地质模型例子。该层被 3 条 断层切割,第 1 条垂直断距为 3 m、第 2 条为 4 m、第 3 条为 6 m,界面上下介质声波速度分别为 2500 m/s 和 2800 m/s。



图1 倾斜地质模型

图 2a 是图 1 的合成记录剖面,图 2b 是相应的 时间延迟剖面,可以看到在记录剖面上要识别出这 3 条断层是比较困难的,而在时间延迟剖面上,切割 该同相轴的 3 条断层的断点清晰可见(箭头所指 处),且估算的时延分别为 2 ms、3.5 ms 和 4.5 ms,相 应的落差分别为 2.5 m、4.375 m 和 5.625 m,与实际 的断层地质模型十分吻合。

3 实例计算

在处理实际数据时, *b_{xyx}(*1,2), *b_{xxx}(*1,2) 常常可能很小,这时用(6)式计算的比值 *I_{xyx}(*1, 2)的误差会很大,致使估计延迟时间值误差大。为 了克服这一缺陷,实际计算时,我们将 *I_{xyx}(*1,2) 的分子和分母分别归一化。归一化后的 *I_{xyx}(*1,2) 用珋_{xx}(1,2)表示:

$$\mathbf{H}_{yx}(\ 1,\ 2) = \frac{b_{xyx}(\ 1,\ 2)/\max |b_{xyx}(\ 1,\ 2)|}{b_{xxx}(\ 1,\ 2)/\max |b_{xxx}(\ 1,\ 2)|} \tag{9}$$

实际应用结果表明,当 $b_{xyx}(-1, -2)$ 和 $b_{xxx}(-1, -2)$ 比较小时,使用 (9) 式定义的 $\mathfrak{P}_{yx}(-1, -2)$ 比 $I_{xyx}(-1, -2)$ 效果好。



图 2 合成地震时间(a)和时间延迟(b)剖面 另一方面,实际的断层一般均具有一定的水平 断距,由于断层的特殊地质现象,表现在地震剖面 上,除反射同相轴错断外,一定范围内反射波出现异 常,双相干相关性差。根据相邻两道计算断层引起 的时延,其精度显然受水平断距的影响,水平断距越 大,精度越差。为解决这个问题,我们设计了扇形分 析窗,如图 3。



图 3 扇形分析窗 将(8)式的形式相应变为

 $T(, \mathbf{a}) = \frac{1}{3} w(\mathbf{a}, \mathbf{a}) H_{xy}(-1) e^{i_{-1}} d_{-1} (10)$

 其中, 1
 $w(\mathbf{a}, \mathbf{a}) = 0$

 人園
 0

 人園
 0

 人園
 0

 人園
 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 0

 0 <

由(10)式计算的 T(,) 动 的最大值所对应_{0ij} 即为肆点地震道的时间延迟。

利用上面介绍的方法,我们对某矿区三维地震数 据体进行了处理,图4a是其中的一条横剖面,由(10)



4 结论

上述理论模型计算结果表明,在双相干相关法 计算的时延剖面上,断点位置清晰,很容易识别。通 过对断点处时间延迟的拾取可以较准确地估算出断 层的落差。同时从理论模型结果我们还可以看出该 方法对噪声的压制也是较为有效的。实际地震记录 计算的落差曲线上断点位置明显,所得的落差值有 待于进一步证实。该研究只是在微小断层的定量解 释方面做了初步的尝试,但从结果来看,该方法值得 进一步研究和完善。

[参考文献]

- Evgeny Landa,高林译. 作为断层检测工具的干涉图[J]. 石油物 探译丛,1998,(5):25~33.
- [2] 孙忠,杨梦岩.利用地震资料分析断层封堵的方法[J].石油地 球物理勘探,1999,34(增刊):45~49.
- [3] 张爱敏,李海山,董守华,等.小断层垂向分辨率与反射波特征
 ——以淮南谢桥煤矿为例[J].中国矿业大学学报,1996,25(3):
 79~83.
- [4] 徐国强 王英民,陆正元.模型正演与川中二叠系中小断层精细 地质解释[J].石油物探,1993,32(1):74~81.
- [5] Bahorich M, Farmer S. 3D Seismic discontinuity for faults and stratigraphic features [J]. The Leading Edge, 1995, 14 (10):1053 ~ 1058.
- [6] 石玉梅,刘天放,谢桂生.一种断层解释的新方法——双相干相 关法[J].煤炭学报,2000,25(2):117~121.

FAULT DETECTION AND THROW ESTIMATION BY THIRD - ORDER ACCUMULATION METHOD

SHI Yu - mei ,LIU Tian - fang ,XIE Gui - sheng

Abstract : The principle of third - order accumulation method is used to detect fault and estimate the throw of fault. The theory modeling indicates that the method can exactly detect fault and accurately estimate the throw. In addition, it has powerful anti - noise function. The improvement of bi - coherence correlation method is detailed. The practical use shows that the improved method is valid for interpretation of fault.

Key words: third - order accumulation , time - delay , fault detection throw estimation



石玉梅(1966 年 -),女,讲师,1992 年毕业于成都理工学院应用地球物理系获硕士学位,现在中国矿业 大学攻读博士。

通讯地址:江苏徐州 中国矿业大学博 98 邮政编码:221008