

改进的 RCA 偏移速度分析相干谱计算方法^{*}

成 谷¹, 张宝金²

(1. 中山大学地球科学系, 广东 广州 510275;

2. 广州海洋地质调查局, 广东 广州 510760)

摘 要: 相干谱在剩余曲率偏移速度分析中, 是判别速度是否正确以及求取速度更新量的重要工具。然而利用 SU 相干公式计算的相干谱, 对小幅度相干成分和大幅度相干成分缺乏足够的分辨能力, 降低了在相干谱上拾取的准确度。基于“使相干值的大小反映信号的能量 (幅度)”的思想, 采用“幅度归一化”的措施进行了改进, 使相干谱中能量团更集中, 更能反映主要反射层位, 提高了在相干谱中信息拾取的准确度。

关键词: 偏移速度分析; 相干谱; 计算方法

中图分类号: O433.4 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2007) S2-0258-03

RCA 偏移速度分析是速度求取的重要方法, 而相干谱^[1]是判断偏移速度是否正确以及求取速度更新量的重要工具。本文介绍在偏移速度分析中相干谱的重要作用, 然后指出 SU 相干公式中存在的缺陷降低了在相干谱中拾取的准确度, 最后在 SU 公式的基础上提出了改进, 得到了较好的效果。

1 RCA 偏移速度分析中的相干谱

1.1 RCA 偏移速度分析的基本原理

偏移速度分析是一种利用迭代分析的手段求取速度的方法, 目前主要有两类方法: 深度聚焦分析 (DFA) 和剩余曲率分析 (RCA)。DFA 方法由于有倾角的限制, 因此在应用上以剩余曲率法居多。本文讨论的偏移速度分析方法即为剩余曲率法偏移速度分析, 以下简称 RCA 偏移速度分析。

RCA 偏移速度分析^[2]的基本思想是: 首先给定一初始速度模型, 对原始数据进行叠前深度偏移, 然后针对偏移后的数据抽出共成像点道集, 因为反映的是地下同一点的深度, 因此如果使用的偏移速度是正确的话, 则共成像点道集应该是拉平的, 也即来自地下同一成像点不同偏移距数据的偏移深度是相同的。如果偏移速度过高, 则共成像点道集上同相轴下弯, 反之上弯。也就是说, 在共成像点道集中成像深度的差异提供速度更新的信息。

1.2 相干谱在 RCA 偏移速度分析中的作用

1.2.1 判断偏移速度是否正确以及速度更新的方

向 在共成像点道集中同相轴是否拉平在肉眼上很难准确判断, 因此通常变换到相干谱域后在相干谱中根据能量团的位置来判断共成像点道集是否拉平, 变换基于如下的假设: 即不同偏移距数据的偏移深度之间服从这样一种关系:

$$z_l = z_0 + l^2 \quad (1)$$

其中 z_0 表示零偏移距数据的偏移深度, z_l 表示偏移距为 l 的数据的偏移深度, l^2 表示曲线的曲率, 这也是剩余曲率偏移速度分析名称的由来。共成像点道集中同相轴的拉平变换到相干谱域后表现为能量团集中到剩余曲率为零的零线上。共成像点道集中同相轴下弯, 则对应最大相干值的剩余曲率大于零, 表明所用偏移速度过高, 速度更新量应为负; 共成像点道集中同相轴上弯, 则对应最大相干值的剩余曲率小于零, 表明所用偏移速度过低, 速度更新量应为正。

1.2.2 利用剩余曲率的拾取值求取速度更新量

在 RCA 偏移速度分析中, 共成像点道集中成像深度的差异提供速度更新的信息, 变换到相干谱域后, 成像深度的差异用非零的剩余曲率来表征, 即剩余曲率提供了速度更新量的重要信息, 拾取的剩余曲率值的大小决定了共成像点道集中偏移深度的差异, 因而也决定了速度更新量的大小, 二者之间的具体关系见文献 [2]。

* 收稿日期: 2007-01-10

基金项目: 中山大学青年教师科研启动基金资助项目 (2004-32110-1131187); 广东省博士启动基金资助项目 (2005-32110-4203205)

作者简介: 成谷 (1975年生), 女, 博士, 讲师; Email: cgyuland@163.com

2 RCA 偏移速度分析中相干谱的计算及其改进

相干谱实际上是一种通过扫描的策略, 找到某个最优参数值的方法。在 RCA 偏移速度分析中, 相干谱要找的是最优的剩余曲率值, 这个剩余曲率值要能够很好地拟合共成像点道集中成像深度的差异。在计算时, 设定剩余曲率的合理的取值范围, 沿每一个剩余曲率所确定的曲线分别计算相干值, 在众多的取值中, 只有反应不同偏移距数据的偏移深度之间真实关系的那个剩余曲率才应该具有最大的相干值。此外在真实的点对 (ξ, η) 附近计算的相干值也有一定的量级, 因此在相干谱上通常表现为能量团的形式。相干谱中的拾取就是拾取主要反射层位的能量团上相干值最大的点。

简言之, 在 RCA 偏移速度分析中, 相干谱就是针对共成像点道集, 在给定的零偏深度点 ξ 采用很多剩余曲率值 r 沿式 (1) 确定的曲线计算相干值, 将该相干值放在 (ξ, η) 点对所在位置上生成的图形。

在相干谱的生成过程中, 相干值的计算非常重要。不同的相干值计算方式将对相干谱产生很大的影响。作者首先采用了国外开发的 SU (Seismic Unix) 软件包中相干计算方式, 以下简称为 SU 公式, 其计算公式如下:

假设数据序列有 n 个值, 分别为 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 用 S_{em} 来表示相干值, 则 SU 的相干值是按下式计算的:

$$S_{em} = (\sum_i x_i)^2 / n \sum_i x_i^2 \tag{2}$$

对图 1 按照上式求取的相干谱如图 2 所示。从图 1 中可以看出, 在共成像点道集中有 4 个主要反射层位, 因此变换到相干谱域后应该有 4 个集中于剩余曲率零线上的大的能量团。而在图 2 中, 能量团非常不集中, 而且也不能突出主要反射层位, 在这样的相干谱上拾取 (零偏深度, 剩余曲率) 点对会引起很大的误差, 并导致在后续の利用拾取值求取速度校正量时也会引起很大的误差。

仔细研究发现, 出现这种现象的根源在于 SU 相干计算公式对幅度的不敏感性, 从公式 (2) 中可以看出, SU 的相干计算公式中只要沿曲线信息的一致性较强而无论值的大小, 得到的相干值差别就不大。这就导致了能量很小的信号和能量很强的信号产生的相干值之间差别很小。而在实际地震资料中, 由于数据本身的带限问题, 以及处理过程中

引入的一些滤波效应, 在叠前深度偏移后抽出的共成像点道集中经常会带有很多小幅度的成分。这些后天引入的小幅度成分和数据中原本就存在的弱信号, 导致了利用 SU 的相干公式得到的相干谱中存在很多虚假的现象 (如图 2 所示)。

既然问题的根源在于 SU 的相干公式对幅度的不敏感性, 因此解决的方法就必须使相干值的计算中反映幅度的信息。基于“使相干值的大小反映信号的能量 (幅度)”的思想, 本文采用“幅度归一化”的方式, 在 SU 相干计算公式的基础上进行了改进, 改进后的相干谱的计算分 3 步进行:

(1) 按照 SU 公式计算相干值, 同时记录每一序列上所有点的值的和的绝对值。

$$S_{em}' = (\sum_i x_i)^2 / n \sum_i x_i^2 \tag{3}$$

$$S_u = \left| \sum_i x_i \right| \tag{4}$$

(2) 在对所有的深度样点和所有的剩余曲率参数计算出曲线上振幅和的绝对值之后, 寻找其中的最大值, 记为:

$$S_{u_{max}} = \max(S_u) \tag{5}$$

(3) 对 SU 的相干谱利用最大值进行归一化:

$$S_{em} = S_{em}' \frac{S_u}{S_{u_{max}}} \tag{6}$$

这样处理之后, 相干值仍然是一个无量纲的量, 值域仍然为 $(0, 1)$ 。但对相干谱进行幅度归一化后, 则相干值的大小也正比于数据的幅度, 因此弱干扰以及弱信号产生的相干值大大减小 (见图 3), 与图 2 比较, 能量团更集中, 也更能突出主要反射层位。

3 结 论

RCA 偏移速度分析是速度求取的重要方法, 在该方法中, 相干谱是反映速度是否准确以及确定速度更新量的重要工具。在相干谱上拾取的精度直接决定了速度更新量求取的精度, 因此要求相干谱中的能量团要具有一定的集中度和分辨率。本文研究发现 SU 地震处理软件包中的相干公式对于强弱信号没有足够的区分度, 因此在相干谱中产生了很多虚假的信息, 很难达到集中度和分辨率的要求。本文在该方法的基础上, 基于“使相干值大小反映信号幅度”的思想, 采用了“幅度归一化”的方式进行改进, 使利用改进后的公式得到的相干谱中能量团的集中度和分辨率更高, 因而可以提高拾取的精度。

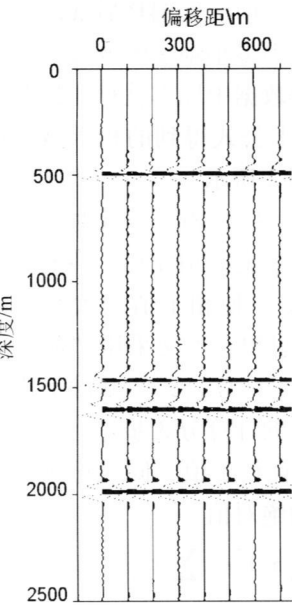


图 1 偏移之后抽出的共成像点道集
Fig. 1 Common CIP gather extracted after prestack depth migration

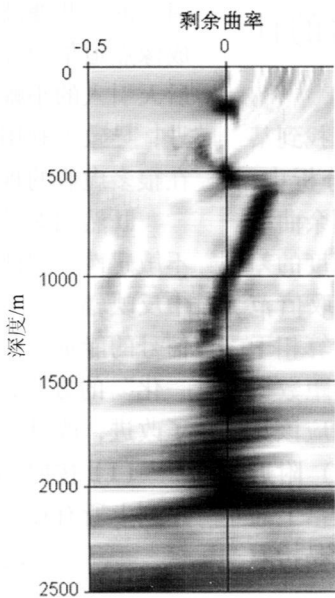


图 2 用 SU 公式得到的相干谱
Fig. 2 Semblance spectrum obtained using SU calculation formula of semblance

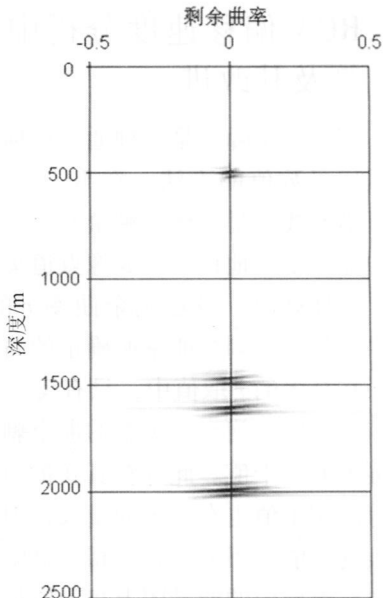


图 3 用本文改进后的公式得到的相干谱
Fig. 3 Semblance spectrum obtained using modified calculation formula of semblance

参考文献:

[1] 王 俊 茹. 工程与环境地震勘探技术[M]. 北京: 地质出版社, 2002 76—82

[2] LIU Z Y. An analytical approach to migration velocity analysis[J]. Geophysics, 1997 62(4): 1238—1249

Modified Method of Semblance Calculation
in RCA Migration Velocity Analysis

CHENG Gu, ZHANG Bao-jin

(1. Department of Earth Sciences, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;
2. Guangzhou Marine Geological Survey, Guangzhou 510760, China)

Abstract: Semblance spectrum is the important tool to judge whether the migration velocity is correct or not and obtain the velocity update amount in residual curvature migration velocity analysis. However, if the semblance formula of SU is used to generate semblance spectrum, then the semblance spectrum has no enough resolution ability in respect of strong signals and weak signals, thus the correct degree of picking on the semblance spectrum is decreased. In this paper, modification is made using the method of amplitude normalization, based on the thought that the amount of semblance must be proportional to the energy (amplitude) of signal, the semblance spectrum obtained using modified formula has more concentrated energy and clearer image of major interfaces, thus the correct degree of picking on the semblance spectrum is enhanced.

Key words: migration velocity analysis; semblance spectrum; calculation method