

· 处理方法 ·

道均衡抛物线 Radon 变换法地震道重建

王维红* 高红伟 刘 洪

(中国科学院地质与地球物理研究所)

摘 要

王维红,高红伟,刘洪.道均衡抛物线 Radon 变换法地震道重建.石油地球物理勘探,2005,40(5):518~522,560

基于抛物线 Radon 变换地震道重建(PRT)的基本原理和傅里叶变换频谱的基本性质,本文提出了迭代加道均衡抛物线 Radon 变换(BPRT)方法,把道均衡技术和带限 PRT 法有机地结合起来,不仅大大提高了缺失地震道插值重建的计算效率,而且成功运用于叠前地震资料的反假频重采样处理中。此法与传统最小二乘抛物线 Radon 变换法相比,其计算精度相同,且计算效率大约提高了5倍。理论模型试算与实际地震资料处理证明该方法具有精度高、效率高的特点。

关键词 抛物线 Radon 变换(PRT) 迭代 道均衡 地震道重建 快速算法

1 引言

由于地震资料采集的孔径效应以及检波器可能出现的故障,在采集的数据体中常常出现野值道或道缺失情况。地震道的缺失对于波动方程叠前深度偏移和基于波动方程的表面多次波的衰减等多道信号处理的影响很大^[1,2]。针对这一问题,近年来发展了不同的波场外推方法,如趋势样条插值法、预测误差滤波法、非均匀傅里叶变换法等^[3,4]。Trad 和 Sacchi 应用高分辨率技术重构地震道^[5~7],但是该方法需要进行大矩阵求逆,计算效率低。

Hampson 曾于 1986 年提出近似双曲线的方法^[8];Sacchi 等认为抛物线 Radon 变换法(PRT)可以用于分频计算^[9],所求解的矩阵阶数少,计算效率高,几乎不需要任何地下地质信息,并且其精度较高,易于实现,因此得到较为广泛的应用。Darche 用抛物线 Radon 变换进行地震道的道间插值^[10]。Kabir 等用 PRT 法进行近炮检距和中炮检距的插值以及地震资料的反假频重采样^[11],Kabir 的方法大约要迭代 25 次,计算效率低。面对海量的地震数据,提高计算效率、缩短地震资料处理的周期是目前

急需解决的难题。本文在 Kabir 方法的基础上提出了迭代加道均衡抛物线 Radon 变换法(BPRT),该方法仅需要迭代 5 次,可以有效地提高缺失地震道插值重建的计算效率。

2 最小平方抛物线 Radon 变换的基本原理

2.1 最小平方抛物线 Radon 变换的基本原理

离散抛物线 Radon 变换由 Hampson 于 1986 年提出,其直接的正变换形式为

$$m(q, \tau) = \sum_{n=1}^N d(x_n, t = \tau + qx_n^2) \quad (1)$$

其中: $d(x_n, t)$ 为 $x-t$ 域 CMP 道集数据体,共有 N 道地震数据; x_n 为炮检距; $m(q, \tau)$ 为抛物线 Radon 域的模式空间; τ 为零炮检距截距时间; q 是抛物线曲率参数。

对式(1)进行傅里叶变换后,对每一个频率成分在频率域用如下公式

$$M(q, \omega) = \sum_{n=1}^N D(x_n, \omega) e^{i\omega qx_n^2} \quad (2)$$

计算抛物线 Radon 变换。式中, $M(q, \omega)$ 和 $D(x_n, \omega)$ 分别为 $m(q, \tau)$ 和 $d(x_n, t)$ 对应的傅里叶变换。式(2)

* 北京朝阳区德外祁家豁子中国科学院地质与地球物理研究所 9825 号油储组,100029

本文于 2004 年 11 月 24 日收到。

本项目由中国科学院知识创新工程项目(KZCX1-SW-18)资助。

的反变换为

$$D(x_n, \omega) = \sum_{n=1}^{N_q} M(q_i, \omega) e^{-i\omega q_i x_n^2} \quad (3)$$

式中 N_q 为曲率参数的采样数, 参数 q_i 的表达式为

$$q_i = q_0 + \Delta q(i - 1) \quad i = 1, N_q \quad (4)$$

其中: Δq 为曲率参数的采样间隔; q_0 为初始曲率数值。式(3)可写为如下的矩阵形式

$$d = Lm \quad (5)$$

L 为线性算子, 其表达式为

$$L_{n,i} = e^{-i\omega q_i x_n^2} \quad (6)$$

式中: m 和 d 分别是模型空间和数据空间的向量。

在实际应用中, 为了获得更好的道重建效果以及在 Radon 域得到更高的分辨率, 采用如下的最小平方法进行抛物线 Radon 正变换

$$m = (L^H L + \mu I)^{-1} L^H d \quad (7)$$

其中: L^H 是矩阵 L 的共轭转置; I 为单位矩阵; μ 为控制因子。

矩阵 $(L^H L + \mu I)$ 具有托布利兹结构, 所以式(7)可用 Levinson 递推算法来求解^[7,10]。计算时, 参数 μ 取为 $L^H L$ 矩阵主对角线数值的 0.01 倍。

2.2 抛物线 Radon 变换离散采样

为避免出现假频现象, 在进行 Radon 变换计算时要进行合理离散采样。本文计算时采用 Kabir 给出的如下 Radon 域曲率参数 q 采样

$$\Delta q \leq \frac{1}{x_{\max}^2 f_{\max}} \quad (8)$$

最大的曲率范围为

$$q_{\max} \leq \frac{1}{(2x_{\max} \Delta x) f_{\max}} \quad (9)$$

其中: f_{\max} 是地震资料的最高频率; x_{\max} 是最大偏移距; Δx 为道间距。

3 迭代加道均衡方法的基本原理

据信号傅里叶频谱的基本性质可知, 给定一个

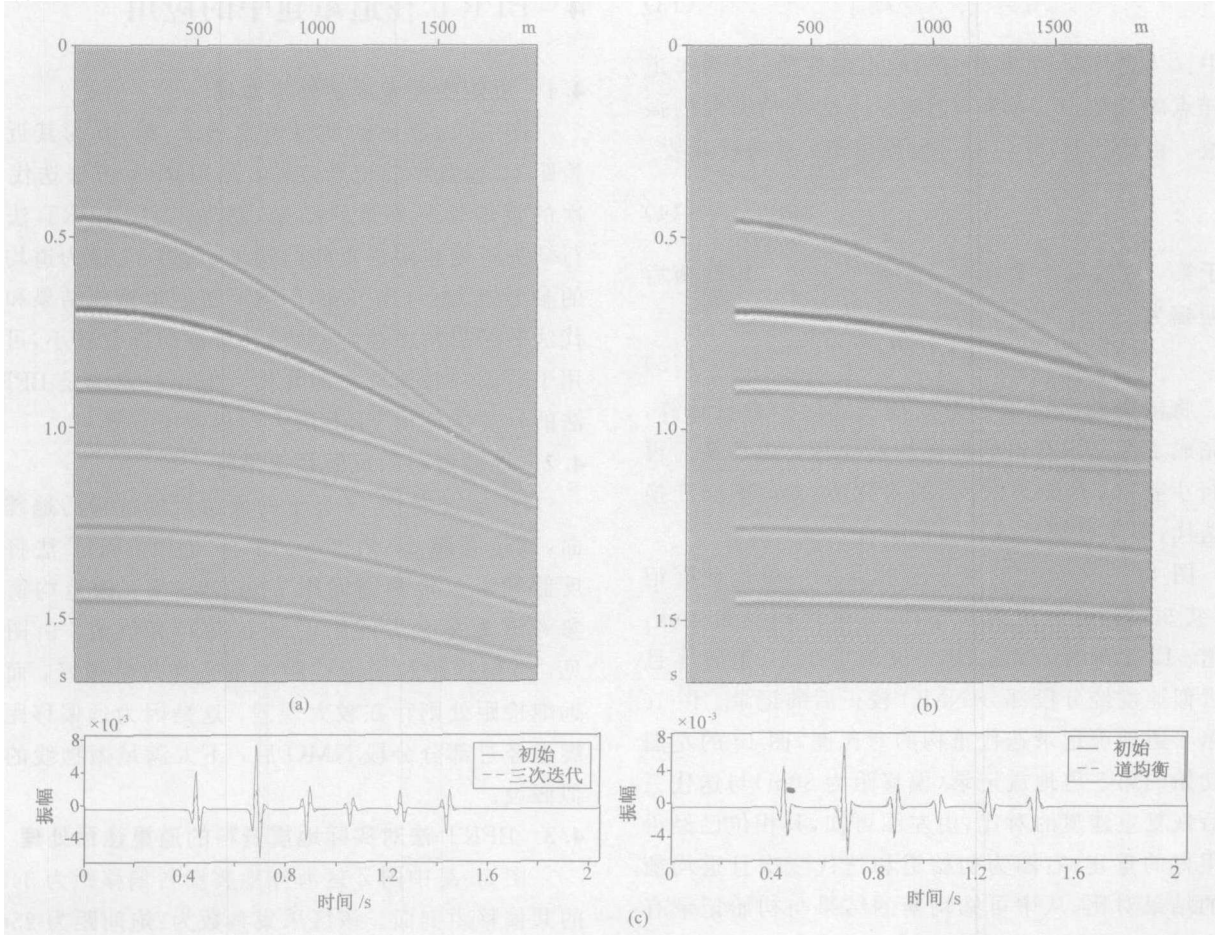


图 1 原始理论地震剖面及恢复缺失单道的对比图

(a) 水平层状介质的单炮模拟记录; (b) 部分 NMO 后且近偏移距 10 道置零的剖面; (c) 迭代三次后的单道记录及道均衡后的道记录的对比

信号 $x(t)$, 设其频谱为 $X(\omega)$, 即

$$x(t) \leftrightarrow X(\omega) \quad (10)$$

若信号放大或缩小 c 倍, 则其频谱也要同样乘以 c 倍, 即

$$cx(t) \leftrightarrow cX(\omega) \quad (11)$$

在缺失地震道重建的迭代过程中, 初步迭代得到的结果和模拟道之间有很好的相似性, 其相位谱已经得到很好的恢复, 振幅谱存在一个近似的比例系数的差异, 所以应用傅里叶变换的基本性质, 进行迭代中加权可以提高计算效率。

本文根据傅里叶变换的基本原理, 并结合在计算中利用道间均衡技术可提高计算效率的事实^[12], 定义离缺失道最近道的平均振幅为

$$A = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |f_{\text{const},j}| \quad (12)$$

设部分恢复道的每道平均振幅是

$$A_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N |f_{i,j}| \quad (13)$$

其中: i 为道序号; j 为道内采样点的序号; N 为每道采样点的总数; $f_{i,j}$ 为第 i 道第 j 点的道均衡前的振幅值。由式(12)、式(13)可以得出第 i 道的权系数

$$W_i = \frac{A}{A_i} \quad (14)$$

对于第 i 道的每个采样点, W_i 是个常数。则均衡后的振幅为

$$F_{i,j} = W_i \cdot f_{i,j} \quad (15)$$

将缺失的所有道的振幅都按式(15)进行计算, 就完成了部分恢复道的振幅均衡计算。道均衡后再进行少量次(一般为两次)的带限 Radon 正反变换的迭代, 即完成缺失地震道的重建。

图 1a 为一合成的水平层状介质的单炮地震记录, 共 96 道, 道间距为 20m, 时间采样间隔为 4ms, 每道 512 个采样点; 图 1b 为近炮检距 10 道置零且用近似速度经分段部分 NMO 校正后的记录。图 1c 为第 5 道地震记录迭代重构的对比图, 图 1c 的左图为初始的第 5 道地震记录(偏移距为 80m)与迭代三次后恢复重建道的对比, 由左图可知, 其相位已经得到很好的重建; 右图为初始道和迭代三次且道均衡后的结果对比, 从中可知均衡的结果与初始记录有较小的误差。

图 2 为第 5 道原始、迭代三次和道均衡后的振

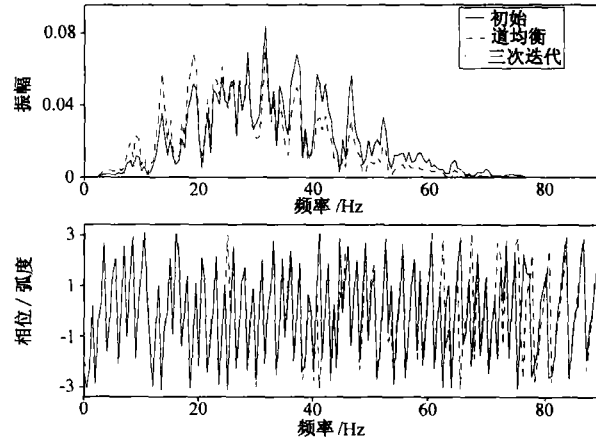


图 2 迭代三次且加权以后恢复地震道和理论模拟道的频谱对比图

幅谱和相位谱比较结果。由频谱图可知, 其相位谱在迭代三次后已经得到很好的恢复, 经道均衡后其振幅谱也比较接近原始的振幅谱。

4 BPRT 在道重建中的应用

4.1 近炮检距地震道外推重建

图 3a 为原始的地震模拟记录, 图 3b 为其近炮检距 10 道置零的记录, 图 3c 是用 PRT 方法迭代 25 次的近炮检距外推的结果, 图 3d 为用 BPRT 法进行缺失近炮检距道重建的结果, 选第 11 道为道均衡的参考道。由对比可知, BPRT 法的道重建结果和迭代法的结果精度基本一致, 其重建的误差较小, 可以用于后续的叠前资料的处理。值得注意的是 BPRT 法的计算速度比 PRT 法大约提高了 5 倍。

4.2 地震资料的反假频重采样

图 4a 是将图 1a 显示的原始数据抽稀的地震剖面, 其道间距 d_x 为 80m, 图 4b 是用 BPRT 法将其反假频重采样为道间距 20m 的结果, 做道均衡的参考道为每个大间距的最右端的有值道。由图可见, 近炮检距和中炮检距的重采样效果很好, 而在远炮检距处则存在较大误差, 这是因为远偏移距地震道经过部分分段 NMO 后, 不太满足抛物线的近似假设。

4.3 BPRT 法对实际地震资料的道重建预处理

图 5a 是中国 Z 区海洋地震资料偏移距为 345m 的共偏移距剖面。该区采集参数为: 炮间距为 25m; 道间距为 25m; 每炮 120 道接收; 时间采样率为 4ms; 最小炮检距为 345m; 道记录长度为 4s。由于炮

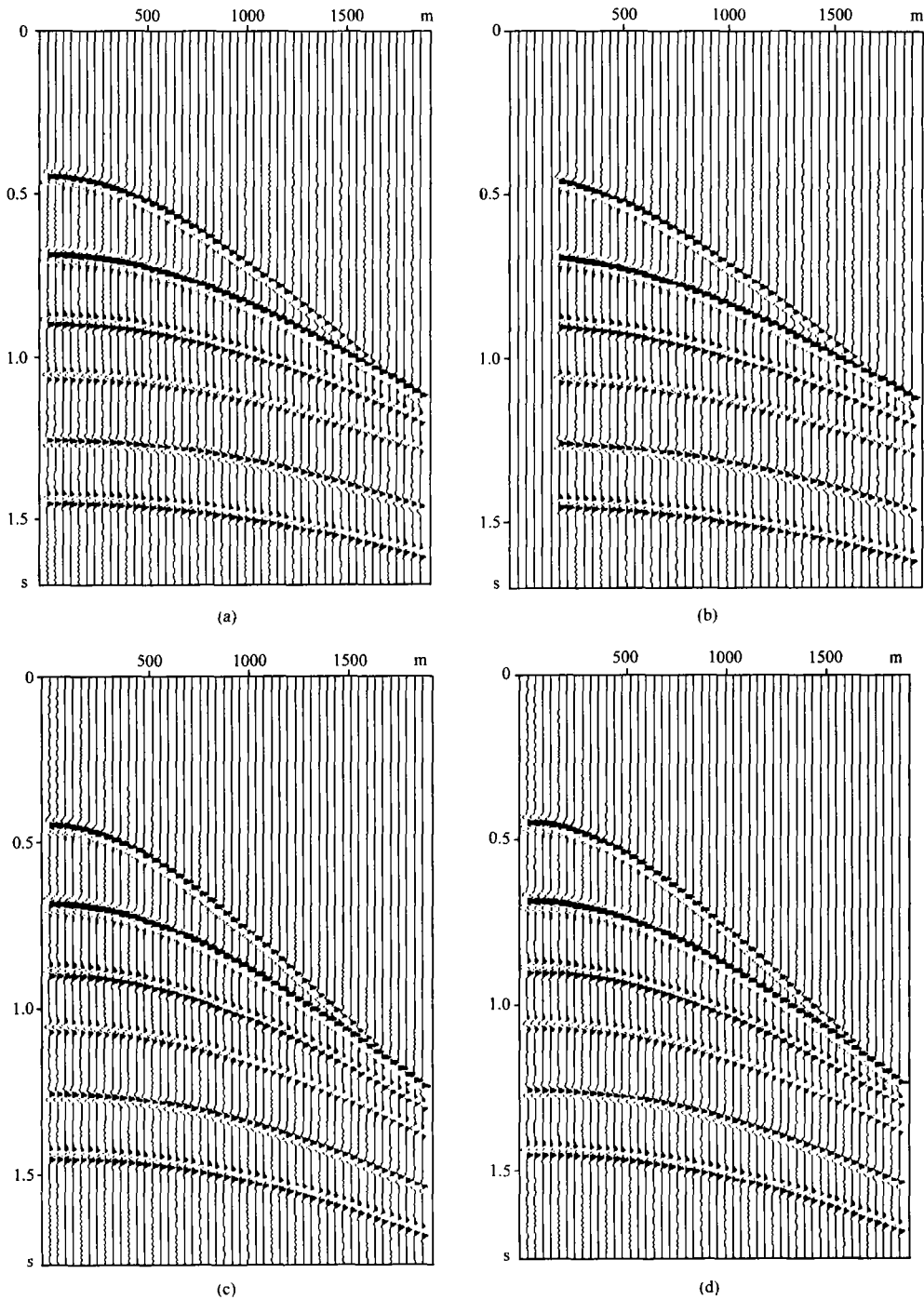


图 3 BPRT 法和 PRT 法地震道重建效果对比图

(a)水平层状介质合成的理论模拟记录;(b)图 3a 近炮检距 10 道置零的剖面;
(c)PRT 法近炮检距外推的地震记录;(d)BPRT 法近炮检距外推的地震记录

记录近炮检距缺失 14 道,抽取该数据体的一条 In-line 线,包含 500 个炮记录。

将该记录抽成 CMP 道集后做近似 NMO,用 BPRT 法进行缺失道重建,再做反变换后抽成偏移距为零的共偏移距剖面如图 5b 所示。对比两个共

偏移距剖面可知,重建结果可以用于随后的叠前处理。

对于取定的数据体,用 PRT 法和 BPRT 法进行了计算效率的对比。由图 6 可知,PRT 法的计算时间大约是本文给出的 BPRT 法的 4.85 倍。

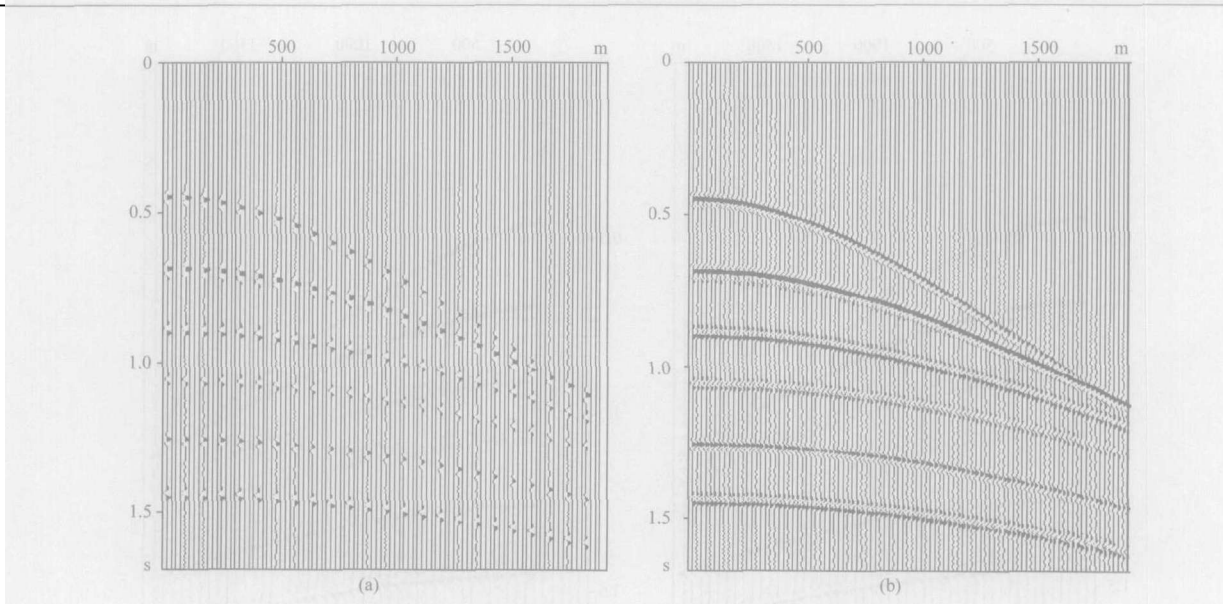


图 4 BPRT 法地震资料的反假频重采样前后效果对比
(a)道间距为 80m 的地震炮记录,(b)BPRT 法重采样为道间距 20m 的记录剖面

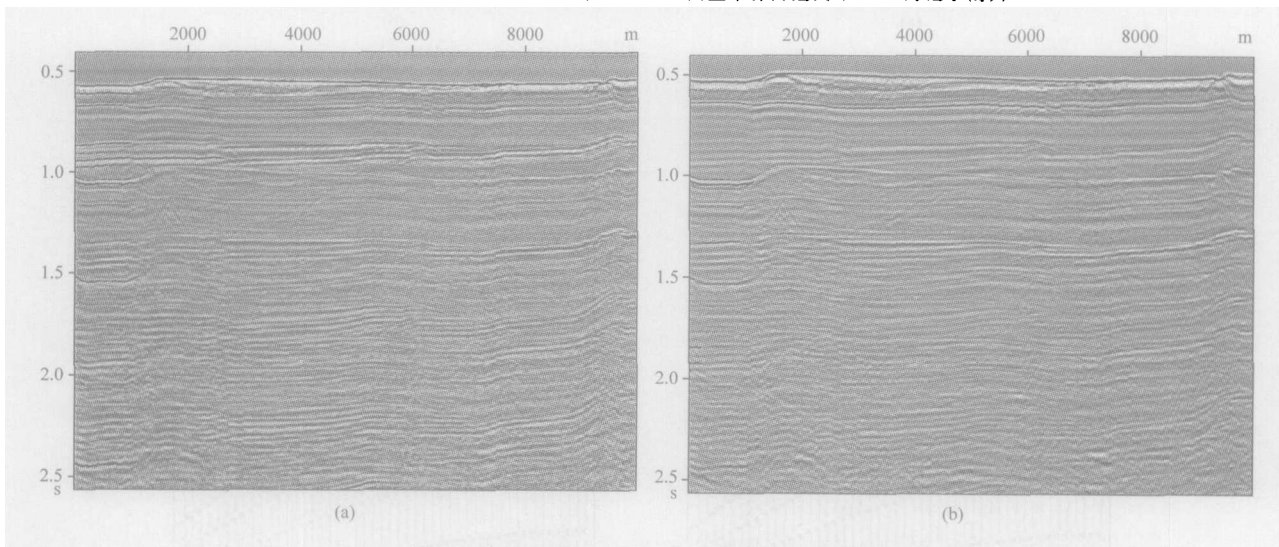


图 5 中国 Z 区海洋资料的地震道重建效果图
(a)偏移距为 345m 的共偏移距剖面,(b)BPRT 法进行道重建的偏移距为零的共偏移距剖面

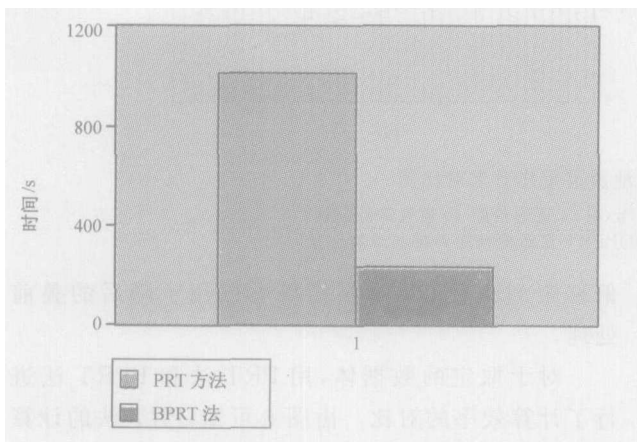


图 6 CPU 计算时间和效率对比图

5 结论

基于傅里叶变换的基本性质和道间均衡的基本原理,本文提出了 BPRT 法,即把道均衡技术和带限 PRT 法有机地结合起来。理论数据和实际资料均证明了 BPRT 法具有高效率的特点。对于缺失的地震数据,一般迭代两次可以得到很好的相位恢复,而其低频成分恢复得更快。本文的迭代加道均衡抛物线 Radon 变换法(BPRT)能大大提高计算效率,进

(下转第 560 页)

旋回的符合率有时还不能达到令人满意的程度。需要配合其他手段,并通过对各种类型陆相盆地中更广泛地应用和验证,以寻找到更具规律性的认识。此外,对岩性共振或厚度调谐作用的机理和影响要作更深入的研究。

参 考 文 献

- [1] 李庆忠. 走向精确勘探的道路. 北京:石油工业出版社,1994
- [2] 邓宏文. 高分辨层序地层学在石油勘探开发中的应用. 武汉:中国地质大学出版社,2003
- [3] 徐怀大等编著. 从地震地层学到层序地层学. 北京:石油工业出版社,1997
- [4] 黄真萍等. 薄层地震属性参数分析和厚度预测. 石油物探,1997,36(3):29~38
- [5] 凌云项目组. 基本地震属性应用研究. 石油地球物理勘探,2003,38(6):642~653
- [6] 李勤学等. 薄层地震响应分析及识别技术. 世界地质,1999,18(4):94~93
- [7] 杜世通. 地震层序模型与地震高分辨率处理. 油气勘探进展丛书,勘探家,1998,3(3):17~23
- [8] 夏竹等. 利用地震频率属性识别、划分陆相盆地多期时频层序——以松辽盆地乾西北下白垩统青山口组—姚家组为例. 石油地球物理勘探,2004,39(6):730

- ~738
- [9] 穆申. 地震、测井及其它地球物理资料的构造层序解释讲课提纲. 石油大学(华东)物探教研室,1992
- [10] 张玉芬. 薄互层地震反射特征研究. 武汉:中国地质大学出版社,2002
- [11] 杜世通. 地震技术识别和描述超薄储层的潜力与局限. 高级技术专家文集(内部),中油集团地球物理勘探局,2002,231~243
- [12] R E 谢里夫, L P 吉尔达特著;初英等译. 勘探地震学. 北京:石油工业出版社,1999
- [13] Mecke L D and Nath A K. Geologic considerations for stratigraphic modeling and interpretation. In: C E Payton ed, Seismic Stratigraphy — Applications to Hydrocarbon Exploration, AAPG Memoir 26, 1977, 417~438
- [14] Mahradi. Physical modelling studies of thin beds. M Sc Thesis, University of Houston, 1983
- [15] 张会星. 双相介质中地震波场正演及油气预测技术研究[博士学位论文]. 北京:中国矿业大学,2004
- [16] 牟永光. 石油地震物理模型与应用研究. 高级技术专家文集(内部),中油集团地球物理勘探局,2002,177~215
- [17] 印兴耀等. 联合时频分布及其属性应用. 石油地球物理勘探,2003,38(5):522~527

(本文编辑:冯小球)

(上接第 522 页)

而缩短地震资料预处理的周期,而且可以和传统的最小二乘抛物线 Radon 法相比,其道重建的效果已经达到地震资料预处理的精度要求。

参 考 文 献

- [1] Berkhout A J. Seismic Migration, Practical Aspects. Development in Solid Earth Geophysics, 14B. Elsevier Science Publishing Co, 1984
- [2] Verschuur D. Surface-related multiple elimination, an inversion approach. Ph. D. thesis, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, 1991
- [3] Spitz S. Seismic trace interpolation in F-X domain. Geophysics, 1991, 56(6):785~794
- [4] Duijndam A J W et al. Reconstruction of seismic signals, irregularly sampled along one spatial coordinate. Geophysics, 1999, 64(2):524~538
- [5] Trad D et al. Accurate interpolation with high-resolution time-variant radon transforms. Geophysics, 2002, 67, (2):644~656

- [6] Trad D et al. Latest views of the sparse radon transform. Geophysics, 2003, 68(1):386~399
- [7] Sacchi M et al. Fast high resolution parabolic radon transform. Expanded Abstracts of 69th SEG Mtg, 1999, 1477~1480
- [8] Hampson D. Inverse velocity stacking for multiple elimination. Journal of the Canadian Society of Exploration Geophysicists, 1986, 22(1):44~55
- [9] Sacchi M et al. High-resolution velocity gather and offset space reconstruction. Geophysics, 1995, 60(4):1169~1177
- [10] Darche G. Spatial interpolation using a fast parabolic radon transform. Expanded Abstracts of 60th SEG Mtg, 1990, 1647~1650
- [11] Kabir M M N et al. Restoration of missing offsets by parabolic Radon Transform. Geophys Prosp, 1995, 43:347~368
- [12] 黄德济等. 地震勘探资料数字处理. 北京:地质出版社,1989

(本文编辑:金文昱)

作者介绍

- 尹成** 教授,1965年生;1986年获合肥工业大学勘查地球物理专业学士学位;1993年获西南石油学院煤田、油气地质与勘探专业硕士学位;1997年获成都理工学院应用地球物理专业博士学位;主要从事非线性随机最优化方法、高阶统计量方法、地震属性分析技术及三维地震采集设计等方面的研究和工 作。
- 曹务祥** 高级工程师,1955年生;1982年毕业于华东石油学院物探专业,获学士学位;1996年获石油大学物探专业硕士学位,长期从事地震资料处理方法研究和采集方法研究工作。现在东方地球物理勘探公司采集技术支持部从事可控震源采集方法研究和技术支持工作。
- 刘洋** 副教授,1972年生;1993年毕业于江汉石油学院物探专业,1998年获石油大学(北京)应用地球物理专业博士学位;现在石油大学(北京)资源与信息学院从事多波多分量地震勘探方法、VSP三分量地震勘探方法研究工作和相关教学工作。
- 何兵寿** 博士,1973年生;2002年毕业于石油大学(北京)地球探测与信息技术专业,获博士学位,2005年中国矿业大学(北京)博士后出站,现在中国海洋大学地球科学学院从事多波成像与反演方法研究。
- 陈双全** 助理工程师,1975年生;1999年毕业于大庆石油学院应用地球物理专业,获学士学位;现在石油大学(北京)攻读博士学位,主要从事储层及油气预测方法研究。
- 王维红** 1975年生;1999年毕业于大庆石油学院应用地球物理专业,获学士学位;2002年毕业于大庆石油学院地球探测与信息技术专业,获硕士学位;现在中国科学院地质与地球物理所攻读博士学位,主要从事勘探地球物理资料数字处理的研究。
- 张繁昌** 副教授,1972年生;1994年和1998年分别获得石油大学(华东)应用地球物理学士和硕士学位;一直从事地球物理反演方法、信号处理、地震属性和地震波动力学等方面的研究,参与十余项科研课题,发表论文多篇。现在石油大学(华东)从事地球物理勘探方面的教学和科研工作。
- 邓继新** 博士,1974年生;2003年毕业于北京大学地球与空间学院构造地质学专业,获博士学位;主要从事储层地球物理、岩石地球物理等方面的研究工作,发表论文十余篇。现在成都理工大学信息工程学院从事教学和科研工作。
- 吴国忱** 副教授,1965年生;1987年毕业于长春地质学院应用地球物理系石油物探专业,获学士学位;1996年毕业于石油大学(华东)应用地球物理专业,获硕士学位;现在同济大学固体地球物理专业攻读博士学位,主要研究各向异性介质地震波传播与成像。
- 田钢** 教授,1959年生;1982年毕业于长春地质学院物探系石油与天然气地球物理勘探专业,获学士学位;1995年毕业于英国 Durham 大学地质科学系,获博士学位;现在浙江大学理学院地球科学系工作,主要研究方向为高分辨石油地震勘探、工程与环境地球物理调查。曾获省部级科技奖励两项,发表文章 50 余篇,其中被 SCI、EI 和 ISTP 三大检索机构收录和检索的文章 10 多篇。
- 夏竹** 高级工程师,1964年生;东方地球物理公司科技带头人,1984年毕业于安徽理工大学煤田地质与勘探专业,获学士学位;1991年获成都理工大学地球科学系硕士学位;现在中国地质大学(北京)地球物理及信息技术学院攻读地球探测与信息技术专业博士学位。主要从事地震资料高分辨率层序地层学解释方法研究。先后在国内外各类核心期刊、杂志、(SEG、IPTC)上公开发表学术论文 15 篇,合作出版专著两部。
- 李廷辉** 工程师,1971年生;1995年毕业于石油大学(北京)综合勘探专业,获学士学位;现在东方地球物理公司研究院大港分院从事地震资料解释及综合地质研究工作。
- 蒋恕** 博士,1976年生;2000年毕业于中国地质大学(武汉)石油工程专业,获学士学位;2005年获同校矿产普查与勘探专业博士学位;现在中海油研究中心从事油气勘探开发方面的研究,发表论文 17 篇。
- 陈浩林** 高级工程师,1969年生;1991年毕业于中国地质大学(武汉)地球物理专业,获学士学位;2001年毕业于石油大学(北京)地球物理专业,获工程硕士学位,现在东方地球物理公司海上勘探事业部从事地震资料采集、处理方法及理论研究;同时在中国矿业大学(北京)攻读地球物理专业博士学位。
- 曾正明** 高级工程师,1962年生;1985年毕业于江汉石油学院石油物探专业,获学士学位;1998年毕业于中国地质大学石油地质专业,获硕士学位;现在东方地球物理公司物探技术研究中心从事地震资料野外采集、综合解释、解释技术方法等研究工作。
- 李云** 高级工程师,1962年生;1984年毕业于江汉石油学院勘探系物探专业,获学士学位;2000年毕业于石油大学,获硕士学位;长期在江苏油田从事勘探综合研究与技术管理工作。
- 姜秀娣** 博士,1977年生;2000年毕业于石油大学(北京)地质工程专业,获学士学位;2005年获石油大学(北京)地质资源与地质工程博士学位;现在中海油研究中心从事地震反演方面的研究。
- 张研** 高级工程师,1961年生;1984年毕业于华东石油学院物探专业,获学士学位;现在中国石油勘探开发研究院石油物探技术研究所主要从事地震资料解释及石油地质综合评价。
- 王志刚** 工程师,1971年生;1996年7月毕业于中国地质大学(武汉)应用地球物理系应用地球物理专业,获学士学位;2004年7月毕业于中国地质大学(北京)地球物理与信息技术学院地球探测与信息技术专业,获工学硕士学位;现在中国地质大学(北京)地球物理与信息技术学院地球探测与信息技术专业攻读博士学位;主要从事井地电法和大地电磁三维正反演方面的研究工作。
- 张凤旭** 讲师,1969年生;1995年毕业于长春地质学院应用地球物理专业,获学士学位;现在吉林大学地球探测科学与技术学院攻读固体地球物理专业博士学位;同时在该院重磁教研室从事重磁勘探教学及物探数据处理研究工作,发表论文十余篇。
- 云美厚** 副教授,1965年生;2001年毕业于中国地质大学(北京)地球探测与信息技术专业,获博士学位;曾在大庆石油学院从事教学与开发地震研究工作,发表论文 20 余篇;现在胜利油田物探公司工作。
- 谢占安** 高级工程师,1961年生;1980年毕业于江汉石油学院石油地质专业,长期从事地震资料综合解释与物探技术管理工作,现在中国石油冀东油田公司勘探开发研究院从事科研管理工作;同时在中国科学院地质与地球物理研究所攻读固体地球物理学博士学位,研究方向为地震属性分析与油藏描述。

point (CMP) changes with such factors as ratio of P- and S-wave velocities, depths and offsets, which can't use fixed gathers to conduct analysis of converted wave velocity, whereas use different gathers to conduct velocity analysis when ratio of velocities and depths change. The paper presented a method of analysis of converted wave velocities that sorts traces dynamically along with the variation of ratio of velocities and depths of converted points, which realizes the correspondence of sweeping stack velocities and depths of converted points with common converted point gathers. It is shown by theoretical model and real seismic data that the method is effectiveness.

Key words: seismic exploration, converted wave, CCP gather, velocity analysis

He Bing-shou, Geo-Science Faculty, China Marine University, No. 5, Yushan Road, Qingdao City, Shandong Province, 266003, China

Seismic data interpolation based on signal hi-fi. **Chen Shuang-quan, Wang Shang-xu and Ji Min.** *OGP*, 2005, 40(5): 515~517

In a process of seismic data processing, it needs interpolation processing of seismic data when hi-fi static corrections and NMO processing are carried out, so how to select interpolation method adapted for hi-fi seismic signal is important. The paper uses Sinc function interpolation algorithm for interpolation of seismic data. The paper analyzes the superiority of Sinc function in seismic data interpolation and introduces the implementing method of Sinc function interpolation. It is shown by test and analysis of real model cases that using Sinc interpolation method can reduce the signal damage caused by interpolation and protect original seismic signal information.

Key words: signal hi-fi, Sinc function, interpolation, sampling

Chen Shuang-quan, Key Laboratory of Geophysical Prospecting (CNPC), University of Petroleum, Beijing City, 102249, China

Seismic trace reconstruction by trace equalization parabolic Radon transform. **Wang Wei-hong, Gao Hong-wei and Liu Hong.** *OGP*, 2005, 40(5): 518~522, 560

Based on the basic principle of seismic trace reconstruction by parabolic Radon transform (PRT) and basic nature of Fourier transform spectrum, the paper presented iteration plus trace e-

qualization parabolic Radon transform method that combines the trace equalization technique with band-limited PRT method, which not only greatly improves computational efficiency of interpolation reconstruction of missing seismic trace, but also is successfully used for anti-alias re-sampling processing in prestack seismic data. In comparison with traditional least square parabolic Radon transform, the method has equal computational precision but the efficiency increases by a factor of about 5. The theoretical model test and real seismic data processing showed that the method is characteristic of high precision and high efficiency.

Key words: parabolic Radon transform (PRT), iteration, trace equalization, seismic trace reconstruction, rapid algorithm

Wang Wei-hong, Oil Reservoir Group, Geologic and Geophysical Institute, Chinese Academy of Sciences, Beijing City, 100029, China

Elastic wave equation inversion of seismic data in layered half-space. **Zhang Fan-chang and Yin Xing-yao.** *OGP*, 2005, 40(5): 523~529

Because prestack seismic data contain abundant both P-wave and S-wave information that are close relative to lithology, so more abundant and effective lithologic information can be obtained from inversion of prestack data in comparison with from ordinary poststack impedance inversion. Since propagating regularity of seismic wave in layered elastic half-space has condition simulating common AVO analysis, so a method based on elastic wave equation can be adopted to synthesize prestack records. The paper deduced the reflection formula formed by spherical wave in layered half-space that contains spreading effects of waveform, S-wave reflections in layered strata and reflections from free surface; taking the forward simulating algorithm as a basis, a set of prestack elastic wave equation inversion methods was built up, among which the solution of inversion problem was finished by genetic algorithm. The real implement of genetic algorithm was designed totally according to prestack inversion that is a certain optimized non-linear multi-parameters problem in order to effectively search optimum strata parameters. The P- and S-wave velocities and densities computed from prestack elastic wave inversion can be used to compute lithologic physical parameters such as Poisson ratio, elastic modulus etc., providing new tool for identifying fluid content in reservoir pores.