

文章编号: 1671-8585(2008)05-0363-05

基于地表直接偏移技术的山区复杂构造成像

方伍宝, 朱海波, 潘宏勋, 徐 颖

(中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院南京石油物探研究所, 江苏南京 210014)

摘要: 针对山区复杂构造成像质量低的问题, 在我国南方山区进行了起伏地表直接叠前偏移方法试验。试验区构造上属于川东断褶带, 地表切割剧烈, 接收条件较差; 深层三叠系下统嘉陵江组地层褶皱严重, 反射系数极不稳定, 反射同相轴连续性较差, 地震成像难度大。在精细叠前道集处理的基础上, 利用自主开发的起伏地表直接叠前时间偏移技术, 对试验区约 70 km² 的三维地震资料进行了偏移处理, 使得负向构造区偏移成像的质量较常规偏移成像结果有一定的提高。

关键词: 直接偏移技术; 复杂地表; 负向构造; 成像技术应用

中图分类号: P631.4

文献标识码: A

1 试验区简介

1.1 试验区位置

试验区位于我国南方山区, 地表有多座海拔 1 000 m 以上的山峰, 东部、北部和西部山势较陡, 中部和南部山势较缓。图 1 为地表高程分布图, 其中兰色线所示区域为起伏地表直接偏移成像处理方法试验区。

试验区构造上属于川东断褶带, 位于该断褶带的西北端, 并与盆缘大巴山褶皱山系相邻, 介于大巴山推覆带前缘褶断带、川中隆起带北东端与川东断褶带北段之间的过渡地段。

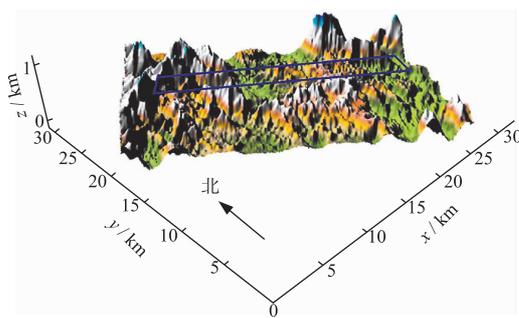


图 1 试验区地表高程分布

1.2 试验区地震地质条件

1.2.1 表层地震地质条件

试验区地表切割剧烈, 多为侏罗系地层出露, 激发条件尚可, 但接收条件差异较大, 有些地段基岩出露, 有些地段森林密布。山顶和悬崖的接收条件较差, 容易产生多种干扰。

1.2.2 深层地震地质条件

试验区深层除泥盆系缺失外, 其他沉积层系基

本齐全, 并具有沉积层厚度大、旋回多、变质弱等特点。海相地层从寒武系到三叠系都存在良好的波阻抗界面, 可获得连续性较好的反射波组; 陆相地层须家河组、白田坝组及沙溪庙组反射条件也较好。但三叠系下统嘉陵江组属膏盐揉皱地层, 反射界面褶皱严重, 反射系数极不稳定, 反射同相轴连续性较差, 地震成像难度大。

2 地震资料分析及预处理

图 2 为山谷、山腰和山顶激发的 3 个炮记录对比图, 可见山谷激发信噪比最高, 山腰激发次之, 山顶激发最差。图 3 为砂泥岩区和灰岩区接收的炮记录对比图, 可见砂泥岩区接收的炮记录信噪比较高, 反射波能量较强, 频带也较宽, 而灰岩区接收的炮记录信噪比很低, 散射干扰波能量强, 有效反射波很少, 频带也较窄。地震直接偏移技术试验的精细叠前道集处理目标是, 保全宽频带, 消除中低频噪声, 适度提高分辨率, 将叠前资料校正到地表地形高频振荡去除后的起伏地表面上。图 4 为原始炮记录和经过精细预处理后的炮记录对比图。图 5 为叠加剖面, 绕射波能量很强, 地层隆凹相间, 各种波场交叉叠置, 有效反射与绕射波速度差异大, 反射波归位难度大。图 6 为以前处理的老剖面, 各主要反射层清晰、完整, 波组特征清楚、信噪比较高, 断裂系统清晰、断点干脆, 但主要目的层的负向构造不清楚, 信噪比低。

收稿日期: 2008-03-21; 改回日期: 2008-07-17。

第一作者简介: 方伍宝(1964—), 男, 教授级高级工程师, 现主要从事地震偏移成像方法技术研究工作。

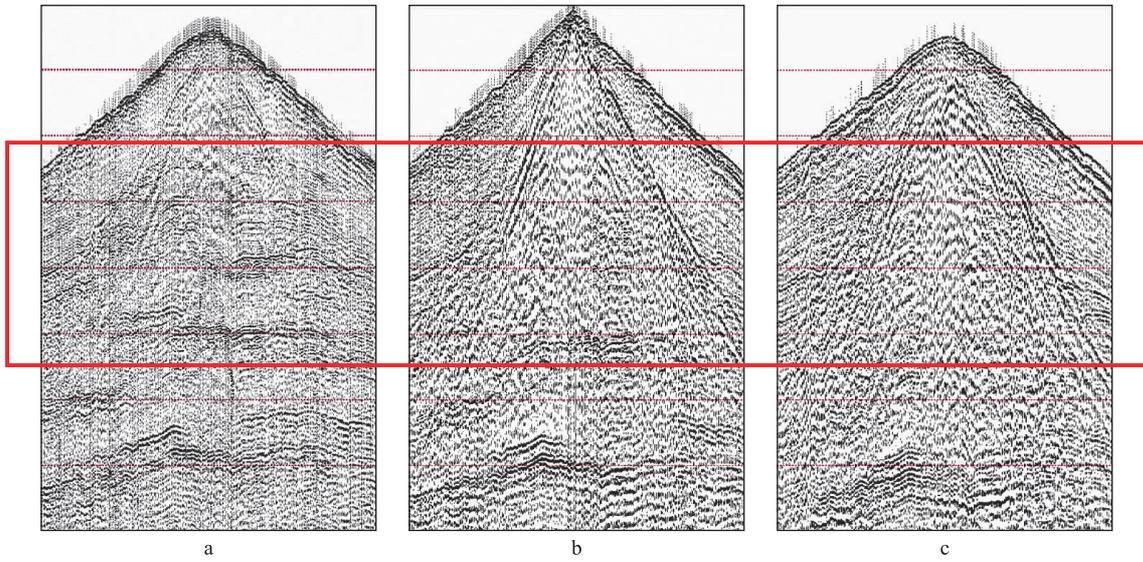


图 2 山谷(a)、山腰(b)和山顶(c)激发的 3 个炮记录

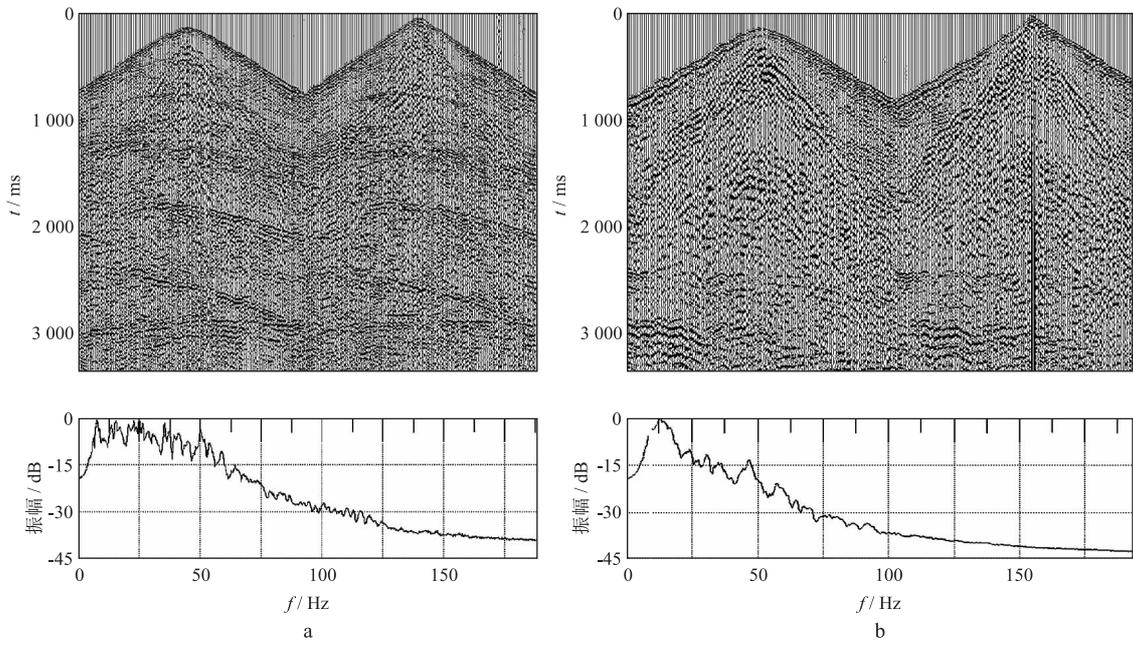


图 3 砂泥岩区(a)和灰岩区(b)接收的炮记录与频谱分析

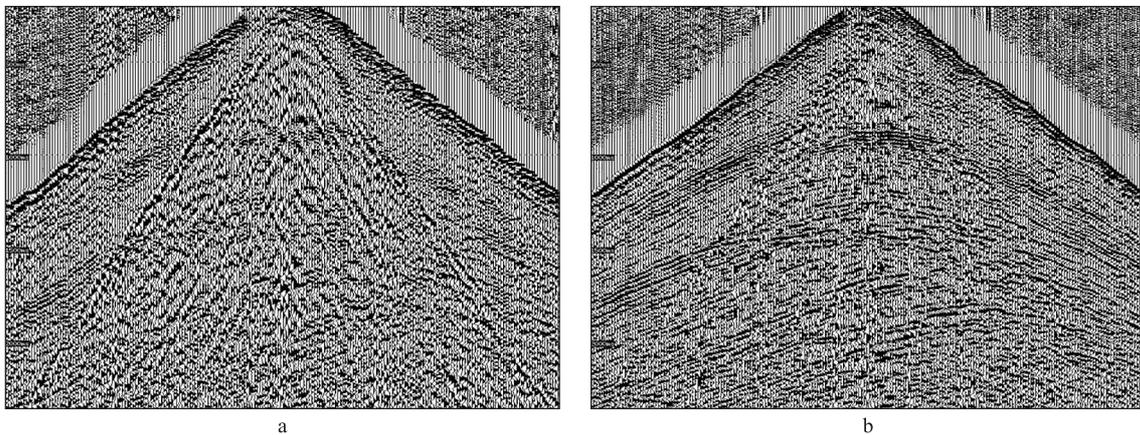


图 4 预处理前(a)、后(b)炮记录对比

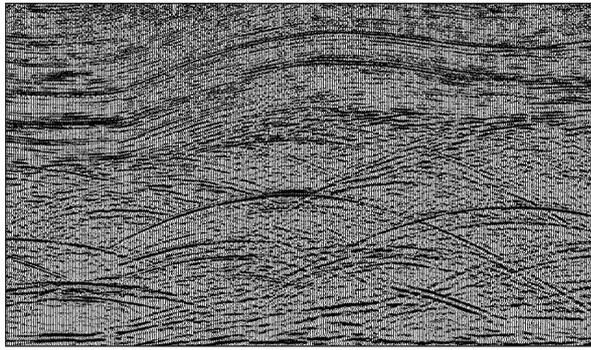


图 5 叠加剖面

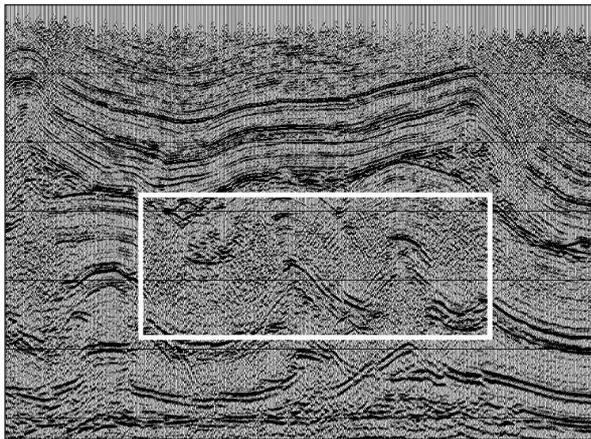


图 6 前期偏移成像剖面

3 起伏地表直接叠前时间偏移

3.1 方法原理^[1~7]

对于任意观测点 P , 取一闭合曲面 S 。根据格林定理, P 点处波场值 $P(\mathbf{r}, \omega)$ 可以表示为如下积分形式:

$$P(\mathbf{r}, \omega) = -\frac{1}{4\pi} \oint_S (P\nabla G - G\nabla P) \cdot \mathbf{n} dS \quad (1)$$

式中: G 为满足标量波动方程的格林函数; \mathbf{n} 为闭合曲面上的法向单位矢量; \mathbf{r} 为 P 点的坐标矢量。一般情况下我们将积分形式中的 S 表示为 $S = S_1 + S_2$, 如图 7 所示。其中 S_1 为数据观测面, S_2 为半球面, \mathbf{r}' 为 \mathbf{r} 关于 S_1 的镜像。当相对波长而言地表起伏较小时, 为使 S_2 表面对 P 点波场的积分为 0, 取近似格林函数 $G = \frac{e^{i\mathbf{r}}}{r} - \frac{e^{i\mathbf{r}'}}{r'}$ 。其中, $r = \sqrt{(x-x_s)^2 + (y-y_s)^2 + (z-z_s)^2}$, 下标 S 表示其坐标在曲面 S 上。将近似格林函数 G 代入式(1), 并根据远场近似公式 $\omega/rv \gg 1/r^2$, 推导得:

$$P(\mathbf{r}, \omega) = -\frac{1}{2\pi} \int_{S_1} \frac{\partial \mathbf{r}}{\partial \mathbf{n}} \frac{i\omega}{rv} P(\mathbf{r}_S, \omega) e^{i\omega r} dS_1 \quad (2)$$

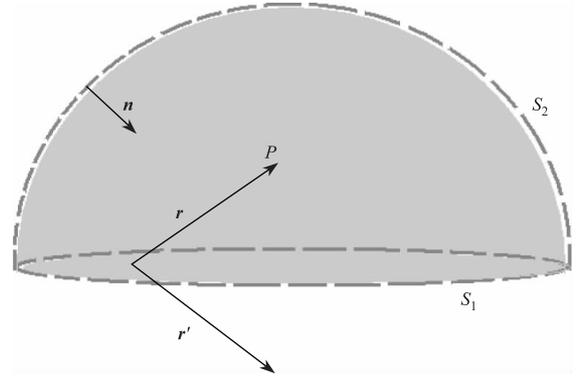


图 7 Kirchhoff 积分示意

式中: v 为地震波传播速度; $\tau = r/v$ 表示从积分面 S_1 到观测点 P 的旅行时。起伏地表情况下的旅行时计算公式如下(图 8):

$$\tau = \tau(S_{\text{shot}}, P) + \tau(P, R_{\text{receiver}}) \quad (3)$$

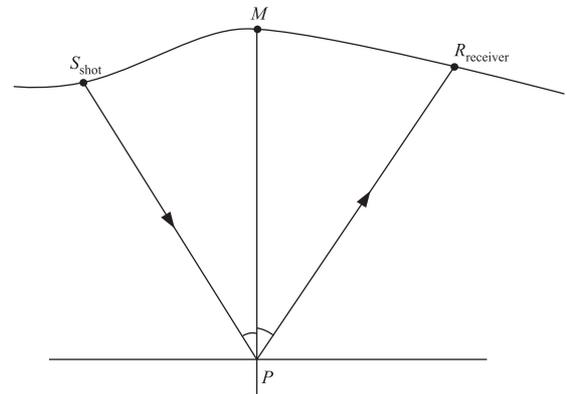


图 8 起伏地表情况下的旅行时计算

3.2 起伏地表直接叠前时间偏移处理试验

对图 1 所示约 70 km² 的三维地震资料进行了起伏地表直接叠前时间偏移处理试验, 处理流程见图 9。

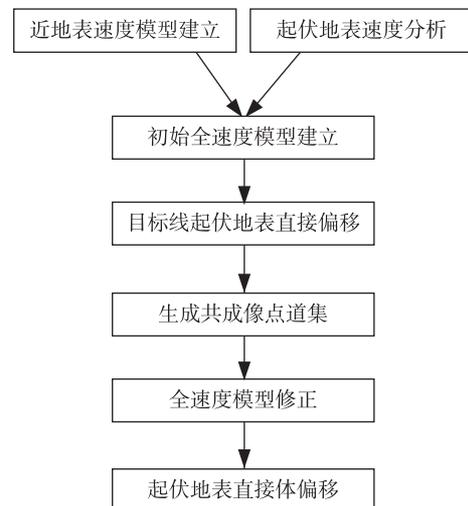


图 9 起伏地表直接叠前偏移处理基本流程

图 10 为建立的包括起伏近地表的全速度模型剖面。图 11 为以自主开发的 iCluster 叠前偏移软件为速度分析平台,基于直接偏移共成像点道集的全速度模型沿层修正图^[8~10]。图 12 为建立的用

于直接偏移处理的三维全速度模型。图 13 为常规处理剖面与直接偏移处理剖面对比图,从中可以看出,负向构造区直接偏移成像的质量比常规处理剖面有一定的提高(见长方形区域)。

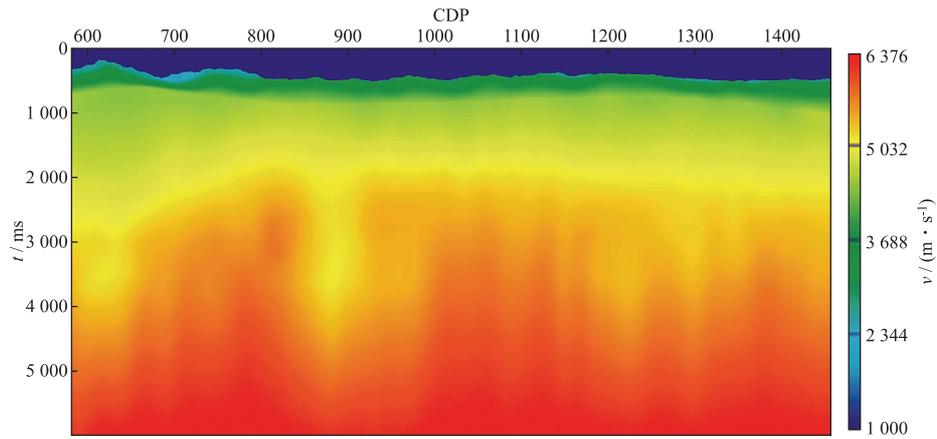


图 10 初始全速度模型剖面

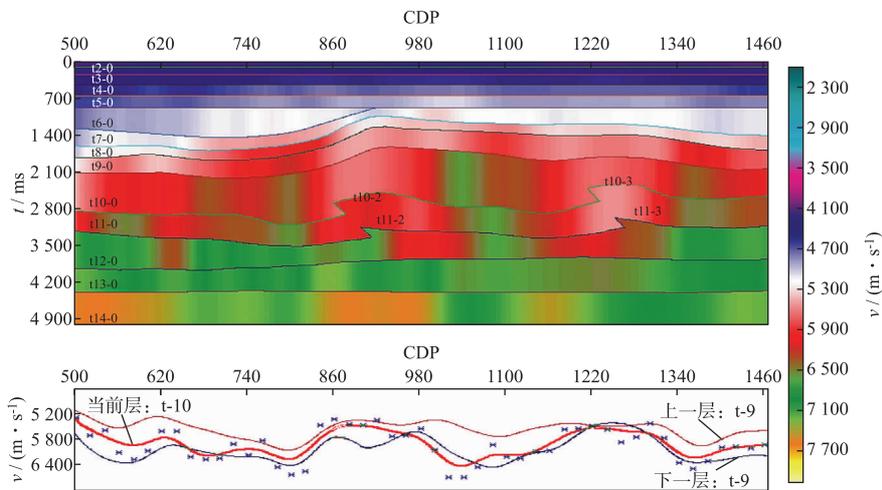


图 11 层位控制下的速度模型修正

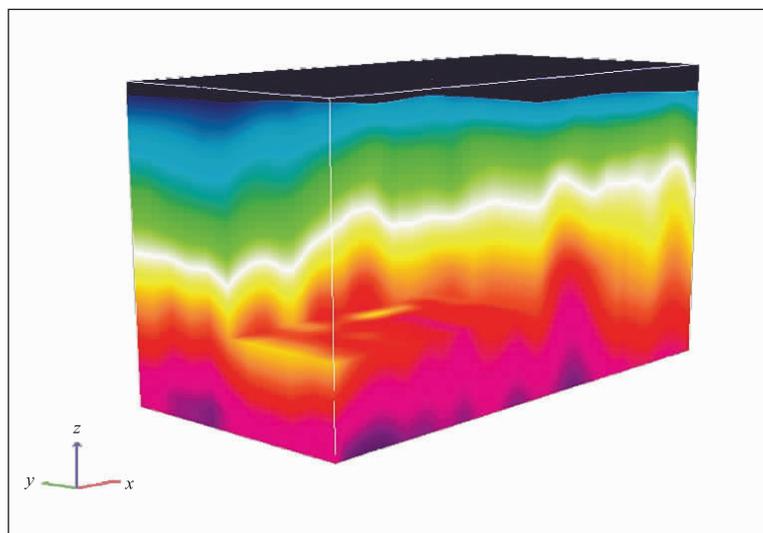


图 12 三维全速度模型

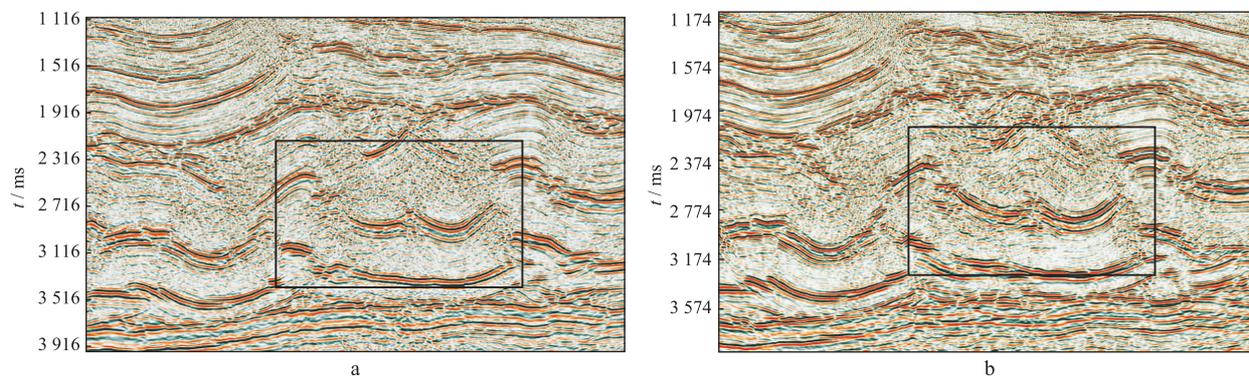


图 13 起伏地表常规偏移剖面(a)与直接偏移剖面(b)

4 结束语

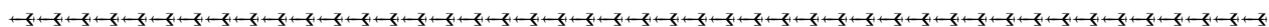
对起伏地表直接偏移成像技术的研究以及南方山区复杂构造处理试验表明,该技术能使负向构造成像精度较常规处理结果有一定的提高。但该技术在高精度全模型的建立、地表因素对速度建模和偏移成像的影响等方面有待进一步研究。

参 考 文 献

- 1 马在田. 论反射地震勘探成像[J]. 勘探地球物理进展, 2002, 25(3): 1~5
- 2 Rajasekaran S, McMechan G A. Prestack processing of land data with complex topography[J]. Geophysics, 1995, 60(6): 1 875~1 886
- 3 Geiger H D, Bancroft J C. Equivalent offset prestack migration for rugged topography[J]. Expanded Abstracts of 66th Annual International SEG Meeting, 1996, 447~450
- 4 Margrave G, Yao Zhengsheng. Downward extrapolation from topography with a laterally variable depth step[J]. Expanded Abstracts of 70th Annual International

- SEG Meeting, 2000, 481~484
- 5 Mi Yanpeng, Margrave G F. Prestack depth imaging from topography with a Fourier method[J]. Expanded Abstracts of 71st Annual International SEG Meeting, 2001, 1 045~1 048
- 6 Gurevich B, Keydar S, Landa E. Multifocusing imaging over an irregular topography[J]. Geophysics, 2002, 67(2): 639~643
- 7 Jaeger C, Hertweck T, Spinner M. True-amplitude Kirchhoff migration from topography[J]. Expanded Abstracts of 73rd Annual International SEG Meeting, 2003, 909~912
- 8 方伍宝, 赵改善, 孙建国, 等. iCluster 波动方程叠前深度偏移软件系统[J]. 中国地球物理第 20 届年会论文集, 2004, 421~421
- 9 赵改善, 孔祥宁, 方伍宝, 等. 地震叠前深度偏移软件在 64 位集群系统上的优化[J]. 中国地球物理第 20 届年会论文集, 2004, 422~422
- 10 赵改善, 孔祥宁, 王于静, 等. 64 位集群计算平台波动方程叠前深度偏移的性能优化[J]. 勘探地球物理进展, 2005, 28(1): 57~64

(编辑:戴春秋)



欢迎订阅 2009 年《复杂油气藏》

《复杂油气藏》(原名《小型油气藏》)新获国家新闻出版总署批准国内外发行。《复杂油气藏》系统研究复杂油气藏的成藏机理,总结复杂油气藏勘探开发经验,探讨勘探开发复杂油气藏的新理论、新方法,推广高效、节能环保新技术、新工艺,为科学研究、油气田生产和决策服务。《复杂油气藏》设有“石油地质”、“地球物理勘探”、“油气田开发”、“石油工程”、“生产现场”等栏目。

《复杂油气藏》为季刊,大 16 开本,80 页,每季末 25 日出版。每期定价 10 元(在校学生半价优惠),可通过邮局或银行汇款订刊。

1. 邮局汇款:(225009)江苏省扬州市文汇西路 1 号《复杂油气藏》编辑部
 联系人:吴一华 电 话:(0514)87762125
2. 银行汇款:中国石油化工股份有限公司江苏油田分公司财务核算部
 开户行:扬州工行油田新村分理处 账 号:1108021509000001860