



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103984012 B

(45) 授权公告日 2016.06.29

(21) 申请号 201410152675.8

(22) 申请日 2014.04.16

(73) 专利权人 刘豫宝

地址 102249 北京市昌平区学府路 18 号中
国石油大学(北京)

专利权人 孙赞东

(72) 发明人 孙赞东 刘豫宝 孔雪 潘文庆

(74) 专利代理机构 北京国林贸知识产权代理有
限公司 11001

代理人 李桂玲

imaging by full azimuth subsurface angle domain decomposition. 《SEG Denver 2010 Annual Meeting》.2010,

蒋波 等. 基于反射波层拉平的绕射波分离与成像方法. 《石油物探》.2014, 第 53 卷 (第 2 期),

Klokov A. 等. Separation and imaging of seismic diffractions using migrated dip-angle gathers. 《Geophysics》.2012, 第 77 卷 (第 6 期),

审查员 何超群

(51) Int. Cl.

G01V 1/28(2006.01)

G01V 1/30(2006.01)

G01V 1/34(2006.01)

(56) 对比文件

US 2013077832 A1, 2013.03.28,

US 2005219949 A1, 2005.10.06,

US 20101311205 A1, 2010.05.27,

Koren Z. 等. Specular/diffraction

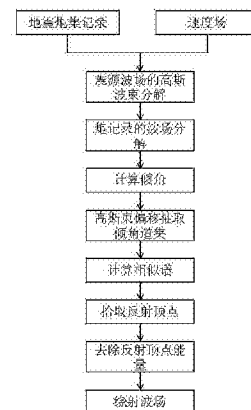
权利要求书1页 说明书5页 附图5页

(54) 发明名称

基于叠前高斯束深度偏移的绕射波场分离方法

(57) 摘要

本发明提出了一种基于叠前高斯束深度偏移的绕射波场分离方法,以高质量的叠前地震资料作为输入,通过叠前高斯束深度偏移输出倾角道集,利用反射波和绕射波在倾角域的差异,采用相似谱分析去除反射顶点能量,提取绕射波能量,单独进行成像,以便更好的识别洞缝储层。本发明针对复杂地质构造下,次生碳酸盐岩孔洞型储层的精细描述,通过与高斯束地震偏移技术的结合,有效压制了复杂构造成像的噪声影响,提高了绕射目标的成像精度,从而服务于复杂介质条件下高精度碳酸盐岩孔洞储层解释,完善和发展了绕射波场分离的技术理论。



1. 一种基于叠前高斯束深度偏移的绕射波场分离方法,其特征在于,以高质量的叠前地震资料作为输入,通过叠前高斯束深度偏移输出倾角道集,利用反射波和绕射波在倾角域的差异,采用相似谱分析去除反射顶点能量,提取绕射波能量,单独进行成像,以便更好的识别缝洞储层;

所述方法包括如下步骤:

步骤1:对地震资料进行保幅处理,并将地震资料重排成炮集记录;

步骤2:叠前高斯束深度偏移抽取倾角道集;

步骤3:得到倾角道集后,利用反射波和绕射波在倾角道集中的差异,采用相似谱分析法去除反射顶点能量;

步骤4:将去除反射能量的倾角道集叠加,就可以得到绕射波单独成像的叠加剖面;

所述的步骤2中的输出倾角道集的方法为:

a. 读入一个地震炮记录,将震源波场进行高斯波束分解;

b. 将炮记录高斯波束分解并进行局部倾斜叠加得到分解后的炮记录平面波;

c. 根据高斯波束中心及其相应的高斯波束内的上下左右的四个粗网格的走时,可以求取高斯波束传播的射线参数,进而求取高斯波束的传播角度;

d. 利用粗网格点的高斯波束的传播角度,可以求取成像点处震源和接收点的高斯束的传播角度,进而求取该成像点位置出的倾角;

e. 利用互相关成像条件求取成像值并按照倾角位置进行映射投影,可以得到单炮偏移得到的倾角道集;

f. 将所有得到的单炮偏移结果对应叠加得到最终的倾角道集。

2. 根据权利要求1所述的基于叠前高斯束深度偏移的绕射波场分离方法,其特征在于,所述的步骤3中的相似谱分析去除反射顶点能量的方法为:

a. 读入一个倾角道集;

b. 沿倾角域反射同相轴曲线逐点进行扫描得到相应每一深度每一角度点处的相似度信息,得到相似谱;

c. 根据该相似谱自动拾取每一深度位置处的最大相似度所对应的角度确定反射顶点位置;

d. 根据每一深度位置处的反射顶点位置,沿反射同相轴曲线关系去除反射顶点附近的反射同相轴,实现反射能量压制。

基于叠前高斯束深度偏移的绕射波场分离方法

技术领域

[0001] 本发明属于石油勘探领域,涉及一种基于叠前高斯束深度偏移的洞缝成像技术,尤其涉及一种基于叠前高斯束深度偏移的绕射波场分离方法。

背景技术

[0002] 地震勘探通过地震波对地下介质的响应来推知地下信息,当地下存在介质突变时,往往响应为绕射波。在中国西部的碳酸盐岩地区,例如塔里木盆地,主要的油气储集空间是次生的溶蚀孔洞和裂缝,因此,在油气勘探中对这种次生孔隙的识别就尤为重要,孔洞发育的地区往往是良好的储层。但溶蚀孔洞在地下的分布很不规律,尺寸较地震波的波长要小,其地震响应以不规则的绕射为主。因此有必要研究这些绕射波,但在通常的偏移中,绕射波在剖面上会收敛为一个点,从而淹没在众多的同相轴之间,不可分辨。在通常的CRP道集中,绕射点和反射点都表现为同相轴的拉平,导致绕射点在CRP道集中也不能被识别。

[0003] 倾角域的绕射波场分离技术可以有效的解决上述问题,实现绕射波与反射波的分离,有效的提取洞缝储层的信息。倾角域波场分离的核心之一是倾角道集的抽取,首先是通过倾角域偏移将数据偏移 to 倾角域,通过在倾角域中绕射同相轴和反射同相轴形态的较大差别来实现绕射波场的分离和成像。由地震资料经过倾角域偏移输出高质量的倾角道集是绕射波场分离的关键一步。

[0004] 作为射线类偏移方法的另一个分支,高斯束偏移是一种改进的Kirchhoff偏移方法,是一种准确、灵活、高效的深度域成像方法,其不但具有接近于波动方程偏移的成像精度,还保留了Kirchhoff偏移灵活、高效的特点以及对复杂地表条件良好的适应性,可以对多次波至进行成像,往往比Kirchhoff偏移具有更高的成像精度,并且还具有Kirchhoff偏移的高效性及灵活性。

发明内容

[0005] 本发明提出了一种基于叠前高斯束深度偏移的绕射波场分离方法,以高质量的叠前地震资料作为输入,通过叠前高斯束深度偏移输出倾角道集,利用反射波和绕射波在倾角域的差异,提取绕射波能量,单独进行成像,以便更好的识别洞缝储层。

[0006] 本发明实现上述目的的具体方案如下:

[0007] 一种基于叠前高斯束深度偏移的绕射波场分离方法,其特征在于,以高质量的叠前地震资料作为输入,通过叠前高斯束深度偏移输出倾角道集,利用反射波和绕射波在倾角域的差异,采用相似谱分析去除反射顶点能量,提取绕射波能量,单独进行成像,以便更好的识别缝洞储层;

[0008] 所述方法包括如下步骤:

[0009] 步骤1:对地震资料进行保幅处理,并将地震资料重排成炮集记录;

[0010] 步骤2:叠前高斯束深度偏移抽取倾角道集;

[0011] 步骤3:得到倾角道集后,利用反射波和绕射波在倾角道集中从差异,这里采用相

似谱分析法去除反射顶点能量将反射能量去除；

[0012] 步骤4:将去除反射能量的倾角道集叠加,就可以得到绕射波单独成像的叠加剖面。

[0013] 所述的步骤2中的输出倾角道集的方法为:

[0014] a.读入一个地震炮记录,将震源波场进行高斯波束分解;

[0015] b.将炮记录高斯波束分解并进行局部倾斜叠加得到分解后的炮记录平面波;

[0016] c.根据高斯波束中心及其相应的高斯波束内的上下左右的四个粗网格的走时,可以求取高斯波束传播的射线参数,进而求取高斯波束的传播角度;

[0017] d.利用粗网格点的高斯波束的传播角度,可以求取成像点处震源和接收点的高斯束的传播角度,进而求取该成像点位置出的倾角;

[0018] e.利用互相关成像条件求取成像值并按照倾角位置进行映射投影,可以得到单炮偏移得到的倾角道集;

[0019] f.将所有得到的单炮偏移结果对应叠加即可得到最终的倾角道集。

[0020] 所述的步骤3中的相似谱分析去除反射顶点能量的方法为:

[0021] a.读入一个倾角道集;

[0022] b.沿倾角域反射同相轴曲线逐点进行扫描得到相应每一深度每一角度点处的相似度信息,得到相似谱;

[0023] c.根据该相似谱自动拾取每一深度位置处的最大相似度所对应的角度确定反射顶点位置;

[0024] d.根据每一深度位置处的反射顶点位置,沿反射同相轴曲线关系去除反射顶点附近的反射同相轴,实现反射能量压制。

[0025] 本发明与已有技术相比达到的有益效果是:

[0026] 针对复杂地质构造下,次生碳酸盐岩孔洞型储层的精细描述,通过与高斯束地震偏移技术的结合,有效压制了复杂构造成像的噪声影响,提高了绕射目标的成像精度,从而服务于复杂介质条件下高精度碳酸盐岩孔洞储层解释,完善和发展了绕射波场分离的技术理论。

附图说明:

[0027] 图1是基于叠前高斯束深度偏移的绕射波场分离方法流程图;

[0028] 图2a是一个包含两个不同倾角反射界面,一个绕射点的模型示意图;

[0029] 图2b是在 $x=0$ 处观测的倾角道集响应示意图;

[0030] 图2c是在 $x=-100\text{m}$ 处观测的倾角道集响应示意图;

[0031] 图2d是在 $x=100\text{m}$ 处观测的倾角道集响应示意图;

[0032] 图3是高斯束叠前深度偏移示意图;

[0033] 图4是sigsbee2a速度模型示意图;

[0034] 图5a是CDP400处的倾角道集示意图;

[0035] 图5b是由CDP400处的倾角道集得到的相似谱图;

[0036] 图5c是反射能量压制后的CDP400处的倾角道集图;

[0037] 图6a是sigsbee2a模型偏移后的叠加剖面图;

[0038] 图6b是sigsbee2a模型分离后的绕射波场叠加剖面。

具体实施方式

[0039] 结合Sigsbee2a数值模型和附图说明本发明的具体实施方式。

[0040] 见图1,基于叠前高斯束深度偏移的绕射波场分离方法流程图。

[0041] 一种基于叠前高斯束深度偏移的绕射波场分离方法,以高质量的叠前地震资料作为输入,通过叠前高斯束深度偏移输出倾角道集,利用反射波和绕射波在倾角域的差异(图2),采用相似谱分析去除反射顶点能量,提取绕射波能量,单独进行成像,以便更好的识别缝洞储层;

[0042] 本发明具体实施步骤如下:

[0043] 步骤1:对地震资料进行保幅处理,并将地震资料重排成炮集记录。

[0044] 步骤2:叠前高斯束深度偏移抽取倾角道集

[0045] a.首先读入一个地震炮记录,将震源波场由震源点到计算点的格林函数表示,则得到高斯束偏移中震源波场的高斯波束表示形式为:

$$[0046] \quad G(\mathbf{x}_s, \mathbf{x}; \omega) = \frac{i}{4\pi} \int \frac{dp_x}{p_z} U_{GB}(\mathbf{x}_s, \mathbf{x}; \mathbf{p}, \omega) \quad (1)$$

$$[0047] \quad U_{GB}(\mathbf{x}_s, \mathbf{x}; \mathbf{p}, \omega) = \sqrt{\frac{V(s)Q(s_0)}{V(s_0)Q(s)}} \exp\left\{i\omega\tau(s) + \frac{i\omega}{2} \frac{P(s)}{Q(s)} n^2\right\} \quad (2)$$

[0048] 其中, $V(s)$ 为当前计算点 s 弧长位置处的层速度, s 为震源点到射线当前计算点的参考弧长, p_x 和 p_z 分别为中心射线初始慢度的水平和垂直分量, $P(s)$ 和 $Q(s)$ 为 s 位置处的动力学射线追踪参数, $\tau(s)$ 为 s 位置处的走时, $U_{GB}(\mathbf{x}_s, \mathbf{x}; \mathbf{p}, \omega)$ 为二维高斯波束,表示波动方程在中心射线附近的高频渐近解。

[0049] b.其次将炮记录高斯波束分解并进行局部倾斜叠加得到分解后的炮记录平面波分解式:

$$[0050] \quad u(\mathbf{x}, \mathbf{x}_s, \omega) \approx -\frac{\sqrt{3}}{4\pi} \left(\frac{\omega_r \Delta L}{w_0}\right)^2 \sum_{\mathbf{L}} \iint dp_{Lx} U_{GB}^*(\mathbf{x}, \mathbf{L}, \mathbf{p}_{\mathbf{L}}, \omega) D_S(\mathbf{L}, p_{Lx}, \omega) \quad (3)$$

[0051]

$$D_S(\mathbf{L}, p_{Lx}, \omega) = \left|\frac{\omega}{\omega_r}\right|^{3/2} \int dx_r u(\mathbf{x}_r, \mathbf{x}_s, \omega) \exp\left[i\omega p_{Lx} (x_r - L) - \left|\frac{\omega}{\omega_r}\right| \frac{(x_r - L)^2}{2w_0^2}\right] \quad (4)$$

[0052] 其中, L 为波束中心位置, w_0 为高斯波束的初始宽度, ΔL 为束中心间距, ω_r 为参考频率; $D_S(\mathbf{L}, p_{Lx}, \omega)$ 为合成的局部平面波分量, p_{Lx} 和 p_{Lz} 分别为波束中心慢度的水平和垂直分量, $u(\mathbf{x}_r, \mathbf{x}_s, \omega)$ 为高斯窗内的地震记录波场。

[0053] c.然后给定一条高斯波束束中心及其相应的高斯波束内的上下左右的四个粗网格,设四个网格点所对应的实值走时分别为 t_u, t_d, t_l, t_r ;束中心位置处的实值走时为 t_m ;水平及垂直方向的网格间距分别为 Δg_x 和 Δg_z ,可得:

$$[0054] \quad \begin{cases} p_x = \frac{t_r^2 - t_f^2}{4t_m \Delta g_x} \\ p_z = \frac{t_d^2 - t_u^2}{4t_m \Delta g_z} \end{cases} \quad (5)$$

[0055] 从而得到网格点高斯束的传播角度(射线同z轴正向间的角度)

$$[0056] \quad \beta = \begin{cases} \arctan\left(\frac{p_x}{p_z}\right) - \pi & p_x < 0, p_z < 0 \\ \arctan\left(\frac{p_x}{p_z}\right) + \pi & p_x > 0, p_z < 0 \\ \arctan\left(\frac{p_x}{p_z}\right) & \text{other} \end{cases} \quad (6)$$

[0057] d. 通过对粗网格点的高斯束传播角度插值可以求出成像网格点上的传播角度, 利用成像点位置处震源和接收点高斯束的传播角度可以推导出该成像点位置处倾角:

$$[0058] \quad \alpha = \begin{cases} \frac{\beta_s + \beta_r - \pi}{2} & \beta_r > 0 \\ \frac{\beta_s + \beta_r + \pi}{2} & \beta_r \leq 0 \end{cases} \quad (7)$$

[0059] 将高斯束偏移成像值

$$[0060] \quad \begin{aligned} I(\mathbf{x}, \mathbf{x}_s) &= \frac{\Delta L \omega_r}{4\pi^2 w_0} \sum_L \int d\omega \sqrt{i\omega} \int dp_{mx} \\ &\times \frac{A_s^* A_L^*}{\sqrt{T^{**}(p_{hx}^0)}} \exp[-i\omega(T_s^* + T_L^*)] D_S(L, p_{Lx}^0, \omega) \end{aligned} \quad (8)$$

[0061] e. 按照倾角位置(x, x_s, α)进行映射投影即可得到单炮记录得到的倾角道集,

[0062] f. 最后将所有单炮偏移结果对应叠加则得到最终的倾角道集。

[0063] 步骤3: 得到倾角道集后, 利用反射波和绕射波在倾角道集中从差异, 这里采用相似谱分析法去除反射顶点能量将反射能量去除。可以按照如下操作进行:

[0064] a. 首先, 读入一个倾角道集。

[0065] b. 其次, 沿倾角域反射同相轴曲线(式9)逐点进行扫描得到相应每一深度每一角度点处的相似度信息, 得到相似谱。

$$[0066] \quad z = \frac{Z_0 \cos \alpha_0 \cos \alpha}{1 - \sin \alpha_0 \sin \alpha} \quad (9)$$

[0067] 其中Z₀为反射界面当前位置的深度, α₀为反射界面的倾角。

[0068] c. 再次, 根据该相似谱自动拾取每一深度位置处的最大相似度所对应的角度确定反射顶点位置。

[0069] d. 最后, 根据每一深度位置处的反射顶点位置, 沿反射同相轴曲线关系去除反射顶点附近的反射同相轴, 实现反射能量压制。

[0070] 步骤4: 将去除反射能量的倾角道集叠加, 就可以得到绕射波单独成像的叠加剖

面。

[0071] 图4为Sigsbee2a层速度模型,模型网格为 1201×2133 ,横向间隔为37.5ft(英尺),纵向间隔为25ft(英尺)。正演记录共有500炮,最大道数为348道,炮间距为75ft,道间隔为75ft。在深度为17000ft和25000英尺处有两排高速绕射体,模型中部有一高速盐丘,模型中还包含大量断层,绕射较为丰富。

[0072] 通过步骤2(图3)生成倾角道集(如图5a)。在倾角道集中绕射波同相轴被很好的拉平,而反射波的响应曲线为向上开口的曲线。

[0073] 通过步骤3分别得到对应倾角道集的相似谱(图5b)及去除反射顶点能量的倾角道集(图5c)。

[0074] 通过步骤4得到绕射波叠加剖面(图6b),并与分离前的叠加剖面(图6a)对比,可以看出,在分离后的叠加剖面上反射信息被较好的去除,绕射体及断层等绕射信息得到了保留。

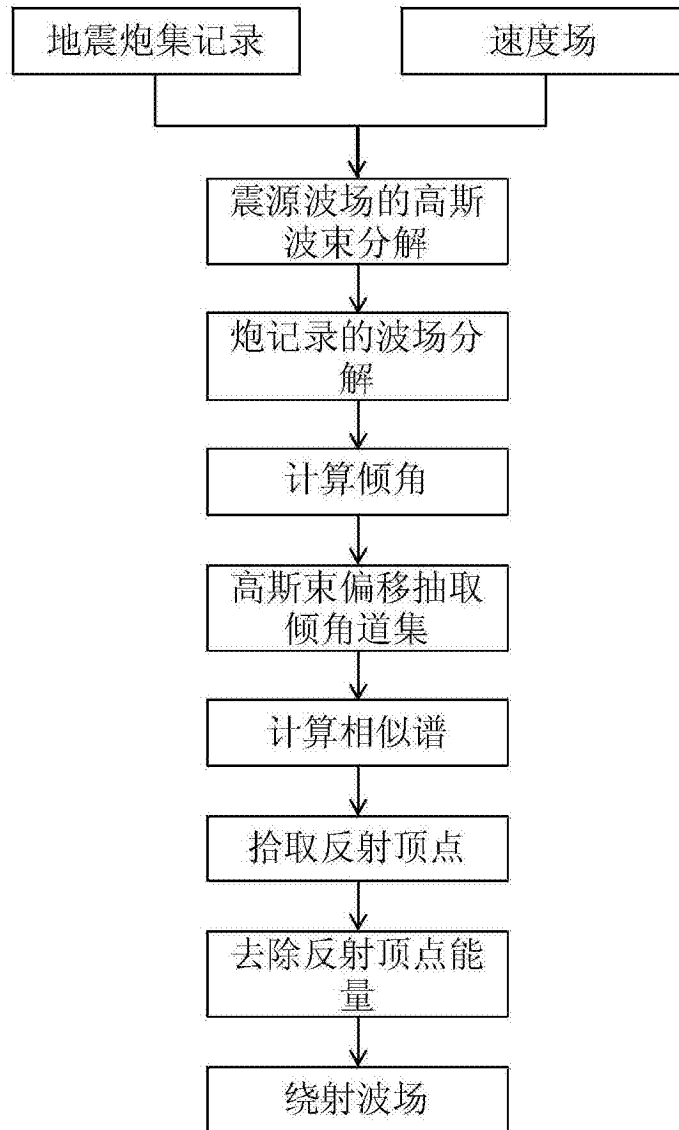


图1

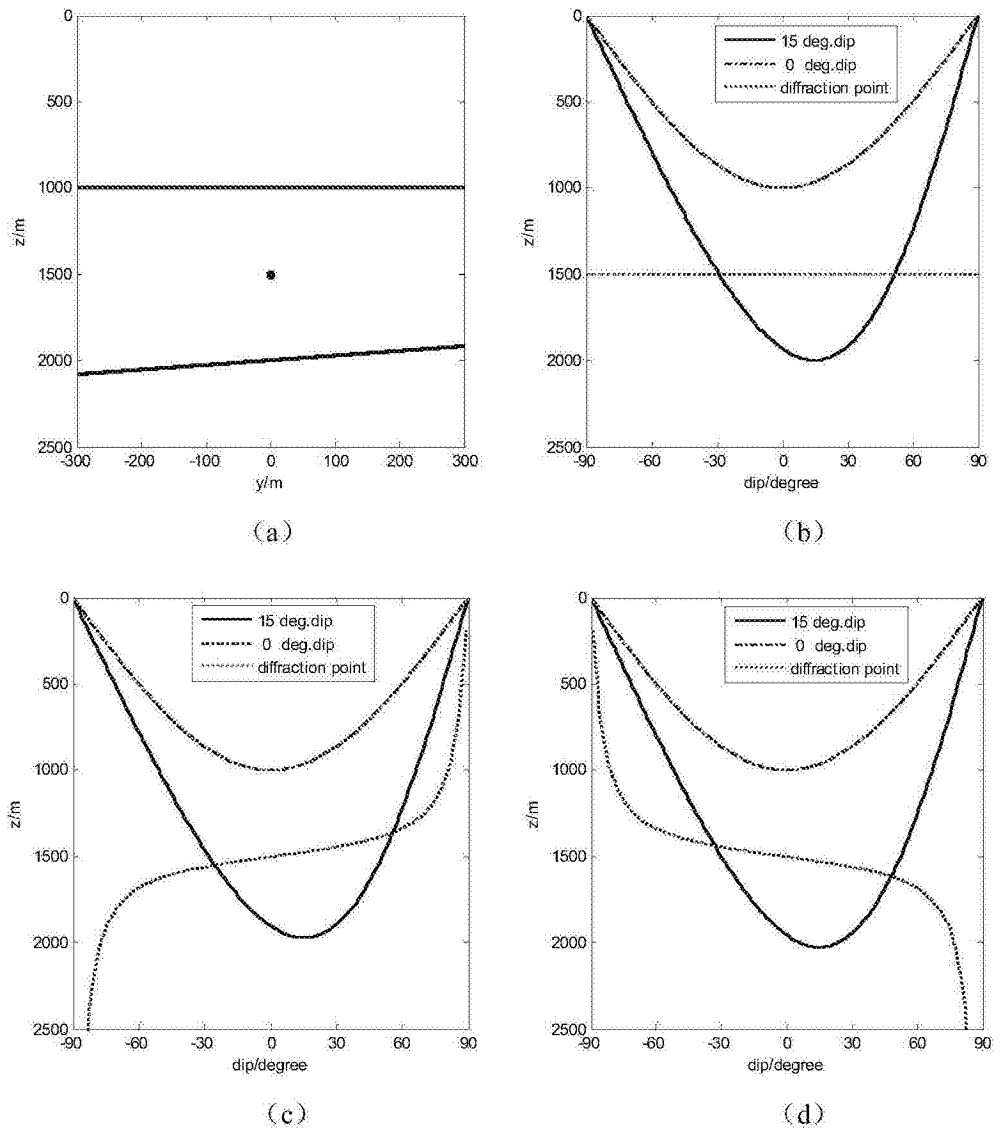


图2

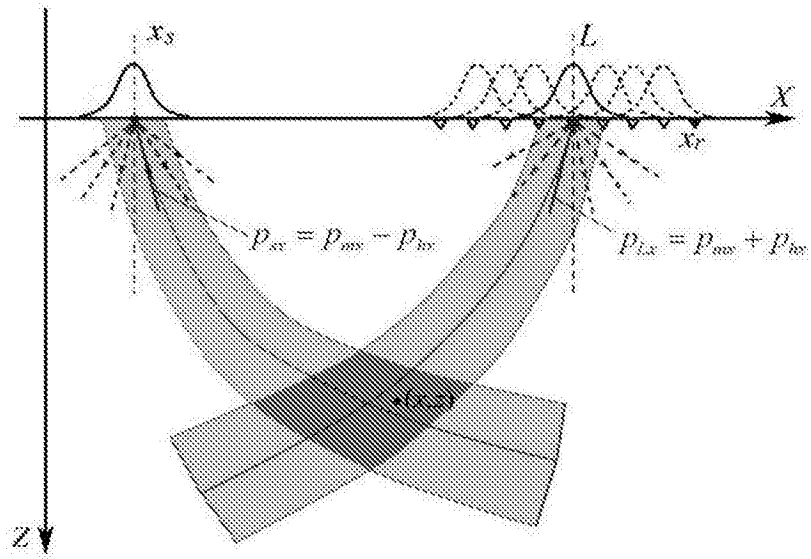


图3

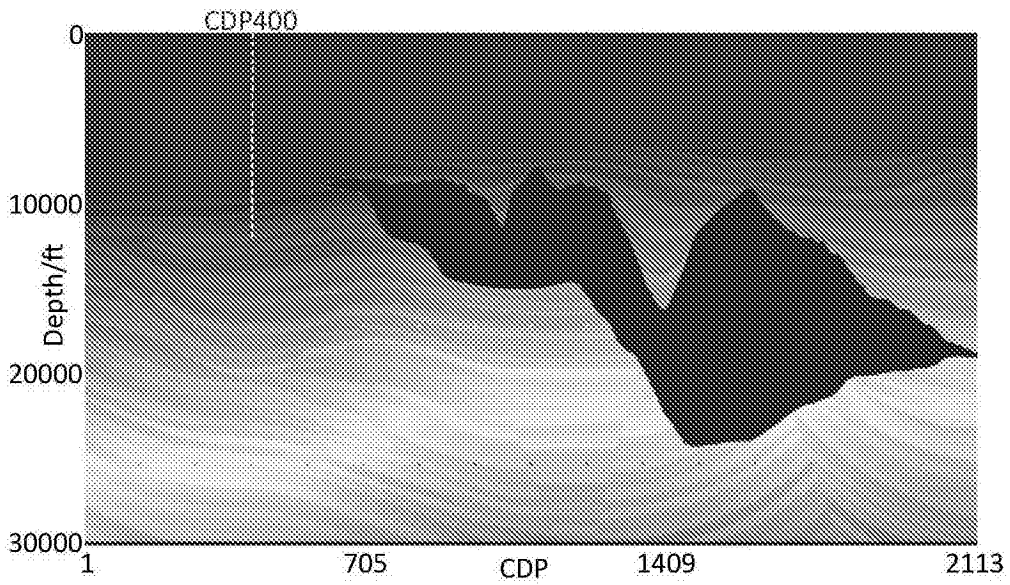


图4

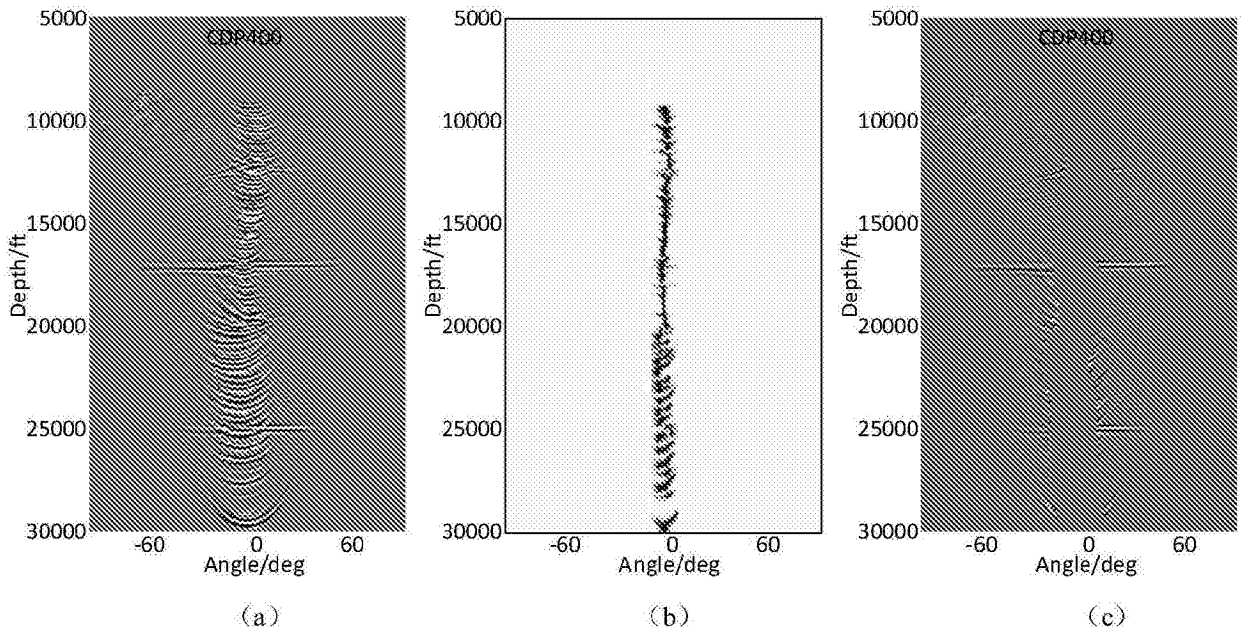
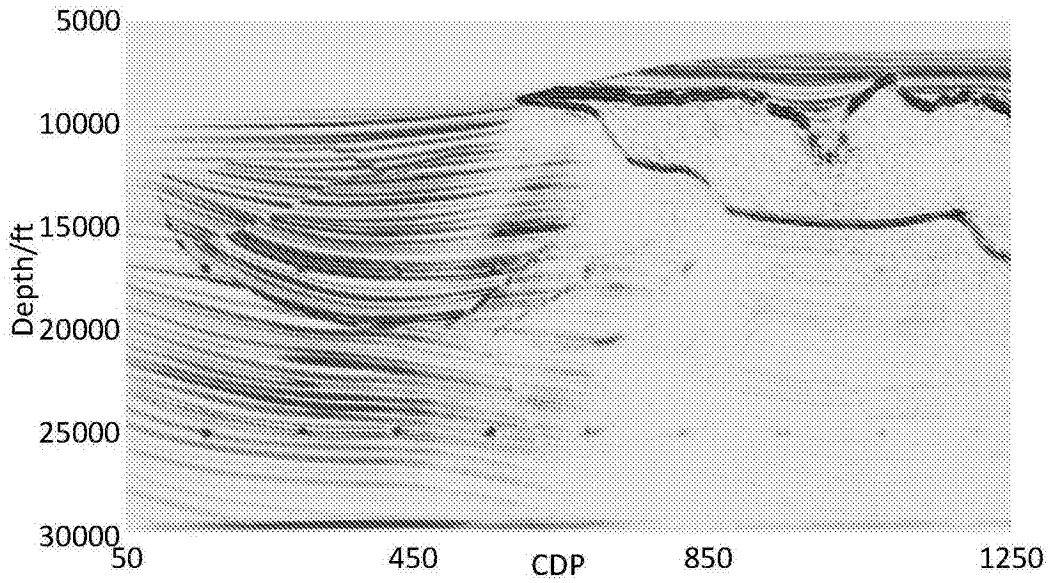
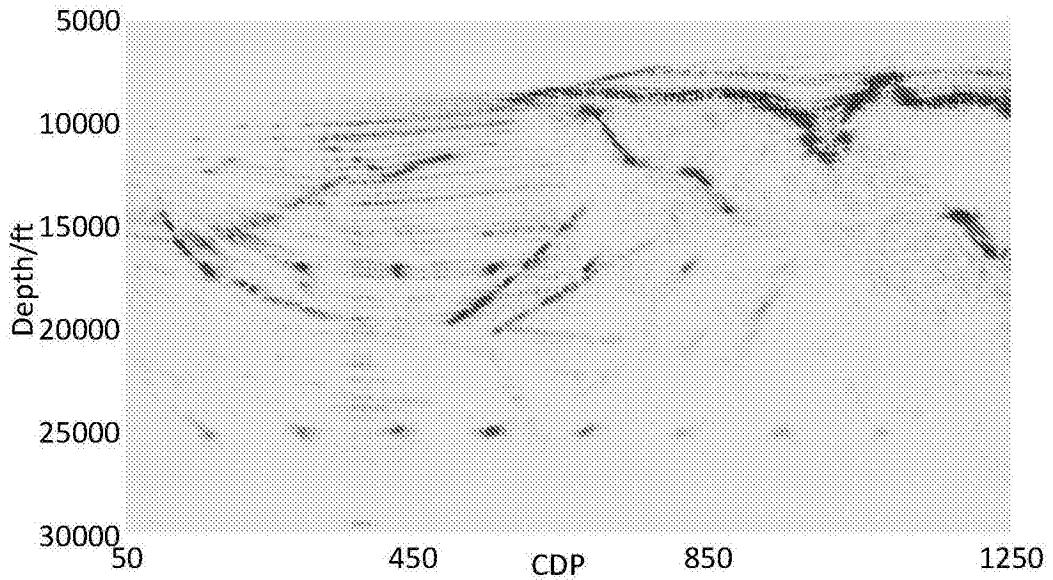


图5



(a)



(b)

图6