



[12] 发明专利申请公开说明书

[21]申请号 95191202.X

[51]Int.Cl⁶

G01V 1/28

[43]公开日 1996年12月25日

[22]申请日 95.10.5

[30]优先权

[32]94.12.12[33]US[31]08 / 353,934

[86]国际申请 PCT / US95 / 13644 95.10.5

[87]国际公布 WO96 / 18915 英 96.6.20

[85]进入国家阶段日期 96.7.12

[71]申请人 阿莫科公司

地址 美国依利洛州

[72]发明人 米歇尔S·巴霍里奇

史蒂文L·法默

[74]专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任
公司
代理人 余 滕

权利要求书 16 页 说明书 9 页 附图页数 3 页

[54]发明名称 地震信号处理及勘探方法

[57]摘要

一种用于勘探烃类的方法，包括如下步骤：获得一组分布于地球的一个预定的三维体积范围内的地震信号记录道；将该三维体积分为一组垂直叠起的并且通常隔开的水平片；将这些片的每一片分为一系列具有位于其中的至少三个地震记录道部分的栅格，测量位于一个垂直平面内的一对记录道之间的交叉校正值以便得到一个纵测线值并测量位于另一个垂直平面内的一对记录道交叉校正值以便得到一个交叉线值，将该纵测线值和该交叉线值组合便对于栅格的每一个得到一个相干性值，以及显示该相干性值。

权 利 要 求 书

1.一种用于勘探烃类的方法，该方法包括如下步骤：

a) 获取分布在地球的一预定的三维体积范围内的地震信号记录道；

5 b) 将所述三维体积分为一系列沿垂直方向叠置的并且一般是相互隔开的水平片，还将所述水平片之中至少一片分为一系列沿横向分布为行和列的栅格，所述栅格的每一个具有至少三个位于其中的地震信号记录道的若干部分，所述记录道的所述那些部分的每个部分通常伸展垂直穿过所述栅格，并且在所述栅格中的一个第一记录道和一个第二记录道位于一个一般是垂直的平面内，而一个第三记录道和在所述栅格内的所述第一记录道位于另一个一般是垂直的平面内，该平面一般与所述的一个垂直平面呈直角；

10 c) 跨越所述栅格的每一个测量位于所述一个垂直平面中的所述记录道之间的交叉校正值以便获得一个纵测线值和测量位于所述另一个垂直平面内的所述记录道之记的交叉校正值以便获得一个约为在一个纵测线方向和在一个交叉线方向上的时间下落的值的交叉线值；

15 d) 将所述纵测线值和交叉线值组合在一起以便获得所述栅格的每一个的一个相干值；以及

e) 显示跨越所述水平片中的至少一片的所述栅格的所述相干值。

20 2.根据权利要求1所述的方法，其特征在于步骤(b)是在所述水平片的每一片上完成的；还在于在步骤中(c)所述相干值被显示在顺序的水平片上。

25 3.根据权利要求1所述的方法，其特征在于步骤(c)包括将每一个纵测线值和每一个交叉线值归一化。

4.根据权利要求3所述的方法，其特征在于所述归一化步骤包括获得每一对记录道的能量的乘积。

30 5.根据权利要求3所述的方法，其特征在于得出位于所述一个垂直面内的所述记录道的自动校正和位于所述另一个垂直平面内的所述记录道的自动校正，以便对在纵测线方向上和交叉方向上的所述交叉校正值进行归一化处理。

35 6.根据权利要求1所述的方法，其特征在于步骤(c)包括计算在所述纵测方向上的零平均延迟交叉校正值和计算在所述交叉方向上的零平均延迟交叉校正值的步骤。

7.根据权利要求6所述的方法,其特征在于步骤(d)包括鉴别在所述纵测线方向上零平均延迟交叉校正值的最正值和鉴别在所述交叉方向上零平均延迟交叉校正值的最正值的步骤。

5

8.根据权利要求7所述的方法,其特征在于步骤(d)包括计算所述两个最正值的几何平均值的步骤。

9.根据权利要求1所述的方法,其特征在于在步骤(a)中所述地震信号记录道组包括一系列地震数据的振幅——水平座标和时间记录道。

10

10.根据权利要求1所述的方法,其特征在于在步骤(a)中所述信号记录道是数字模拟的。

15

11.根据权利要求1所述的方法,其特征在于步骤(b)的所述水平片延续时间大约为100毫秒。

12.一种定位地下地形、断层和轮廓的方法,该方法包括如下步骤:

a)获取覆盖地球一预定体积的三维地震数据;

20

b)将所述体积分为一个相当小的三维阵列,在该阵列中所述栅格的每一个的特征为位于其中有至少三个被沿侧向分隔开并且通常垂直的地震记录道。

c)在每个所述栅格中测量所述至少三个记录道相对于两个预定方向的相干性/相似性;以及

d)显示所述栅格的相干性/相似性,以便形成二维地下地形图。

25

13.根据权利要求12所述的方法,其特征在于在步骤(c)中所述预定的方向相互垂直;并且在其中所述相干性/相似性是作为在一个方向上的两个记录道之间的交叉校正值和在一个与所述一个方向垂直的一个方向上的两个记录道之间的交叉校正值的函数被测量的。

30

14.根据权利要求13所述的方法,其特征在于所述栅格的相干性/相似性是作为在所述两个方向的每一个上的最大的交叉校正值的函数被测量的。

15.根据权利要求14所述的方法,其特征在于所述相干性/相似性与所述两个最大交叉校正值的几何平均值成正比。

35

1 6.根据权利要求 1 2 所述的方法,其特征在于该方法还进一步包括以下步骤
e) 显示顺序垂直隔开的三维栅格的水平阵列,以便鉴别相对的空间时间不变特性。

5 17.根据权利要求 1 2 所述的方法,其特征在于进一步包括以下步骤:

e)选择一种至少两维的预定的轮廓;

f)把所述轮廓分为至少一个平的两维表面;

g)将所述的一个两维表面置于一系列所述栅格的三维组;

h)测量每组栅格相对于所述一个两维表面的相干性/相似性的中值;

10 I)重新将所述一个两维表面置于一个栅格组中并重新测量所述相干性/相似性的所述中值以便在每一个栅格组中找到所述中值最大的位置;

j)为每个栅格组的所述的最大相干性/相似性值在所述栅格组中指定一个位置。

15 1 8.根据权利要求 1 2 所述的方法,其特征在于进一步包括以下步骤:

k)获得步骤(c)和步骤(j)中得到的值之间的差值;以及

l)显示所述的相干值/相似值之差,以便鉴别出基本上与所述的预定轮廓形状相同的地下形状而不取其他形状。

20 1 9.一种勘探烃类沉积物的方法,包括以下步骤:

a)在地层的至少三个预定的三维体中获得叠起的地震信号幅度数据道,至少一个所述的三维体中有已知的烃类沉积物;

b)将所述的每一个三维体分成相当小的三维栅格的一个阵列,其中每一个所述的栅格具有至少三个位于其中的在横向分开的地震记录道;

25 c)在每一个所述的栅格中测量所述地震记录道的相干值;

d)将含有一种已知烃类沉积物的所述一个三维体的相干值同其它三维体的相干值进行比较;并且

e)在具有可与所述的一个三维体的相干值比较的相干值的所述的两个三维体之一中钻孔;

30

2 0.根据权利要求 1 9 所述的方法,其特征在于步骤(d)中,鉴别和比较最正相干值:

(i)在每一个所述栅格中测量相对于一个垂直平面的一对记录道之间的交叉校正值以便得到一个纵测线值,并且测量相对于另一个垂直平面的另一对记录道之间的交叉校正值以便获得一个交叉线值;以及

35

ii)将所述纵测线值与所述交叉线值相组合以便获得所述栅格的相干值。

2 2.根据权利要求 2 1 所述的方法,其特征在于将所述相干值赋予所述栅格的中心处。

5 2 3.根据权利要求 1 9 所述的方法,其特征在于在步骤 (d) 中,在每一个三维体中,将被赋予为通常为水平面的栅格中那些相干值同相邻的水平面的那些相干值进行比较。

10 2 4.根据权利要求 1 9 所述的方法,其特征在于步骤 (c) 包括以下步骤:
计算在每一个所述栅格中相邻地震记录道的归一化后的那些交叉校正值,并且鉴别出所述归一化的校正值中的最大值。

2 5.一种地震勘探方法,在其中将被反射的地震能量的幅度记录为时间的函数以便生成一系列地震道,所述方法包括以下步骤:

15 (a) 在具有至少一个地质构造、断层和侵蚀不整合性的一个预定的三维体的范围内,获得三维地震数据,

(b) 通过以下方式比较所述三维体的地震数据邻近区段的相似性:

20 (i) 确定在一个第一记录道和一个第二记录道之间在纵测线方向上的零平均滞后交叉校正值并确定在所述第一记录道和一个第三记录道之间在交叉线方向上的零平均滞后交叉校正值;

(ii) 鉴别出在所述纵测线方向和在所述交叉线方向上的所述那些零平均滞后交叉校正值的最正值;

(iii) 确定在纵测线方向上的所述最正零平均滞后校正值和交叉线方向上的所述零平均滞后校正值的几何平均值; 以及

25 (iv) 对于基本上所有的包括所述三维地震数据的记录道重复步骤 (i) 至 (iii) , 以及

(c) 显示所述几何平均值,以便鉴别出地质构造、断层和侵蚀不整合性中至少一种。

30 2 6.根据权利要求 2 5 所述的方法,其特征在于进一步包括以下步骤:

将一个中间平面因子加到一系列所述几何平均值上,以便求出与所述三维体内的高度信号不连续性区域最为一致的一个平面的倾斜和倾斜角。

2 7.一种地震勘探方法,包括如下步骤:

35 (a) 得到一个由分布在地层的一个三维体范围内的地震信号记录道构成的三维地震数据组;

(b) 将所述三维体分成隔开的水平片, 并将每个水平片分成被排列成在横向展开的行和列的若干栅格, 每一个所述栅格具有三个通常垂直延伸穿过所述栅格并处在两个通常相互垂直的平面内的地震记录道;

5 (c) 在每个栅格中计算位于一个垂直平面内的所述记录道之间的交叉校正
值, 以便得到一个纵测线值, 并且计算位于所述另一个垂直平面内的所述记录道之间的交叉校正
值以便得到一个交叉值;

(d) 对于每一个所述栅格, 计算一个相干值, 所述相干值代表在所述纵测线方向上的所述交叉校正
值的最正值和在所述交叉线方向上的所述交叉校正
值的最正值的几何平均值; 以及

10 (e) 显示跨越至少一个所述水平片的所述那些栅格的相干值。

说明书

地震信号处理及勘探方法

5 本发明涉及地震勘探的总的主题，具体讲，涉及三维方式鉴定结构和地层特性的方法。

普通的二维数据是沿由岸上地震检波器阵列或离岸水中地震检波器海上拖缆组成的线（见图 1 1 中的线 1 0 和 1 1）获取的。地震检波器和水中地振检波器充当
10 传感器，用于接收被传递给地面并由地下岩石界面反射回地表面的能量。能量通常是在岸上由通过在地面上按预定的间隔和频率使大地震动而传送脉冲的振动装置车提供的。

在三维情况下原理是类似的，然而线和阵列的排列间隔更近（见图 1 和图 2），
15 以便提供更详细的地下覆盖层原信息。如果该覆盖层密度很高，那么在可进行最终解译之前需要记录、存储和处理大量数字数据。处理需要价格昂贵的计算机设备和复杂的软件，以便增强由地下接收到的信号并削弱掩蔽信号的伴随噪声。

一旦这些数据经过处理，地球物理工作者就可以按照三维立方体形式对三维地震信息进行编码和解译，这种三维立方体（见图 4）可以有效地表达地下特征的显示。利用这种数据立方体可以以各种形式显示信息。可以按选定的深度制作水平时间片图（见图 5）。利用计算机工作站解译员可以贯穿该区域分层，以便按不同的水平研究储层储量。还可以利用地震的或钻井的数据沿任意方向制作垂直片或区段。可以将时间图转换成深度，以便提供一具体水平面的结构解释。
20

三维地震法正在世界范围内被广泛地用于提供更详细的地下储层的结构的和地球物理学图象。根据继续增加的已探明跟踪记录近五年来一直在加速采纳三维地震法。借助于从更精确地对划界和生产井定位而提高了的储量评估和成本节约以及导致更好的模拟方式和更精确地预测一个地区的生产历史过程中的远景机会和问题的
30 的能力。更重要的是三维地震法还一直被用作勘探方法，以便在结构复杂地区的钻探风险并预测未钻探区的储藏量。勘探和解译程序现在已变得实际上就等于三维地震法，所以需要作一些改进。

具体讲，为了图示地震反射信息，一直是按传统方式获取和处理地震动震数据。
35 由于有关在横剖面图上地层特性存在的的信息十分有限，所以地层中的变化通常难以

根据传统的地震显示法检测。尽管这些图提供了一个机会看到这些特性的很大一部分，但是要鉴别在没有记录到断层反射的三维体积之内的断层界面。更重要的是人们还不知道业已获得地震数据并用于图示地震的间断性（代替地震反射信息）。

5 根据本发明，公开了一种勘探烃类的方法。该方法包括以下步骤：

获取一组分布于地球的一个预定的三维体积范围内的地震信号记录道；

将该三维体积分为一组垂直叠起的并通常是彼此隔开的水平层片；

10

将这些层片的每一片分为一系列方格，这些方格被排列成侧向扩展的行和列并且具有至少三个位于其中的通常是垂直分布的地震记录道的若干部分；横跨这些方格的每一个测量位于每一个垂直平面上的一对记录道之间的交叉校正值并测量位于另一垂直平面上的另一对记录道之间的交叉校正值，以便获得估计在列的方向上和

15

和在交叉线方向上的时间下落的读数值；

将列向值和读数值组合，以便获得这些方格的每一个的相干值；以及

显示横跨至少一个水平层片的这些方格的相干值。

20

这种技术特别好地适合于解译一个三维地震体积之中的断层平面并适合于以三维方式检测错综复杂的地层特性。这是由于被断层线切割的地震记录道一般具有与断层两侧之中任意一侧的地震记录道不同的地震特性。测量沿时间片的记录道相似性（例如相干性或三维连续性）显示出沿这些断层线和低连贯性的地貌。这样的相干值可以显示按照传统的地震剖面不容易显示清楚的关键性的地下情况细节。还通过计算沿着一系列的时间片的相干性，这些断层地貌就标记出断层平面或表面。

25

从以下对本发明的详细说明、从其中所描述的实施例、从后面的权利要求书以及从附图，本发明的许多优点和特性将容易显示出来。

30

图 1 说明为获取来自地下的三维地震数据以便根据本发明进行处理对地震检波器的一种排列分布；

图 2 是图 1 所述的分布的一平面图；

图 3 是对于穿过图 2 所示一行地震检波器的一个平面上的地震记录道的一种表

35

达方式；
图 4 是从处理三维地震数据中获得的信息的一种图像表达方式；

图 5 是按照已有技术处理过的三维地震数据的水平时间片的一种图像表达方式；以及

图 6 是按照本发明处理过的三维地震数据的水平时间片的一种图像表达方式。

5 尽管本发明容许有许多不同形式的实施例，在附图中示出了一个具体的实施例，将在这里作详细说明。但是应该理解，这里所公开的内容是为了对本发明的原理作举例说明，但并不打算将本发明限制于所描述的具体的实施例和算法。

10 第一个步骤是获取分布在地球的一个三维体积范围内的呈地震信号记录道形式的一组地震数据。用于获取这些数据并还原为用于作为三维地震数据进行处理的数字信号形式的方法对本领域技术人员来说是众所周知的。

15 下一个步骤是产生“间断性立方体”。这是通过将一种相干性算法应用于这些三维数据来进行的。这个算法可以采用许多种形式。无论它的形式是什么样，它的功能都是比较该三维地震体积之内的地震数据相邻区域的相似性。如果一个记录道部分与其相邻部分（例如在列线方向或交叉线方向）不相似，那么它就被赋予一个高不连续性值。

20 图 2 是三维地震体积的一部分的平面图。为了测量不连续性，将在一个点 A 的记录道部分与相邻的若干记录道部分比较。一计算记录道相似性的方法将在以下加以描述。

在记录道 $U(t, w, y)$ 和 $V(t, x + dx, y)$ 之间的具有“t l a g”毫秒滞后时间的在列线（X 方向）上的零平均滞后交叉校正被定义为：

25
$$\rho_x(t, tlag) = \frac{\sum_{k=-w}^{k=+w} u(t+k, x, y) u(t+k+tlag, x+dx, y)}{\sqrt{a(t, x, y) a(t, x+dx, y)}}$$

其中：

$$a(t, x, y) = \sum_{k=-w}^{k=+w} u^2(t+k, x, y)$$

以及

$$a(t, x+dx, y) = \sum_{k=-w}^{k=+w} u^2(t+k, x+dx, y)$$

30 是用于对交叉校正归一化的自动校正，并且在其中 $W + W$ 是以毫秒计的校正窗口长度。重要的要将 W 选择得大得足以使零平均的假定有效。关于一个地震子波的阶的

值是适当的。还可以采用其他归一化方法（例如记录道能量的乘积等）。具体讲，交叉校正是一种将两种波形组合以便测量这两波形的相似性的方法。自动校正是一种将一种波形与自身相组合的方法。见 Sheriff 所著的 " Encyclopedic Dictionary of Exploration Geophysics " ,Society of Exploration Geophysicist, Tulsa, Oklahoma 一书。

在跟踪 $u(t, x, y)$ 和 $U(t, x, y + tlag)$ 之间具有 $tlag$ 微秒滞后的在交叉线 (y -方向) 上的零平均滞后交叉校正被定义如下:

$$\rho_x(t, tlag) = \frac{\sum_{K=-W}^{K=+W} u(t+k, x, y) u(t+k+tlag, x, y+dy)}{\sqrt{a(t, x, y) a(t, x, y+dy)}}$$

10 其中 $a(t, x, y + dy) = \sum_{k=-w}^{k=+w} u(t+k, x, y + dy)$

在 x 和 y 方向上的表观的时间倾斜的方向据估计是具有最大的（即最正的）交叉校正的延迟（即 $tlagx$ 和 $tlagy$ ）。这些值是 $P_{0,x}(t, tlagx)$ 和 $P_y(t, tlagy)$ 。

15

如果给定了该表观的倾斜（单位为毫秒 / 记录道），那么获取倾斜和倾斜方位就是一种简单的（当处理噪声数据时不必十分精确）计算。更重要的是可以通过在经典的一维的交叉校正之间取几何平均的方式将交叉校正的概念扩展为二维:

$$p_{xy}(t, tlagx, tlagy) = \sqrt{\rho_x(t, tlagy) \rho_y(t, tlagx)}$$

20

这个值（或特征）可以用作对地质构造之中信号不连续性以及断层和浸蚀的不整合性之间的信号不连续性的相当可靠的估量。

计算机程序

以下给出了一个用于完成这些计算的经过简化的 FORTRAN 程序:

25

如果从一个三维地震幅度体积给定一个记录道 "X" 以及它的两个相邻 "Y"（在列向）和 "Z"（在交叉线方向），那么子程序 COH 使用一个运行窗口交叉校正算法计算出含有相干性系数的输出记录道 "rho"，在其中:

"mins" 和 "maxs" 是所有四个记录道的最大和最小采样编号;

"inwinl" 是采样时的窗口长度;

" n l a g s " 指定了在交叉校正时每例为 " C " 的延迟 (相对时间飘移) 的数量; 以及

" S r " 是以毫秒计的采样间隔。

- 5 在每次采样时, 子程序 C R O S S 计算出系列经过归一化处理的系数, 以 " r h o 1 " 和 " r h o a " 的形式向每个方向回值最大系数。出现最大系数的时间飘移以 " t s h f 1 " 和 " t s h f 2 " 的形式回送; 这些时间都没有被使用。子程序 C O H 在输入地震振幅体积时对每个记录道被重复调用一次, 以便产生一个新的三维数据体积或含有相干性系数的 “相干立方体” 。

10

```
subroutine coh (x, y, z, rho, mins, maxs, iwinl, nlags, sr)
real x(mins:maxs), y(mins:maxs), z(mins:maxs)
15 real rho(mins:maxs)
```

```
ihwin = iwinl/2
```

```
do j = mins+ihwin, maxs-ihwin
20 k = j - ihwin
call cross (x(k), iwinl, y(k), iwinl, nlags, sr, rho1, tshf1)
call cross (x(k), iwinl, z(k), iwinl, nlags, sr, rho2, tshf2)
rho(j) = sqrt (rho1*rho2)
enddo
```

25

```
return
end
```

```
subroutine cross (x, nx, y, ny, lags, sr, peak, tshift)
real x(0:nx-1), y(0:ny-1), sr, peak, tshift
30 parameter (maxlags=128)
```

35

```

real g(-maxlags:+maxlags)
double precision xx,yy

nlags = max(0, min(lags, maxlags))
5  tshift = 0.0
   peak = 0.0
   xx = 0.0
   yy = 0.0
   ks = 0

10  do ix = 0, nx-1
     xx = x(ix)**2+xx
   enddo

15  if (xx .eq. 0.0) return

   do iy = 0, ny-1
     yy = y(iy)**2 + yy
   enddo

20  if (yy .eq. 0.0) return

   do is = -nlags, +nlags
     g(is) = 0.0
25     do it = 0, nx-1
       if (it-is .ge. 0) then
         if (it-is .le. ny-1) then
           g(is) = g(is) + x(it)*y(it-is)
         endif
       endif
30     endif
     enddo
     if (abs(peak) .lt. abs(g(is))) then
       peak = g(is)
       ks = is
35     endif
   enddo

tshift = ks*sr

```

```
peak = peak/sqrt (xx*yy)
```

```
return
```

5

```
end
```

例如，通过输入间断的立方体作为地震体积的方式，可以使用 Landmar 和
10 GeoQuest 观测和解释断层和地层特性。可以利用显形软件（例如 Landmark 的
SeisGube 软件）迅速地穿过该不连续体积切片，以便有助于理解复杂的断层关系。
不连续性的显示可以减少用于选择哪一条地震线来解释的解释周期时间，使得解译
机可以围绕着断层和数据贫乏地区工作。此外，按照常规地震显示方法不容易显示
15 清楚的错综的地下特性和复杂的断裂运动也可以得到迅速的鉴别和解释。图 5 和图
6 是对按照常规方法和按照本发明显示和处理的相同的地震信息作平行比较。在图
6 中断层线更容易显示清楚。

相干性图业已被连续进行过若干次三维测量。按照适当的数据质量的不同深度
可以很容易地鉴别出大约 90% 的断层。断层是在相干性图上鉴别出来的，这种相
20 干性图在地震部分是极其错综复杂的。但是，由于该方法的可靠性和在该图上断层
图案的透视性，断层在该相干性图上就显示得更为清楚。因为相干图涉及到若干未
经解释的时间片，所以本发明提供了一种大大加快测绘结构框架和显示断层关系的
细节，否则这种断层关系的详细情况只有采用另外的方式通过冗长的断层构选（对
比地震记录）才能解释。

25

具体的例子

二维地震相干图是沿被拾取的反射界面制成的并清楚地鉴别出在尼日利亚海的
页岩挤入构造。

30

在墨西哥湾海域这种技术很容易鉴别出挤入构造。

在某些相干时间片上显示出若干地层地貌的详细情况，例如废弃的河道、泥浆
流和海底峡谷。在一些地震区域，这些地貌有些可以显示出来，但是在某些情况下
35 却无法鉴别出来作进一步细致的研究。

这是第一种在其中一直没有记录到断层反射的三维体积内显示断层平面的已知的方法。断层对于石油的聚集是至关重要的。通过阻断结构或地层构造以便将石油挤向断层的方式断层可以形成封闭。另一方面，如果断层包含没有被胶结起来的碎石，那么这可以形成流体的通道。这可以使烃类渗出断层平面而进入构造中并被挤入该构造中或由该构造中渗出而从构造中溢出。

因此，断层线可以预测在油层中流动类型，例如将喷口和生产井连通。地震的不连续性还可以提供的需要的联系，以便可以预测油井之间的油层并实现油层的连续性和经过一个区域的流动模式。

三维地震相干图是绘制结构和地层图的极其有力和有效的手段。这种新方法对于子波特征中的任何方向变化特别敏感，并因此对子波中的横向变化的通常的起因（例如断层移动或地层变化）特别敏感。这种三维方法根据间隔分析时间片或反射界面并测量在列线方向和交叉方向上经过归一化处理的交叉校正的最大值。

进一步的分析

不连续性立方体将清楚地作为高度不连续区的断层平面放在突出的地方。然而这些区域在低信噪比区可能并不清楚。一个增强这些断层区的方法涉及应用“中间平面算子”。在地面以下的断层通常自身就表现为平面或表面。在断面表面为曲面的情况下，可以使用一系列小平面近似代表该断层表面。根据本发明的这个方面，可以使用小平面算子来增强（即“筛选”）对错综复杂的地层构造的鉴别。首先，在中心值附近选择一个地震数据小区域。这个区域可以由一系列用于构成“相干立方体”的栅格形成，而后用数据方法将小断层平面插入该区域，并就与高度不连续性的区最为一致的倾斜和方位计算那些平面的中间值，而后将这一中间值指定为一个新阵列的中心值。其次，移动该数据区（例如移动一行）并重复这种处理直至作为中间值分析完在预定的不连续性立方体中的每一点。最终的结果是一个具有增强了的断层平面和衰减了噪声和地层结构例如非平面的全新的不连续性立方体。这些地层结构可以通过从原有的未应用筛选的不连续性立方体中减去新的不连续性立方体的方式加以分离。

从以上说明可以看出对本领域技术人员来说可以对本发明进行大量的变化、替换和改进。因此，本说明书仅仅是说明性的，其目的只是告诉本领域技术人员实施本发明的方法，还可以使用其他的算法测量邻近地震数据区的相似性或建立“不连续性立方体”。此外，为了解释和说明还可以取代这些等效计算。本发明的某些特征还可以独立于本发明的其他特征单独使用。

5 例如，地层构造通常一直是在倾斜低的区域的时间片上鉴别的，因此，时间窗口捕获了一个窄的地层段。在较高倾斜区域，该方法将连续拾取反射界面。因此，作为一种地层绘图手段，有充分的理由相信与过去相信可以获得更高水平的详细的信息，尽管这可能需要绘制所要研究的反射界面。

10 作为另一个例子，尽管相干片图本身就是非常有力的绘图工具，但是，当它们与幅度的勘探测绘和倾斜图一起使用时，有希望成为利用三维地震法有效地测绘墨西哥湾或类似凹陷区的勘探里程碑。据信绘制详细的结构和地层图将通过以变换视图方式绘图而得以促进并且按传统方式一条接一条线地选取而较差。

15 因此，应该明确在不脱离所发明权利要求书所定义的精髓和范围的前提下还可以作出各种改进类型、替换类型和变换类型。毫无疑问，本发明的权利要求书的意图在将所有这些改进都包括在本发明的权利要求书之内。

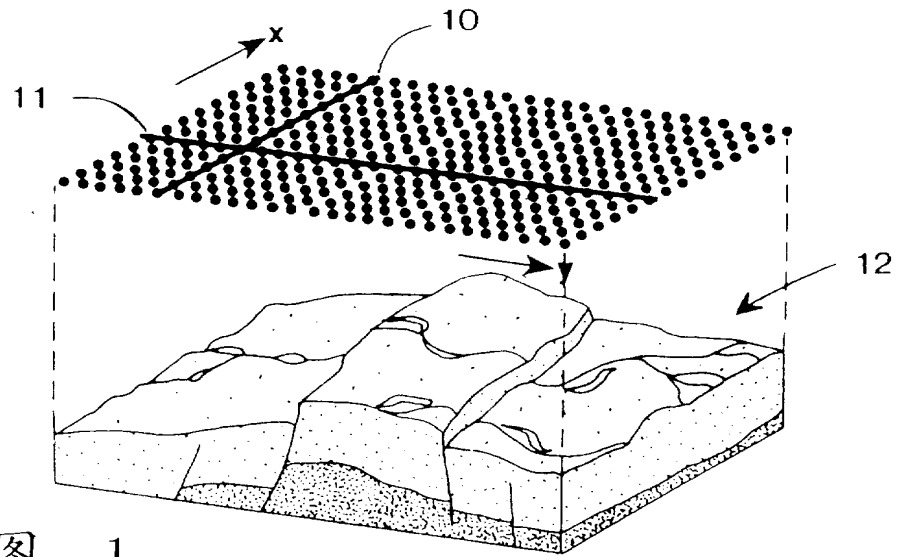


图 1

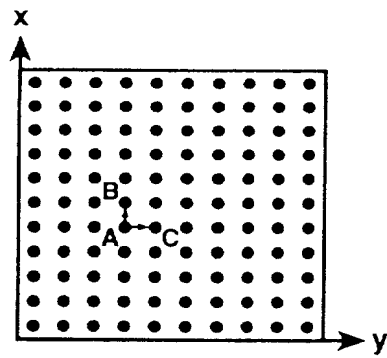


图 2

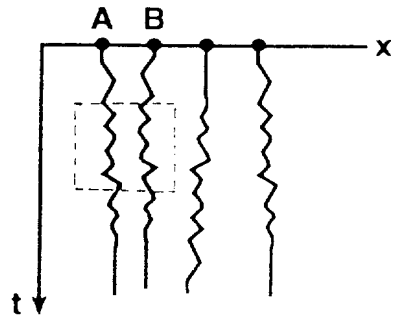


图 3

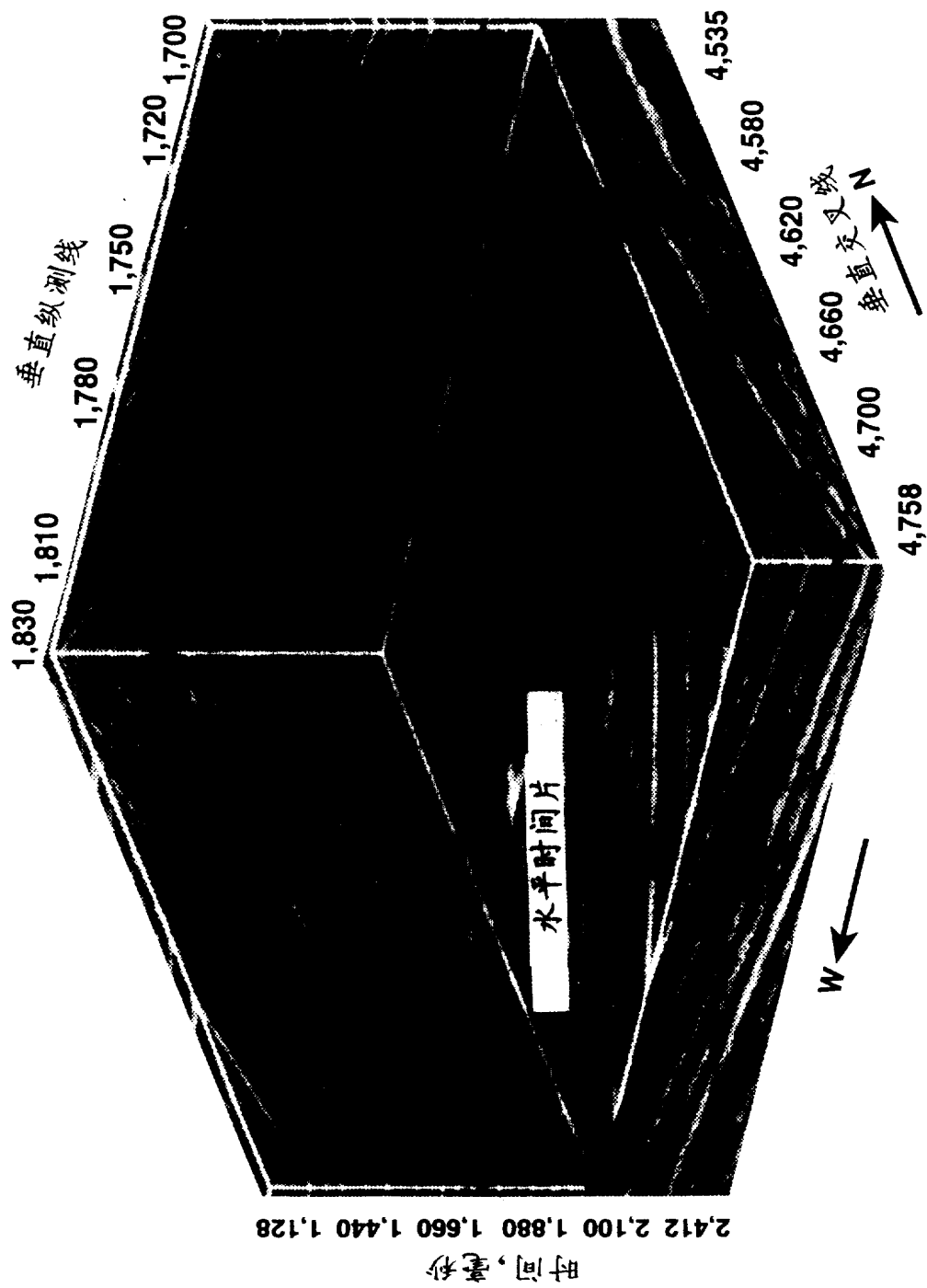


图 4



图 5

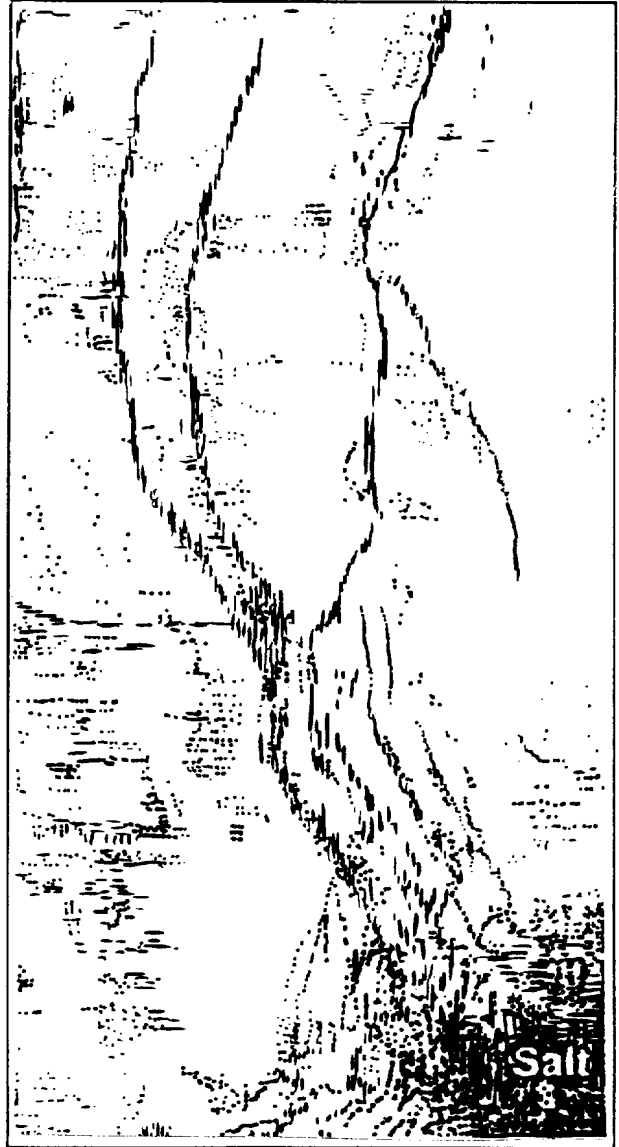


图 6

权利要求书

按照条约第 19 条的修改

1. 一种用于勘探烃类的方法，该方法包括如下步骤：

a) 获取分布在地球的一预定的三维体积范围内的地震信号记录道；

5 b) 将所述三维体积分为一系列沿垂直方向叠置的并且一般是相互隔开的水平片，还将所述水平片之中至少一片分为一系列沿横向分布为行和列的栅格，所述栅格的每一个具有至少三个位于其中的地震信号记录道的若干部分，所述记录道的所述那些部分的每个部分通常伸展垂直穿过所述栅格，并且在所述栅格中的一个第一记录道和一个第二记录道位于一个一般是垂直的平面内，而一个第三记录道和在所述栅格内的所述第一记录道位于另一个一般是垂直的平面内，该平面一般与所述的一个垂直平面呈直角；

10 c) 跨越所述栅格的每一个测量位于所述一个垂直平面中的所述记录道之间的交叉校正值以便获得一个纵测线值和测量位于所述另一个垂直平面内的所述记录道之记的交叉校正值以便获得一个约为在一个纵测线方向和在一个交叉线方向上的时间下落的值的交叉线值；

15 d) 将所述纵测线值和交叉线值组合在一起以便获得所述栅格的每一个的一个相干值；以及

e) 显示跨越所述水平片中的至少一片的所述栅格的所述相干值。

20 2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于步骤 (b) 是在所述水平片的每一片上完成的；还在于在步骤中(c)所述相干值被显示在顺序的水平片上。

3. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于步骤 (c) 包括将每一个纵测线值和每一个交叉线值归一化。

25

4. 根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于所述归一化步骤包括获得每一对记录道的能量的乘积。

30 5. 根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于得出位于所述一个垂直面内的所述记录道的自动校正和位于所述另一个垂直平面内的所述记录道的自动校正，以便对在纵测线方向上和交叉方向上的所述交叉校正值进行归一化处理。

35 6. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于步骤 (c) 包括计算在所述纵测方向上的零平均延迟交叉校正值和计算在所述交叉方向上的零平均延迟交叉校正值的步骤。

7.根据权利要求6所述的方法,其特征在于步骤(d)包括鉴别在所述纵测线方向上零平均延迟交叉校正值的最正值和鉴别在所述交叉方向上零平均延迟交叉校正值的最正值的步骤。

5

8.根据权利要求7所述的方法,其特征在于步骤(d)包括计算所述两个最正值的几何平均值的步骤。

9.根据权利要求1所述的方法,其特征在于在步骤(a)中所述地震信号记录道组包括一系列地震数据的振幅——水平坐标和时间记录道。

10

10.根据权利要求1所述的方法,其特征在于在步骤(a)中所述信号记录道是数字模拟的。

11.根据权利要求1所述的方法,其特征在于步骤(b)的所述水平片延续时间大约为100毫秒。

15

12.一种定位地下地形、断层和轮廓的方法,该方法包括如下步骤:

a)获取覆盖地球一预定体积的三维地震数据;

b)将所述体积分为一个相当小的三维阵列,在该阵列中所述栅格的每一个的特征为位于其中有至少三个被沿侧向分隔开并且通常垂直的地震记录道。

20

c)在每个所述栅格中测量所述至少三个记录道相对于两个预定方向的相干性/相似性;以及

d)显示所述栅格的相干性/相似性,以便形成二维地下地形图。

25

13.根据权利要求12所述的方法,其特征在于在步骤(c)中所述预定的方向相互垂直;并且在其中所述相干性/相似性是作为在一个方向上的两个记录道之间的交叉校正值和在一个与所述一个方向垂直的一个方向上的两个记录道之间的交叉校正值的函数被测量的。

30

14.根据权利要求13所述的方法,其特征在于所述栅格的相干性/相似性是作为在所述两个方向的每一个上的最大的交叉校正值的函数被测量的。

15.根据权利要求14所述的方法,其特征在于所述相干性/相似性与所述两个最大交叉校正值的几何平均值成正比。

35

1 6. 根据权利要求 1 2 所述的方法, 其特征在于该方法还进一步包括以下步骤
e) 显示顺序垂直隔开的三维栅格的水平阵列, 以便鉴别相对的空间时间不变特性。

5 1 7. 在地震勘探中, 由被反射的地震能量构成的三维地震数据作为时间的函数被记录下来, 产生了一系列地震记录道并使用一种适合于处理这样的地震记录道的计算机, 在这样的地震勘探中, 一种加工数据的装置, 包括:

一种可用计算机读取并可指令传送给计算机以便完成一种处理程序的媒体, 该处理程序包括如下步骤:

10 a) 存取整个一个预定体积范围内的三维地震数据;
b) 比较所述体积的所述三维地震数据的一些相邻区域的相似性, 进行这种比较所采用的手段包括

(i) 将所述体积分成至少一个水平片并将所述至少一个水平片分成一系列被分布为横向展开的行和列的栅格, 所述栅格的每一个具有至少三个延伸从其中穿过的地震记录道的若干部分, 这些部分包括位于一个平面中的第一和第二记录道以及
15 与所述第一记录道一起位于另一个通常与上述一个平面成直角的另一个平面中的第三记录道;

(i i) 跨越所述栅格的每一个测量位于所述一个平面内的所述那些记录道的相干性以便获得一个第一相干性值并且测量位于所述另一个平面内的所述那些记录道, 以便获得一个第二相干性值;

(i i i) 将在每一个栅格中的所述第一相干性值和所述第二相干性值相组合, 以便获得一个作为在所述栅格中的所述那些地震记录道的相干性的代表的相干性值; 以及

(i v) 以一种作为地震分布图用于显示所述被组合的相干性值的形式存储所述至少一个水平片的每一个栅格的相干性值。

1 8. 根据权利要求 1 7 所述的编制程序的装置, 其特征在于所述媒体携指令给所述计算机以便通过确定所述第一记录道和所述第二记录道之间的交叉校正并确定所述第一记录道和所述第三记录道之间的交叉校正的方式完成步骤 (i i)。

1 9. 根据权利要求 1 8 所述的编制程序的装置, 其特征在于所述媒体携指令给所述计算机以便通过确定所述第一记录道和所述第二记录道之间的零平均延迟交叉校正并确定所述第一记录道和所述第三记录道之间的零平均延迟交叉校正的方式完成步骤 (i i)。

2 0. 根据权利要求 1 9 所述的编制程序的装置, 其特征在于所述媒体携指令

给所述计算机以便通过鉴别所述零平均延迟交叉校正值的每一个最正值的方式完成步骤 (i i)。

2 1. 根据权利要求 2 0 所述的编制程序的装置, 其特征在于所述媒体携带指令给所述计算机以便通过进一步确定所述两个最正零平均延迟交叉校正值的几何平均值的方式完成步骤 (i i)。

2 2. 一种地震勘探方法, 该方法包括如下步骤:

10 (a) 获取由分布在地球的一个体积范围内的地震信号记录道构成的三维地震数据组;

(b) 将所述体积分布彼此隔开的水平片并且将每一片分布若干沿横向展开成行和列的栅格, 所述栅格的每一个具有至少三个一般位于二个通常垂直并相互正交的平面中的地震记录道;

15 (c) 在每一个栅格中计算位于所述一个垂直平面内的所述记录道之间的交叉校正值, 以便获得一个纵测线值并且计算位于所述另一个垂直平面内的所述记录道之间的交叉校正值, 以便获得一个交叉线校正值;

(d) 计算所述栅格的每一个的相干性值, 所述相干性值是在所述纵测线方向上的所述交叉校正值的最大值和在交叉线方向上的交叉校正值的最大值的平均值的代表值, 以及

20 (e) 显示跨越所述水平片的至少一片的所述栅格的所述相干性值。

2 3. 一种装置, 包括

(a) 可被计算机读取的并携带处理程序指令的装置, 该处理包括以下步骤:

25 (1) 存取由分布在地球的一个预定三维体积范围内的地震信号记录道构成的数据;

30 (2) 将所述三维体积排列为一系列垂直叠起的水平片并将所述水平片的至少一片分布成一系列沿横向展开的行和列的栅格, 所述栅格的每一个具有位于其中的至少三个地震记录道部分, 在所述栅格中的第一记录道和第二记录道位于一个平面内, 而在所述栅格中的第三记录道和所述第一记录道位于一般与所述一个平面呈直角的另一个平面内;

(3) 在所述栅格的每一个中计算位于所述一个平面内的所述记录道之间的交叉校正值, 以便获得一个纵测线值, 并且计算位于所述另一个平面的记录道之间的交叉校正值, 以便获得一个交叉线值; 以及

35 (4) 将所述纵测线值和所述交叉线值相组合, 以便对于所述栅格的每一个获得一个相干性值。

2 4.根据权利要求 2 3 所述的装置,其特征在于步骤(3)进一步包括以下步骤:获得位于所述一个平面内的所述记录道的自动校正值和获得位于所述另一个平面内的所述记录道的自动校正值,以便将在所述纵测线方向上和在所述交叉线方向上的所述交叉校正值进行归一代处理。

5

2 5.根据权利要求 2 3 所述的装置,其特征在于步骤(4)包括如下步骤:计算在所述纵测线方向上的零平均延迟交叉校正值,以及计算在所述交叉线方向上的零平均延迟交叉校正值。

10

2 6.根据权利要求 2 5 所述的装置,其特征在于步骤(4)包括以下步骤:鉴别在所述纵测线方向上的所述零平均延迟交叉校正值的最正值,并鉴别在所述交叉线方向上的所述零平均延迟校正值的最正值。

15

2 7.根据权利要求 2 6 所述的装置,其特征在于步骤(4)包括计算所述两个最正值的平均值。

2 8.在一台适合于接收三维地震数据并具有一个用于描绘经处理的三维地震数据的计算机中,一个编制程序的装置包括:

20

a 一种可被计算机读出的并且携带供给计算机的指令用于完成一种处理程序的媒体,所述处理程序包括如下步骤:

(1)将三维数据分布到被排列成沿横向展开成行和列的一系列栅格中,所述栅格的每一个具有位于其中的至少三个地震记录道部分,包括位于一个平面内的一个第一记录道和一个第二记录道,并包括与所述第一记录道一起位于与所述一个平面呈直角的另一个平面中的一个第三记录道;

25

(2)在所述栅格中计算位于所述一个平面内的所述记录道之间的交叉校正值的代表值并计算于的另一个平面内的所述记录道之间的交叉校正值的代表值;以及

30

(3)将位于所述一个平面内的所述记录道之间的交叉校正值的所述代表值和位于所述另一个平面内的所述记录道之间的交叉校正值的所述代表值组合,以便对于所述栅格的每一个获得一个相干性值。

2 9.根据权利要求 2 8 所述的编制程序的装置,其特征在于所述媒体携带供给计算机的指令,以便通过将在所述一个平面内的最大交叉校正值的代表和在另一个平面内的最大交叉校正值的代表值组合的方式完成步骤(3)。

35

3 0.根据权利要求 2 9 所述的编制程序的装置,其特征在于所述媒体携带供给

计算机的指令, 通过所述两个最大交叉校正值的代表值的方式将在所述一个平面内的最大交叉校正值和和在另一个平面内的最大交叉校正值的所述代表值相组合。

5 3 1. 在一台已在其中存储有覆盖地球的一个预定体积的三维地震数据的计算机中, 可用计算机读取的并且携带完成一处理过程的指令的装置, 该装置包括:

(1) 以数字形式将所述数据存储入相当小的三维栅格的一个阵列中, 在其中所述栅格的每一个的特征在于位于其中的至少三个沿横向隔开并通常垂直的地震记录道;

10 (2) 在每一个所述栅格中由相对于两个预定方向的所述至少三个记录道计算一个相干性值; 以及

(3) 存储所述栅格的相干性值, 以便计算机显示用所述相干性值表示的地下地形的两维图。

15 3 2. 根据权利要求 3 1 所述的装置, 其特征在于在步骤 (2) 中所述两个预定的方向是相互垂直的, 在其中每个相干性值是作为在所述两个相互垂直的方向之中的一个方向上的两个记录道之间的交叉校正值和和在所述两个相互垂直的方向之中的另一个方向上的两个记录道之间的交叉校正值的函数被计算出来的。

20 3 3. 根据权利要求 3 2 所述的装置, 其特征在于步骤 (2) 的所述相干性值是作为在所述一个方向上的最大交叉校正值和和在所述另一个方向上的最大交叉校正值的函数被计算出来的。

25 3 4. 根据权利要求 3 3 所述的装置, 其特征在于步骤 (2) 的所述相干性值是所述两个最大交叉校正值的几何平均值的函数。

3 5. 一种勘探烃类沉积的方法, 该方法包括如下步骤:

(a) 获取在地球的一个预定的三维体积的范围内的三维地震数据;

30 (b) 利用一台计算机和指挥所述诸机的用于所述计算机的程序完成以下步骤:

(1) 读出所述数据并将所述体积分成相当小的三维栅格的一个阵列, 在其中所述栅格的每一个具有至少三个位于其中的沿横向分隔的地震记录道; 以及

(2) 在所述栅格的每一个中计算所述地震记录道的相干性值; 以及

(c) 利用所述计算机显示所述相干性值, 和

35 (d) 利用所述显示鉴别作为油气沉积位置的征兆的地质结构和位置。

3 6.根据权利要求 3 5 所述的方法, 其特征在于该方法还包括以下步骤:
(e) 在步骤 (d) 中所鉴别出的位置钻一个井。

5 3 7.根据权利要求 3 5 所述的方法, 其特征在于步骤 (2) 是按照以下方式完成的:

(i) 测量相对于一个垂直平面的一对记录道之间的交叉校正值以便得到一个纵测线值, 并且测量相对于另一个垂直平面的另一对记录道之间的交叉校正值以便得到一个交叉线值; 以及

10 (i i) 将所述纵测线值和所述交叉线值组合, 得到所述栅格的一个相干性值。

3 8.根据权利要求 3 7 所述的方法, 其特征在于步骤 (i i) 包括以下步骤:
鉴别一个最大纵测线交叉校正值和一个最大交叉线交叉校正值, 并且将所述最大交叉校正值组合。

15 3 9.根据权利要求 3 8 所述的方法, 其特征在于所述最大交叉校正值是通过计算它们的平均值组合的。

4 0.一个装置, 包括:

20 (a) 一个可用计算机读的并且携带一个处理过程指令的记录装置, 该处理过程包括如下步骤:

(1) 读出代表分布在地球的一个预定的三维体积范围内的地震信号记录道的数据;

25 (2) 将所述信号记录道排序是通过以下方式进行的, 即将所述三维体积分成一系列相当薄的、被排列成沿横向展开的行和列的栅格, 所述栅格的每一个具有位于其中的至少三个地震记录道的部分, 包括处在一个平面上的一个第一记录道和一个第二记录道以及与所述第一记录道一起处在与所述一个平面呈直角的另一个平面上的第三记录道;

30 (3) 在所述栅格的每一个中测量位于所述一个平面内的所述记录道之间的交叉校正值以便获得一个纵测线值并且测量位于所述另一个平面内的记录道之间的交叉校正值以便获得一个交叉线值; 以及

(4) 将所述纵测线值和所述交叉线值组合, 以便对于所述栅格的每一个得到一个相干性值。

35 4 1.根据权利要求 4 0 所述的装置, 其特征在于计算机包括用于显示所述栅格的所述相干性值的装置。

4 2.根据权利要求 4 0 所述的装置,其特征在于步骤(4)包括以下步骤:计算在所述纵测线方向上的零平均延迟交叉校正值和计算在所述交叉线方向上的零平均延迟交叉校正值。

5 4 3.根据权利要求 4 2 所述的装置,其特征在于步骤(4)包括以下步骤:鉴别在所述纵测线方向上的所述零平均延迟交叉校正值的最正值以及鉴别在所述交叉线方向上的所述零平均延迟交叉校正值的最正值。

10 4 4.根据权利要求 4 3 所述的装置,其特征在于步骤(4)包括计算所述两个最正值平均值的步骤。

4 5.一种探测地下地形、断层和轮廓的方法,包括以下步骤:

(a) 获取覆盖地球的一个预定体积的地震数据;

15 (b) 将所述体积方向相当小的三维栅格的一个阵列,在其中所述栅格的每一个的特征在于位于其中的至少三个沿横向隔开的和一般是垂直的地震记录道;

(c) 在所述栅格的每一个中测量在一个方向上的二个记录道之间的交叉校值和在一个与所述一个方向垂直的一个方向上的两个记录道之间的交叉校正值;以及

20 (d) 以二维图的形式显示在一个方向上的二个记录道之间的所述交叉校正值和在一个与所述一个方向垂直的一个方向上的两个记录道之间的所述交叉校正值的一种代表值。

4 6.根据权利要求 4 5 所述的方法,其特征在于步骤(d)的所述代表值是在所述两个方向的每一个上的最大交叉校正值的函数。

25 4 7.根据权利要求 4 5 所述的方法,其特征在于步骤(d)的所述代表值是所述两上交叉校正值的几何平均值的函数。

30 4 8.一种勘探烃类沉积的方法,在其中三维地震数据是在地球的一个预定的三维体积范围内获得的,在其中,计算机读出这些数据并将该体积分为相当小的三维栅格的一个阵列,每一个栅格具有至少三个沿横向被分隔开的地震记录道,计算机被用于将这些数据转换成地震特性显示图象,并被用于制作地震特征图,以及该图被用于鉴别通常与烃类的聚集和蕴藏有关的地下构造,其特征在于

(1) 在所述栅格的每一个中计算所述地震记录道的相干性值; 以及

(2) 显示位于三维体积内二个平面之间的每个栅格的相干性值。

35 4 9.根据权利要求 4 8 所述的方法,其特征在于步骤(1)是按以下方式完成

的:

(i) 在每个栅格中测量相对于一个垂直平面的一对记录道之间的交叉校正
值, 以便获得一个纵测线值, 并且测量相对于另一个垂直平面的一对记录道之间的
交叉校正值, 以便获得一个交叉线值; 以及

5 (i i) 将所述纵测线值和所述交叉线值组合, 以便获得所述栅格的一个相干
性值。

5 0. 根据权利要求 4 9 所述的方法, 其特征在于每一个栅格包含有一系列处在
每一个垂直平面内的记录道, 在其中步骤 (i) 是在每一个垂直平面内对所有记录
10 道完成的; 并且在其中步骤 (i i) 包括以下步骤: 鉴别最大纵测线交叉校正值和
最大交叉线校正值并将所述最大纵测线交叉校值和最大交叉线交叉校正值组合。

5 1. 一种绘制地震图方法, 该方法包括如下步骤:

(1) 利用计算机存取由分布在地球的一个预定的三维体积范围内的地震信号
15 记录道构成的数据集;

(2) 将所述三维体积分为一系列垂直叠起的片并将所述片的至少一片分成被
排列成沿横向展开成行和列的一系列栅格, 所述栅格的每一个具有位于其中的至少
三个地震记录道部分, 所述记录道的所述这些部分每一个通常延伸穿过所述栅格,
在每个栅格中一个第一记录道和一个第二记录道和一个第二记录道位于一个平面
20 内, 而在所述栅格中一个第三记录道和所述第一记录道位于通常与所述一个平面呈
直角的另一个平面内;

(3) 横跨每一个栅格计算位于所述一个平面内的所述记录道之间的交叉校正
值以便得到一个纵测线值并计算位于所述另一个平面内的记录道之间的交叉校正
值以便得到一个交叉线值;

25 (4) 将所述纵测线值和所述交叉线值组合以便对于每一个栅格得到一个相干
性值; 以及

(5) 跨越所述片的至少一片显示所述栅格的所述相干性值。

5 2. 根据权利要求 5 1 所述的地震图绘制方法, 其特征在于在步骤 (5) 之前,
30 将所述栅格的所述相干性值的数字形式存储在一个存储器中, 并且在其中步骤
(5) 是通过以表示地下界面的图的形式打印出所述相干性值的方式完成的。

5 3. 根据权利要求 5 1 的述的地震图绘制方法, 其特征在于其中步骤 (3) 包
括以下步骤: 计算在所述纵测线方向上的零平均延迟交叉校正值, 以及计算在所述
35 交叉线方向上的零平均延迟交叉校正值。

5 4.根据权利要求 5 3 所述的地震图绘制方法,其特征在于其中步骤(4)包括以下步骤:鉴别在所述纵测线方向上的零平均延迟交叉校正值的最正值,鉴别在交叉线方向上的零平均延迟交叉校正值,鉴别在交叉线方向上的零平均延迟交叉校正值的最正值,以及将所述两个最正值组合。

5

5 5.根据权利要求 5 4 所述的地震图绘制方法,其特征在于在步骤(4)中所述两个最正值是通过计算它们的几何平均值来组合的。

根据 PCT 第 19 条修改的声明

为了对本发明进行恰当的保护,权利要求不仅需要保护处理方法,还应该包括记录在计算机可读介质上的处理方法的步骤及所述处理的产品如地震图。因此增加了新的权利要求以保护用以执行本发明方法的计算机介质及本发明处理方法所得的产品。