



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102944896 A

(43) 申请公布日 2013. 02. 27

(21) 申请号 201210445241. 8

(22) 申请日 2012. 11. 09

(71) 申请人 中国石油集团川庆钻探工程有限公  
司地球物理勘探公司

地址 610213 四川省成都市双流县华阳镇华  
阳大道一段一号 1-4

(72) 发明人 周祺 朱敏 唐怡 刘晓斌  
杨忠民

(74) 专利代理机构 北京铭硕知识产权代理有限  
公司 11286

代理人 罗延红

(51) Int. Cl.

G01V 1/36(2006. 01)

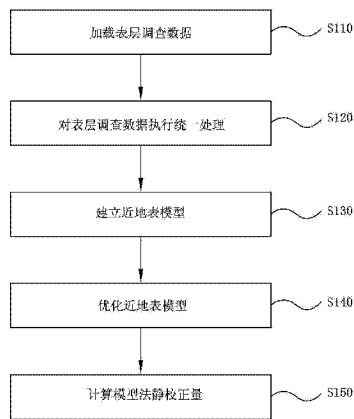
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 5 页

(54) 发明名称

表层调查数据的模型法静校正方法

(57) 摘要

提供一种表层调查数据的模型法静校正方法和装置。所述方法包括：加载二维或三维的表层调查数据；对加载的表层调查数据执行统一处理，其中，按照时深变化趋势进行统一分层，并计算每个控制点在各层的速度和厚度参数；基于统一处理的表层调查数据建立二维或三维近地表模型；采用双向均值内插方法对建立的二维近地表模型执行交点模型闭合，或者采用中心区域平滑方法消除三维近地表模型的模型畸变；通过时深曲线关联操作建立二维或三维近地表各层的速度、厚度模型，并计算表层调查数据的模型法静校正量。



1. 一种表层调查数据的模型法静校正方法,所述方法包括以下步骤:
  - 加载步骤:加载二维或三维的表层调查数据;
  - 统一处理步骤:对加载的表层调查数据执行统一处理,其中,按照时深变化趋势进行统一分层,并计算每个控制点在各层的速度和厚度参数;
  - 建模步骤:基于统一处理的表层调查数据建立二维或三维近地表模型;
  - 模型优化步骤:采用双向均值内插方法对建立的二维近地表模型执行交点模型闭合,或者采用中心区域平滑方法消除三维近地表模型的模型畸变;
  - 静校正步骤:通过时深曲线关联操作建立二维或三维近地表各层的速度、厚度模型,并计算基于表层调查数据的模型法静校正量。
2. 如权利要求 1 所述的方法,其中,加载的表层调查数据包括根据至少一种表层资料采集方法获得的表层调查数据。
3. 如权利要求 2 所述的方法,其中,所述表层资料采集方法包括小折射资料采集方法和微测井采集方法。
4. 一种表层调查数据的模型法静校正装置,所述装置包括:
  - 加载模块,用于加载二维或三维的表层调查数据;
  - 统一处理模块,用于对加载的表层调查数据执行统一处理,其中,按照时深变化趋势进行统一分层,并计算每个控制点在各层的速度和厚度参数;
  - 建模模块,用于基于统一处理的表层调查数据建立二维或三维近地表模型;
  - 模型优化模块,用于采用双向均值内插方法对建立的二维近地表模型执行交点模型闭合,或者采用中心区域平滑方法消除三维近地表模型的模型畸变;
  - 静校正模块,用于通过时深曲线关联操作建立二维或三维近地表各层的速度、厚度模型,并计算表层调查数据的模型法静校正量。
5. 如权利要求 4 所述的装置,其中,加载的表层调查数据包括根据至少一种表层资料采集方法获得的表层调查数据。
6. 如权利要求 5 所述的装置,其中,所述表层资料采集方法包括小折射资料采集方法和微测井采集方法。

## 表层调查数据的模型法静校正方法

### 技术领域

[0001] 本申请涉及一种基于表层调查资料的模型法静校正方法和装置,尤其涉及一种基于不同类型的表层调查数据建立统一的数据平台,以统一的表层调查数据为基础建立近地表模型并进行优化,对复杂的地表调查资料执行静校正处理的技术。

### 背景技术

[0002] 几何地震学的理论都是假设观测面是一个水平面、地下传播介质均匀为前提的,但实际情况并非如此。观测面并不是一个水平面,通常是起伏不平的,地下传播介质通常也不是均匀的,其表层还存在着低降速带的横向变化。因此,野外观测得到的反射波达到时间,并不满足双曲线方程,而是一条畸变了的双曲线。静校正就是研究由于地形起伏,地表低降速带横向变化对地震波传播的影响,并对其进行校正,使时距曲线满足于动校正的双曲线方程。

[0003] 在地面地震勘探中,复杂地表仍是制约地震勘探效果的重要因素。复杂的地表模型除引起激发和接收问题外,主要还影响地震资料静校正的精度,影响叠前时间偏移及水平叠加的成像效果。在表层静校正方面,目前人们通过对表层模型作不同程度的近似假设形成了一系列的静校正方法,主要有以下三种技术:

[0004] 1、高层静校正,该方法利用野外测量成果和预定的基准面高程以及基准面和地面之间的速度来计算校正量;

[0005] 2、折射静校正,该方法利用地震波从上层介质传播到与下层介质的分界面时,当入射波以临界角入射到该界面时,将产生沿界面滑行的折射波,并传到地面为检波器所接收,由折射波的初至时间可估算低降速带的速度和炮点、检波点的延迟时间,并由此得到低降速带的速度/深度模型。

[0006] 3、层析静校正,该方法利用初至波(或者是初至波的一部分)反演表层低速带速度结构并据此计算静校正量的方法。

[0007] 以上的技术都可归属于一次静校正技术,高程静校正技术不能解决山地勘探,山地勘探区域的地表起伏很大,基准面不同时兼顾高低两种情况,地面与基准面的高差不可避免会出现较大的情况,此外,资料多是长排列采集,炮检距越大,射线入射角越大,高层静校正的路径走时近似相等情况不能得以满足;折射静校正需要地下有一套稳定的折射层,且该层的横向速度变化不剧烈,在众多的山地地形中,折射静校正的适用范围受限;层析静校正利用初至波反演纵、横向连续变化的表层低速带,避免了层状速度结构的假设,更适合包括山地在内的各种复杂近地表条件表层速度模型的建立,具有更强的适应能力,但在初至拾取困难的地区以及可控震源采集资料中,初至拾取不准确对层析静校正精度影响较大。

### 发明内容

[0008] 本发明的目的在于提供一种基于表层调查资料的模型法静校正方法和装置,其基

于不同类型的表层调查数据建立统一的数据平台,以统一的表层调查数据为基础建立近地表模型并进行优化,对复杂的地表调查资料执行静校正,从而提高地震资料静校正的精度。

[0009] 根据本发明的一方面,提供一种表层调查数据的模型法静校正方法,所述方法包括以下步骤:加载步骤:加载二维或三维的表层调查数据;统一处理步骤:对加载的表层调查数据执行统一处理,其中,按照时深变化趋势进行统一分层,并计算每个控制点在各层的速度和厚度参数;建模步骤:基于统一处理的表层调查数据建立二维或三维近地表模型;模型优化步骤:采用双向均值内插方法对建立的二维近地表模型执行交点模型闭合,或者采用中心区域平滑方法消除三维近地表模型的模型畸变;静校正步骤:通过时深曲线关联操作建立二维或三维近地表各层的速度、厚度模型,并计算表层调查数据的模型法静校正量。

[0010] 加载的表层调查数据可包括根据至少一种表层资料采集方法获得的表层调查数据。

[0011] 所述表层资料采集方法可包括小折射资料采集方法和微测井采集方法。

[0012] 根据本发明的另一方面,提供一种表层调查数据的模型法静校正装置,所述装置包括:加载模块,用于加载二维或三维的表层调查数据;统一处理模块,用于对加载的表层调查数据执行统一处理,其中,按照时深变化趋势进行统一分层,并计算每个控制点在各层的速度和厚度参数;建模模块,用于基于统一处理的表层调查数据建立二维或三维近地表模型;模型优化模块,用于采用双向均值内插方法对建立的二维近地表模型执行交点模型闭合,或者采用中心区域平滑方法消除三维近地表模型的模型畸变;静校正模块,用于通过时深曲线关联操作建立二维或三维近地表模型的模型点与时深曲线的对应关系,并计算表层调查数据的模型法静校正量。

[0013] 加载的表层调查数据可包括根据至少一种表层资料采集方法获得的表层调查数据。

[0014] 所述表层资料采集方法可包括小折射资料采集方法和微测井采集方法。

## 附图说明

[0015] 通过下面结合附图进行的描述,本发明的上述和其他目的和特点将会变得更加清楚,其中:

[0016] 图 1 是示出根据本发明的示例性实施例的表层调查数据的模型法静校正方法的流程图;

[0017] 图 2 是示例性地示出图 1 中的步骤 S110 中加载表层调查数据的图形界面;

[0018] 图 3 是示例性地示出在图 1 中的步骤 S110 加载的表层调查数据的示意图;

[0019] 图 4 是示例性地示出在图 1 中的步骤 S130 建立的二维近地表模型的示意图;

[0020] 图 5 是示例性地示出在图 1 中的步骤 S130 建立的三维近地表模型的示意图。

## 具体实施方式

[0021] 以下,将参照附图来详细说明本发明的实施例。

[0022] 可通过计算机软件模块实现本发明的表层调查数据的模型法静校正方法。在本申请中描述的各个步骤不限制为上述步骤,其中的一些步骤可被进一步拆分为更多的步骤,

并且一些步骤可合并为较少的步骤。

[0023] 本发明还提供一种实现表层调查数据的模型法静校正方法的装置。

[0024] 图 1 是示出根据本发明的示例性实施例的表层调查数据的模型法静校正方法的流程图。在所述实施例中,假设在通用计算机系统上通过实现各步骤的功能的软件模块执行所述模型法静校正方法。

[0025] 参照图 1,在步骤 S110,计算机系统加载二维或三维的表层调查数据。根据本发明的示例性实施例,计算机系统从存储有所述地震调查数据的信息存储介质或数据库加载二维或三维的表层调查数据。计算机系统可选择性地加载使用不同的表层资料采集方法获得的表层调查数据。采集中表层控制点的控制程度必须反映表层岩性的变化,才可反映出不同岩性中的速度变化趋势,从而建立准确的表层速度模型。

[0026] 图 2 示出根据用户的选择大炮初至数据、小折射表层调查数据、微测井表层调查数据等的图形界面。图 3 示例性地示出加载的表层调查数据。

[0027] 在步骤 S120,计算机系统对加载的表层调查数据执行统一处理,其中,按照时深变化趋势进行统一分层,并计算每个控制点在各层的速度和厚度参数。

[0028] 例如,对于微测井方法取得的表层调查数据,可使用以下方法进行分层并计算每个控制点在各层的速度和厚度参数:

[0029] 对各层的点做直线回归拟合,求出回归系数 a、b 和平均标准差 s。在点数大于 3 的情况下,可剔除个别与拟合线偏差大于平均标准差 2.5 倍的点,然后再作最后的直线回归拟合,得到最终的 a 和 b 值, b 为截距时间 T, 1/a 为速度值。假设有 n 层,则求出所述 n 个层的截距时间  $T_i$  和层速度值  $V_i$ 。即,第 i 层的时深曲线为:  $T_i(h) = T_i + h/v$ , 本层的厚度 = 本层的深度 - 上一层的深度。采用解析法求解下式,求取层深度  $H_i$ :

$$[0030] \quad T_i + h/v_i = T_{i+1} + h/V_{i+1} \quad \dots\dots \text{式 1}$$

$$[0031] \quad H_i = \frac{V_{i+1} \times V_i \times (T_{i+1} - T_i)}{V_{i+1} - V_i} \quad \dots\dots \text{式 2}$$

[0032] 又例如,对于小折射资料采集方法取得的表层调查数据,对各层的点做直线回归拟合,求出回归系数 a、b 和平均标准差 s。在点数大于 3 的情况下,可剔除个别与拟合线偏差大于平均标准差 2.5 倍的点,然后再作最后的直线回归拟合,得到最终的 a、b 值,其中, b 为截距时间 T, 1/a × 1000 为速度值。如有 n 层,则求出所述 n 个层的截距时间和视速度值。

[0033] 当处理单支的小折射表层调查数据时,按照式 3 仅对各层数据执行校正:

$$[0034] \quad T_i L^* = T_i L - T_0 L \quad \dots\dots \text{式 3}$$

[0035] 其中, L 代表小折射左支数据。

[0036] 当处理双支的小折射表层调查数据时,如果左右支的层数一致,则由式 4 和式 5 求出该点的平均速度  $V_i$ :

$$[0037] \quad V_i = 2V_i L \times V_i R / (V_i L + V_i R) \quad \dots\dots \text{式 4}$$

$$[0038] \quad V_0 = (V_0 L + V_0 R) / 2 \quad \dots\dots \text{式 5}$$

[0039] 同时,仍然存在  $T_i L^* = T_i L - T_0 L$ ,  $T_i R^* = T_i R - T_0 R$ 。此时将  $T_0$  作为 0 点进行校正。

[0040] 最终,最终获得的平均截距时间  $T_i$  为

$$[0041] \quad T_i = (T_i L^* - T_i R^*) / 2 \quad \dots\dots \text{式 6}$$

[0042] 在式 4、式和式 6 中, L 代表小折射左支数据, R 代表小折射右支数据。

[0043] 当双支层数不一致时(例:左支有2层,右支有3层)时,仍然按照式5求取直达波 $V_0$ 的速度;其它层通常的做法是,先求得高速层(最后一层)的速度(即取左、右支得最后一层速度值),此后用式4分别求得左支、右支第 $i$ 层的 $V_i$ 。对于左、右支剩下的层,比较左右各层的速度,对速度相对接近的层求平均速度和截距时间值,再剩下的其中一支的速度层单独作为一层。

[0044] 可以按下式7和式8计算每层的厚度:

$$[0045] \quad H_0 = \frac{V_0 \times T_i}{2 \times \sqrt{1 - \left(\frac{V_0}{V_i}\right)^2}} \dots\dots \text{式7}$$

$$[0046] \quad H_n = \frac{V_n \times T_{n+1}}{2 \times \sqrt{1 - \left(\frac{V_n}{V_{n+1}}\right)^2}} - \sum_{k=0}^{n-1} \frac{V_n \times H_k \sqrt{1 - \left(\frac{V_k}{V_{n+1}}\right)^2}}{V_k \sqrt{1 - \left(\frac{V_n}{V_{n+1}}\right)^2}} \dots\dots \text{式8}$$

[0047] 在步骤S130,计算机系统基于统一处理的表层调查数据建立二维或三维近地表模型。

[0048] 如果在步骤S110加载了二维表层调查数据,则根据表层控制点,利用相关系数原理进行内插得到炮检点的表层结构。这里,可以使用的控制点类型包括:小折射控制点、微测井控制点、大折射控制点、相交测线处交点的表层成果。还可以通过人为插入控制点来解决大范围缺失控制点的情况。根据式9建立二维近地表模型:

$$[0049] \quad WH_{0j} = F H_{0j} + DH_{0j} \times K_0 \dots\dots \text{式9}$$

$$[0050] \quad WH_{ij} = F H_{ij} + DH_{ij} \times K_i$$

[0051] 其中, $K$ 为层间相关系数,其大小与层间相关度成正比,在致密表层 $K$ 值较大,在疏松表层 $K$ 值较小, $K$ 值范围是 $0 \sim 1$ 。当 $K = 0$ 时,确定不相关;当 $K = 1$ 时,确定强相关。

[0052] 图4示例性地示出根据本发明的示例性实施例建立的二维近地表模型。

[0053] 如果在步骤S110加载了三维表层调查数据,则根据表层控制点、采用层间相关三角网格插值原理进行内插得到炮检点的表层结构,以构建三维近地表模型。图5示例性地示出根据本发明的示例性实施例建立的三维近地表模型。

[0054] 三维近地表模型以式10的数学模型来表示:

$$[0055] \quad V_P = \sum_{n=1}^3 \frac{A_n \times V_n}{A_t} \dots\dots \text{式10}$$

[0056] 其中, $A_t$ 是小折射控制点构成的大三角形的面积, $A_n$ 是被内插点与小折射控制点构成的小三角形的面积, $P$ 是被内插点的位置, $V$ 为内插的数值项。

[0057] 在三维模型建立中,对炮检点相关系,还可以根据地表高程的变化情况对其进行编辑,目的是衰减地形波峰处的层间相关性,增强地形波谷处的层间相关性,其实现方法如下:

[0058] 定义地形波峰处衰减系数 $K_r$ 和地形波谷处增强系数 $K_v$ (二者一般在 $0-0.5$ 之间)、最小、最大相关系数值(一般最小可为 $0$ ,最大可为 $1$ )以及给定控制点密度。此后,可通过如下过程对炮检点相关系数进行编辑和控制:

[0059] 首先对炮检点相关系数做最大和最小控制,再以 $P$ 点为中心,在略大于控制点密

度的区域内,根据下式统计其 N 个地表高程  $E_i$  的平均值  $\bar{E}$  :

$$[0060] \quad \bar{E} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n E_i \dots\dots \text{式 12}$$

[0061] 再根据式 13 计算实际高程  $E_i$  与平均高程  $\bar{E}$  的差的绝对值的平均差  $\overline{DE}$  :

$$[0062] \quad \overline{DE} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n ABS(E_i - \bar{E}) \dots\dots \text{式 13}$$

[0063] 该点高程  $E_i$  与平均值  $\bar{E}$  的差  $DE0$  为

$$[0064] \quad DE0 = E_i - \bar{E} \dots\dots \text{式 14}$$

[0065] 如果  $ABS(DE0) - \overline{DE} > 0$ , 那么比例系数 K 为 :

$$[0066] \quad K = ABS(ABS(DE0) - \overline{DE}) / DE0 \dots\dots \text{式 15}$$

[0067] 否则,  $K = 0$ 。

[0068] 如果  $DE0 > 0$ , 则有 :

$$[0069] \quad R[P] = R[P] * R[P] * (1 - K * K_r) \dots\dots \text{式 16}$$

[0070]  $R[P]$  为原相关系数, 在波峰处衰减, 否则

$$[0071] \quad R[P] = R[P] * R[P] * (1 - K * K_v) \dots\dots \text{式 17}$$

[0072]  $R[P]$  为原相关系数, 在波谷处增强。

[0073] 在步骤 S140, 计算机系统对建立的近地表模型进行优化处理。

[0074] 其中, 对于在步骤 S130 建立的二维近地表模型, 计算机系统采用双向均值内插方法对建立的二维近地表模型执行交点模型闭合。具体为, 采用双向均值内插方法在交点上求出一个控制点 C 点。假设 L1 测线和 L2 测线相交于 C 点, L1 测线的控制点为 R1 和 R2, L2 测线的控制点为 R3 和 R4。根据层间相关系数法, 由 R1 点、R2 点求出 L1 线上 C 点的成果 C1, 由 R3 点、R4 点求出 L2 线上 C 点的成果 C2, 然后在将双向的成果均值得到 C 点的成果作为 L1、L2 线共用的控制点, 以此达到交点模型的闭合。

[0075] 另一方面, 对于在步骤 S130 建立的三维近地表模型, 计算机系统采用中心区域平滑方法消除三维近地表模型的模型畸变, 以使近地表模型的速度模型符合实际地表状况。

[0076] 首先, 根据平面速度模型中的速度异常区域, 确定出需要调整的一个或多个速度区域。所述每个区域的形状由一组参与计算的表层调查点确定, 这些确定调整区域形状的表层调查点称为边界点。将相邻两个边界点连接所构成的所有边称为调整区域的边界。如果一个控制点恰好在边界上, 则称其为边界上的控制点。在平面内由所有边界点所组成的区域形状必须构成一个凸多边形。如果调整区域不是凸多边形, 则会造成调整所得到的相关系数曲面产生突变。

[0077] 然后, 在每个确定需要调整的区域确定调整点, 并且将区域内其余的表层调查点确定为被调整点。以调整点为中心, 通过样条插值的方法计算得到其它被调整点层间相关系数的大小, 通过层间相关系数的改变, 调整速度异常区域的速度, 以此方法对每个需要调整的区域执行区域平滑处理, 消除速度突变。

[0078] 此后, 在步骤 S150, 计算机系统通过时深曲线关联操作建立二维或三维近地表各层的速度、厚度模型, 并计算基于表层调查数据的模型法静校正量。

[0079] 由于不同的近地表建模技术都有其适应范围, 不适应工区近地表条件的建模技术所建立的近地表模型是不可靠的。如果根据对大炮初至特征、微测井资料等信息的分析, 认

为工区近地表不存在稳定的折射层,或者存在高速折射屏蔽层、速度倒转或薄层构成的隐蔽层,又没有足够的微测井资料约束,那么利用折射静校正技术建立的近地表速度模型就不一定可信。同样的,在没有足够微测井资料约束的情况下,对浅层地表存在高速初至屏蔽层(如高速砾岩层、永冻层等)、速度倒转或薄层构成的隐蔽层时,层析静校正技术往往也无法建立可靠的近地表速度模型。

[0080] 因此,本发明基于表层调查资料的模型法静校正技术充分利用了不同类型的表层调查资料,在统一的数据平台上,对表层调查数据进行统一解释,再对从数据源中解析出表层调查点数据,采用合适的层间相关系数值,并在这些表层调查点的控制下,计算出各层的速度和厚度,再通过交互方式反复求证,建立准确的近地表模型,克服了在大炮初至拾取困难的地区建立近地表模型困难的难题,解决了复杂地表的静校正问题。

[0081] 尽管已参照优选实施例表示和描述了本发明,但本领域技术人员应该理解,在不脱离由权利要求限定的本发明的精神和范围的情况下,可以对这些实施例进行各种修改和变换。



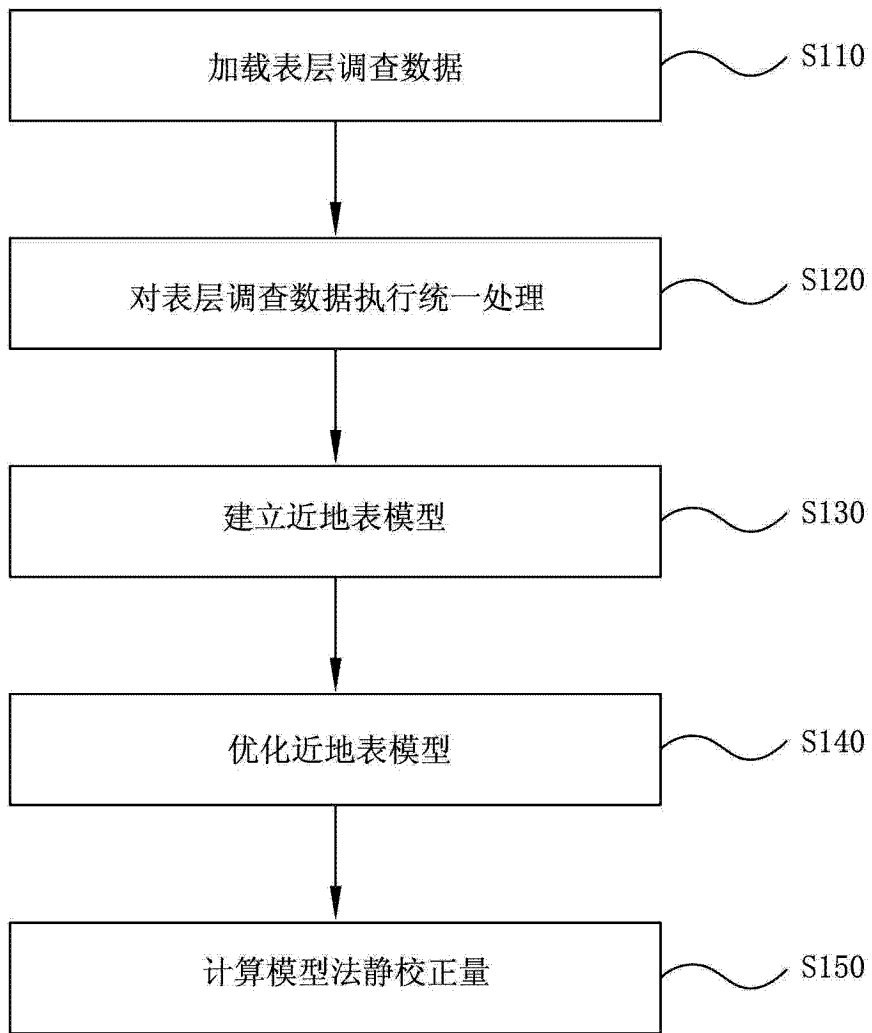


图 1



图 2

### 按项目分类

- 中国某探区
- 二维采集项目
- 二维采集项目测点
- TG06-224
- TG06-268
- 炮点及关系数
- 检波点数据
- 震层数据
- 数据表(1)
- 测线文件
- 大炮初至
- 典型记录
- 地质图
- TG06-276
- TG06-292
- TG06-317
- TG06-335N
- TG06-335S
- TG06-670
- TG06-675
- TG06-675S
- TG06-690
- 项目开表

测线号	点号	N坐标	E坐标	高程	点类型	采集...	无效...	等效...	时深...
TG06-...	65698...	47744...	33214...	631.60	R	X	0	1855	
TG06-...	65698...	47744...	33214...	631.60	R	R	1	1829	
TG06-...	65793...	47753...	33194...	638.50	R	R	1	1458	
TG06-...	65793...	47753...	33194...	638.50	R	X	0	1410	
TG06-...	65892...	47763...	33174...	648.90	R	X	0	1516	
TG06-...	65892...	47763...	33174...	648.90	R	R	1	1520	
TG06-...	65998...	47773...	33152...	664.70	R	R	0	1823	
TG06-...	66097...	47783...	33132...	683.10	R	R	1	1618	
TG06-...	66097...	47783...	33132...	683.10	R	X	0	1673	
TG06-...	66187...	47792...	33114...	700.60	R	X	0	1362	
TG06-...	66187...	47792...	33114...	700.60	R	R	1	1355	
TG06-...	66298...	47803...	33091...	722.30	R	R	1	1248	
TG06-...	66298...	47803...	33091...	722.30	R	X	0	1268	
TG06-...	66396...	47812...	33071...	741.20	R	X	0	1179	
TG06-...	66396...	47812...	33071...	741.20	R	R	1	1201	
TG06-...	66484...	47821...	33053...	759.70	R	R	1	1090	
TG06-...	66484...	47821...	33053...	759.70	R	X	0	1069	
TG06-...	66601...	47832...	33029...	785.00	R	R	0	1271	
TG06-...	66700...	47842...	33009...	807.30	R	R	0	1350	
TG16-	66802	47852	32988	831.20	R	X	0	1360	

层...	速...	厚...	相...	激..	顺..	截..	折..	顺序号	炮检距	文..	文件路径
1	877	5.90	0	H	0	0...	0	1	2.00		
2	1730	14...	0	L	1	...	852	2	4.00		
3	2867	0.00	0	L	2	1...	1...	3	6.00		

图 3

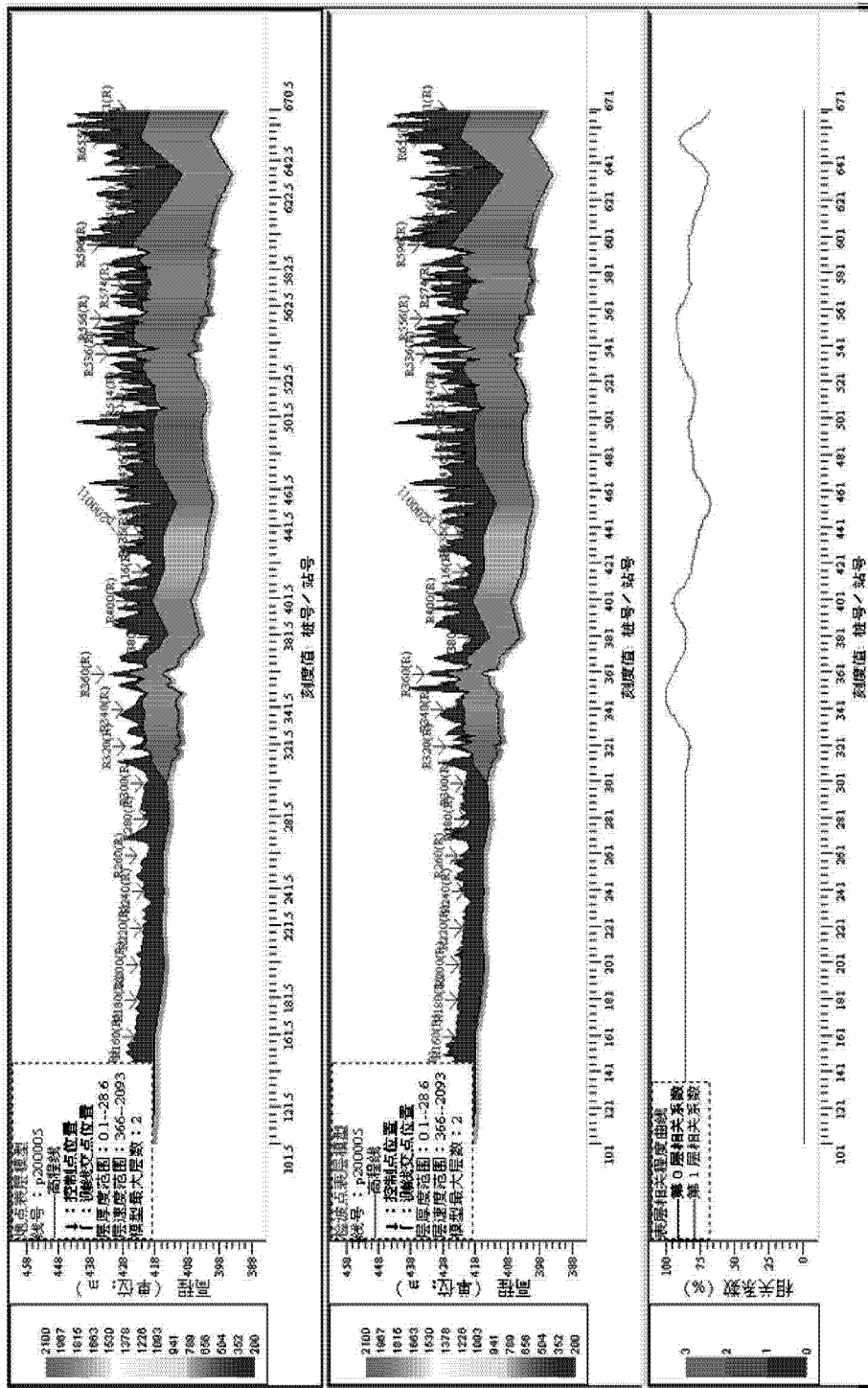


图 4

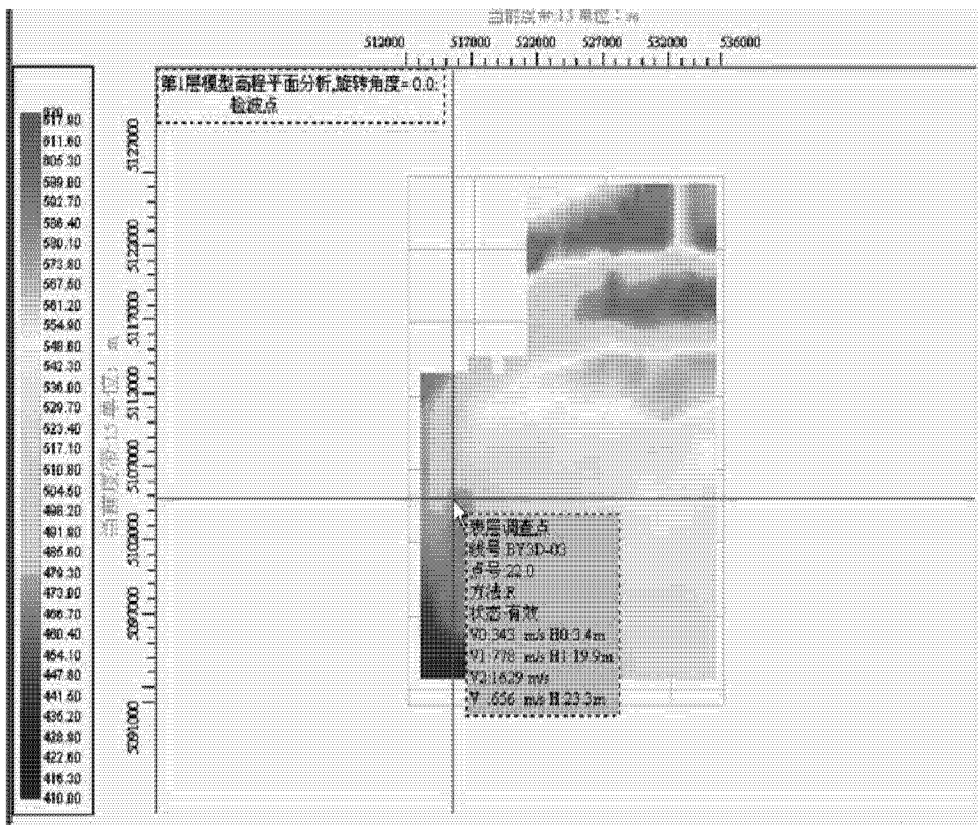


图 5