



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103149588 B

(45) 授权公告日 2015. 07. 08

(21) 申请号 201310054377. 0

(22) 申请日 2013. 02. 20

(73) 专利权人 中国石油天然气股份有限公司
地址 100007 北京市东城区东直门北大街 9 号

(72) 发明人 彭更新 王小卫 陈猛 袁刚
段文胜 崔永福

(74) 专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127

代理人 任默闻

(51) Int. Cl.
G01V 1/28(2006. 01)

(56) 对比文件

- CN 102213769 A, 2011. 10. 12, 全文.
- CN 102156299 A, 2011. 08. 17, 全文.
- US 2004/0093163 A1, 2004. 05. 13, 全文.
- 田彦灿等. 各向异性叠前偏移技术及应用. 《新疆石油地质》. 2011, 第 32 卷 (第 05 期),

第 533-536 页.

季敏等. 基于数据驱动的合成地震记录技术及其应用研究. 《石油物探》. 2011, 第 50 卷 (第 04 期), 第 373-377 页.

李国发等. 合成地震记录层位标定若干问题的探讨. 《石油物探》. 2008, 第 47 卷 (第 02 期), 第 145-149 页.

P. TERENGI, et al. Experiences in pre stack and post stack wavelet processing on time lapse data. 《BOLLETTINO DI GEOFISICA TEORICA ED APPLICATA》. 2002, 第 43 卷 (第 1-2 期), 第 131-142 页.

审查员 郑睿

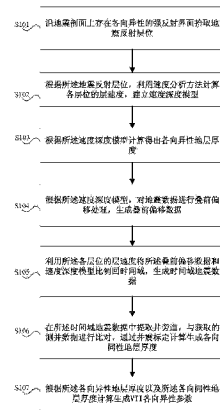
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54) 发明名称

一种利用井震标定计算 VTI 各向异性参数的方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种利用井震标定计算 VTI 各向异性参数的方法及系统。其中,所述方法包括:沿地震剖面上存在各向异性的强反射界面拾取地震反射层位;根据地震反射层位,利用速度分析方法计算各层位的层速度,建立速度深度模型;根据速度深度模型计算得出各向异性地层厚度;根据速度深度模型,对地震数据进行叠前偏移处理,生成叠前偏移数据;利用各层位的层速度将叠前偏移数据和速度深度模型比例回时间域,生成时间域地震数据;在时间域地震数据中提取井旁道,与获取的测井数据进行比对,通过井震标定计算生成各向同性地层厚度;根据各向异性地层厚度以及各向同性地层厚度计算生成 VTI 各向异性参数。



1. 一种利用井震标定计算 VTI 各向异性参数的方法, 其特征在于, 包括:
沿地震剖面上存在各向异性的强反射界面拾取地震反射层位;
根据所述地震反射层位, 利用速度分析方法计算各层位的层速度, 建立速度深度模型;

根据所述速度深度模型计算得出各向异性地层厚度;

根据所述速度深度模型, 对地震数据进行叠前偏移处理, 生成叠前偏移数据;

利用所述各层位的层速度将所述叠前偏移数据和速度深度模型比例回时间域, 生成时间域地震数据;

在所述时间域地震数据中提取井旁道, 与获取的测井数据进行比对, 通过井震标定计算生成各向同性地层厚度;

根据所述各向异性地层厚度以及所述各向同性地层厚度计算生成 VTI 各向异性参数。

2. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述利用速度分析方法计算各层位的层速度包括:

利用 Dix 转换、相干反演来计算各层位的层速度。

3. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述根据所述地震反射层位, 利用速度分析方法计算各层位的层速度, 建立速度深度模型还包括:

利用剩余时差分析、反射旅行时层析成像技术, 对所述速度深度模型进行优化迭代。

4. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述获取的测井数据包括 VSP 走廊叠加数据或合成记录。

5. 如权利要求 4 所述的方法, 其特征在于, 所述合成记录包括收集包括声波测井曲线、密度测井曲线在内的测井曲线, 进行井径校正、环境校正后制作的合成地震记录。

6. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述在所述时间域地震数据中提取井旁道, 与获取的测井数据进行比对, 通过井震标定计算生成各向同性地层厚度, 包括: 将所述井旁道与所述测井数据进行波组关系、波形、相位的比对。

7. 如权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 所述根据所述各向异性地层厚度以及所述各向同性地层厚度计算生成 VTI 各向异性参数, 包括根据关系式:

$$\delta = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\Delta Z^I}{\Delta Z^A} \right)^2 - 1 \right] \text{ 计算得出;}$$

其中, ΔZ^A 为所述各向异性地层厚度;

ΔZ^I 为所述各向同性地层厚度;

δ 为 VTI 各向异性参数。

8. 一种利用井震标定计算 VTI 各向异性参数的系统, 其特征在于, 包括:
地震反射层位拾取单元, 用于沿地震剖面上存在各向异性的强反射界面拾取地震反射层位;

速度深度模型生成单元, 用于根据所述地震反射层位, 利用速度分析工具计算各层位的层速度, 建立速度深度模型;

各向异性地层厚度计算单元, 用于根据所述速度深度模型计算得出各向异性地层厚

度；

叠前偏移数据生成单元,用于根据所述速度深度模型,对地震数据进行叠前深度偏移处理,生成叠前偏移数据；

时间域地震数据生成单元,用于利用所述各层位的层速度将所述叠前偏移数据和速度深度模型比例回时间域,生成时间域地震数据；

各向同性地层厚度计算单元,用于在所述时间域地震数据中提取井旁道,与获取的测井数据进行比对,通过井震标定计算生成各向同性地层厚度；

各向异性参数计算单元,用于根据所述各向异性地层厚度以及所述各向同性地层厚度计算生成 VTI 各向异性参数。

9. 如权利要求 8 所述的系统,其特征在于,所述速度深度模型生成单元中的速度分析工具包括 Dix 转换工具以及相干反演工具。

10. 如权利要求 8 所述的系统,其特征在于,所述速度深度模型生成单元还利用剩余时差分析、反射旅行时层析成像技术,对所述速度深度模型进行优化迭代。

11. 如权利要求 8 所述的系统,其特征在于,所述各向同性地层厚度计算单元获取的测井数据包括 VSP 走廊叠加数据或合成记录。

12. 如权利要求 11 所述的系统,其特征在于,所述合成记录包括收集包括声波测井曲线、密度测井曲线在内的测井曲线,进行井径校正、环境校正后制作的合成地震记录。

13. 如权利要求 8 所述的系统,其特征在于,所述各向同性地层厚度计算单元,用于在所述时间域地震数据中提取井旁道,与获取的测井数据进行比对,通过井震标定计算生成各向同性地层厚度,包括:将所述井旁道与所述测井数据进行波组关系、波形、相位的比对。

14. 如权利要求 8 所述的系统,其特征在于,所述各向异性参数计算单元,用于根据所述各向异性地层厚度以及所述各向同性地层厚度计算生成 VTI 各向异性参数,包括根据关系式:

$$\delta = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\Delta Z^I}{\Delta Z^A} \right)^2 - 1 \right] \text{ 计算得出；}$$

其中, ΔZ^A 为所述各向异性地层厚度；

ΔZ^I 为所述各向同性地层厚度；

δ 为 VTI 各向异性参数。

一种利用井震标定计算 VTI 各向异性参数的方法及系统

技术领域

[0001] 本发明是关于地震勘探技术的方法,更具体地说,本发明是关于地震数据处理中一种通过井震标定手段来计算 VTI 介质各向异性参数 δ 的方法和系统。

背景技术

[0002] 地层具有各向异性特性,地震资料处理时如果能进行准确的各向异性校正,不仅能改善地震资料的成像质量,而且处理结果能更准确地反映地层深度。VTI 介质各向异性叠前深度偏移是现今地震资料处理的主流技术,所使用的偏移频散方程为:

$$\frac{4\omega^2}{k_y^2 + k_z^2} = \alpha_0^2 \left[1 + \frac{k_y^2 (\delta k_z^2 + \epsilon k_y^2)}{(k_z^2 + k_y^2)} \right]^2, \quad \text{各向异性校正的准确程度主要由参数 } \delta \text{ 和 } \epsilon \text{ 决定。}$$

定。由于地层是弱各向异性的,各向异性校正时 δ 的影响大于 ϵ 。计算参数 ϵ 时,要以先计算出的准确的 δ 为基础,因此,获得准确的 δ 是地震各向异性校正的关键。

[0003] 现有的一种计算 VTI 各向异性参数的方式是根据测井分层数据近似计算 δ 的方法。这种方法存在两方面的局限:一是必须以已取得分层数据的地质界面作为各向异性分界面,实际上,分层数据所在的地质界面与各向异性分界面并不完全对应,导致各向异性速度模型与实际地质情况有较大差异;二是由于测井分层数据比较稀疏,这种方法只能计算出为数很少的几个大套地层的等效 δ 值,使精度受到限制。

发明内容

[0004] 本发明所解决的技术问题克服了现有技术的缺点,提供了一种不是利用测井分层数据,而是利用井震标定计算 VTI 介质各向异性参数 δ 的方法。

[0005] 本发明提供了一种利用井震标定计算 VTI 各向异性参数的方法,包括:沿地震剖面上存在各向异性的强反射界面拾取地震反射层位;根据所述地震反射层位,利用速度分析方法计算各层位的层速度,建立速度深度模型;根据所述速度深度模型计算得出各向异性地层厚度;根据所述速度深度模型,对地震数据进行叠前偏移处理,生成叠前偏移数据;利用所述各层位的层速度将所述叠前偏移数据和速度深度模型比例回时间域,生成时间域地震数据;在所述时间域地震数据中提取井旁道,与获取的测井数据进行比对,通过井震标定计算生成各向同性地层厚度;根据所述各向异性地层厚度以及所述各向同性地层厚度计算生成 VTI 各向异性参数。

[0006] 进一步的,所述利用速度分析方法计算各层位的层速度包括:利用 Dix 转换、相干反演来计算各层位的层速度。

[0007] 进一步的,所述根据所述地震反射层位,利用速度分析方法计算各层位的层速度,建立速度深度模型还包括:利用剩余时差分析、反射旅行时层析成像技术,对所述速度深度模型进行优化迭代。

[0008] 进一步的,所述获取的测井数据包括 VSP 走廊叠加数据或合成记录。

[0009] 进一步的,所述制作合成记录包括收集包括声波测井曲线、密度测井曲线在内的测井曲线,进行井径校正、环境校正后制作合成地震记录。

[0010] 进一步的,所述在所述时间域地震数据中提取井旁道,与获取的测井数据进行比对,通过井震标定计算生成各向同性地层厚度,包括:将所述井旁道与所述测井数据进行波组关系、波形、相位的比对。

[0011] 进一步的,所述根据所述各向异性地层厚度以及所述各向同性地层厚度计算生成 VTI 各向异性参数,包括根据关系式:

$$[0012] \quad \delta = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\Delta Z^I}{\Delta Z^A} \right)^2 - 1 \right] \text{ 计算得出;}$$

[0013] 其中, ΔZ^A 为所述各向异性地层厚度, ΔZ^I 为所述各向同性地层厚度, δ 为 VTI 各向异性参数。

[0014] 本发明还提供了一种利用井震标定计算 VTI 各向异性参数的系统,包括:地震反射层位拾取单元,用于沿地震剖面上存在各向异性的强反射界面拾取地震反射层位;速度深度模型生成单元,用于根据所述地震反射层位,利用速度分析工具计算各层位的层速度,建立速度深度模型;各向异性地层厚度计算单元,用于根据所述速度深度模型计算得出各向异性地层厚度;叠前偏移数据生成单元,用于根据所述速度深度模型,对地震数据进行叠前深度偏移处理,生成叠前偏移数据;时间域地震数据生成单元,用于利用所述各层位的层速度将所述叠前偏移数据和速度深度模型比例回时间域,生成时间域地震数据;各向同性地层厚度计算单元,用于在所述时间域地震数据中提取井旁道,与获取的测井数据进行比对,通过井震标定计算生成各向同性地层厚度;各向异性参数计算单元,用于根据所述各向异性地层厚度以及所述各向同性地层厚度计算生成 VTI 各向异性参数。

[0015] 进一步的,所述速度深度模型生成单元中的速度分析工具包括 Dix 转换工具以及相干反演工具。

[0016] 进一步的,所述速度深度模型生成单元还利用剩余时差分析、反射旅行时层析成像技术,对所述速度深度模型进行优化迭代。

[0017] 进一步的,所述各向同性地层厚度计算单元获取的测井数据包括 VSP 走廊叠加数据或合成记录。

[0018] 进一步的,所述合成记录包括收集包括声波测井曲线、密度测井曲线在内的测井曲线,进行井径校正、环境校正后制作合成地震记录。

[0019] 进一步的,所述各向同性地层厚度计算单元,用于在所述时间域地震数据中提取井旁道,与获取的测井数据进行比对,通过井震标定计算生成各向同性地层厚度,包括:将所述井旁道与所述测井数据进行波组关系、波形、相位的比对。

[0020] 进一步的,所述各向异性参数计算单元,用于根据所述各向异性地层厚度以及所述各向同性地层厚度计算生成 VTI 各向异性参数,包括根据关系式:

$$[0021] \quad \delta = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\Delta Z^I}{\Delta Z^A} \right)^2 - 1 \right] \text{ 计算得出;}$$

[0022] 其中, ΔZ^A 为所述各向异性地层厚度, ΔZ^I 为所述各向同性地层厚度, δ 为 VTI 各向异性参数。

[0023] 本发明与现有技术相比较, 不局限于选择有分层数据的界面作为速度分界面, 可根据实际需要, 选择真正的各向异性分界面作为速度模型的分界面, 使各向异性速度建模过程变得方便灵活, 得到的速度模型与实际地质情况更符合; 使用本方法计算的各向异性参数 δ 更均匀、更密集、更精细, 可以更方便地利用叠前偏移手段, 对 δ 进行迭代优化。

附图说明

[0024] 此处所说明的附图用来提供对本发明的进一步理解, 构成本申请的一部分, 并不构成对本发明的限定。在附图中:

[0025] 图 1 为本发明实施例利用井震标定计算 VTI 各向异性参数的方法流程图;

[0026] 图 2 为本发明实施例利用井震标定计算 VTI 各向异性参数的系统示意图;

[0027] 图 3 为本发明一利用井震标定计算 VTI 各向异性参数的具体实施例的流程图;

[0028] 图 4 为本发明具体实施例的拾取的地震反射层位和速度深度模型示意图;

[0029] 图 5 为本发明具体实施例的叠前深度偏移成像和比例回时间域与时间速度模型叠合示意图;

[0030] 图 6 为本发明具体实施例的合成记录标定和反射层深度读取示意图。

具体实施方式

[0031] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白, 下面结合附图对本发明实施例做进一步详细说明。在此, 本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明, 但并不作为对本发明的限定。

[0032] 图 1 为本发明实施例利用井震标定计算 VTI 各向异性参数的方法流程图。如图所示, 本发明实施例利用井震标定计算 VTI 各向异性参数的方法包括:

[0033] 步骤 S101, 沿地震剖面上存在各向异性的强反射界面拾取地震反射层位; 步骤 S102, 根据所述地震反射层位, 利用速度分析方法计算各层位的层速度, 建立速度深度模型; 步骤 S103, 根据所述速度深度模型计算得出各向异性地层厚度; 步骤 S104, 根据所述速度深度模型, 对地震数据进行叠前偏移处理, 生成叠前偏移数据; 步骤 S105, 利用所述各层位的层速度将所述叠前偏移数据和速度深度模型比例回时间域, 生成时间域地震数据; 步骤 S106, 在所述时间域地震数据中提取井旁道, 与获取的测井数据进行比对, 通过井震标定计算生成各向同性地层厚度; 步骤 S107, 根据所述各向异性地层厚度以及所述各向同性地层厚度计算生成 VTI 各向异性参数。

[0034] 在本实施例的步骤 S101 中, 拾取的地震反射层位一般是重要的地质界面, 可以作为理想的各向异性界面; 拾取地震反射层位时尽量选择反射能量强、便于对比追踪的层位, 同时, 需要处理解释协同, 以确保不遗漏重要的各向异性界面。在拾取的时间间隔上, 每 500ms-1000ms 拾取一个层位比较适宜。

[0035] 在本实施例中, 步骤 S102 利用速度分析方法计算各层位的层速度是利用利用 Dix 转换、相干反演来计算。在建立速度深度模型时, 还可利用剩余时差分析, 反射旅行时层析成像技术, 对速度深度模型进行优化迭代。

[0036] 在本实施例中,根据叠前深度偏移原理,步骤 S105 中叠前偏移数据和速度深度模型应该有准确的对应的关系,如果速度深度模型中的速度界面和叠前偏移数据的偏移成像的反射同相轴之间不能很好的对应,则意味着速度深度模型存在误差,需要对速度深度模型进行优化迭代。

[0037] 在本实施例中,步骤 S106 拾取测井数据包括通过输入 VSP 走廊叠加数据或制作合成记录得到。

[0038] 其中,制作合成记录需要收集声波、密度等测井曲线,并进行井径校正、环境校正后得到合成记录。

[0039] 步骤 S106 中将测井数据与井旁地震道数据进行比对包括:进行波组关系、波形、相位的比对,以确定步骤 S101 中拾取的地震反射层位的深度,也就是各岩层顶底界面埋藏深度。

[0040] 在步骤 S106 中,井震标定是地震与测井联系的桥梁,是地震构造解释的基础,本领域技术人员可以据此计算出地震反射层位的准确深度,应用井震标定技术是本实施例的核心。

[0041] 步骤 S107 中各向异性参数由所述各向异性地层厚度以及所述各向同性地层厚度依据关系式:

$$[0042] \quad \delta = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\Delta Z^I}{\Delta Z^A} \right)^2 - 1 \right] \text{ 计算得出。}$$

[0043] 其中, ΔZ^A 为所述各向异性地层厚度, ΔZ^I 为所述各向同性地层厚度, δ 为 VTI 各向异性参数。

[0044] 图 2 为本发明实施例利用井震标定计算 VTI 各向异性参数的系统示意图。如图所示,本发明实施例利用井震标定计算 VTI 各向异性参数的系统包括:地震反射层位拾取单元 201,用于沿地震剖面上存在各向异性的强反射界面拾取地震反射层位;速度深度模型生成单元 202,用于根据所述地震反射层位,利用速度分析工具计算各层位的层速度,建立速度深度模型;各向异性地层厚度计算单元 203,用于根据所述速度深度模型计算得出各向异性地层厚度;叠前偏移数据生成单元 204,用于根据所述速度深度模型,对地震数据进行叠前深度偏移处理,生成叠前偏移数据;时间域地震数据生成单元 205,用于利用所述各层位的层速度将所述叠前偏移数据和速度深度模型比例回时间域,生成时间域地震数据;各向同性地层厚度计算单元 206,用于在所述时间域地震数据中提取井旁道,与获取的测井数据进行比对,通过井震标定计算生成各向同性地层厚度;各向异性参数计算单元 207,用于根据所述各向异性地层厚度以及所述各向同性地层厚度计算生成 VTI 各向异性参数。

[0045] 在本实施例中,地震反射层位拾取单元 201 拾取的地震反射层位一般是重要的地质界面,可以作为理想的各向异性界面;拾取地震反射层位时尽量选择反射能量强、便于对比追踪的层位,同时,需要处理解释协同,以确保不遗漏重要的各向异性界面。在拾取的时间间隔上,每 500ms-1000ms 拾取一个层位比较适宜。

[0046] 在本实施例中,速度深度模型生成单元 202 利用速度分析工具计算各层位的层速度包括利用 Dix 转换工具、相干反演工具。在建立速度深度模型时,还可利用剩余时差分析,反射旅行时层析成像技术,对速度深度模型进行优化迭代。

[0047] 在本实施例中,根据叠前深度偏移原理,井旁地震道提取单元 205 中的叠前偏移数据和速度深度模型应该有准确的对应的关系,如果速度深度模型中的速度界面和叠前偏移数据的偏移成像的反射同相轴之间不能很好的对应,则意味着速度深度模型存在误差,需要对速度深度模型进行优化迭代。

[0048] 在本实施例中,各向同性地层厚度计算单元 206 拾取的测井数据由 VSP 走廊叠加模块或合成记录模块得到。

[0049] 其中,合成记录模块通过收集声波,密度等测井曲线,进行井径校正,环境校正后得到合成地震记。

[0050] 在本实施例中,各向同性地层厚度计算单元 206 用于获取测井数据,并将测井数据与井旁地震道数据进行比对包括:进行波组关系、波形、相位的比对包括:进行波组关系、波形、相位的比对,以确定地震反射层位拾取单元 201 中拾取的地震反射层位的深度,也就是各岩层顶底界面埋藏深度。

[0051] 各向异性参数计算单元 207 根据所述各向异性地层厚度以及所述各向同性地层厚度计算生成 VTI 各向异性参数,包括根据关系式:

$$[0052] \quad \delta = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\Delta Z^I}{\Delta Z^A} \right)^2 - 1 \right] \text{ 计算得出。}$$

[0053] 其中, ΔZ^A 为所述各向异性地层厚度, ΔZ^I 为所述各向同性地层厚度, δ 为 VTI 各向异性参数。

[0054] 下面将结合图 1 及图 2,以一具体实施例来说明本发明的实际应用。

[0055] 图 3 至图 6 为本发明一具体实施例的示意图。其中,图 3 为本发明一利用井震标定计算 VTI 各向异性参数的具体实施例的流程图。

[0056] 如图 3 所示,步骤 S301,沿地震剖面上存在各向异性的强反射界面拾取 X、Y、Z 三个地震反射层位,作为各向异性分界面。图 4 所示为本实施例中拾取的地震反射层位和速度深度模型示意图,如图 4 中 a 部分所示,X、Y、Z 为三个地震强反射层位,XY 层位之间为火成岩地层,YZ 之间为灰岩,两套岩层可能存在各向异性。

[0057] 步骤 S302,沿图 4 中 a 部分所拾取的层位,利用 Dix 转换、相干反演等速度分析工具,计算各层的层速度,建立速度深度模型(如图 4 中 b 部分所示)。其中图 4 中 b 部分的速度界面对应图 4 中 a 部分的各向异性界面,从速度深度模型中可以读出 X、Y、Z 三个层位在 H7 井处(图中黑点标记为 H7)深度分别为 4721 米、4952 米、5254 米。由于计算层速度时,主要使用中远偏移距信息,因此可以底界面深度减去顶界面深度得到各向异性地层厚度 ΔZ^A 。在本实施例中,XY 层位之间火成岩各向异性厚度为 4952-4721=231 米,YZ 之间灰岩各向异性厚度为 5254-4952=302 米。

[0058] 步骤 S303,利用步骤 S302 中建立的速度深度模型,对地震数据进行叠前深度偏移处理,生成叠前偏移数据(如图 5 中 a 部分所示),并利用所使用的层速度将叠前偏移数据和速度深度模型比例回时间域,生成时间域地震数据(如图 5 中 b 部分所示)。

[0059] 步骤 S304,从时间域地震数据中提取井旁地震道数据,将合成记录与井旁道井旁地震道数据对比(如图 6 中 a 部分所示),通过井震标定确定各个界面的深度。其中,合成记录的制作过程和获得的深度关系如图 6 中 b 部分所示,从图 6 中 b 部分的时间深度关系可

以读出 X、Y、Z 三个反射层位的测量深度分别为 5616 米、5824 米和 6124 米。由于测井解释中使用的深度为测量深度，而地震资料使用的是海拔深度，因此测井深度与地震深度之间整体相差一个井口海拔值。

[0060] 步骤 S305，对步骤 S304 中各界面标定的深度值，由底界面深度减去顶界面深度，获得地层的各向同性地层厚度 ΔZ^I 。因为 VSP 走廊叠加和合成记录都来自于测井资料，速度观测方向垂直于地层，不受地震远偏移距各向异性影像，因此计算的 ΔZ^I 是各向同性的地震厚度。在本实施例中，XY 层位之间的火成岩厚度为 $5824-5616=208$ 米，YZ 层位之间的灰岩厚度为 $6124-5824=300$ 米。

[0061] 步骤 S306，由步骤 S302 以及步骤 S305 计算 VTI 各向异性参数 δ ，根据关系式：

$$[0062] \quad \delta = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{\Delta Z^I}{\Delta Z^A} \right)^2 - 1 \right]$$

[0063] 计算可得出各地层的 δ 值。在本实施例中，XY 之间的火成岩各向异性参数 δ 为：

$$[0064] \quad \delta = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{208}{231} \right)^2 - 1 \right] = -0.09107$$

[0065] YZ 之间的灰岩各向异性参数 δ 为：

$$[0066] \quad \delta = \frac{1}{2} \left[\left(\frac{300}{302} \right)^2 - 1 \right] = -0.0066$$

[0067] 本实施例选择火成岩界面和灰岩界面作为速度分界面，使地质界面、速度界面和各向异性界面得到统一，使速度建模过程变得方便灵活，得到的速度模型与实际地质情况更符合，计算的各向异性参数 δ 更精细。

[0068] 下面是本发明的另一具体实施例，对比现有技术和本发明的计算结果，可以了解本发明的应用效果。从浅到深有 E_1 、 E_2 、 E_3 、 E_4 、 E_5 、 E_6 、 E_7 共 7 套速度差异明显、具有 VTI 各向异性性质的地层，通过岩石物理测量方法，七套地层准确的 δ 值分别为 0.1、0.1、0.05、-0.08、0.02、0.08、-0.05。

[0069] 利用现有技术计算的数据：

[0070] 已有 E_2 、 E_5 、 E_6 底界面和 E_4 、 E_7 中间含油层的分层数据，根据现有的分层数据法，由于 E_4 、 E_7 含油层的分层数据在地层中间而不在地层顶底界面上，不能用来计算各向异性参数 δ 值，能用于 δ 值计算的分层数据仅剩 E_2 、 E_5 、 E_6 底界面，只能计算出三套地层的等效 δ 值，分别是 E_1E_2 合并地层的等效 δ 值为 0.091， $E_3E_4E_5$ 合并地层的等效 δ 值为 0.012， E_6 地层的 δ 值为 0.078。

[0071] 根据本发明，利用 VSP 走廊叠加资料计算的数据：

[0072] 根据 E_1 到 E_7 的 VSP 走廊叠加资料，利用本发明的井震标定法计算出了 E_1 到 E_7 共 7 套地层的 δ 值，分别为 0.110、0.101、0.049、-0.08、0.019、0.080、-0.049。

[0073] 根据本发明，利用制作合成记录计算的数据：

[0074] 根据 E_1 到 E_7 的声波和密度资料，制作合成记录，利用本发明的井震标定法计算出 E_1 到 E_7 共 7 套地层的 δ 值，分别为 0.109、0.102、0.050、-0.081、0.021、0.078、-0.048。

[0075] 利用现有技术计算的数据只得到了 E_1E_2 、 $E_3E_4E_5$ 和 E_6 三套地层的等效 δ 值,与实际测量的 δ 值和真实地质情况均有很大差异,利用本发明计算的两组数据都得到了七套地层的 δ 值,与实测 δ 值比较,除 E_1 误差在 10%外, E_2 、 E_3 、 E_4 、 E_5 、 E_6 、 E_7 误差均小于 5%,可见本发明计算的 δ 值更均匀、更密集、更精细。

[0076] 本发明实施例不局限于选择有分层数据的界面作为速度分界面,还可根据实际需要,选择真正的各向异性分界面作为速度模型的分界面,使各向异性速度建模过程变得方便灵活,得到的速度模型与实际地质情况更符合;使用本方法计算的各向异性参数 δ 更均匀、更密集、更精细,可以更方便地利用叠前偏移手段,对 δ 进行迭代优化。

[0077] 以上所述的具体实施例,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,所应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限定本发明的保护范围,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

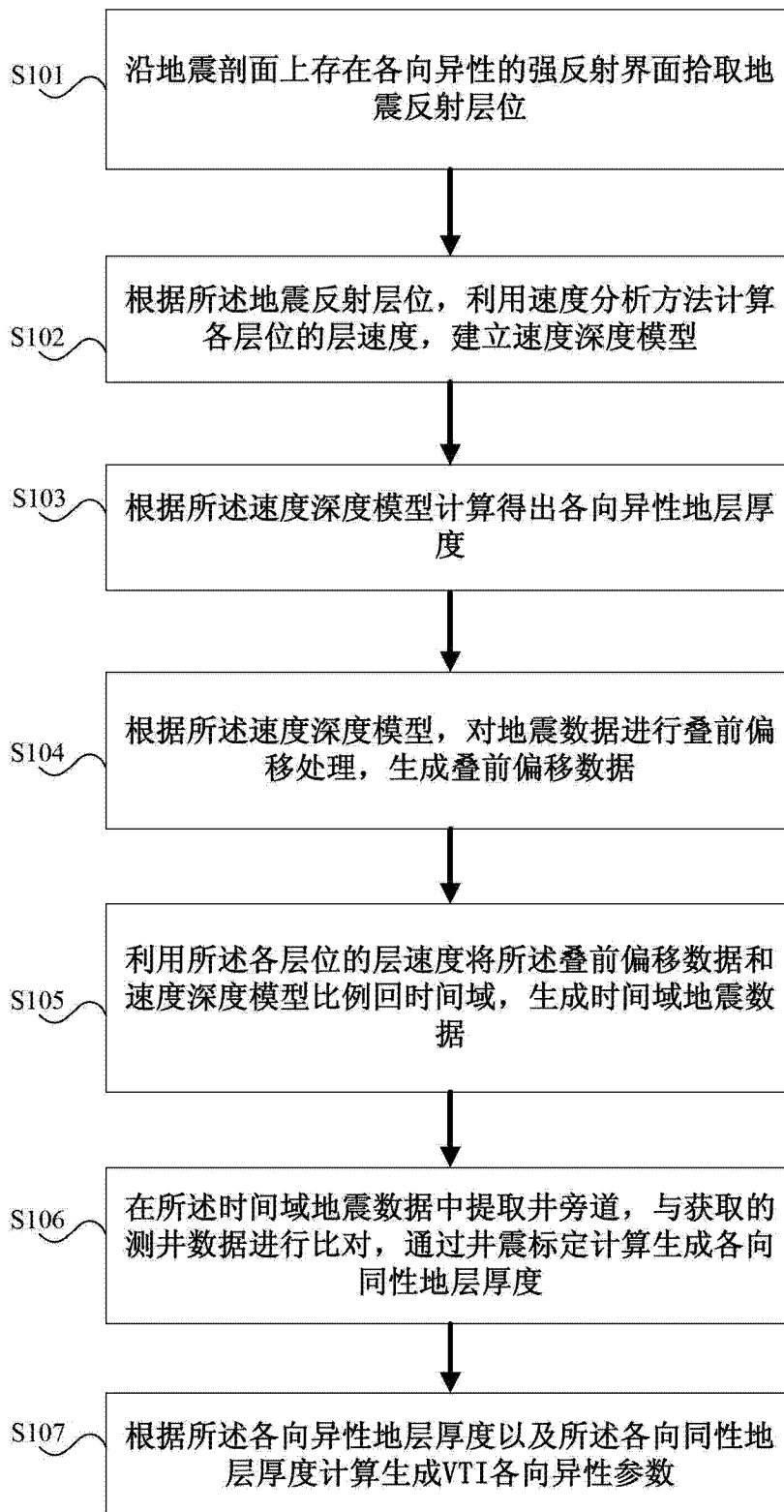


图 1

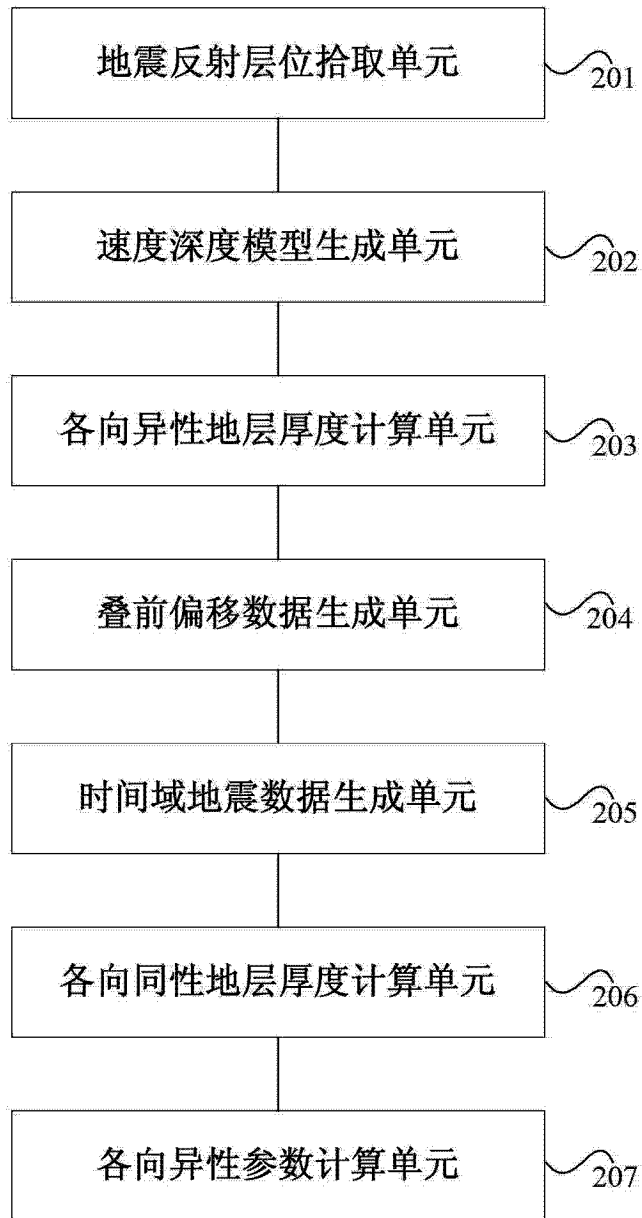


图 2

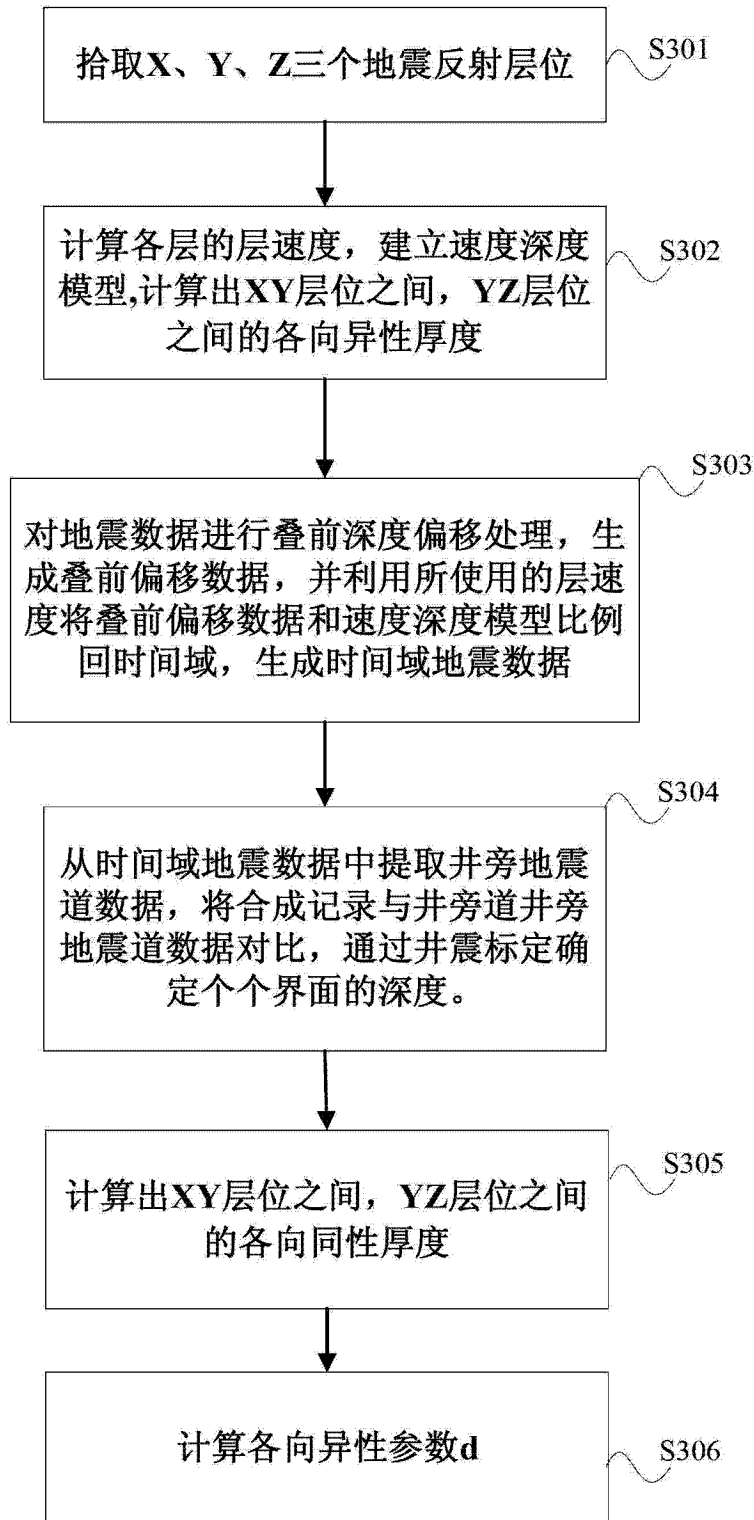


图 3

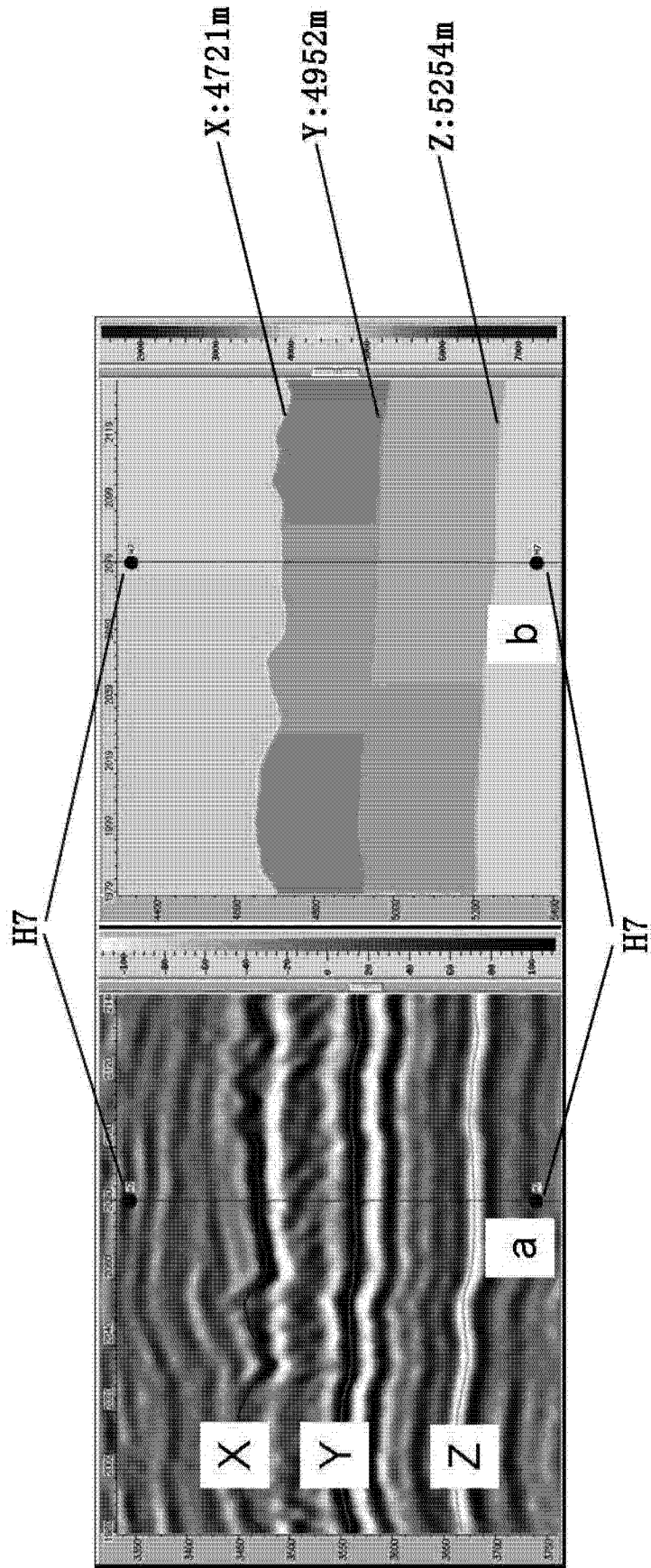


图 4

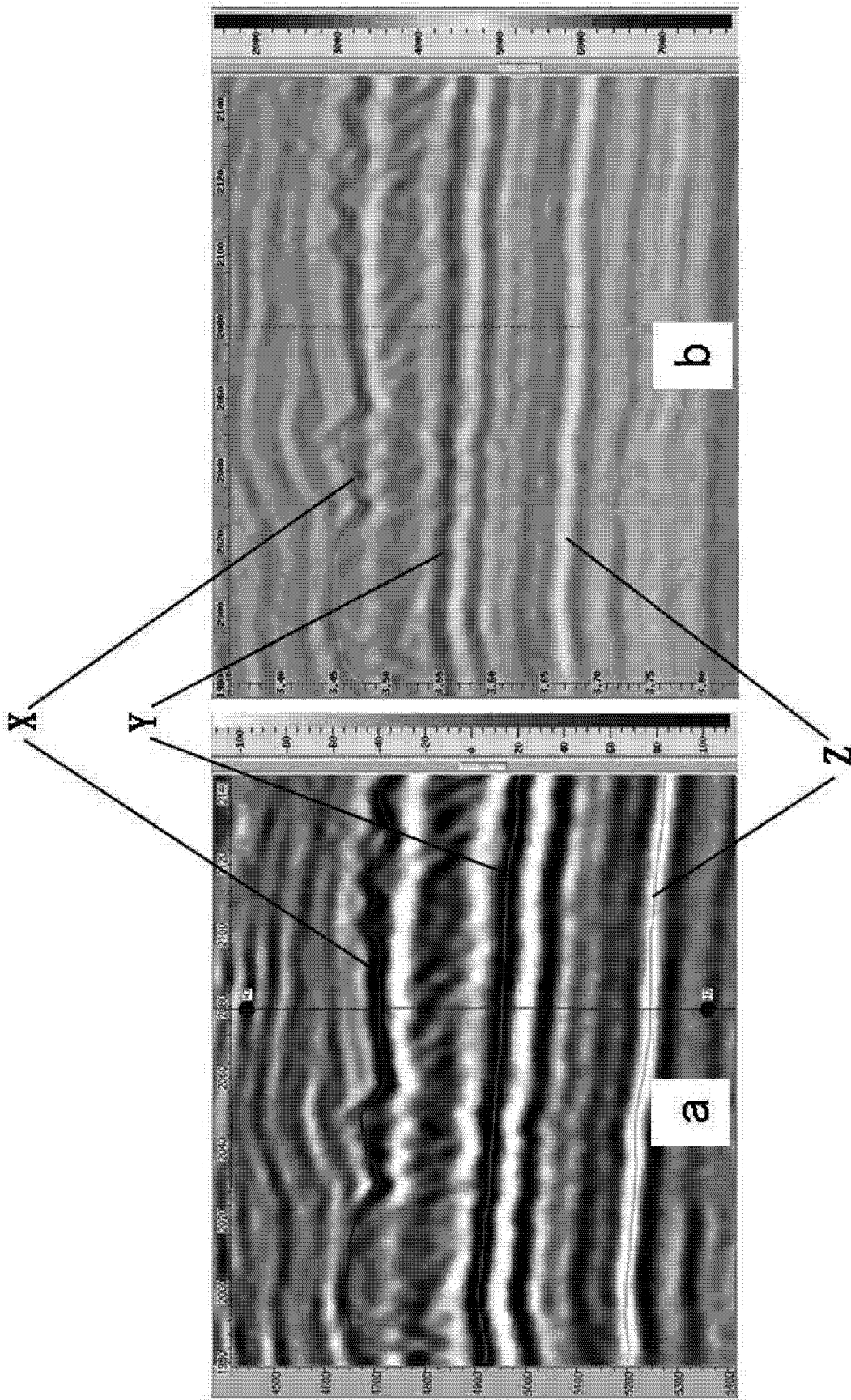


图 5

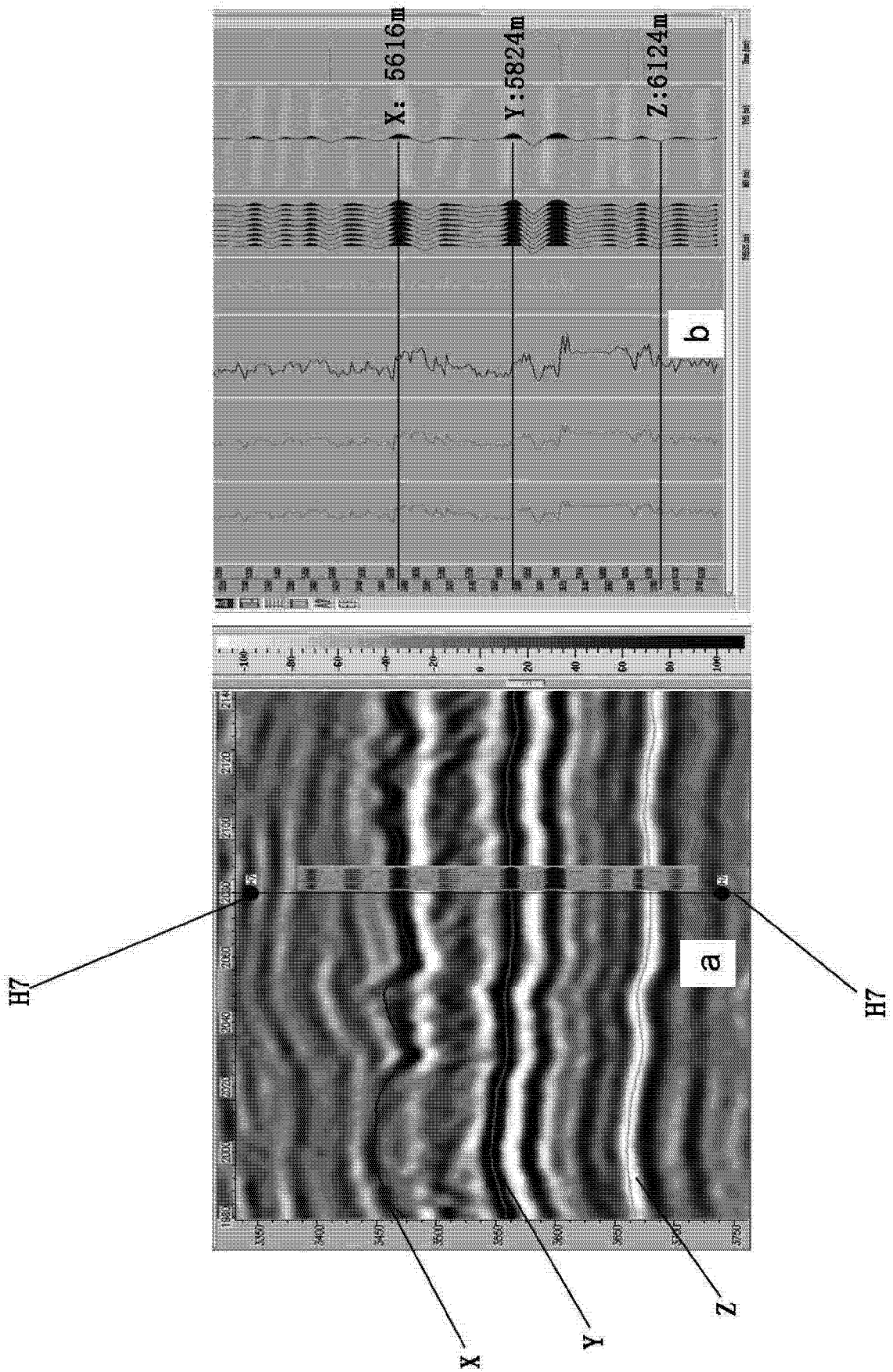


图 6