

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2024 年 10 月 31 日 (31.10.2024)



(10) 国际公布号
WO 2024/221998 A1

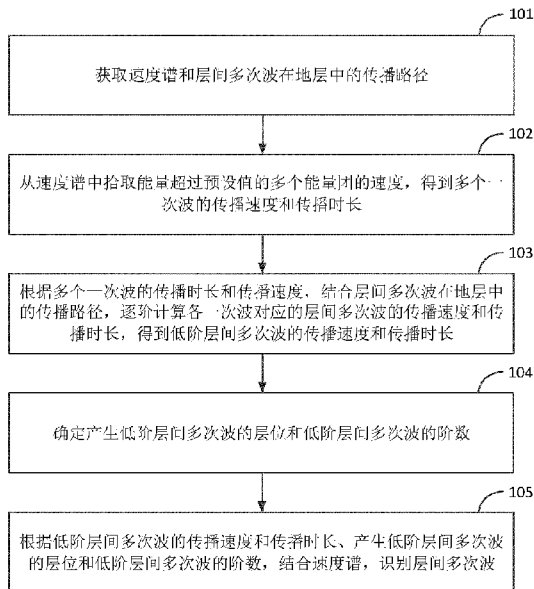
- (51) 国际专利分类号:
G01V 1/36 (2006.01) **G01V 1/28** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2023/141466
- (22) 国际申请日: 2023 年 12 月 25 日 (25.12.2023)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202310449764.8 2023年4月24日 (24.04.2023) CN
- (71) 申请人: 中国 石油 天 然 气 集 团 有 限 公 司 (**CHINA NATIONAL PETROLEUM CORPORATION**) [CN/CN]; 中国北京市东城区东直门北大街9号, Beijing 100007 (CN)。
- (72) 发明人: 谢俊法 (**XIE, Junfa**); 中国北京市西城区六铺炕街六号316室, Beijing 100724 (CN)。 徐

兴荣 (**XU, Xingrong**); 中国北京市西城区六铺炕街六号316室, Beijing 100724 (CN)。 杨哲 (**YANG, Zhe**); 中国北京市西城区六铺炕街六号316室, Beijing 100724 (CN)。 韩令贺 (**HAN, Linghe**); 中国北京市西城区六铺炕街六号316室, Beijing 100724 (CN)。 雍运动 (**YONG, Yundong**); 中国北京市西城区六铺炕街六号316室, Beijing 100724 (CN)。 赵玉合 (**ZHAO, Yuhe**); 中国北京市西城区六铺炕街六号316室, Beijing 100724 (CN)。 王一惠 (**WANG, Yihui**); 中国北京市西城区六铺炕街六号316室, Beijing 100724 (CN)。 藏胜涛 (**ZANG, Shengtao**); 中国北京市西城区六铺炕街六号316室, Beijing 100724 (CN)。

(74) 代理人: 北京三友知识产权代理有限公司 (**BEIJING SANYOU INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY LTD.**); 中国北京市西城

(54) Title: VELOCITY RECOGNITION METHOD AND DEVICE FOR INTERBED MULTIPLE

(54) 发明名称: 层间多次波的速度识别方法及装置



- 101 Acquire a velocity spectrum and a propagation path of an interbed multiple in formation
- 102 From the velocity spectrum, pick up velocities of multiple energy clusters having energy exceeding a preset value to obtain propagation velocities and propagation durations of multiple primaries
- 103 According to the propagation durations and propagation velocities of the multiple primaries, in combination with the propagation path of the interbed multiple in the formation, calculate, order by order, a propagation velocity and propagation duration of an interbed multiple corresponding to each primary to obtain a propagation velocity and propagation duration of a low-order interbed multiple
- 104 Determine a horizon where the low-order interbed multiple is generated and the order of the low-order interbed multiple
- 105 According to the propagation velocity and propagation duration of the low-order interbed multiple, the horizon where the low-order interbed multiple is generated, and the order of the low-order interbed multiple, in combination with the velocity spectrum, recognize the interbed multiple

(57) Abstract: The present application discloses a velocity recognition method and device for an interbed multiple. The method comprises: acquiring a velocity spectrum and a propagation path of an interbed multiple in formation; from the velocity spectrum, picking up velocities of multiple energy clusters having energy exceeding a preset value to obtain propagation velocities and propagation durations of multiple primaries; according to the propagation durations and propagation velocities of the multiple primaries, in combination with the propagation path of the interbed multiple in the formation, calculating, order by order, a propagation velocity and propagation duration of an interbed multiple corresponding to each primary to obtain a propagation velocity and propagation duration of a low-order interbed multiple; determining a horizon where the low-order interbed multiple is generated and the order of the low-order interbed

区金融街35号国际企业大厦A座16层, Beijing 100033 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

multiple; and according to the propagation velocity and propagation duration of the low-order interbed multiple, the horizon where the low-order interbed multiple is generated, and the order of the low-order interbed multiple, in combination with the velocity spectrum, recognizing the interbed multiple. The method allows for effective recognition of interbed multiples, and provides a basis and means for suppressing interbed multiples.

(57) 摘要: 本申请公开了一种层间多次波的速度识别方法及装置, 该方法包括: 获取速度谱和层间多次波在地层中的传播路径; 从速度谱中拾取能量超过预设值的多个能量团的速度, 得到多个一次波的传播速度和传播时长; 根据多个一次波的传播时长和传播速度, 结合层间多次波在地层中的传播路径, 逐阶计算各一次波对应的层间多次波的传播速度和传播时长, 得到低阶层间多次波的传播速度和传播时长; 确定产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数; 根据低阶层间多次波的传播速度和传播时长、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数, 结合速度谱, 识别层间多次波。该方法有效识别层间多次波, 为层间多次波的压制提供依据和手段。

层间多次波的速度识别方法及装置

相关申请

本申请要求于 2023 年 4 月 24 日递交的申请号为 202310449764.8 的中国专利申请的优先权，并引用上述专利申请公开的内容作为本申请的一部分。

技术领域

本申请涉及勘探地球物理领域，尤其涉及层间多次波的速度识别方法及装置。

10 背景技术

本部分旨在为权利要求书中陈述的本申请实施例提供背景或上下文。此处的描述不因为包括在本部分中就承认是现有技术。

在常规地震资料处理中，多次波被视为一种严重干扰一次波的相干噪声，不仅降低了地震资料的信噪比，而且严重影响了地震成像的真实性和可靠性，对后续的解释工作带来不利影响。多次波可以分为层间多次波和表面多次波，表面多次波与一次波的速度差异较大，相对来说更容易识别和压制。

层间多次波是地震波在地下界面之间多次波反射产生的，其动力学特征和运动学特征与一次波高度相似，很难识别和压制；随着层间多次波阶次的增加，层间多次波与一次波的差异越大，更容易被识别和压制。因此层间多次波的阶次越低，与一次波的动力学和运动学特征越接近，特别是产生层间多次波的两个反射界面的距离较小时，其低阶层间多次波的识别非常困难。现有技术中没有针对该问题的解决方案。

发明内容

本申请实施例提供一种层间多次波的速度识别方法，用以有效识别层间多次波，为层间多次波的压制提供依据和手段，该方法包括：

获取速度谱和层间多次波在地层中的传播路径；

从速度谱中拾取能量超过预设值的多个能量团的速度，得到多个一次波的传播速度和传播时长；

根据多个一次波的传播时长和传播速度，结合层间多次波在地层中的传播路径，逐阶计算各一次波对应的层间多次波的传播速度和传播时长，得到低阶层间多次波的传播速度和传

播时长；

确定产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数；

根据低阶层间多次波的传播速度和传播时长、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数，结合速度谱，识别层间多次波。

- 5 本申请实施例还提供一种层间多次波的速度识别装置，用以有效识别层间多次波，为层间多次波的压制提供依据和手段，该装置包括：

第一获取模块，用于获取速度谱和层间多次波在地层中的传播路径；

第二获取模块，用于从速度谱中拾取能量超过预设值的多个能量团的速度，得到多个一次波的传播速度和传播时长；

- 10 计算模块，用于根据多个一次波的传播时长和传播速度，结合层间多次波在地层中的传播路径，逐阶计算各一次波对应的层间多次波的传播速度和传播时长，得到低阶层间多次波的传播速度和传播时长；确定产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数；

识别模块，用于根据低阶层间多次波的传播速度和传播时长、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数，结合速度谱，识别层间多次波。

- 15 本申请实施例还提供一种计算机设备，包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序，所述处理器执行所述计算机程序时实现上述层间多次波的速度识别方法。

本申请实施例还提供一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现上述层间多次波的速度识别方法。

- 20 本申请实施例还提供一种计算机程序产品，所述计算机程序产品包括计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现上述层间多次波的速度识别方法。

- 本申请实施例中，获取速度谱和层间多次波在地层中的传播路径；从速度谱中拾取能量超过预设值的多个能量团的速度，得到多个一次波的传播速度和传播时长；根据多个一次波的传播时长和传播速度，结合层间多次波在地层中的传播路径，逐阶计算各一次波对应的层间多次波的传播速度和传播时长，得到低阶层间多次波的传播速度和传播时长；确定产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数；根据低阶层间多次波的传播速度和传播时长、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数，结合速度谱，识别层间多次波。这样，基于一次波的传播速度和传播时长，计算低阶层间多次波的传播速度和传播时长，进而结合速度谱识别层间多次波，不仅能够识别层间多次波的速度谱，还能获得产生该层间多次波的层位和阶数，为层间多次波的压制提供有效信息。
- 25
- 30

附图说明

为了更清楚地说明本申请实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。在附图中：

图 1 为本申请实施例中提供的层间多次波的速度识别方法的流程图；

图 2 为本申请实施例中提供的速度模型示例图；

10 图 3 为本申请实施例中提供的道集示例图；

图 4 为本申请实施例中提供的速度谱示例图；

图 5 为本申请实施例中提供的层间多次波的速度识别示例图；

图 6 为本申请实施例中提供的实际 CMP 道集及其速度谱示例图；

图 7 为本申请实施例中提供的实际 CMP 道集及其速度谱的识别结果示例图；

15 图 8 为本申请实施例中提供的层间多次波的速度识别装置的示意图；

图 9 为本申请实施例中提供的电子设备的结构框图。

具体实施方式

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

本文中术语“和/或”，仅仅是描述一种关联关系，表示可以存在三种关系，例如，A 和/或 B，可以表示：单独存在 A，同时存在 A 和 B，单独存在 B 这三种情况。另外，本文中术语“至少一种”表示多种中的任意一种或多种中的至少两种的任意组合，例如，包括 A、B、C 中的至少一种，可以表示包括从 A、B 和 C 构成的集合中选择的任意一个或多个元素。

在本说明书的描述中，所使用的“包含”、“包括”、“具有”、“含有”等，均为开放性的用语，即意指包含但不限于。参考术语“一个实施例”、“一个具体实施例”、“一些实施例”、“例如”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构或者特点包含于本申请的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构或者特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适

的方式结合。各实施例中涉及的步骤顺序用于示意性说明本申请的实施，其中的步骤顺序不作限定，可根据需要作适当调整。

本申请实施例提供了一种层间多次波的速度识别方法，如图 1 所示，包括：

步骤101：获取速度谱和层间多次波在地层中的传播路径；

5 步骤102：从速度谱中拾取能量超过预设值的多个能量团的速度，得到多个一次波的传播速度和传播时长；

步骤103：根据多个一次波的传播时长和传播速度，结合层间多次波在地层中的传播路径，逐阶计算各一次波对应的层间多次波的传播速度和传播时长，得到低阶层间多次波的传播速度和传播时长；

10 步骤104：确定产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数；

步骤 105：根据低阶层间多次波的传播速度和传播时长、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数，结合速度谱，识别层间多次波。

具体实施时，获取速度谱和层间多次波在地层中的传播路径；从速度谱中拾取能量超过预设值的多个能量团的速度，得到多个一次波的传播速度和传播时长；根据多个一次波的传播时长和传播速度，结合层间多次波在地层中的传播路径，逐阶计算各一次波对应的层间多次波的传播速度和传播时长，得到低阶层间多次波的传播速度和传播时长；确定产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数；根据低阶层间多次波的传播速度和传播时长、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数，结合速度谱，识别层间多次波。

本申请实施例结合近年研究层间多次波的基础，提出层间多次波的速度识别方法，解决层间多次波难以识别和压制，识别过程耗时耗力的问题。

在一实施例中，根据多个一次波的传播速度和传播时长，结合层间多次波在地层中的传播路径，逐阶计算各一次波对应的层间多次波的传播速度和传播时长，包括：

根据多个一次波的传播速度，计算一次波对应的一阶层间多次波的传播速度和二阶层间多次波的传播速度；

25 根据多个一次波的传播时长，计算一次波对应的一阶层间多次波的传播时长和二阶层间多次波的传播时长。

在一实施例中，根据多个一次波的传播速度和传播时长，结合层间多次波在地层中的传播路径，逐阶计算各一次波对应的层间多次波的传播速度和传播时长，还包括：

30 根据多个一次波的传播速度，结合层间多次波在地层中的传播路径，计算三阶及更高阶的层间多次波的传播速度；

根据多个一次波的传播时长，结合层间多次波在地层中的传播路径，计算三阶及更高阶的层间多次波的传播时长。

举一实例，计算低阶层间多次波的传播速度，假设第 n 层的均方根速度和 t_0 时间为 $v_{R,n}$ 和 $t_{0,n}$ ，第 $n-1$ 层的均方根速度和 t_0 时间为 $v_{R,n-1}$ 和 $t_{0,n-1}$ ，则可以计算第 $n-1$ 层和第 n 层之间的层间多次波传播速度，得到一阶层间多次波的传播速度 $v_{M_1R,(n-1,n)}^2$ 为：

$$v_{M_1R,(n-1,n)}^2 = \frac{2t_{0,n}v_{R,n}^2 - t_{0,n-1}v_{R,n-1}^2}{2t_{0,n} - t_{0,n-1}}$$

5 得到二阶层间多次波的传播速度 $v_{M_2R,(n-1,n)}^2$ 为：

$$v_{M_2R,(n-1,n)}^2 = \frac{3t_{0,n}v_{R,n}^2 - 2t_{0,n-1}v_{R,n-1}^2}{3t_{0,n} - 2t_{0,n-1}}$$

计算低阶层间多次波的传播时长，利用一次波的传播速度和传播时长，计算与之相关的低阶层间多次波的传播时长。第 $n-1$ 层和第 n 层之间的层间多次波的传播时长公式为 $t_{M_mR} = t_{0,nP} + \sum_{j=1}^m (t_{0,Mj} - t_{0,Mj-1})$ ， $n_P \leq n$ 表示一次波传播的最大层数， m 表示层间多次波的阶数， v_{Mj} 和 Mj 为某个产生层间多次波层位的速度和时间，分别对应某个 v_i 和 t_i 。一阶层间多次波的传播时长为 $t_{M_1R,(n-1,n)} = 2t_{0,n} - t_{0,n-1}$ ，二阶层间多次波的传播时长为 $t_{M_2R,(n-1,n)} = 3t_{0,n} - 2t_{0,n-1}$ ；

对于三阶以及更高阶的层间多次波传播速度，可以利用层间多次波在地层中的传播路径，根据前述层速度以及计算均方根速度的公式，分别计算速度累积项和时间累积项，最后获得三阶以及更高阶的层间多次波传播速度。

15 对于三阶以及更高阶的层间多次波传播时长，根据层间多次波在某个地层中的传播路径，计算传播一次所需的时间，在一次波传播时长的基础上进行时间的累加，得到三阶以及更高阶的层间多次波传播时长。

在一实施例中，根据低阶层间多次波的传播速度和传播时长、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数，结合速度谱，识别层间多次波，包括：

20 根据低阶层间多次波的传播速度和传播时长、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数，在速度谱中寻找对应的层间多次波速度。

在一实施例中，根据低阶层间多次波的传播速度和传播时长、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数，结合速度谱，识别层间多次波，包括：

25 将低阶层间多次波的传输速度和传输时长投影到速度谱中，寻找对应的层间多次波能量团；

根据层间多次波能量团、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数，得到产生该层间多次波的一次波的层位和阶数。

具体实施时，可采取以下两种方法识别。

1) 根据低阶层间多次波的传播速度和传播时长、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数，在速度谱中寻找对应的层间多次波速度。

2) 将低阶层间多次波的传输速度和传输时长投影到速度谱中，寻找对应的层间多次波能量团；

根据层间多次波能量团、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数，得到产生该层间多次波的一次波的层位和阶数。

5 举一实例，获取一次波的传输速度和传输时长，建立图2所示的速度模型，其中，横坐标表示长度，单位m，纵坐标表示深度，单位m，该速度模型有4层，速度分别为2050m/s、2450m/s、
10 2500m/s、2550m/s，包含三个反射界面，为了产生较为强烈的层间多次波，第二个反射界面包含一个厚度19m的煤层，煤层的传输速度为1850m/s。对图2所示的速度模型进行有限差分正演，获得图3所示的道集，切除其中的直达波，并对剩余波进行速度分析，得到图4所示的速度谱，可以看出传输时长2s以下的能量团皆为多次波能量团，根据速度模型分析，传输时长2s以上的四个能量团中，从上往下第三个能量团（约1.7s处）为层间多次波能量，拾取第一、
15 二、四能量团的传输速度和传输时长。

利用拾取的一次波的传输速度，计算低阶层间多次波的传输速度；利用拾取的一次波的传输时长，计算低阶层间多次波的传输时长；利用速度谱和低阶层间多次波的传输速度和传输时长，进行层间多次波的识别。

图5为本申请实施例中提供的层间多次波的速度识别示例图，如图5所示，通过本申请实
20 施例的层间多次波的速度识别方法计算传播速度和传播时长，将计算结果显示在速度谱中，见图5框内能量团，本方法能对层间多次波进行正确识别。

举一实例，图6为本申请实施例中提供的实际CMP道集及其速度谱实例图，图6左侧为速度谱，右侧为CMP道集，可见，拾取了编号0至6的七个一次波能量团的传播速度和传播时长，利用这七个一次波的传播速度和传播时长，采用申请提供的识别方法进行层间多次波压制速度
25 度和时长的计算以及层间多次波的识别，图7所示为识别的层间多次波能量团。图7中“0，1”表示一次波编号为0和1产生的层间多次波，“0，2”表示一次波编号为0和2产生的层间多次波。计算的层间多次波的速度与从速度谱中拾取的层间多次波速度之间的误差情况见表1，可以看出，误差较小，说明本申请提供的方法是正确可靠的。

表1 层间多次波的速度误差

序号	层间多次波的 产生层位	计算速度 (m/s)	真实速度 (m/s)	绝对误差 (m/s)	相对误差 (%)
1	0, 1	2787	2780	7	0.25

2	1, 2	2875	2880	5	0.17
3	0, 2	2934	2950	16	0.54
4	0, 3	3053	3040	13	0.43
5	5, 6	3097	3110	13	0.42
6	1, 4	3239	3260	21	0.64

本申请实施例中还提供了一种层间多次波的速度识别装置，如下面的实施例所述。由于该装置解决问题的原理与层间多次波的速度识别方法相似，因此该装置的实施可以参见方法的实施，重复之处不再赘述。

5 图 8 为本申请实施例中提供的层间多次波的速度识别装置的示意图，如图 8 所示，该装置包括：

第一获取模块801，用于获取速度谱和层间多次波在地层中的传播路径；

第二获取模块802，用于从速度谱中拾取能量超过预设值的多个能量团的速度，得到多个一次波的传播速度和传播时长；

10 计算模块803，用于根据多个一次波的传播时长和传播速度，结合层间多次波在地层中的传播路径，逐阶计算各一次波对应的层间多次波的传播速度和传播时长，得到低阶层间多次波的传播速度和传播时长；确定产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数；

识别模块804，用于根据低阶层间多次波的传播速度和传播时长、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数，结合速度谱，识别层间多次波。

15 在一实施例中，计算模块803具体用于：

根据多个一次波的传播速度，计算一次波对应的一阶层间多次波的传播速度和二阶层间多次波的传播速度；

根据多个一次波的传播时长，计算一次波对应的一阶层间多次波的传播时长和二阶层间多次波的传播时长。

20 在一实施例中，计算模块803还用于：

根据多个一次波的传播速度，结合层间多次波在地层中的传播路径，计算三阶及更高阶的层间多次波的传播速度；

根据多个一次波的传播时长，结合层间多次波在地层中的传播路径，计算三阶及更高阶的层间多次波的传播时长。

25 在一实施例中，识别模块804具体用于：

根据低阶层间多次波的传播速度和传播时长、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多

次波的阶数，在速度谱中寻找对应的层间多次波速度。

在一实施例中，识别模块804具体用于：

将低阶层间多次波的传输速度和传输时长投影到速度谱中，寻找对应的层间多次波能量团；

- 5 根据层间多次波能量团、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数，得到产生该层间多次波的一次波的层位和阶数。

基于前述发明构思，如图9所示，本申请还提出了一种计算机设备900，包括存储器910、处理器920及存储在存储器910上并可在处理器920上运行的计算机程序930，所述处理器920执行所述计算机程序930时实现前述层间多次波的速度识别方法。

- 10 本申请实施例还提供一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现上述层间多次波的速度识别方法。

本申请实施例还提供一种计算机程序产品，所述计算机程序产品包括计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现上述层间多次波的速度识别方法。

- 15 综上所述，本申请实施例中，获取速度谱和层间多次波在地层中的传播路径；从速度谱中拾取能量超过预设值的多个能量团的速度，得到多个一次波的传播速度和传播时长；根据多个一次波的传播时长和传播速度，结合层间多次波在地层中的传播路径，逐阶计算各一次波对应的层间多次波的传播速度和传播时长，得到低阶层间多次波的传播速度和传播时长；确定产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数；根据低阶层间多次波的传播速度和传播时长、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数，结合速度谱，识别层间多次波。这样，基于一
- 20 次波的传播速度和传播时长，计算低阶层间多次波的传播速度和传播时长，进而结合速度谱识别层间多次波，不仅能够识别层间多次波的速度谱，还能获得产生该层间多次波的层位和阶数，为层间多次波的压制提供有效信息。

- 本领域内的技术人员应明白，本申请的实施例可提供为方法、系统、或计算机程序产品。因此，本申请可采用完全硬件实施例、完全软件实施例、或结合软件和硬件方面的实施例的形式。而且，本申请可采用在一个或多个其中包含有计算机可用程序代码的计算机可用存储
- 25 介质（包括但不限于磁盘存储器、CD-ROM、光学存储器等）上实施的计算机程序产品的形式。

- 本申请是参照根据本申请实施例的方法、设备（系统）、和计算机程序产品的流程图和/或方框图来描述的。应理解可由计算机程序指令实现流程图和/或方框图中的每一流程和/或方框、以及流程图和/或方框图中的流程和/或方框的结合。可提供这些计算机程序指令到通用计
- 30 算机、专用计算机、嵌入式处理机或其他可编程数据处理设备的处理器以产生一个机器，使

得通过计算机或其他可编程数据处理设备的处理器执行的指令产生用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的装置。

5 这些计算机程序指令也可存储在能引导计算机或其他可编程数据处理设备以特定方式工作的计算机可读存储器中，使得存储在该计算机可读存储器中的指令产生包括指令装置的制品，该指令装置实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能。

10 这些计算机程序指令也可装载到计算机或其他可编程数据处理设备上，使得在计算机或其他可编程设备上执行一系列操作步骤以产生计算机实现的处理，从而在计算机或其他可编程设备上执行的指令提供用于实现在流程图一个流程或多个流程和/或方框图一个方框或多个方框中指定的功能的步骤。

以上所述的具体实施例，对本申请的目的、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，以上所述仅为本申请的具体实施例而已，并不用于限定本申请的保护范围，凡在本申请的精神和原则之内，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本申请的保护范围之内。

15

权利要求书

1. 一种层间多次波的速度识别方法，其特征在于，包括：

获取速度谱和层间多次波在地层中的传播路径；

从速度谱中拾取能量超过预设值的多个能量团的速度，得到多个一次波的传播速度和传播时长；

根据多个一次波的传播时长和传播速度，结合层间多次波在地层中的传播路径，逐阶计算各一次波对应的层间多次波的传播速度和传播时长，得到低阶层间多次波的传播速度和传播时长；

确定产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数；

根据低阶层间多次波的传播速度和传播时长、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数，结合速度谱，识别层间多次波。

2. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，根据多个一次波的传播速度和传播时长，结合层间多次波在地层中的传播路径，逐阶计算各一次波对应的层间多次波的传播速度和传播时长，包括：

根据多个一次波的传播速度，计算一次波对应的一阶层间多次波的传播速度和二阶层间多次波的传播速度；

根据多个一次波的传播时长，计算一次波对应的一阶层间多次波的传播时长和二阶层间多次波的传播时长。

3. 如权利要求2所述的方法，其特征在于，根据多个一次波的传播速度和传播时长，结合层间多次波在地层中的传播路径，逐阶计算各一次波对应的层间多次波的传播速度和传播时长，还包括：

根据多个一次波的传播速度，结合层间多次波在地层中的传播路径，计算三阶及更高阶的层间多次波的传播速度；

根据多个一次波的传播时长，结合层间多次波在地层中的传播路径，计算三阶及更高阶的层间多次波的传播时长。

4. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，根据低阶层间多次波的传播速度和传播时长、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数，结合速度谱，识别层间多次波，包括：

根据低阶层间多次波的传播速度和传播时长、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数，在速度谱中寻找对应的层间多次波速度。

5. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，根据低阶层间多次波的传播速度和传播时长、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数，结合速度谱，识别层间多次波，包括：

将低阶层间多次波的传输速度和传输时长投影到速度谱中，寻找对应的层间多次波能量团；

根据层间多次波能量团、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数，得到产生层间多次波的一次波的层位和阶数。

5 6. 一种层间多次波的速度识别装置，其特征在于，包括：

第一获取模块，用于获取速度谱和层间多次波在地层中的传播路径；

第二获取模块，用于从速度谱中拾取能量超过预设值的多个能量团的速度，得到多个一次波的传播速度和传播时长；

10 计算模块，用于根据多个一次波的传播时长和传播速度，结合层间多次波在地层中的传播路径，逐阶计算各一次波对应的层间多次波的传播速度和传播时长，得到低阶层间多次波的传播速度和传播时长；确定产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数；

识别模块，用于根据低阶层间多次波的传播速度和传播时长、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数，结合速度谱，识别层间多次波。

7. 如权利要求6所述的装置，其特征在于，计算模块具体用于：

15 根据多个一次波的传播速度，计算一次波对应的一阶层间多次波的传播速度和二阶层间多次波的传播速度；

根据多个一次波的传播时长，计算一次波对应的一阶层间多次波的传播时长和二阶层间多次波的传播时长。

8. 如权利要求7所述的装置，其特征在于，计算模块还用于：

20 根据多个一次波的传播速度，结合层间多次波在地层中的传播路径，计算三阶及更高阶的层间多次波的传播速度；

根据多个一次波的传播时长，结合层间多次波在地层中的传播路径，计算三阶及更高阶的层间多次波的传播时长。

9. 如权利要求6所述的装置，其特征在于，识别模块具体用于：

25 根据低阶层间多次波的传播速度和传播时长、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数，在速度谱中寻找对应的层间多次波速度。

10. 如权利要求6所述的装置，其特征在于，识别模块具体用于：

将低阶层间多次波的传输速度和传输时长投影到速度谱中，寻找对应的层间多次波能量团；

30 根据层间多次波能量团、产生低阶层间多次波的层位和低阶层间多次波的阶数，得到产生该层间多次波的一次波的层位和阶数。

11. 一种计算机设备，包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计

算机程序，其特征在于，所述处理器执行所述计算机程序时实现权利要求1至5任一所述方法。

12. 一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现权利要求1至5任一所述方法。

13. 一种计算机程序产品，其特征在于，所述计算机程序产品包括计算机程序，所述计算机程序被处理器执行时实现权利要求 1 至 5 任一所述方法。

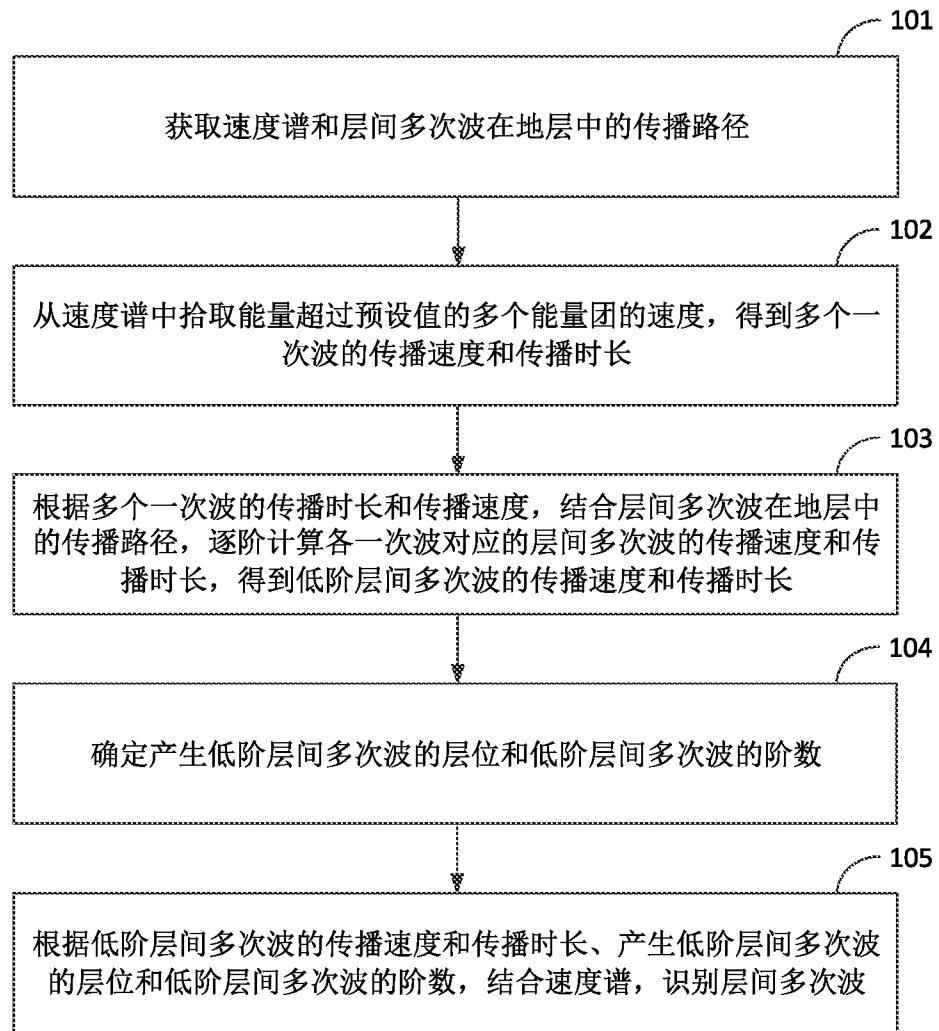


图 1

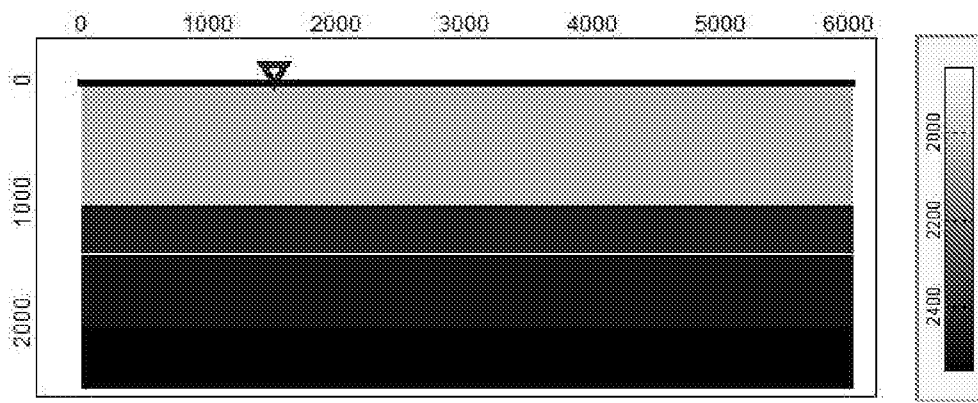


图 2

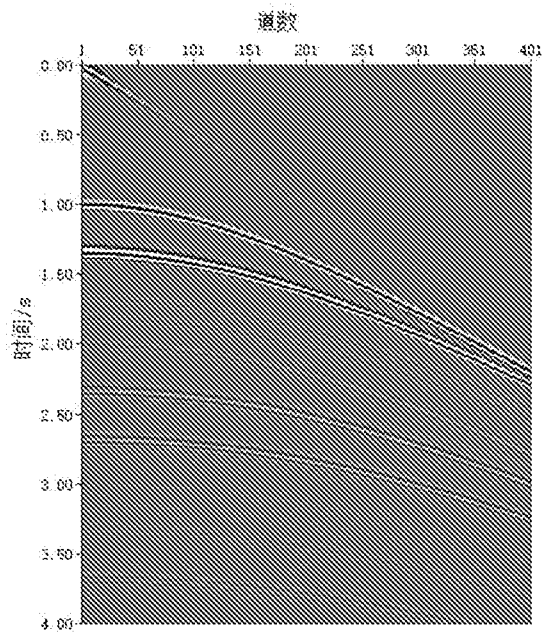


图 3

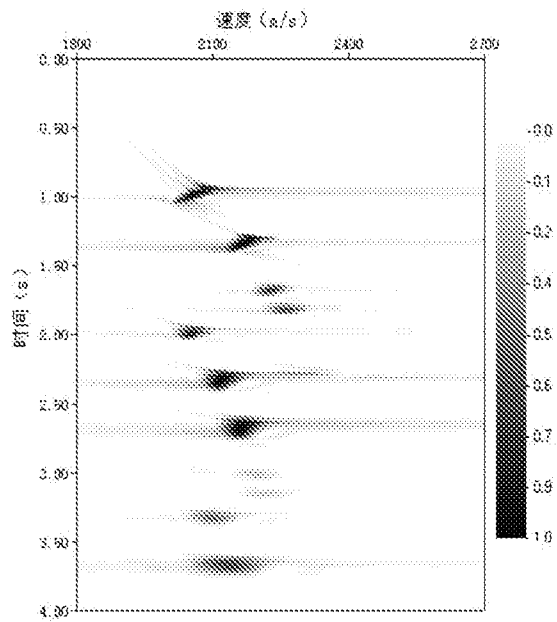


图 4

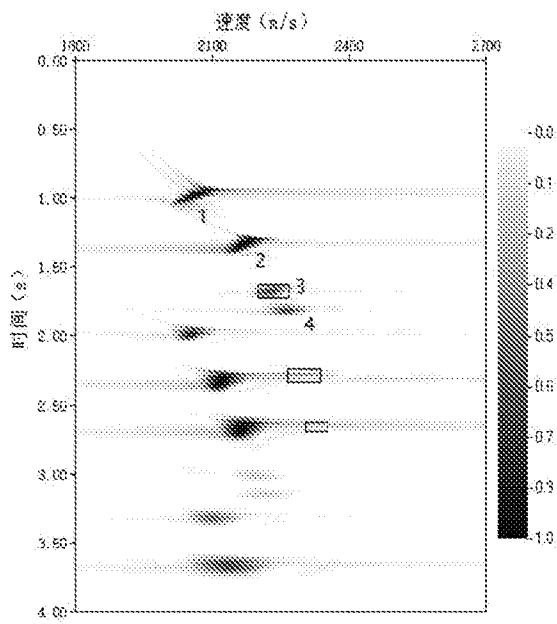


图 5

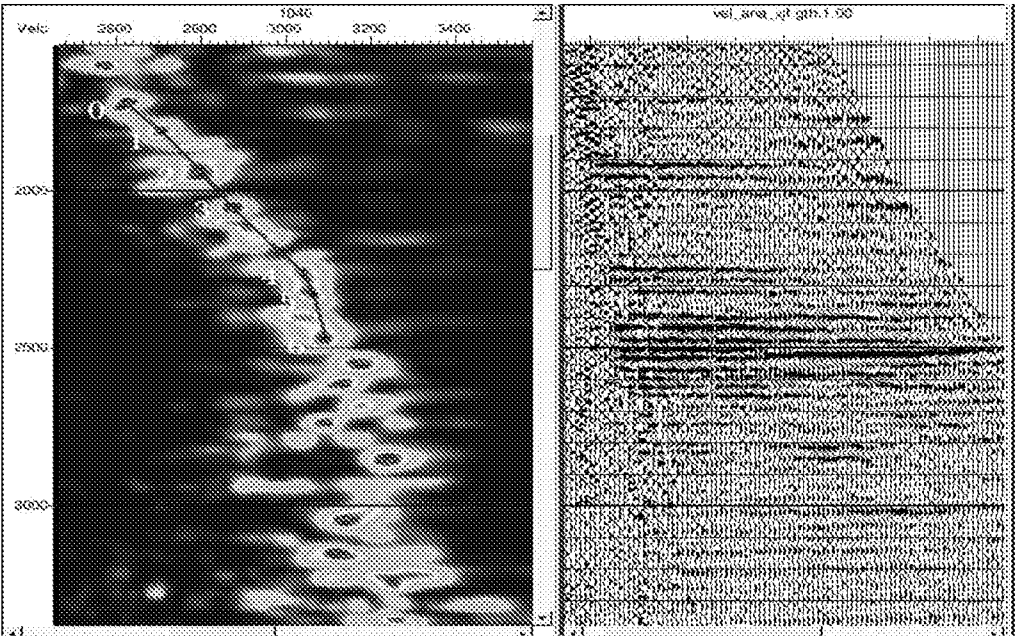


图 6

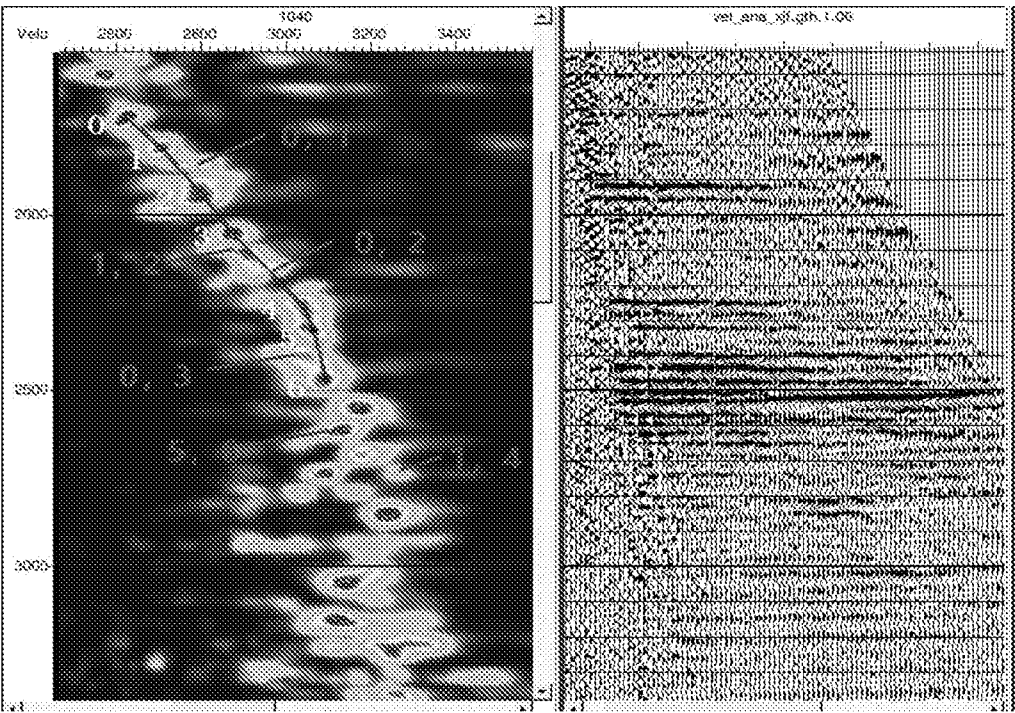


图 7

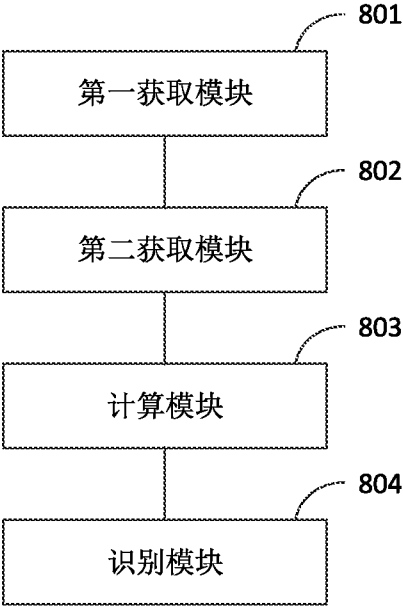


图 8

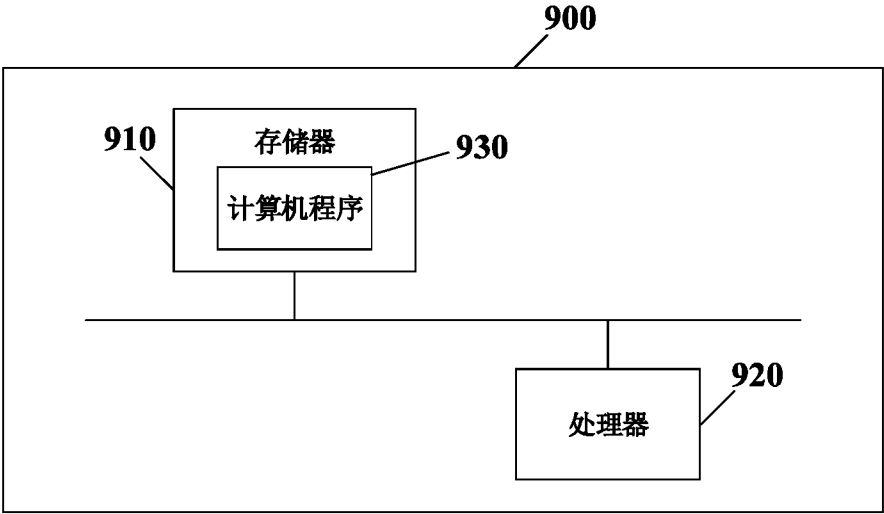


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2023/141466

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01V1/36(2006.01)i; G01V1/28(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: G01V

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNXTX; WPABSC; CNKI; WPABS; ENTXT; ENTXTC; CJFD; VEN; IEEE: 中国石油天然气, 谢俊法, 徐兴荣, 杨哲, 韩令贺, 雍运动, 赵玉合, 王一惠, 藏胜涛, 层数, 多次波, 阶数, 路径, 能量团, 速度, 速度谱, 融合, 拼接, 合成, 特征, multi-wave, layer, speed, distance, spectrum, fusion, feature

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 109061726 A (PETROCHINA CO., LTD.) 21 December 2018 (2018-12-21) description, paragraphs [0005]-[0122]	1-13
A	CN 114779327 A (CHINA OILFIELD SERVICES LTD.) 22 July 2022 (2022-07-22) entire document	1-13
A	CN 109001813 A (PETROCHINA CO., LTD.) 14 December 2018 (2018-12-14) entire document	1-13
A	CN 111610563 A (PETROCHINA CO., LTD.) 01 September 2020 (2020-09-01) entire document	1-13
A	US 2020379136 A1 (SAUDI ARABIAN OIL CO.) 03 December 2020 (2020-12-03) entire document	1-13



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 “D” document cited by the applicant in the international application
 “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date
 “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

27 March 2024

Date of mailing of the international search report

11 April 2024

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao, Haidian District,
Beijing 100088

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2023/141466

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
CN	109061726	A	21 December 2018	None	
CN	114779327	A	22 July 2022	None	
CN	109001813	A	14 December 2018	None	
CN	111610563	A	01 September 2020	None	
US	2020379136	A1	03 December 2020	US 11531129 B2	20 December 2022

A. 主题的分类

G01V1/36(2006.01)i; G01V1/28(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

IPC: G01V

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNTEXT;WPABSC;CNKI;WPABS;ENTXT;ENTXTC;CJFD;VEN;IEEE: 中国石油天然气, 谢俊法, 徐兴荣, 杨哲, 韩令贺, 雍运动, 赵玉合, 王一惠, 藏胜涛, 层数, 多次波, 阶数, 路径, 能量团, 速度, 速度谱, 融合, 拼接, 合成, 特征, multi-wave, layer, speed, distance, spectrum, fusion, feature

C. 相关文件

类型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 109061726 A (中国石油天然气股份有限公司) 2018年12月21日 (2018 - 12 - 21) 说明书第[0005]-[0122]段	1-13
A	CN 114779327 A (中海油田服务股份有限公司) 2022年7月22日 (2022 - 07 - 22) 全文	1-13
A	CN 109001813 A (中国石油天然气股份有限公司) 2018年12月14日 (2018 - 12 - 14) 全文	1-13
A	CN 111610563 A (中国石油天然气股份有限公司) 2020年9月1日 (2020 - 09 - 01) 全文	1-13
A	US 2020379136 A1 (SAUDI ARABIAN OIL CO) 2020年12月3日 (2020 - 12 - 03) 全文	1-13

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。

☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“D” 申请人在国际申请中引证的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2024年3月27日

国际检索报告邮寄日期

2024年4月11日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局
中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

授权官员

周群

电话号码 (+86) 0512-88997268

PCT/ISA/210 表(第2页) (2022年7月)

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2023/141466

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	109061726	A	2018年12月21日	无	
CN	114779327	A	2022年7月22日	无	
CN	109001813	A	2018年12月14日	无	
CN	111610563	A	2020年9月1日	无	
US	2020379136	A1	2020年12月3日	US 11531129 B2	2022年12月20日