

(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
2018 年 12 月 13 日 (13.12.2018)



(10) 国际公布号
WO 2018/223571 A1

(51) 国际专利分类号:

E21B 49/00 (2006.01) **G01V 1/46** (2006.01)

E21B 47/26 (2012.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2017/105362

(22) 国际申请日: 2017 年 10 月 9 日 (09.10.2017)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:

201710422709.4 2017 年 6 月 7 日 (07.06.2017) CN

(71) 申请人: 南方科技大学(SOUTHERN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区西丽学苑大道 1088 号, Guangdong 518055 (CN)。

(72) 发明人: 方鑫定(FANG, Xinding); 中国广东省深圳市南山区西丽大学城学苑大道 1088 号, Guangdong 518055 (CN)。

(74) 代理人: 深圳中一专利商标事务所(SHENZHEN ZHONGYI PATENT AND TRADEMARK OFFICE); 中国广东省深圳市福田区深南中路 1014 号老特区报社四楼 (5 号信箱), Guangdong 518028 (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, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, 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, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM,

(54) **Title:** MONOPOLE ACOUSTIC LOGGING-WHILE-DRILLING INSTRUMENT USED IN COOPERATION WITH BOTTOM DRILLING TOOL ASSEMBLY, AND METHOD FOR MEASURING SHEAR WAVE VELOCITY OF SLOW FORMATION

(54) 发明名称: 与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪、测量慢地层横波速度的方法

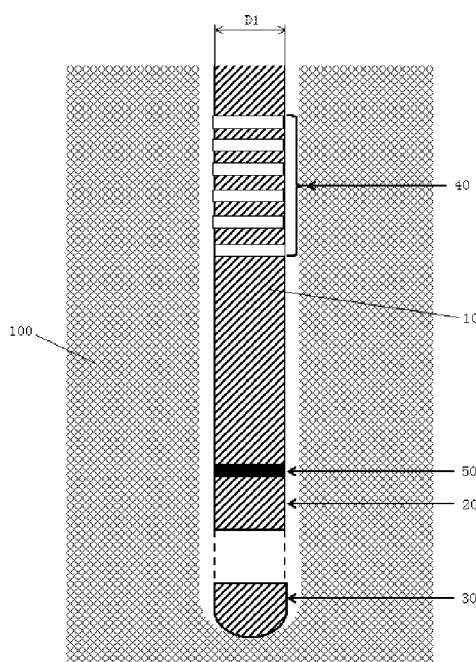


图 1

(57) **Abstract:** Disclosed are a monopole acoustic logging-while-drilling instrument used in cooperation with a bottom drilling tool assembly, and a method for measuring the shear wave velocity of slow formation by applying the monopole acoustic logging-while-drilling instrument. The bottom drilling tool assembly comprises a drill collar (20) and a drill bit (30), wherein the drill bit (30) is installed on an end of the drill collar (20), and the monopole acoustic logging-while-drilling instrument is installed on the drill collar (20). The monopole acoustic logging-while-drilling instrument comprises: an acoustic receiver (40), the acoustic receiver (40) being mounted on the drill collar (20); and a monopole sound source (50), the monopole sound source (50) being installed on the drill collar (20), and the monopole sound source (50) sending acoustic waves in a preset frequency range, wherein a ratio of the external diameter D1 of the drill collar (20) to the external diameter D2 of the drill bit (30) is d , $0.75 < d < 1$. By using the monopole acoustic logging-while-drilling instrument, and the method for measuring the shear wave velocity of slow formation to measure the shear wave velocity of formation, there is no need to combine monopole logging with quadrupole logging, simplifying the operation difficulty in measurement of the shear wave velocity of formation, thus improving the efficiency of the measurement of the shear wave velocity of formation and the stability and accuracy of measured data.

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, 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))。

(57) 摘要: 一种与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪及应用该单极随钻声波测井仪测量慢地层横波速度的方法, 其中, 底部钻具组合包括钻铤(20)和钻头(30), 钻铤(20)的端部上安装钻头(30), 钻铤(20)上安装有单极随钻声波测井仪, 单极随钻声波测井仪包括: 声波接收器(40), 声波接收器(40)安装在钻铤(20)上; 单极子声源(50), 单极子声源(50)安装在钻铤(20)上, 单极子声源(50)发出预定频率范围的声波; 其中, 钻铤(20)的外直径D1与钻头(30)的外直径D2的比值为d, 则 $0.75 < d < 1$ 。使用该单极随钻声波测井仪和该测量慢地层横波速度的方法测量地层横波速度, 无需再将单极子测井与四极子测井相结合, 简化了测量地层横波速度的操作难度, 从而提高了地层横波速度测量的效率和测量数据的稳定性、准确性。

与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪、测量慢地层横波速度的方法

技术领域

[0001] 本申请属于石油钻井测井技术领域，更具体地说，是涉及一种与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪、测量慢地层横波速度的方法。

背景技术

[0002] 根据测井方式，油田测井可分为电缆测井和随钻测井。电缆测井是通过电缆把声波测井仪下放到油井中采集数据，测井操作过程要求停止钻井作业并把钻杆抽出，才能把声波测井仪放进油井内。随钻测井则能够实现边钻井边测量数据。因为随钻测井不会影响钻井作业的进度，所以可以缩短工程项目整体的完成时间，从而降低成本。

[0003] 声波测井的主要目的是应用声波方法测量地层的纵波速度与横波速度。这些数据可以用于计算地层的弹性参数、孔隙度、孔隙压力等。

[0004] 随钻声波测井中对声波在地层中井孔响应特征的很多认识，都是基于电缆声波测井研究延伸得到的。为了减少声波测井仪对数据测量的干扰，电缆声波测井仪会采用特殊的结构设计和材料器件来实现声源与接收器间的隔音。而随钻声波测井仪是直接安装在钻铤上，因为钻铤需要保证有足够的强度来支撑钻头的钻井活动，所以随钻声波测井仪很难实现很好的隔音效果，并且随钻声波测井仪整体的声阻抗比较高。因此随钻声波测井仪与电缆声波测井仪之间，两者对数据测量的影响存在非常大的差异。

[0005] 现代随钻声波测井方法主要包括单极子（monopole）测井和四极子（quadrupole）测井。当地层横波速度大于油井中钻井液波速时，该地层称为快地层，此时，单极子测井通过测量油井中接收到的滑行纵波与滑行横波的走时差，即可获得该地层的纵波速度与横波速度信息。当地层横波速度小于钻井液波速时，该地层称为慢地层，只有纵波能在慢地层的油井壁上形成滑行纵波而无法形成滑行横波，此时单极子测井仅可获得地层纵波速度。对于慢地层横波速度的测量

，需要通过四极子测井来分析四极子源产生的螺旋波（screw wave）来测量。因此，想要通过随钻测井来获得地层的纵波速度与横波速度信息，在快地层中只需要使用单极子测井，但慢地层中需要同时使用单极子测井和四极子测井。不少松软的泥岩层或压力较高的砂岩层的横波速度都小于钻井液的波速，为典型的慢地层。

[0006] 在慢地层中，传统单极子源只能用于测量纵波速度，需要另外应用四极子源产生的螺旋波才能获得地层横波速度信息。但螺旋波的波速是与波的频率相关的，不同频率的波以不同的速度传播（这种现象称为频散）。四极子源产生的螺旋波包含很多频率成分，只有当频率接近于低频截止频率时，它对应的波速才是真实的地层横波波速。因此四极子测井数据需要进行一些专门的数据处理，用于修正频散的影响，才能获得真实的地层横波速度。而螺旋波的频散特性同时还受随钻声波测井仪结构与属性的影响，因此应用四极子测井测量地层横波速度需要进行比较复杂的数据处理，这可能会导致结果的可靠性降低。因此，同时使用单极子测井和四极子测井来分析地层横波速度，操作过程和数据处理复杂导致测量精度不高且效率降低。

技术问题

[0007] 本申请的技术方案能够解决现有技术中存在的对于慢地层横波速度测量，需同时使用单极子测井和四极子测井来分析地层横波速度，操作过程与数据处理复杂，导致测量效率降低的技术问题。

问题的解决方案

技术解决方案

[0008] 为实现上述目的，本申请提供一种与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪（也可简称为“与钻具组合配合的测井仪”，即底部钻具组合简称为钻具组合，单极随钻声波测井仪简称为测井仪），底部钻具组合包括钻铤和钻头，钻铤的端部上安装钻头，钻铤上安装有单极随钻声波测井仪，单极随钻声波测井仪包括：声波接收器，声波接收器安装在钻铤上；单极子声源，单极子声源安装在钻铤上，单极子声源发出预定频率范围的声波；其中，钻铤的外直径D1与钻头的外直径D2的比值为d，则 $0.75 < d < 1$ 。

- [0009] 进一步地，声波接收器和单极子声源沿着钻铤至钻头的方向间隔安装。
- [0010] 进一步地，单极子声源所发出的声波的预定频率范围是7kHz至9kHz。
- [0011] 进一步地，单极子声源所发出的声波的预定频率范围是5kHz至10kHz。
- [0012] 进一步地，声波接收器的数量为多个，多个声波接收器沿钻铤的中心轴线方向间隔排列。
- [0013] 进一步地，单极子声源的声波激发方向与油井井壁表面的法向方向成40°至50°夹角。
- [0014] 进一步地，单极子声源的声波激发方向与油井井壁表面的法向方向成30°至60°夹角。
- [0015] 进一步地，单极子声源与钻头之间的距离大于十米。
- [0016] 进一步地，钻铤包括依次相接的多节钢制杆状件，且声波接收器与单极子声源均安装于多节钢制杆状件中的一节上。
- [0017] 进一步地，单极子声源与声波接收器之间由隔声体衔接。
- [0018] 进一步地，单极随钻声波测井仪还包括控制电路模块和数据记忆模块，控制电路模块与声波接收器、单极子声源、数据记忆模块均电连接，控制电路模块与数据记忆模块均设置在钻铤的内腔中。
- [0019] 根据本技术方案的另一方面，提供了一种测量慢地层横波速度的方法，应用前述的与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪进行钻井操作与测量操作，在进行钻井操作的过程的同时实现同步测量地层纵波速度和横波速度，其中测量操作包括以下步骤：
- [0020] 步骤S10：利用单极子声源激发声波信号；
- [0021] 步骤S20：通过声波接收器接收经过地层传播来的声波数据；
- [0022] 步骤S30：当所测量地层为快地层时，利用滑行纵波来计算地层纵波速度，利用滑行横波来计算地层横波速度；
- [0023] 步骤S40：当所测量地层为慢地层时，利用滑行纵波来计算地层纵波速度，通过直接测量地层中透过横波来计算地层横波速度。

发明的有益效果

有益效果

[0024] 利用钻头、钻铤组成的钻井工装进行油井钻井工作，同时，利用由声波接收器与单极子声源所组成的测量工装对地层纵波速度与地层横波速度进行测量，通过设计钻铤的外直径D1与所钻得油井的井口直径D2的比值d大于0.75，并同时设定单极子声源所激发的声波频率范围，这样以使声波接收器能够接收地层中的透过横波，从而利用透过横波来测量地层横波速度。如此，测量地层横波速度的操作只需应用单极子测井即可，而无需再将单极子测井与四极子测井相结合来测量地层横波速度，简化了测量地层横波速度的操作难度，从而提高了地层横波速度测量的效率和测量数据的稳定性、准确性。

对附图的简要说明

附图说明

[0025] 为了更清楚地说明本申请的实施例，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性的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0026] 图1为本申请实施例的与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪位于油井中的侧面剖视结构示意图；

[0027] 图2为本申请实施例的与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪位于油井中的俯视结构示意图；

[0028] 图3为本申请实施例的与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪中单极子声源的装配结构示意图；

[0029] 图4为本申请实施例的与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪中的单极随钻声波测井仪进行测量过程的流程框图；

[0030] 图5为本申请实施例的与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪中的单极随钻声波测井仪进行测量获得的声波测量图。

[0031] 其中，图中各附图标记：

[0032] 100、地层； 10、隔声体；

[0033] 20、钻铤； 30、钻头；

[0034] 40、声波接收器； 50、单极子声源。

发明实施例

本发明的实施方式

- [0035] 为了使本申请所要解决的技术问题、技术方案及有益效果更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本申请进行进一步详细说明。应当理解，此处所描述的具体实施例仅仅用以解释本申请，并不用于限定本申请。
- [0036] 需要说明的是，当元件被称为“固定于”或“设置于”另一个元件，它可以直接在另一个元件上或者间接在该另一个元件上。当一个元件被称为是“连接于”另一个元件，它可以是直接连接到另一个元件或间接连接至该另一个元件上。
- [0037] 需要理解的是，术语“长度”、“宽度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本申请和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本申请的限制。
- [0038] 此外，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括一个或者更多个该特征。在本申请的描述中，“多个”的含义是两个或两个以上，除非另有明确具体的限定。
- [0039] 如图1和图2所示，本实施例的与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪，其中底部钻具组合钻铤20、钻头30，钻铤20上安装了单极随钻声波测井仪，其中单极随钻声波测井仪包括声波接收器40和单极子声源50，钻头30连接在钻铤20的端部上，声波接收器40安装在钻铤20上，单极子声源50安装在钻铤20上，单极子声源50与声波接收器40间隔设置在钻铤20上，且声波接收器40和单极子声源50是沿着钻铤20至钻头30的方向安装的，并且单极子声源50发出预定频率范围的声波，其中，钻铤20的外直径D1与钻头30的外直径D2的比值为d，则 $0.75 < d < 1$ 。
- [0040] 应用本申请的与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪进行油井钻探并同时地层100的随钻测量，利用钻头30、钻铤20组成的钻井工装进行油井钻井工作（钻铤20连接在钻杆上，通过动力机构驱动钻杆以带动钻铤20、钻头30

转动)，同时，利用由声波接收器40、单极子声源50所组成的测井工装对地层纵波速度与地层横波速度进行测量，通过设计钻铤20的外直径D1与所钻得油井的井口直径（即钻头30的外直径D2）的比值 d 大于0.75（即 $0.75 < d < 1$ ，其中 $d = D1/D2$ ），并同时设定单极子声源50所激发的声波频率范围，这样以使声波接收器40能够接收地层100中的透过横波，从而利用透过横波来测量地层横波速度。如此，测量地层横波速度的操作只需应用单极子测井即可，而无需再将单极子测井与四极子测井相结合来测量地层横波速度，简化了测量地层横波速度的操作难度，从而提高了地层横波速度测量的效率和测量数据的稳定性、准确性。

[0041] 研究实验结果证明，在随钻测井过程中，当钻铤20的外直径D1与油井的直径即钻头30的外直径D2的比值 d 达到一定的比例范围，即 $0.75 < d$ ，并且相配合地设定单极子声源50所激发声波源的频率在合适的频率范围时，高声阻抗的钻铤20会使慢地层中的斯通利波与透过横波解耦，使得地层透过横波可以被声波接收器40所探测到。由于地层透过横波没有频散影响，即所有频率的透过横波都是以地层横波速度进行传播，因此，地层透过横波速度可以直接用于测量地层横波速度。

[0042] 在本实施例中，单极子声源50所发出的声波的预定频率范围是5kHz至10kHz，例如所激发的声波频率为5kHz、5.5kHz、6kHz、6.5kHz、7kHz、7.5kHz、8kHz、8.5kHz、9kHz、9.5kHz、10kHz，当然也可以设定为在该频率范围内的其他频率的声波，例如5.6kHz、7.8kHz等等，在此声波频率范围进行激发声波，能够降低油井内其他信号波的干扰。优选地，在实际进行测量的过程中，选用声波频率范围为7kHz至9kHz的声波进行激发测量。

[0043] 如图1所示，本实施例的单极随钻声波测井仪中声波接收器40的数量为多个，多个声波接收器40沿钻铤20的中心轴线方向间隔排列。如此，在钻铤20上形成由上至下的阵列式排布，当声波由单极子声源50激发出去并传播至油井地层100形成纵向、横向偏振的地层波传播之后，利用阵列式排布的声波接收器40能够提高接收到由地层100传播过来的滑行纵波、滑行横波或者地层透过横波的信噪比，从而测量获得地层纵波速度和地层横波速度。

[0044] 如图3所示，为了增加地层透过横波的强度，单极子声源50的声波激发方向与

油井井壁表面的法向方向成 30° 至 60° 夹角。单极子声源50激发出所需声波并在地层100中转化为相应的穿透波，由于声波激发角度的设置，能够使所激发的声波在地层100中转化为透过横波的波能量更高，从而增强地层透过横波的强度，使得声波接收器40能够更清晰地接收地层透过横波。优选地，将单极子声源50的声波激发方向设计成与油井井壁表面的法向方向成 40° 至 50° 夹角，更优选为 45° 。

[0045] 单极子声源50激发时会同时在钻铤上形成钻铤波，钻铤波在一定程度上将影响声波接收器40接收到的地层100有效信号，因而，为了减弱钻铤波的影响，单极随钻声波测井仪还包括隔声体10，隔声体10连接在钻铤20上，并且隔声体10位于声波接收器40与单极子声源50之间，此时，声波接收器40与单极子声源50之间通过隔声体10形成声波阻隔状态，从而减弱钻铤波对声波接收器40对地层波的接收影响。

[0046] 钻铤20是由多节具有较大重量和刚度的钢制杆状件组合形成，钻头30连接在钻铤20的端部上，单极随钻声波测井仪是组成整个钻铤组合中的一节（即单极随钻声波测井仪是安装在该钢制杆状件上的），并且单极随钻声波测井仪的单极子声源50与钻头30的距离一般为十几米或更大。

[0047] 进一步地，单极随钻声波测井仪还包括控制电路模块（未图示）和数据记忆模块（未图示），控制电路模块与声波接收器40之间、控制电路模块与单极子声源50、控制电路模块与数据记忆模块之间均电连接，控制电路模块与数据记忆模块均设置在测井仪所安装的钻铤20的内腔中。在进行随钻测井的操作过程中，钻头30进行钻进油井的操作，并同时利用控制电路模块开启单极子声源50进行激发测量声波，通过控制电路模块开启声波接收器40对由地层100传播来的滑行纵波、滑行横波或者地层透过横波进行测量，并将测量所得数据通过控制电路模块将测量所得的声波压力信号转换成电信号，然后通过控制电路模块记录到数据记忆模块中。在最后的数据处理中：对快地层，直接利用记录到的滑行纵波计算地层纵波速度，直接利用记录到的滑行横波计算地层横波速度；对慢地层，地层纵波速度仍利用所记录的滑行纵波进行计算，地层横波速度则是通过分析所记录的地层透过横波来获得。

[0048] 根据本申请的另一方面，提供了一种测量慢地层横波速度的方法。如图4所示，本实施例的测量慢地层横波速度的方法应用前述的与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪进行钻井操作与测量操作，其中该测量慢地层横波速度的方法包括以下步骤：

[0049] 步骤S10：利用单极子声源50激发声波信号，利用前述的单极随钻声波测井仪中的单极子声源50激发的声波频率设定为5kHz至10kHz，而且单极子声源50所激发声波方向与油井表面的法向方向成30°至60°夹角，并且结合其钻铤20的外直径D1与油井的孔径（即钻头30的外直径D2）的比值d为 $0.75 < d < 1$ ；

[0050] 步骤S20：通过声波接收器40接收经过地层传播来的声波数据，这样，单极子声源50所激发声波在经过地层100转换并传播后，声波接收器40接收获得地层100的滑行纵波、滑行横波或地层透过横波；

[0051] 步骤S30：在数据分析阶段，当所测量地层100为快地层时，利用滑行纵波来计算地层纵波速度，利用滑行横波来计算地层横波速度；

[0052] 步骤S40：同样是在数据分析阶段，当所测量地层100为慢地层时，利用滑行纵波来计算地层纵波速度，通过直接测量地层100中透过横波来计算地层横波速度。

[0053] 如图5所示，本申请的测量慢地层横波速度的方法利用前述所提供的单极随钻声波测井仪进行随钻测井操作，获得了其中某地层100的滑行纵波、透过横波以及斯通利波与相关计量参数（时间参数/ms、单极子声源与声波接收器之间的距离/m）的声波测量图，通过图中所得到的地层透过横波，能够方便地计算获得该地层横波速度。

[0054] 以上所述实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其限制；尽管参照前述实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质的脱离本发明各实施例技术方案的精神和范围，均应包含在本发明的保护范围之内。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪，底部钻具组合包括钻铤（20）和钻头（30），所述钻铤（20）的端部上安装钻头（30），其特征在于，所述钻铤（20）上安装有单极随钻声波测井仪，所述单极随钻声波测井仪包括：
声波接收器（40），所述声波接收器（40）安装在所述钻铤（20）上；
单极子声源（50），所述单极子声源（50）安装在所述钻铤（20）上，所述单极子声源（50）发出预定频率范围的声波；
其中，所述钻铤（20）的外直径D1与所述钻头（30）的外直径D2的比值为d，则 $0.75 < d < 1$ 。
- [权利要求 2] 如权利要求1所述的与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪，其特征在于，所述声波接收器（40）和所述单极子声源（50）沿着所述钻铤（20）至所述钻头（30）的方向间隔安装。
- [权利要求 3] 如权利要求2所述的与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪，其特征在于，所述单极子声源（50）所发出的声波的预定频率范围是7kHz至9kHz。
- [权利要求 4] 如权利要求1所述的与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪，其特征在于，所述单极子声源（50）所发出的声波的预定频率范围是5kHz至10kHz。
- [权利要求 5] 如权利要求1所述的与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪，其特征在于，所述声波接收器（40）的数量为多个，多个所述声波接收器（40）沿所述钻铤（20）的中心轴线方向间隔排列。
- [权利要求 6] 如权利要求1至5中任一项所述的与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪，其特征在于，所述单极子声源（50）的声波激发方向与油井井壁表面的法向方向成 40° 至 50° 夹角。
- [权利要求 7] 如权利要求1所述的与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪，其特征在于，所述单极子声源（50）的声波激发方向与油井井

壁表面的法向方向成 30° 至 60° 夹角。

[权利要求 8] 如权利要求7所述的与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪，其特征在于，所述单极子声源（50）与所述钻头（30）之间的距离大于十米。

[权利要求 9] 如权利要求8所述的与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪，其特征在于，所述钻铤（20）包括依次相接的多节钢制杆状件，且所述声波接收器（40）与所述单极子声源（50）均安装于多节钢制杆状件中的一节上。

[权利要求 10] 如权利要求1至5、7至9中任一项所述的与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪，其特征在于，所述单极子声源（50）与所述声波接收器（40）之间由隔声体（10）衔接。

[权利要求 11] 如权利要求10所述的与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪，其特征在于，所述单极随钻声波测井仪还包括控制电路模块和数据记忆模块，所述控制电路模块与所述声波接收器（40）、单极子声源（50）、数据记忆模块均电连接，所述控制电路模块与所述数据记忆模块均设置在所述钻铤（20）的内腔中。

[权利要求 12] 一种测量慢地层横波速度的方法，其特征在于，应用权利要求1至11中任一项所述的与底部钻具组合配合使用的单极随钻声波测井仪进行钻井操作与测量操作，在进行钻井操作的过程的同时实现同步测量地层纵波速度和横波速度，其中测量操作包括以下步骤：

步骤S10：利用单极子声源（50）激发声波信号；

步骤S20：通过声波接收器（40）接收经过地层传播来的声波数据；

步骤S30：当所测量地层为快地层时，利用滑行纵波来计算地层纵波速度，利用滑行横波来计算地层横波速度；

步骤S40：当所测量地层为慢地层时，利用滑行纵波来计算地层纵波速度，通过直接测量地层中透过横波来计算地层横波速度。

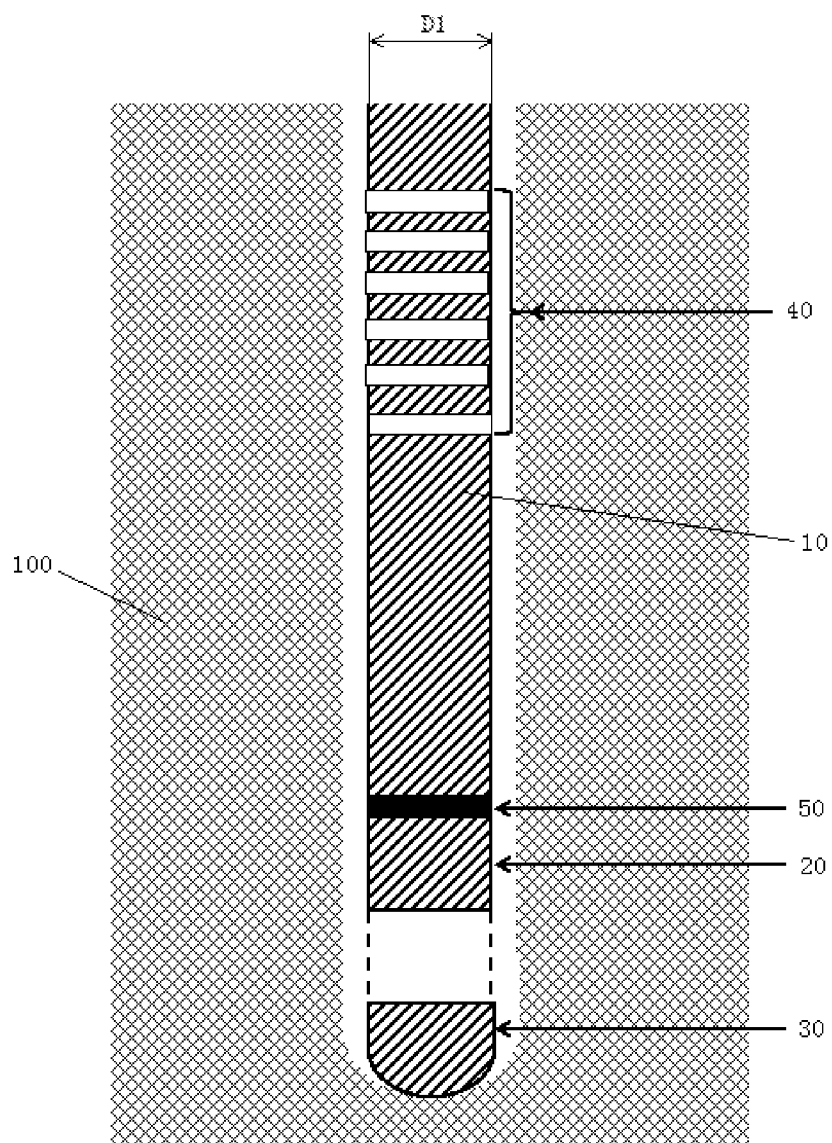


图 1

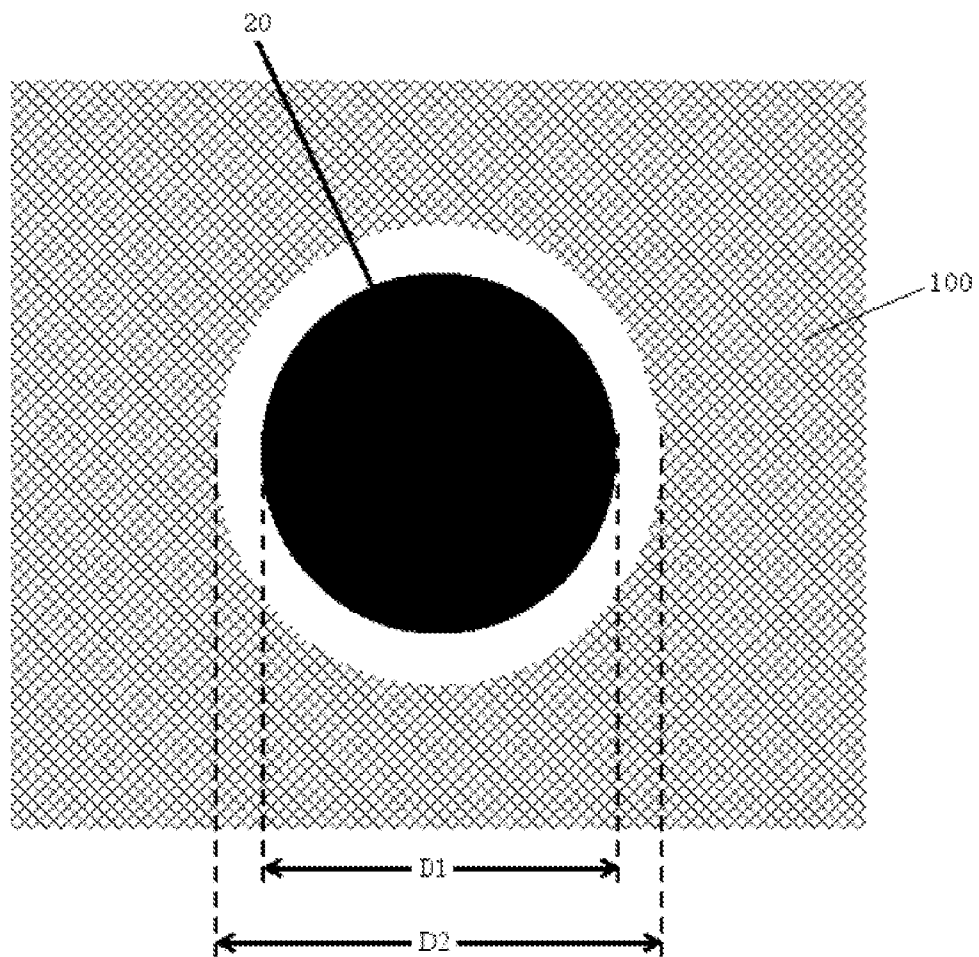


图 2

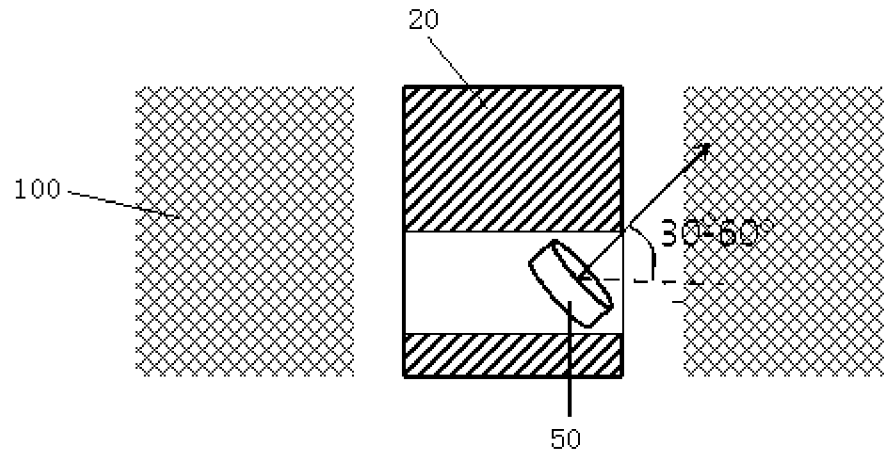


图 3

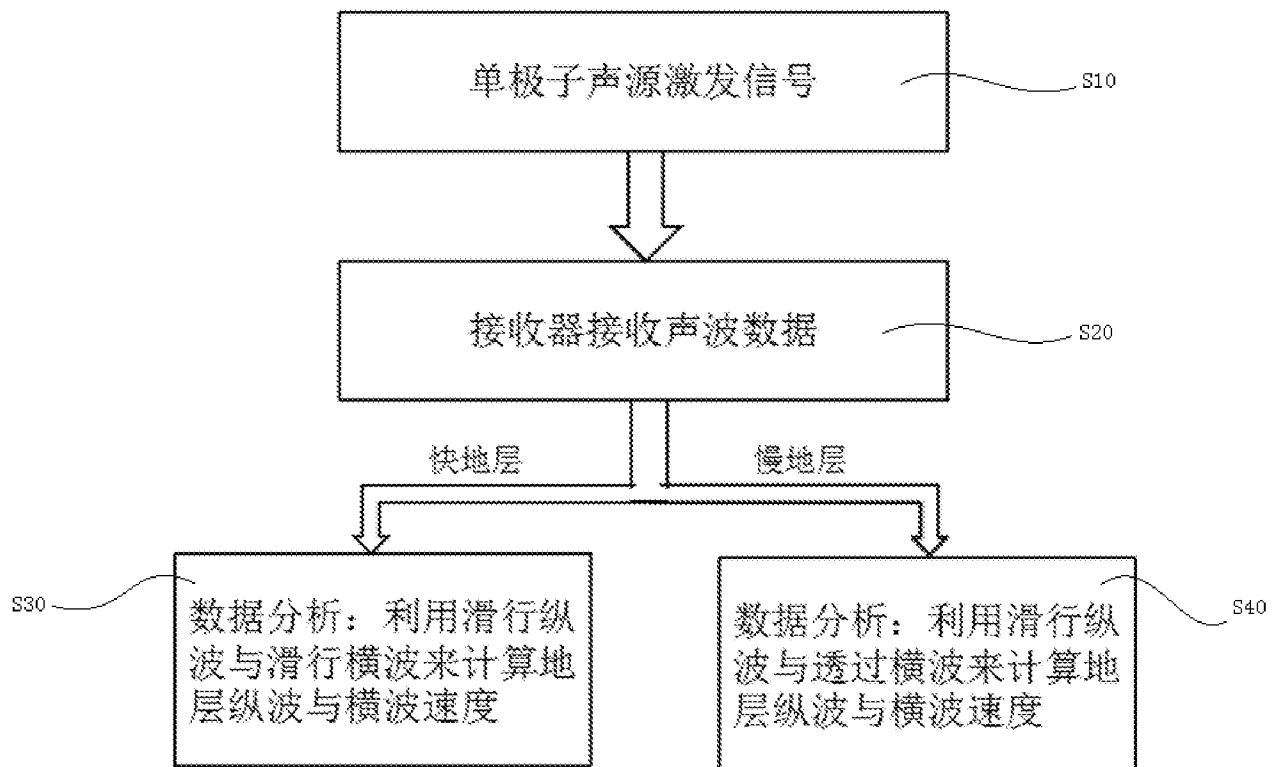


图 4

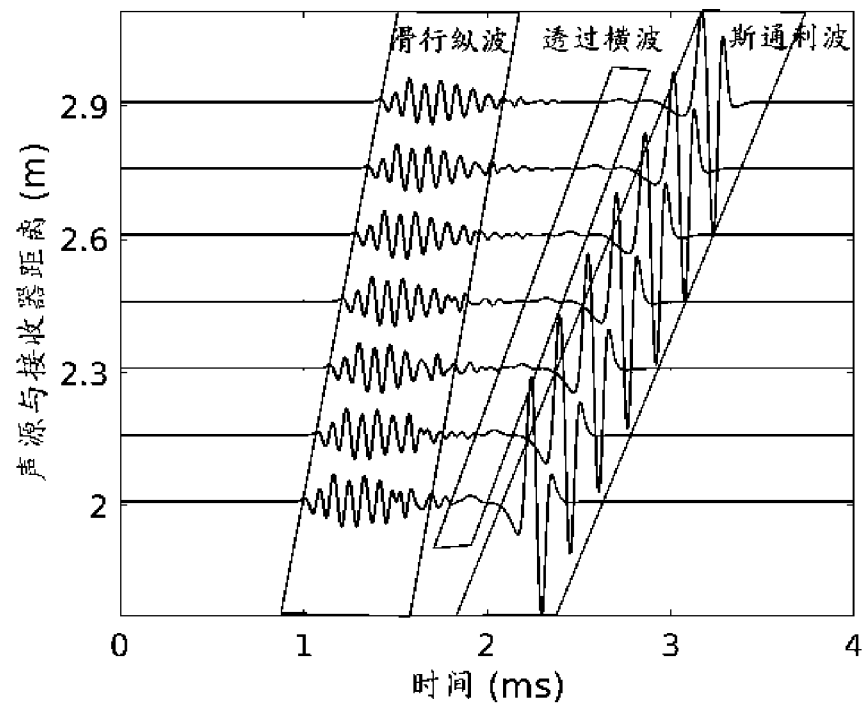


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/CN2017/105362

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E21B 49/00 (2006.01) i; E21B 47/26 (2012.01) i; G01V 1/46 (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)

E21B, 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)

CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC, 南方科技大学, 方鑫定, 钻头, 钻铤, 钻柱, 横波, 纵波, 单极, 透过, 角度, 夹角, 比例, 比值, 滑
行, drill, monopole, wave, angle, shear, compressional, transverse, ratio, proportion

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 107165623 A (SOUTH UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA) 15 September 2017 (15.09.2017), entire document	1-12
A	杨玉峰等. 随钻声波测井 FDTD 模拟及钻铤波传播特性研究. 地球物理学报. 31 January 2016 (31.01.2016), 59(1), ISSN: 0001-5733, p. 370, column 1 to p. 372, column 1. (YANG, Yufeng et al. FDTD simulation and analysis of the collar wave propagation in acoustic logging while drilling. Chinese Journal of Geophysics.)	1-12
A	CN 103147747 A (CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM) 12 June 2013 (12.06.2013), entire document	1-12
A	CN 102162358 A (INSTITUTE OF ACOUSTICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 24 August 2011 (24.08.2011), entire document	1-12

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	"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
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	"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
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date	"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
"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)	"&" document member of the same patent family
"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	

Date of the actual completion of the international search 26 February 2018	Date of mailing of the international search report 07 March 2018
Name and mailing address of the ISA State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No. (86-10) 62019451	Authorized officer WANG, Ru Telephone No. (86-10) 53961062

INTERNATIONAL SEARCH REPORTInternational application No.
PCT/CN2017/105362

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 102720484 A (CHINA NATIONAL OFFSHORE OIL CORPORATION et al.) 10 October 2012 (10.10.2012), entire document	1-12
A	CN 101285381 A (CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM et al.) 15 October 2008 (15.10.2008), entire document	1-12
A	US 2016130936 A1 (BAKER HUGHES INCORPORATED) 12 May 2016 (12.05.2016), entire document	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2017/105362

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 107165623 A	15 September 2017	None	
CN 103147747 A	12 June 2013	CN 103147747 B	03 December 2014
CN 102162358 A	24 August 2011	CN 102162358 B	18 September 2013
CN 102720484 A	10 October 2012	CN 102720484 B	26 August 2015
CN 101285381 A	15 October 2008	CN 101285381 B	15 June 2011
US 2016130936 A1	12 May 2016	US 9534492 B2	03 January 2017

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2017/105362

A. 主题的分类 E21B 49/00(2006.01)i; E21B 47/26(2012.01)i; G01V 1/46(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) E21B, 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)) CNKI, CNPAT, WPI, EPODOC, 南方科技大学, 方鑫定, 钻头, 钻铤, 钻柱, 横波, 纵波, 单极, 透过, 角度, 夹角, 比例, 比值, 滑行, drill, monopole, wave, angle, shear, compressional, transverse, ratio, proportion																										
C. 相关文件 <table border="1"> <thead> <tr> <th>类 型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>PX</td> <td>CN 107165623 A (南方科技大学) 2017年 9月 15日 (2017 - 09 - 15) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>杨玉峰等. “随钻声波测井FDTD模拟及钻铤波传播特性研究” 地球物理学报, 第59卷, 第1期, 2016年 1月 31日 (2016 - 01 - 31), ISSN: 0001-5733, 第370页第1栏至第372页第1栏</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103147747 A (中国石油大学华东) 2013年 6月 12日 (2013 - 06 - 12) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102162358 A (中国科学院声学研究所) 2011年 8月 24日 (2011 - 08 - 24) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 102720484 A (中国海洋石油总公司等) 2012年 10月 10日 (2012 - 10 - 10) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 101285381 A (中国石油大学华东等) 2008年 10月 15日 (2008 - 10 - 15) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2016130936 A1 (BAKER HUGHES INC.) 2016年 5月 12日 (2016 - 05 - 12) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> </tbody> </table>			类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求	PX	CN 107165623 A (南方科技大学) 2017年 9月 15日 (2017 - 09 - 15) 全文	1-12	A	杨玉峰等. “随钻声波测井FDTD模拟及钻铤波传播特性研究” 地球物理学报, 第59卷, 第1期, 2016年 1月 31日 (2016 - 01 - 31), ISSN: 0001-5733, 第370页第1栏至第372页第1栏	1-12	A	CN 103147747 A (中国石油大学华东) 2013年 6月 12日 (2013 - 06 - 12) 全文	1-12	A	CN 102162358 A (中国科学院声学研究所) 2011年 8月 24日 (2011 - 08 - 24) 全文	1-12	A	CN 102720484 A (中国海洋石油总公司等) 2012年 10月 10日 (2012 - 10 - 10) 全文	1-12	A	CN 101285381 A (中国石油大学华东等) 2008年 10月 15日 (2008 - 10 - 15) 全文	1-12	A	US 2016130936 A1 (BAKER HUGHES INC.) 2016年 5月 12日 (2016 - 05 - 12) 全文	1-12
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求																								
PX	CN 107165623 A (南方科技大学) 2017年 9月 15日 (2017 - 09 - 15) 全文	1-12																								
A	杨玉峰等. “随钻声波测井FDTD模拟及钻铤波传播特性研究” 地球物理学报, 第59卷, 第1期, 2016年 1月 31日 (2016 - 01 - 31), ISSN: 0001-5733, 第370页第1栏至第372页第1栏	1-12																								
A	CN 103147747 A (中国石油大学华东) 2013年 6月 12日 (2013 - 06 - 12) 全文	1-12																								
A	CN 102162358 A (中国科学院声学研究所) 2011年 8月 24日 (2011 - 08 - 24) 全文	1-12																								
A	CN 102720484 A (中国海洋石油总公司等) 2012年 10月 10日 (2012 - 10 - 10) 全文	1-12																								
A	CN 101285381 A (中国石油大学华东等) 2008年 10月 15日 (2008 - 10 - 15) 全文	1-12																								
A	US 2016130936 A1 (BAKER HUGHES INC.) 2016年 5月 12日 (2016 - 05 - 12) 全文	1-12																								
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。																										
<table border="0"> <tr> <td style="vertical-align: top;"> * 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 “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 </td> <td style="vertical-align: top;"> “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 </td> </tr> </table>			* 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 “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																						
* 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 “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 2018年 2月 26日		国际检索报告邮寄日期 2018年 3月 7日																								
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 王茹 电话号码 (86-10)010-53961062																								

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2017/105362

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	107165623	A	2017年 9月 15日	无	
CN	103147747	A	2013年 6月 12日	CN 103147747	B 2014年 12月 3日
CN	102162358	A	2011年 8月 24日	CN 102162358	B 2013年 9月 18日
CN	102720484	A	2012年 10月 10日	CN 102720484	B 2015年 8月 26日
CN	101285381	A	2008年 10月 15日	CN 101285381	B 2011年 6月 15日
US	2016130936	A1	2016年 5月 12日	US 9534492	B2 2017年 1月 3日