

(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
2023 年 4 月 6 日 (06.04.2023)



(10) 国际公布号
WO 2023/051610 A1

- (51) 国际专利分类号:
E21B 47/20 (2012.01) *H02K 7/18* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2022/122145
- (22) 国际申请日: 2022 年 9 月 28 日 (28.09.2022)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
202111158736.8 2021年9月30日 (30.09.2021) CN
- (71) 申请人: 中国石油化工股份有限公司 (CHINA PETROLEUM & CHEMICAL CORPORATION) [CN/CN]; 中国北京市朝阳区朝阳门北大街22号, Beijing 100728 (CN)。中石化石油工程技术服务有限公司 (SINOPEC PETROLEUM ENGINEERING TECHNOLOGY SERVICE CO., LTD) [CN/CN]; 中国北京市朝阳区惠新东街甲六号第十二层, Beijing 100029 (CN)。中石化经纬有限公司 (SINOPEC MATRIX CORPORATION) [CN/CN]; 中国山东省青岛市市南区台湾路4号,

Shandong 266071 (CN)。中石化经纬有限公司地质测控技术研究院 (GEOSTEERING & LOGGING RESEARCH INSTITUTE, SINOPEC MATRIX CORPORATION) [CN/CN]; 中国山东省青岛市市南区台湾路4号9号楼, Shandong 266071 (CN)。

- (72) 发明人: 吴柏志 (WU, Baizhi); 中国山东省青岛市市南区台湾路4号9号楼, Shandong 266071 (CN)。陈威 (CHEN, Wei); 中国山东省青岛市市南区台湾路4号9号楼, Shandong 266071 (CN)。马清明 (MA, Qingming); 中国山东省青岛市市南区台湾路4号9号楼, Shandong 266071 (CN)。杨宁宁 (YANG, Ningning); 中国山东省青岛市市南区台湾路4号9号楼, Shandong 266071 (CN)。侯树刚 (HOU, Shugang); 中国山东省青岛市市南区台湾路4号9号楼, Shandong 266071 (CN)。肖红兵 (XIAO, Hongbing); 中国山东省青岛市市南区台湾路4号9号楼, Shandong 266071 (CN)。李闪 (LI, Shan); 中国山东省青岛市市南区台湾路4号9号楼, Shandong 266071 (CN)。刘庆龙 (LIU, Qinglong); 中国山东省青岛市市南区台湾

(54) Title: MUD PULSE GENERATION SYSTEM BASED ON TWO-WAY COMMUNICATION

(54) 发明名称: 一种基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统

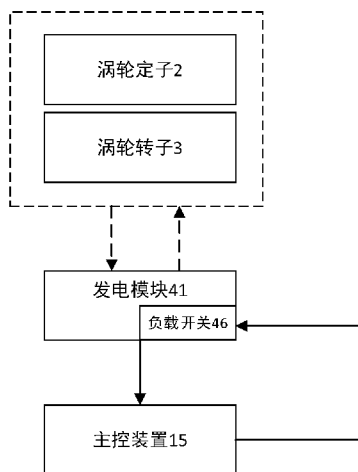


图 2

- 2 Turbine stator
3 Turbine rotor
15 Master control apparatus
41 Power generation module
46 Load switch

(57) Abstract: A mud pulse generation system based on two-way communication. The system comprises: a turbine stator (2), which comprises at least two stator openings (35) that have preset opening angles; a turbine rotor (3), wherein at least one wide blade (37) and at least one narrow blade (38) are formed on a side wall of the turbine rotor at intervals by means of several openings; a power generation module (41), which is driven by the rotation of the turbine rotor (3) to generate power; and a master control apparatus (15), which is used for controlling, on the basis of uplink information and by means of controlling a dynamic load switch (46) of the power generation module (41), the relative time of the wide blade (37) or the narrow blade (38) passing through the stator openings (35), generating, at the stator openings (35), uplink pulse signals that have variable time intervals, and monitoring a three-phase alternating voltage signal that is output by the power generation module (41) and performing decoding, so as to obtain downlink information. The frequency of occurrence of a pressure fluctuation pulse generated by the system is relatively high, and no external power supply is required while the generation of a mud pulse can be realized, and power can be supplied externally.

路4号9号楼, Shandong 266071 (CN)。 刘文庭 (LIU, Wenting); 中国山东省青岛市市南区台湾路4号9号楼, Shandong 266071 (CN)。

(74) 代理人: 北京聿华联合知识产权代理有限公司 (YUHUA UNITED INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 中国北京市朝阳区东三环南路19号联合国大厦甲段1310室刘华联, Beijing 100021 (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, 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, 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, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, 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, 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)。

根据细则4.17的声明:

— 发明人资格(细则4.17(iv))

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统, 包括: 涡轮定子(2), 其包括至少两个具有预设开口角度的定子开口(35); 涡轮转子(3), 其侧壁通过若干个开口间隔形成至少一个宽叶片(37)和至少一个窄叶片(38); 发电模块(41), 其用于在涡轮转子(3)的旋转下驱动发电; 主控装置(15), 其用于基于上传信息, 通过控制发电模块(41)的动态负载开关(46)而控制宽叶片(37)或窄叶片(38)通过定子开口(35)的相对时间, 在定子开口(35)处产生具有可变时间间隔的上行脉冲信号, 以及监测发电模块(41)输出的三相交流电压信号并解码得到下行信息。该系统所产生的压力波动脉冲出现的频率较高, 并能在实现发生泥浆脉冲的同时, 不需要外部供电, 且可向外供电。

一种基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统

技术领域

本发明涉及石油钻井工程随钻测量技术领域，尤其是涉及一种基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统。

背景技术

随着随钻测井和地质导向等钻井技术的发展，随钻测量的井下参数越来越多，对测量的实时性要求越来越高，开关阀式负脉冲和正脉冲因传输速率低无法满足大量地质参数的传输，应用受到限制，连续波脉冲传输方式传输速率高，抗干扰能力强，可能成为使用最为广泛、发展潜力极大的数据传输方式。

现有的连续波泥浆脉冲信号发生器有旋转阀式和剪切阀式两种，其工作原理主要是在转子的上方或下方安装定子，转子在电机单独驱动或电机与泥浆共同作用下旋转，形成定、转子过流面积周期性变化，从而使钻柱内的压力发生连续正压力脉冲，经控制系统编码后转子受控旋转形成一系列的周期性正压力脉冲信号，并传递给地面接收装置，其数据传输速度快，可以达到 5-40bit。另外，常规开关阀式脉冲器虽然具有功耗小的优势，但需要使用电池供电；而且，高速率的连续波脉冲器因驱动转子克服液动力和摩擦扭矩高速旋转或剪切振荡，需要的功率较大，通常配置专用的泥浆发电机供电。

发明内容

为了解决上述技术问题，本发明提供了一种基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统，包括：涡轮定子，其包括至少两个具有预设开口角度的定子开口；涡轮转子，所述涡轮转子的侧壁通过若干个开口间隔形成至少一个宽叶片和至少一个窄叶片；发电模块，其用于为在所述涡轮转子的旋转下驱动发电；所述主控装置，其用于基于上行信息，通过控制所述发电模块的动态负载开关而控制所述宽叶片或所述窄叶片通过所述定子开口的相对时间，在所述定子开口处产生具有可变时间间隔的上行脉冲信号，以及监测所述发电模块输出的三相交流电压信号并解码得到下行信息。

优选地，所述预设开口角度满足定子开口角度条件，其中，所述定子开口角度条件为平角角度与所述预设开口角度的比值为整数且该比值大于或等于 2。

优选地，所述涡轮定子的轴向高度利用如下表达式来确定：

$$H1 \leq \frac{\pi D1 \tan B}{2}$$

其中，H1 表示所述涡轮定子的轴向高度，D1 表示所述涡轮定子的最大外圆直径，B 表示所述涡轮定子的螺旋角度；所述涡轮转子的轴向高度与所述涡轮定子的轴向高度相同。

优选地，所述宽叶片对应的圆心角度与所述预设开口角度相同，或者所述宽叶片对应的圆心角度小于且接近于所述预设开口角度。

优选地，所述窄叶片对应的圆心角度按照如下表达式来确定：

$$D2 \leq \frac{180 - E}{\frac{n}{2} + 1}$$

其中，D2 表示所述窄叶片对应的圆心角度，E 表示所述宽叶片对应的圆心角度， n 表示在所述涡轮转子的截面的半圆范围内至少设置一个窄叶片时当前转子所具有的窄叶片的总个数。

优选地，所述发电模块采用多极对数的低转速发电设备，其中，所述发电模块的极对数为圆周角度与所述预设开口角度的比值的 2 倍。

优选地，所述主控装置包括：脉冲控制模块，其用于根据对所述发电模块的输出电压的状态监测结果和当前需要向地面传输的上行信息来选择不同的时间间隔编码策略，从而生成所述上行脉冲信号。

优选地，所述脉冲控制模块，其用于对所述发电模块所输出的三相交流电压的各相信号的波形连续变化状态进行监测，在检测信号状态为第一状态时，控制所述动态负载开关处于断开状态，其中，第一状态的波形是由多个整波时间周期为 $t1$ 的第一波形和整波时间周期为 $t2$ 的第二波形组合而成，所述第一波形为由所述窄叶片通过所述定子开口时而形成，所述第二波形和所述上行脉冲信号中的脉冲为由所述宽叶片通过所述定子开口时而形成。

优选地，所述脉冲控制模块，其还用于识别从井下测控系统处获得的所述上行信息，并根据所述上行信息确定相应时间间隔编码策略组合，而后按照所述时间间隔编码策略组合中指示的各状态元素对应的动态负载开关通断控制方式，使得在涡轮定子处形成所述具有可变时间间隔的上行脉冲信号，从而实现上行信息向地面的传输，其中，所述时间间

隔编码策略组合由不同类型的状态元素按照基于所述上行信息生成的指定状态顺序排列而成，所述状态元素包括第一状态和不同类型的第一状态改动状态，所述第一状态改动状态是在由所述脉冲控制模块将所述第一状态波形中出现的一个或多个所述第一波形的位置通过对动态负载进行开通控制而替代时所形成的三相交流电压信号的状态。

优选地，所述主控装置还包括：解码模块，其用于对所述三相交流电压信号的电压幅值变化特征进行监测，在检测出该电压信号含有下行信息时，对当前三相交流电压信号进行解算并生成相应的下行信息，从而将所述下行信息转发至井下测控系统。

优选地，所述主控装置还包括：整流模块，其与所述发电模块的三相交流输出端连接，用于获取所述发电模块输出的三相交流电压并对其进行整流处理，以为所述发电模块的可控负载供电；直流电压转换模块，其与所述整流模块的输出端连接，用于将整流后的输出电压信号进行直流电压转换处理，生成不同直流电压等级的电源信号，以为井下测控系统和所述主控装置内的解码模块及所述脉冲控制模块供电。

优选地，所述三相交流电压信号的幅度变化通过泥浆排量变化控制来实现。

与现有技术相比，上述方案中的一个或多个实施例可以具有如下优点或有益效果：

本发明公开了一种基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统。该系统采用多极对数的低转速发电机模块，并由具有特定扇形开口的定和带有等距分布的两种截面形状的直叶片的涡轮转子驱动发电，由控制电路对发电机输出信号进行整流，可以向外部系统供电，同时通过对负载的通断控制，动态调整发电机负载，根据上行信息与特定编码时间规则的对应关系网络，形成发电机负载的特定变化规律，使得涡轮转子在旋转一周过程中，两种截面形式的转子叶片通过涡轮定子开口，产生基于相邻有效脉冲间隔可变的压力脉冲泥浆信号，由于受发电机负载影响使得有效压力脉冲出现的时机与特定编码规则对应，最终形成地面可以接收并解码的压力脉冲序列。另外，受地面系统控制下的排量变化的影响，涡轮转子的转速发生变化，从而使发电机电压输出产生变化，通过地面按照设定的规则对排量进行控制，产生特定排量变化，控制电路检测发电机电压的变化，根据设定的规则解算数据。本发明所产生的压力波动脉冲出现的频率由本发明中的定子、转子以及发电模块特性共同决定，能够产生远高于传统开关阀式脉冲器脉冲速率，甚至接近或超过连续波脉冲器。并且在实现发生泥浆脉冲的同时，不需要外部供电，且可向外供电。

本发明的其它特征和优点将在随后的说明书中阐述，并且，部分地从说明书中变得显而易见，或者通过实施本发明而了解。本发明的目的和其他优点可通过在说明书、权

利要求书以及附图中所特别指出的结构来实现和获得。

附图说明

附图用来提供对本发明的进一步理解，并且构成说明书的一部分，与本发明的实施例共同用于解释本发明，并不构成对本发明的限制。在附图中：

图 1 是本申请实施例的基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统的应用环境结构示意图。

图 2 是本申请实施例的基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统的整体结构示意图。

图 3 是本申请实施例的基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统中的涡轮定子的主视图。

图 4 是本申请实施例的基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统中的涡轮定子的俯视图。

图 5 是本申请实施例的基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统中的涡轮定子的轴向剖面图。

图 6 是本申请实施例的基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统中的涡轮转子的主视图。

图 7 是本申请实施例的基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统中的涡轮定子的俯视图。

图 8 是本申请实施例的基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统中的主控装置的结构示意图。

图 9 是本申请实施例的基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统中的脉冲控制模块的编码原理示意图。

具体实施方式

以下将结合附图及实施例来详细说明本发明的实施方式，借此对本发明如何应用技术手段来解决技术问题，并达成技术效果的实现过程能充分理解并据以实施。需要说明的是，只要不构成冲突，本发明中的各个实施例以及各实施例中的各个特征可以相互结合，所形成的技术方案均在本发明的保护范围之内。

另外，附图的流程图示出的步骤可以在诸如一组计算机可执行指令的计算机系统中执行。并且，虽然在流程图中示出了逻辑顺序，但是在某些情况下，可以以不同于此处的顺序执行所示出或描述的步骤。

随着随钻测井和地质导向等钻井技术的发展，随钻测量的井下参数越来越多，对测

量的实时性要求越来越高，开关阀式负脉冲和正脉冲因传输速率低无法满足大量地质参数的传输，应用受到限制，连续波脉冲传输方式传输速率高，抗干扰能力强，可能成为使用最为广泛、发展潜力极大的数据传输方式。

现有的连续波泥浆脉冲信号发生器有旋转阀式和剪切阀式两种，其工作原理主要是在转子的上方或下方安装定子，转子在电机单独驱动或电机与泥浆共同作用下旋转，形成定、转子过流面积周期性变化，从而使钻柱内的压力发生连续正压力脉冲，经控制系统编码后转子受控旋转形成一系列的周期性正压力脉冲信号，并传递给地面接收装置，其数据传输速度快，可以达到 5-40bit。另外，常规开关阀式脉冲器虽然具有功耗小的优势，但需要使用电池供电；而且，高速率的连续波脉冲器因驱动转子克服液动力和摩擦扭矩高速旋转或剪切振荡，需要的功率较大，通常配置专用的泥浆发电机供电。

为了改善现有脉冲发生系统的特性，本发明提供了一种基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统。该系统包括：包含有至少两个具有预设开口角度的定子开口的涡轮定子；位于涡轮定子下方的涡轮转子，其中，涡轮转子的侧壁通过若干个开口间隔形成至少一个宽叶片和至少一个窄叶片；用于为在涡轮转子的连续旋转下驱动发电并产生与下行脉冲信号对应的泥浆排量信号的发电模块，同时，该发电模块为控制装置和井下测控系统供电；和，主控装置，所述主控模块用于基于需上传至地面的信息，通过控制发电模块的动态负载开关来控制宽叶片或窄叶片通过定子开口的相对位置，由定子开口产生具有可变时间间隔的上行脉冲信号，以及获取上述泥浆排量信号并进行解码，以使得井下测控系统通过对下行脉冲信号的解析而获得地面向井下传输的信息。

这样，本发明能够在实现发生泥浆脉冲的同时，不需要外部供电，且可向外供电；而且，能够根据上行信息的内容，通过对动态负载的通断状态的出现时机的控制，形成基于发电机负载变化状态下的多种编码规则，继而通过与上行信息内容对应的编码规则组合，将含有上行信息特征在内的上行脉冲信号传输至地面，以形成地面可以接收并解码的压力脉冲序列。

图 1 是本申请实施例的基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统的应用环境整体结构示意图。图 2 是本申请实施例的基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统的整体结构示意图。如图 2 所示，本发明所述的泥浆脉冲发生系统，包括：涡轮定子 2、涡轮转子 3、发电模块 41 和主控装置 15。其中，发电模块 41 包括发电模块转子 7、发电模块定子 26 及其他附属结构，发电模块 41 能够向外输出三相交流电压信号。

涡轮定子 2 包括至少两个具有预设开口角度的定子开口 35。涡轮转子 3 位于涡轮定

子2的下方。其中，涡轮转子3的侧壁通过若干个开口间隔形成至少一个宽叶片37和至少一个窄叶片38。由于发电模块41会在泥浆的带动下连续旋转完成发电，并通过地面系统对泥浆排量的实时控制使得在发电模块41的泥浆通道出口处生成相应的泥浆排量信号。因而，本发明实施例所述的发电模块41会用于为在涡轮转子3的连续旋转下驱动发电，并产生与下行脉冲信号对应的泥浆排量信号。同时，发电模块41还用于为主控装置15和井下测控系统45供电。

进一步，主控装置15用于基于井下测控系统45所需上传至地面的（第一类）信息（包括需要传输至地面的各类测量数据、指令等信息），通过控制发电模块41的动态负载开关46而控制宽叶片37或窄叶片38通过定子开口35的相对时间变化，从而在定子开口35处产生具有可变时间间隔特征的上行脉冲信号。另外，主控装置15还用于获取发电模块41输出的三相交流电压信号并对该电压信号进行解码，从而得到下行信息，以使得井下测控系统45通过对解码后获得地面向井下传输的（第二类）信息（包括需要向井下传输的各类指令、参数数据等信息）。

这样，本方明实施例所述的泥浆脉冲发生系统，一方面能够发生较高频率的可变时间间隔的正压力上行脉冲信号，还能够获得由地面发出的下行信息，实现双向通讯，同时为其他井下系统供电。

在泥浆脉冲发生系统的安装环境中，包括流筒19。泥浆脉冲发生系统的外部安装流筒19，流通19的下部安装支撑环17，其中，支撑环17轴向装配于悬挂短节1内孔。具体地，涡轮定子2与流筒19固定连接，涡轮定子2的轴向限位部分与支撑环17结合，形成整个系统的外部支持，在泥浆脉冲发生系统装配完成后，整体安装于悬挂短节1的内孔内。

涡轮转子3通过过渡件4与发电机转子7固定连接。主控装置15通过堵头13与发电模块定子26连接。涡轮定子2包括至少2个定子开口35，涡轮转子3包括至少1个宽叶片37和至少1个窄叶片38。过渡件4上设有圆周方向布置的至少一个径向孔5。发电模块转子7内部安装有永磁体8和磁铁护套9。永磁体8的前端安装有径向及止推轴承31，下端安装有径向轴承11。发电模块定子26外部安装有护套10，内部为芯轴27，永磁体8的上端为滑套29和锁紧环6，永磁体8的下端为堵头13。锁紧环6上安装有止推环33；滑套29上安装有内径向及止推轴承30；堵头13的上部的外侧安装有内径向轴承12，堵头13的内部安装有3个密封插针32。

主控装置15的外部配置有抗压筒14，抗压筒14的上部通过螺纹与堵头13连接，由

密封圈 20 进行密封以保证抗压筒 14 与堵头 13 的密封。另外，堵头 13 与抗压筒 14 之间还设有摩擦环 21，以降低螺纹上扣扭。抗压筒 14 的下部安装有输出堵头 16 和外筒 18，外筒 18 穿过支持环 17 的内孔，并与需要挂接本泥浆发生系统的其他井下设备（其他井下测控系统）45 连接，输出堵头 16 的内部可安装用于承压的接插件，以通过电缆与其他井下设备实现数据传输和电力连接。

涡轮定子 2 轴向安装在涡轮转子 3 的前端，形成对流入涡轮转子 3 的流体导向和流体截面。涡轮转子 3 与过渡件 4 可以固连，也可以一体加工成型，过渡件 4 与发电模块转子 7 通过螺纹连接。发电模块转子 7 的内部安装有永磁体 8 和磁铁护套 9，永磁体 8 为多块永磁体阵列，以形成多磁极阵列，与涡轮转子 3 同步旋转，形成磁场变化。磁铁护套 9 必须为无磁材料制成，有较高的耐腐蚀性和耐磨性，且具备一定的结构强度，实现对永磁体 8 的结构支撑和保护。发电模块转子 7 的前端安装有径向及止推轴承 31，发电模块转子 7 的下端安装有径向轴承 11，轴承 31 和轴承 11 均为滑动轴承。过渡件 4 的侧壁沿轴向方向布置有多个径向孔 5，形成泥浆通道，向内部间隙输送泥浆，润滑轴承系，并为发电模块定子 26 降温。

堵头 13 与芯轴 27 通过螺纹连接，并设有 2 处密封 24。发电模块定子 26 轴向安装在芯轴 27 上，发电模块定子 26 的上部安装滑套 29，滑套 29 的内孔与芯轴 27 配合。锁紧环 6 通过螺纹与芯轴 27 连接，并沿轴向方向将滑套 29 和发电模块定子 26 压紧。

发电模块定子 26 的外部安装有护套 10，护套 10 必须为非金属材料，以避免在交变磁场中产生涡流。发电模块定子 26 的三相交流电压信号的三相输出线，经过安装在堵头 13 上沿圆周方向均匀分布的 3 个密封插针 32 来连接到主控装置 15 上。

进一步，在由滑套 29、发电模块定子 26、护套 10、密封圈 23 以及堵头 13 所形成的密封内部空腔中，填充有支撑及密封材料 25、28，密封材料 25、28 为同一种材料，一次灌封并固化成型，共同填充前述空腔，从而实现在井下泥浆环境中对发电模块定子 26 的密封及支撑保护。

另外，锁紧环 6 上安装有止推环 33，滑套 29 上安装有内径向及止推轴承 30，径向及止推轴承 30 与径向及止推轴承 31 共同形成轴承副，实现为发电模块转子 7 的上端提供径向支撑，以及轴向限位。此外，堵头 13 上安装有内径向轴承 12，在堵头 13 与内径向轴承 12 之间安装有容差环 22，以保障内径向轴承 12 在堵头 13 上的安装精度，内径向轴承 12 与径向轴承 11 形成径向滑动轴承副，从而实现为发电模块转子 7 的下端提供径向支

撑。

图 3 是本申请实施例的基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统中的涡轮定子的主视图。图 4 是本申请实施例的基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统中的涡轮定子的俯视图。图 5 是本申请实施例的基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统中的涡轮定子的轴向剖面图。

如图 4 所示，涡轮定子 2 包括至少两个具有预设开口角度的定子开口 35。在涡轮定子 2 的侧壁上设置有至少两处呈扇形的开口凹槽。在本发明实施例中，定子轴向高度 34（参考图 3）、定子开口 35 的（预设）开口角度 A（参考图 4）、以及定子螺旋 36 的角度 B（参考图 5）均为涡轮定子 2 的关键参数。由此，通过对关于涡轮定子 2 的关键结构参数的配置来对涡轮定子 2 的结构进行设置。

在对开口 35 对应的预设开口角度进行设置时，需要令每个开口角度均满足定子开口角度条件。在本发明实施例中，定子开口角度条件是：平角角度与预设开口角度的比值为整数且该比值大于或等于 2。也就是说，定子开口角度 A 应满足 $180/A$ 为整数且大于等于 2。进一步，A 值越大，在涡轮定子 2 处所产生的压力波动脉冲（上行脉冲信号）的幅值就越高。例如，若 $180/A=4$ ，上行脉冲信号所对应的脉冲时间宽度与非脉冲时间宽度之间的占比为 1:3。

在本发明实施例中，涡轮定子 2 的轴向高度 34 和涡轮定子 2 的螺旋角度 36 共同决定了涡轮转子 3 的旋转速度和输出功率，同时，涡轮定子 2 的轴向高度（H1 值）的尺寸也决定了泥浆流经涡轮部分后产生的压力损耗及能量转换效率。涡轮定子 2 的螺旋角度（B 值）的尺寸决定了从涡轮定子 2 流出的泥浆冲击涡轮转子 3 的叶片时所对应的角度。其中，涡轮定子 2 的轴向高度与螺旋角度应满足如下表达式关系：

$$H1 \leq \frac{\pi D1 \tan B}{2} \quad (1)$$

其中，H1 表示涡轮定子 2 的轴向高度，D1 表示涡轮定子 2 的最大外圆直径，B 表示涡轮定子 2 的螺旋角度。

图 6 是本申请实施例的基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统中的涡轮转子的主视图。图 7 是本申请实施例的基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统中的涡轮转子的俯视图。

在本发明实施例中，涡轮转子 3 的轴向高度 39（参考图 6）所对应尺寸值 H2 原则上应与涡轮定子 2 的轴向高度 H1 相同。

参考图 7，涡轮转子 3 的侧壁上设置有若干个扇形凹槽。每个扇形凹槽均贯穿于转子

3 的轴向方向而设置，并且各个扇形凹槽之间形成截面为扇形的叶片。其中，叶片包括至少一个宽叶片 37 和至少一个窄叶片。在本发明实施例中，每个宽叶片 37 对应的圆心角度 E 应与预设开口角度 A 相同，或者每个宽叶片 37 对应的圆心角度 E 小于且接近于预设开口角度 A（即略小于预设开口角度 A）。每个窄叶片 38 对应的圆心角度 D2 按照如下表达式来确定：

$$D2 \leq \frac{180 - E}{\frac{n}{2} + 1} \quad (2)$$

其中，D2 表示窄叶片 38 对应的圆心角度，E 表示宽叶片 37 对应的圆心角度，n 表示在涡轮转子 2 的截面的半圆范围内至少设置一个窄叶片 38 时当前涡轮转子 2 所具有的窄叶片 2 的总个数。

需要说明的是，本发明实施例对窄叶片 38 的配置数量不作具体限定但其角度亦应满足上述表达式（2）。另外，窄叶片 38 和宽叶片 37 均为扇形结构，沿轴向布置。例如：如图 6 所示，在涡轮转子 3 中若相对的设置 2 个宽叶片 37，其角度 E 与涡轮定子开口角度 A 相同或略小；若设置 4 个窄叶片 38，其角度 $D \leq (180 - E) / 3$ 。

进一步，在本发明实施例中，发电模块 41 在发电时所产生的三相交流电压信号的幅度变化是由地面系统通过泥浆排量变化的实时控制来实现。在实际应用过程中，由地面系统会根据下行信息调整相对应的泥浆排量实时值，涡轮转子 3 在钻井泥浆的冲击下，以与泥浆排量实时值呈正比的速度而旋转，钻井泥浆经涡轮定子 2 和涡轮转子 3 进入脉冲器内部，通过有规律地改变涡轮定子 2 与涡轮转子 3 之间的流通面积，就可以在涡轮转子 3 后端（靠近井下的端面）产生按一定规律变化的泥浆压力脉冲信号以带动发电模块发电，从而产生与泥浆排量实时值相匹配的三相交流电源信号。也可以在涡轮定子 2 的前端（靠近地面的端面）产生按一定规律变化的泥浆压力脉冲信号（上行泥浆脉冲信号）。

进一步，在本发明实施例中，发电模块 41 采用多极对数的低转速发电机设备。其中，发电模块 41 的极对数的数量为圆周角度与预设开口角度的比值的 2 倍。也就是说，发电模块 41 所需的极对数的数量需满足如下表达式所限定：

$$P = 360^\circ / A \quad (3)$$

其中，P 表示发电模块 41 所具有的极对数的数量。需要说明的是，本发明实施例对发电模块 41 所需的配置的极对数的数量不作具体限定，本领域技术人员可根据实际需求进行配置。例如：若上述预设开口角度为 45° 时，极对数 $P = 360^\circ / A = 8$ ，此时，在涡轮

转子 3 相对涡轮定子 2 旋转一周时，发电模块定子 26 的任意一相均输出 8 个正弦电源波形。

图 8 是本申请实施例的基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统中的主控装置的结构示意图。如图 8 所示，本发明实施例所述的主控装置 15，至少包括：脉冲控制模块 47、解码模块 42、整流模块 43 和直流电压转换模块 44。

整流模块 43 与发电模块 41 的三相交流电源输出端连接，直流电压转换模块 44 的输入端与整流模块 43 的交流输出端连接。整流模块 43 的交流输出端还与发电模块 41 的可控负载开关 46 的电源输入端连接。另外，直流电压转换模块 44 的输出端分别与解码模块 42、脉冲控制模块 47 和其他井下测控系统 45 的电源输入端连接。

具体地，整流模块 43 用于获取发电模块 41 输出的三相交流电压（电源信号）并对该三相交流电源信号进行整流处理，从而为发电模块 41 的可控负载 46 供电。直流电压转换模块 44 用于将整流模块 43 输出的经整流后的输出电压信号进行直流电压转换处理，生成不同直流电压等级的电源信号，以为井下测控系统 45 和主控装置 15 内的解码模块 42 和脉冲控制模块 47 供电。

解码模块 42 还与发电模块 41 的三相交流输出电源的交流电压幅值检测端口相连接。解码模块 42 用于对上述三相交流电压信号的幅度变化状态进行监测，在检测出该信号含有下行信息时，自动解算当前三相交流电压信号并生成当前地面需要向井下传输的下行信息，从而将当前下行信息转发至井下测控系统 45，以实现井下测控系统进行控制及参数设置功能。具体地，解码模块 42 实时监控发电模块 41 输出的三相交流电源信号的幅值变化特征，判断是否有下行信息下传发生，在有下行信息下传时自动对当前三相交流电源信号进行解码得到解码后的下行信息，并将该信息发送至其他系统 45。

这样，由于受泥浆排量变化的影响，涡轮转子 3 的转速会发生变化，从而使发电模块 41 所产生的三相输出电压幅值产生变化，进一步由于地面系统会按照预先设定的下行脉冲规则在对排量进行控制时能够产生的特定排量变化，因而，能够通过解码电路对发电机输出电压的变化进行检测，从而根据下行脉冲规则来将下行信息解算出来。由此，当地面以设定的排量规律变化向下泵送的泥浆时，涡轮驱动的发电模块电压会产生与排量规律变化对应的波动电压，滤波后实现下行通讯数据解码。

脉冲控制模块 47 分别与发电模块 41 的三相交流电源输出端、井下测控系统 45 和可控负载开关 46 相连接。脉冲控制模块 47 用于基于对发电模块 41 的输出电压的状态监测

结果,根据当前需要向地面传输的上行信息来选择不同的时间间隔编码策略,从而使得在涡轮定子2处生成与当前特定的时间间隔编码策略相匹配的上行脉冲信号。

与常见剪切阀式连续波脉冲器或连续旋转式脉冲器产生的类正弦波形不同,本发明实施例所提出的泥浆脉冲关系系统所产生的的上行的压力波动脉冲为可变时间间隔脉冲的信号,与传统开关阀式低速率脉冲器产生的压力波形类似,但压力波动脉冲出现的频率、以及时间间隔编码策略的类型总数却是由上述涡轮定子2的特定结构、涡轮转子3的特定结构以及发电模块41的特性所共同决定的,能够产生远高于传统开关阀式脉冲器脉冲速率,甚至接近或超过连续波脉冲器。

在本发明实施例中,基于上述涡轮定子2的特定结构、涡轮转子3的特定结构以及发电模块41的特性,本发明实施例所具有的时间间隔编码策略的类型总数为四种。图9是本申请实施例的基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统中的脉冲控制模块的编码原理示意图。需要说明的是,本发明附图9所示的波形未展示电压幅值波动变化特征,仅对控制方式的信号变化时机进行示意性展示。

进一步,控制模块47会实时监测发电模块41所输出的三相交流电压信号的波形变化的(频率)特征。发电模块41的三相交流电压输出波形共有4种形态,C1状态52、C2状态54、C3状态56和C4状态58。

第一状态C1的波形是由多个整波时间周期为T1的第一波形和整波时间周期为T2的第二波形组合而成。其中,第一波形为由窄叶片38通过定子开口35时所形成的特定面积的泥浆流通通道而形成;第二波形和上行脉冲信号中的有效脉冲均是由宽叶片37通过定子开口35时所形成的特定面积的泥浆流通通道而形成。脉冲控制模块47会用于对发电模块41实时输出的三相交流电压信号的各相信号的波形连续变化状态进行监测,在检测出三相交流电压信号的信号状态为第一状态时,控制动态负载开关46处于断开状态(第一类动态负载开关通断控制方式)。由于控制模块47会在C1状态58使可控负载46保持断开状态,此时,发电模块41所输出的三相交流电压信号以C1时间变化状态进行周期性变化,从而在脉冲控制模块47检测出当前电压输出信号为第一状态时通过对动态负载开关46的断开控制而使得发电模块41不断输出的基于第一状态的三相交流电压信号。并且,在涡轮定子2处所形成的当前上行脉冲信号是在间隔第一状态编码时间后发出有效脉冲的第一状态泥浆信号。其中,第一状态编码时间是由多个整波时间周期为T1的第一波形的组合所对应形成的时间。

具体地,当窄叶片38及开口位置通过定子开口35时,三相交流电压输出t1波(整波时间周期为T1的第一波形)48;宽叶片通过定子开口35时,会在定子开口35处形成泥浆脉冲59、并且三相交流电压输出t2(整波时间周期为T2的第二波形)波49,C1状

态 52 由 3 个 t1 波 48 和 1 个 t2 波 49 构成编码时间 51，即表示上述第一状态编码时间为 St0。此时，控制模块 47 在检测出三相输出电源为 C1 状态 58 时使可控负载 46 保持断开状态。

进一步，C2 状态 54、C3 状态 56 和 C4 状态 58 分别为基于第一状态 C1 的不同的改动状态，即不同类型的第一状态改动状态。在本发明实施例中，第一状态改动状态的波形是在由脉冲控制模块 47 将第一状态波形中出现的一个或多个第一波形的位通过动态负载 46 进行开通控制而替代时所形成的波形。也就是说，由于第一状态 C1 波形中具有若干个第一波形，在将第一状态波形中的第一波形的出现位置处，利用脉冲控制模块 47 对负载开关 46 进行短暂的开通控制，使得在开关 46 处于开通状态时通过改变发电模块 41 的运行负载承载状态而降低发电模块转子 7 的转速从而降低三相交流电压的频率，此时，第一状态波形中的第一波形会基于负载开关 46 的开通时机而被整波时间周期为 PT1 的第三波形所替代。其中，负载开关 46 的开通时间为一个完整的正弦整波形对应的时间（可以通过脉冲控制模块 47 对三相输出电源的变化状态监测结果而获得）。并且，在涡轮定子 2 处所形成的当前上行脉冲信号是在间隔特定编码时间后发出有效脉冲的泥浆信号。其中，第二状态编码时间是由一个或多个第一波形和/或一个或多个第三波形的组合所对应形成的时间。

需要说明的是，在本发明实施例中，可以将第一状态的波形中任意一个第一波形使用第三波形来替代，也可以将第一状态的波形中不同位置（可以连续也可以间隔）的至少两个第一波形使用第三波形来替代，由此，基于对第一波形的特定替代位置和特定替代数量的不同组合，形成了不同类型的第一状态改动状态及其对应的三相交流电压的特定波形变化（频率）状态。

第二状态 C2 的波形是将第一状态的波形中的第一个第一波形由第三波形来替代。脉冲控制模块 47 会用于对发电模块 41 实时输出的三相交流电压信号的各相信号的波形连续变化状态进行监测，在检测出三相交流电压信号的信号状态为第二状态时，控制动态负载开关 46 在第二状态的起始时刻控制可控负载 46 导通，并在 1 个正弦整周期后关断开关 46（第二类动态负载开关通断控制方式）。由于控制模块 47 会在 C2 状态 54 处使可控负载 46 保持导通状态达到一个正弦周期，此时，发电模块 41 所输出的三相交流电压信号以 C2 时间变化状态进行周期性变化，从而在脉冲控制模块 47 检测出当前电压输出信号为第二状态时通过对动态负载开关 46 的特定的通断控制而使得发电模块 41 不断输出基于第二状态的三相交流电压信号。进一步，在涡轮定子 2 处所形成的当前上行脉冲信号是在间隔第二状态编码时间后发出有效脉冲的第二状态泥浆信号。其中，第二状态编码时间是由两个第一波形和一个第三波形的组合所对应的时间。

具体地，C2 状态 54 由 Pt1 波 50、2 个 t1 波 48 和 t2 波 49 构成编码时间 53，即第二状态编码时间表示为 St1。在 C2 状态 54 初始，控制模块 47 监测发电模块 41 输出的三相正弦波形，在进入整周期起点时，瞬间打开可控负载 46，并在 1 个正弦周期后瞬间关断，形成 Pt1 波 50，使得发电模块 41 所输出的三相交流电压信号的波形呈第二状态 C2 变化。

第三状态 C3 的波形是将第一状态的波形中的两个第一波形由第三波形来替代。脉冲控制模块 47 会用于对发电模块 41 实时输出的三相交流电压信号的各相信号的波形连续变化状态进行监测，在检测出三相交流电压信号的信号状态为第三状态时，控制动态负载开关 46 在第三状态的起始时刻控制可控负载 46 导通，并在 1 个正弦整周期后关断开关 46；再立即控制可控负载 46 导通并在 1 个正弦整周期后关断开关 46，或在出现一个第一波形后，立即控制可控负载 46 导通并在 1 个正弦整周期后关断开关 46（第三类动态负载开关通断控制方式）。由于控制模块 47 会在 C3 状态 54 处使可控负载 46 连续或间隔的通断两次，此时，发电模块 41 所输出的三相交流电压信号以 C3 时间变化状态进行周期性变化，从而在脉冲控制模块 47 检测出当前电压输出信号为第三状态时通过对动态负载开关 46 的特定的通断控制而使得发电模块 41 不断输出基于第三状态的三相交流电压信号。进一步，在涡轮定子 2 处所形成的当前上行脉冲信号是在间隔第三状态编码时间后发出有效脉冲的第三状态泥浆信号。其中，第三状态编码时间是由两个第三波形和一个第一波形的组合所对应的时间。

具体地，C3 状态 56 期间比 C2 状态增加一个 Pt1 波形，第二个 Pt1 波形的出现可以与第一个 Pt1 波形连续；也可以间隔一个 t1 波形，再出现第二个 Pt1 波形，形成编码时间 55，即第三状态编码时间表示为 St2。

第四状态 C4 的波形是将第一状态的波形中的三个第一波形由第三波形来替代。脉冲控制模块 47 会用于对发电模块 41 实时输出的三相交流电压信号的各相信号的波形连续变化状态进行监测，在检测出三相交流电压信号的信号状态为第四状态时，控制动态负载开关 46 在第四状态的起始时刻控制可控负载 46 导通，并在 1 个正弦整周期后关断开关 46，再（第二次）立即控制可控负载 46 导通并在 1 个正弦整周期后关断开关 46；最后（第三次）控制可控负载 46 导通并在 1 个正弦整周期后关断开关 46（第三类动态负载开关通断控制方式）。由于控制模块 47 会在 C4 状态 58 处使可控负载 46 连续通断三次，此时，发电模块 41 所输出的三相交流电压信号以 C4 时间变化状态进行周期性变化，从而在脉冲控制模块 47 检测出当前电压输出信号为第四状态时通过对动态负载开关 46 的特定的通断控制而使得发电模块 41 不断输出基于第四状态的三相交流电压信号。进一步，在涡轮定子 2 处所形成的当前上行脉冲信号是在间隔第四状态编码时间后发出有效脉冲的第四状态泥浆信号。其中，第四状态编码时间是由三个第三波形所对应的时间。

具体地，C4 状态 58 期间比 C3 状态增加一个 Pt1 波形，形成编码时间 57，即第四状态编码时间表示为 St3。由此，St0，St1，St2，St3 在时机上造成了脉冲 59 出现的时间规律变化，脉冲 59 为压力脉冲波动，通过泥浆信道，传导至地面，地面压力传感器接收到该信号后，可对信号进行解码，从而实现数据上传。

进一步，为了实现将上行信息（指将从井下测控系统获得的需要上传至地面系统的实测数据、指令及反馈数据等信息）与具有可变时间间隔的上行脉冲信号的结合，本发明实施例所述的脉冲控制模块 47 还用于识别从井下测控系统处获得的上行信息，并利用预先设置的上行信息的数据内容与时间间隔编码策略组合的映射关系网络，根据上行信息确定出相应的时间间隔编码策略组合，而后按照当前时间间隔编码策略组合中指示的各状态元素对应的动态负载开关通断控制方式，使得在涡轮定子 2 的定子开口处形成相应的（具有可变时间间隔的）上行脉冲信号，使得地面系统在对实时接收到的泥浆信号中相邻有效脉冲的时间间隔进行识别后，按照与上述映射关系网络相匹配的策略进行解码，从而获得当前上行信息，继而实现上行信息向地面的传输。

其中，时间间隔编码策略组合由不同类型的状态元素按照基于上行信息生成的指定状态顺序排列而成。所述状态元素包括第一状态和不同类型的第一状态改动状态（即状态元素包括：第一状态、第二状态、第三状态和第四状态。在本发明实施例中，第一状态改动状态是在由脉冲控制模块 47 将第一状态波形中出现的一个或多个第一波形的位置通过对动态负载进行开通控制而替代时所形成的三相交流电压信号的状态。也就是说，第一状态改动状态是由脉冲控制模块 47 利用在通过控制发电模块 41 输出基于上述第二状态或第三状态或第四状态的三相交流电压信号时所对应的动态负载开关通断控制方式，而使得控制发电模块 41 所输出的相应三相交流电压信号的波形所呈现的对应状态（第二状态或第三状态或第四状态）。由此，本发明实施例利用对应窄叶片通过定子叶片的时间周期 t1 的变化，使得周期 t2 即宽叶片通过定子开口的时机产生变化，从而在定子开口处能够形成可变时间间隔的有效脉冲。

进一步，上述指定状态顺序排列是指针对第一状态、第二状态、第三状态和第四状态的实际排列顺序，该实际排列顺序由上传信息的内容来决定。例如：在将二进制数据内容为“0011”的上行信息上传至地面时，可根据预先设置的上述映射关系网络，确定出与数据内容 0011 对应的特定时间间隔编码策略组合（如控制发电模块输出第一状态 C1 和控制发电模块输出第二状态 C2 电压信号的组合，此时，状态元素序列为依次排列的第一状态和第二状态），而后，脉冲控制模块 47 会按照当前特定时间间隔编码策略组合中指示的状态元素序列内各状态元素对应的动态负载开关通断控制方式，使得在定子开口 35 处依次形成第一状态泥浆信号和第二状态泥浆信号，使得地面系统在对实时接收到的泥浆信

号中相邻有效脉冲的时间间隔进行识别后,按照与上述映射关系网络相匹配的策略进行解码,从而获得当前上行信息。

这样,本发明实施例去掉了常见随钻测量用泥浆脉冲器中专用的脉冲发生及控制机构,通过特定结构的涡轮定子和涡轮转子来驱动发电模块,由主控装置控制发电模块的动态负载开关,进一步控制涡轮定子和涡轮转子相对位置出现的时机,从而形成对压力波动脉冲的控制和编码,由此便形成数据压力脉冲波动而实现数据上传。

进一步,本发明实施例所述的泥浆脉冲发生系统在涡轮转子连续旋转驱动发电模块发电的同时,每旋转一周产生 2 次或 2 的整数倍以上的压力波动脉冲,以转子转速 10 转/秒为例,每秒可产生最低 20 个压力波动脉冲。

本发明公开了一种基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统。该系统采用多极对数的低转速发电机模块,并由具有特定扇形开口的定和带有等距分布的两种截面形状的直叶片的涡轮转子驱动发电,由控制电路对发电机输出信号进行整流,可以向外部系统供电,同时通过对负载的通断控制,动态调整发电机负载,根据上行信息与特定编码时间规则的对应关系网络,形成发电机负载的特定变化规律,使得涡轮转子在旋转一周过程中,两种截面形式的转子叶片通过涡轮定子开口,产生基于相邻有效脉冲间隔可变的压力脉冲泥浆信号,由于受发电机负载影响使得有效压力脉冲出现的时机与特定编码规则对应,最终形成地面可以接收并解码的压力脉冲序列。另外,受地面系统控制下的排量变化的影响,涡轮转子的转速发生变化,从而使发电机电压输出产生变化,通过地面按照设定的规则对排量进行控制,产生特定排量变化,控制电路检测发电机电压的变化,根据设定的规则解算数据。本发明所产生的压力波动脉冲出现的频率由本发明中的定子、转子以及发电模块特性共同决定,能够产生远高于传统开关阀式脉冲器脉冲速率,甚至接近或超过连续波脉冲器。并且在实现发生泥浆脉冲的同时,不需要外部供电,且可向外供电。

进一步,在本发明中,在非受控状态下,涡轮转子自由旋转并驱动发电模块发电,在受控时,由主控装置来控制发电模块输出端的动态负载开关来改变转子每个叶片通过定子开口的时间,从而形成相应的含有可变时间间隔的脉冲信号。

以上所述,仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉该技术的人员在本发明所揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应涵盖在本发明的保护范围之内。因此,本发明的保护范围应该以权利要求的保护范围为准。

应该理解的是，本发明所公开的实施例不限于这里所公开的特定结构、处理步骤或材料，而应当延伸到相关领域的普通技术人员所理解的这些特征的等同替代。还应当理解的是，在此使用的术语仅用于描述特定实施例的目的，而并不意味着限制。

说明书中提到的“一个实施例”或“实施例”意指结合实施例描述的特定特征、结构或特性包括在本发明的至少一个实施例中。因此，说明书通篇各个地方出现的短语“一个实施例”或“实施例”并不一定均指同一个实施例。

虽然本发明所披露的实施方式如上，但所述的内容只是为了便于理解本发明而采用的实施方式，并非用以限定本发明。任何本发明所属技术领域内的技术人员，在不脱离本发明所揭露的精神和范围的前提下，可以在实施的形式上及细节上作任何的修改与变化，但本发明的专利保护范围，仍须以所附的权利要求书所界定的范围为准。

权利要求书

1、一种基于双向通讯的泥浆脉冲发生系统，包括：

涡轮定子，其包括至少两个具有预设开口角度的定子开口；

涡轮转子，其侧壁通过若干个开口间隔形成至少一个宽叶片和至少一个窄叶片；

发电模块，其用于为在所述涡轮转子的旋转下驱动发电；

所述主控装置，其用于基于上行信息，通过控制所述发电模块的动态负载开关而控制所述宽叶片或所述窄叶片通过所述定子开口的相对时间，在所述定子开口处产生具有可变时间间隔的上行脉冲信号，以及监测所述发电模块输出的三相交流电压信号并解码得到下行信息。

2、根据权利要求1所述的泥浆脉冲发生系统，其特征在于，所述预设开口角度满足定子开口角度条件，其中，所述定子开口角度条件为平角角度与所述预设开口角度的比值为整数且该比值大于或等于2。

3、根据权利要求1或2所述的泥浆脉冲发生系统，其特征在于，所述涡轮定子的轴向高度利用如下表达式来确定：

$$H1 \leq \frac{\pi D1 \tan B}{2}$$

其中，H1表示所述涡轮定子的轴向高度，D1表示所述涡轮定子的最大外圆直径，B表示所述涡轮定子的螺旋角度；

所述涡轮转子的轴向高度与所述涡轮定子的轴向高度相同。

4、根据权利要求1~3中任一项所述的泥浆脉冲发生系统，其特征在于，所述宽叶片对应的圆心角度与所述预设开口角度相同，或者所述宽叶片对应的圆心角度小于且接近于所述预设开口角度。

5、根据权利要求4所述的泥浆脉冲发生系统，其特征在于，所述窄叶片对应的圆心角度按照如下表达式来确定：

$$D2 \leq \frac{180 - E}{\frac{n}{2} + 1}$$

其中， $D2$ 表示所述窄叶片对应的圆心角度， E 表示所述宽叶片对应的圆心角度， n 表示在所述涡轮转子的截面的半圆范围内至少设置一个窄叶片时当前转子所具有的窄叶片的总个数。

6、根据权利要求 1~5 中任一项所述的泥浆脉冲发生系统，其特征在于，所述发电模块采用多极对数的低转速发电机设备，其中，所述发电模块的极对数为圆周角度与所述预设开口角度的比值的 2 倍。

7、根据权利要求 1~6 中任一项所述的泥浆脉冲发生系统，其特征在于，所述主控装置包括：

脉冲控制模块，其用于根据对所述发电模块的输出电压的状态监测结果和当前需要向地面传输的上行信息来选择不同的时间间隔编码策略，从而生成所述上行脉冲信号。

8、根据权利要求 7 所述的泥浆脉冲发生系统，其特征在于，

所述脉冲控制模块，其用于对所述发电模块所输出的三相交流电压的各相信号的波形连续变化状态进行监测，在检测信号状态为第一状态时，控制所述动态负载开关处于断开状态，其中，第一状态的波形是由多个整波时间周期为 $t1$ 的第一波形和整波时间周期为 $t2$ 的第二波形组合而成，所述第一波形为由所述窄叶片通过所述定子开口时而形成，所述第二波形和所述上行脉冲信号中的脉冲为由所述宽叶片通过所述定子开口时而形成。

9、根据权利要求 8 所述的泥浆脉冲发生系统，其特征在于，

所述脉冲控制模块，其还用于识别从井下测控系统处获得的所述上行信息，并根据所述上行信息确定相应的时间间隔编码策略组合，而后按照所述时间间隔编码策略组合中指示的各状态元素对应的动态负载开关通断控制方式，使得在涡轮定子处形成所述具有可变时间间隔的上行脉冲信号，从而实现上行信息向地面的传输，其中，

所述时间间隔编码策略组合由不同类型的状态元素按照基于所述上行信息生成的指定状态顺序排列而成，所述状态元素包括第一状态和不同类型的第一状态改动状态，所述第一状态改动状态是在由所述脉冲控制模块将所述第一状态波形中出现的一个或多个所述第一波形的位位置通过对动态负载进行开通控制而替代时所形成的三相交流电压信号的状态。

10、根据权利要求 7~9 中任一项所述的泥浆脉冲发生系统，其特征在于，所述主控装置还包括：

解码模块，其用于对所述三相交流电压信号的电压幅值变化特征进行监测，在检测出该电压信号含有下行信息时，对当前三相交流电压信号进行解算并生成相应的下行信息，从而将所述下行信息转发至井下测控系统。

11、根据权利要求 7~10 中任一项所述的泥浆脉冲发生系统，其特征在于，所述主控装置还包括：

整流模块，其与所述发电模块的三相交流输出端连接，用于获取所述发电模块输出的三相交流电压并对其进行整流处理，以为所述发电模块的可控负载供电；

直流电压转换模块，其与所述整流模块的输出端连接，用于将整流后的输出电压信号进行直流电压转换处理，生成不同直流电压等级的电源信号，以为井下测控系统和所述主控装置内的解码模块及所述脉冲控制模块供电。

12、根据权利要求 1~11 中任一项所述的泥浆脉冲发生系统，其特征在于，所述三相交流电压信号的幅度变化通过泥浆排量变化控制来实现。

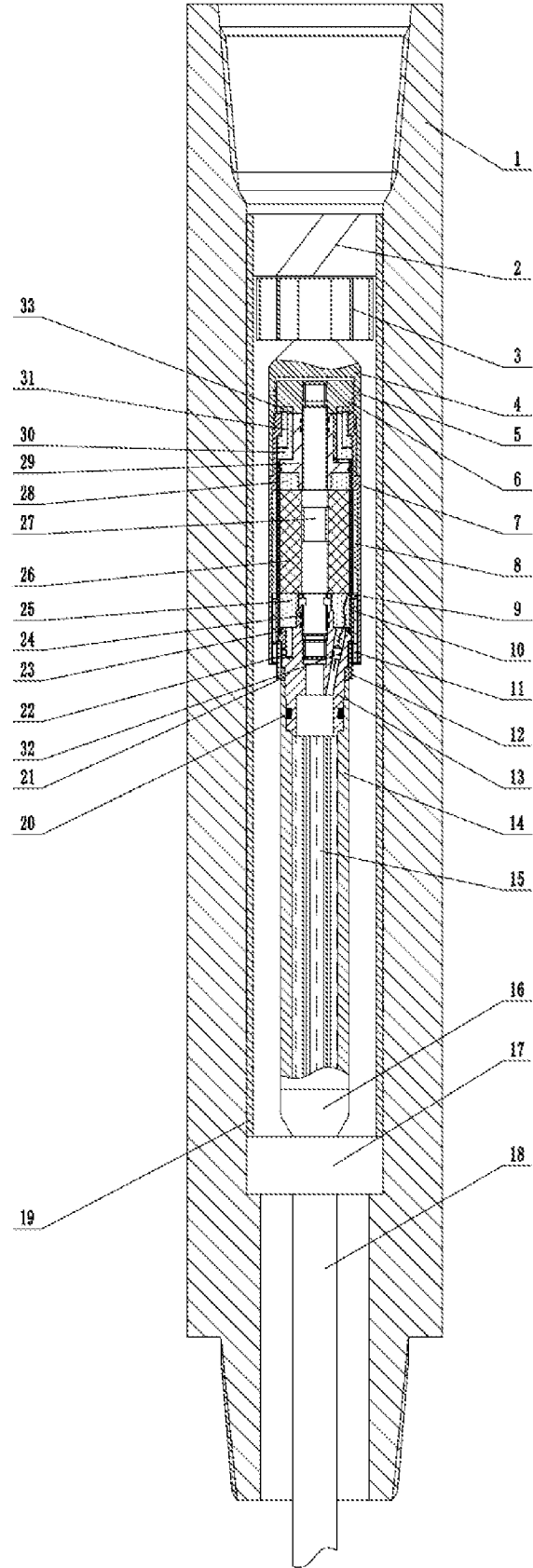


图 1

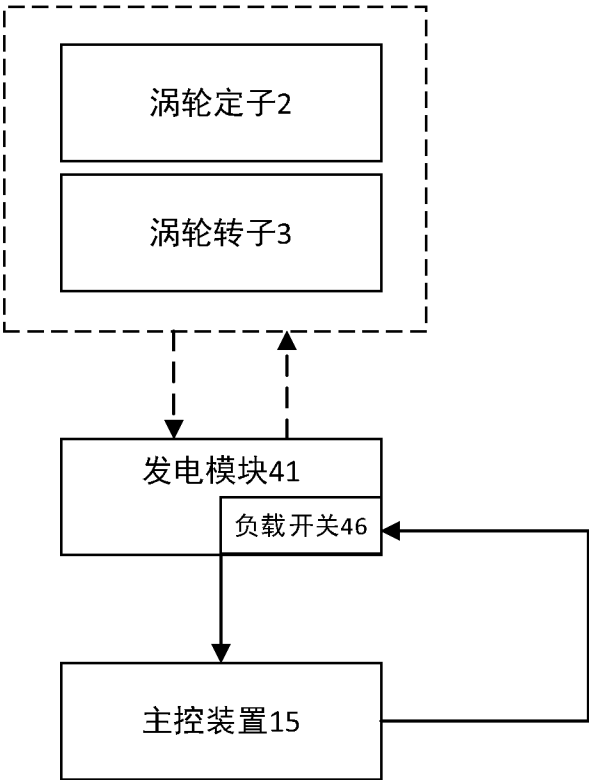


图 2

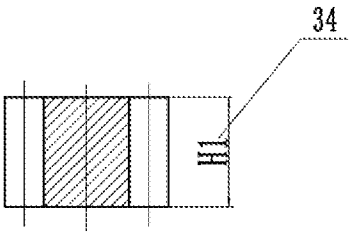


图 3

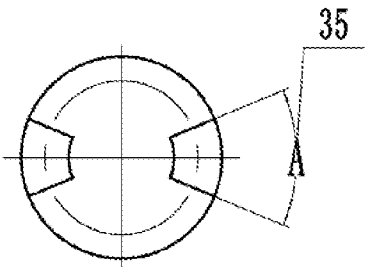


图 4

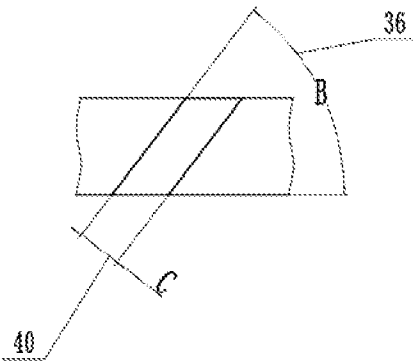


图 5

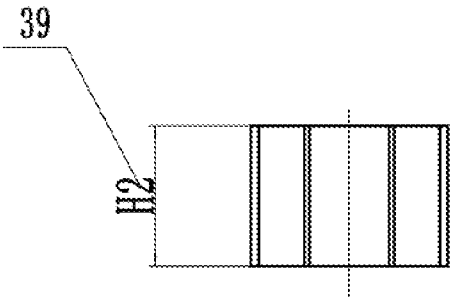


图 6

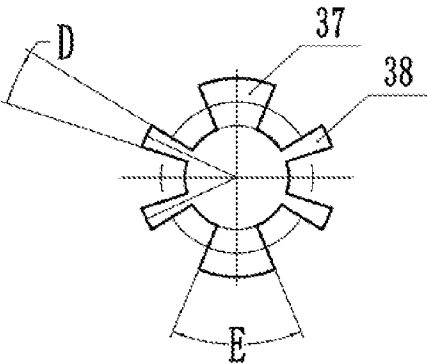


图 7

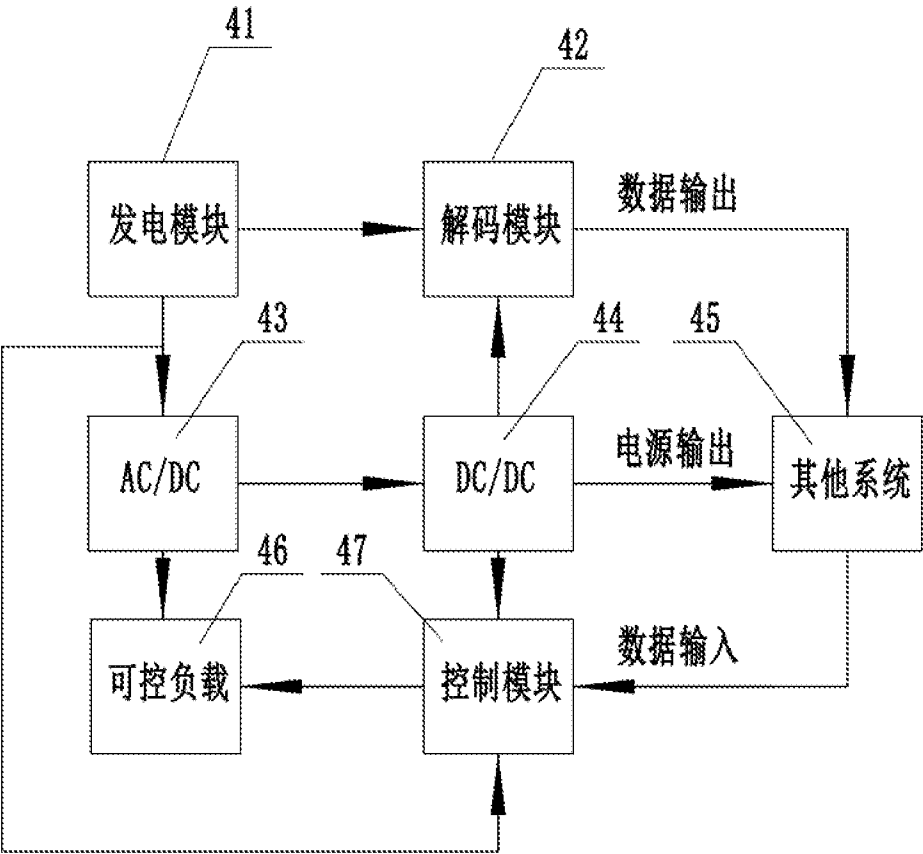


图 8

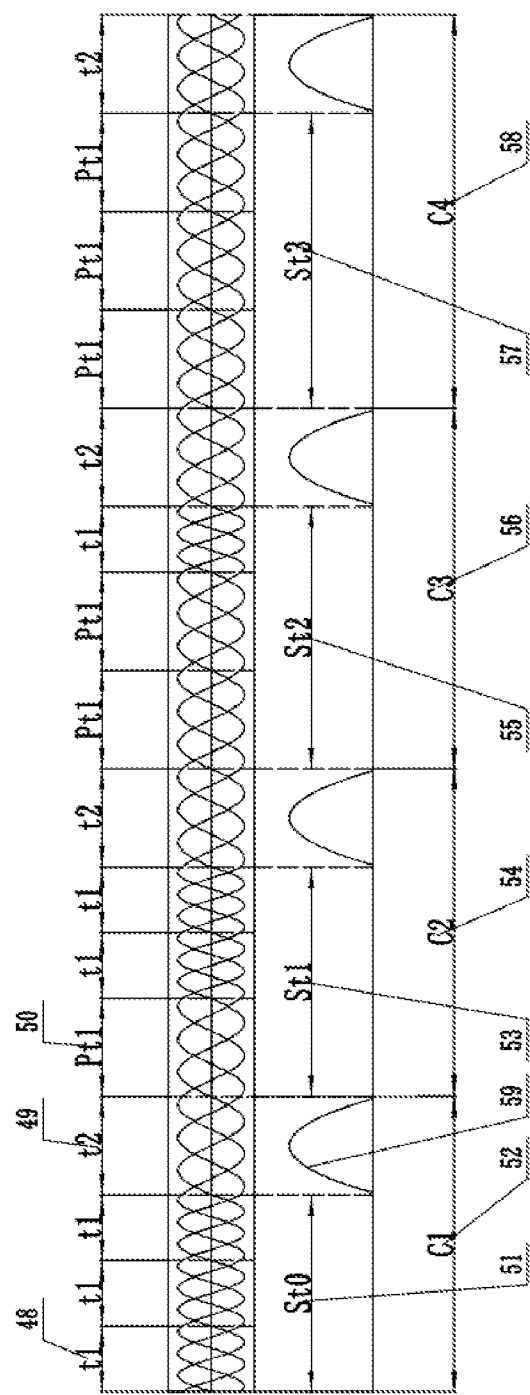


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/122145

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

E21B 47/20(2012.01)i; H02K 7/18(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)

E21B47/-;H02K7/-

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)

WPABSC; CNTXT; ENTXT; CJFD; DWPI; ENTXTC; CNKI; SPE; Sciencedirect: 中石化, 经纬; 吴柏志, 陈威, 马清明, 杨宁宁, 侯树刚, 肖红兵, 李闪, 刘庆龙, 刘文庭; 钻井液, 泥浆; 脉冲; 叶, 窄, 宽, 角度, 圆心角, 不同, 较大, 较小, 发电; drill+ fluid, drill+ liquid, mud; +puls+; blade, vane, leaf, wing; width, angle, narrow, broad, wide; electri+, generat+, alternator.

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2009285054 A1 (SONG HAOSHI) 19 November 2009 (2009-11-19) entire document	1-12
A	US 2004156265 A1 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORPORATION) 12 August 2004 (2004-08-12) entire document	1-12
A	CN 103827695 A (HALLIBURTON ENERGY SERVICES INC.) 28 May 2014 (2014-05-28) entire document	1-12
A	US 2010185394 A1 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORPORATION) 22 July 2010 (2010-07-22) entire document	1-12
A	US 5787052 A (HALLIBURTON ENERGY SERVICES, INC.) 28 July 1998 (1998-07-28) entire document	1-12
A	CN 105422029 A (CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM et al.) 23 March 2016 (2016-03-23) entire document	1-12



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

“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

25 October 2022

Date of mailing of the international search report

17 November 2022

Name and mailing address of the ISA/CN

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

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2022/122145

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 0140788 A2 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORPORATION) 08 May 1985 (1985-05-08) entire document	1-12
A	US 5517464 A (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORPORATION) 14 May 1996 (1996-05-14) entire document	1-12
A	CN 1721655 A (APS TECHNOLOGY INC.) 18 January 2006 (2006-01-18) entire document	1-12
A	US 2017130578 A1 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORPORATION) 11 May 2017 (2017-05-11) entire document	1-12

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/122145

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2009285054	A1	19 November 2009	US	8151905	B2	10 April 2012
US	2004156265	A1	12 August 2004	CA	2456812	A1	07 August 2004
				DE	102004005332	A1	19 August 2004
				MX	PA04000903	A	11 August 2004
				GB	0402008	D0	03 March 2004
				FR	2851019	A1	13 August 2004
				GB	2398086	B	24 August 2005
				US	6970398	B2	29 November 2005
				CA	2456812		14 August 2007
CN	103827695	A	28 May 2014	WO	2013048374	A1	04 April 2013
				RU	2560140	C1	20 August 2015
				CA	2853887	A1	04 April 2013
				EP	2745147	A1	25 June 2014
				US	9000939	B2	07 April 2015
				EP	2745147	B1	05 April 2017
				CN	103827695	B	02 March 2018
US	2010185394	A1	22 July 2010	CA	2613176	A1	04 January 2007
				AT	477477	T	15 August 2010
				WO	2007000224	A1	04 January 2007
				EP	1739396	A1	03 January 2007
				JP	2011257425	A	22 December 2011
				DE	602005022850	D1	23 September 2010
				RU	2008103197	A	10 August 2009
				JP	2009508088	A	26 February 2009
				US	8280637	B2	02 October 2012
				CA	2613176	C	22 July 2014
				JP	5633895	B2	03 December 2014
				JP	5697155	B2	08 April 2015
US	5787052	A	28 July 1998	EP	0747571	A2	11 December 1996
				EP	0747571	B1	02 February 2000
CN	105422029	A	23 March 2016	CN	105422029	B	15 May 2018
EP	0140788	A2	08 May 1985	CA	1228909	A	03 November 1987
				OA	7846	A	20 November 1986
				NO	844026	L	25 April 1985
				AU	3459984	A	09 May 1985
				BR	8405278	A	27 August 1985
				ES	8601384	A1	16 October 1985
				US	4785300	A	15 November 1988
US	5517464	A	14 May 1996	DE	69529188	D1	30 January 2003
				EP	0681090	A2	08 November 1995
				DK	0681090	T3	13 January 2003
				CA	2147592	A1	05 November 1995
				NO	951721	D0	03 May 1995
				NO	20120410		13 May 2002
				EP	0681090	B1	18 December 2002
				CA	2147592	C	27 November 2007
CN	1721655	A	18 January 2006	CA	2506912	A1	09 January 2006
				GB	0513787	D0	10 August 2005
				US	2006034154	A1	16 February 2006

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2022/122145

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)		Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)	
					US	7327634	B2	05 February 2008	
					GB	2415977	B	17 June 2009	
					CN	1721655	B	21 December 2011	
					CA	2506912	C	09 July 2013	
US	2017130578	A1	11 May 2017		US	9874093	B2	23 January 2018	

A. 主题的分类 E21B 47/20(2012.01)i; H02K 7/18(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) E21B47/-;H02K7/- 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)) WPAISC;CNCIT;ENTXT;CJFD;DWPI;ENTXTC;CNKI;SPE;Sciencedirect;中石化, 经纬; 吴柏志, 陈威, 马清明, 杨宁 宁, 侯树刚, 肖红兵, 李闪, 刘庆龙, 刘文庭; 钻井液, 泥浆; 脉冲; 叶, 窄, 宽, 角度, 圆心角, 不同, 较大, 较 小, 发电; drill+ fluid, drill+ liquid, mud; +puls+; blade, vane, leaf, wing; width, angle, narrow, broad, wide; electri+, generat+, alternator.																										
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>A</td> <td>US 2009285054 A1 (SONG HAOSHI) 2009年11月19日 (2009 - 11 - 19) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2004156265 A1 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORP) 2004年8月12日 (2004 - 08 - 12) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 103827695 A (哈利伯顿能源服务公司) 2014年5月28日 (2014 - 05 - 28) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 2010185394 A1 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORP) 2010年7月22日 (2010 - 07 - 22) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>US 5787052 A (HALLIBURTON ENERGY SERV INC) 1998年7月28日 (1998 - 07 - 28) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 105422029 A (中国石油大学华东等) 2016年3月23日 (2016 - 03 - 23) 全文</td> <td>1-12</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>EP 0140788 A2 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORP) 1985年5月8日 (1985 - 05 - 08) 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	A	US 2009285054 A1 (SONG HAOSHI) 2009年11月19日 (2009 - 11 - 19) 全文	1-12	A	US 2004156265 A1 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORP) 2004年8月12日 (2004 - 08 - 12) 全文	1-12	A	CN 103827695 A (哈利伯顿能源服务公司) 2014年5月28日 (2014 - 05 - 28) 全文	1-12	A	US 2010185394 A1 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORP) 2010年7月22日 (2010 - 07 - 22) 全文	1-12	A	US 5787052 A (HALLIBURTON ENERGY SERV INC) 1998年7月28日 (1998 - 07 - 28) 全文	1-12	A	CN 105422029 A (中国石油大学华东等) 2016年3月23日 (2016 - 03 - 23) 全文	1-12	A	EP 0140788 A2 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORP) 1985年5月8日 (1985 - 05 - 08) 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																								
A	US 2009285054 A1 (SONG HAOSHI) 2009年11月19日 (2009 - 11 - 19) 全文	1-12																								
A	US 2004156265 A1 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORP) 2004年8月12日 (2004 - 08 - 12) 全文	1-12																								
A	CN 103827695 A (哈利伯顿能源服务公司) 2014年5月28日 (2014 - 05 - 28) 全文	1-12																								
A	US 2010185394 A1 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORP) 2010年7月22日 (2010 - 07 - 22) 全文	1-12																								
A	US 5787052 A (HALLIBURTON ENERGY SERV INC) 1998年7月28日 (1998 - 07 - 28) 全文	1-12																								
A	CN 105422029 A (中国石油大学华东等) 2016年3月23日 (2016 - 03 - 23) 全文	1-12																								
A	EP 0140788 A2 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORP) 1985年5月8日 (1985 - 05 - 08) 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> * 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> “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		国际检索报告邮寄日期																								
2022年10月25日		2022年11月17日																								
ISA/CN的名称和邮寄地址		受权官员																								
中国国家知识产权局(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		尹浚羽 电话号码 (86-28)62967413																								

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	US 5517464 A (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORP) 1996年5月14日 (1996 - 05 - 14) 全文	1-12
A	CN 1721655 A (APS技术公司) 2006年1月18日 (2006 - 01 - 18) 全文	1-12
A	US 2017130578 A1 (SCHLUMBERGER TECHNOLOGY CORP) 2017年5月11日 (2017 - 05 - 11) 全文	1-12

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/122145

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)
US	2009285054	A1	2009年11月19日	US	8151905	B2	2012年4月10日
US	2004156265	A1	2004年8月12日	CA	2456812	A1	2004年8月7日
				DE	102004005332	A1	2004年8月19日
				MX	PA04000903	A	2004年8月11日
				GB	0402008	D0	2004年3月3日
				FR	2851019	A1	2004年8月13日
				GB	2398086	B	2005年8月24日
				US	6970398	B2	2005年11月29日
				CA	2456812		2007年8月14日
CN	103827695	A	2014年5月28日	WO	2013048374	A1	2013年4月4日
				RU	2560140	C1	2015年8月20日
				CA	2853887	A1	2013年4月4日
				EP	2745147	A1	2014年6月25日
				US	9000939	B2	2015年4月7日
				EP	2745147	B1	2017年4月5日
				CN	103827695	B	2018年3月2日
US	2010185394	A1	2010年7月22日	CA	2613176	A1	2007年1月4日
				AT	477477	T	2010年8月15日
				WO	2007000224	A1	2007年1月4日
				EP	1739396	A1	2007年1月3日
				JP	2011257425	A	2011年12月22日
				DE	602005022850	D1	2010年9月23日
				RU	2008103197	A	2009年8月10日
				JP	2009508088	A	2009年2月26日
				US	8280637	B2	2012年10月2日
				CA	2613176	C	2014年7月22日
				JP	5633895	B2	2014年12月3日
				JP	5697155	B2	2015年4月8日
US	5787052	A	1998年7月28日	EP	0747571	A2	1996年12月11日
				EP	0747571	B1	2000年2月2日
CN	105422029	A	2016年3月23日	CN	105422029	B	2018年5月15日
EP	0140788	A2	1985年5月8日	CA	1228909	A	1987年11月3日
				OA	7846	A	1986年11月20日
				NO	844026	L	1985年4月25日
				AU	3459984	A	1985年5月9日
				BR	8405278	A	1985年8月27日
				ES	8601384	A1	1985年10月16日
				US	4785300	A	1988年11月15日
US	5517464	A	1996年5月14日	DE	69529188	D1	2003年1月30日
				EP	0681090	A2	1995年11月8日
				DK	0681090	T3	2003年1月13日
				CA	2147592	A1	1995年11月5日
				NO	951721	D0	1995年5月3日
				NO	20120410		2002年5月13日
				EP	0681090	B1	2002年12月18日
				CA	2147592	C	2007年11月27日
CN	1721655	A	2006年1月18日	CA	2506912	A1	2006年1月9日
				GB	0513787	D0	2005年8月10日
				US	2006034154	A1	2006年2月16日

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2022/122145

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)	
						US	7327634	B2	2008年2月5日
						GB	2415977	B	2009年6月17日
						CN	1721655	B	2011年12月21日
						CA	2506912	C	2013年7月9日
US	2017130578	A1	2017年5月11日	US	9874093	B2	2018年1月23日		