



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 111936719 B

(45) 授权公告日 2023. 09. 26

(21) 申请号 201980022589.6

(22) 申请日 2019.02.07

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 111936719 A

(43) 申请公布日 2020.11.13

(30) 优先权数据
62/627,310 2018.02.07 US
62/659,825 2018.04.19 US
16/263,136 2019.01.31 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2020.09.27

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/US2019/017014 2019.02.07

(87) PCT国际申请的公布数据
W02019/157155 EN 2019.08.15

(73) 专利权人 液压声学公司
地址 美国纽约州

(72) 发明人 R·D·沃尔泰拉 M·J·奥兹梅克
E·西斯托

(74) 专利代理机构 广州嘉权专利商标事务所有
限公司 44205

专利代理师 赵学超

(51) Int.Cl.
E21B 28/00 (2006.01)
E21B 43/00 (2006.01)
E21B 44/00 (2006.01)
E21B 19/06 (2006.01)

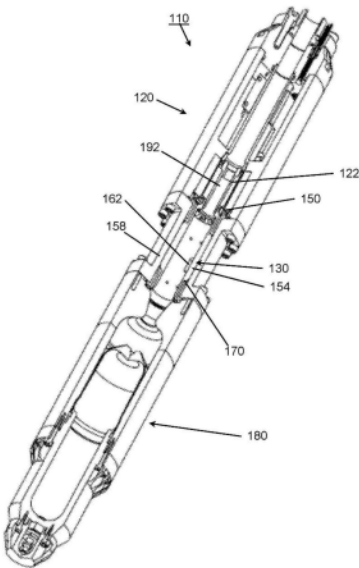
(56) 对比文件
CN 103650294 A, 2014.03.19
CN 107437859 A, 2017.12.05
CN 1244260 A, 2000.02.09
EA 200602209 A1, 2007.04.27
US 2009200019 A1, 2009.08.13
CN 1406311 A, 2003.03.26
US 2009065197 A1, 2009.03.12
CN 105607553 A, 2016.05.25
US 5955666 A, 1999.09.21
CN 202810790 U, 2013.03.20
US 2016115753 A1, 2016.04.28
WO 2017218439 A1, 2017.12.21 (续)

审查员 罗玮玮

权利要求书3页 说明书11页 附图17页

(54) 发明名称
采油工具和系统

(57) 摘要
本发明涉及一种用于在介质中产生声波以激励储油层中的采油的设备,该设备可通过单个运动部件-中心转子进行操作,并且其中,该转子还包括供流体通过的“导管”。



[接上页]

(56) 对比文件

US 4523644 A, 1985.06.18

孙莹著.《数控机床伺服驱动系统的设计与应用》.成都:西南交通大学出版社,2014,51页.

汪耕、李希明等著.《大型汽轮发电机设计、

制造与运用》.上海:上海科学技术出版社,2000,35页.

李亭寒、华城生等.《热管设计与应用》.北京:化学工业出版社,1987,275-276页.

1. 一种用于提升储油层内油的采收率的采油系统,包括:

加压流体源,其中所述加压流体源包括泵电机和可操作的相关联泵;

导管,所述导管可操作地将所述加压流体源连接至潜油采油工具,所述潜油采油工具用于在储油层内以波的形式传递地震波能量,从而改变残留油的毛细作用力,所述潜油采油工具包括:

壳体;以及

无框无刷空心轴电机,连接至电源并由所述电源供电,使得相对于具有相应输出端口的定子驱动具有输出端口的空心轴转子,其中所述无框无刷空心轴电机、所述转子和所述定子可操作地位于所述壳体内,以接收加压流体并产生地震波;以及

控制系统,所述控制系统适于监视和控制系统部件,所述系统部件至少包括采油工具和加压流体源,以便在储层内产生地震波,其中所述控制系统包括:

可编程逻辑控制器;

单板计算机;以及

至少一个外部通信收发器,

其中,所述可编程逻辑控制器通过提供控制信号和与控制信号交互来提供低级控制,并控制到采油工具的泵电机和无框无刷空心轴电机中的电源,并且其中所述单板计算机可操作地连接至所述可编程逻辑控制器以与其交换指令和数据,以实现采油系统的各种操作,从而始终如一地产生地震波能量。

2. 根据权利要求1所述的采油系统,其中,所述加压流体源还包括:

可补充流体的储罐;

加压系统,所述加压系统用于对来自所述储罐的流体进行加压,并使加压后的流体通过导管进入所述采油工具。

3. 根据权利要求2所述的采油系统,其中,所述加压系统还包括与泵结合的过滤器,以及至少一个传感器,所述至少一个传感器产生信号并将所述信号发送到所述控制系统。

4. 根据权利要求1所述的采油系统,其中,所述外部通信收发器结合所述单板计算机,使得能够对所述采油系统进行自主和远程控制。

5. 根据权利要求2所述的采油系统,其中,所述导管能够处理高达至少1500psi的流体压力。

6. 根据权利要求5所述的采油系统,其中,所述导管由柔性材料形成,所述柔性材料适于在卷轴上重复地缠绕和解绕。

7. 根据权利要求6所述的采油系统,其中,所述导管还用作脐带连接,连接至井眼并且能够相对于所述井眼降低和升高所述采油工具。

8. 根据权利要求5所述的采油系统,其中,所述导管由通常刚性的材料形成。

9. 根据权利要求8所述的采油系统,其中,所述导管还用作脐带连接,连接至井眼并且能够相对于所述井眼降低和升高所述采油工具。

10. 一种用于在介质内产生声波以激励储油层内的采油的系统,包括:

加压流体源,其中,所述加压流体源包括可补充流体的储罐和加压系统,所述加压系统用于对来自所述储罐的流体进行加压并使加压后的流体通过导管,所述导管在采油工具的另一端终止,所述采油工具包括;

细长的、通常为圆柱形的壳体,所述壳体适于穿过井眼;
蓄积件;
能量传递部分,包括:

无框无刷空心轴电机,所述无框无刷空心轴电机可操作性地连接到具有输出端口的空心轴转子,所述无框无刷空心轴电机的空心轴流体地连接到所述加压流体源,并且其中由电源驱动并控制所述无框无刷空心轴电机的操作;以及

具有相应输出端口的定子,由此,当所述转子端口和定子端口对准时,流体能量被传递,其中所述无框无刷空心轴电机可操作地连接到所述空心轴转子并且加压流体从无框无刷空心轴电机的空心轴和空心轴转子中流过至所述蓄积件;

压力传递阀,其中所述加压流体被存储在所述蓄积件内并随后被传递,从而经由端口将地震波能量释放到所述采油工具周围的流体中;以及

控制系统,所述控制系统适于至少监视和控制采油工具和加压流体源和电源,以便在储层内产生地震波。

11. 根据权利要求10所述的系统,其中,由采油工具产生的所述地震波的频率在大约10-100Hz之间,并且更优选地在20-40Hz之间。

12. 根据权利要求10所述的系统,其中,所述加压系统包括与过滤器结合的泵,以及至少一个传感器,所述至少一个传感器响应于导管中的流体压力而产生信号并将所述信号发送至所述控制系统。

13. 根据权利要求12所述的系统,其中,所述控制系统包括:

可编程逻辑控制器;

单板计算机;以及

至少一个外部通信收发器,

其中,所述可编程逻辑控制器通过提供控制信号和与控制信号交互来提供低级控制,并控制到采油工具的泵电机和无框无刷空心轴电机中的电源,并且其中所述单板计算机可操作地连接至所述可编程逻辑控制器以与其交换指令和数据,以实现采油系统的各种操作,从而始终如一地产生地震波能量。

14. 根据权利要求13所述的系统,其中,所述外部通信收发器与所述单板计算机结合,能够对采油系统进行自主和远程控制。

15. 根据权利要求13所述的系统,其中,所述可编程逻辑控制器和所述单板计算机分别包括用于各自操作的程序指令,并且其中所述单板计算机包括适于与所述可编程逻辑控制器交互并控制其的某些操作的程序指令。

16. 根据权利要求15所述的系统,其中,还包括远程计算机,所述远程计算机包括适于在其中存储程序指令的存储介质,所述程序指令有助于经由一通信通道远程连接到所述单板计算机,所述通信通道选自WiFi、蓝牙®、以太网和卫星调制解调器。

17. 根据权利要求15所述的系统,其中,所述可编程逻辑控制器和所述单板计算机中的至少一个包括适合于存储由所述系统生成的数据的非易失性存储器(NVM),其中,所述存储的数据包括在至少计划断电或停电断电之一之后系统是否正在执行重启的指示。

18. 一种在油饱和地层内产生地震压力波能量的方法,所述方法包括:
使声波发生器与井眼在地层内的流体接触;

提供位于井眼外部上方的加压流体源,其中所述加压流体源包括泵电机和可操作的相关泵,加压流体通过导管被泵送到声波发生器;

通过使所述加压流体从所述加压流体源流过声波发生器内的无框无刷空心轴电机,在蓄积件内积聚流体压力能;以及

响应于所述无框无刷空心轴电机的操作,周期性地利用所述发生器释放和传递压力能以产生波能,所述波能被流体传递到地层的多孔介质中,其中,释放和传递能量是通过所述无框无刷空心轴电机驱动旋转阀发生器来完成的,所述无框无刷空心轴电机采用空心轴用于供流体从中通过,凭借流体发生器内的空心轴转子上的输出端口和定子上的输出端口的相对关系使得在流体连接的蓄积件中积聚流体压力能量并且对系统压力脉冲的释放和传递进行控制,从而产生地震压力波能量;以及

使用适于在油饱和地层内产生地震波的控制系統来控制所述无框无刷空心轴电机的操作,其中所述控制系统包括:

可编程逻辑控制器;

单板计算机;以及

至少一个外部通信收发器,以及

其中可编程逻辑控制器通过提供控制信号和与控制信号交互来控制到泵电机和声波发生器内的无框无刷空心轴电机中的电源,并且其中所述单板计算机可操作地连接至所述可编程逻辑控制器以与其交换指令和数据,以实现声波发生器的各种操作,从而始终如一地产生地震波能量。

采油工具和系统

[0001] 本申请根据35USC§119(e)要求申请人Hydroacoustics, Inc.的以下临时专利申请的优先权: R.Valtierra等人于2018年2月7日提交的美国临时申请(No.62/627310), 名称为采油工具; 和R.Valtierra于2018年4月19日提交的美国临时申请(No.62/659825), 名称为采油工具; 以及还根据35USC§120要求由R.Valtierra等人于2019年1月31日提交的, 名称为流体传感器和采油机控制系统的共同待决的美国专利申请(No.16/263136)的优先权, 在此将其全部内容引入本文以供参考。

技术领域

[0002] 本公开的系统和方法涉及产生声波。井下采油工具提供地震源以提高采油量。本文公开的系统和方法借助于振动激励(以例如减小毛细作用力并激励存油在储油层的多孔介质内的的迁移和聚结速率)来提高采油率。

[0003] 背景技术和发明内容

[0004] 在油井已经运行了一段时间之后, 其生产率经常降低到该井的可运行边缘或是降低到经济上不可行的程度。然而, 通常情况是, 在这些非生产井的区域中, 大量的原油仍残留在地下, 但它们不能通过常规技术释放出来。如果可以经济地执行, 能够有效提高油井生产率的方法通常会被考虑。通常, 井眼可以用作注入井或监视井, 并且可以允许被井下地震压力波发生器插入。

[0005] 已经发现了许多用于提高采油率的方法, 包括在DeLaCroix等人的美国专利(No.8113278)中公开的方法, 该方法涉及一种使用原位地震能量发生器来提高采油率的系统和方法(2012年2月14日), 其通过引用整体并入本文。但是, 在采用二次或甚至是三次采收方法后, 大量的烃类仍会保留在富油地层中。人们认为, 导致烃类保留在这样的地层中的主要因素是无法对存在于地层的孔隙中的烃滴施加足够的压力。常规的采油通常通过两层流程完成, 主要或初始方法取决于油在井眼内枯竭前的自然流量或泵送。一旦移除了自由流动的油, 就需要二次方法。通常, 诸如水之类的不混溶流体被迫进入注入井中, 以将地层中所含的油冲洗到生产井中。在过去, 采用三次采油或提高采油率(也称为EOR)方法并不经济, 因为即使在使用常规采油技术后, 仍然可能有高达70%的总油量留在废弃的油井中。

[0006] 已经被用于增加采油率的另一种技术是引入低频振动能量。源自地面或井下的低频振动已用来影响地下储层中液态烃的采收。现有文献通常把频率小于1KHz的这种类型的振动称为声波(sonic)、声波(acoustic)、地震波、p波或弹性波并激励。例如, 低频振动的激励已被有效地用于提升注水储油层的采油量。文献中的例子还表明, 低频激励可以加速或提升最终的采油量。对于低频激励会造成不同结果的解释各不相同, 据称是由于振动能量的引入会导致油滴聚结, 以及由于油滴从地层中脱落而重新形成连续的油相, 因此它们可以重新结合并聚结。另外, 据信声波会通过改变表面和界面张力来减小毛细作用力, 从而释放液滴和/或使液滴聚结。例如, Pechkov等人于1993年2月9日被授权的美国专利(No.5184678)公开了一种激励生产井中的流体生产的方法和设备, 其利用了布置在生产区域内的井眼中的声能换能器。但是, Pechkov只教导说, 超声波照射去除了细屑并通过搅动

降低了井眼附近的井流体粘度,从而增加了活跃井的流体产量。

[0007] 超声波可以改善和/或加速多孔介质的产油。超声波存在的问题是,通常地,超声波的穿透深度或从源头进入储层的距离不超过数英尺,而低频波或声波则通常可以穿过数百至数千英尺的多孔岩石。尽管用于改善液态烃流动的声波激励方法和设备在激励或增强地下岩层中的液态烃产量方面取得了一些成功,但迄今为止使用的声能换能器通常缺乏足够的声功率来提供显著的脉冲波。从而,仍然需要改进的方法和设备,其利用声能来激励或增强地层的液态烃的生产。声能以压力波的形式从声能换能器发出,该压力波穿过地层中的液态烃,因此液态烃的迁移率得到改善,并且能够更自由地流向井眼。弹性波被定义为是在弹性或粘弹性材料内传播的特定类型的波。材料的弹性有利于波的传播,当这种波在地球内发生时,通常称其为地震波。

[0008] 每桶石油的价值和对石油的需求引起了人们对三次采油方法的更大兴趣,以通过更新旧井(甚至包括那些由于水占总产油量的比例(或通常称为含水率)高而被废弃的油井)来提高石油的利用率。提高采油率的主要目的是提供一种通过有效地增加油包藏地层的相对渗透率并降低油的粘度和表面张力来引发先前截留油的流动的手段。当前在该领域中实践了许多增强的采油技术,包括热力学、化学和力学方面的技术。已经发现这些方法中有若干种在商业上是可行的,它们具有不同程度的成功和局限性。事实证明,用蒸汽加热油是降低粘度的有效手段,前提是有现成的蒸汽能,并且该技术占目前回收油的一半以上。虽然使用化学表面活性剂和溶剂(例如 CO_2)能够有效降低表面张力和粘度,但由于成本、污染和环境方面的考虑未得到广泛应用。然而,地震激励没有上述任何局限性,并将作为一种可行的增强采油技术被继续探索。

[0009] 人们认为,储油层岩层的低频振动通过(i)减小毛细作用力、(ii)减少岩石与流体之间的粘附力以及(iii)引起油滴的聚结并使它们在水中流动,来激励石油的开采。彼得·罗伯茨(Peter Roberts)在洛斯阿拉莫斯国家实验室进行的研究表明,与其他提高采油率的增产方法相比,该过程可以显著降低成本,从而大大提高了储油层的大面积采收率。

[0010] 本文公开的系统和方法提供了一种低成本的第三解决方案,以激励在之前曾被不经济地回收的石油的再利用。因此,所公开的实施例的总目的是允许使用井下振动地震源,该井下振动地震源能够在先前废弃的油田内产生弹性波振动激励,以便提取固定油。通过使用产生声波的设备,可进一步激励与井眼可流体接触的储油层中的采油,声波源可放置在该井眼中。

[0011] 根据本公开的实施例,公开了一种被构造为采油工具的电液压地震压力波源。所公开的采油工具的操作是通过降低工具的机械复杂性而得以改善的,且同时提高了其整体可靠性。改进包括将无框电机集成到该工具中,其中电机专门设计为可在水饱和的环境中运行。电机的转子直接连接以驱动负责产生地震波的旋转阀。该阀被设计为有至少一个或可能有多个端口,用于释放地震能量。在一实施例中,采油工具可包括沿其长度的较小端口,以实现锥形液压轴承。对于锥形轴承,该阀使用加压水作为“轴承”材料,以减少摩擦,从而可以消除对定制机械轴承的需求。通过将转子和阀以及锥形轴承连接起来,该工具实质上简化为单个运动(旋转)部分。另外,转子设计有空心轴,当该空心轴连接到阀时,空心轴为进入工具的加压供水流向该阀提供了直接路径。这允许更大的流体流动并减少可能的气蚀(在水中形成气泡)。电机定子内部和周围的附加水通道可在工具运行期间为电机提供冷

却。另外,无框的、水饱和的电机的集成允许该工具相对于现有的井下工具减小其直径,从而允许将其用于直径从约4英寸开始的更大范围的井眼。

[0012] 在本文的实施例中公开了一种采油工具,其用于在储油层内以波的形式施加地震波能量,以改变残留油的毛细作用力,该采油工具包括:壳体;加压流体源;以及无框无刷电机,该无框无刷电机可操作地位于该壳体内,以接收加压流体并产生地震波。

[0013] 在本文的实施例中还公开了一种用于在介质内产生声波以激励储油层内的采油的设备,该设备包括:细长的且大致圆柱形的壳体,该壳体适于穿过井眼;蓄积件;加压流体源;能量传递部分,其中该能量传递部分包括压力传递阀,并且还包括无框电机;具有输出端口的空心轴转子;和具有相应的输出端口的定子,当该转子和定子端口对准时,流体能量通过该输出端口得以传递,其中,无框电机可操作地连接至空心轴转子,并且流体通过该空心轴转子流至蓄积件;以及压力传递阀,其中,加压流体被存储在该蓄积件内并在随后被传递,从而经由端口将地震波能量释放到设备周围的流体中。

[0014] 本文还公开了一种在油饱和地层内产生地震压力波能量的方法,该方法包括:将声波发生器放置成与地层内的流体接触;在该声波发生器内积聚流体压力能;以及周期性地利用该发生器释放和传递压力能以产生波能,该波能被流体传递到地层的多孔介质中,其中,释放和传递能量是通过无框电机驱动旋转阀发生器来完成的,该阀发生器采用空心轴用于供流体通过,凭借流体发生器内的转子上的输出端口和定子上的输出端口的相对关系对系统压力脉冲的释放和传递进行控制,从而产生地震压力波能量。

[0015] 本文进一步公开了一种用于提高储层内的油的采收率的采油系统,该采油系统包括:加压流体源;潜油采油工具,其包括壳体,用于在储油层内以波的形式传递地震波能量,以改变其中的残留油的毛细作用力。该采油工具包括壳体和无框无刷电机,该无框无刷电机可操作地位于该壳体内,以接收加压流体并产生地震波;以及适于监视和控制系统组件的控制系统,该系统组件至少包括采油工具和加压流体源,以便在储层内产生地震波。

[0016] 本文还公开了一种用于在介质内产生声波以激励储油层内的采油的系统,该系统包括:加压流体源,其中,该加压流体源包括可补充的流体储罐和用于对来自该储罐的流体进行加压并使加压流体流过导管的加压系统,该导管在采油工具的另一端终止,该采油工具包括:细长的、通常为圆柱形的壳体,该壳体适于穿过井眼;蓄积件;能量传递部分,其包括无框电机、具有输出端口的空心轴转子和具有相应输出端口的定子,由此,当该转子端口和定子端口对准时,流体能被传递,其中无框电机可操作地连接至空心轴转子,流体将从中流至蓄积件;压力传递阀其中,加压流体被存储在该蓄积件中并将在随后被转移,从而经由端口将地震波能量释放到设备周围的流体中;以及适于监视和控制至少采油工具和加压流体源以便在储层内产生地震波的控制系统。

附图说明

[0017] 图1-3是根据一实施例的采油工具的前视图、侧视图和俯视图;

[0018] 图4和图5分别是图1和2的沿线A-A和线B-B所截取的截面图;

[0019] 图6和图7分别是图4和5的沿线C-C和线D-D所截取的截面图;

[0020] 图8是根据一实施例的采油工具的局部剖视图;

[0021] 图9和图10是根据替代实施例的电机组件和用于采油工具的端口部分的放大剖视

图；

[0022] 图11-图13示出了图1的采油工具的示例性驱动电机的各种组件，其中图12示出了沿图11的线A-A截取的截面图；

[0023] 图14-图17示出了根据本公开的系统和方法的基于文丘里管的传感器的各种实施例和应用；

[0024] 图18-图19分别是安装文丘里管传感器的方法的说明性示例、以及监视和控制将该传感器结合到采油机井系统中的电路的方法的说明性示例；

[0025] 图20-图24是由本公开的传感器和控制系统产生的示例性压力和电容数据的说明图；以及

[0026] 图25-图27提供了根据本公开的采油系统实施例的采用文丘里管传感器和采油工具的示例性采油系统和方法的示意图。

[0027] 本文描述的各种实施例并不旨在将本公开限制为描述的那些实施例。相反，其意图是涵盖所有可能包括在所阐述的各种实施例和等同物的精神和范围内的替代、修改以及等同物。为了总体理解，在附图中作有标记。在附图中，相同的标记始终用于表示相同或相似的元件。还应注意，附图未按比例绘制，并且某些区域不成比例地绘制，以便可以正确地描绘特征和外观。

具体实施方式

[0028] 早期的采油工具 (ORT) 实施例采用了如本文所述的以脉冲形式释放的加压流体。这样的工具需要复杂的机械部件和内部流体通道、带有密封件的轴承，才能向工具提供流体并产生合适的地震能量或波动。较早的工具还需要一个或多个单独的泵来收集和加压流体。

[0029] 采油工具

[0030] 本文公开的采油工具实施例110可用于在储油层内施加地震波能量(例如，以波的形式)，以便改变残留油的毛细作用力。该工具包括：壳体112；以及加压流体源114和电源。并且，如参照图1-图13所示，该壳体集成有无框无刷电机，该无框无刷电机可操作地位于壳体内，以接收加压流体并相对于定子旋转转子并将其中的各个端口对准以产生地震波。

[0031] 根据图1-图13中所示的改进实施例，示出了电液压力地震波源，其被构造为采油工具110。本公开的采油工具110通过降低工具的机械复杂性而得到改善，同时提高了其整体可靠性。改进包括将无框电机组件120集成到该工具中，其中电机被专门设计为可在水饱和的环境中运行。电机的转子122直接附接以驱动负责产生地震波的旋转阀组件130的转子。阀组件被设计为具有多个用于释放地震能量的端口134 (166)，并沿其长度增加了较小的端口136，以实现锥形液压轴承。端口的横截面具有狭缝形状，但是也可以具有诸如圆形、正方形凹口等形状，以便改变所产生的地震波的轮廓和特性。

[0032] 阀组件转子122可以由若干种可能的轴承技术中的任何一种来支撑，使其相对于周围的定子旋转，可能的轴承技术包括无摩擦材料(例如Teflon®)，用以支撑转子的表面。还考虑了定制的滚动轴承，其采用由球或滚子支撑的常规内圈和外圈，并包括密封件以减少由于轴承污染而引起的摩擦。在另一个实施例中，锥形轴承阀使用加压水(来自水源114，流过电机组件120和转子154)作为“轴承”材料，以减少摩擦，从而消除了对定制机械轴承和

相关密封件的需求。结合转子和阀组件以及锥形轴承,该工具实质上简化为单个运动(旋转)部分-阀组件的转子154,其由无框电机120的连接转子122驱动。此外,两个转子均被设计为设有空心轴或空心126,当被连接到阀组件时,该空心轴或空心126为加压供水进入工具110通过电机流向阀组件和蓄积件180提供了直接路径。这允许更大的流体流动并减少可能的气蚀(在水中形成气泡)。电机定子内部和周围的附加水通道可在工具运行期间为电机提供冷却。另外,无框、水饱和和电机的集成允许该工具相对于现有工具减小其工具外壳112的直径,从而允许将当前实施例用于直径从小至约4英寸开始的更大范围的井眼。

[0033] 现在参考图1、图4-5和图8-10,具体地,其中描绘的是采油工具(ORT)110实施例和组装的机械组件的截面图和剖视图。特定的组件被标记,包括有例如电机组件120、上轴承表面150、转子154、定子158、转子端口或孔口162、定子端口或孔口166、下轴承表面170和压力蓄积件180。参照图1-图10,可以看到电机组件和旋转阀是如何可操作地耦合在一起成为单个旋转部件,以及它们是如何紧凑地集成到工具110中。

[0034] 参照图9和图10,示出了工具110的两个替代实施例中的电机组件120的放大图。示出了电机定子156和转子122,并且转子在定子内旋转。示出了阀130的接口128以及定制的螺钉190,该螺钉将电机转子附接到阀上。如在图11-图13中更充分地示出的,转子包括由永磁体127围绕的芯。转子在定子内部旋转。在一个实施例中,定子包括电机绕组,该电机绕组经由穿过隔板的电线从地面接收电力以控制电机的操作。在图1至图8的图示实施例中,为了增加工具110的井下范围(深度),电机控制器194也可以被结合在该工具壳体内,使得需要传到地面的电连接仅包括电信号和控制信号。该电机控制器194是适于安装在壳体112中的小型印刷电路板或类似电子组件的一部分,并且电机组件120通过电线196连接到控制器并由其供电。

[0035] 参考图10,示出了工具110的电机组件部分120的替代设计。在替代设计中,某些组件被修改或增加,以使工具110能够适应更深的井下深度的较高压力。该修改还用于防止水进入控制器室并消除由加压液体引起的灌封材料的侵蚀。一些变化包括:定子158将不再灌封就位。而且,0形环152更大(例如更长和/或更厚)以适应高达4000psi的更高的作业压力,并且为电机定子额外提供与壳体和周围组件的隔离。电机组件120可以包括更长或延伸的钛套筒144,该钛套筒144用于容纳位于电机定子室的顶部和底部的附加的隔离0形环152。电机组件120的定子156还通过将波形弹簧148置于肩部150,将垫片146压靠在定子下端并把定子156偏压在一向上的位置。环形垫片146通过分配弹簧载荷,从而减少了振动和脉动,避免它们直接从弹簧传递到灌封材料,以进一步保护电机灌封材料免受波形弹簧148的损害。

[0036] 请注意,对于螺钉190,可以看到螺钉的空心方面,其示出了通道192,该通道192用于将水直接供应通过电机至阀。用红色描绘的是定制的隔板连接器198,该隔板连接器198用于将来自电机的电线引出工具110。

[0037] 接下来参照图11至图12,其中示出了无框电机组件120的细节。分别具有内部(例如,钛)和外部(例如,不锈钢)金属“壳”144、222和224,其分别与定子158和灌装树脂230相邻放置,以保护电动机免受环境磨损、腐蚀和应力,这些是由引起磨损的高压水,水流等导致的。如先前参照图10所示,电机定子158可以通过0形环密封件152与环境隔离。

[0038] 总的来说,采油工具110是用于在介质内产生声波/地震波以激励从储油层内采油

的设备。该采油工具实施例110包括：细长且大致圆柱形的壳体112，其适于穿过井眼（未示出）。壳体可以由包括不锈钢（304、409或2507）或电镀钢（例如化学镍、镍硼或SeaTEC100）中的一种或多种材料制成。该工具包括蓄积件180，该蓄积件180用于蓄积例如来自地面源的加压流体。在一实施例中，蓄积件180包括现成的商用部件，例如使脉动与压力源分开的橡胶囊。尽管可以采用各种技术来提供蓄积件以收集加压流体以通过端口释放，但是在工具的一个实施例中，在转子122的每次完整的旋转（360°）期间，压力将被释放多次（例如两次）；此处的端口通常是关闭的，但每经过半圈旋转会大约打开5°-15°。端口或开口的有效面积（例如，轴向长度×旋转长度）与蓄积件的尺寸和流体压力一起，决定了压降以及在每个放电周期内释放的相关声能。在所有其他方面不变的情况下，更宽或更长的槽162、166（更大的面积）也将降低蓄积件中的平均压力。除端口尺寸外，还可以自定义端口形状以更改谐波含量和工具产生的声脉冲的性质。

[0039] 该工具还包括包括压力传递阀的能量传递部分，并且包括无框电机120、具有输出端口的空心轴转子154和具有相应输出端口的定子158，从而，在转子端口和定子端口对准时，蓄积的流体能量通过输出端口进行传递，并且无框电机可操作地连接到空心轴转子（并且流体从中流过至蓄积件）。使用压力传递阀，其中，加压流体被存储在蓄积件内并随后被传递，从而经由端口将地震波能量释放到周围的井眼流体/地层中。

[0040] 将理解，一种使用采油工具110在油饱和地层内产生压力波的方法可以包括：将工具放置为与地层内的流体接触；在工具内蓄积流体压力能（例如，声波）；并且利用该工具周期性地释放和传递压力能以通过将流体释放到地层的多孔介质中来产生波能，其中释放和传递能量是通过无框电机驱动旋转阀发生器-工具采用空心轴作为流体通道来实现的，从而壳体内部的转子和定子上的输出端口的相对关系能够控制系统压力脉冲或波的释放和传递。

[0041] 输出监视

[0042] 上面已经描述了除油工具，现在将注意力转向适合于感测从井中去除的流体的流体感测系统。参照图14-图17，其中示出了流体传感器610的各种视图。在所示示例中，流体传感器610包括二维文丘里管620，其中文丘里管使得在其中泵送经过的一个或多个加压流体在流体流动时，采用非分层流体的受控厚度形式。二维文丘里管620减少或消除了流过其中的流体的分层，这是由于二维文丘里管区域和圆柱状流体通道622进入薄的平面区域624的“颈缩”结合而成的结果。文丘里管620还包括位于文丘里管的入口632上的第一流体压力传感器630，以测量泵送的输入流体的压力。第二流体压力传感器640位于文丘里管620的出口侧642上，以测量输出流体的压力。应当注意，传感器630和640中的一个或两个也可以适合于感测由此流过的流体的温度，以便提供流体温度数据以及压力数据。

[0043] 在一个实施例中，文丘里管620可以由立体光刻兼容的树脂或类似的非磁性材料3D打印而成。还可以想到的是，该文丘里管可以使用其他公知注塑技术或机械加工技术。为了耐用，可以将文丘里管或其他传感器部件结合到金属管（例如，图14）中，并使用耐用的环氧树脂灌封。压力传感器630和640是可以从TE Connectivity公司获得的传感器（例如部件号为MS5803-05BA的传感器）。尽管由诸如聚氯乙烯（PVC）等聚合物制成的流体传感器610可能适合于相对受限的（低）压力，该压力在高达50psi或甚至高达70psi的范围内，但应理解，该流体传感器也可设计为用于超过70psi的高压应用。例如，通过使用替代材料和密封件

(例如,壁厚较厚的钢或不锈钢部件、高压垫圈和密封件等),本公开的传感器可用于加压井等。在这样的实施例中,考虑使用一个或多个压力差探头来处理文丘里管传感器可能会经历的范围增大的压力。

[0044] 二维文丘里管620的另一方面在于,它在其任一侧上提供了较大的平坦区域624,电容传感器660与之附接并邻近于文丘里管。更具体地,电容传感器包括位于二维文丘里管的每一侧上的一对平行的导电金属板664(例如,由铜、黄铜等制成,并且大约为5平方英寸和厚度为0.01英寸)。在一个实施例中,采用铜板是因为容易将其切割成适当的尺寸,并且可以采用常规的焊料将电线引线附接到传感器板664。板之间测得的电容将作为流过文丘里管的流体的介电强度输出,其中该电容可以表征流体,尤其是可以通过介电强度的相对差异来区分流过传感器的水和油的存在。

[0045] 使用压力差量度作为第一压力传感器630和第二压力传感器640的输出之间的差,通过二维文氏管的尺寸和/或文丘里管本身的校准,可以确定流体流速。因此,流体传感器610允许设备根据来自传感器630的输入流体压力和来自传感器640的输出流体压力来确定流体流速。

[0046] 在一个实施例中,诸如图14和图17所示,传感器610被容纳在壳体670内,该壳体670在其任一端上配备有标准螺纹接头672或类似的联接件674,以便将传感器作为一个完整的单元,适合于将其垂直于图18所示的采油机井管道系统或改造成与该系统成一直线。此外,由于所描绘的设计,在关闭采油机后,文丘里管620和传感器610自身将完全排空,从而避免了流体(例如水)的聚集以及由于冻结条件等而对传感器造成的潜在损坏。如先前所建议的,将二维文丘里管与位于文丘里管入口处的将圆柱管横截面缩到线性狭缝的颈缩(例如,参见图16中的平面区域624的端视图)结合,避免了流体分层。本公开的传感器实施例的另一个特征是在保持紧凑的传感器组件的同时最大化电容板表面积。

[0047] 已经描述了流体传感器610的细节,现在将注意力转向图18-图19,其用以说明采油机监视和控制系统的实施例,以及从系统收集并处理的数据。更具体地,诸如图18-图19所示的采油机监视和控制系统610可以由壳体670中的成一直线的流体传感器610组成或包括该流体传感器610,其中,该传感器例如经由联接件674可操作地联接或垂直,以接收连接至井口的采油机720的流体输出。在所示的配置中,传感器610被用于响应于流体输出而产生和输出压力信号和电容信号,该输出信号经由电线或电缆726传输到文丘里管电控制器740内的控制和测井电路。如上所述,流体传感器包括在文丘里管的入口处的第一流体压力传感器、在文丘里管的出口处的第二流体压力传感器以及沿二维文丘里管的电容传感器,其中,电容传感器在二维文丘里管的每一侧上包括一对平行的导电金属板。

[0048] 系统710进一步包括或包含控制器740,该控制器740根据一组预编程指令来操作微处理器或类似的微控制器754。控制器740包括具有I/O端口的印刷电路板750,该I/O端口经由连接在端口728上的电缆726接收来自流体传感器710的输出,并处理输出信号。除了数据检索作用之外,到其他设备的连接还可以交换传感器数据以外的信息,包括程序升级等。在一种操作模式下,控制器740(例如,可从德州仪器公司获得的单板计算机)可以简单地用作数据收集设备,将传感器输出信号接收并存储在内存中(未显示)(包括将信号从模拟输出转换为数字值以进行存储)。还包括插销式插头或端口(例如4销)764,为采油机提供有线连接(例如电源和电机控制信号)。还提供无线连接,该无线连接为控制器和便携式计算设

备(未示出)之间的本地蓝牙或Wi-Fi连接,并且还考虑了可以集成到控制器240中以激励远程数据交换的移动电话或卫星链路。此外,数字显示器260可以设置有控制器240,以提供状态或操作信息以及压力或其他数据的实时输出。尽管未示出,但是应当理解,系统210还包括电源,该电源包括用于主电源或备用电源的一个或多个电池。

[0049] 简要地参考图18-图19,在一个实施例中,文丘里管传感器可以包括嵌入式数字控制器,其通过数字UART信号(例如RS232)与控制器740通信。文丘里管传感器系统将压力、温度和电容的预数字化值发送到控制器。电子组件被放置在诸如管道的外壳中,然后用环氧树脂填充(灌装)。中央电子板包括微控制器,该微控制器与压力传感器630、640进行通信,测量电容、存储传感器数据的数字流并将其传输到采油机控制器740。两个外板830、840可用于安装压力传感器。替代地,如图15所示,压力传感器630和640通过线束或总线直接耦接到电子板618。例如,在一个实施例中,微控制器采用数字总线650(带状电缆)来与压力传感器进行通信。嵌入式数字控制器主要用于将模拟传感器信号转换为数字信号,以减轻通常与传输的模拟信号相关的噪声(尤其是在测量电容时)。最后,感测流过传感器的流体温度的能力允许对流体压力进行更准确的表征。

[0050] 在另一个实施例中,如图20-图24所示,例如被控制器740链接(有线连接(例如端口728)或无线连接)到的控制器或另一个计算机处理器(未示出)可以使用输出信号来监视采油机输出并基于这样的信号,分析并报告采油机的性能。此外,基于第一压力传感器和第二压力传感器之间的压力差数据,控制器或其他计算机可以处理输出信号以总计出在一段时间内从井口泵出的油和/或水的量。如上所述,采油机监视和控制系统可以包括用于与另一计算机设备进行数据通信的无线收发器。

[0051] 采油机监视和控制系统710还可以处理来自传感器610的数据,并修改采油机的操作以优化从井口提取油。例如,该系统可以用于基于来自传感器610的实时输出信号来确定是否有油、水或气体正在被泵送并通过传感器。并且,基于这样的确定,可以相应地继续、停止或以其他方式调节采油机的操作。作为示例,在检测到油的泵送时,继续进行采油机的操作,而在检测到水或气体时,可以停止或修改采油机的操作。在一实施例中,系统基于由传感器产生的压力信号和电容信号来确定或区分传感器中的流体的类型。

[0052] a) 油=高行程压力与低电容的组合;

[0053] b) 水=高行程压力加上高电容;和/或

[0054] c) 气体=低行程压力与低/振荡电容的组合。

[0055] 如图20所示,例如,采油机的每个行程在输入传感器和输出传感器(分别为630和640)之间的压力差(610)中产生压力“峰值”。并且,当流体从油转变为水时,在图表中大约80秒时,压力曲线的变化与测得的电容量的相似增加同时发生(也与二维文丘里管中的水而不是油一致)。

[0056] 如图21所示,当采油机启动并且开始将流体泵送通过传感器时,观察到的压力差(或绝对压力)最初增加(例如,压力建立区域410)到标称水平之上。并且图如22所示,当井中蓄积的流体已经被抽出时(例如,井抽出区域420),压力减小回到接近标称压力水平。

[0057] 图23说明了控制器是如何记录整个泵送周期的时间序列。数据的收集允许进行后处理以计算体积/含水率数据,然后可以使用该数据来激励更高的测量精度。每当从井中抽出流体时,都可以预期该流体可能是油和水的混合物。通常,“含水率”是泵送的油/水的比

例或百分比。例如,对于测试良好的井(例如参见图23),被泵送的流体的95%以上可以是水。因此,含水率将表征为95%。在整个采油机周期中收集的数据的可用性和分析有助于“学习”的使用,包括与先前数据进行比较以及数据中的模式检测,以便于根据过去的采油机/油井性能数据调整控制参数。并且,如上面和图24中所建议的,来自传感器的数据还可以用于允许系统检测从井泵送并通过传感器的流体中的气体或泡沫的存在。例如,曲线图的区域430示出了低压力加上低/振荡电容的组合,其可以指示泡沫或气体的存在。

[0058] 采油系统

[0059] 已经描述了采油工具和适用于油田1110的输出监视系统,现在将注意力转向图25-图27。图25中示出了多个井1120,每个井具有与之相关联的泵或其他机构,用于从井中提取和收集液体(包括油)。如图14-图19所示,至少一个井还具有地面监视系统1130,该地面监视系统1130与井可操作地相关联,由此监视系统能够产生指示从井1120产出的油的量的数据。地面监视系统还能够通过一个或多个通信通道(有线通道、无线通道(例如卫星、微波、WiFi等))将表示油量和相关信息的数据存储和/或传输到远程站1150。该远程站1150包括计算机系统和数据存储能力,其中该计算机系统能够解析和分析从油田1110中的一个或多个井收集的数据,以便随时间评估该油田和特定井的性能。并响应各种过程和处理方式。这些处理中的一种可以包括使用地震或声能以适合于增加井的产量的方式来激励油田生产,从而总体上提高油田的性能。

[0060] 进一步参考图26,其中描绘了采油系统1210,其中在井眼1240内(例如,在液面或液面以下)采用了采油工具110,并且如图26所示由系统1250控制。用于增强储油层内油的采收的采油系统1210包括加压流体源1260、用于在储油层1110内以波的形式传递地震波能量的潜油采油工具110,其用于改变储油层中的残留油的毛细作用力、以及控制系统1250,其适于监视和控制至少包括采油工具和加压流体源的系统组件,以便在储层内产生或生成地震波/声波能量。采油工具110包括壳体和可操作地位于壳体内部的无框无刷电机,如上面详细所述,以接收加压流体,并响应电力,通过转子端口和定子端口的对准将加压流体释放来产生地震波/声能波。

[0061] 加压流体源包括可补充流体(例如水)的储槽1264、加压系统,该加压系统用于对来自储槽的流体进行加压并使加压后的流体通过导管1268到达采油工具110。加压系统包括由电机1270驱动的泵1272,与过滤器1274结合,以及至少一个传感器1276(例如,来自泵的流体供应压力(P)、到采油工具的流体流速(F)、泵电机电流(A)、在过滤器的流体背压(P_b)等)产生信号并将该信号发送到该控制系统。

[0062] 如图26所示,控制系统1250还包括可编程逻辑控制器1280、单板计算机1282和至少一个外部通信收发器(Tx/Rx 1284)(例如,WiFi、蓝牙、以太网、卫星调制解调器(铱))。逻辑控制器使用多核微控制器,并通过与采油工具110中的泵电机1270和无框无刷电机两者交互并向其提供控制信号和/或电源(例如,电机的控制/接触器)来提供低级控制,并且其中单板计算机可操作地连接以与可编程逻辑控制器交换命令和数据,以实现采油系统1210的各种操作,以便始终如一地产生地震波能量。在一个实施例中,单板计算机1282采用基于Linux的操作系统,并且所存储的程序指令被用于多种功能。将会认识到,采油系统通过外部通信收发器,并与单板计算机结合,实现了采油系统的自主和远程控制。这样的远程控制可以经由如图25所示的远程站1150来实现,由此对系统1210的操作、控制和监视可以远程

地或在集中控制台上完成。除其他数据外,采油系统还允许远程监视和控制系统的运行参数(例如传感器数据、控制状态、系统故障等),并激励远程生成命令以调整某些参数(例如,采油工具的电机速度(即频率))。能够调节采油工具的操作的能力具有避免进行油田的预研究以便预先确定期望的操作特性的时间和成本的潜力。实际上,可以在油田内部署采油工具,并且可以使用先前描述的监视设备对操作进行监视和调整,以优化性能并针对油田进行“调整”。

[0063] 为了提供可靠的性能,系统的各个组件可以被优化。例如,用于将加压流体提供给采油工具110的导管1268能够处理高达至少1500psi的流体压力,尽管正常工作压力通常在约250至约350psig的范围内。此外,在一个实施例中,导管可以由柔性的(可缠绕的)材料形成,该柔性的(可缠绕的)材料适于在卷轴上重复地缠绕和解绕,以在井眼内升高和降低工具,其中,导管还用作脐带连接,连接至采油工具并且能够降低和升高该采油工具以调节其相对于井眼1240的深度。可选地,与其是挠性的,导管也可以由通常是刚性的材料(例如,具有端对端组装的管道的不锈钢桁条)形成,其中,具有管道的不锈钢桁条用作脐带连接,连接至采油工具并且能够降低和升高该采油工具相对于井眼的位置。

[0064] 总而言之,在图25-25中所描绘的系统能够在流体介质内产生声波以激励储油层内的采油。该系统包括加压流体源1260,其中该源包括可补充流体(例如水)的储槽1264和加压系统(电机1270、泵1272、过滤器1274和传感器1276),该加压系统用于对来自储槽的流体进行加压并使加压流体流过导管,导管1268在采油工具110的另一端终止。并且,如上所述,采油工具通常保有细长的且大致圆柱形的壳体,该壳体适于穿过井眼。工具本身包括蓄积件;能量传递部分(可能包括压力传递阀)、无框电机、具有输出端口的空心轴转子以及具有相应输出端口的定子,由此一旦在转子端口和定子端口对准,流体能量能被传递,并且其中无框电机可操作地连接至空心轴转子使流体从中流过至蓄积件。通过可编程逻辑控制器经由与导管相关的载流导线,将来自地面的电力提供给无框电机。

[0065] 如上所述,采油工具和其中的无框电机用作压力传递阀,其中,加压流体存储在蓄积件内并且随后通过端口传递到周围流体中,从而将地震波能量释放到工具周围的流体中。控制系统1250适于监视和控制至少采油工具和加压流体源,以便在储层内产生地震波。采油系统1210以大约10-100Hz之间,更优选地20-40Hz之间的频率产生地震波。

[0066] 将理解的是,可编程逻辑控制器1280和单板计算机1282分别包括用于操作它们的各自程序指令,并且单板计算机包括适于与可编程逻辑控制器交互并控制其某些操作的程序指令。如先前相对于图27所描述的,该系统还可以包括远程计算机或计算站1150,该远程计算机包括适合于存储程序指令的存储介质,其中该指令有助于经由一通信通道远程连接到单板计算机1282,该通信通道选自WiFi、蓝牙®、以太网和卫星调制解调器。使用远程计算机,既可以使用地面监视系统1130来监视油井的产量,又可以控制和调节采油工具110的地震输出,以便优化油田1110的产量。

[0067] 相对于系统1210描述的各种组件,如图25-图27所示,即使在遭遇电力波动和停电时,也需要保证操作可靠。为了确保系统1210在关机后能够运行或恢复运行,可编程逻辑控制器和/或单板计算机之一包括适于存储由系统生成的数据的非易失性存储器(NVM)。在一个实施例中,所存储的数据包括在至少两个事件(例如,计划断电或停电断电)之一之后系统是否正在执行重启的指示。

[0068] 参考图27,在图的顶部,示出了地面监视系统1130,其产生来自诸如文丘里管式传感器的传感器的输出,其中数据可以由处理器1252处理(例如,分类)以表征从相关井中的产油量或产油速率。然后,采油数据将被传递或进一步处理,在(例如,远程站1150)对该采油数据进行比较和对比,并且可以采用算法或其他人工智能操作来确定是否应该对采油系统1210的操作参数进行调整,由此远程站可以将新的参数设置(例如,频率、压力、深度)中继返回到该回收系统,以优化油田的性能。还将认识到,远程站可以处理来自多个油井监视和控制系统的输入,并且来自这样的监视和控制系统的采油数据可以被同时用于优化油田的一系列油井的生产,即使其中的一个或多个油井本身未必得到优化。总而言之,分类器(例如,处理器1252)分析从监视系统1130中的文丘里管传感器输出的原始数据,以自动检测油/水转换并从传感器数据中总计出产油量。产油数据随后被馈送到远程站,先进的算法和/或人工智能系统在该远程站收集生产数据并自动调整采油系统和工具的输出,从而自动优化油田性能。

[0069] 作为另一种选择,如图25所示的一些或全部组件可以包括:用于升高和降低柔性导管的电动卷轴1300,该电动卷轴1300可以安装在拖车上以使系统1210更便携。并且,在可被拖车装运的实施例中,还可能包括替代的、统一的和/或备用的电源系统,从而可以减少或消除由于系统所在地的电源中断而造成的停机时间。

[0070] 应该理解,对于本文描述的实施例的各种改变和修改对于本领域技术人员将是显而易见的。这样的改变和修改可以被执行而不背离本公开的精神和范围,并且不会降低其预期的优势。因此,可以预期的是,本申请涵盖了所有这些改变和修改。

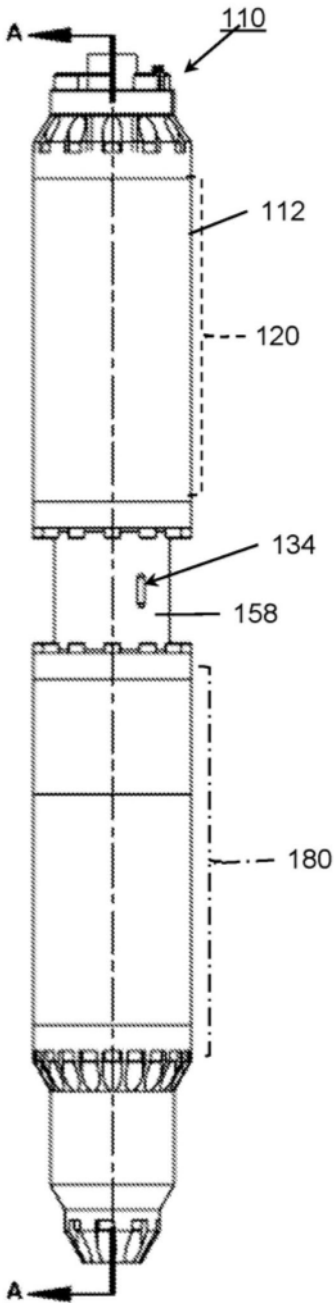


图1

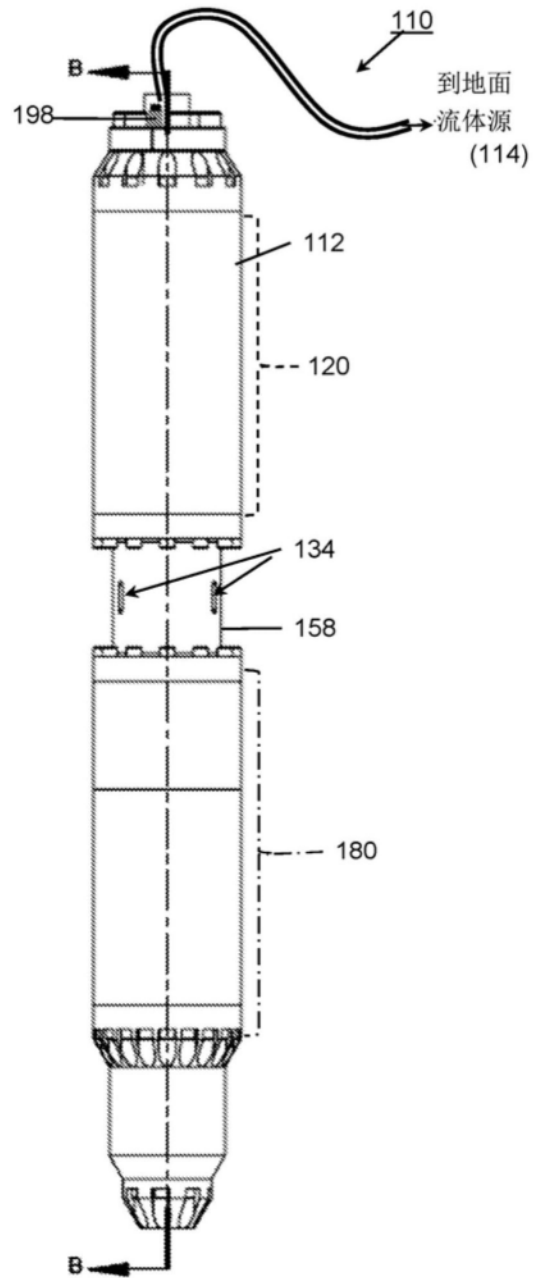


图2



图3

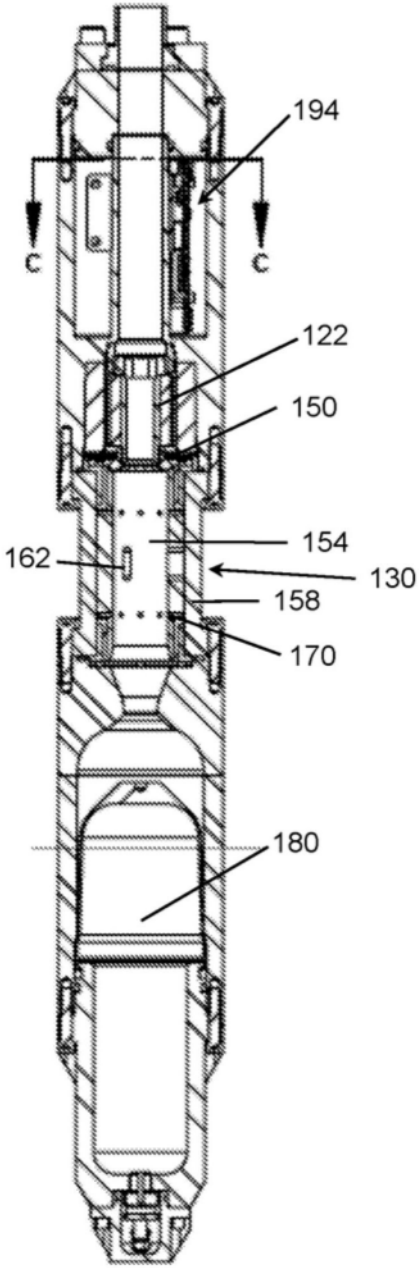


图4

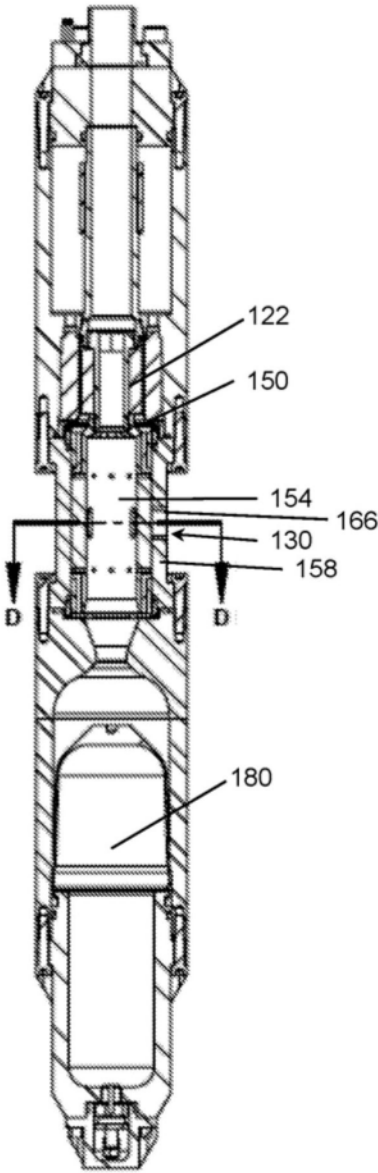


图5

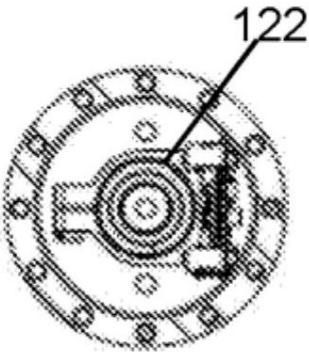


图6

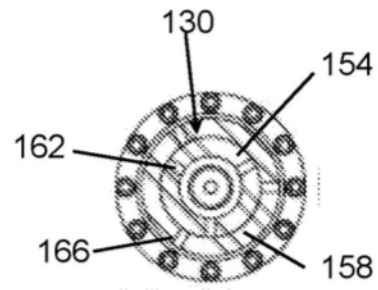


图7

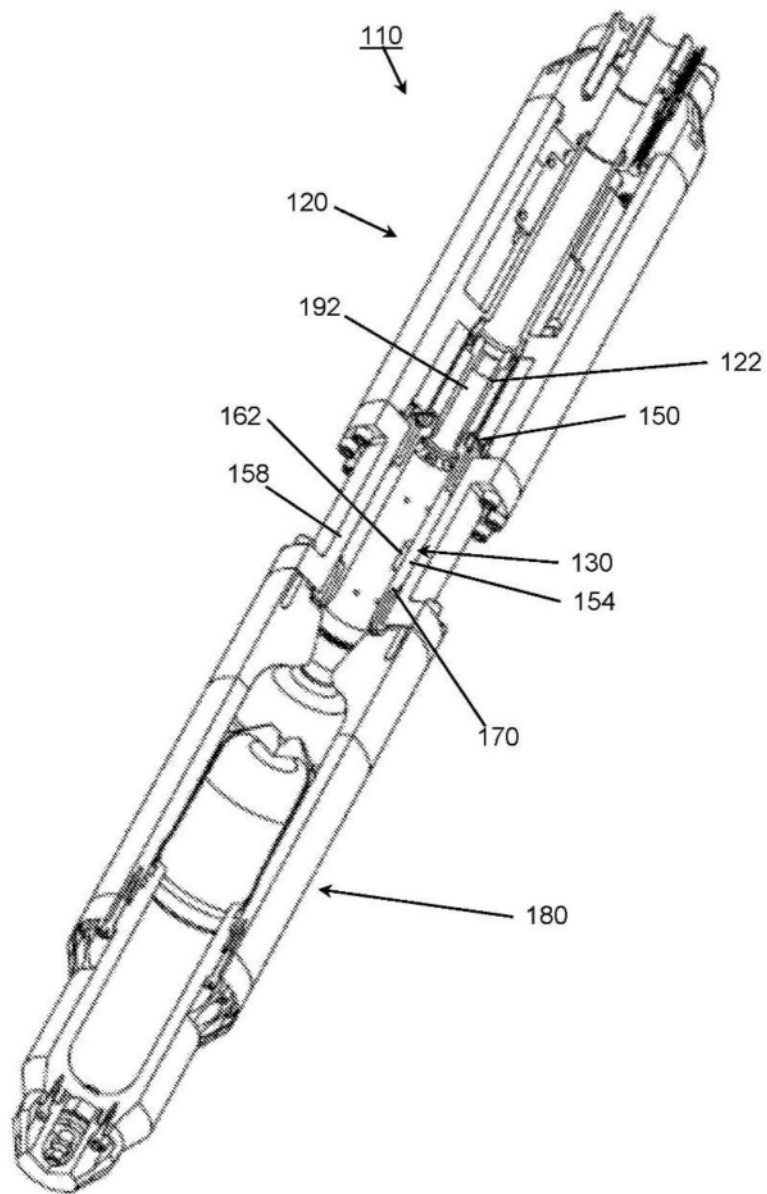


图8

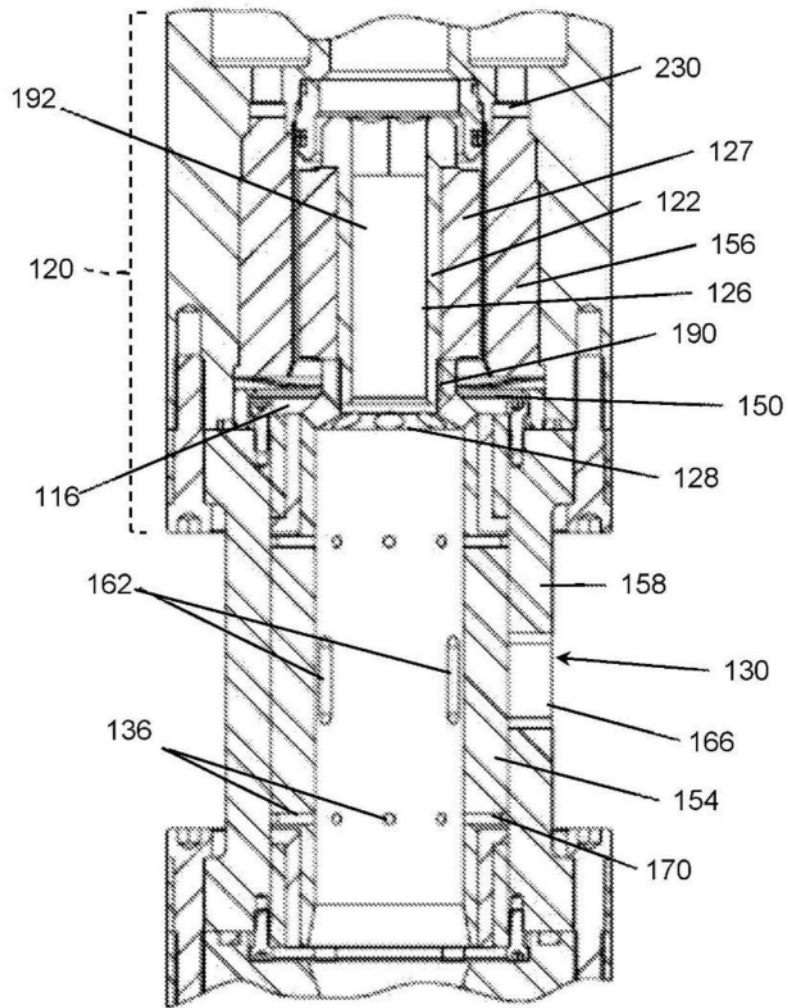


图9

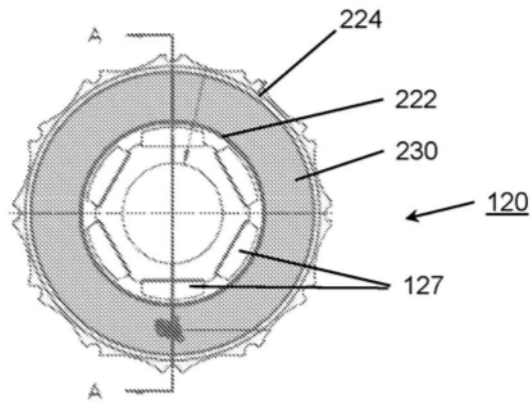


图11

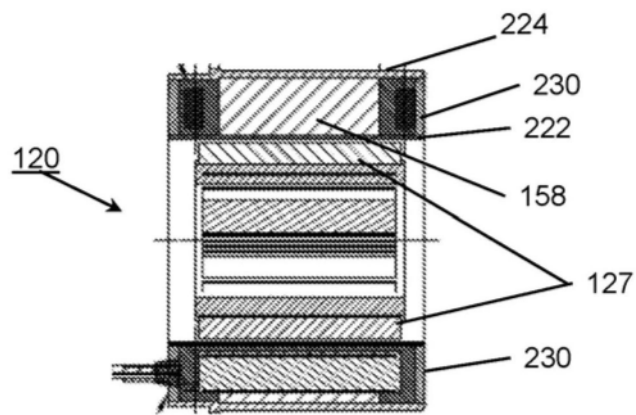


图12

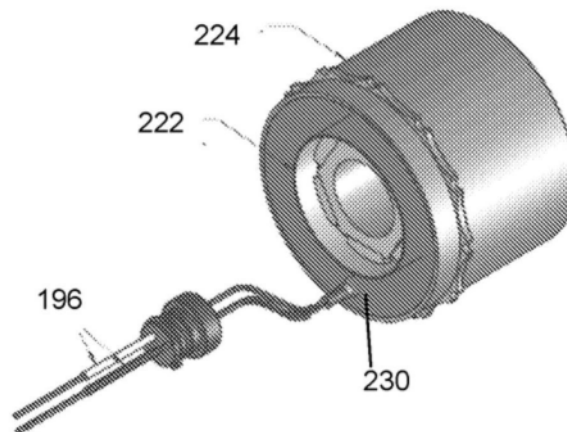


图13

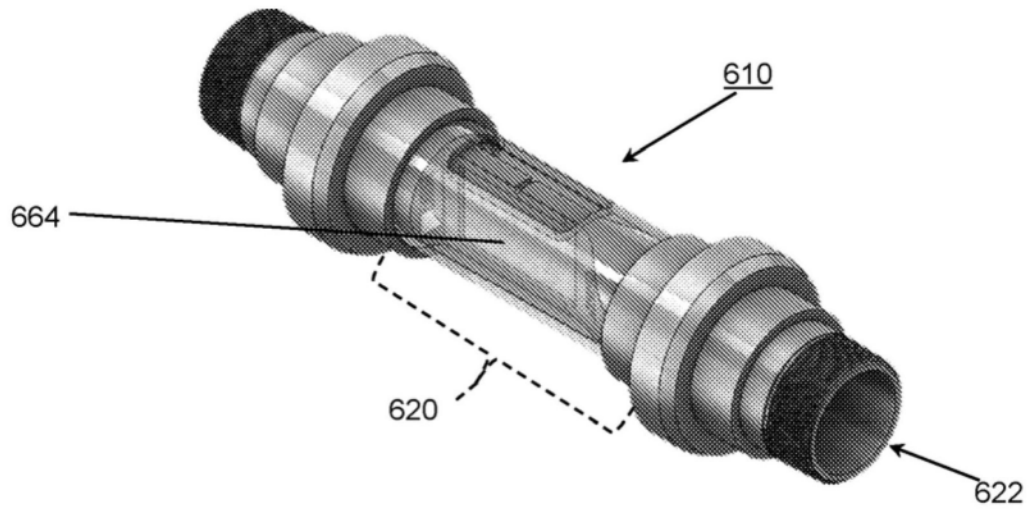


图14

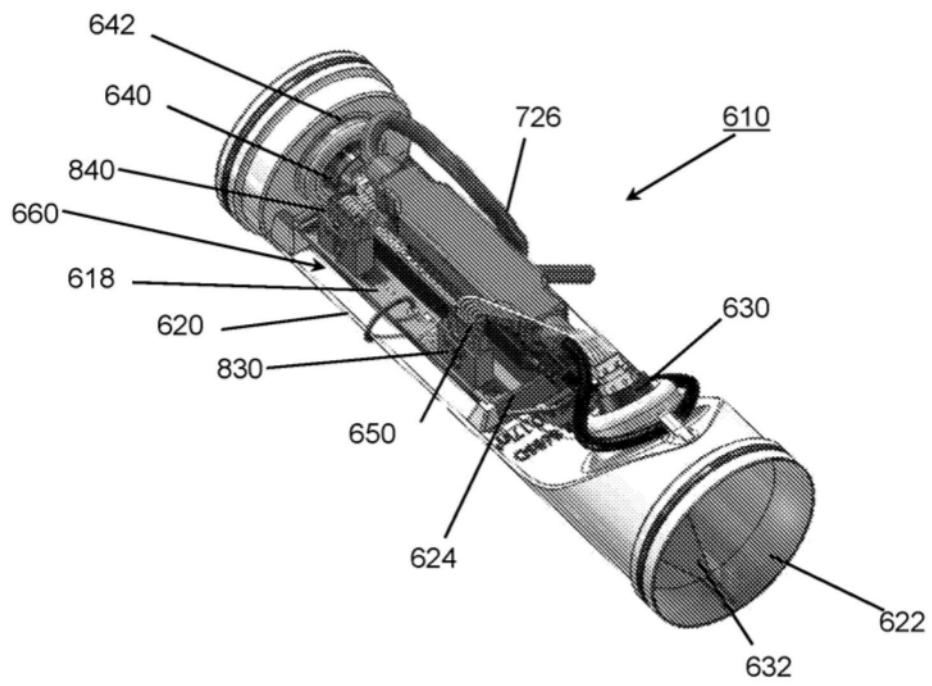


图15

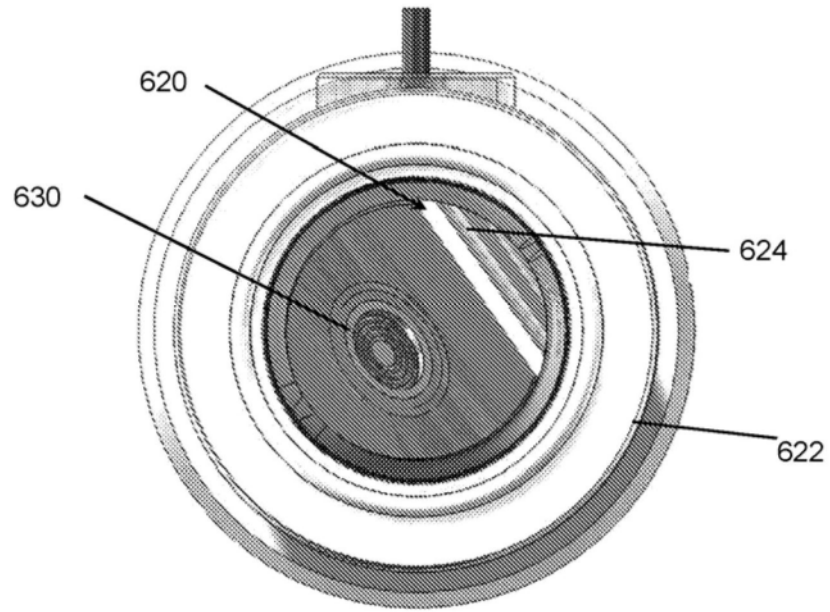


图16

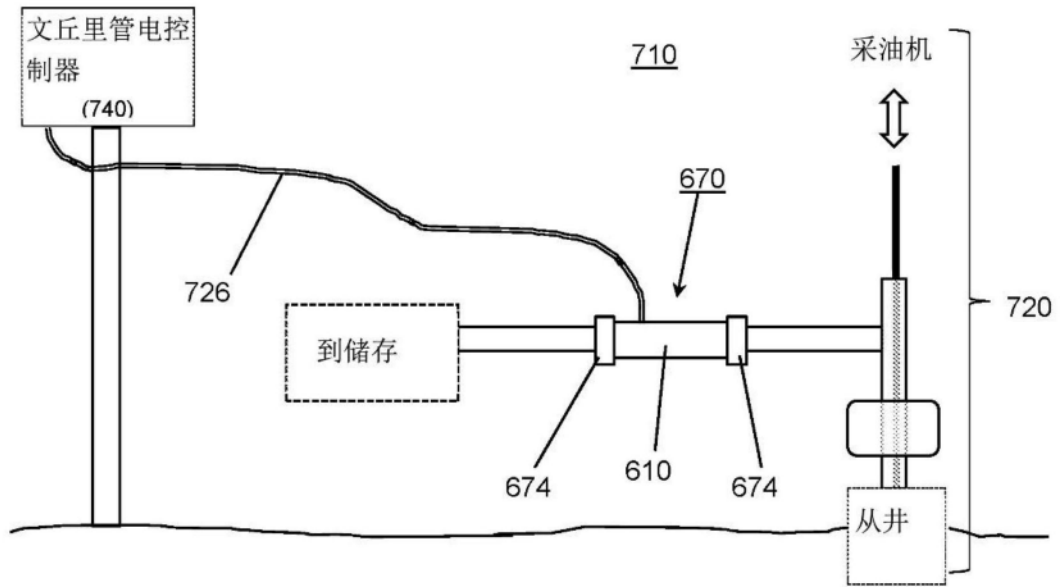


图18

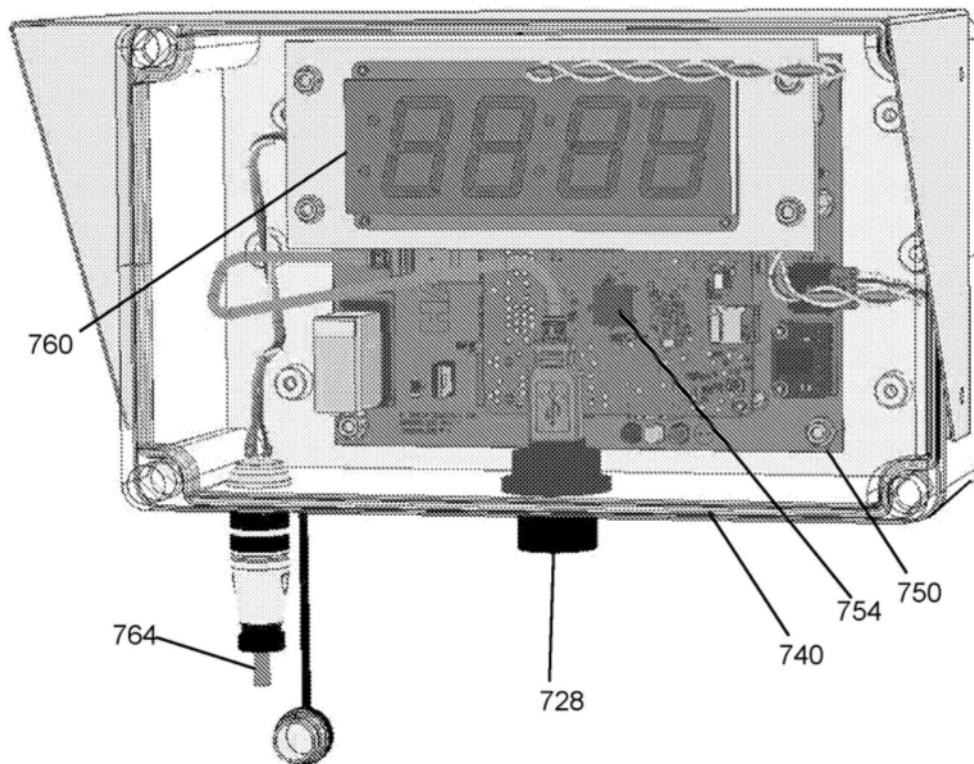


图19

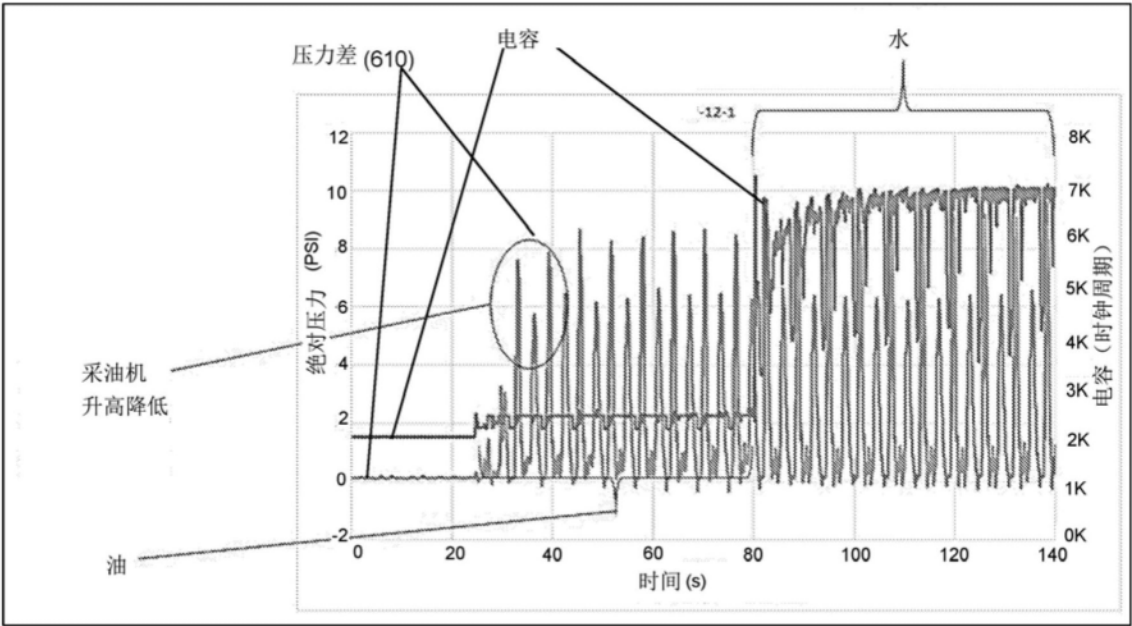


图20

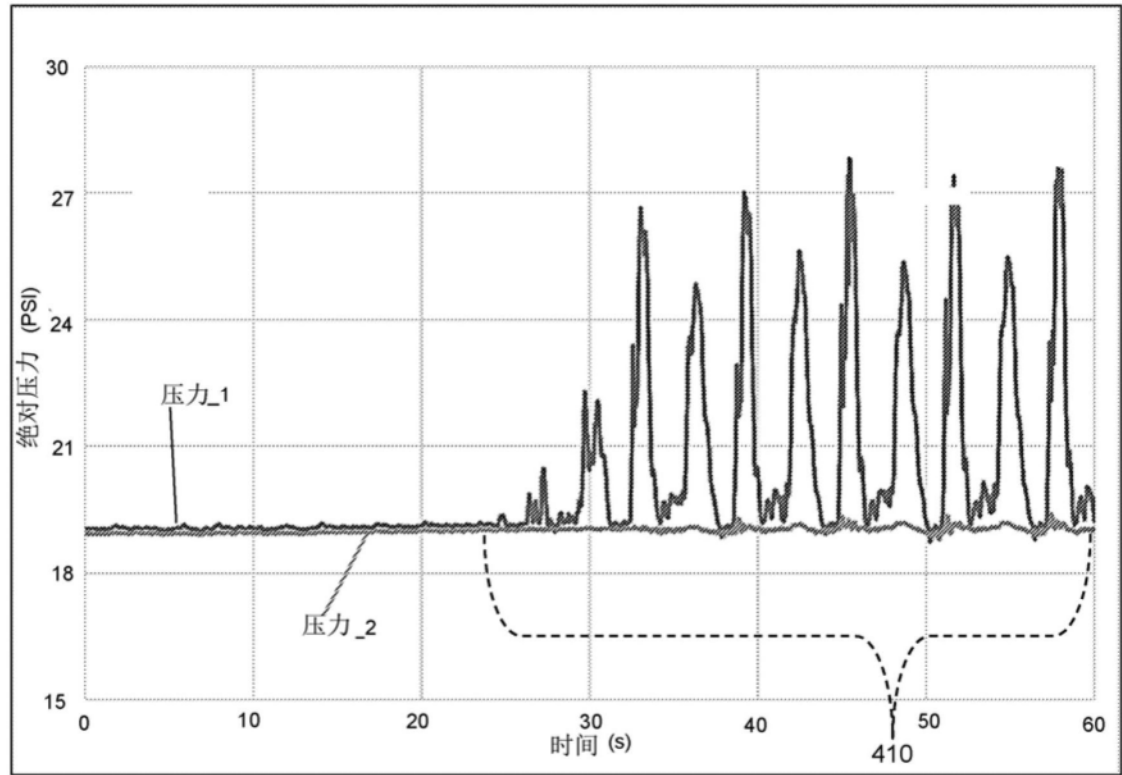


图21

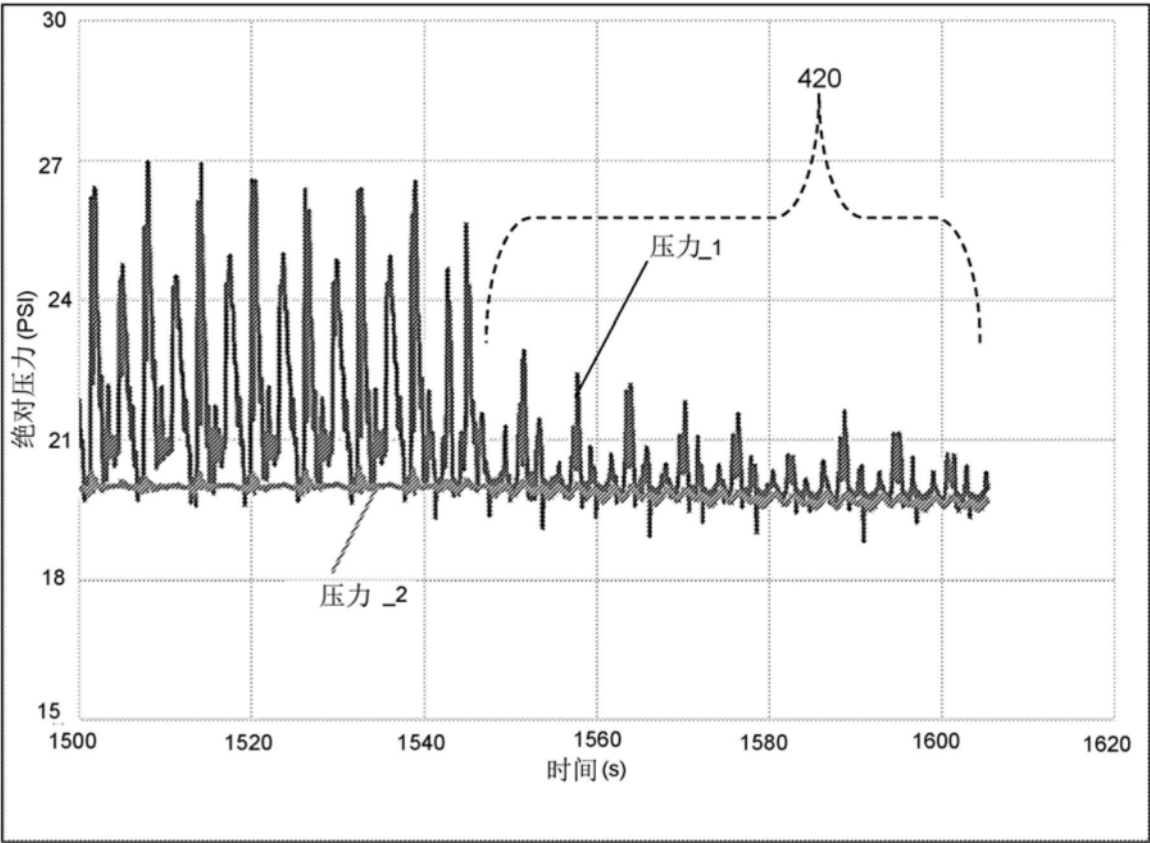


图22

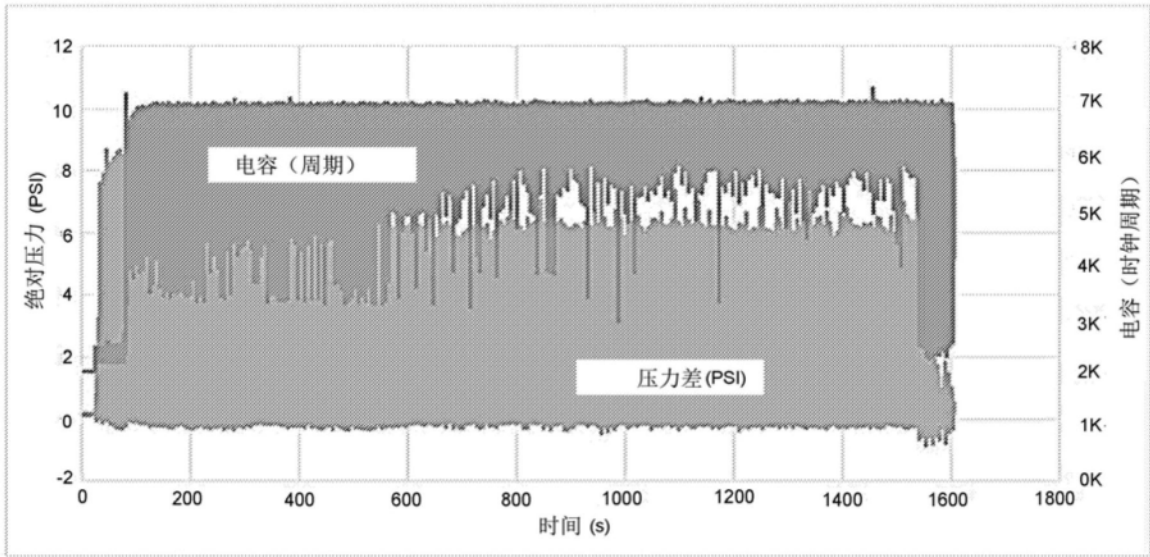


图23

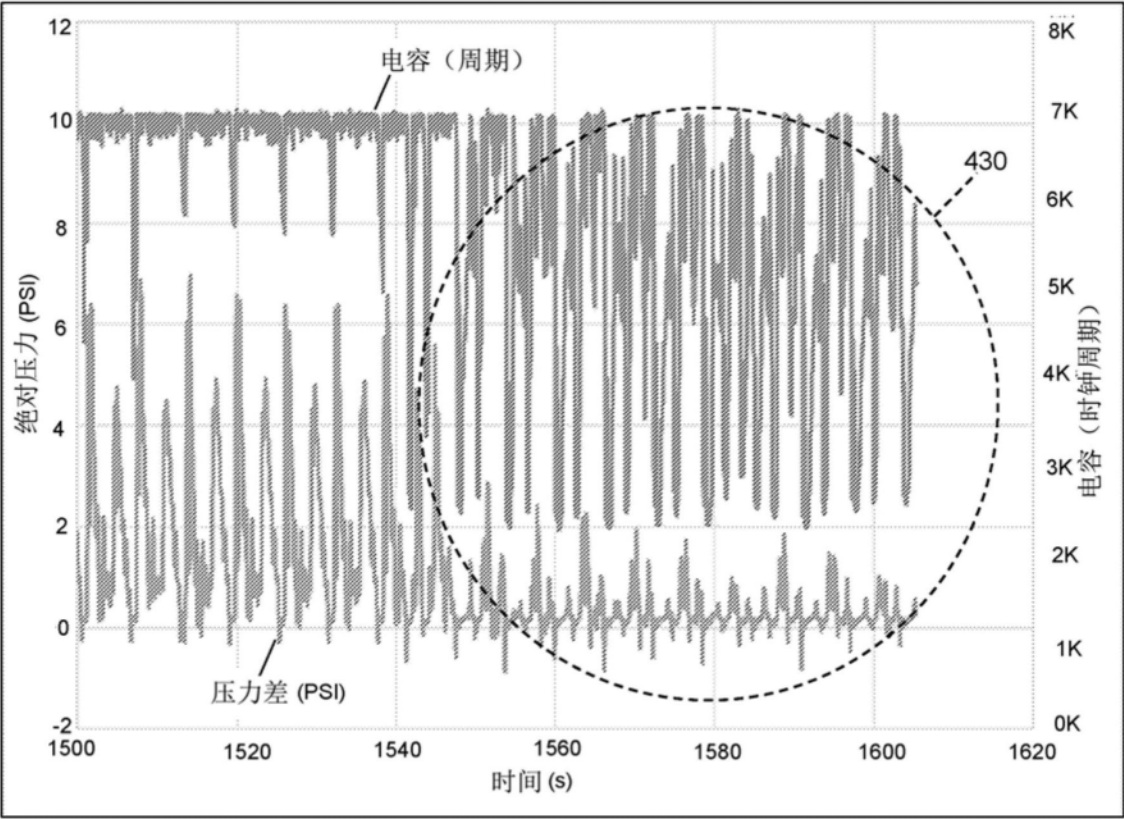


图24

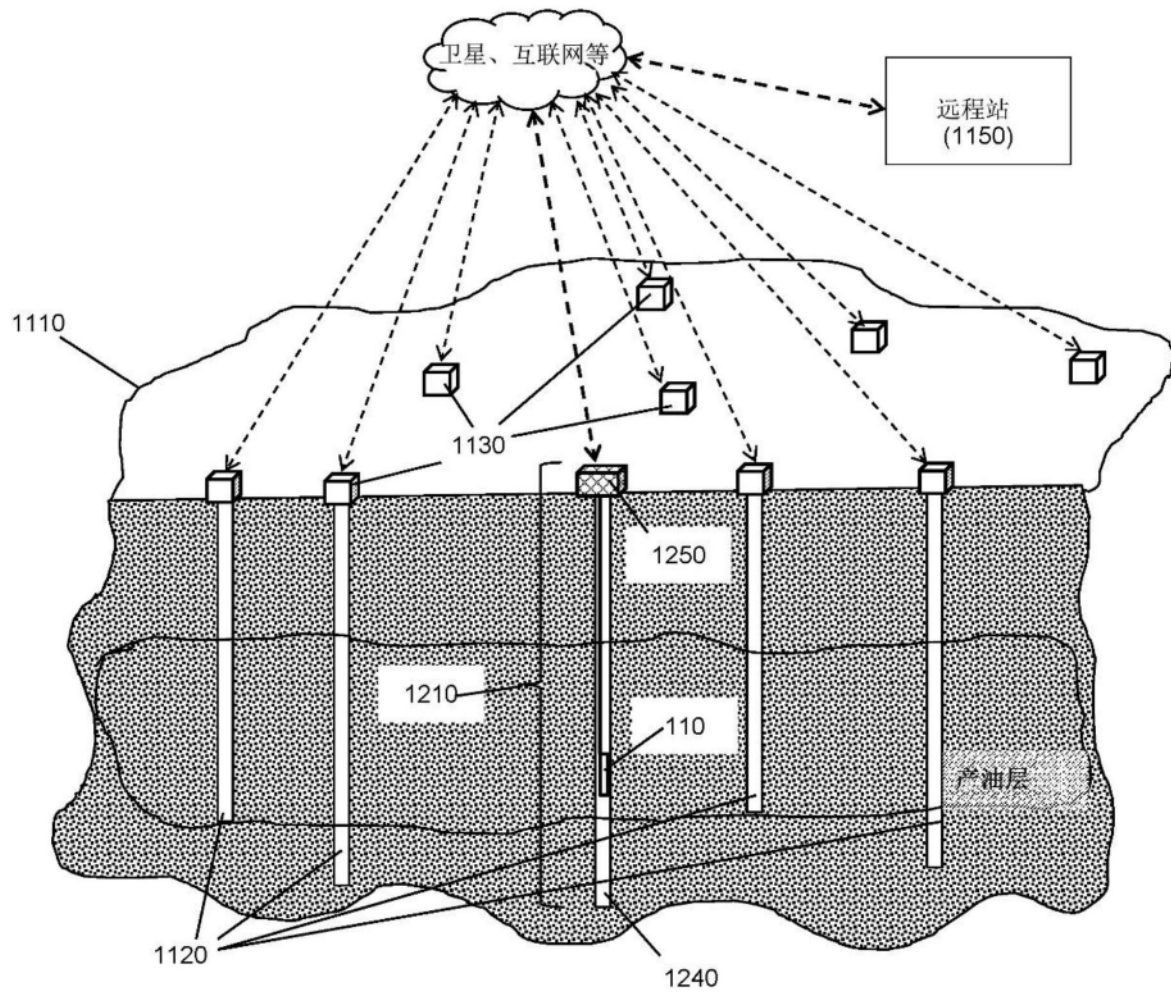


图25

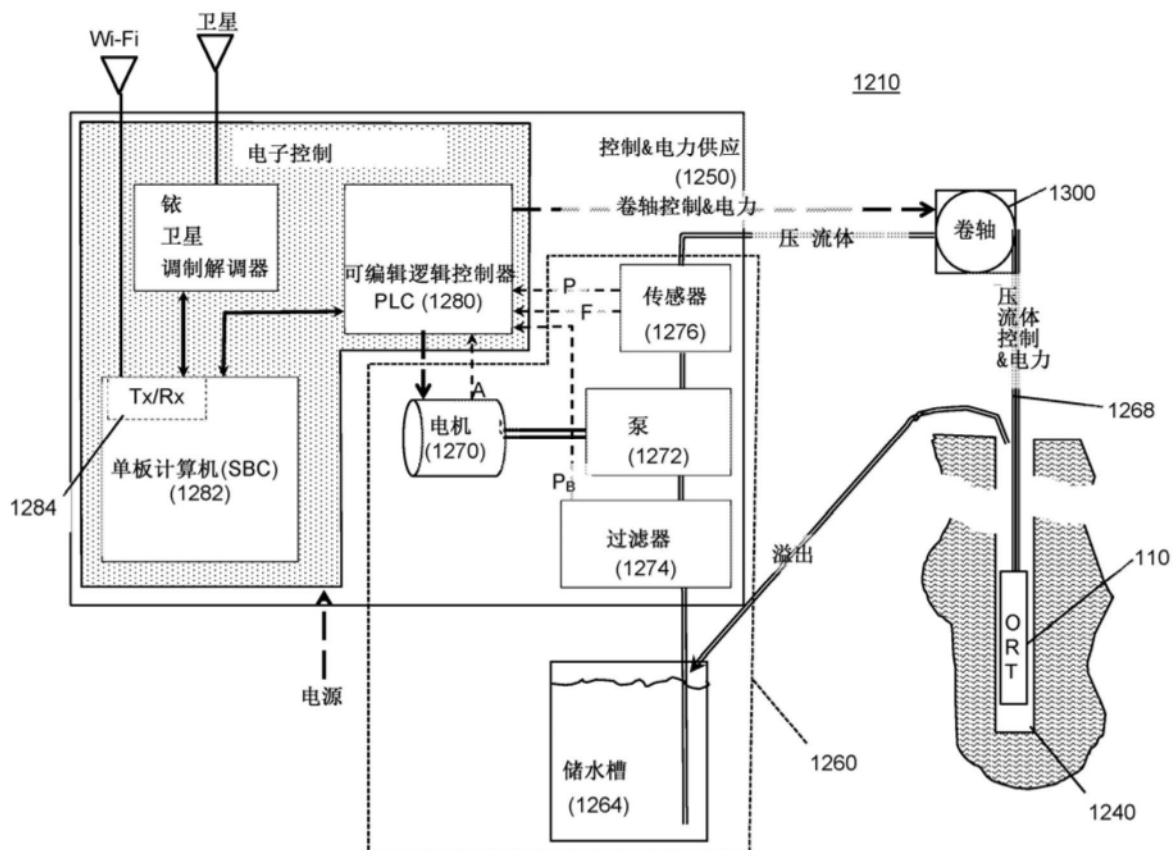


图26

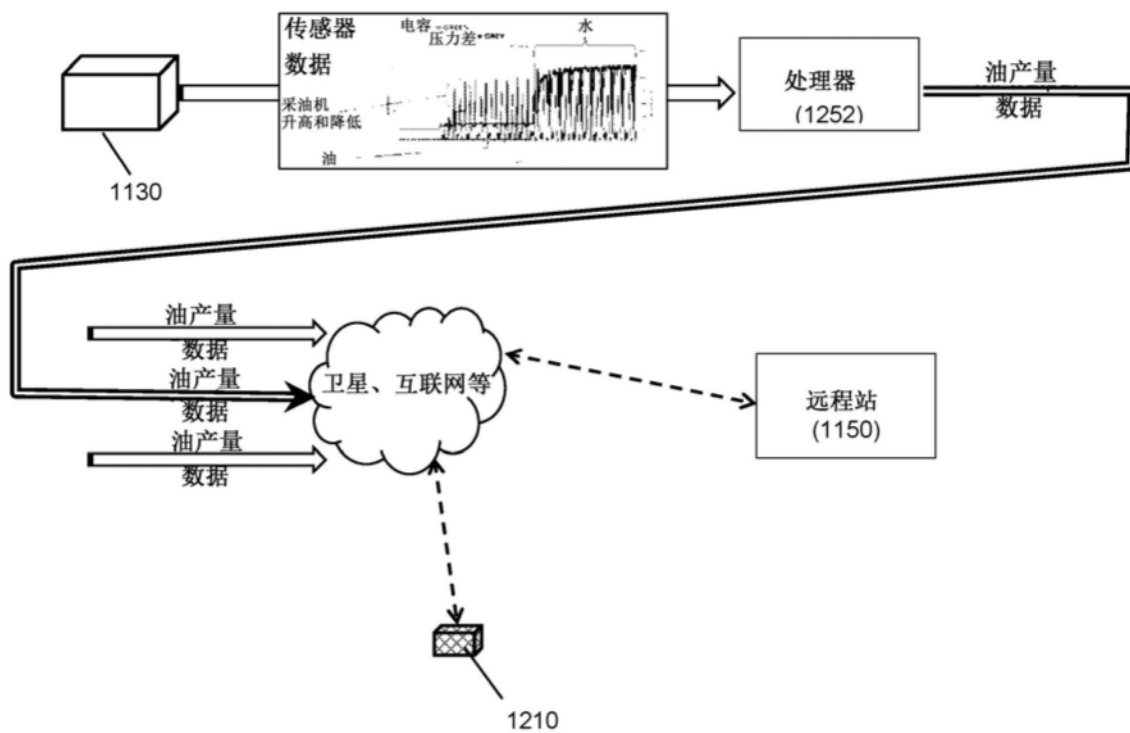


图27