



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107735546 B

(45) 授权公告日 2020.12.01

(21) 申请号 201680039063.5

(22) 申请日 2016.04.27

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 107735546 A

(43) 申请公布日 2018.02.23

(30) 优先权数据  
14/701,567 2015.05.01 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2017.12.29

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/GB2016/051189 2016.04.27

(87) PCT国际申请的公布数据  
W02016/177996 EN 2016.11.10

(73) 专利权人 齐立富控股有限公司

地址 英国阿伯丁郡

(72) 发明人 雷恩·麦克莱恩 肯尼斯·西尔斯  
艾德文·库茨

(74) 专利代理机构 中科专利商标代理有限责任  
公司 11021

代理人 郭雪茹

(51) Int.Cl.  
E21B 43/12 (2006.01)  
E21B 19/22 (2006.01)

审查员 王飞

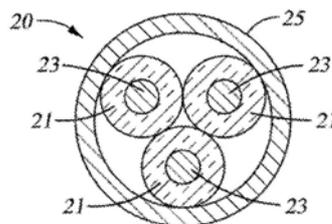
权利要求书2页 说明书11页 附图5页

## (54) 发明名称

用于将电负载装置部署在井眼中的方法和系统

## (57) 摘要

一种用于将泵系统部署在井眼中的方法,包括:将泵系统联接至油管封装缆线的一个端部。缆线延伸到被钻进通过地下流体开采地层的井眼中。油管封装缆线具有外管,所述外管从其连接至泵系统的端部大致连续地延伸至缆线的地面端部。外管由被选择以阻止井眼中的流体进入外管的内部的材料制成。缆线包括设置在外管内部的至少一个电导体,其中所述至少一个电导体的额定负载电流被选择,以使得被电负载装置汲取的大致连续电流超过所述至少一个电导体的额定电流。



1. 一种用于将电负载装置部署在井眼中的方法,包括:  
将电负载装置电联接并机械联接至设置在绞车上的油管封装缆线,所述油管封装缆线包括外管,并包括设置在所述外管内部的至少一个电导体;和  
使油管封装缆线和电负载装置延伸到井眼中;  
选择所述至少一个电导体的横截面面积以为所述至少一个电导体提供额定电流;  
使所述电负载装置以比所述至少一个电导体的额定电流高的电流操作,其中所述至少一个电导体具有比被所述电负载装置汲取的大致连续电流低的额定电流;  
其中所述外管阻止井眼中的流体进入外管的内部。
2. 根据权利要求1所述的方法,包括使油管封装缆线和电负载装置延伸到被钻进通过地下流体开采地层的井眼中。
3. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,基于井眼内的流体的速度、流体的热容量、流体的温度和缆线的热导率中的至少一个选择所述至少一个电导体的横截面面积。
4. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述至少一个电导体的横截面面积最多为2.05mm。
5. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述至少一个电导体的横截面面积最多为2.59mm。
6. 根据权利要求1或2所述的方法,包括使油管封装缆线和电负载装置延伸到被钻进通过地下流体开采地层的井眼中,其中基于在所述井眼中从流体开采地层移动至地面的流体的速度、从流体开采地层进入井眼的流体的温度和流体的热容量选择所述至少一个电导体的横截面面积。
7. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述外管由被选择以阻止井眼中的流体进入外管的内部的材料制成。
8. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述电负载装置包括电动机。
9. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述电动机是永磁电动机。
10. 根据权利要求8所述的方法,其中,所述电动机以至少5400每分钟转数的旋转速度操作。
11. 根据权利要求9所述的方法,其中,所述电动机以至少5400每分钟转数的旋转速度操作。
12. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述电负载装置包括井眼泵系统,所述井眼泵系统包括由电动机驱动的泵。
13. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述井眼泵系统的外径最多为114.3mm。
14. 根据权利要求12所述的方法,其中所述电动机安装在所述泵上方。
15. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述泵是离心泵。
16. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述泵是容积式泵。
17. 根据权利要求12所述的方法,其中,所述泵是螺杆泵。
18. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述油管封装缆线的外径最多为14mm。
19. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述外管由不锈钢制成。
20. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述外管具有最多1.73mm的壁厚。
21. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,被所述电负载装置汲取的所述大致连续电流

为所述至少一个电导体的额定电流的至少125%。

22. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,被所述电负载装置汲取的所述大致连续电流为所述至少一个电导体的额定电流的至少300%。

23. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,被所述电负载装置汲取的所述大致连续电流在每平方毫米的导体横截面面积内为至少6安培。

24. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,被所述电负载装置汲取的大致连续电流在每平方毫米的导体横截面面积内为至少10安培。

25. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,施加到所述油管封装缆线的地面端部的电压为至少600伏。

26. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,施加到所述油管封装缆线的地面端部的电压为至少3000伏。

27. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述电负载装置联接至所述油管封装缆线的第一端部。

28. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述油管封装缆线从其第一端部大致连续地延伸至所述油管封装缆线的地面端部。

29. 根据权利要求1或2所述的方法,其中,所述至少一个电导体的横截面面积被选择,以使得由所述大致连续电流引起的所述至少一个电导体在空气中的温度升高导致以下结果中的至少一种:

(i) 将所述至少一个电导体的弹性极限降低到施加到所述至少一个电导体的张应力以下;

(ii) 所述至少一个电导体的氧化;和

(iii) 所述至少一个电导体上的绝缘的热降解。

30. 一种井眼系统,包括:

井下电负载装置,所述井下电负载装置定位在井眼内,所述井下电负载装置当被操作时汲取预定连续电流;和

能够卷绕的油管封装缆线,所述油管封装缆线电联接并机械联接至所述井下电负载装置,其中所述油管封装缆线包括外管,所述外管阻止井眼中的流体进入外管的内部,所述油管封装缆线包括设置在所述外管内部的至少一个电导体,其中所述至少一个电导体具有被选择以为所述至少一个电导体提供一额定电流的横截面面积,其中所述额定电流低于被所述电负载装置汲取的大致连续电流。

31. 一种能够卷绕的油管封装缆线,其将被电联接并机械联接至井下电负载装置,其中所述油管封装缆线包括:

外管,当被部署在井眼中时,所述外管阻止所述井眼中的流体进入外管的内部;和

至少一个电导体,所述至少一个电导体设置在所述外管内部,其中所述至少一个电导体具有被选择以为所述至少一个电导体提供一额定电流的横截面面积,其中所述额定电流低于被所连接的电负载装置汲取的大致连续电流。

## 用于将电负载装置部署在井眼中的方法和系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及电潜泵 (ESP)、泵系统和用于将这种泵系统部署在地下井眼中的方法的领域。更具体地,本发明涉及利用创新设备进行ESP部署,其中动力利用设置在ESP排放流体中的油管封装缆线 (TEC) 被供应到ESP系统,其中TEC企图以比接受的电缆选择实践更高的电流密度进行操作,从而使缆线卷绕设备的电缆直径、重量、成本、规模、完成的复杂性和/或随后基建费用最小化。

### 背景技术

[0002] 电潜泵 (ESP) 的使用是大家所熟知的,其具有将油气从井限进行人工升举和从气井中移除水 (除水) 以及其它使用方面的优势。例如,用于将电潜泵部署在小直径螺纹连接油管 (具有相对较小的直径以增加开采流体到地面的速度) 的方法需要使用诸如修井机的井眼管道升举装置,而部署的成本相当大,这在较小的井的情况下可能会抑制资源的开发。

[0003] 已经研发了部分‘无修井机’ESP部署方法,包括那些利用井下“湿”连接YI使得ESP可以部署在非电气缆线上并利用之前安装在井眼油管上的特殊连接器建立井下电连接,但是这种方法仍然需要油管被特殊装配。这种装配需要使用修井或其它钻机以在井下“湿”连接、缆线和井口穿透器中任一个出现故障时制备井眼。

[0004] 将改型的ESP部署在电源缆线上认为是理想的,然而,已经证明利用传统ESP和诸如外部铠装电缆的ESP缆线进行这种部署是不切实际。ESP电源缆线将需要的电力从电源传输至设置在井眼中的ESP电动机 (一个或多个)。ESP电源缆线通常被专门构成为用于在地下环境中使用的特别设计的三相电源缆线。在本领域所公知的技术中,ESP部署方法和系统中的电潜泵电源缆线从地面控制阀组件下方被捆绑或夹持到开采油管的外部,地面控制阀组件连接至井套管的顶部而开采油管 (“进口装置”) 连接至电潜泵系统。这种缆线不能被设计成支撑其自身重量。

[0005] 用于ESP系统的部署的缆线必须具有足够的拉伸强度以支撑其自身重量、ESP系统的重量、允许超载提升 (基于重量和深度超过缆线额定操作拉伸极限施加到缆线的拉伸力加上由摩擦和缆线和ESP通过其被下入到井眼中的其它装置产生的ESP系统重量) 和安全系数。

[0006] ESP电力缆线中的电导体尺寸对缆线的外部尺寸、缆线的重量及其成本具有相当大的影响。利用本领域所公知的设计原理通过确定需要基本上连续操作电动机 (一个或多个) 和电潜泵系统中的任何其它电动部件的电流总量,并且利用从常见的标准尺寸的电导体中选择适当的电导体尺寸的电气设备行业标准参照表 (在下方阐述实例) 来选择电导体尺寸。通常,电导体尺寸基于满载电潜泵电动机工作电流,然而,电潜泵通常使用感应电动机,在使用感应电动机的情况下,电动机启动电流可以是选择电力电源缆线导体的载流容量 (和最终尺寸) 的重要有效因素。

[0007] 被认为建立上述用于电导体的行业标准参考表的一个重要因素是限制缆线中的

由于电阻导致的电力损耗。通常可接受的范围是将损耗限制到从地面供应的电量的大约2%至5%。一个采用标准是由美国石油学院出版的美国石油学会推荐实施(RP) 11S4, 华盛顿美国石油学会推荐实施11S4提出了从电源到电潜泵的整个缆线长度的最大5%的电压降将提供合理的操作效率。电压降与缆线的长度(即, 缆线在井眼中的深度)、缆线导体的单位长度电阻、和电潜泵系统所使用的总电流(是否是满运行负载还是启动负载电流)有关。在传统的电潜泵安装时, 由于地面处的固定或限制电压, 长缆线可能会产生缆线的电压降以使得电动机处的电压不足。因此, 将选择较大的导体。在地面电源中的变压器的情况下, 缆线的地面端部处的电压可能会增加以补偿缆线电压降, 从而在电动机处保持足够的电压。因此, 5%的电压降不需要成为限制因素。

[0008] 除了电源和电潜泵之间的功率损耗之外, 这需要来自地面电源的附加功率以在电潜泵系统处提供所需的电力, 电阻损耗致使电力电源缆线变热。过热可能会导致缆线恶化并最终变得不可用。为确定在其应用中具有可允许的导体温度, 可以使用电力电缆“载流容量”图(载流容量表示安培容量, 并与缆线温度有关)。

[0009] 由美国NY10016-5997的第三帕克大街的美国电气和电子工程师学会出版的‘用于指定电潜泵缆线-乙烯-丙烯橡胶绝缘的推荐实施’中的美国电气和电子工程师学会标准1018-2013提供用以确定电潜泵使用的电缆载流容量的指导, 并包括标准参考表。

[0010] 此外, 由于缆线和安装的高成本, 通常来说, 电缆导体规格非常保守, 即, 电缆被选择以具有比足以承载从地面到电潜泵系统所需的电力相当大的载流容量。API RP 11 S4中注释了使用大导体将通过减少由缆线中电流流动所引起的内部发热来改善缆线寿命。

[0011] 上述考虑可能会导致缆线具有相对大、复杂、沉重且昂贵的规格。为了提供耐磨性和拉伸强度, 本领域所公知的电力缆线具有成螺旋形旋绕在缆线外部的多个小直径钢或其它高强度金属线防护件。这种防护件可能会限制电力缆线的可允许的最小弯曲半径, 并可能会使电力缆线的密封复杂化, 其中缆线穿过在井眼的地面端部(“井口装置”)处的阀和相关设备以连接至地面电源和相关的控制系统。为了提供额外保护, 一些铠装电缆包括铅护套, 例如授予给Neuroth等人的第5, 414, 217号美国专利中所述。具有这些特征的电力缆线认为在与部署设备相关的使用中是不合适的, 例如使用“钢丝绳”井介入和勘探设备(包括在维护压力密封时使钢丝绳通过井口装置的绞车和压力密封件)是不适合的。

[0012] 描述井眼部署电缆的要求的不同方面的多种装置在本领域是已知的。例如, 授予Brookbank等人的第5, 086, 196号美国专利通过背景技术进行了说明, 其中在该专利之前, 已知的缆线悬挂电潜泵系统要求特殊构造的缆线, 这是因为传统的三相电力缆线缺乏足够的拉伸强度来支撑电潜泵系统的重量。这种本发明之前在本领域已知的电潜泵电力缆线以及电导体可以具有结构支撑构件。一些本领域所公知的电力缆线难以使用和维护, 这是因为缆线结构的复杂性、拼接的困难性以及气体减压下缆线断裂的可能性。在将电潜泵系统部署在电力电源缆线上的早期努力通常导致缆线故障和废弃。近年来设计的悬挂电力电源缆线具有使用模制脊椎(moulded vertebrae)的更加复杂的缆线。

[0013] 另外要考虑的是将诸如井眼泵系统的电设备的部署到“活”井眼(即, 与流体开采地下地层流体连通的井眼)中。在这种井眼中的地面连接部(井口装置)处, 电力缆线受到与井口装置处的井眼流体压力与井眼电力缆线的横截面面积的乘积有关的作用力。必须采取特殊手段以承受作用在相对较大尺寸的传统电缆上的井眼流体压力产生的作用力, 这会增

加安装的成本和复杂性。

[0014] 使用电缆部署电潜泵系统时遇到的另一个问题是由于气体在电力缆线的构造中所使用的弹性体材料中分解之后缆线被快速解压而导致的气栓。当电力缆线从其中具有相当大的流体压力的井中退出时会出现快速解压。用于解决栓塞问题的本领域所公知的一个技术是将电力缆线的绝缘电导体封装在由双层交织的镀锌钢丝组成的编织物中。这种电缆结构被证明对容易产生由弹性体电绝缘和与包围编织物的不锈钢铠装线相互作用的护套材料的热膨胀引起的扭结。

[0015] Brookbank等人的‘196号专利描述了井眼部署电力缆线的另一个问题,并描述了在缆线部署泵送系统中使用的电机械缆线,该电机械缆线包括容纳层,所述容纳层包围电缆芯并被构造成在允许纵向膨胀的同时限制芯体向外径向膨胀。

[0016] 存在其它方法以简化地下井眼中使用的电力缆线的结构。例如,授予Vandevier的第4,928,771号美国专利公开了一种系统,其中单相交流电源从地面沿绝缘电导体被供应,且电流沿井眼套管返回。相位变换器在井下将单相交流电源转换为三相交流电源以用于驱动泵电动机。这简化了缆线,但是需要井下电力电子设备,这增添了复杂性和不可靠性的风险。

[0017] 上电缆中没有一个是被设计成利用“钢丝绳”绞车设备进行电潜泵系统部署,这是因为它们具有以下特性使得它们不合适用于这种部署:缆线对于典型的钢丝绳单元绞车过于沉重;较小、较轻的缆线具有不足以承载需要的负载(缆线重量、加上泵系统重量、加上移动摩擦损耗、加上由于井眼中的工具操作而导致的拉力改变)的拉伸强度;具有足够拉伸强度的缆线的最小弯曲半径对典型钢丝绳绞车卷筒来说过大;和当井眼处于静态(没有流动流体)时,这种缆线的最小外径可能太大而不能使电潜泵系统移动到在地面处具有流体压力的井眼中。“钢丝绳”绞车设备在现有技术中已知用于将测量和其他类型的电动井介入设备在铠装电缆的端部处部署到地下井眼中。这种外部铠装电缆的外径可以在大约0.1英寸(6mm)至大约0.5英寸(13mm)的范围内。另外,本领域所公知的包括螺旋形卷绕外部铠装线的铠装电缆因为外表面上的这种铠装线而需要具有粗糙的外表面,因此使得它们可能不适用于产生需要用于泵部署的长期井口压力屏障。

## 发明内容

[0018] 本发明的一个方面或实施例涉及一种用于将电负载装置部署在井眼中的方法。所述方法可以包括以下步骤:将电负载装置电联接并机械联接至设置在绞车上的油管封装缆线,并使所述油管封装缆线和电负载装置延伸到井眼中。

[0019] 油管封装缆线可以包括外管,所述外管阻止井眼中的流体进入外管的内部。油管封装缆线可以包括设置在所述外管内部的至少一个电导体,其中所述电负载装置汲取大于所述至少一个电导体的额定电流的大致连续电流。

[0020] 所述方法可以包括使油管封装缆线和电负载装置延伸到被钻进通过地下流体开采地层的井眼中。

[0021] 所述至少一个电导体的横截面面积可以被选择以为所述至少一个电导体提供比被所述电负载装置汲取的大致连续电流低的额定电流。

[0022] 可以基于井眼内的流体的速度、流体的热容量、流体的温度和缆线的热导率中的

至少一个选择所述至少一个电导体的横截面面积。

[0023] 至少一个电导体的横截面面积可以最多为0.0808英寸(2.05mm)。

[0024] 至少一个电导体的横截面面积可以最多为0.1019英寸(2.59mm)。

[0025] 所述方法可以包括使油管封装缆线和电负载装置延伸到被钻进通过地下流体开采地层的井眼中,其中可以基于在所述井眼中从流体开采地层移动至地面的流体的速度、流体的温度和从流体开采地层进入井眼的流体的热容量选择所述至少一个电导体的横截面面积。

[0026] 外管可以由被选择以阻止井眼中的流体进入外管的内部的材料制成。

[0027] 电负载装置可以包括电动机。电动机可以是或者包括永磁电动机。电动机可以以至少5,400每分钟转数的旋转速度操作。

[0028] 电负载装置可以包括井眼泵系统,所述井眼泵系统包括由电动机驱动的泵。井眼泵系统的外径可以最多为4.5英寸(114.3mm)。电动机可以安装在泵上方。泵可以是或者包括离心泵、容积式泵和螺杆泵中的至少一个。

[0029] 油管封装缆线的外径可以最多为0.55英寸(14mm)。

[0030] 外管可以由不锈钢制成。

[0031] 外管可以具有最多0.068英寸(1.73mm)的壁厚。

[0032] 被所述电负载装置汲取的大致连续电流可以为所述至少一个电导体的额定电流的至少125%。被所述电负载装置汲取的大致连续电流可以为所述至少一个电导体的额定电流的至少300%。

[0033] 被所述电负载装置汲取的大致连续电流可以在每平方毫米的导体横截面面积内至少为6安培。被所述电负载装置汲取的大致连续电流可以在每平方毫米的导体横截面面积内至少为10安培。

[0034] 施加到油管封装缆线的地面端部的电压可以为至少600伏。施加到油管封装缆线的地面端部的电压可以为至少3000伏。

[0035] 电负载装置可以联接至油管封装缆线的第一端部。

[0036] 油管封装缆线可以从其第一端部大致连续地延伸至油管封装缆线的地面端部。

[0037] 所述至少一个电导体的横截面面积被选择,以使得由所述大致连续电流引起的所述至少一个电导体在空气中的温度升高导致以下结果中的至少一种:

[0038] (i) 将所述至少一个电导体的弹性极限降低到施加到所述至少一个电导体的张应力以下;

[0039] (ii) 所述至少一个电导体的氧化;和

[0040] (iii) 所述至少一个电导体上的绝缘的热降解。

[0041] 本发明的一个方面或一种实施例涉及一种井眼系统,所述井眼系统包括:井下电负载装置,所述井下电负载装置定位在井眼内;和能够卷绕的油管封装缆线,所述油管封装缆线电联接并机械联接至所述井下电负载装置。所述油管封装缆线可以包括外管,所述外管阻止井眼中的流体进入外管的内部。所述油管封装缆线可以包括设置在所述外管内部的至少一个电导体,其中所述至少一个电导体具有一额定电流,所述额定电流低于被所述电负载装置汲取的大致连续电流。

[0042] 本发明的一个方面或一种实施例涉及能够卷绕的油管封装缆线,其将被电联接并

机械联接至井下电负载装置。所述油管封装缆线可以包括外管,当被部署在所述井眼中时,所述外管阻止井眼中的流体进入外管的内部。所述油管封装缆线可以包括至少一个电导体,所述至少一个电导体设置在所述外管内部,其中所述至少一个电导体可以具有一额定电流,所述额定电流低于被所连接的电负载装置汲取的大致连续电流。

[0043] 限定涉及一个方面或实施例的特征可以与任何其它方面或实施例相组合而提供。

### 附图说明

[0044] 图1显示了使用通过钢丝绳绞车单元被下入到地下井眼中的油管封装缆线(TEC)部署电潜泵(ESP)系统的示例性实施例;

[0045] 图2A和2B显示了油管封装缆线的实施例;以及

[0046] 图3到6显示了用以将TEC连接至井眼装置壳体的联结器的不同实例。

### 具体实施方式

[0047] 1. 井眼泵系统的部署与操作的基本原理

[0048] 根据本发明的部署方法和设备适用于包括但不限于由永磁电动机驱动的井眼流体泵的电负载装置。根据本发明的部署方法和设备对井眼流体泵是有利的,所述井眼流体泵以比一般井眼流体泵的近似3600每分钟转数(RPM)的速度更高的旋转速度操作。

[0049] 永磁电动机相对于通常与井眼流体泵一起使用的传统感应电动机具有包括但不限于以下优点:为特定尺寸(直径)的电动机产生更多的功率、更大的电动机电气效率、对于明显大于电动机运行电流的电动机启动电流没有要求,以及对于更高的转速具有较好的适应性。通过适当的设计,上述特征中的一些或全部可以允许产生用于任何特殊流体泵速率要求的小又轻的井眼流体泵组件。因此,与感应电动机式井眼泵系统相比,在井眼泵系统中使用永磁电动机可以需要更少的电流用于操作。

[0050] 为了使用于部署根据本发明的井眼泵的电缆的重量、尺寸和成本最小化,用于驱动泵的电动机可以以比通常用于井眼电潜泵系统的电压更高的电压进行操作。电力是电流和电压的乘积,因此如果使用的电压较高,则需要的电力可以以较低的电流被传送。低电流降低了需要的导体尺寸。

[0051] 当井眼泵系统足够轻质时,缆线可以用于将泵系统部署在地下井眼中。这种缆线可以相对本领域所公知的电潜泵电力缆线具有更小的直径并且更轻,并且可以具有与本领域所公知的电潜泵电力缆线不同的结构。这种缆线结构可以允许用于不同规模的地面设备,且在成本和操作实践中具有显著的优势。例如,用于将电动“钢丝绳”测量和/或介入装置部署到地下井眼中的绞车系统可以用于部署井眼泵系统。

[0052] 在根据本发明的方法和系统中,为了能够获得在不同缆线结构进行部署的益处,缆线导体可以是精密小型的。也就是说,与本领域技术人员考虑的用于井眼部部署电负载装置的连续运转的可接受的设计方案相比,缆线中的电导体可以具有在泵电动机所需要的连续电流以下的额定载流容量。在现有技术中,使用电导体承载大于额定电流的电流持续有限受控制的时间段是已知。然而,电导体以高于其额定载流容量的连续使用不是已知的,例如参见由Kuittinen等人提交的第2013/0214928号美国专利申请公开文献。

[0053] 诸如井眼泵系统的电负载装置的相对轻质和电力缆线本身的相对轻质由使用小

尺寸的电导体产生(与接受的设计方案相比)。本文中小尺寸电导体表示电导体具有比根据接受的设计方案的用于所选择的电流量的横截面面积更小的横截面面积。对比本领域所公知的井眼泵和缆线,由于这种有意超载的电缆的轻质,使用小尺寸(或反之,超载)的电导体可以使电力缆线的张力性能减小。

[0054] 例如根据本发明的电动泵系统部署和电力缆线的电负载装置可以是油管封装缆线(“TEC”)或包括油管封装缆线。油管封装缆线可以包括各个电绝缘的一个或多个电导体。一个或多个电导体和相关的绝缘层可以被封装油管包围。封装油管可以提供不可渗透屏障以相对井液保护一个或多个电导体和绝缘部。由于封装油管被布置成切断任何流体进入到油管内部的内部空间中,所以这里在不同示例性实施例中使用的油管封装缆线与具有与其相关联的电导体的挠性油管不同。例如,参见授予Sas-Jaworsky的第5285,008号的美国专利,说明了其中具有电导体的挠性油管。这种挠性油管具有内部导管,内部导管可以用作流体导管以使流体从其地面端移动到井眼中和/或从井眼的内部移动到挠性油管的地面端。这里使用的油管封装缆线不包括这种流体导管。

[0055] 其他区别特征在于行业中已知的挠性油管具有从19.05毫米(0.75英寸)的外径到114.3毫米(4.5英寸)的外径的尺寸,其中使用时的通常尺寸为大约50.8毫米(2英寸)的外径。在电缆被引入挠性油管的实例中,电缆不会填充挠性油管的整个内容积,并且流体或膨胀性材料可以被引入到剩余的空隙中,或者可选地,可以留下空隙不被填充。例如参见由Varkey等人提交的第2014/0190706号美国专利申请公开文献,在本发明中使用的术语“油管封装缆线”用于表示以下所述的缆线结构,在电缆的制造过程中,平滑壁中空芯油管紧密地装配至装入油管中的一个或多个电导体上的电绝缘部的外部。

[0056] 油管封装缆线中的封装油管可以由不锈钢、基于INCONEL品牌(美国西弗吉尼亚州Huntington的Huntington合金的注册商标)销售的合金、其它大致流体防渗材料制成。封装材料可以被选择以为油管封装缆线提供相当大的拉伸强度,并可以提供基本上平滑的外表面,该平滑外表面在部署、收回过程中和由井眼泵系统的操作从地下开采流体的过程中在穿过设置在地表(“井口装置”)处的压力密封设备时改善密封。

[0057] 油管封装缆线的封装油管广泛地适用于多种材料、外径和壁厚度,从而允许具有有效、低成本的电力缆线的构造。

[0058] 电力缆线可以具有一个或多个非圆形横截面电导体,其能够使缆线的总尺寸相对于电导体横截面最小化。这种相对小尺寸的电力缆线可以允许电力缆线具有较小的最小弯曲半径,这可以有助于通过简单、轻质的绞车设备(例如用于如上所述的钢丝绳作业的类型)在地面上进行操作。

[0059] 电力缆线的较小的横截面积可以有助于将井眼泵系统部署到“活”井眼中,即,与流体开采地下地层流体连通的井眼。在这种井眼中,电力缆线受到与井口处的井眼流体压力和井眼电力缆线的横截面面积的乘积有关的作用力。例如,与本领域所公知的具有1英寸(近似25毫米)直径的典型井眼泵系统缆线相比,根据本发明制造的0.375英寸(近似9.5毫米)外径的电力缆线具有大约0.11平方英寸(近似71平方毫米)的横截面面积。本领域所公知的这种典型电力缆线的横截面面积大约为0.786平方英寸(近似507平方毫米),或者大于根据本发明的油管封装缆线提供的横截面面积的大约七倍。小直径电力缆线可以通过使电力缆线与泵系统在其端部一起延伸以在其自身重量下移动到增压井眼中来部署井眼泵系

统。如在上方实例中,使用较大外径的电源缆线的井眼泵系统的运输工具要求额外的诸如注入单元的地面设备,以克服井口压力将悬挂的井眼泵系统和电力缆线推动进入井眼中。

[0060] 电力缆线中的电导体的电导体尺寸(和相应的载流容量)取决于沿电缆承载的基本上连续的电流和使用的额定因子。在根据本发明的方法和系统中,相比感应电动机,需要操作井眼泵系统中的电动机的电流可以通过使用永磁电动机而被减少。电导体尺寸可以通过使用比根据本领域所公知的设计原理规定的电导体尺寸更小的尺寸电导体而被进一步减少。这里,这种设计原理在例如背景技术部分中阐述的API RP 11S4发表的标准中和美国电气和电子工程师学会(IEEE)标准1018中进行了说明。上述标准与以下所述有关:

[0061] a) 使缆线功率损耗最小化并因此使操作成本最小化

[0062] b) 控制产生在缆线(特别是在干燥环空中)中的热量及其由于较高温度而导致的对介电退化造成的影响,和

[0063] c) 允许可接受的电动机启动扭矩,其中利用高缆线功率损耗的深部安装将产生到电动机的低电压,并因此降低了电动机启动扭矩。在使用变速驱动(VSD)电潜泵之前开始‘直接联机’,并且沿电源缆线的电压降可以保护电动机可靠地启动。

[0064] 通常不希望由于电阻加热而导致的电能损耗,特别是在电力线和电力电缆中出现电力输送损耗的情况下。使用增加的电压和较低的电流可以通过减少用于任何选择电力量来减少电阻功率损耗。

[0065] 电阻加热通过公式 $P=I^2R$ 而与沿电源缆线传输的功率和电流有关,其中P表示从电能转换至热能电功率(每单位时间能量),R是电源缆线的电阻,而I是流动通过电阻R的电流。通常的做法是,如从上述推断的,用于导体尺寸选择的两个行业标准使电阻优选地最小化到没有呈现出由于加热而产生影响的程度。

[0066] 在根据本发明的方法和系统中,由电力缆线承载的电流可以通过使用比普通电压更高的电压发送所需电功率而被减少,该电功率通常用于井眼泵系统。在一些实施例中,电压可以为至少600伏。在一些实施例中,电压可以为至少3000伏。

[0067] 在根据本发明的方法和系统中,如上所述通过诸如上述的API 11S4标准的标准确定的电缆的载流容量可以故意被选择为小于通过电缆以操作井眼泵系统的电动机的连续电流。在一些实施例中,通过电力缆线以基本上连续操作井眼泵电动机的电流(“电动机电流”)可以为额定电流的至少125%。在一些实施例中,电动机电流可以为额定电流的至少150%。在一些实施例中,电动机电流可以为额定电流的至少200%。在一些实施例中,电动机电流可以为额定电流的至少300%。任何具体实施例中的电动机电流可以超过额定电流的一定量,所述量与当操作井眼泵系统时,从流体开采地层进入井眼的流体的温度、流体的热容量和当流体移动到地面时浏览提的流速有关。在本文中,“基本上连续”表示在当井眼操作者要求使用井眼泵系统以使流体从地下移动至地面时的过程中,井眼泵系统基本上连续操作(即在该时间段中基本上时刻在操作)。如本领域技术人员将认识到,井眼操作者希望操作井眼泵系统的时间可以与地下结构的流体压力和渗透性、地层的垂直深度和从地下地层开采的流体的整体比重相关。一些井眼泵系统可以包括将在下方进一步说明的自动装置,该自动装置可以基于井眼中液位的测量打开和关闭井眼泵系统,从而避免“泵空”,其中,井眼泵系统将流体泵送至地面的速度快于来自地下地层的流入速度,因此降低了井眼中的液位。

[0068] 在一个示例性实施例中,井眼泵系统可以具有电动机,该电动机汲取电流,如果遵从API 11S4标准,则要求美制线路规范(AWG)的8号电导体。在这种示例性实施例中,可以在油管封装缆线中使用美制线路规范的12个电导体。使用这种尺寸的电导体,可以使用油管封装缆线中的0.375英寸(9.5毫米)外径(OD)的油管部署井眼泵系统。具有这种外径油管和这种尺寸的电导体的油管封装缆线可以从美国DrakaCableteq公司(22 Joseph E/Warner Blvd, North Dighton, MA 02764)获得。48英寸(1219毫米)直径的滑轮被推荐用于这种外径的油管。这种弯曲半径便于被如上所述所述的钢丝绳绞车设备容纳。

[0069] 在根据本发明的方法和系统的实施例中,本领域技术人员可以理解电源缆线中过度的电阻加热损耗是能被接受的,并且可以被允许用于计算井眼泵系统的电效率的计算。在根据本发明的方法和系统的实施例中,因为井眼泵系统在油管封装缆线式电力缆线的端部处被部署到井眼中,因此电力缆线被浸入在流动井液中,这可以冷却电力缆线以便避免电力缆线和/或电力缆线的热敏部件(例如用于电导体的电绝缘部)的失效。在一个示例性实施例中,井眼泵被设置在大约5000英尺(1524米)的井眼(测量的)深度处:

[0070] a. 行业标准(例如IEEE1018):

[0071] 8AWG(0.1285英寸(3.26毫米)直径)

[0072] 电阻0.6282欧姆/1000英尺(305米)

[0073] 额定电流24安培(2.9A/mm<sup>2</sup>)

[0074] 沿5000英尺(1524m)的24安培的电压降175伏。

[0075] b. 在小电导体中使用上述有意额定电流密度:

[0076] 12AWG(0.0808英寸(2.05毫米)直径)

[0077] 电阻欧姆/1000英尺(305米)

[0078] 额定电流9.3安培(2.8A/mm<sup>2</sup>)

[0079] 沿5000英尺(1524m)的24安培的电压降442伏。

[0080] 根据如上所述的诸如IEEE 1018标准的接受的电气设计方案,由示例性电潜泵系统汲取的24安培的连续电流将需要8个AWG电导体。如果在相同长度的电力缆线上使用12个AWG电导体,则与接受的设计方案相比,将考虑增加的电压降和更高的电阻加热。对于显示的示例性电流和缆线长度,使用小(12AWG)电导体的电阻加热效应将预期为使用大(8个AWG)电导体的大约2.5倍。然而,在这里公开的实施例中,对于从电动机到地面的整个长度的缆线,缆线通过开采流体与缆线流动接触而被冷却,这提供了比被认为是安全的冷却基本上更冷的冷却,这基于由气态(非液体)介质包围的缆线的至少的一部分来考虑。使用基本上较小横截面电导体由此能够使缆线被构造为油管封装缆线,该油管封装缆线进一步能够使利用所述轻质地面设备的部署方式具有优势。在一些实施例中,可以使用10个AWG(0.1019英寸(2.59毫米)直径)电导体。

[0081] 对于大功率泵系统,由于电流密度(缆线导体的横截面面积的每单位电流),缆线中的增加的电力损耗的操作成本将不可接受,不可管理额外的加热效应。在任何情况下,大缆线的尺寸可以简单地减少到有限值,而部署方法将保持不变。然而,在低功率(HP)和低电流(由于高电压)的组合的一些小系统中,损耗的数值可以非常小,从而降低了绝对意义(与百分比相比)上的成本,并且系统可以被设计成接受这些低效率,这通过消除修井机的要求来允许待使用的油管封装缆线具有当前示例性部署方法的益处。

[0082] 永磁交流电动机的转速与供给至电动机的交流电源的频率有关。需要操作这种电动机的电压与频率有关,该频率通常具有预先确定的电压和频率之间的关系。在一些实施例中,地面部署的具有升压输出变压器的变频电力电源可用于提供用以驱动电动机的可控频率和电压。使用这种具有升压变压器的电源,电源输出电压可以通过变压器的适当设计而被进一步增加,从而为利用增强的电流密度进行操作的电源缆线的任何选择的缆线长度提供额外的压降,因此确保用于驱动井眼泵的电动机处的足够电压。

[0083] 在一个示例性实施例中,油管封装缆线中的封装油管可以由合金316不锈钢制成。在这种示例性实施例中,封装油管可以具有例如0.375英寸(9.5毫米)外径的标准尺寸和0.049英寸(1.25毫米)的壁厚度。这种油管具有近似5000磅作用力(22241牛顿)的额定工作张力性能。在一些实施例中,封装油管的额定工作张力性能的20%允许施加到油管封装缆线的4000磅作用力(17993牛顿)的安全工作张力。在一些实施例中,可以使用由上述因康乃尔合金制成的具有相似尺寸的封装油管,这将增加油管封装缆线的上述安全性和最大张力性能的大约20%。在本示例性实施例中,井眼泵系统可以具有3.5英寸(89毫米)的最大外径(OD)并可以具有大约950磅(430kg)的重量。在本示例中,5000英尺(1524米)长度的其中具有基本上垂直延伸到井眼中的三个12AWG绝缘电导体的上述316不锈钢合金油管在地面处的重量为每1000英尺(每304.8米113公斤)大约250磅,这产生了泵系统加上油管封装缆线的2196磅(996公斤)的总重量。因此,当允许足够的电力基本上连续地到达井眼泵系统中的电动机中时,公开的其中使用三个绝缘的12AWG铜导体的油管封装缆线足够坚固地支撑油管封装缆线和井眼泵系统的重量。

[0084] 油管封装缆线已经被研发以承受多种地下井眼中的条件,包括使用上述尺寸的316合金不锈钢油管封装缆线和适当的电绝缘部在高达20,000磅/平方英寸(13,790kPa)的压力、高达300°C的温度的下浸没在井液中。已经确定了:当油管封装缆线浸没在通过井眼泵系统移动至地面的流动井眼流体中时,这种油管封装缆线中的电导体可以以多于额定电流的300%的电流进行安全地、基本连续地操作而不会出现故障。

[0085] 油管封装缆线中的电导体的过载还可以根据电导体的每单位横截面面积的基本上连续的负载电流而被定义。在一些实施例中,被电负载装置汲取的基本上连续的电流是最少6安培每平方毫米的导体横截面面积。在一些实施例中,被电负载装置汲取的基本上连续的电流是最少10安培每平方毫米的导体横截面面积。

[0086] 在根据本发明的油管封装缆线上部署诸如井眼泵系统的电气设备的可能益处可以包括以下方面中的一个或多个。首先,钢丝绳装置式绞车可以提供需要的缆线运输和部署容量。油管封装缆线可以具有一外径,该外径被选择以具有足以装配在钢丝绳装置式绞车卷筒上的最小弯曲半径。油管封装缆线可以通过公知的钢丝绳压力控制设备容易地插入到井眼中和从井眼中退出。

[0087] 钢丝绳式井眼压力控制设备可以容易地适于与平滑表面油管封装缆线一起使用,且几乎不进行任何修改,从而进一步减少井眼泵系统安装、操作以及维护和/或更换所需的移除的复杂性和成本。

[0088] 可以利用根据本发明的井眼泵系统和部署方法获得的益处包括消除使用轻质油管封装缆线使得部署容易。这种益处可以胜过在电导体以超过其额定电流进行操作时减小沿油管封装缆线的功率损耗所产生的电效率的成本。上面所描述的与用于确定电力电缆规

格的习惯作法成对比。能够使用诸如钢丝绳井眼装置绞车系统的小且低成本部署设备能够允许将本示例性的部署方法经济地用在井眼上,否则在经济上将是不划算的。

[0089] 2. 示例性实施例已经概括地说明了如何根据本发明选择用于部署和操作井眼泵系统的油管封装缆线的尺寸,现将参照不同附图描述示例性实施例。

[0090] 图1显示了钻进通过包括开采地层14的地下地层的示例性井眼10。开采地层14可以在其中具有碳氢化合物和水,并且当井眼10中的压力比开采地层14中的流体压力低时,不同数量的碳氢化合物和水会进入到井眼10中。井眼10可以在其中的适当位置上被固有保护管或套管12,所述保护管或套管12从地面31处的井口装置16延伸。通常,小直径管或“油管”18的长度可以从井口装置16延伸至井眼10中的选择深度,但是不需要在开采地层14的深度上方。油管18可以被设置成增加流体从开采地层14移动至井口装置16的速度。油管18和套管12之间的环空可以通过环形密封件或封隔器222防止流体连通。在套管12中,可以在与开采地层14的深度相对应的深度处包括射孔24。

[0091] 在本示例性实施例中的可以是井眼泵系统40的电负载装置可以被连接至油管封装缆线(TEC)20的一个端部。井眼泵系统40可以包括联接至诸如离心泵的泵42的高速永磁交流电动机44。永磁交流电动机44可以被配置成以高转速操作,例如以至少5,400每分钟转数(RPM)操作。泵42可以被相应地配置从而以这种旋转速度操作。在一些实施例中,井眼泵系统40可以包括任何适合的密封元件,例如可远程控制的膨胀环状密封件48,从而关闭泵42的入口和设置在油管18中的泵流体排出口46之间的流体连通。在其它实施例中,环状密封件48可以已经处于油管18或套管12中的适合位置中。在其它实施例中,可以不使用油管18;井眼10可以仅使用套管被固井。如上所述,在一些实施例中,井眼泵系统40可以具有3.5英寸(89mm)的最大外径。还如上所述,在一些实施例中,油管封装缆线20可以具有0.375英寸(9.5mm)的最大外径。将参照图3-6进一步说明井眼泵系统40和油管封装缆线10之间的不同示例性连接。

[0092] 在其它实施例中,油管封装缆线20可以具有0.55英寸(近似14mm)的最大外径。

[0093] 在其它实施例中,泵42可以是容积式泵。在其它实施例中,泵42可以是螺杆泵。

[0094] 油管封装缆线20可以被存储在钢丝绳绞车30上并从钢丝绳绞车30部署。钢丝绳绞车30可以安装在用于在道路运输的车辆28上。在其它实施例中,绞车30可以是用于在海上油井维护单元上使用的“滑移”安装单元。油管封装缆线20可以通过适当定位的槽轮26延伸到井眼10中,该槽轮通常被定位成用于钢丝绳井眼测量仪器或介入装置的部署中。

[0095] 钢丝绳压力控制头32可以联接至井口装置16的顶部。钢丝绳压力控制头32可以如行业中已知的作为填塞料盒。钢丝绳压力控制头32可以包括设置在囊状件36中的可液压压缩的密封元件34。囊状件36可以利用本领域所公知的用于膨胀目的设备(未示出)通过液压被膨胀。密封元件34可以具有内部开口,所述内部开口的尺寸被形成为密封在油管封装缆线20的外表面上,从而在井眼泵系统40和油管封装缆线20延伸到井眼10中或从井眼10中退出时在压力下基本防止流体的泄漏。密封元件34还可以在井眼泵系统40的操作过程中基本上防止流体从油管封装缆线20外部周围泄漏。

[0096] 图2A显示了根据本发明的油管封装缆线20的一个示例性实施例。油管封装缆线20可以包括由材料制成并具有如上所述的尺寸的基本上连续长度的外管25。在本实施例中,三个电导体23(每个都被绝缘层21覆盖)可以设置在外管25的内部。在本示例性实施例中,

外管25可以连接至井眼泵系统(图1中的40)的上部以便切断井眼(图1中的10)中的任何流体从外管25的内部的流入。在图2A所示的示例性实施例中,电导体23具有圆形横截面,且其相应的绝缘层21也具有圆形横截面。

[0097] 在图2B所示的另一个示例性实施例中,电导体23A和相应绝缘层21A可以具有非圆形横截面(例如,圆周段)以允许电导体23A占用外管25的更多的内部横截面。

[0098] 具有三个绝缘电导体的油管封装缆线的上述实例不旨在限制本发明的保护范围。在其它示例性实施例中,油管封装缆线可以具有更多或更少的电导体,并可以包括一条或多条光纤。在一些实施例中,油管封装缆线可以在外管内部仅具有一个绝缘电导体,并且如果外管由导电材料制成,则可以使用外管作为电导体。在诸如图2B所示的实施例中,处于选择横截面面积的目的,非圆形横截面电导体的横截面面积可以等于圆形横截面电导体的横截面面积。如上所述,这种横截面面积可以被选择,以使得被电动机(图1中的44)汲取的基本上连续电流为电导体的额定电流的至少125%。在其它实施例中,横截面面积可以被选择,以使得连续的电动机电流超过电导体(一个或多个)的额定电流的一定量,该量与油管封装缆线的从地面至泵系统的轴向位置(井眼深度)的长度、从开采地层进入井眼的流体的温度和流体的从开采地层移动至地面的速度有关。已经通过测试说明了被电动机(图1中的44)汲取的基本上连续的电流可以为油管封装缆线(图1中的20)中的电导体的额定电流量容量的300%。

[0099] 在本发明的保护范围内选择油管封装缆线中的一个或多个电导体的横截面面积,使得被诸如电潜泵系统的电动设备汲取的基本上连续的电流使得如果油管封装缆线被整体设置在空气中,则一个或多个电导体的温度的增加将足以导致以下副作用中的一个或多个。第一,由于利用油管封装缆线端部处的电气设备将油管封装缆线部署在井眼中的原因,电导体的弹性限度下降到低于施加于此的张应力。第二,电导体上的电绝缘部将会经历加热引起的失效。最后,一个或多个电导体将会受到温度引起的氧化和随后的失效。

[0100] 图3显示了可以在一些实施例中使用的将油管封装缆线20联接至井眼泵系统(图1中的40)的示例性连接。内部压缩配件50可以具有形成在其内表面上的部件,使得当油管封装缆线20被轴向压缩时,油管封装缆线管径向变形以配合在如图3中所示的部件中。可以利用外部压缩配件52执行轴向压缩。在本示例性实施例中,内部压缩配件52可以连接到井眼泵系统(图1中的40)的顶部。

[0101] 图4显示了与所示图3所示的实施例相似的另一个实施例。内部压缩配件50A的不同之处在于在一个纵向端部处可以具有螺纹50B,而不具有用于压缩装配至油管封装缆线20的部件。螺纹50B可以接合并眼泵系统(图1中的40)中的相应的螺纹(未示出)。

[0102] 图5显示了可以用在一些实施例中的另一类型的压缩配件56。压缩配件56可以包括倾斜内表面,该倾斜内表面包括用于接合压缩螺母54的内螺纹。压缩螺母54可以在油管封装缆线20的外部上移动并螺纹连接以将压缩螺母54拧紧在压缩配件54中。可以在一些实施例中使用套圈以改善压缩配件和油管封装缆线20之间的密封。图6显示了压缩配件的放大图,以显示套圈58的位置。

[0103] 在已经相对于有限数量的实施例描述了本发明时,已经了解本发明的益处的本领域的技术人员将认识到可以在不背离这里公开的本发明的保护范围的情况下设计其它实施例。因此,本发明的保护范围不应该仅仅由所附权利要求限制。

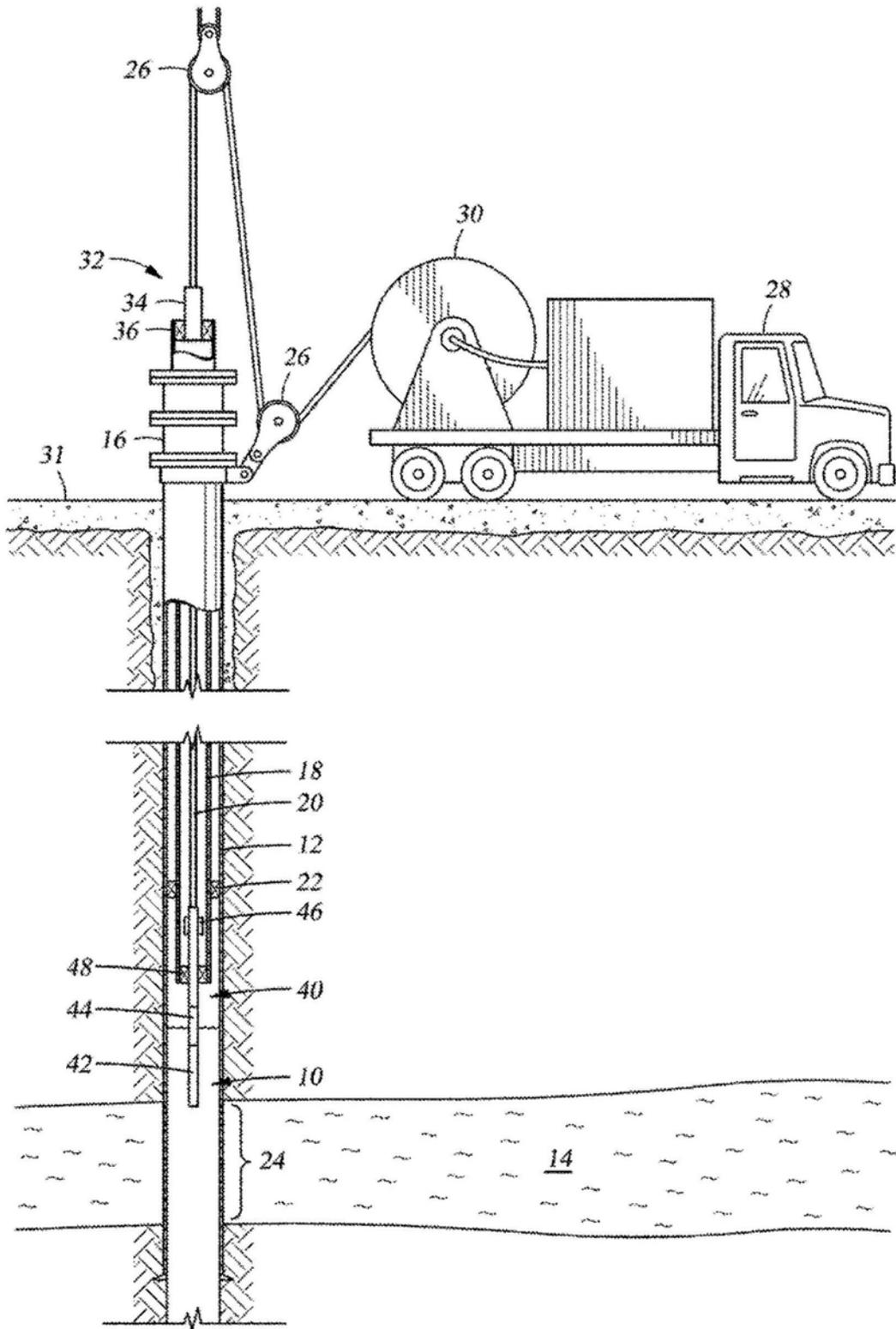


图1

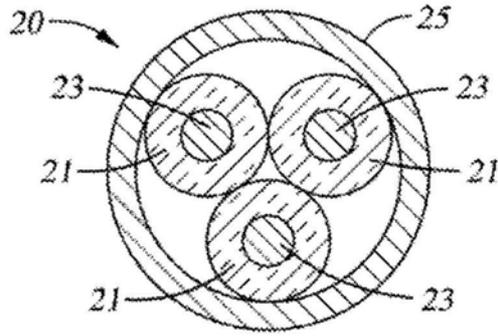


图2A

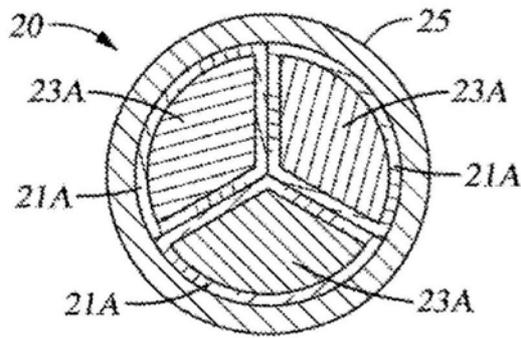


图2B

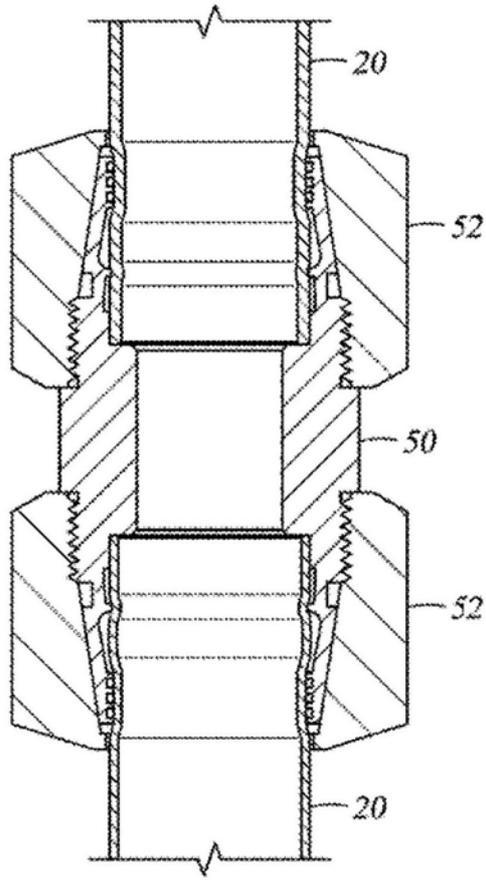


图3

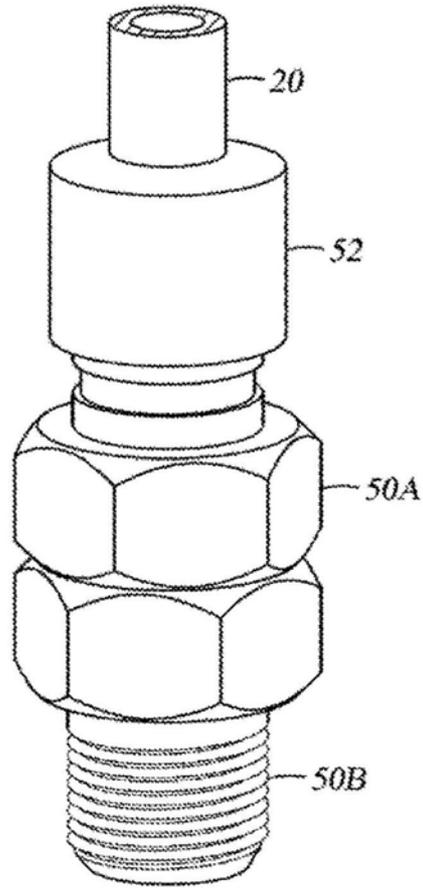


图4

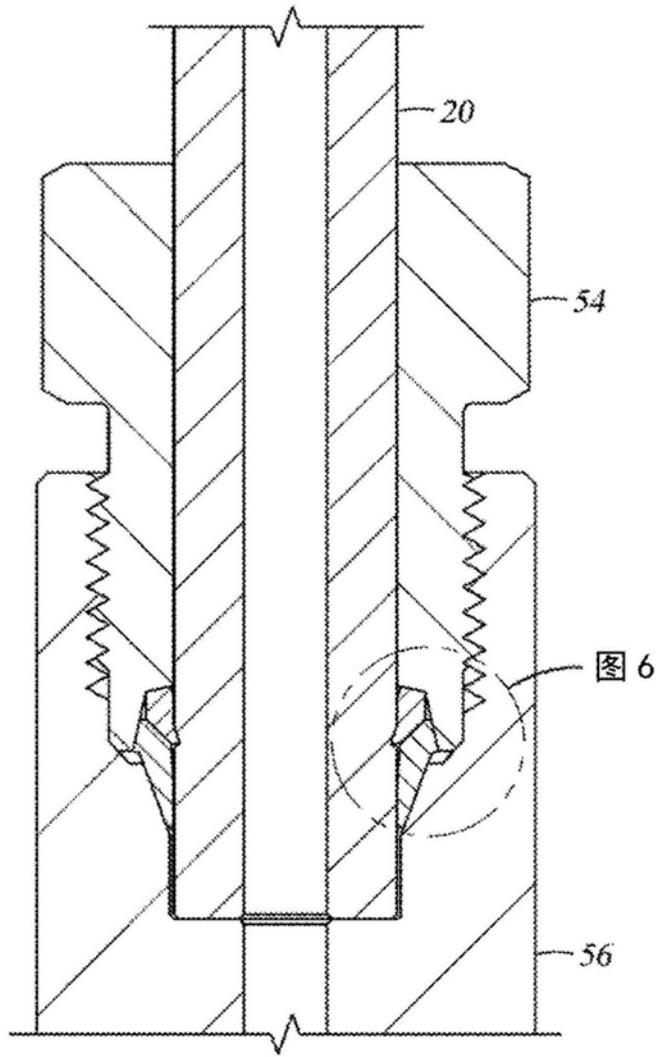


图5

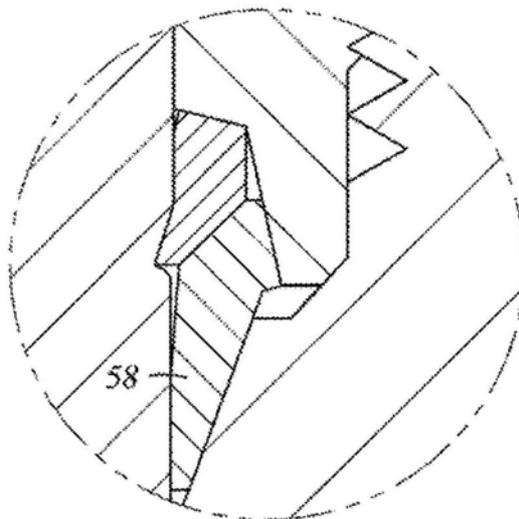


图6