



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103742126 A

(43) 申请公布日 2014. 04. 23

(21) 申请号 201410039986. 3

(22) 申请日 2014. 01. 27

(71) 申请人 西安威盛电子仪器有限公司

地址 710065 陕西省西安市高新区科技五路
20 号和发智能大厦 3 层

(72) 发明人 任晓宁 党书通

(74) 专利代理机构 西安西交通盛知识产权代理
有限责任公司 61217

代理人 王萌

(51) Int. Cl.

E21B 47/00(2012. 01)

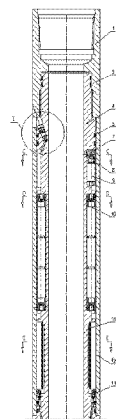
权利要求书2页 说明书5页 附图7页

(54) 发明名称

一种存储式地层压裂管柱位移测量仪

(57) 摘要

本发明公开了一种存储式地层压裂管柱位移测量仪,包括压裂管柱基座,及套接在压裂管柱基座上、下端的上接头和下接头,沿所述上接头下端的压裂管柱基座外壁套有耐压外管,在相套接的耐压外管与压裂管柱基座之间至上而下依次设有相互连接的压力探头安装座、压力传感器、电池组件和电路板;在所述耐压外管下方,沿压裂管柱基座圆周设有包括上臂和下臂的位移测量装置;在下臂的下方依次设有撑臂装置和收臂装置;所述压裂管柱基座内还设有读取仪器测量数据的多芯插座和断通仪器的控制开关。该测量仪器作为一种作业便捷,操作维护简单的井下地层压裂管柱串位移测量仪器,将为压裂施工工艺的制定提供可靠的经验数据,使得压裂施工更加高效,安全。



1. 一种存储式地层压裂管柱位移测量仪,包括压裂管柱基座(4),及套接在压裂管柱基座(4)上、下端的上接头(1)和下接头(44),其特征在于,沿所述上接头(1)下端的压裂管柱基座(4)外壁套有耐压外管(12),在相套接的耐压外管(12)与压裂管柱基座(4)之间至上而下依次设有相互连接的压力探头安装座(7)、压力传感器(9)、电池组件(10)和电路板(11);在所述耐压外管(12)下方,沿压裂管柱基座(4)圆周设有包括上臂(15)和下臂(21)的位移测量装置;在下臂(21)的下方依次设有撑臂装置和收臂装置;所述压裂管柱基座(4)内还设有读取仪器测量数据的多芯插座(73)和断通仪器的控制开关(72)。

2. 根据权利要求1所述的存储式地层压裂管柱位移测量仪,其特征在于,所述压力探头安装座(7)通过螺钉定位,并与压力传感器(9)相连共同设在压裂管柱基座(4)的安装槽中。

3. 根据权利要求1所述的存储式地层压裂管柱位移测量仪,其特征在于,所述电池组件(10)设置在镶装于压裂管柱基座(4)与耐压外管(12)之间的压力传感器(9)的下方,沿压裂管柱基座(4)周向分布有4-8个安装槽,沿各安装槽槽底面设有一个电池组件(10)。

4. 根据权利要求1所述的存储式地层压裂管柱位移测量仪,其特征在于,所述电路板(11)位于电池组件(10)下方、且与电池组件(10)各安装槽相对应,沿各安装槽槽底面设有一块电路板(11),各电路板(11)上填充有硅凝胶(60),各电路板(11)与槽底面间衬垫一层聚四氟乙烯板(61),各电路板(11)间通过电路板间导线(59)相连。

5. 根据权利要求1所述的存储式地层压裂管柱位移测量仪,其特征在于,所述位移测量装置包括固定在压裂管柱基座(4)圆周安装槽中的上臂(15)和下臂(21),所述上臂(15)和下臂(21)之间通过连接轴III(51)铰接,连接轴III(51)上设有中心齿轮(50),与中心齿轮(50)相啮合的从动齿轮连接有上滚轮(45)和下滚轮(52)。

6. 根据权利要求5所述的存储式地层压裂管柱位移测量仪,其特征在于,所述上滚轮(45)和下滚轮(52)分别通过销轴连接销子(17)与上臂(15)和下臂(21)相连。

7. 根据权利要求1或5所述的存储式地层压裂管柱位移测量仪,其特征在于,所述上臂(15)设置有传感器组件(48),传感器组件(48)内装有作为接收传感器的霍尔器件(49);霍尔器件(49)接收信号连接至电路板(11);

所述下臂(21)设置有用于将上臂(15)和下臂(21)撑开时提供初始径向推力的弹片(19)。

8. 根据权利要求1所述的存储式地层压裂管柱位移测量仪,其特征在于,所述位移测量装置的上臂(15)通过连接轴I(66)和压裂管柱基座(4)相连,下臂(21)通过连接轴II(22)与撑臂装置的上弹簧座(23)连接。

9. 根据权利要求1所述的存储式地层压裂管柱位移测量仪,其特征在于,所述撑臂装置包括设置在压裂管柱基座(4)安装槽内的弹簧I(25),弹簧I(25)通过其外侧的下弹簧座(26)套接上弹簧座(23)与下臂(21)相接;

所述收臂装置包括设置在下弹簧座(26)下方的活塞筒(27)和活塞(35),所述活塞筒(27)下方设有嵌入压裂管柱基座(4)下接头(44)限位台上的弹簧II(41)。

10. 根据权利要求1所述的存储式地层压裂管柱位移测量仪,其特征在于,所述多芯插座(73)和控制开关(72)设在与耐压外管(12)相套接的压裂管柱基座(4)上部管侧壁上,多芯插座(73)和控制开关(72)分别与压力传感器(9)、电池组件(10)、电路板(11)和位移

测量装置相连。

一种存储式地层压裂管柱位移测量仪

技术领域

[0001] 本发明涉及一种井下管柱位移测量仪器,特别是涉及一种石油井井下存储式地层压裂管柱串位移测量仪。

背景技术

[0002] 随着海洋和陆地水平油井钻采的发展,水平井井下地层分层压裂技术日臻成熟,然而在压裂过程中,压裂压力会在管柱串(动管柱或不动管柱)产生一个大的轴向力,使管柱串沿套管壁产生一定轴向位移。理论计算的管柱串位移不准确,进行压裂作业时压裂压力不能释放在最佳位置,压裂效果不理想,造成很大的经济损失。对压裂管柱串实际位移的检测,并与理论计算管柱串位移进行比较分析将是压裂工艺的关键。

发明内容

[0003] 本发明的目的是提供一种存储式地层压裂管柱位移测量仪,该测量仪器作为一种作业便捷,操作维护简单的井下地层压裂管柱串位移测量仪器,将为压裂施工工艺的制定提供可靠的经验数据,使得压裂施工更加高效,安全。

[0004] 本发明的目的是通过下述技术方案来实现的。

[0005] 一种存储式地层压裂管柱位移测量仪,包括压裂管柱基座,及套接在压裂管柱基座上、下端的上接头和下接头,沿所述上接头下端的压裂管柱基座外壁套有耐压外管,在相套接的耐压外管与压裂管柱基座之间至上而下依次设有相互连接的压力探头安装座、压力传感器、电池组件和电路板;在所述耐压外管下方,沿压裂管柱基座圆周设有包括上臂和下臂的位移测量装置;在下臂的下方依次设有撑臂装置和收臂装置;所述压裂管柱基座内还设有读取仪器测量数据的多芯插座和断通仪器的控制开关。

[0006] 进一步地,所述压力探头安装座通过螺钉定位,并与压力传感器相连共同设在压裂管柱基座的安装槽中。

[0007] 进一步地,所述电池组件设置在镶装于压裂管柱基座与耐压外管之间的压力传感器的下方,沿压裂管柱基座周向分布有 4-8 个安装槽,沿各安装槽槽底面设有一个电池组件。

[0008] 进一步地,所述电路板位于电池组件下方、且与电池组件各安装槽相对应,沿各安装槽槽底面设有一块电路板,各电路板上填充有硅凝胶,各电路板与槽底面间衬垫一层聚四氟乙烯板,各电路板间通过电路板间导线相连。

[0009] 进一步地,所述位移测量装置包括固定在压裂管柱基座圆周安装槽中的上臂和下臂,所述上臂和下臂之间通过连接轴铰接,连接轴上设有中心齿轮,与中心齿轮相啮合的从动齿轮连接有上滚轮和下滚轮。

[0010] 进一步地,所述上滚轮和下滚轮分别通过销轴连接销子与上臂和下臂相连。

[0011] 进一步地,所述上臂设置有传感器组件,传感器组件内装有作为接收传感器的霍尔器件;霍尔器件接收信号连接至电路板;

[0012] 进一步地,所述下臂设置有用于将上臂和下臂撑开时提供初始径向推力的弹片。

[0013] 进一步地,所述位移测量装置的上臂通过连接轴 I 和压裂管柱基座相连,下臂通过连接轴 II 与撑臂装置的上弹簧座连接。

[0014] 进一步地,所述撑臂装置包括设置在压裂管柱基座安装槽内的弹簧 I,弹簧 I 通过其外侧的下弹簧座套接上弹簧座与下臂相接;

[0015] 进一步地,所述收臂装置包括设置在下弹簧座下方的活塞筒和活塞,所述活塞筒下方设有嵌入压裂管柱基座下接头限位台上的弹簧 II。

[0016] 进一步地,所述多芯插座和控制开关设在与耐压外管相套接的压裂管柱基座上管侧壁上,多芯插座和控制开关分别与压力传感器、电池组件、电路板和位移测量装置相连。

[0017] 本发明的主要优点是:提供一种地层压裂管柱串位移测量仪;利用该仪器测量地层压裂管柱位移的测量精度高,整体结构简单,维修保养方便。

[0018] 本发明是一种存储式位移检测仪器,它通过检测滚轮滚动圈数来完成位移测量任务,通过电路的存储和回放取得测量结果,通过一组锂电电池给测量系统提供电能,通过压力变化控制存储电路工作状态。

附图说明

[0019] 附图 1 (a) 和图 1 (b) 为本发明机械结构图。

[0020] 附图 2 为本发明机械结构图 C—C 剖视图。

[0021] 附图 3 为本发明机械结构图 D—D 剖视图。

[0022] 附图 4 为本发明机械结构图 E—E 剖视图。

[0023] 附图 5 为本发明机械结构图 F—F 剖视图。

[0024] 附图 6 为本发明机械结构图 A—A 剖视图。

[0025] 附图 7 为本发明机械结构图 B—B 剖视图。

[0026] 附图 8 为本发明机械结构图 I 放大图。

[0027] 图中:1、上接头;2、上密封圈 I;3、上密封挡圈 I;4、压裂管柱基座;5、上密封圈 II;6、上密封挡圈 II;7、压力探头安装座;8、密封圈;9、压力传感器;10、电池组件;11、电路板;12、耐压外管;13、压紧块;14、压紧螺钉;15、上臂;16、开口销;17、销子;18、螺钉 I;19、弹片;20、螺钉 II;21、下臂;22、连接轴 II;23、上弹簧座;24、垫块;25、弹簧 I;26、下弹簧座;27、活塞筒;28、螺钉 III;29、封压筒;30、下密封圈 I;31、下密封挡圈 I;32、下密封圈 II;33、下密封挡圈 II;34、防沙螺钉;35、活塞;36、下密封圈 III;37、下密封挡圈 III;38、下密封圈 IV;39、下密封挡圈 IV;40、剪切销;41、弹簧 II;42、下密封圈 V;43、下密封挡圈 V;44、下接头;45、上滚轮;46、滚轮轴;47、磁钢;48、传感器组件;49、霍尔器件;50、中心齿轮;51、连接轴 III;52、下滚轮;53、螺钉 I;54、螺钉 II;55、压块 I;56、压块 II;57、导线;58、走线槽 I;59、电路板间导线;60、硅凝胶;61、聚四氟乙烯板;62、电路板槽;63、槽底面;64、电路板隔档;65、走线槽 II;66、连接轴 I;67、止退销;68、垫圈;69、线管;70、轴套;71、密封塞;72、控制开关;73、多芯插座。

具体实施方式

[0028] 下面结合附图和实施例对本发明做进一步详细说明。

[0029] 如图 1 (a)和图 1 (b)所示,本发明存储式地层压裂管柱位移测量仪,包括压裂管柱基座 4,及套接在压裂管柱基座 4 上、下端的上接头 1 和下接头 44,其中,沿上接头 1 下端的压裂管柱基座 4 外壁套有耐压外管 12,在相套接的耐压外管 12 与压裂管柱基座 4 之间至上而下依次设有相互连接的压力探头安装座 7、压力传感器 9、电池组件 10 和电路板 11;在耐压外管 12 下方,沿压裂管柱基座 4 圆周设有包括上臂 15 和下臂 21 的位移测量装置;在下臂 21 的下方依次设有撑臂装置和收臂装置;压裂管柱基座 4 内还设有读取仪器测量数据的多芯插座 73 和断通仪器的控制开关 72。

[0030] 如图 2 所示,压力探头安装座 7 通过螺钉 I 53 定位,压力探头安装座 7 与槽底面间垫有密封圈 8,压力探头安装座 7 通过螺钉 I 53 连接在压裂管柱基座 4 中,并与压力传感器 9 相连共同设在压裂管柱基座 4 的安装槽中。

[0031] 参见图 3 并结合图 1 所示,电池组件 10 设置在镶装于压裂管柱基座 4 与耐压外管 12 之间的压力传感器 9 的下方,沿压裂管柱基座 4 周向分布有 4-8 个安装槽(本实施例为 6 个安装槽),沿各安装槽槽底面设有一个电池组件 10。在电池组件 10 两侧设有压块 I 55 和压块 II 56,两压块 I 55 和压块 II 56 分别通过螺钉 II 54 连接在压裂管柱基座 4 管壁上,在相邻电池组件 10 之间设有走线槽 I 58,导线 57 置于走线槽 I 58 中。

[0032] 参见图 4 并结合图 1 所示,电路板 11 位于电池组件 10 下方的压裂管柱基座 4 安装槽中,沿压裂管柱基座 4 周向分布有 4-8 个安装槽(本实施例为 6 个安装槽),且电路板 11 安装槽与电池组件 10 各安装槽相对应;沿各安装槽槽底面设有一块电路板 11,各电路板 11 上填充有硅凝胶 60,各电路板 11 与电路板槽 62 槽底面 63 间衬垫一层聚四氟乙烯板 61,各电路板 11 间通过电路板间导线 59 相连。在相邻各电路板 11 之间设有电路板隔档 64,电路板隔档 64 中设有走线槽 II 65。

[0033] 参见图 5 并结合图 1 所示,位移测量装置的上臂 15 通过连接轴 I 66 和压裂管柱基座 4 相连,连接轴 I 66 上设有止退销 67 和轴套 70;轴套 70 外设有线管 69,轴套 70 上还设有垫圈 68。

[0034] 下臂 21 通过连接轴 II 22 与撑臂装置的上弹簧座 23 连接。

[0035] 参见图 6 并结合图 1 所示,位移测量装置包括固定在压裂管柱基座 4 圆周安装槽中的上臂 15 和下臂 21,上臂 15 和下臂 21 之间通过连接轴 III 51 铰接,连接轴 III 51 上设有中心齿轮 50,与中心齿轮 50 相啮合的从动齿轮通过滚轮轴 46 (参见图 7)连接有上滚轮 45 和下滚轮 52。上滚轮 45 通过滚轮轴 46 连接销子 17 与上臂 15 相连,下滚轮 52 通过滚轮轴 46 连接销子 17 与下臂 21 相连。其中,上臂 15 和下臂 21 连接的销子 17 侧均设有螺钉 I 18,连接轴 III 51 上设有连接上臂 15 和下臂 21 的开口销 16。

[0036] 参见图 7 并结合图 1 所示,上臂 15 的上滚轮 45 侧设置有磁钢 47,上臂 15 设有传感器组件 48,传感器组件 48 内装有作为接收磁钢 47 (传感器)信号的霍尔器件 49;霍尔器件 49 接收信号连接至电路板 11;参见图 1,下臂 21 设置有用将上臂 15 和下臂 21 撑开时提供初始径向推力的弹片 19。

[0037] 参见图 1 所示,撑臂装置包括设置在压裂管柱基座 4 安装槽内的弹簧 I 25,弹簧 I 25 通过其外侧的下弹簧座 26 套接上弹簧座 23 与下臂 21 相接,在弹簧 I 25 上部垫有垫块 24;收臂装置包括设置在下弹簧座 26 下方的活塞筒 27 和活塞 35,所述活塞筒 27 下方设

有嵌入压裂管柱基座 4 下接头 44 限位台上的弹簧 II 41。

[0038] 参见图 8 并结合图 1 所示,多芯插座 73 和控制开关 72 通过密封塞 71 设在与耐压外管 12 相套接的压裂管柱基座 4 上部管侧壁上,多芯插座 73 和控制开关 72 分别与压力传感器 9、电池组件 10、电路板 11 和位移测量装置相连。

[0039] 本发明是用来完成地层压裂管柱串位移测量的仪器,上接头和下接头可连接在压裂管柱串任何位置,一个管柱串可以连接多个位移测量系统,来对各段管柱位移情况进行测量和分析,取得具有参考价值的位移数据,用于对类似压裂工艺进行前期评估,和工艺制定。

[0040] 下面对各部分部件结构的安装原理作出说明。

[0041] 本发明是用来测量和记录井下地层压裂管柱串的位移。

[0042] 位移测量仪器向上通过上接头 1 上的油(套)管螺纹,与上段压裂管柱连接,向下通过下接头 44 上的油(套)管螺纹与下段压裂管柱连接。上接头 1 与压裂管柱基座 4 则用螺纹连接,并用上(橡胶)密封圈 I 2 和上密封挡圈 I 3 实现仪器内外压力分隔。下接头 44 与压裂管柱基座 4 用螺纹连接,并用下密封圈 V 42、下密封挡圈 V 43 实现仪器内、外压力分隔。耐压外管 12 套在压裂管柱基座 4 上,压裂管柱基座 4 与耐压外管 12 连接上、下端均装有上密封圈 II 5、上密封挡圈 II 6,这些密封圈以及密封挡圈使得耐压外管 12 与压裂管柱基座 4 之间形成一个环形密闭腔体,隔离密封井下高压井液;压力传感器 9、电池组件 10 以及测量和记录电路板 11 等电子元器件就工作在这个环形密封腔体中,使得工作时不受井下压力影响而损坏。

[0043] 见图 8,多芯插座控制电池组件供电及测量结果读取。多芯插座 73 安装在压裂管柱基座 4 内,多芯插座 73 用于仪器测井完成后不用拆卸仪器将测量和记录电路 11 的数据读取,并通过通断控制开关 72 控制仪器供电,通断控制开关 72 外侧有密封塞 71 阻止外侧高压井液进入仪器内。

[0044] 压力传感器,检测仪器外压力变化,当开始压裂时仪器测量和记录电路开始工作。在密封腔体上端,压力传感器 9 安装在压力探头安装座 7 上,压力探头安装座 7 用连接轴 III 51 固定在压裂管柱基座 4 上,压力探头安装座 7 下方进压口处安装有密封圈 8。压力传感器 9 检测仪器外压力变化,当开始压裂时控制仪器测量和记录电路 11 开始工作,将传感器组件接收到的信号进行处理以及实时数据存储。

[0045] 与压力传感器 9 部分相邻的是电池组件 10,电池组件 10 安装在压裂管柱基座 4 的安装槽中,上端与压力传感器 9 相邻,中间隔有环形槽用来布置连接导线。安装槽沿压裂管柱基座 4 周向均布,使得压裂管柱基座 4 轴向受力均匀。电池组件 10 由装在两端的接头,多节锂电池和电池筒组成,电池组件 10 为位移测量仪器提供工作电源。

[0046] 压块 I 55 和压块 II 56 卡在(锂)电池组件 10 两端的接头上,并使用螺钉 II 54 与压裂管柱基座 4 连接并拧紧,完成对(锂)电池组件 10 的固定。每组电池之间设置有均布的走线槽 I 58,用来布置电池串联的导线 57。

[0047] 电池组件 10 下方是用于测量和记录的电路板 11,电路板 11 将传感器组件接收到的信号进行处理以及实时数据存储。压力传感器 9 和多芯插座 73 的引出导线,从压裂管柱基座 4 的轴向槽中引出,并经过环形槽连接到测量电路板 11 上。传感器组件 48 引出线经过线管 69 连接到测量电路板 11。在压裂管柱基座 4 上均布的电路板槽 62 槽内安装有电路

板 11, 在电路板 11 与槽底面 63 之间, 衬垫一层聚四氟乙烯板 61, 用来实现电路板 11 与槽底面 63 之间的电绝缘。透明硅凝胶 60 将电路板 11 固定在电路板槽 62 中。相邻电路板槽 62 的筋梁上布置有电路板隔档 64 和走线槽 II 65, 用来完成电路板之间的连线, 以及与(锂)电池组件 10 之间的连线。

[0048] 上臂 15、下臂 21 设置与压裂管柱基座 4 沿圆周分布的安装槽内, 上臂 15 通过连接轴 I 66 与压裂管柱基座 4 连接, 下臂 21 通过连接轴 II 22 与弹簧座 23 连接, 上臂与下臂通过连接轴 III 51 连接。

[0049] 上臂 15 设置有上滚轮 45, 下臂 21 设置有下滚轮 52, 当上臂 15 和下臂 21 撑开, 仪器轴向运动时, 上滚轮 45 和下滚轮 52 会沿套管进行滚动, 上滚轮 45 和下滚轮 52 通过行星轮实现同步滚动, 当仪器通过节箍时保证上滚轮 45 一直滚动, 提高测量精度。

[0050] 上臂 15 设置有传感器组件 48, 传感器组件 48 内装有霍尔器件 49 作为仪器的接收传感器, 当上滚轮 45 滚动时, 磁钢 47 会随着滚动, 霍尔器件 49 会接收到一个脉冲信号进行, 并发送至线路板 11 进行计数。上滚轮 45 设置有磁钢 47, 作为仪器测量的发射传感器。上滚轮和下滚轮通过行星轮实现同步滚动, 当仪器通过节箍时保证上滚轮测量不中断, 提高测量精度。传感器组件 48 引出线通过线管 69 引到线路板 11, 线管 69 两侧密封结构采用压紧块 13 和压紧螺钉 14 实现金属变形产生密封效果, 从而保证传感器正常工作。

[0051] 下臂 21 设置的弹片 19 用螺钉 II 20 固定于下臂 21 上, 弹片 19 用于上臂 15 和下臂 21 撑开时提供初始径向推力。

[0052] 撑臂、收臂控制组件保证仪器在下井过程中臂收在基座的安装槽内, 进行压裂作业时, 臂正常打开实现管柱串位移测量。

[0053] 在下臂 21 下部, 压裂管柱基座 4 外侧依次设置有上弹簧座 23、垫块 24、弹簧 I 25 和下弹簧座 26, 弹簧 I 25 处理受压缩状态, 给下弹簧座 26 一个向下的压力, 通过上弹簧座 23 传递到下臂 21 上, 起到仪器非工作状态收臂功能。

[0054] 在下弹簧座 26 下部, 压裂管柱基座 4 外侧依次设置有用仪器工作是撑臂装置, 活塞筒 27 与压裂管柱基座 4 之间和下部的弹簧 II 41 是收臂装置, 在活塞筒 27 与压裂管柱基座 4 之间设有由螺钉 III 28 固定的封压筒 29, 活塞 35 设在封压筒 29 下方, 下密封圈 I 30、下密封挡圈 I 31、下密封圈 II 32、下密封挡圈 II 33、下密封圈 III 36、下密封挡圈 III 37、下密封圈 IV 38、下密封挡圈 IV 39 分别设在活塞筒 27 与压裂管柱基座 4 之间, 剪切销 40 贯穿活塞筒 27 和活塞 35, 弹簧 II 41 为压缩状态给活塞筒 27 提供向上的压力, 最终将压力传递到封压筒 29 上, 当压裂管柱基座 4 内孔有压力时, 压力通过防沙螺钉 34 传递到活塞筒 27、封压筒 29 和活塞 35 形成的密封空间内, 当压力足够大时, 活塞上的力将剪断剪切销 40, 活塞筒 27 和活塞 35 脱开, 弹簧 II 41 压动活塞筒 27 向上运动, 活塞筒 27 运动到与下弹簧座 26 贴合时, 将同时压动上弹簧座 23 向上运动, 起到仪器撑臂作用。

[0055] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明, 不能认定本发明的具体实施方式仅限于此, 对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说, 在不脱离本发明构思的前提下, 还可以做出若干简单的推演或替换, 都应当视为属于本发明由所提交的权利要求书确定专利保护范围。

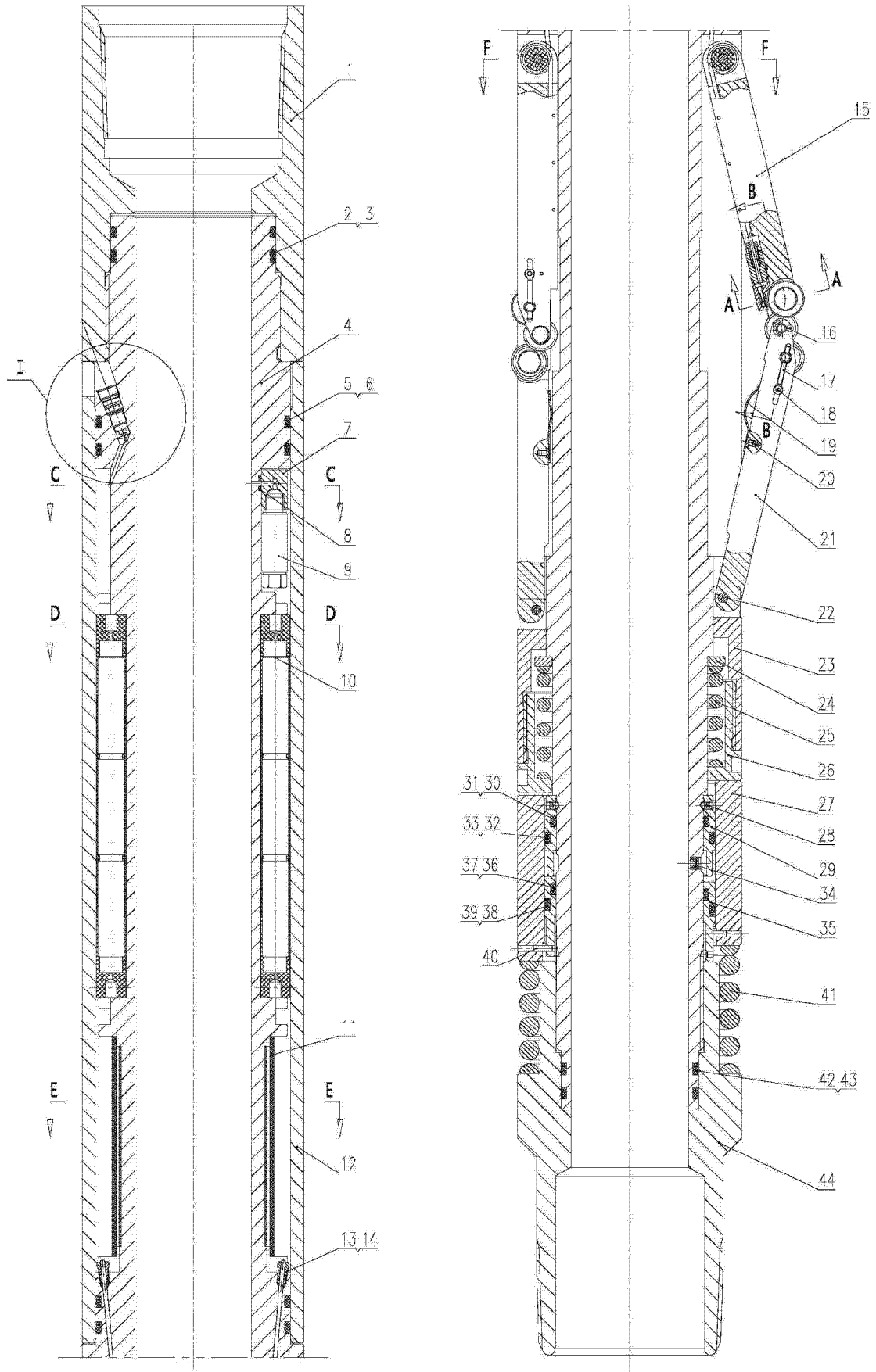


图 1 (a)

图 1 (b)

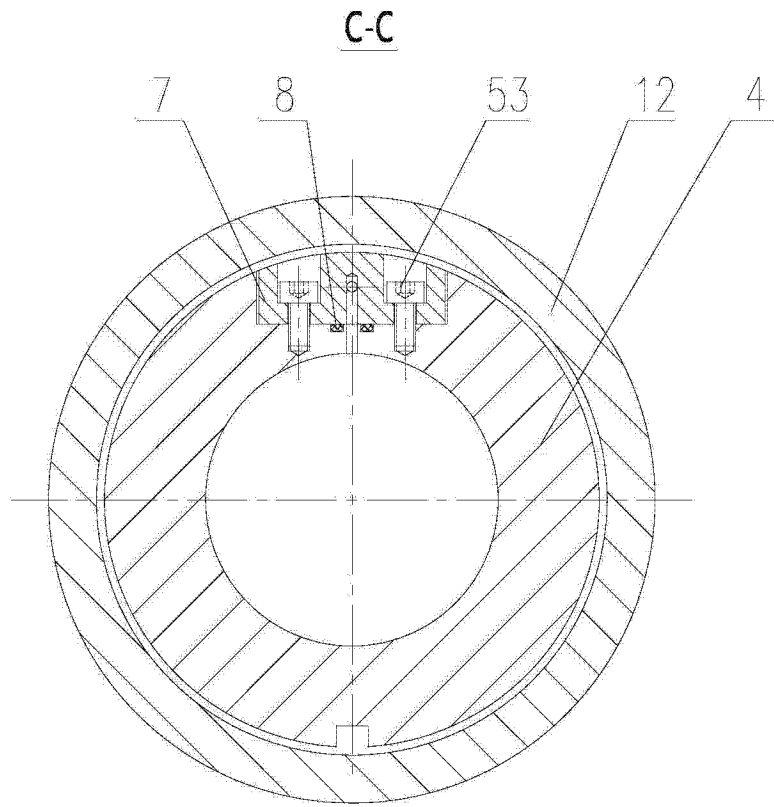


图 2

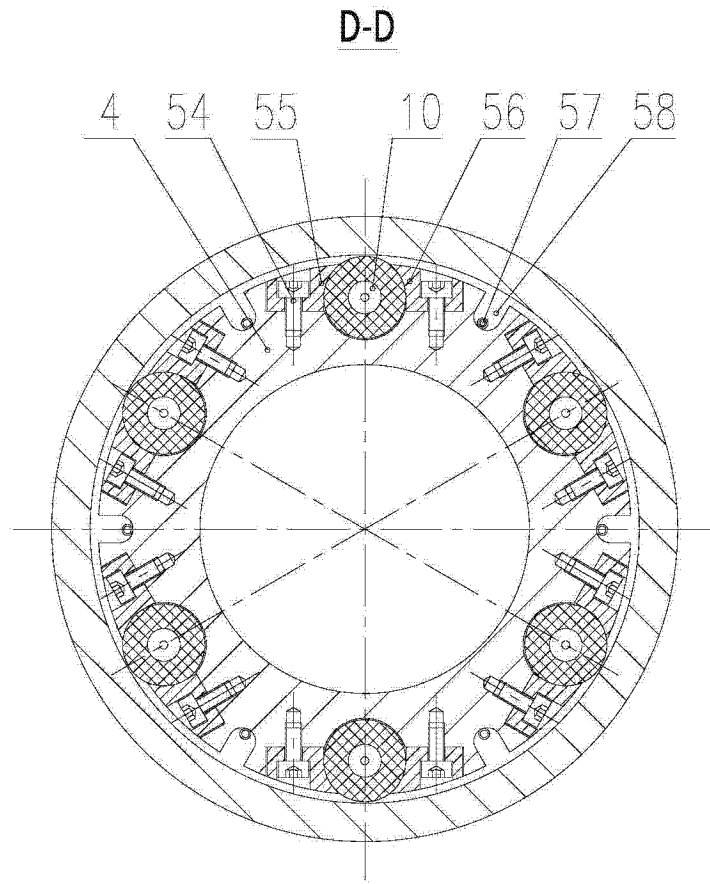


图 3

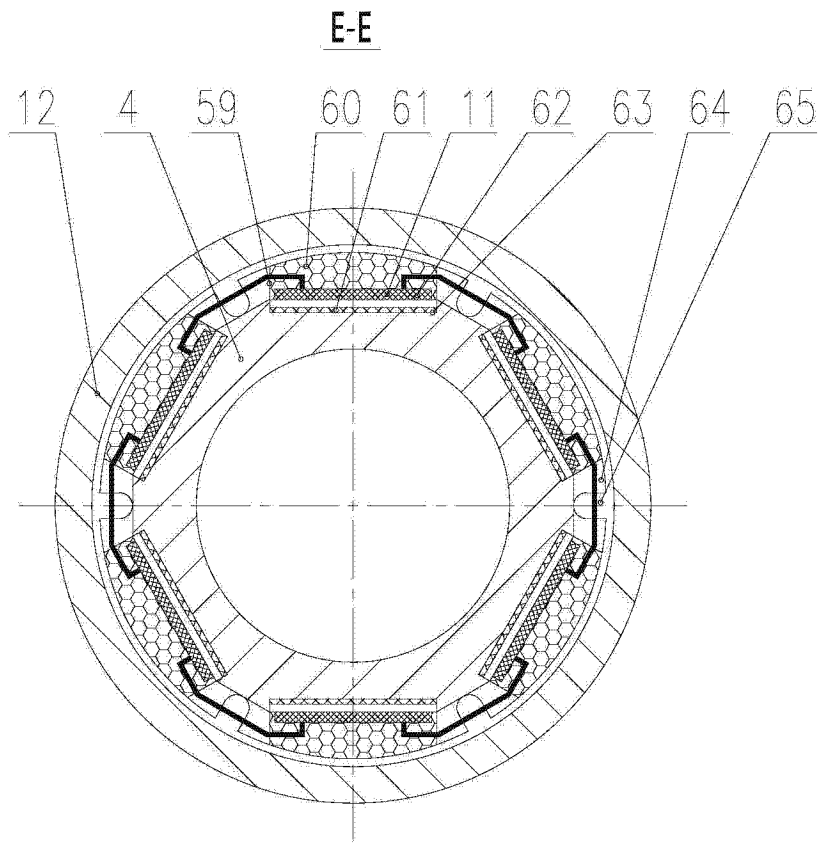


图 4

F-F

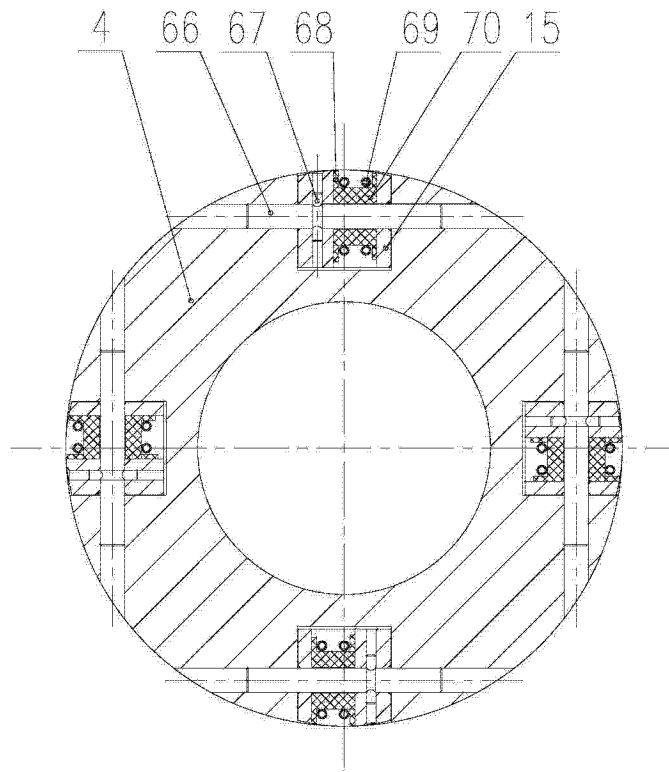


图 5

B-B旋转

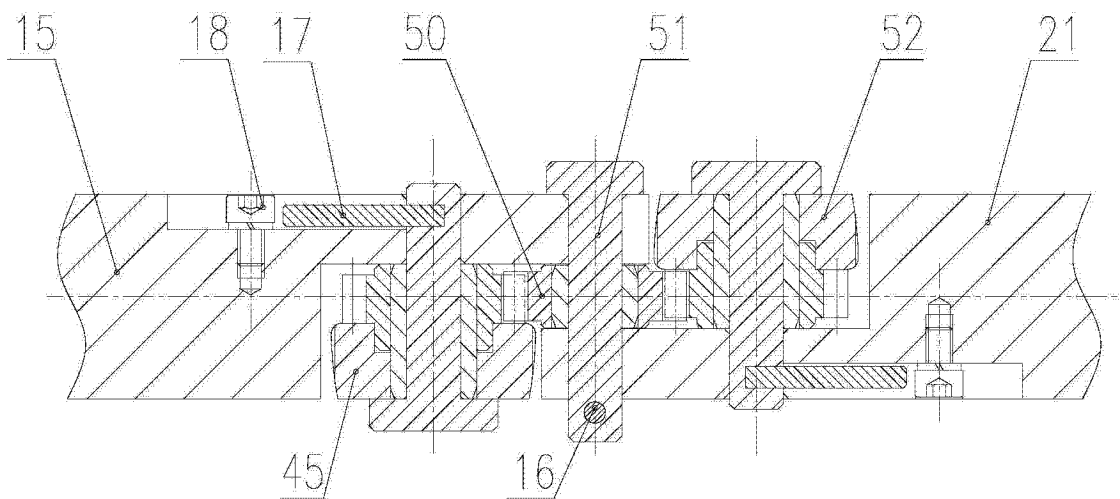


图 6

A-A旋转

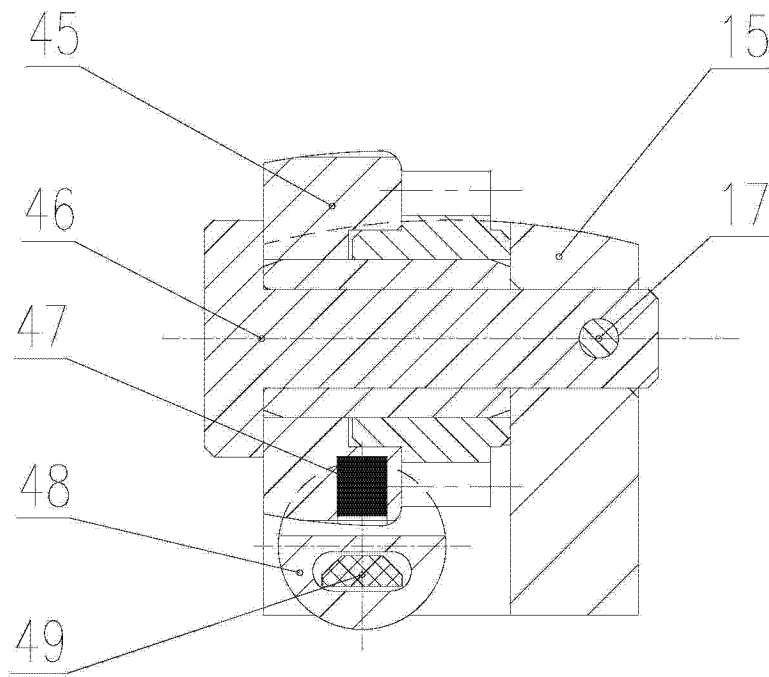


图 7

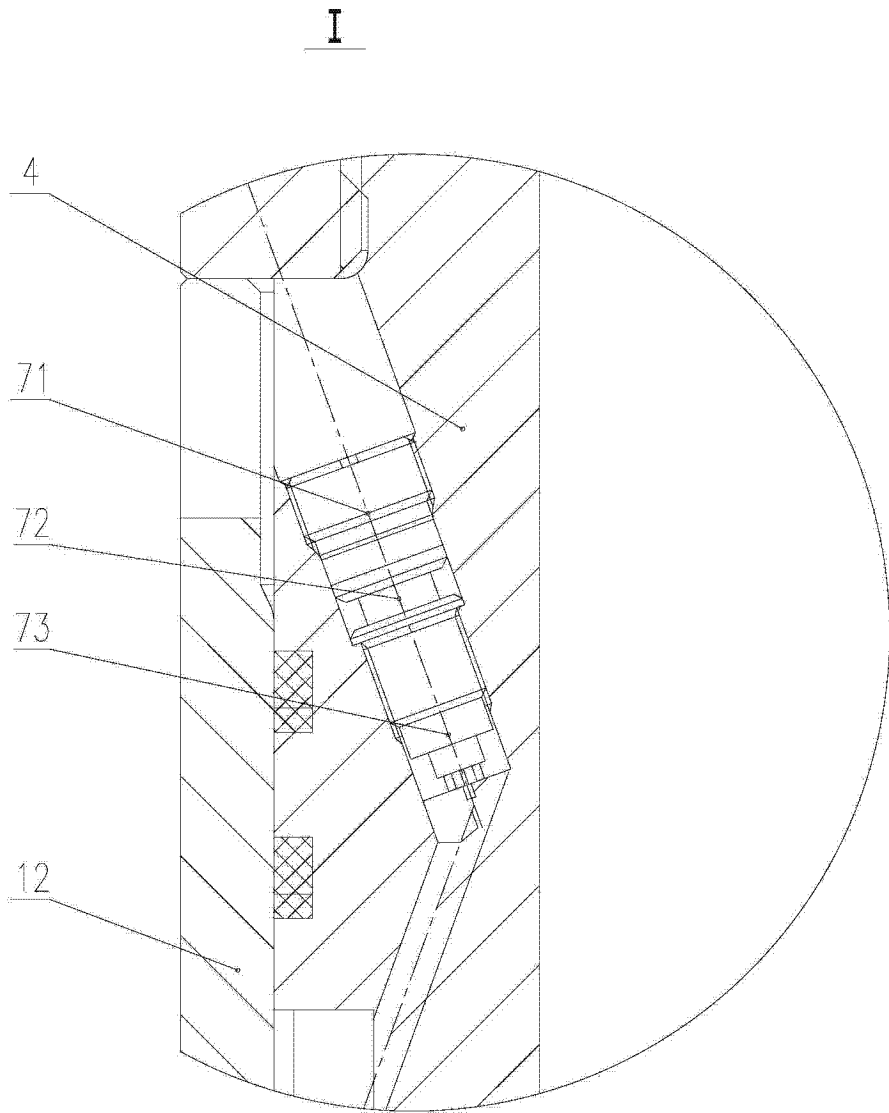


图 8