(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 114075948 A
(43)申请公布日 2022.02.22

(21)申请号 202010823784.3

(22)申请日 2020.08.17

(71)申请人 中国石油天然气股份有限公司
地址 100007 北京市东城区东直门北大街9号

(72)发明人 张红朋 杨建平 于广刚 王宝兴 杨志祥 贾俊敏 孔凡楠 张朝升 卢玉 金姗姗 孟庆新 喻波 薛健飞 李娟娟 陈钟强

(74)专利代理机构 北京三友知识产权代理有限公司 11127
代理人 朱坤鹏 赵燕力

(51)Int.Cl.
E21B 43/00(2006.01)
E21B 43/12(2006.01)
F04B 47/06(2006.01)
F04B 17/03(2006.01)
G06F 30/17(2020.01)
G06F 119/14(2020.01)

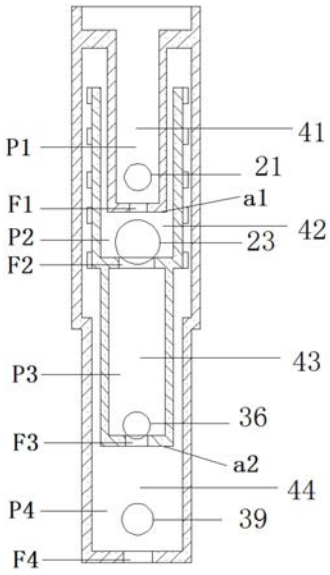
权利要求书3页 说明书10页 附图15页

(54)发明名称

倒置式电潜柱塞泵和潜油直线电机的额定推力设计方法

(57)摘要

本发明提供了一种倒置式电潜柱塞泵和潜油直线电机的额定推力设计方法，所述倒置式电潜柱塞泵包括从内向外依次套设的上泵柱塞(9)、上泵泵筒(15)和潜油直线电机，下泵泵筒(34)的下端连接有下泵固定阀总成(38)，上泵柱塞(9)的下端连接有上泵固定阀总成(20)，上泵泵筒(15)的下端连接有上泵游动阀总成(22)，上泵泵筒(15)的下端外连接有下泵柱塞(35)，下泵柱塞(35)的下端固定连接有下泵游动阀总成(37)。该倒置式电潜柱塞泵采用电机在上、下接柱塞泵的结构，可以配合后期内投电缆研发，能够实现内投电缆+电潜柱塞泵结构形式。所述潜油直线电机的额定推力设计方法能够降低“大马拉小车”现象。



CN 114075948 A

1.一种倒置式电潜柱塞泵,其特征在于,所述倒置式电潜柱塞泵包括从内向外依次套设的上泵柱塞(9)、上泵泵筒(15)和潜油直线电机,所述潜油直线电机含有内外套设的动子和定子,所述定子的下端外设有下泵泵筒(34),下泵泵筒(34)的下端固定连接有下泵固定阀总成(38),上泵柱塞(9)的下端位于上泵泵筒(15)内,上泵柱塞(9)的下端固定连接有上泵固定阀总成(20),上泵泵筒(15)的下端固定连接有上泵游动阀总成(22),上泵泵筒(15)的下端外固定连接有下泵柱塞(35),下泵柱塞(35)的下端固定连接有下泵游动阀总成(37),下泵柱塞(35)套设于下泵泵筒(34)内,下泵游动阀总成(37)位于下泵固定阀总成(38)的上方,所述动子能够驱动上泵泵筒(15)、上泵游动阀总成(22)、下泵柱塞(35)和下泵游动阀总成(37)同步上下移动。

2.根据权利要求1所述的倒置式电潜柱塞泵,其特征在于,所述定子含有内外套设的定子内管(13)和定子外管(26),定子内管(13)和定子外管(26)之间形成外环形空腔,所述动子含有动子内管(24),动子内管(24)与定子内管(13)之间内环形空腔。

3.根据权利要求2所述的倒置式电潜柱塞泵,其特征在于,所述外环形空腔内设有硅钢片组件(14),所述内环形空腔内套设有磁钢(19)和磁钢隔环(17),磁钢(19)和磁钢隔环(17)沿动子内管(24)的轴线方向交替排布,磁钢(19)外套设有磁钢保护套(18)。

4.根据权利要求2所述的倒置式电潜柱塞泵,其特征在于,定子外管(26)的上端外依次固定连接有电机出线管(10)、上连接管(6)、电机上接头(4)、出线连接短管(3)、上接头(45)、提升短接(2)和油管接箍(1),电缆能够依次穿过电机上接头(4)、上连接管(6)和电机出线管(10)进入所述外环形空腔内。

5.根据权利要求2所述的倒置式电潜柱塞泵,其特征在于,定子外管(26)的下端依次通过呼吸孔接箍(28)、电机下端接箍(29)、第一下泵连接接箍(25)和第二下泵连接接箍(32)与下泵泵筒(34)的上端连接固定,电机下端接箍(29)内插接有呼吸管(31),呼吸管(31)的内部与所述外环形空腔连通,呼吸管(31)的下端位于电机下端接箍(29)外,呼吸管(31)的下端设有单流阀(30)。

6.一种潜油直线电机的额定推力设计方法,其特征在于,所述潜油直线电机为权利要求1所述倒置式电潜柱塞泵中的潜油直线电机,在所述倒置式电潜柱塞泵中,上泵固定阀总成(20)上方的空腔为第一泵腔(41),上泵固定阀总成(20)与上泵游动阀总成(22)之间的空腔为第二泵腔(42),上泵游动阀总成(22)与下泵游动阀总成(37)之间的空腔为第三泵腔(43),下泵游动阀总成(37)与下泵固定阀总成(38)之间的空腔为第四泵腔(44);

所述潜油直线电机的额定推力设计方法包括以下步骤:

步骤1、计算所述倒置式电潜柱塞泵的上冲程排量和下冲程排量;

步骤2、通过受力分析,得到上泵泵筒(15)在上冲程时所需作用力的计算公式和上泵泵筒(15)在下冲程时所需作用力的计算公式;

步骤3、计算在上冲程时上泵固定阀总成(20)、上泵游动阀总成(22)、下泵游动阀总成(37)和下泵固定阀总成(38)处的压头损失,计算下冲程时上泵固定阀总成(20)、上泵游动阀总成(22)、下泵游动阀总成(37)和下泵固定阀总成(38)处的压头损失;

步骤4、将上冲程时的压力关系带入步骤2中所述上泵泵筒(15)在上冲程时所需作用力的计算公式,得到上泵泵筒(15)在上冲程时所需的作用力,将下冲程时的压力关系带入步骤2中所述上泵泵筒(15)在下冲程时所需作用力的计算公式,得到上泵泵筒(15)在下冲程

时所需的作用力；

步骤5、根据上泵泵筒(15)在上冲程时所需的作用力、上泵泵筒(15)在下冲程时所需的作用力和安全系数确定所述潜油直线电机的额定推力。

7.根据权利要求6所述的潜油直线电机的额定推力设计方法，其特征在于，在步骤1中，所述倒置式电潜柱塞泵的上冲程排量的计算公式为：

Qu＝a1×S；

其中，

Qu为上冲程排量，单位为m^3；

a1为上泵固定阀总成(20)的下端面积，单位为m^2；

S为冲程的长度，单位为m；

所述倒置式电潜柱塞泵的下冲程排量的计算公式为：

Qd＝a2×S-a1×S；

其中，

Qd为下冲程排量，单位为m^3；

A2为下泵游动阀总成(37)的下端面积，单位为m^2。

8.根据权利要求7所述的潜油直线电机的额定推力设计方法，其特征在于，在步骤2中，上泵泵筒(15)在上冲程时所需作用力的计算公式为：

Fu＝P2×a1-P4×a2；

其中，

Fu为上泵泵筒(15)在上冲程时所需的作用力，单位为N；

P2为所述第二泵腔中的液体压强，单位为MPa；

P4为所述第四泵腔中的液体压强，单位为MPa；

上泵泵筒(15)在下冲程时所需作用力的计算公式为：

Fd＝P2×(a1-a2)-(a2-aq2)×P_{F2}-(a2-aq3)×P_{F3}；

其中，

Fd为上泵泵筒(15)在下冲程时所需的作用力，单位为N；

aq2为上泵游动阀球(23)的最大截面面积，单位为m^2；

P_{F2}为在下冲程时上泵游动阀总成(22)处的压头损失，单位为Pa；

aq3为下泵游动阀球(36)的最大截面面积，单位为m^2；

P_{F3}为在下冲程时下泵游动阀总成(37)处的压头损失，单位为Pa。

9.根据权利要求8所述的潜油直线电机的额定推力设计方法，其特征在于，在步骤3中，所述压头损失的计算公式为：

$$P=\frac{1}{\xi^2}\times\frac{v_f^{\,2}}{2}\times\rho=\frac{1}{\xi^2}\times\frac{f_p^{\,2}}{f_o^{\,2}}\times\frac{v_p^{\,2}}{2}\times\rho$$

其中，

P为压头损失，单位为Pa；

v_f为液体通过阀孔的流速，单位为m/s；

v_p为上泵泵筒(15)的运动速度，单位为m/s；

ρ为液体的密度，单位为kg/m^3；

f_p为上泵泵筒(15)内的截面积,单位为m^2;

f_o为阀孔截面积,单位为m^2;

ξ为阀的流量系数,无单位,取值0.2。

10.根据权利要求9所述的潜油直线电机的额定推力设计方法,其特征在于,在步骤4中,

所述上冲程时的压力关系为:P2＝P1+P_{F1};P4＝Pf-P_{F4};P3＝P4;

P_{F1}为上泵固定阀总成(20)处的压头损失,单位为Pa;

P_{F4}为下泵固定阀总成(38)处的压头损失,单位为Pa;

P3为所述第三泵腔中的液体压强,单位为MPa;

P4为所述第四泵腔中的液体压强,单位为MPa;

所述下冲程时的压力关系为:P2＝P1+P_{F1};P3＝P2+P_{F2};P4＝P3+P_{F3};

在步骤5中,根据所述潜油直线电机的所需最大推力确定所述潜油直线电机的额定推力;

所述潜油直线电机的所需最大推力的计算公式为:

F_{MAX}＝Fz×Sa;

其中,

F_{MAX}为所述潜油直线电机的所需最大推力,单位为N;

Fz为所述潜油直线电机的在上冲程或下冲程所需的最大作用力,单位为N,选择Fu和Fd中的最大值;

Sa为安全系数,无单位,取值2.5。

倒置式电潜柱塞泵和潜油直线电机的额定推力设计方法

技术领域

[0001] 本发明涉及石油开采设备领域，具体的是一种倒置式电潜柱塞泵，还是一种潜油直线电机的额定推力设计方法。

背景技术

[0002] 有杆泵举升目前仍是油田最成熟的采油设备。据统计辽河油田目前开井9000余口，其中80％以上为有杆泵举升。有杆泵举升系统包括地面抽油机、抽油杆及井下抽油泵组成。其原理是利用地面抽油机提供动力，通过四连杆机构，带动抽油杆运行，从而带动抽油泵实现往复抽汲运动。

[0003] 受井身轨迹、原油物性、油藏特性等多方因素影响，有杆泵举升过程中，势必存在管、杆偏磨现象。随着原油开采后期，含水增加、原油黏度增大，偏磨现象加剧。据统计，油田因管杆偏磨现象造成管、杆报废约30000根，同时因管杆偏磨导致油井作业占总作业数40％以上。

[0004] 电潜柱塞泵举升系统隶属于无杆泵举升技术范畴，常规电潜柱塞泵系统包括地面控制柜、电缆、井下潜油电机(直线电机)、柱塞泵，其系统管柱由上到下为油管、柱塞泵、电机。因无需抽油杆提供动力，因此可以彻底解决管杆偏磨现象。

[0005] 常规电潜柱塞泵工作原理是：地面380V电压升压到660V或1140V后，通过潜油电缆传输给潜油直线电机(最下端)，潜油直线电机动子与推杆螺纹连接，推杆与柱塞螺纹连接，潜油直线电机动子在交变电流的作用下进行步进式往复运动，从而推动柱塞进行往复抽汲运动。因泵在整个管柱最下端，受阀球、阀座影响，若想进行内投电缆应用，实现困难较大。

发明内容

[0006] 为了提高电潜柱塞泵的适用范畴，本发明提供了一种倒置式电潜柱塞泵和潜油直线电机的额定推力设计方法，该倒置式电潜柱塞泵采用电机在上、下接柱塞泵的结构，可以配合后期内投电缆研发，能够实现内投电缆+电潜柱塞泵结构形式。该倒置式电潜柱塞泵能够实现同等举升力，提高扬程的现场需求；同等扬程，提高排量的现场要求。所述潜油直线电机的额定推力设计方法能够确定电潜柱塞泵所需举升能力，降低“大马拉小车”现象。

[0007] 本发明解决其技术问题所采用的技术方案是：

[0008] 一种倒置式电潜柱塞泵，包括从内向外依次套设的上泵柱塞、上泵泵筒和潜油直线电机，所述潜油直线电机含有内外套设的动子和定子，所述定子的下端外设有下泵泵筒，下泵泵筒的下端固定连接有下泵固定阀总成，上泵柱塞的下端位于上泵泵筒内，上泵柱塞的下端固定连接有上泵固定阀总成，上泵泵筒的下端固定连接有上泵游动阀总成，上泵泵筒的下端外固定连接有下泵柱塞，下泵柱塞的下端固定连接有下泵游动阀总成，下泵柱塞套设于下泵泵筒内，下泵游动阀总成位于下泵固定阀总成的上方，所述动子能够驱动上泵泵筒、上泵游动阀总成、下泵柱塞和下泵游动阀总成同步上下移动。

[0009] 所述定子含有内外套设的定子内管和定子外管，定子内管和定子外管之间形成外

环形空腔，所述动子含有动子内管，动子内管与定子内管之间内环形空腔。

[0010] 所述外环形空腔内设有硅钢片组件，所述内环形空腔内套设有磁钢和磁钢隔环，磁钢和磁钢隔环沿动子内管的轴线方向交替排布，磁钢外套设有磁钢保护套。

[0011] 定子外管的上端外依次固定连接有电机出线管、上连接管、电机上接头、出线连接短管、上接头、提升短接和油管接箍，电缆能够依次穿过电机上接头、上连接管和电机出线管进入所述外环形空腔内。

[0012] 定子外管的下端依次通过呼吸孔接箍、电机下端接箍、第一下泵连接接箍和第二下泵连接接箍与下泵泵筒的上端连接固定，电机下端接箍内插接有呼吸管，呼吸管的内部与所述外环形空腔连通，呼吸管的下端位于电机下端接箍外，呼吸管的下端设有单流阀。

[0013] 一种潜油直线电机的额定推力设计方法，所述潜油直线电机为上述倒置式电潜柱塞泵中的潜油直线电机，在所述倒置式电潜柱塞泵中，上泵固定阀总成上方的空腔为第一泵腔，上泵固定阀总成与上泵游动阀总成之间的空腔为第二泵腔，上泵游动阀总成与下泵游动阀总成之间的空腔为第三泵腔，下泵游动阀总成与下泵固定阀总成之间的空腔为第四泵腔；

[0014] 所述潜油直线电机的额定推力设计方法包括以下步骤：

[0015] 步骤1、计算所述倒置式电潜柱塞泵的上冲程排量和下冲程排量；

[0016] 步骤2、通过受力分析，得到上泵泵筒在上冲程时所需作用力的计算公式和上泵泵筒在下冲程时所需作用力的计算公式；

[0017] 步骤3、计算在上冲程时上泵固定阀总成、上泵游动阀总成、下泵游动阀总成和下泵固定阀总成处的压头损失，计算下冲程时上泵固定阀总成、上泵游动阀总成、下泵游动阀总成和下泵固定阀总成处的压头损失；

[0018] 步骤4、将上冲程时的压力关系带入步骤2中所述上泵泵筒在上冲程时所需作用力的计算公式，得到上泵泵筒在上冲程时所需的作用力，将下冲程时的压力关系带入步骤2中所述上泵泵筒在下冲程时所需作用力的计算公式，得到上泵泵筒在下冲程时所需的作用力；

[0019] 步骤5、根据上泵泵筒在上冲程时所需的作用力、上泵泵筒在下冲程时所需的作用力和安全系数确定所述潜油直线电机的额定推力。

[0020] 在步骤1中，

[0021] 所述倒置式电潜柱塞泵的上冲程排量的计算公式为：

[0022] $Qu=a1\times S$；

[0023] 其中，

[0024] Qu为上冲程排量，单位为m^3；

[0025] a1为上泵固定阀总成的下端面积，单位为m^2；

[0026] S为冲程的长度，单位为m；

[0027] 所述倒置式电潜柱塞泵的下冲程排量的计算公式为：

[0028] $Qd=a2\times S-a1\times S$；

[0029] 其中，

[0030] Qd为下冲程排量，单位为m^3；

[0031] A2为下泵游动阀总成的下端面积，单位为m^2。

[0032] 在步骤2中，

[0033] 上泵泵筒在上冲程时所需作用力的计算公式为：

[0034] Fu＝P2×a1-P4×a2；

[0035] 其中，

[0036] Fu为上泵泵筒在上冲程时所需的作用力，单位为N；

[0037] P2为所述第二泵腔中的液体压强，单位为MPa；

[0038] P4为所述第四泵腔中的液体压强，单位为MPa；

[0039] 上泵泵筒在下冲程时所需作用力的计算公式为：

[0040] $Fd＝P2×(a1-a2)-(a2-aq2)×P_{F2}-(a2-aq3)×P_{F3}$；

[0041] 其中，

[0042] Fd为上泵泵筒在下冲程时所需的作用力，单位为N；

[0043] aq2为上泵游动阀球的最大截面面积，单位为m^2；

[0044] P_{F2}为在下冲程时上泵游动阀总成处的压头损失，单位为Pa；

[0045] aq3为下泵游动阀球的最大截面面积，单位为m^2；

[0046] P_{F3}为在下冲程时下泵游动阀总成(37)处的压头损失，单位为Pa。

[0047] 在步骤3中，所述压头损失的计算公式为：

[0048] $$P=\frac{1}{\xi^2}\times\frac{v_f^2}{2}\times\rho=\frac{1}{\xi^2}\times\frac{f_p^2}{f_o^2}\times\frac{v_p^2}{2}\times\rho;$$

[0049] 其中，

[0050] P为压头损失，单位为Pa；

[0051] v_f为液体通过阀孔的流速，单位为m/s；

[0052] v_p为上泵泵筒的运动速度，单位为m/s；

[0053] ρ为液体的密度，单位为kg/m^3；

[0054] f_p为上泵泵筒内的截面积，单位为m^2；

[0055] f_o为阀孔截面积，单位为m^2；

[0056] ξ为阀的流量系数，无单位，取值0.2。

[0057] 在步骤4中，

[0058] 所述上冲程时的压力关系为：$P2＝P1+P_{F1}$；$P4＝Pf-P_{F4}$；$P3＝P4$；

[0059] P_{F1}为上泵固定阀总成处的压头损失，单位为Pa；

[0060] P_{F4}为下泵固定阀总成处的压头损失，单位为Pa；

[0061] P3为所述第三泵腔中的液体压强，单位为MPa；

[0062] P4为所述第四泵腔中的液体压强，单位为MPa；

[0063] 所述下冲程时的压力关系为：$P2＝P1+P_{F1}$；$P3＝P2+P_{F2}$；$P4＝P3+P_{F3}$；

[0064] 在步骤5中，根据所述潜油直线电机的所需最大推力确定所述潜油直线电机的额定推力；

[0065] 所述潜油直线电机的所需最大推力的计算公式为：

[0066] $F_{MAX}＝Fz×Sa$；

[0067] 其中，

[0068] F_{MAX}为所述潜油直线电机的所需最大推力，单位为N；

[0069] Fz为所述潜油直线电机的在上冲程或下冲程所需的最大作用力，单位为N，选择Fu和Fd中的最大值；

[0070] Sa为安全系数，无单位，取值2.5。

[0071] 本发明的有益效果是：

[0072] 1、该倒置式电潜柱塞泵能够使油井实现无杆采油，降低管杆偏磨现象，延长无杆泵井使用周期。

[0073] 2、该倒置式电潜柱塞泵采用电机在上、下接柱塞泵的结构，可以配合后期内投电缆研发，能够实现内投电缆+电潜柱塞泵结构形式。该倒置式电潜柱塞泵能够实现同等举升力，提高扬程的现场需求；同等扬程，提高排量的现场要求。提高电潜柱塞泵性能及适用范畴，为后期内投电缆电潜柱塞泵技术奠定基础，满足无杆泵使用后期油井需求。

[0074] 3、所述潜油直线电机的额定推力设计方法能够确定电潜柱塞泵所需举升能力，降低“大马拉小车”现象。

附图说明

[0075] 构成本申请的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解，本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明，并不构成对本发明的不当限定。

[0076] 图1是本发明所述倒置式电潜柱塞泵的整体示意图。

[0077] 图2是图1中上数第一段的示意图。

[0078] 图3是图1中上数第二段的示意图。

[0079] 图4是图1中上数第三段的示意图。

[0080] 图5是图1中上数第四段的示意图。

[0081] 图6是图1中上数第五段的示意图。

[0082] 图7是图1中上数第六段的示意图。

[0083] 图8是图1中上数第七段的示意图。

[0084] 图9是图1中上数第八段的示意图。

[0085] 图10是图1中上数第九段的示意图。

[0086] 图11是图1中上数第十段的示意图。

[0087] 图12是图1中上数第十一段的示意图。

[0088] 图13是图1中上数第十二段的示意图。

[0089] 图14是图1中上数第十三段的示意图。

[0090] 图15是所述倒置式电潜柱塞泵在上冲程时的示意简图。

[0091] 图16是所述倒置式电潜柱塞泵在下冲程时的示意简图。

[0092] 图17是潜油直线电机举升井筒内压力关系示意图。

[0093] 1、油管接箍；2、提升短接；3、出线连接短管；4、电机上接头；5、出油中心管；6、上连接管；7、中心管连接接箍；8、备帽；9、上泵柱塞；10、电机出线管；11、电机出线过渡管；12、扶正滑环；13、定子内管；14、硅钢片组件；15、上泵泵筒；16、动子挡环；17、磁钢隔环；18、磁钢保护套；19、磁钢；20、上泵固定阀总成；21、上泵固定阀球；22、上泵游动阀总成；23、上泵游动阀球；24、动子内管；25、第一下泵连接接箍；26、定子外管；27、下连接接头；28、呼吸孔接箍；29、电机下端接箍；30、单流阀；31、呼吸管；32、第二下泵连接接箍；33、固定帽；34、下泵

泵筒;35、下泵柱塞;36、下泵游动阀球;37、下泵游动阀总成;38、下泵固定阀总成;39、下泵固定阀球;40、尾部限位接箍;41、第一泵腔;42、第二泵腔;43、第三泵腔;44、第四泵腔;45、上接头。

具体实施方式

[0094] 需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。下面将参考附图并结合实施例来详细说明本发明。

[0095] 一种倒置式电潜柱塞泵,包括从内向外依次套设的上泵柱塞9、上泵泵筒15和潜油直线电机,所述潜油直线电机含有内外套设的动子和定子,所述定子的下端外设有下泵泵筒34,下泵泵筒34的下端固定连接有下泵固定阀总成38,上泵柱塞9的下端位于上泵泵筒15内,上泵柱塞9的下端固定连接有上泵固定阀总成20,上泵泵筒15的下端固定连接有上泵游动阀总成22,上泵泵筒15的下端外固定连接有下泵柱塞35,下泵柱塞35的下端固定连接有下泵游动阀总成37,下泵柱塞35套设于下泵泵筒34内,下泵游动阀总成37位于下泵固定阀总成38的上方,所述动子能够驱动上泵泵筒15、上泵游动阀总成22、下泵柱塞35和下泵游动阀总成37同步上下移动,如图1至图14所示。

[0096] 上泵固定阀总成20、上泵游动阀总成22、下泵游动阀总成37和下泵固定阀总成38从上向下间隔排列,上泵固定阀总成20上方的空腔为第一泵腔41,上泵固定阀总成20与上泵游动阀总成22之间的空腔为第二泵腔42,上泵游动阀总成22与下泵游动阀总成37之间的空腔为第三泵腔43,下泵游动阀总成37与下泵固定阀总成38之间的空腔为第四泵腔44。上泵固定阀总成20含有上泵固定阀球21,上泵游动阀总成22含有上泵游动阀球23,下泵游动阀总成37含有下泵游动阀球36,下泵固定阀总成38含有下泵固定阀球39,如图15和图16所示。

[0097] 在本实施例中,所述倒置式电潜柱塞泵和所述潜油直线电机均为直立状态,上泵柱塞9的轴线、上泵泵筒15的轴线和所述潜油直线电机的轴线重合。所述定子含有内外套设的定子内管13和定子外管26,定子内管13和定子外管26之间形成外环形空腔,所述动子含有动子内管24,动子内管24与定子内管13之间内环形空腔。动子内管24套设于上泵泵筒15外,动子内管24与上泵泵筒15连接固定,动子内管24能够上下移动,从而带动上泵泵筒15同步上下移动。

[0098] 在本实施例中,定子内管13的轴线、定子外管26的轴线、动子内管24的轴线和上泵泵筒15的轴线重合,所述外环形空腔内设有硅钢片组件14,相邻的两个硅钢片组件14之间设有动子挡环16,所述内环形空腔内套设有磁钢19和磁钢隔环17,磁钢19与动子内管24连接固定,磁钢19和磁钢隔环17沿动子内管24的轴线方向交替排布,磁钢19外套设有磁钢保护套18。

[0099] 在本实施例中,定子外管26的上端外依次固定连接有电机出线管10、上连接管6、电机上接头4、出线连接短管3、上接头45、提升短接2和油管接箍1,电缆能够依次穿过电机上接头4、上连接管6和电机出线管10进入所述外环形空腔内。上泵柱塞9的上端外依次连接有中心管连接接箍7和出油中心管5,出油中心管5依次穿过上连接管6、电机上接头4和出线连接短管3,上泵柱塞9的上端外套设有备帽8,中心管连接接箍7与备帽8上下连接。

[0100] 具体的,定子外管26、电机出线管10、上连接管6、电机上接头4、出线连接短管3、上

接头45、提升短接2和油管接箍1依次螺纹连接，上泵柱塞9、中心管连接接箍7和出油中心管5依次螺纹连接，出油中心管5的上端与出线连接短管3之间套设有固定帽33，出油中心管5的上端与固定帽33螺纹连接，出线连接短管3与固定帽33螺纹连接。

[0101] 中心管连接接箍7与电机出线管10螺纹连接，定子内管13的上方电机出线过渡管11，电机出线过渡管11套设于上泵柱塞9和定子外管26之间，电机出线过渡管11的上端与电机出线管10螺纹连接，电机出线过渡管11的内径等于定子内管13的内径，定子内管13的下端内套设有扶正滑环12。

[0102] 在本实施例中，定子外管26的下端依次通过呼吸孔接箍28、电机下端接箍29、第一下泵连接接箍25和第二下泵连接接箍32与下泵泵筒34的上端连接固定，电机下端接箍29内插接有呼吸管31，呼吸管31的轴线与定子外管26的轴线平行，呼吸管31的内部与所述外环形空腔连通，呼吸管31的下端位于电机下端接箍29外的下方，呼吸管31的下端设有单流阀30，单流阀30的导通方向为从上向下。

[0103] 具体的，定子外管26、呼吸孔接箍28、电机下端接箍29、第一下泵连接接箍25、第二下泵连接接箍32和下泵泵筒34螺纹连接，下泵泵筒34与下泵固定阀总成38螺纹连接，下泵固定阀总成38的下端螺纹连接有尾部限位接箍40，定子内管13与呼吸孔接箍28螺纹连接。上泵泵筒15、上泵游动阀总成22、下泵柱塞35和下泵游动阀总成37依次螺纹连接。上泵游动阀总成22与下泵柱塞35之间通过下连接接头27螺纹连接，上泵游动阀总成22与下连接接头27螺纹连接，下泵柱塞35与下连接接头27螺纹连接。

[0104] 下面介绍该倒置式电潜柱塞泵的工作过程。

[0105] 上冲程：潜油直线电机通电后，因上泵泵筒15、上泵游动阀总成22、下泵柱塞35和下泵游动阀总成37与动子内管24连接形成固定件，动子运行与上述部件运动一致。因此动子带动上泵泵筒15、上泵游动阀总成22、下泵柱塞35和下泵游动阀总成37同时上行，定子外管26、上泵柱塞9、上泵固定阀总成20、下泵泵筒34和下泵固定阀总成38均固定不动。造成第二泵腔42变大，压力降低，受压差的影响，下泵固定阀总成38开启进液，与沉没压力相同，第三泵腔43由于空间不会因为动子上下行变化，因此，上泵游动阀总成22与下泵游动阀总成37形成联动动作，即上泵游动阀总成22和下泵游动阀总成37同时开启，同时关闭。第四泵腔44内的压力大于第三泵腔43内的压力，导致上泵固定阀球21和下泵固定阀球39连锁开启，第二泵腔42因动子上行而变小，压力升高，当压力高于第一泵腔41液柱压力时，上泵固定阀球21开启，排液，如图15所示。

[0106] 下冲程：因动子下行，上泵泵筒15、上泵游动阀总成22、下泵柱塞35和下泵游动阀总成37也同时下行，造成第四泵腔44变小，压力升高，压力高于沉没压力后，下泵固定阀球39关闭。第二泵腔42变大，压力减小，上泵固定阀球21、上泵游动阀球23和下泵游动阀球36均开启，如图16所示。

[0107] 下面介绍一种潜油直线电机的额定推力设计方法，所述潜油直线电机为上述倒置式电潜柱塞泵中的潜油直线电机，所述潜油直线电机的额定推力设计方法包括以下步骤：

[0108] 步骤1、计算所述倒置式电潜柱塞泵的上冲程排量和下冲程排量；

[0109] 步骤2、通过受力分析，得到上泵泵筒15在上冲程时所需作用力的计算公式和上泵泵筒15在下冲程时所需作用力的计算公式；

[0110] 步骤3、计算在上冲程时上泵固定阀总成20、上泵游动阀总成22、下泵游动阀总成

37和下泵固定阀总成38处的压头损失，计算下冲程时上泵固定阀总成20、上泵游动阀总成22、下泵游动阀总成37和下泵固定阀总成38处的压头损失；

[0111] 步骤4、将上冲程时的压力关系带入步骤2中所述上泵泵筒15在上冲程时所需作用力的计算公式，得到上泵泵筒15在上冲程时所需的作用力，将下冲程时的压力关系带入步骤2中所述上泵泵筒15在下冲程时所需作用力的计算公式，得到上泵泵筒15在下冲程时所需的作用力；

[0112] 步骤5、根据上泵泵筒15在上冲程时所需的作用力、上泵泵筒15在下冲程时所需的作用力和安全系数确定所述潜油直线电机的额定推力。

[0113] 在步骤1中，

[0114] 上冲程时，上泵固定阀总成20打开排液，下泵固定阀总成38打开进液，上泵游动阀总成22在液柱载荷的作用下关闭，下泵游动阀总成37关闭，上泵游动阀总成22和下泵游动阀总成37处无流体流过、也不存在压差，处于悬浮状态，所述倒置式电潜柱塞泵的上冲程排量的计算公式为：

[0115] $Qu=a1\times S$

[0116] 其中，

[0117] Qu为上冲程排量，单位为m^3；

[0118] a1为上泵固定阀总成20的下端面积，单位为m^2；

[0119] S为冲程的长度，单位为m；

[0120] 下冲程时，上泵游动阀总成22打开排液，下泵游动阀总成37打开排液，下泵固定阀总成38在液柱载荷的作用下关闭，上泵固定阀总成20由于上柱塞面积小于下柱塞面积，运动柱塞在向下运动过程中，下柱塞排出的体积大于上柱塞让出体积，所以上泵固定阀总成20需要排出一部分液量，所述倒置式电潜柱塞泵的下冲程排量的计算公式为：

[0121] $Qd=a2\times S-a1\times S$

[0122] 其中，

[0123] Qd为下冲程排量，单位为m^3；

[0124] A2为下泵游动阀总成37的下端面积，单位为m^2。

[0125] 在步骤2中，

[0126] 在上冲程时，如图15所示，把上泵泵筒15作为一个整体分析，作用在上泵泵筒15上部的作用力为$P2\times a1$，作用在上泵泵筒15下部的作用力为$P4\times a2$，上泵泵筒15受到向下的合力为$P2\times a1-P4\times a2$，则上泵泵筒15在上冲程时所需作用力的计算公式为：

[0127] $Fu=P2\times a1-P4\times a2$

[0128] 其中，

[0129] Fu为上泵泵筒15在上冲程时所需的作用力，单位为N；

[0130] P2为所述第二泵腔中的液体压强，单位为MPa；

[0131] P4为所述第四泵腔中的液体压强，单位为MPa；

[0132] $P2=P1+\Delta P1$

[0133] 结合图17所示的井筒压力关系，上冲程时候泵内压力P4为：

[0134] $P4=Pf-\Delta P4$

[0135] 在下冲程时，如图16所示，把上泵泵筒15作为一个整体分析，在泵完全充满的情况

下，不考虑阀的流动阻力，则作用在上泵泵筒15上部的作用力为P2×a1，作用在上泵泵筒15下部的作用力为P4×a2，上泵泵筒15受到的向上的合力为P4×a2-P2×a1，

[0136] 在考虑阀的流动阻力的情况下，如图17所示，上泵泵筒15在下冲程时所需作用力的计算公式为：

[0137] $Fd=P2\times(a1-a2)-(a2-aq2)\times P_{F2}-(a2-aq3)\times P_{F3}$

[0138] 其中，

[0139] Fd为上泵泵筒15在下冲程时所需的作用力，单位为N；

[0140] aq2为上泵游动阀球23的最大截面面积，单位为m^2；

[0141] P_{F2}为在下冲程时上泵游动阀总成22处的压头损失，单位为Pa；

[0142] aq3为下泵游动阀球36的最大截面面积，单位为m^2；

[0143] P_{F3}为在下冲程时下泵游动阀总成37处的压头损失，单位为Pa。

[0144] 根据图17所示，可以得到：

[0145] $Pf=Ph+\rho gh$

[0146] $P1=P0+\rho gH$

[0147] 在图17中，P_h为套压，单位为MPa；P0为油压，单位为MPa；H为泵挂深度，单位为m；h为沉没度，单位为m；P_f为泵沉没压力，单位为MPa；P_r为油藏压力，单位为MPa；P_w为井底流压，单位为MPa。

[0148] 在步骤3中，

[0149] 所述压头损失的计算公式为：

[0150] $$P=\frac{1}{\xi^2}\times\frac{v_f^{\,2}}{2}\times\rho=\frac{1}{\xi^2}\times\frac{f_p^{\,2}}{f_o^{\,2}}\times\frac{v_p^{\,2}}{2}\times\rho$$

[0151] 其中，

[0152] P为压头损失，单位为Pa；

[0153] v_f为液体通过阀孔的流速，单位为m/s；

[0154] v_p为上泵泵筒15的运动速度，单位为m/s；

[0155] ρ为液体的密度，单位为kg/m^3；

[0156] f_p为上泵泵筒15内的截面积，单位为m^2；

[0157] f_o为阀孔截面积，单位为m^2；

[0158] ξ为阀的流量系数，无单位，取值0.2。

[0159] 根据上述压头损失的计算公式，可以得到：

[0160] 在上冲程时，上泵游动阀总成22和下泵游动阀总成37处没有压头损失，即F2和F3均为零。

[0161] 上泵固定阀总成20处的压头损失为：

[0162] $$P_{F1}=\frac{1}{\xi^2}\times\frac{a1^2}{a_{F1}^{\,2}}\times\frac{v_p^{\,2}}{2}\times\rho$$

[0163] 下泵固定阀总成38处的压头损失为：

[0164] $$P_{F4}=\frac{1}{\xi^2}\times\frac{a2^2}{a_{F4}^{\,2}}\times\frac{v_p^{\,2}}{2}\times\rho$$

[0165] F1表示上泵固定阀总成20,F2表示上泵游动阀总成22,F3表示下泵游动阀总成37,F4表示下泵固定阀总成38。

[0166] 下冲程时,

[0167] 上泵固定阀总成20处的压头损失为:

[0168] $$P_{F1}=\frac{1}{\xi^2}\times\frac{a2^2-a1^2}{a_{F1}{}^2}\times\frac{v_p{}^2}{2}\times\rho;$$

[0169] 上泵游动阀总成22处的压头损失为:

[0170] $$P_{F2}=\frac{1}{\xi^2}\times\frac{a2^2}{a_{F2}{}^2}\times\frac{v_p{}^2}{2}\times\rho;$$

[0171] 下泵游动阀总成37处的压头损失为

[0172] $$P_{F3}=\frac{1}{\xi^2}\times\frac{a2^2}{a_{F3}{}^2}\times\frac{v_p{}^2}{2}\times\rho;$$

[0173] 在步骤4中,

[0174] 所述上冲程时的压力关系为:$P2=P1+P_{F1}$;$P4=Pf-P_{F4}$;$P3=P4$;

[0175] P_{F1}为上泵固定阀总成20处的压头损失,单位为Pa;

[0176] P_{F4}为下泵固定阀总成38处的压头损失,单位为Pa;

[0177] P3为所述第三泵腔中的液体压强,单位为MPa;

[0178] P4为所述第四泵腔中的液体压强,单位为MPa;

[0179] 所述下冲程时的压力关系为:$P2=P1+P_{F1}$;$P3=P2+P_{F2}$;$P4=P3+P_{F3}$;

[0180] 所以$P4=P1+P_{F1}+P_{F2}+P_{F3}$

[0181] P_{F3}为下泵游动阀总成37处的压头损失,单位为Pa;

[0182] 在步骤5中,

[0183] 根据所述潜油直线电机的所需最大推力确定所述潜油直线电机的额定推力;

[0184] 所述潜油直线电机的所需最大推力的计算公式为:

[0185] $F_{MAX}=Fz\times Sa$

[0186] 其中,

[0187] F_{MAX}为所述潜油直线电机的所需最大推力,单位为N,F_{MAX}可以四舍五入后取整数;

[0188] Fz为所述潜油直线电机的在上冲程或下冲程所需的最大作用力,单位为N,选择Fu和Fd中的最大值;

[0189] Sa为安全系数,无单位,取值2.5。

[0190] 下面详细介绍该潜油直线电机的额定推力设计方法的数值代入计算过程:

[0191] 按照冲程1.2m,冲次4次,一个冲程15s,上冲程2.5s,停止2s,下冲程2.5s,停止8s计算,下泵深度1650,动液面1400,含水率90%,地面脱气原油粘度1450mpas,原油密度0.8g/cm^3,油压0.4,套压0MPa,根据泵结构参数,上泵固定阀总成20(F1)的孔径为10mm,上泵游动阀总成22(F2)的孔径22.2mm,下泵游动阀总成37(F3)孔径10mm,下泵固定阀总成38(F4)的孔径18.2mm,上泵柱塞9的直径28mm,下泵柱塞36的直径38mm。

[0192] 计算上泵泵筒15的平均运动速度为0.48m/s,所以,

[0193] 上冲程时,$P_{F1}=0.177$MPa,$P_{F4}=0.055$MPa;

[0194] 下冲程时,$P_{F1}=0.42$MPa,$P_{F2}=0.025$MPa,$P_{F3}=0.6$MPa;

[0195] 根据油井参数计算：

[0196] 上冲程时P1＝16.6MPa,P2＝16.76MPa,P3＝P4＝2.4MPa;

[0197] Fu＝P2×a1-P4×a2＝7.6KN

[0198] 下冲程时,P2＝17MPa,P3＝17.03MPa,P4＝17.63MPa

[0199] Fd＝P2×(a1-a2)-(a2-aq2)×P_{F2}-(a2-aq3)×P_{F3}＝9.5KN

[0200] F_{MAX}＝Fz×Sa

[0201] ＝9.5×2.5

[0202] ＝23.75

[0203] 因此所述潜油直线电机的额定推力选用24KN(四舍五入后取整数)为宜。

[0204] 以上所述,仅为本发明的具体实施例,不能以其限定发明实施的范围,所以其等同组件的置换,或依本发明专利保护范围所作的等同变化与修饰,都应仍属于本专利涵盖的范畴。另外,本发明中的技术特征与技术特征之间、技术特征与技术方案之间、技术方案与技术方案之间均可以自由组合使用。

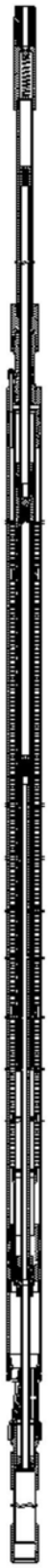


图1

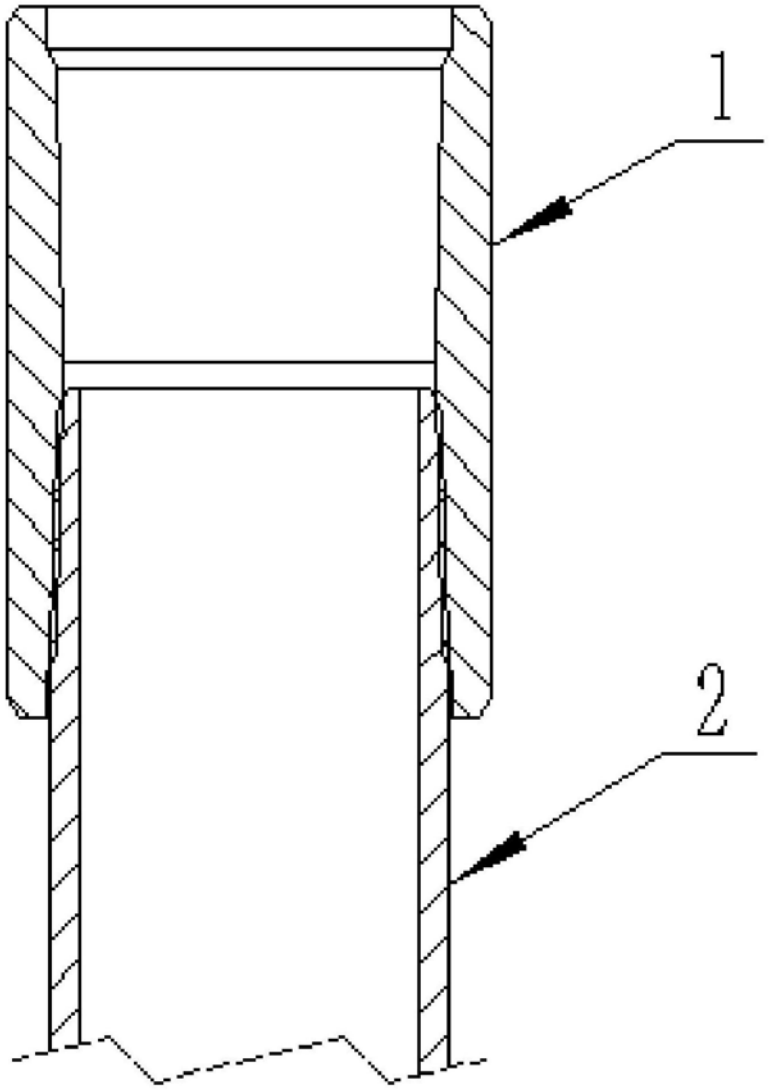


图2

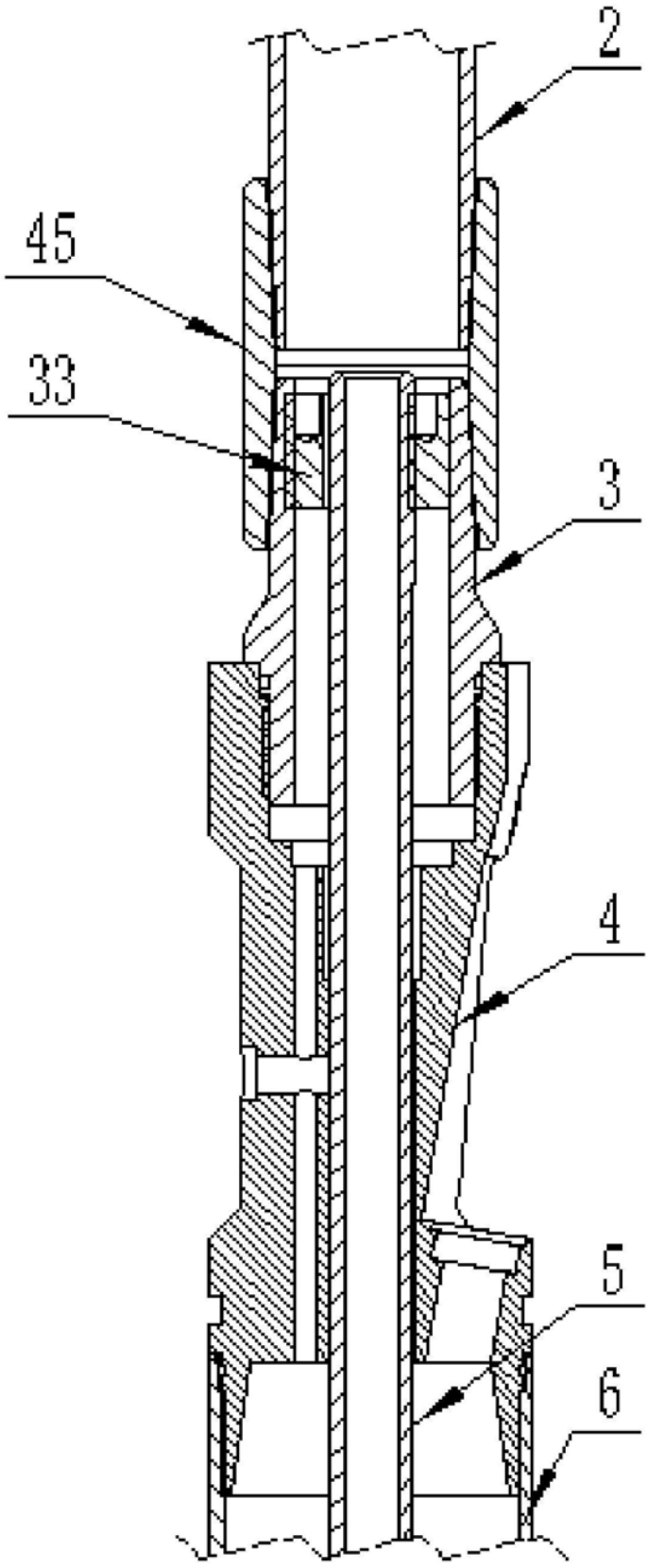


图3

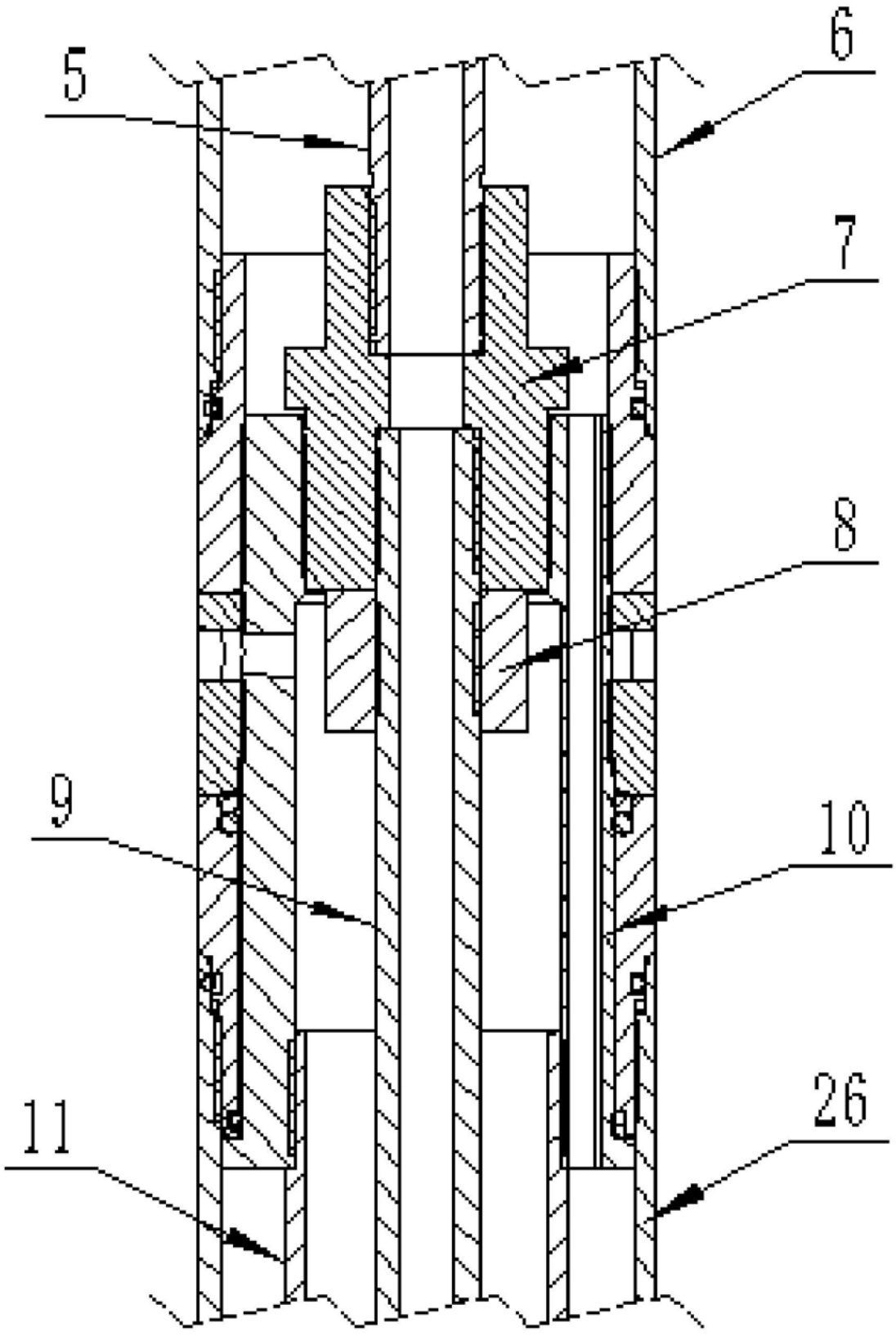


图4

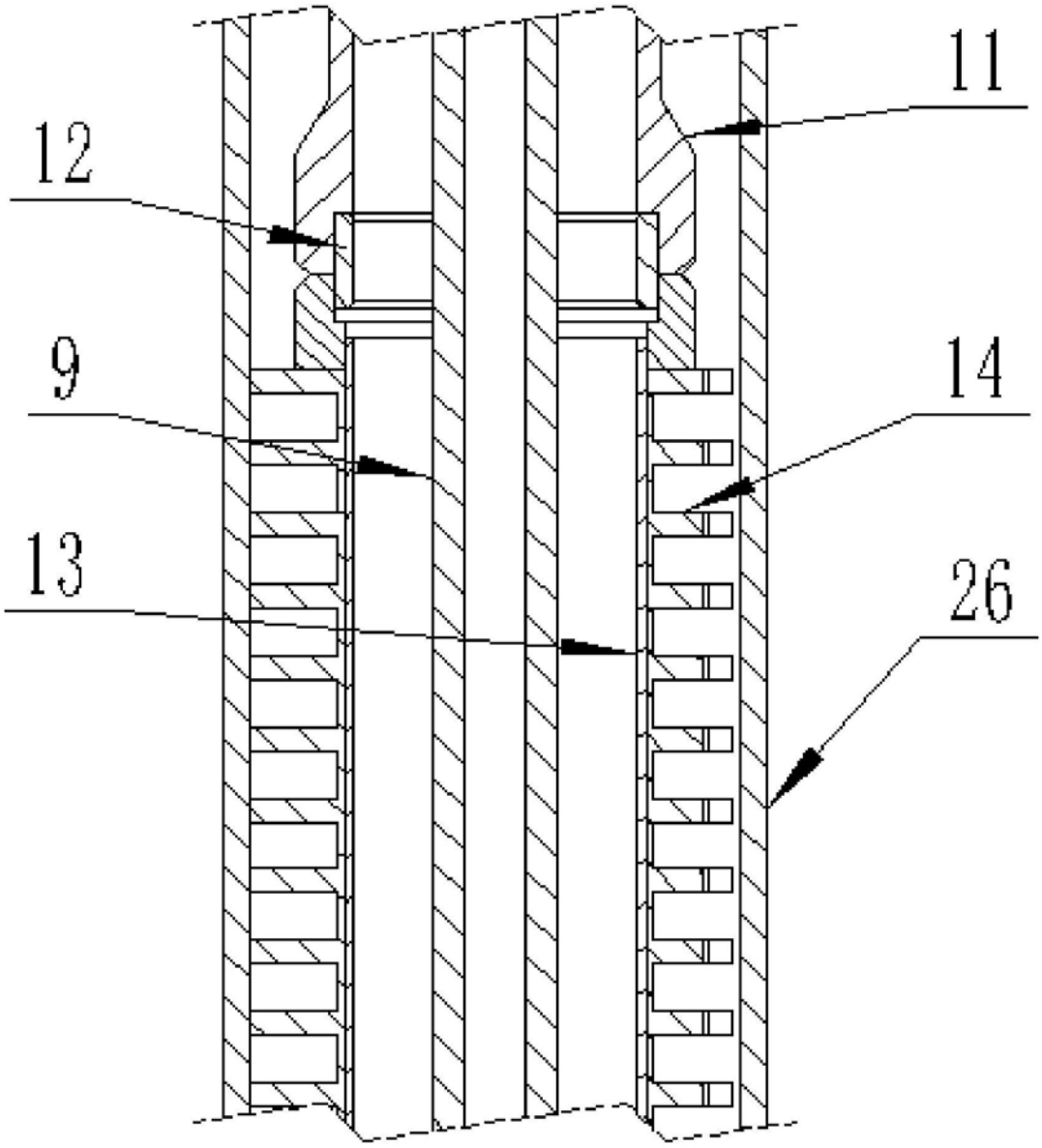


图5

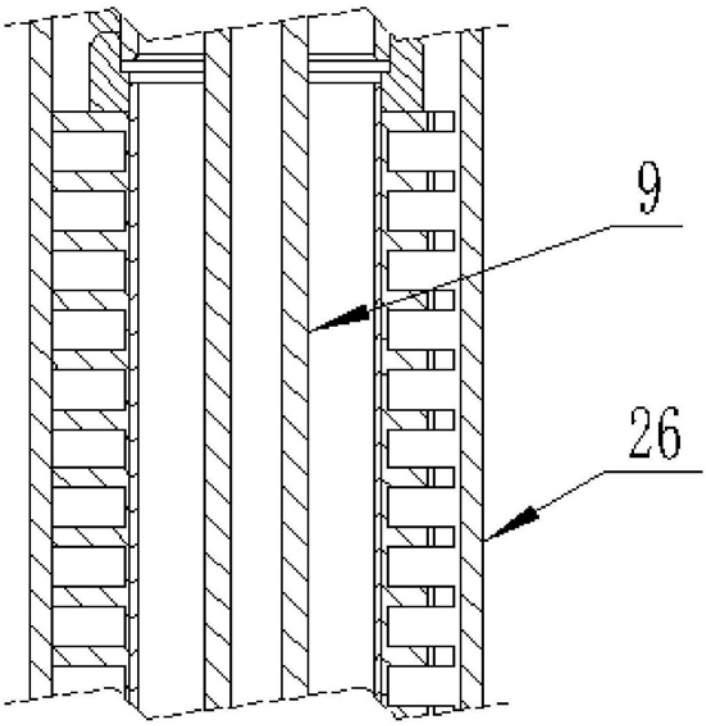


图6

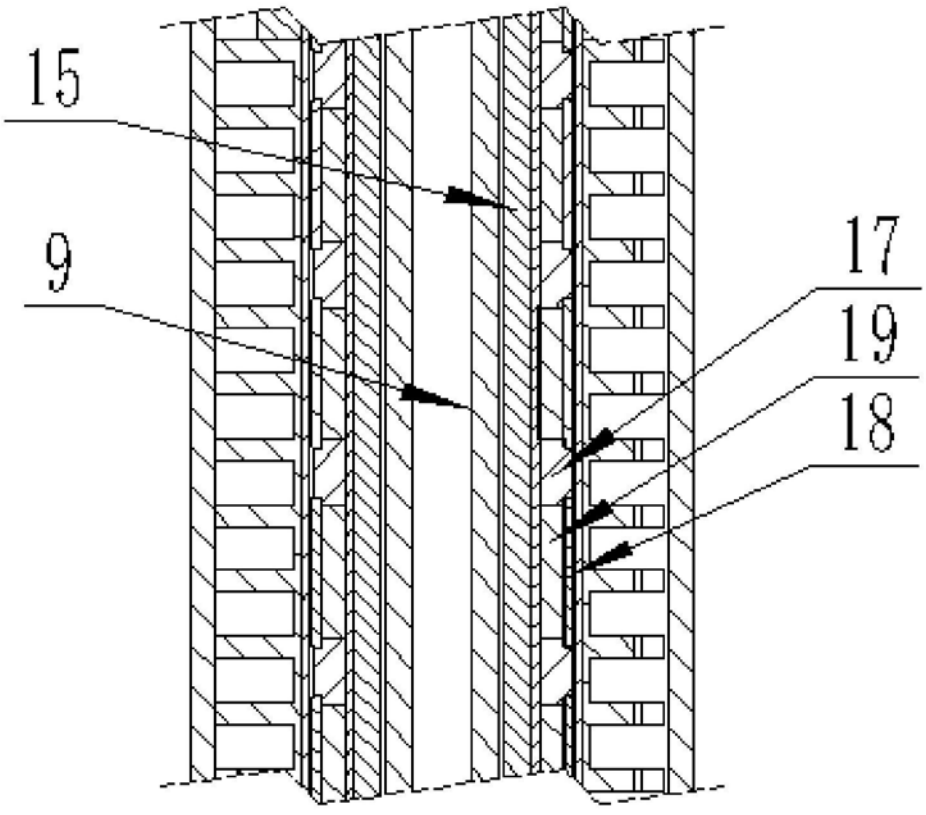


图7

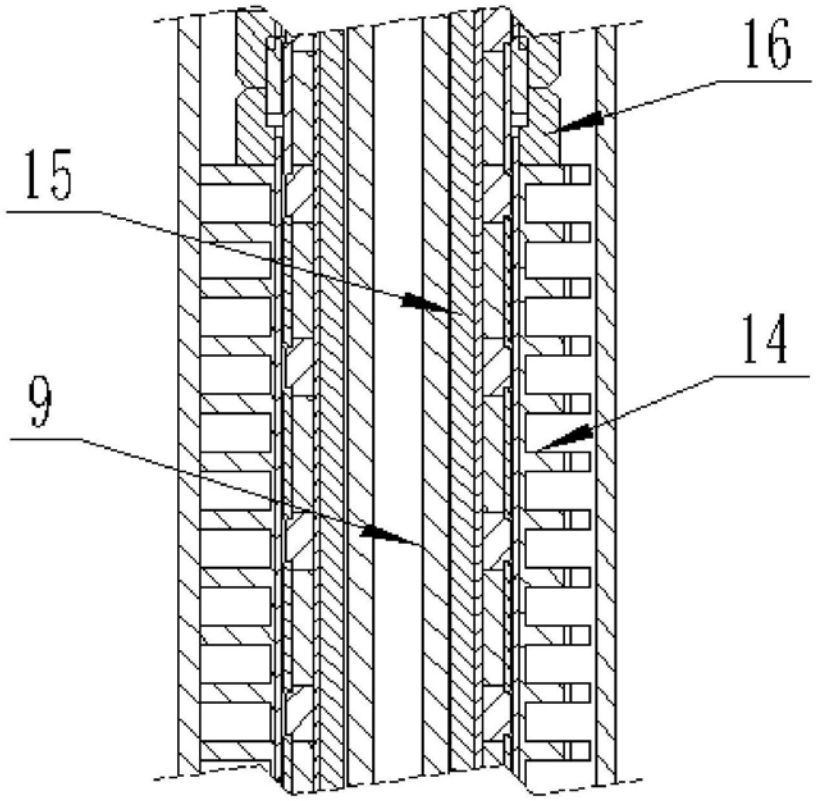


图8

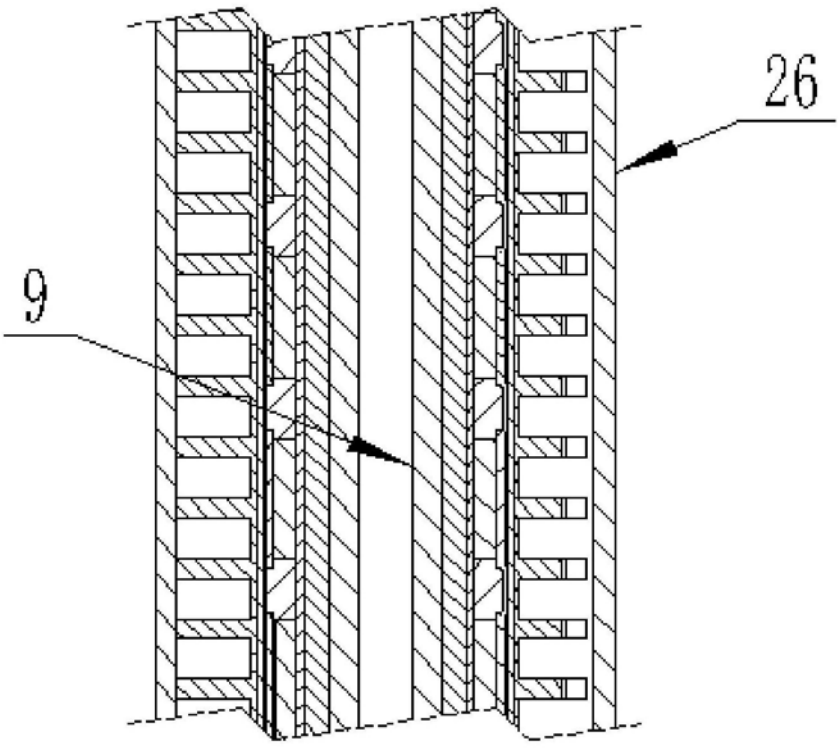


图9

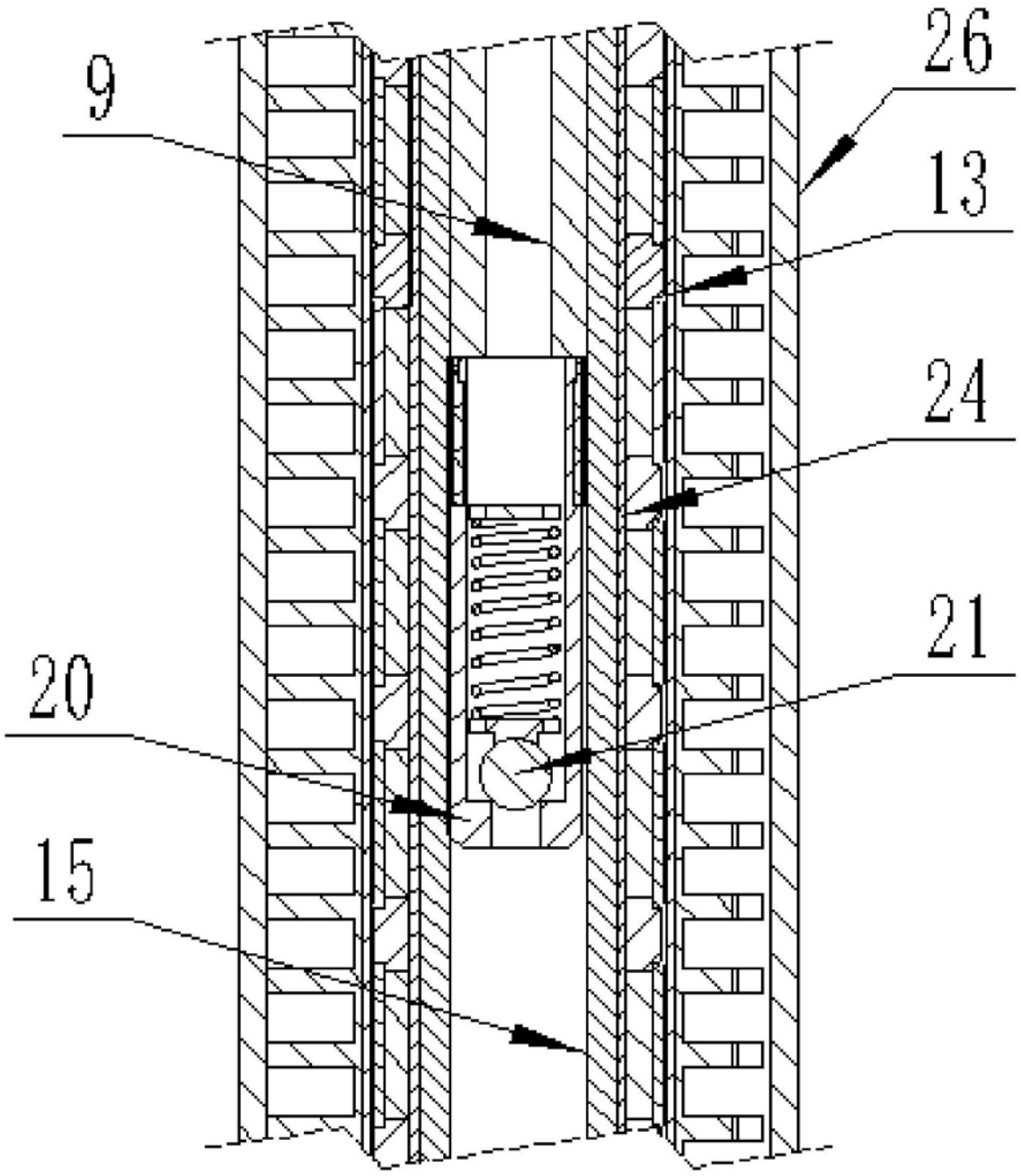


图10

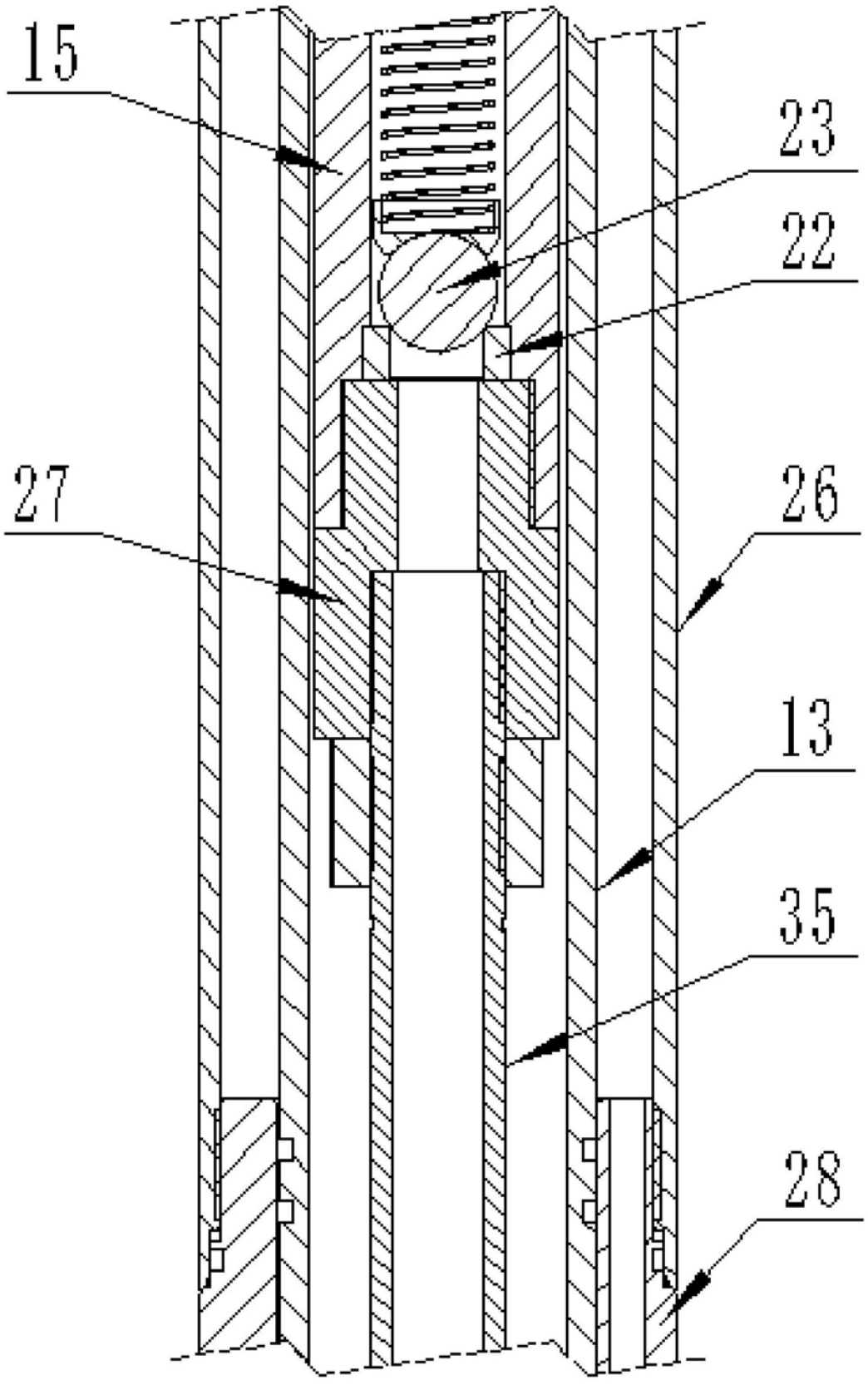


图11

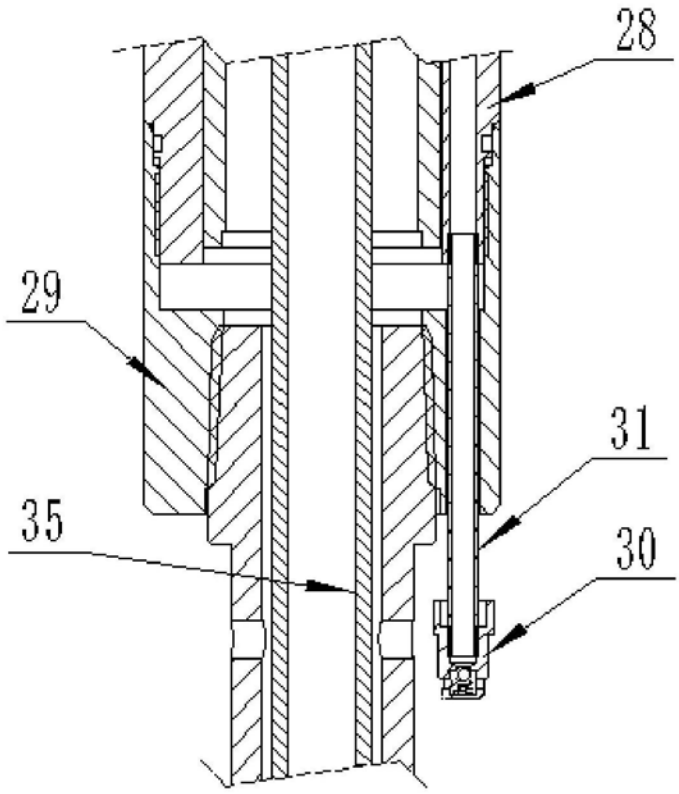


图12

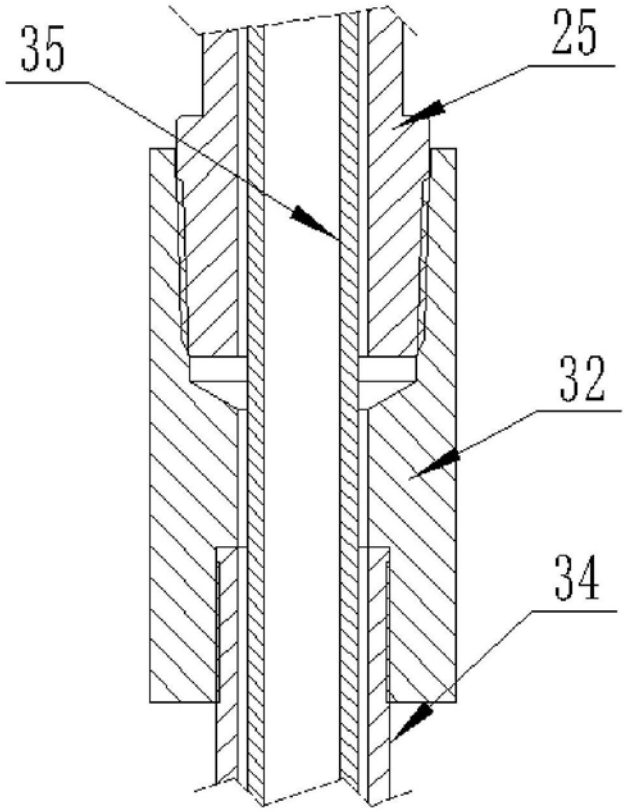


图13

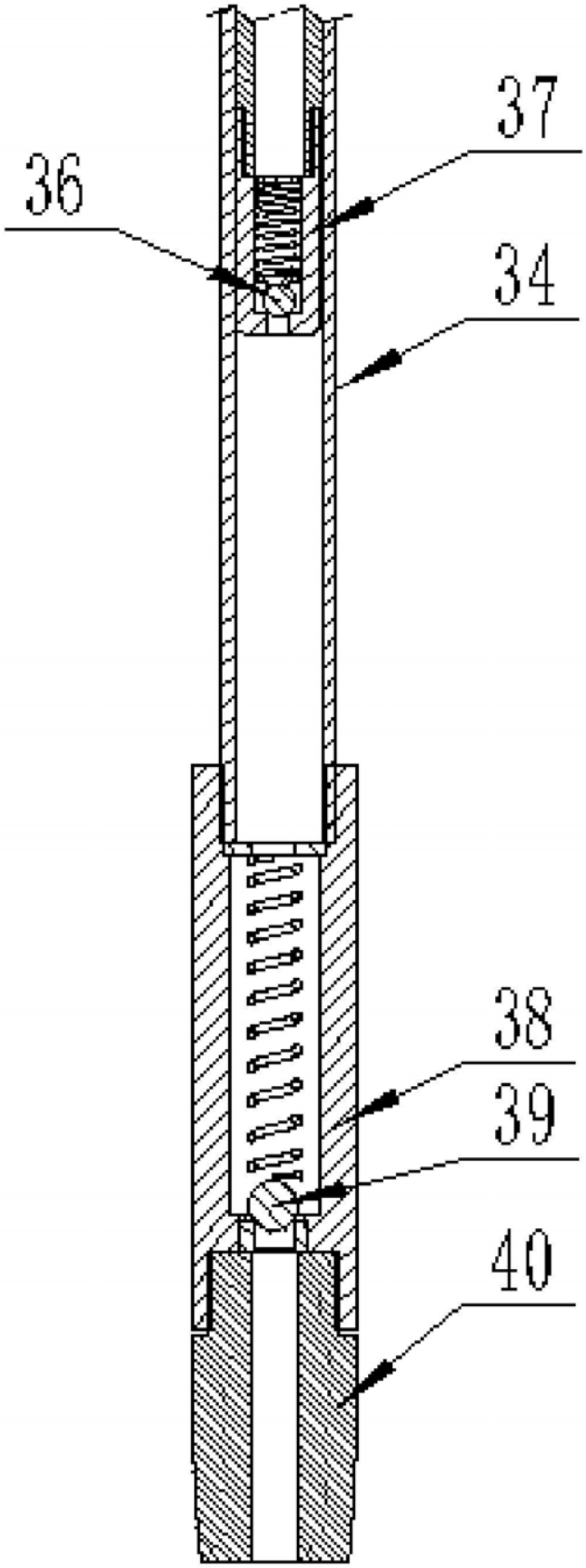


图14

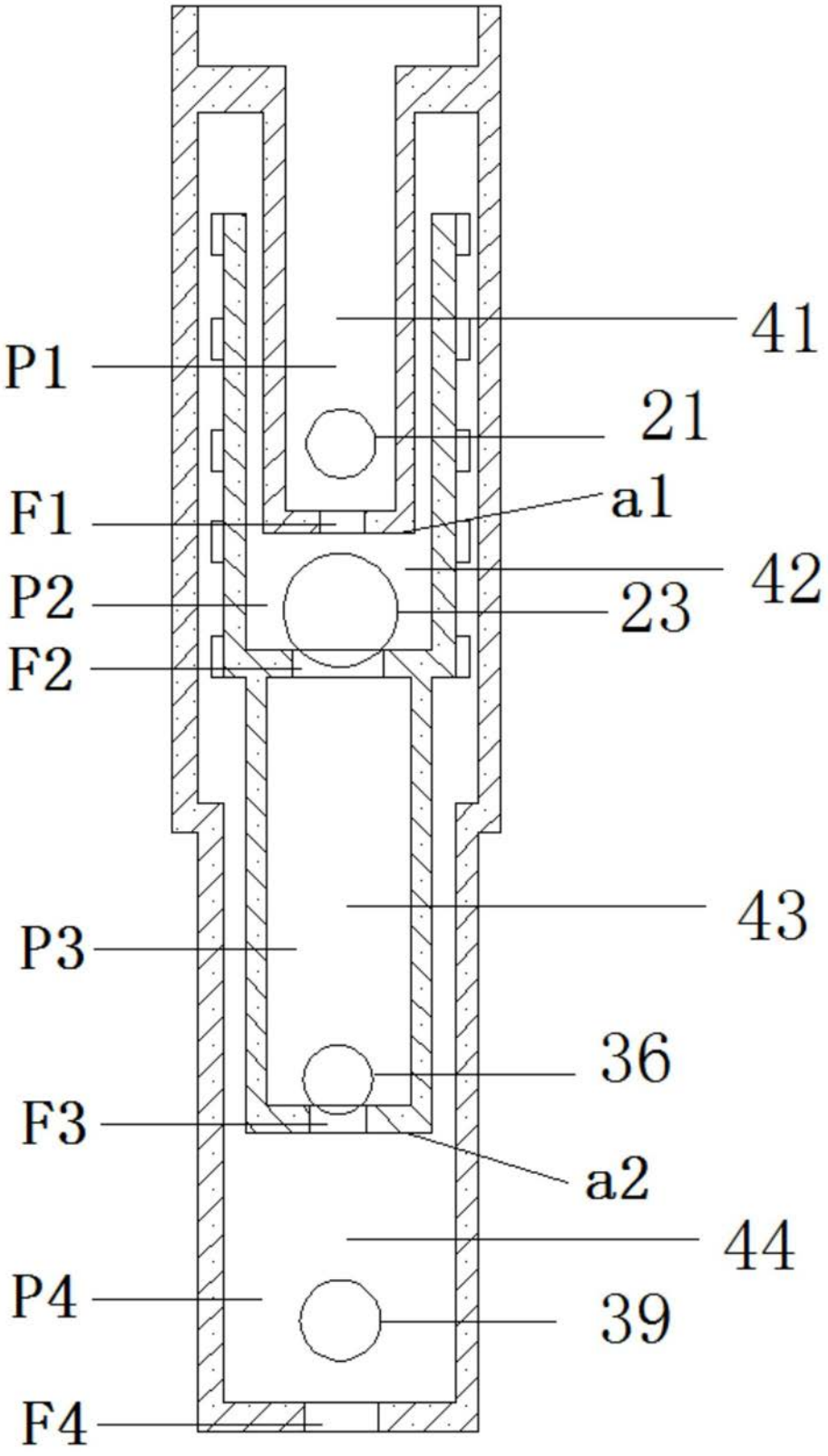


图15

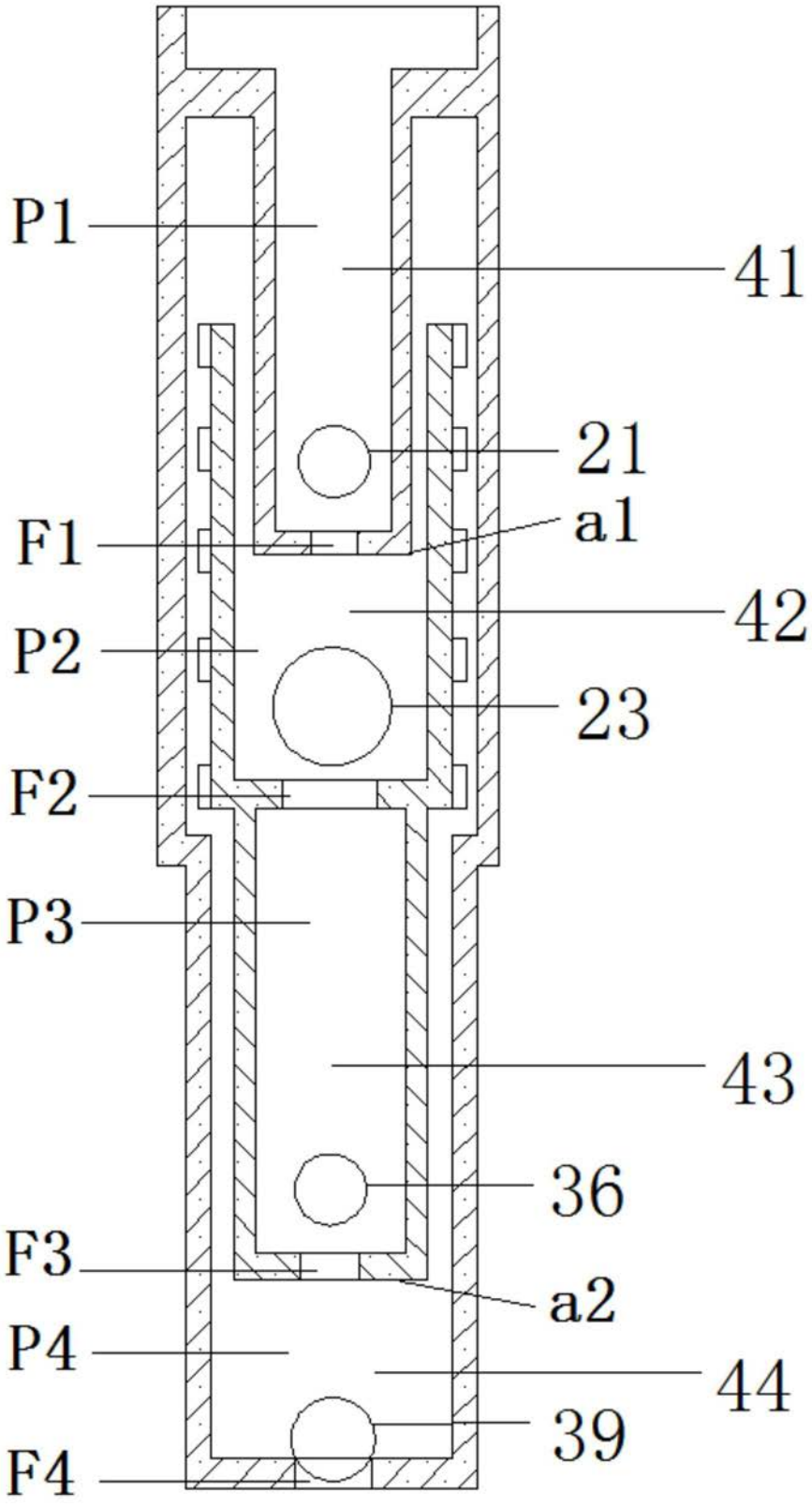


图16

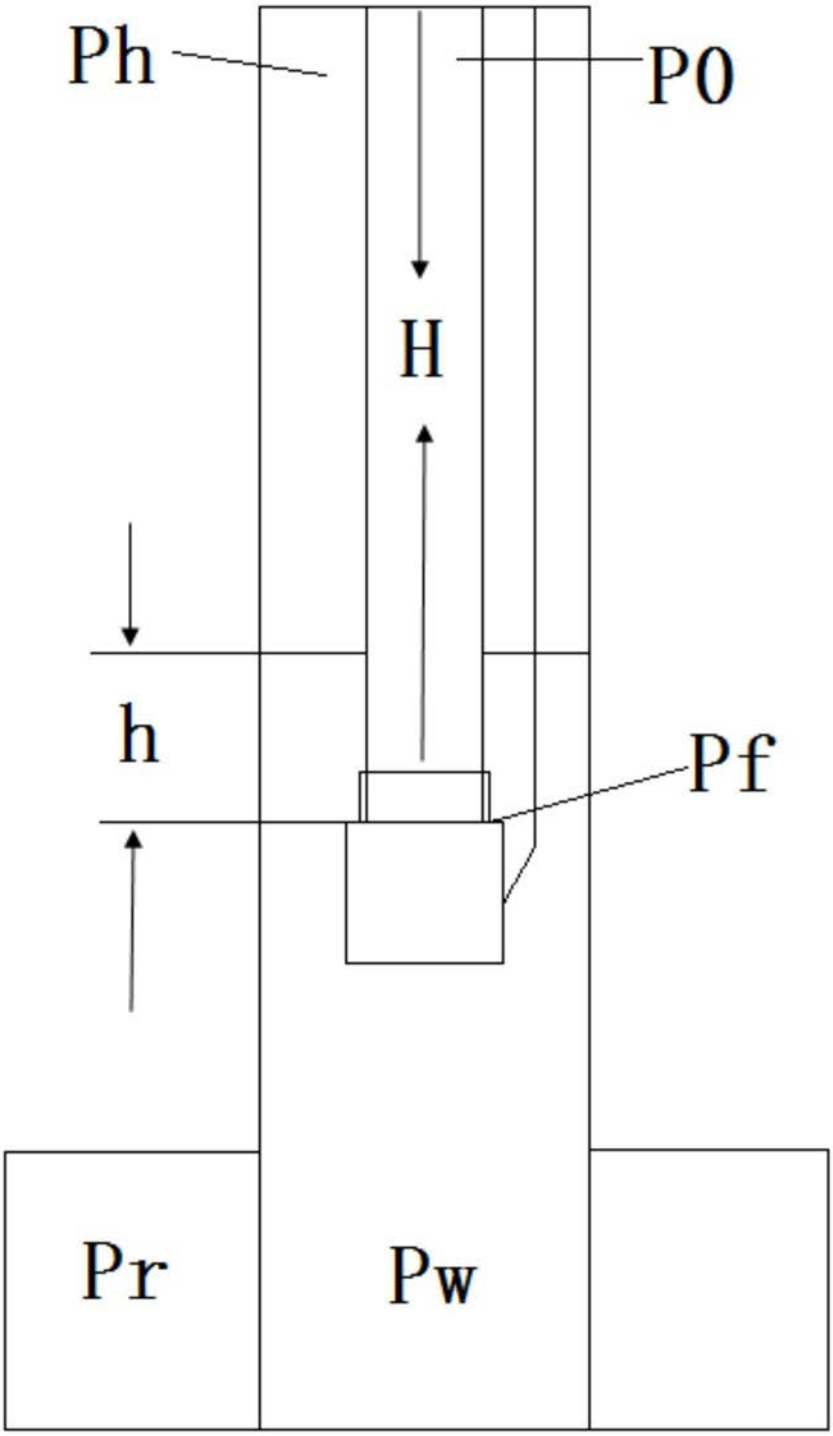


图17