(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 103615573 A
(43)申请公布日 2014.03.05

(21)申请号 201310497667.2

(22)申请日 2013.10.21

(66)本国优先权数据
201310156704.3 2013.04.27 CN

(71)申请人 浙江工业大学
地址 310014 浙江省杭州市下城区潮王路18号

(72)发明人 阮健 励伟 孟彬 左强 陈莹

(74)专利代理机构 杭州天正专利事务所有限公司 33201
代理人 王兵 黄美娟

(51)Int.Cl.
F16K 11/078(2006.01)
F16K 31/06(2006.01)

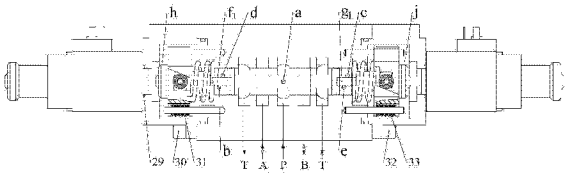
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

预拉-预扭型全桥式2D电液比例换向阀

(57)摘要

预拉-预扭型全桥式2D电液比例换向阀，2D阀的两端都通过压扭联轴器和弹簧连接线性电-机械转换器；圆柱压缩弹簧安装在阀体与滑楔之间，其预压缩量略大于阀心行程；阀芯端部台肩、端盖与阀体之间形成左、右敏感腔；阀芯端部台肩上各开设有一对高、低压孔(b、d和c、e)，分别通过阀芯内孔与P口和T口相通；在阀体内孔壁上两端各开设有一感受通道(f和g)，分别与左右敏感腔(h和j)相通；端部台肩上的高、低压孔与感受通道相交，形成两个微小的开口面积，串联构成液压阻力半桥，两端敏感腔的压力分别受控于两端的液压阻力半桥。



CN 103615573 A

1. 预拉－预扭型全桥式 2D 电液比例换向阀，包括一个由阀芯、阀体组成的 2D 阀，阀芯可转动并可轴向滑动地设置在阀体内孔内，阀芯左右两端各设有端部台肩，所述的端部台肩之间的阀体内孔上依次开有 T 口、A 口、P 口、B 口、T 口，其中 P 口是进液口，该处压力是系统压力；所述的端部台肩之间的的阀芯上设有两个中部台肩，两个中部台肩分别位于 A 口和 B 口；各台肩与阀体内孔可滑动地密封配合；其特征在于：

2D 阀的两端都通过压扭联轴器和圆柱压缩弹簧连接线性电－机械转换器；

阀芯端部台肩、端盖与阀体之间形成左、右两端的敏感腔；

阀芯端部台肩上各开设有一对高、低压孔，即第一高压孔 b、第一低压孔 d 和第二高压孔 c、第二低压孔 e；第一高压孔 b 和第二高压孔 c 通过阀芯内孔与 P 口相通，第一低压孔 d、第二低压孔 e 分别通过阀芯端部台肩内侧的沟槽与 T 口相通；

在阀体内孔壁上的两端各开设有一对轴对称的感受通道（f_1、f_2 和 g_1、g_2），分别与左敏感腔 h 和右敏感腔 j 相通；

所述的的一对高、低压孔分列在所述的感受通道之一的两侧，并且各自与感受通道相交，形成两个微小的开口面积，串联构成液压阻力半桥，所述的敏感腔的压力分别受控于两端的液压阻力半桥；

压扭联轴器由滑楔、固定在一根穿过阀芯端部的销轴两端的两个滚动轴承、安装于滑楔上的直线轴承、限制滑楔转动的销钉构成；弹簧安装在阀体与滑楔之间，其预压缩量略大于阀心行程；所述的滑楔通过直线轴承可滑动地套在平行于阀芯的轴心线的销钉上；

所述的滑楔上设有分别位于所述的轴心线的两侧的第一斜面和第二斜面，所述的第一斜面和第二斜面各自沿平行于所述的轴心线的两个对称平面内延伸，所述的第一斜面和第二斜面依照所述的轴心线反相对称，所述的两个滚动轴承分别滚动在第一斜面和第二斜面上，以便阀芯在轴向运动时发生扭转；两端的滑楔的斜面相互配合使阀芯的扭转角度与阀芯沿所述的轴心线的位置具有确定的对应关系。

2. 如权利要求 1 所述的比例换向阀，其特征在于：位于所述的轴心线同侧的两端的滑楔上的斜面分别从阀芯的旋转方向的进、退两面分别抵靠所述的阀芯两端的同侧的轴承。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的比例换向阀，其特征在于：第一高压孔 b 和第二高压孔 c 在阀芯端部的台肩上有两个，相互呈轴对称分布；第一低压孔 d、第二低压孔 e 在阀芯端部的台肩上有两个，相互呈轴对称分布；第一高压孔 b 和第二高压孔 c 为通孔，分别通过阀芯内孔与 P 口相通。

4. 如权利要求 3 所述的比例换向阀，其特征在于：所述高、低压孔采用大面积梯度的矩形窗口以便阀芯的轴向运动对旋转运动具有快速响应能力。

预拉 - 预扭型全桥式 2D 电液比例换向阀

技术领域

[0001] 本发明属于流体传动及控制领域中的电液比例阀，尤其涉及一种电液比例换向阀。

背景技术

[0002] 电液伺服控制技术有机结合了流体传动控制技术与信息电子技术的优势，在航空航天、尖端武器、钢铁、电力发电等重要的国家战略性军工业领域得到应用，并迅速取得成功。但是电液伺服阀同时也存在着抗污染能力差，阀内压力损失大 (7MPa)，制造成本及维护成本高，系统能耗损失大等缺陷。因为电液伺服阀存在的诸多缺陷，使得其所具有的快速响应性能在一般工业设备中无法广泛使用。同时传统的电液开关控制又不能满足现代工业生产所需要的高质量控制系统的要求。因此，人们希望有一种生产及维护成本低、安全可靠、控制精度及响应特性均能满足工业控制系统实际需求的电液控制技术。

[0003] 基于上述原因，人们提出了电液比例技术。作为电液比例技术的代表，电液比例阀是在传统工业用液压阀的基础上，采用可靠价廉的电 - 机械转换器 (比例电磁铁等) 和与之相应的阀进行设计。从而获得对油质要求与一般工业阀相同、阀内压力损失少、性能又能满足大部分工业控制要求的比例控制元件。

[0004] 由于电液比例阀能与电子控制装置组合在一起，可以十分方便地对各种输入、输出信号进行运算和处理，实现复杂的控制功能。同时它又具有抗污染、低成本以及响应较快的优点。在工业生产中获得了广泛的应用，如陶瓷地板砖制坯压力机、带钢轧的带钢恒张力控制、压力容器疲劳寿命试验机、液压电梯运动及控制系统、金属切削机床工作台运动控制、轧钢机压力及控制系统、液压冲床、弯管机、塑料注射成形机等。

[0005] 在比例控制系统中，电液比例阀既是电 - 液压转换元件，同时也是功率放大元件。它对系统的性能起重要的作用，是比例控制系统的核心元件。

[0006] 电液比例阀最显著的特征和最成功之处在于采用比例电磁铁作为电 - 机械转换器。与动圈式和动铁式力矩马达相比，比例电磁铁具有结构简单可靠、工艺性好、能输出较大的力和位移以及使用维护方便等优点。比例电磁铁除用作驱动先导阀外，还可用作直接驱动小功率的输出级。比如，按照电磁铁推力与弹簧力相平衡控制阀芯位置原理的直动式比例阀，只适用于小流量场合，实际应用的最大工作流量一般在 15L/min (最大工作压力为 21MPa) 以下。此外，为了实现轴向静压力的平衡，直动式比例换向阀或流量阀皆采用滑阀结构，容易受到摩擦力及油液污染的影响出现“卡滞”现象。

[0007] 采用线性位移传感器 (LVDT) 对阀芯位置进行测量和闭环控制，构成电反馈型直动比例换向阀，可以在很大程度上提高阀芯的定位刚度和控制精度，同时，人们也在其模型、非线性及系统应用方面进行了大量的理论研究工作，最终使电反馈直动比例阀可以像伺服阀那样应用于液压系统的闭环控制，但终因受到磁饱和限制，比例电磁铁输出力有限，无法从根本上解决高压、大流量下液动力的影响问题，在高压 (压差大) 和大流量的工作状态下仍然会出现流量饱和现象。

[0008] 消除液动力影响、提高液压阀的过流能力，最根本的办法是采用导控（先导控制）技术。早在 1936 年美国工程师 Harry Vickers 为了解决因液动力影响直动溢流阀无法实现高压、大流量系统的压力控制问题发明了导控溢流阀，其基本思想是采用一通径较小的导阀控制静压力，驱动主阀芯运动，因该液压推力比油液流经阀口时所产生液动力大得多，足以消除其对主阀芯运动与控制产生的不利影响。导控的思想后来也被广泛地应用于其它液压阀的设计，使液压系统高压、大流量控制成为了现实。后来的各种电液伺服控制元件也是沿用了先导控制的设计思想，电液比例阀也不例外，并且借用了伺服阀许多结构原理。

发明内容：

[0009] 为了克服已有电液比例阀的易受摩擦力、液动力及油液污染影响而出现“卡滞”现象及导控级油路失压或压力太低使整个阀无法正常工作和导控级泄漏流量较大的不足，本发明提供一种不仅具有普通的导控型电液比例阀流量大、工作压力高等特点，而且在零压（失压）下也可以像直动式比例阀那样实现比例控制功能的预拉－预扭型全桥式 2D 电液比例换向阀。

[0010] 本发明所述的预拉－预扭型全桥式 2D 电液比例换向阀，由 2D 阀、两端的线性电－机械转换器 2、16、处于它们之间的压扭联轴器等构成。

[0011] 预拉－预扭型全桥式 2D 电液比例换向阀，包括一个由阀芯 9、阀体 8 组成的 2D 阀，阀芯 9 可转动并可轴向滑动地设置在阀体 8 内孔内，阀芯 9 左右两端各设有端部台肩，所述的端部台肩之间的阀体内孔上依次开有 T 口、A 口、P 口、B 口、T 口，其中 P 口是进液口，该处压力是系统压力；所述的端部台肩之间的的阀芯上设有两个中部台肩，两个中部台肩分别位于 A 口和 B 口；各台肩与阀体内孔可滑动地密封配合；其特征在于：

[0012] 2D 阀的两端都通过压扭联轴器和圆柱压缩弹簧 23、21 连接线性电－机械转换器 2、16；

[0013] 阀芯 9 端部台肩、端盖 4 和 19 与阀体 8 之间形成左、右两端的敏感腔 h 和 j；

[0014] 阀芯端部台肩上各开设有一对高、低压孔，即第一高压孔 b、第一低压孔 d 和第二高压孔 c、第二低压孔 e；第一高压孔 b 和第二高压孔 c 为通孔，分别通过孔 a 和阀芯内孔 k 与 P 口相通，第一低压孔 d、第二低压孔 e 分别通过阀芯端部台肩内侧的沟槽与 T 口相通；

[0015] 在阀体内孔壁上的两端各开设有一对轴对称的感受通道（f_1、f_2 和 g_1、g_2），分别与左敏感腔 h 和右敏感腔 j 相通；

[0016] 所述的的一对高、低压孔分列在所述的感受通道之一的两侧，并且各自与感受通道相交，形成两个微小的开口面积，串联构成液压阻力半桥，所述的敏感腔的压力分别受控于两端的液压阻力半桥；

[0017] 压扭联轴器由滑楔 20、固定在一根穿过阀芯端部的销轴 18 端部上的两个滚动轴承 14、38、安装于滑楔上的直线轴承 13 和 32、限制滑楔转动的销钉 10 和 22 构成；圆柱压缩弹簧 21 安装在阀体 8 与滑楔 20 之间，其预压缩量略大于阀心行程；所述的滑楔通过直线轴承 13、32 可滑动地套在平行于阀芯的轴心线的销钉 10、22 上；

[0018] 所述的滑楔上设有分别位于所述的轴心线的两侧的第一斜面和第二斜面，所述的第一斜面和第二斜面各自沿平行于所述的轴心线的两个对称平面内延伸，所述的第一斜面和第二斜面依照所述的轴心线反相对称，所述的两个滚动轴承分别滚动在第一斜面和第二

斜面上，以便阀芯在轴向运动时发生扭转；两端的滑楔的斜面相互配合使阀芯的扭转角度与阀芯沿所述的轴心线的位置具有确定的对应关系。

[0019] 位于所述的轴心线同侧的两端的滑楔上的斜面分别从阀芯的旋转方向的进、退两面分别抵靠所述的阀芯两端的同侧的轴承。

[0020] 所述压扭联轴器是实现线性电－机械转换器的直线运动转为阀芯的扭转运动的结构。在这个过程中，可以充分利用 2D 阀液压导控桥路压力增益大（微小的转角即可使敏感腔的压力发生较大变化）的特点，通过对压扭联轴器的合理设计，将驱动阀芯转动的扭转力矩放大，使阀芯与阀芯孔之间的摩擦力等非线性因素对比例特性的不利影响降低到最小程度。

[0021] 线性电－机械转换器输出的电磁推力通过压扭联轴器使阀芯转动，进而使阀敏感腔的压力发生变化驱动阀芯轴向移动，在移动的过程中阀芯反向转动，其敏感腔的压力又逐渐恢复为原来的值，阀芯到达一个新的平衡位置，阀芯移动的位移与比例电磁铁的推力成比例关系。

[0022] 本发明的有益效果主要表现在：1、针对比例电磁铁因磁饱和输出推力有限，提出了压扭放大驱动技术，将比例电磁铁对阀芯的驱动力放大，有效地消除了阀芯和阀芯孔之间的摩擦力等非线性因素对比例特性所造成的不利影响；2、用阀芯的旋转和滑动的双运动自由度实现导控型电液比例换向（节流）阀功能，由阀芯转动使液压阻力桥路输出压力发生变化，进而产生静压力驱动阀芯轴向运动，在高压、大流量下可以有效地克服液动力（伯努利力）所造成的不利影响，有效提高了阀芯的轴向定位（主阀开口）精度；3、将 2D 换向（节流）阀、压扭联轴器和比例电磁铁三者共轴联结，构成结构简单、原理先进的 2D 电液比例换向（节流）阀，不仅具有普通的导控型电液比例阀流量大、工作压力高特点，而且在零压（失压）下也可以像直动式比例阀那样实现比例控制功能。

附图说明

[0023] 图 1 为预拉－预扭型全桥式 2D 电液比例换向阀的结构示意图。

[0024] 图 2 为预拉－预扭型全桥式 2D 电液比例换向阀的阀芯阀体装配示意图。

[0025] 图 3 为阀芯的结构示意图。

[0026] 图 4 为阀芯内部结构剖视图。

[0027] 图 5 为阀体的剖视图。

[0028] 图 6 为阀体的侧面示意图。

[0029] 图 7 为阀芯与滚动轴承装配示意图。

[0030] 图 8 为顶盖的结构示意图。

[0031] 图 9 为滑楔的外侧面结构示意图。

[0032] 图 10 为滑楔的内侧面结构示意图。

[0033] 图 11 液压导控全桥示意图。

[0034] 图 12-14 为预拉－预扭型全桥式 2D 电液比例换向阀受力分析与运动过程图。

具体实施方式

[0035] 下面结合附图对本发明作进一步描述。

[0036] 参照图 1 ～图 10，一种预拉－预扭型全桥式 2D 电液比例换向阀包括螺钉 1、3、12、30、33、线性电－机械转换器 2、16、端盖 4、19、直线轴承 5、13、31、32、圆柱压缩弹簧 21、23、O 型密封圈 6、11、15、29、销钉 7、10、22、24、阀体 8、阀芯 9、滚动轴承 14、27、36、38、顶盖 17、28、销轴 18、26、滑楔 20、25、紧钉螺钉 34、钢球 35、套筒 37、39。

[0037] 预拉－预扭型全桥式 2D 电液比例换向阀，由 2D 阀、两端的线性电－机械转换器 2、16、处于它们之间的压扭联轴器等构成。

[0038] 预拉－预扭型全桥式 2D 电液比例换向阀，包括一个由阀芯 9、阀体 8 组成的 2D 阀，阀芯 9 可转动并可轴向滑动地设置在阀体 8 内孔内，阀芯 9 左右两端各设有端部台肩，所述的端部台肩之间的阀体内孔上依次开有 T 口、A 口、P 口、B 口、T 口，其中 P 口是进液口，该处压力是系统压力；所述的端部台肩之间的的阀芯上设有两个中部台肩，两个中部台肩分别位于 A 口和 B 口；各台肩与阀体 8 内孔可滑动地密封配合；其特征在于：

[0039] 2D 阀的两端都通过压扭联轴器和圆柱压缩弹簧 23、21 连接线性电－机械转换器 2、16；

[0040] 阀芯端部台肩、端盖 4 和 19 与阀体 8 之间形成左、右两端的敏感腔 h，j；

[0041] 如图 3、图 4 所示，阀芯端部台肩上各开设有一对高、低压孔，即第一高压孔 b、第一低压孔 d 和第二高压孔 c、第二低压孔 e；第一高压孔 b 和第二高压孔 c 为通孔，分别通过孔 a 和阀芯内孔 k 与 P 口相通，第一低压孔 d、第二低压孔 e 分别通过阀芯端部台肩内侧的沟槽与 T 口相通；

[0042] 第一高压孔 b 和第二高压孔 c 在阀芯端部的台肩上有两个，相互呈轴对称分布；第一低压孔 d、第二低压孔 e 在阀芯端部的台肩上有两个，相互呈轴对称分布。

[0043] 如图 5、图 6 所示，在阀体内孔壁上的两端各开设有一对轴对称的感受通道（f_1、f_2 和 g_1、g_2），分别与左敏感腔 h 和右敏感腔 j 相通；

[0044] 如图 11 所示，所述的的一对高、低压孔分列在所述的感受通道之一的两侧，并且各自与感受通道相交，形成两个微小的开口面积，串联构成液压阻力半桥，所述的敏感腔的压力分别受控于两端的液压阻力半桥；

[0045] 压扭联轴器由滑楔 20、固定在一根穿过阀芯端部的销轴 18 端部上的两个滚动轴承 14、38、安装于滑楔孔 p，q 内的直线轴承 13、32、限制滑楔转动的销钉 10、22 构成；圆柱压缩弹簧 21 安装在阀体与滑楔之间，其预压缩量略大于阀心行程；所述的滑楔通过直线轴承可滑动地套在平行于阀芯的轴心线的销钉上；

[0046] 所述的滑楔上设有分别位于所述的轴心线的两侧的第一斜面和第二斜面，所述的第一斜面和第二斜面各自沿平行于所述的轴心线的两个对称平面内延伸，所述的第一斜面和第二斜面依照所述的轴心线反相对称，所述的两个滚动轴承分别滚动在第一斜面和第二斜面上，以便阀芯在轴向运动时发生扭转；两端的滑楔的斜面相互配合使阀芯的扭转角度与阀芯沿所述的轴心线的位置具有确定的对应关系。

[0047] 位于所述的轴心线同侧的两端的滑楔上的斜面分别从阀芯的旋转方向的进、退两面分别抵靠所述的阀芯两端的同侧的轴承。

[0048] 压扭联轴器是实现线性电－机械转换器的直线运动转为阀芯的扭转运动的结构。在这个过程中，可以充分利用 2D 阀液压导控桥路压力增益大（微小的转角即可使敏感腔的压力发生较大变化）的特点，通过对压扭联轴器的合理设计，将驱动阀芯转动的扭转力矩放

大，使阀芯与阀芯孔之间的摩擦力等非线性因素对比例特性的不利影响降低到最小程度。

[0049] 所述 O 型密封圈 6、11 用来对端盖和阀体之间进行密封；所述 O 型密封圈 15、29 用来对端盖和线性电－机械转换器之间进行密封；所述顶盖 17、28 的大圆柱端 n 与滑楔 20、25 的中心内孔过盈配合相连，线性电－机械转换器的推杆输出的力作用在顶盖的小圆柱端 m 上，并轴向传递至滑楔。所述直线轴承 5、31 和 13、32 分别对称地安装在滑楔上下两个孔 p、q 内，用以减小滑楔在销钉上滑动时的摩擦力；所述紧钉螺钉 34 将钢球 35 顶在阀芯内孔 k 的一个端面上，用来对阀芯内孔 k 的一端进行密封；所述套筒 37、39 的一端顶在阀芯上，另一端顶在滚动轴承 36、38 的内圈上，起到支撑轴承的作用。

[0050] 所述高、低压孔形状为圆形，如果要求阀芯的轴向运动对旋转运动具有快速响应能力，则可采用大面积梯度的矩形窗口。

[0051] 所述线性电－机械转换器为湿式耐高压型比例电磁铁，也可选用其它湿式耐高压型线性电－机械转换器。

[0052] 本实施例的工作原理：如图 12 所示，当 2D 电液比例阀两端的比例电磁铁不通电时，弹簧对滑楔产生向外的推力 F_S（左端和右端分别由下标“l”和“r”表示）通过滑楔的两个轴对称的斜面与两个滚动轴承相接触的位置传递至阀芯。由于斜面的作用，阀芯除承受轴向拉力 F_S 外，还承受切向力 F_t 的作用，同一端两个接触位置的切向力大小相等、方向相反，构成力偶。两端的滑楔对阀芯的轴向作用力和力偶方向相反，因而在平衡位置时，阀芯处于预拉与预扭的状态。当 2D 电液比例阀某端的比例电磁铁通电时，其产生的推力 F_m 作用于滑楔时不仅使阀芯的轴向力失去平衡，而且也使阀芯所受的扭矩失去平衡，阀芯转动。例如当左端的比例电磁铁通电时，产生向右的电磁推力 F_{ml}，使得左端的滑楔对阀芯的作用力减小，阀芯两端所受的轴向力与扭矩皆失去平衡，阀芯受到向右的轴向驱动力和逆时针方向的转矩（从左往右看）。轴向驱动力相当于直动式比例阀的驱动力，在高压力大流量的工况下，由于存在液动力和摩擦力无法直接驱动阀芯轴向运动。但是，通过合理地选择较小的滑楔斜面角度 β 和较大的滚动轴承分布圆直径，可以得到较大的切向力，使其足以克服阀芯的摩擦力驱动阀芯逆时针转动。与此同时，两端的滑楔由于受到销钉的周向约束，以销钉为导向轴、以直线轴承为支承向右滑动，右端弹簧的压缩量减小、左端弹簧压缩量增加，所产生额外的弹簧力平衡比例电磁铁的推力（见图 13）。在这过程中，由于阀芯逆时针转动，阀左敏感腔的压力升高，右敏感腔的压力降低，阀芯向右运动，在运动过程中由于其两端的滚动轴承受到两端滑楔斜面的约束，阀芯在向右移动的同时也往回转动（顺时针转动），阀芯两端敏感腔的压力又重新恢复为稳态的平衡值，阀芯到达一个与比例电磁铁推力大小对应的新平衡位置（见图 14）。需要特别指出的是，当阀的 P 口的压力为零（与 T 口压力相等），此时，无法通过两端敏感腔压力的变化驱动阀芯轴向移动，但由于阀腔内无油液流动，阀芯不受液动力和卡紧力的作用，因而，比例电磁铁通电后所产生的轴向推力可以直接驱动阀芯运动，这时 2D 电液比例阀的工作原理与直动式比例阀一致。

[0053] 上述具体实施方式用来解释本发明，而不是对本发明进行限制，在本发明的精神和权利要求的保护范围内，对本发明作出的任何修改和改变，都落入本发明的保护范围。

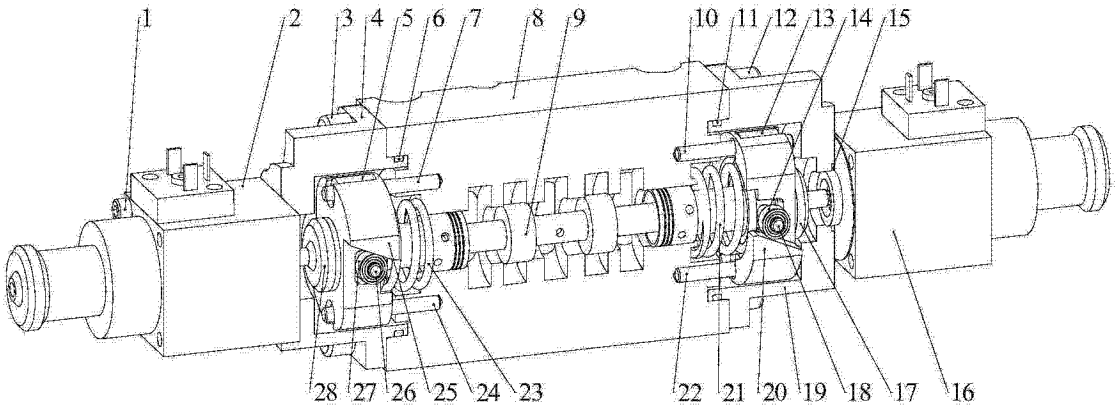

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28

图 1

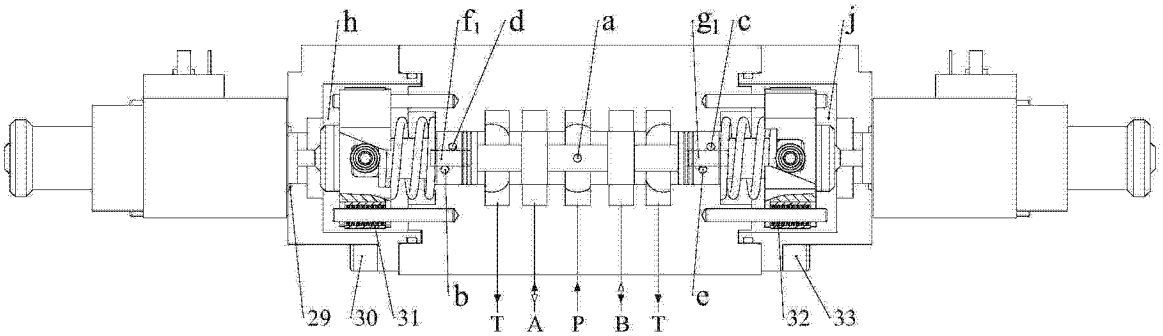

h
f1
d
a
g1
c
j
b
e
29
30
31
T
A
P
B
T
32
33

图 2

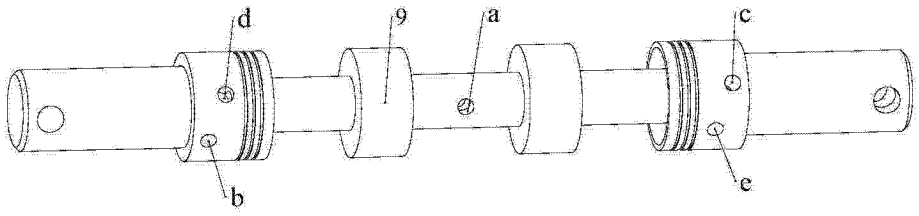

d
9
a
c
b
e

图 3

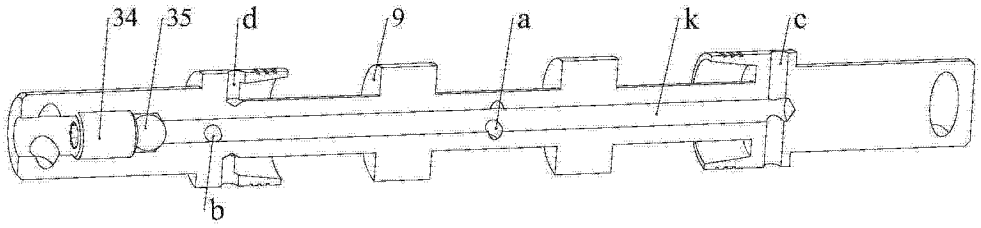

34
35
d
9
a
k
c
b

图 4

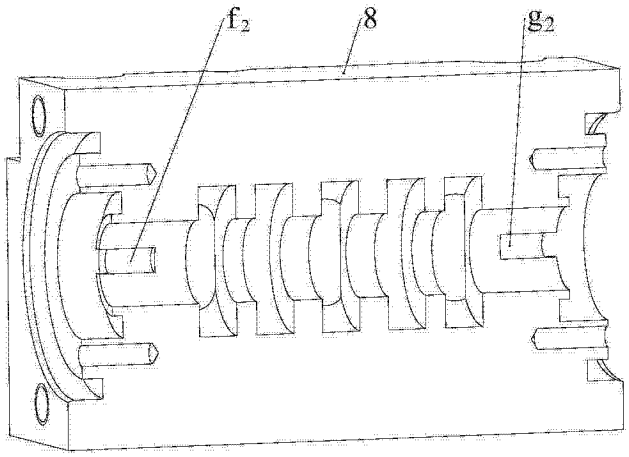


图 5

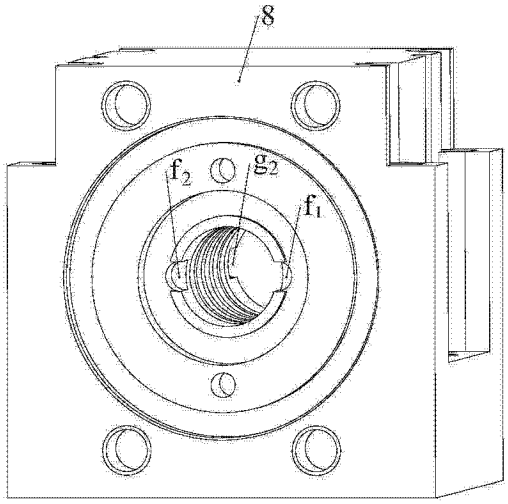


图 6

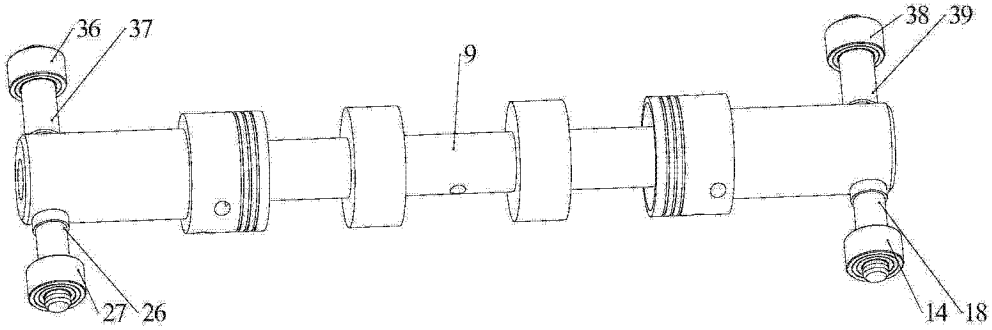


图 7

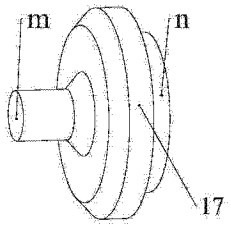
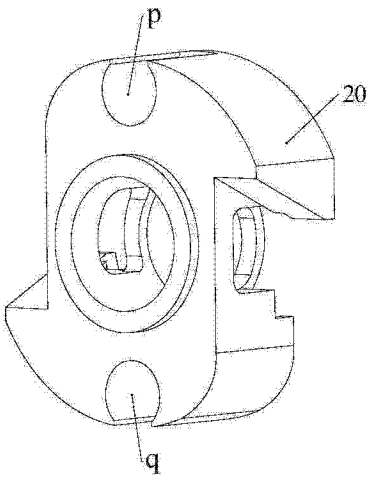


图 8



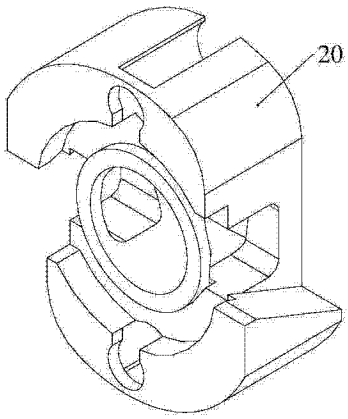


图 10

图 9

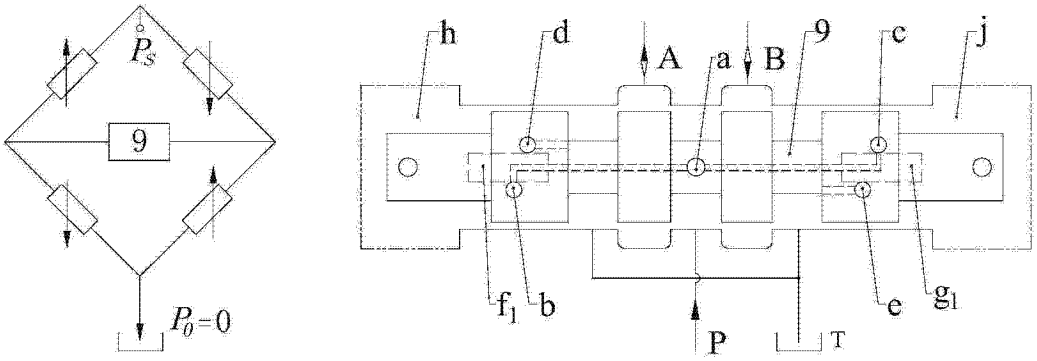


图 11

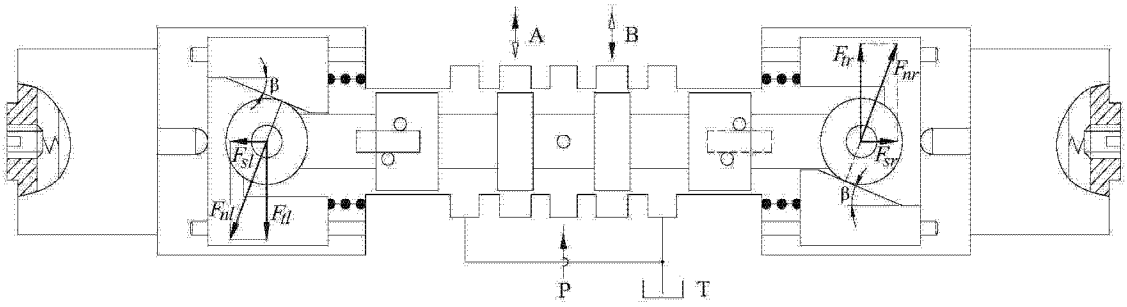


图 12

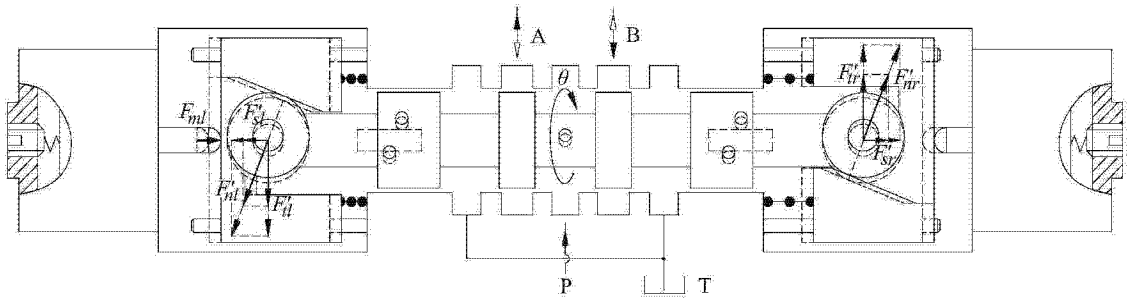


图 13

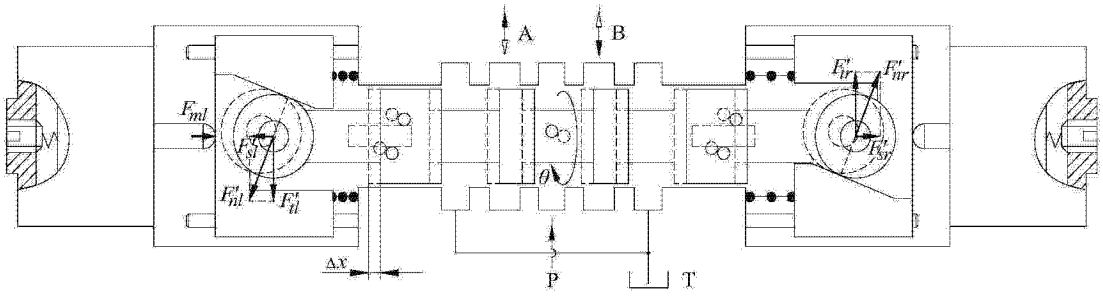


图 14