

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.  
F04B 1/12 (2006.01)



# [12] 实用新型专利说明书

专利号 ZL 200720088401.2

[45] 授权公告日 2008年10月8日

[11] 授权公告号 CN 201129278Y

[22] 申请日 2007.11.23

[21] 申请号 200720088401.2

[73] 专利权人 华中科技大学

地址 430074 湖北省武汉市洪山区珞喻路  
1037号

[72] 发明人 聂松林 胡 罡

[74] 专利代理机构 华中科技大学专利中心  
代理人 方 放

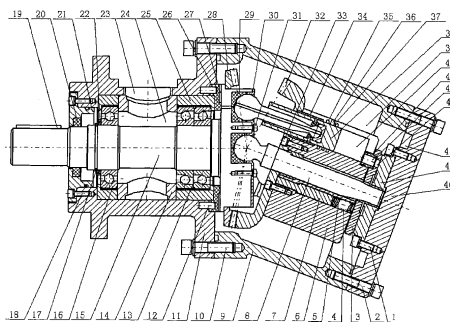
权利要求书2页 说明书9页 附图2页

## [54] 实用新型名称

基于齿轮传动的斜轴式海水柱塞泵

## [57] 摘要

基于齿轮传动的斜轴式海水柱塞泵，属于泵类，涉及一种端面配流轴向海水柱塞泵，目的在于消除连杆和柱塞的碰撞、减小柱塞侧向力，提高海水柱塞泵的使用寿命和稳定性。本实用新型包括前、后泵体和后端盖，连杆一端和定位于前泵体内的主轴盘活动连接，另一端与柱塞配合，与主轴盘成倾角的缸体上均匀开有柱塞孔，其中装有柱塞，缸体由芯轴定位并通过配流盘连接后端盖；(1)前泵体侧壁开有入水口，连通前泵腔；(2)主轴盘上的弧齿锥齿轮与弧齿锥齿轮压盖啮合；(3)装于缸体底部的浮动套将浮动衬板和缸体活动连接；(4)浮动衬板在缸体中装有的弹簧推杆和压紧弹簧的作用下紧贴配流盘。本实用新型体积小、重量轻、散热性好，特别适用于水下作业。



1. 一种基于齿轮传动的斜轴式海水柱塞泵，包括顺序连接的前、后泵体和后端盖，主轴盘通过前、后滚动轴承定位于前泵体内，主轴盘末端法兰上均匀分布5~9个圆孔，与连杆一端的大球头活动连接，与主轴盘成倾角的缸体通过芯轴定位于后泵体内，缸体分布圆上均匀开有柱塞孔，装入柱塞孔中的柱塞与连杆另一端的小球头配合，缸体通过配流盘连接于后端盖；其特征在于：（1）前泵体侧壁上开有入水口，连通前泵腔；（2）弧齿锥齿轮过盈安装在主轴盘末端法兰上，与装配在缸体上的弧齿锥齿轮压盖形成啮合；（3）所述缸体上各柱塞孔的底部开有圆孔，内装有滑动配合的圆筒形浮动套，浮动套一端与浮动衬板过盈连接，浮动衬板通过浮动套和缸体活动连接；（4）所述缸体上、每两柱塞孔之间、靠近轴心的分布圆上开有与柱塞数目相同的通孔，其中装有弹簧推杆和压紧弹簧，浮动衬板在压紧弹簧的作用下紧贴在固定于后端盖的配流盘上。

2. 如权利要求1所述的一种基于齿轮传动的斜轴式海水柱塞泵，其特征在于：（1）前泵体内装配有套筒，套筒上开有环形槽，环形槽上开有四个呈十字形分布的通孔，装配时与前泵体的进水孔及前泵腔连通；（2）固定在前泵体上的平面推力轴承紧贴在主轴盘末端的法兰表面上，形成一对摩擦副，平面推力轴承上均匀地开有圆环形和轮辐形的沟槽，将前、后泵体的容腔相连通；（3）配流盘右侧开有低压腰形窗口，和后端盖的环形槽相通，配流盘左侧开有高压腰形窗口，与后端盖上的出水口相通，配流盘圆心位置圆形孔用于限定芯轴。

3. 如权利要求1或2所述的一种基于齿轮传动的斜轴式海水柱塞

---

泵，其特征在于：所述连杆的小球头与球头套以及一对半球环配合好后一起装入柱塞的内孔，再将紧固销压入开在柱塞侧壁的销孔和半球环的环形槽中，使球头套固定在柱塞内孔里，连杆小球头和柱塞形成球面副配合；所述柱塞和缸体上各柱塞孔之间装有柱塞套。

## 基于齿轮传动的斜轴式海水柱塞泵

### 技术领域

本实用新型属于柱塞泵类，涉及一种端面配流式轴向海水柱塞泵。

### 背景技术

海水液压泵是海水液压传动领域中的核心动力元件，现在国际上已经开发的海水液压泵主要有齿轮式、叶片式和柱塞式结构型式，它们各自具有特点。一般来说，齿轮泵的自吸能力好，抗污染能力强，结构简单，但啮合齿面的接触比功（PV 值）很大；叶片泵具有寿命长、噪音低、流量均匀和体积小等优点，但对介质的污染较敏感，又因受叶片甩出力、吸入速度和磨损等因素的影响，其转速受到一定的限制，结构也较为复杂且密封效果差；柱塞泵具有结构紧凑、重量轻、工作压力高等特点，在同等工况条件下其 PV 值相对上述两种泵较小，且采用端面配流结构的柱塞泵可以实现静压支承，密封效果较好，能够保证泵的容积效率。综上所述，柱塞式的结构形式较适用于以海水作为工作介质的液压泵中，目前国内外许多国家所研制的海水液压泵绝大多数都采用了柱塞式结构。

按结构形式柱塞泵可分为斜盘式和斜轴式，斜轴式水压轴向柱塞泵在工作中不受径向不平衡力的影响，其倾斜角度可以较大，所以同流量的斜轴泵比斜盘泵具有更小柱塞和缸体尺寸。传统的斜轴式油压泵均采用连杆拨动柱塞驱动缸体运动来完成配流工作，所以在缸体每回转一周的时间内柱塞和缸体的侧壁要承受频率很高的换杆冲击，这对于采用此结构的海水柱塞泵而言，其柱塞副部位的密封圈就会因为频繁的换杆撞击而极易疲劳失效，见上海煤矿机械研究所编《液压传动设计手册》p259~263，第四章柱塞油泵和柱塞油马达，上海人民出版社，1976；所

以目前海水柱塞泵很少采用该结构。

柱塞泵的配流方式有轴配流、阀式配流和端面配流等形式。轴配流的柱塞泵的主要结构形式是缸体转动的径向式柱塞泵，但该类泵的结构较为复杂，体积和重量大，制造工艺复杂，成本高，而且配流轴弯曲等造成缸体和配流轴之间的间隙较大，磨损后又无法补偿，对于粘度较低的海水介质而言，其泄露量大，容积效率低且不易建立起压力，所以在海水柱塞泵中很少采用该结构形式。

阀配流是液压泵中最早采用的配流方式，柱塞泵中的配流阀其主要特点是用吸入阀和压出阀控制泵的吸水和排水。由于配流阀结构的密封性能良好，可在高压状态下工作，因此被广泛地应用于各种高压、超高压液压泵中。在柱塞泵工作时，配流阀与缸体等零部件一起构成了密闭的工作容腔，并随着柱塞的往复运动依次将配流阀的吸水口和压水口和柱塞腔连通或断开，从而实现泵的正常工作的。对于采用海水作为工作介质的液压泵而言，对配流阀结构的设计也就提出了更高的要求：配流阀阀芯和弹簧的材料必须有良好的抗冲击、气蚀能力和耐腐蚀能力；而且阀芯、阀座之间还必须有很好的密封性能，这样也给选材和加工带来了一定的困难。

端面配流式海水柱塞泵通过缸体与配流盘之间的运动使水经过配流盘上的配流窗口从低压区流向高压区，从而实现吸、排水过程。端面配流结构克服了阀配流结构中配流阀的滞后性以及轴配流中泄漏大的一些缺陷，具有以下优点：其配流副的接触面积大并能建立一定的润滑膜厚度，在磨损后能进行自动补偿，通过对配流副结构的合理设计，可以平衡端面配流柱塞泵中缸体和配流盘的力和力矩，降低液压冲击和噪音，因此在海水液压传动中得到了广泛的应用。如 1994 年芬兰 Hytar Oy 公司和 Tampere 理工大学合作研制出用于海洋水下作业工具便携式动力源的端面配流式轴向柱塞泵 (Terävä J., Kuikko T. and Vilenius M.. Development

of Seawater Hydraulic Power Pack. Proc. of 4th Scandinavian Int. Conf. on Fluid Power, Finland, Sept. 26-29, 1995: 978~991), 全部采用海水润滑。该泵的结构简单、噪音低、压力脉动小,并可作为马达使用。其关键对偶摩擦副均采用纤维增强塑料与硬化的金属或陶瓷组合,压力为 21MPa,流量 30L/min,容积效率达 92%,使用寿命达 8000 小时。但该配流方式也存在一些不足:高压工作时泄露量较大,而且端面配流副是一对长期处于高速、重载的关键摩擦副,容易磨损,所以此对摩擦副多采用工程陶瓷材料,但其加工成本较高且制造难度大。

## 发明内容

本实用新型提供一种基于齿轮传动的斜轴式海水柱塞泵,其目的在于消除斜轴式液压泵结构中连杆和柱塞间的碰撞、减小柱塞对柱塞孔的侧向力,提高海水柱塞泵的使用寿命和工作的平稳性;同时减小海水柱塞泵的泄漏,稳定流量,以适用于高压、大流量的工作场合。

本实用新型的一种基于齿轮传动的斜轴式海水柱塞泵,包括顺序连接的前、后泵体和后端盖,主轴盘通过前、后滚动轴承定位于前泵体内,主轴盘末端法兰上均匀分布 5~9 个圆孔,与连杆一端的大球头活动连接,与主轴盘成倾角的缸体通过芯轴定位于后泵体内,缸体分布圆上均匀开有柱塞孔,装入柱塞孔中的柱塞与连杆另一端的小球头配合,缸体通过配流盘连接于后端盖;其特征在于:(1)前泵体侧壁上开有入水口,连通前泵腔;(2)弧齿锥齿轮过盈安装在主轴盘末端法兰上,与装配在缸体上的弧齿锥齿轮压盖形成啮合;(3)所述缸体上各柱塞孔的底部开有圆孔,内装有滑动配合的圆筒形浮动套,浮动套一端与浮动衬板过盈连接,浮动衬板通过浮动套和缸体活动连接;(4)所述缸体上、相邻两柱塞孔之间、靠近轴心的分布圆上开有与柱塞数目相同的通孔,其中装有弹簧推杆和压紧弹簧,浮动衬板在压紧弹簧的作用下紧贴在固定于后端

盖的配流盘上。

所述的一种基于齿轮传动的斜轴式海水柱塞泵，其特征在于：（1）前泵体内装配有套筒，套筒上开有环形槽，环形槽上开有四个呈十字形分布的通孔，装配时，与前泵体的进水孔及前泵腔连通；（2）固定在前泵体上的平面推力轴承紧贴在主轴盘末端的法兰表面上，形成一对摩擦副，平面推力轴承上均匀地开有圆环形和轮辐形沟槽，圆环形沟槽用于储存介质改善摩擦副处的摩擦状态，轮辐形沟槽将前、后泵体的容腔相连通；（3）所述缸体的侧壁上对应各柱塞孔均开有引水通道，使柱塞孔腔与后泵腔连通；（4）配流盘右侧开有低压腰形窗口，和后端盖的环形槽相通，配流盘左侧开有高压腰形窗口，与后端盖上的出水口相通，配流盘圆心位置圆形孔用于限定芯轴。

所述的一种基于齿轮传动的斜轴式海水柱塞泵，其进一步特征在于：所述连杆的小球头与球头套以及一对半球环配合好后一起装入柱塞的内孔，再将紧固销压入开在柱塞侧壁的销孔和半球环的环形槽中，使球头套固定在柱塞内孔里，连杆小球头和柱塞形成球面副配合；所述柱塞和缸体上各柱塞孔之间装有柱塞套。

本实用新型通过采用一对互相啮合的弧齿锥齿轮代替连杆柱塞结构来传递主轴与缸体间的运动和转矩，消除了斜轴式液压泵结构中连杆和柱塞间的碰撞并减小柱塞对柱塞孔的侧向力，充分发挥了斜轴式结构的优势，从而极大地提高了海水柱塞泵的使用寿命和工作的平稳性；同时本实用新型采用了浮动衬板和配流盘配流的结构形式，该结构具有压力的自动补偿功能，可以减小海水柱塞泵的泄漏，稳定流量。本实用新型体积小、重量轻、流量大、散热性能好且工作平稳，各零部件均可浸没在海水中工作，适用能力强，特别适用于高压、大流量的工作场合。

附图说明

- 图 1 为本实用新型的结构示意图；  
图 2 为本实用新型中平面推力轴承的三维视图；  
图 3 为本实用新型中缸体与其轴线垂直的截面示意图；  
图 4 为本实用新型中连杆柱塞组件结构示意图；  
图 5 为本实用新型中配流盘的配流面示意图；  
图 6 为本实用新型中后端盖的前向三维视图；  
图 7 为本实用新型中后端盖的后向三维视图。

### 具体实施方式

图 1~图 7 中的标记为：定位螺钉 1、内六角紧固螺钉 2、浮动衬板 3、通孔 4、压紧弹簧 5、缸体 6、弹簧推杆 7、芯轴 8、后泵体 9、内六角螺钉 10、前泵体 11、定位销 12、后滚动轴承 13、套筒 14、主轴盘 15、前滚动轴承 16、弹簧卡圈 17、螺钉 18、平键 19、油封圈 20、前端盖 21、定位挡圈 22、入水口 23、前泵腔 24、轴承保护套 25、平面推力轴承 26、轮辐形沟槽 27、弧齿锥齿轮 28、球窝套 29、压盘 30、圆头螺钉 31、弧齿锥齿轮压盖 32、紧固螺钉 33、柱塞套 34、密封圈 35、引水通道 36、摩擦面 37、柱塞连杆组件 38、后泵腔 39、柱塞孔 40、浮动套 41、圆柱通道 42、腰形配流口 43、环形槽 44、配流盘 45、后端盖 46、球头套 47、半球环 48、紧固销 49、柱塞 50、连杆 51、低压腰形窗口 52、高压腰形窗口 53、后端盖配合面 54、腰形出水口 55、螺纹出水口 56。

如图 1 所示，本实用新型的主轴盘 15 通过后滚动轴承 13 和前滚动轴承 16 定位在前泵体 11 上，后滚动轴承 13 可采用角接触球陶瓷轴承，前滚动轴承 16 可采用深沟球陶瓷轴承；过盈安装在主轴盘 15 末端的弧齿锥齿轮 28 与通过紧固螺钉 33 装配在缸体 6 上的弧齿锥齿轮压盖 32 形成啮合，弧齿锥齿轮 28 采用齿面微弧氧化的 TC4 钛合金，弧齿锥齿轮压盖 32 采用表面热处理的高强度不锈钢，具用抗海水腐蚀，耐摩擦磨损等



特点。

压盘 30 通过圆头螺钉 31 将柱塞连杆组件 38 中连杆 51 的大球头紧固在主轴盘 15 上，连杆 51 的大球头与镶嵌在主轴盘末端法兰分布圆孔中的球窝套 29 形成球面配合，连杆 51 另一端的小球头则与柱塞 50 配合；与主轴盘成一定倾角的缸体 6 由芯轴 8 支撑，缸体 6 上开有与柱塞数目相同的柱塞孔 40，每个柱塞孔中都镶嵌有塑料柱塞套 34 起导向作用，以保证柱塞 50 和柱塞孔间的同心配合与润滑；浮动衬板 3 的正面开有与柱塞数相同的腰形配流口 43，背面开有与每个腰形配流口 43 相通的圆柱形沉孔，与柱塞数相同的浮动套 41 的一端和浮动衬板 3 背面的各个圆柱形沉孔过盈连接，另一端与缸体 6 低部对应的圆孔滑动配合，因此浮动衬板能够沿缸体的轴线方向来回移动；缸体上与柱塞数目相同的通孔 4 中装有弹簧推杆 7 和压紧弹簧 5，浮动衬板 3 在压紧弹簧 5 的作用下紧贴于固定在后端盖 46 的配流盘 45 上。浮动衬板 3 和配流盘 45 的材料分别采用夹布胶木（增强酚醛树脂）和表面微弧氧化处理的 TC4 钛合金，利用该一软一硬的材料配对形成的配流摩擦副，其摩擦系数低，接触比功小，耐磨损性能好，极大的提高了泵的使用寿命。作为一个实例，主轴盘末端法兰分布圆孔数目为 7 个，即柱塞和柱塞孔数目为 7 个。

如图 2 所示，平面推力轴承 26 上均匀开有轮辐形沟槽 27。

如图 3 所示，缸体 6 上均匀开有柱塞孔 40，并且在相邻两柱塞孔之间、靠近轴心的分布圆上又开有与柱塞数目相同的通孔 4。

如图 4 所示，本实用新型的柱塞连杆组件 38 由球头套 47、半球环 48、紧固销 49、柱塞 50、连杆 51 构成；连杆 51 的小球头与球头套 47 以及一对半球环 48 和配合好后一起装入柱塞 50 的内孔，再利用温装法将紧固销 49 过盈压入开在柱塞侧壁的销孔和半球环 48 的环形槽中，使球头套 47 固定在柱塞 50 的内孔里，这样连杆小球头便和柱塞形成了球面副配合。这种结构消除了采用滚压法安装连杆小球头和柱塞时在柱塞

表面产生的凹槽，使柱塞表面与柱塞孔间的配合精度更高，密封性更好。

如图 5 所示，配流盘 45 右侧开有低压腰形窗口 52，左侧开有高压腰形窗口 53，配流盘圆心位置圆形孔用于限定芯轴 8。

图 6、图 7 分别为后端盖 46 的前、后向三维视图。如图 6 所示，后端盖 46 前表面开有环形槽 44，环形槽 44 所环绕的部分为后端盖配合面 54，后端盖配合面 54 上开有腰形出水口 55 和 M 形沟槽，M 形沟槽与环形槽 44 连通。如图 7 所示，后端盖 46 后表面开有偏心的螺纹出水口 56 与上述腰形出水口 55 连通。

本实用新型采用全海水润滑的结构形式。前泵体 11 侧壁上的入水口 23 与装配在前泵体内的套筒 14 上的环形槽相通，套筒 14 的环形槽上沿十字方向开有四个通孔与泵体的前泵腔 24 连通；平面推力轴承 26 通过定位销 12 固定在前泵体上，与主轴盘 15 末端的法兰表面紧贴形成一对摩擦副，平面推力轴承 26 上的轮辐形沟槽 27 将前泵腔 24 和后泵腔 39 连通；在缸体 6 的侧壁对应各柱塞孔 40 均开有引水通道 36，使柱塞孔 40 与后泵腔 39 相通，可以将低压水引入柱塞 50 和柱塞孔 40 外壁间的摩擦面 37 处来降低摩擦带来的温升；配流盘 45 通过四个定位螺钉 1 固定在后端盖 46 上，配流盘 45 右侧的低压腰形窗口 52 和后端盖的环形槽 44 连通，配流盘左侧的高压腰形窗口 53 则与后端盖配合面 54 上的腰形出水口 55 相通，在配流盘背面对应高压腰形窗口 53 位置开有环绕高压腰形窗口 53 的密封槽，其内置密封圈，在配流盘 45 和后端盖配合面 54 之间紧贴时保证低、高压腰形窗口不发生串通。

本实用新型的工作过程如下：工作前，由入水口 23 通入的海水，从前泵腔 24 经过后滚动轴承 13 的缝隙和平面推力轴承 26 的轮辐形沟槽 27，流入后泵腔 39，使整个泵腔均匀地充满同一种介质；泵工作时，泵腔中的低压水经缸体侧壁的引水通道 36 流入柱塞和柱塞孔间的摩擦面 37 处起润滑作用，减小了柱塞和柱塞套之间的摩擦磨损，而且泵腔中的低压

水一面在柱塞的往复运动下通过配流窗口排出泵体外，一面又从入水口处得到不断的补充，这样泵腔就形成了一个循环水通道，其中各摩擦副因工作产生的热量可以通过循环水带走，从而解决了整个泵体的温升问题。

主轴盘 15 的轴线和缸体 6 的轴线不在一条直线上，而是成一定的摆角，弧齿锥齿轮 28 在主轴盘 15 带动下沿逆时针（从轴端看）方向一同旋转，同时拨动与弧齿锥齿轮 28 啮合的弧齿锥齿轮压盖 32 转动，由于缸体 6 和弧齿锥齿轮压盖 32 之间是用紧固螺钉 33 连接的，所以缸体 6 也会随弧齿锥齿轮压盖一起旋转，这时柱塞孔 40 中的柱塞 50 被缸体驱动并随之作旋转运动，同时铰接于主轴盘 15 法兰末端的连杆 51 在主轴盘的作用下又带动柱塞 50 在柱塞孔内作往复运动。当柱塞在缸体的驱动下，从下极限位置沿逆时针旋转  $180^\circ$  运动到上极限位置时（图 1 中最上面柱塞所处的位置），连杆在主轴盘的作用下也同时带动柱塞不断（相对于柱塞孔）向外伸出，这样柱塞在上述运动过程中，柱塞孔 40 腔中的封闭容积会逐渐增大，柱塞腔内会形成局部真空，后泵腔 39 内的海水通过后端盖 46 的环形槽 44 进入配流盘 45 右侧的低压腰形窗口 52，再经过与配流盘 45 紧贴的浮动衬板 3 正面的腰形配流口 43 以及浮动套 41 上的圆柱通道 42 流入柱塞孔 40 中，实现吸水过程；当柱塞 50 在缸体的驱动下，从上极限位置沿逆时针继续旋转  $180^\circ$  运动到下极限位置时（缸体带动柱塞正好旋转一周），连杆 51 则带动柱塞 50 不断（相对于柱塞孔）往里缩回，柱塞孔 40 中的封闭容积会逐渐减小，柱塞腔内的海水受压后经浮动套 41 的圆柱通道 42 和浮动衬板 3 正面的腰形配流口 43 流入配流盘 45 左侧的高压腰形窗口 53，最后经后端盖 46 上的腰形出水口 55 从螺纹出水口 56 排出，实现压水过程。在吸、压水过程中，压紧弹簧 5 在弹簧推杆 7 的作用下使浮动衬板 3 紧贴在配流盘 45 上形成配流副，当配流副处的压力突然增大时，浮动衬板会被推向缸体 6 方向移动，并与配流盘脱

开，与此同时作用在浮动衬板上并随浮动衬板的移动量而增大的压紧弹簧力又会将衬板反推向配流盘，使浮动衬板与配流盘再次紧贴，从而减小了配流副处因压力突增而出现的泄露，实现了压力的自动补偿功能。当主轴盘 15 带动弧齿锥齿轮 28 旋转一周时，缸体中的每个柱塞 50 各吸水、压水一次，随着主轴盘的不断旋转，各柱塞 50 也连续地独立完成吸、压水的动作，从而使海水柱塞泵正常工作。

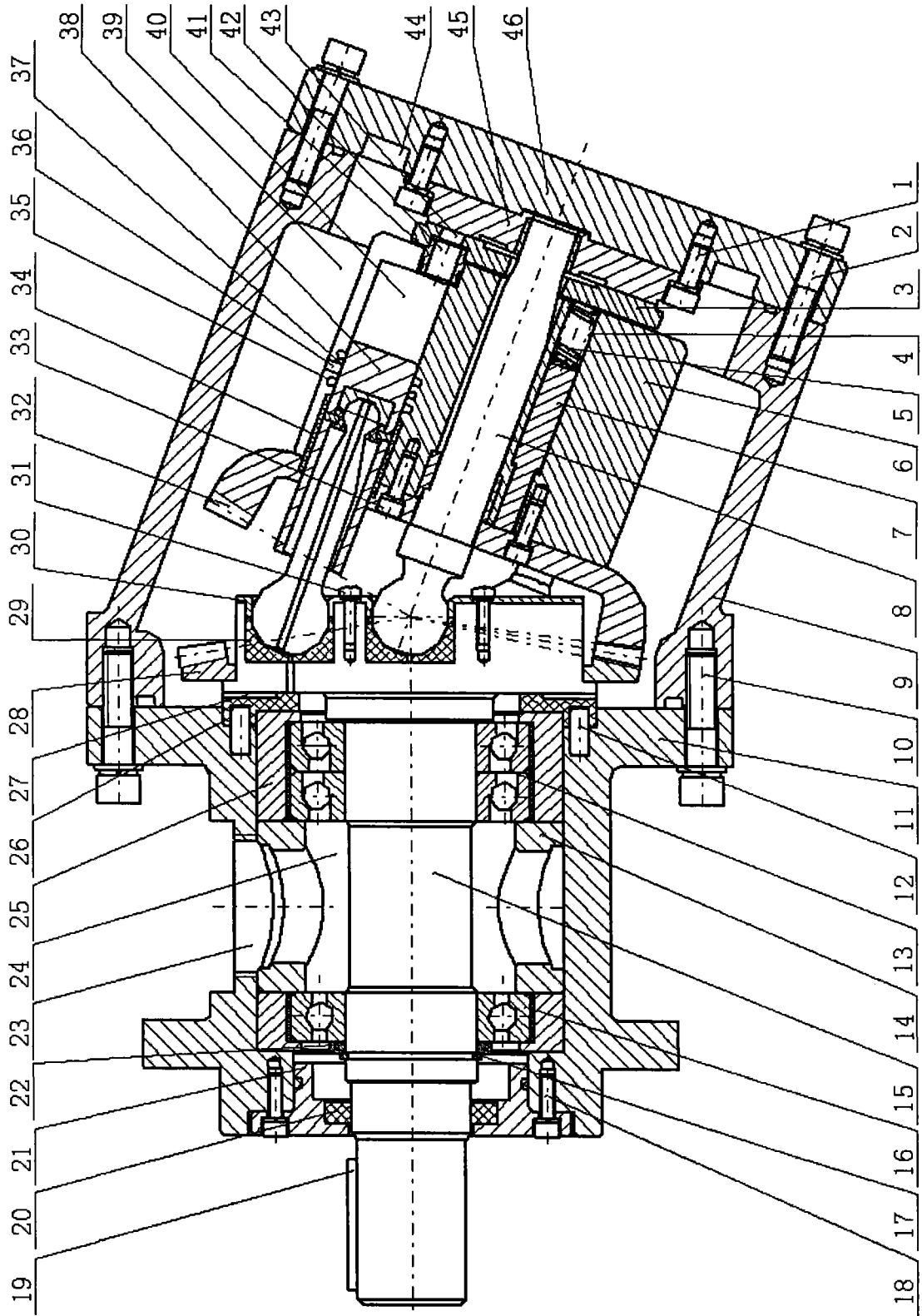


图 1

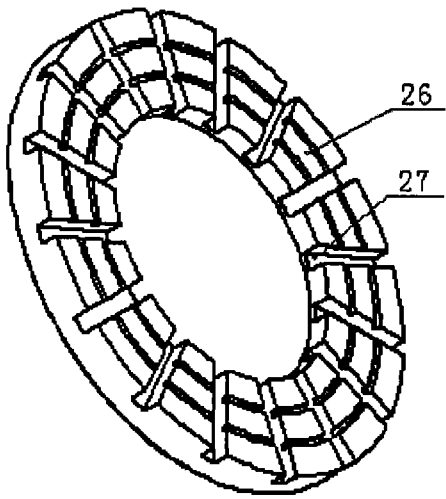


图 2

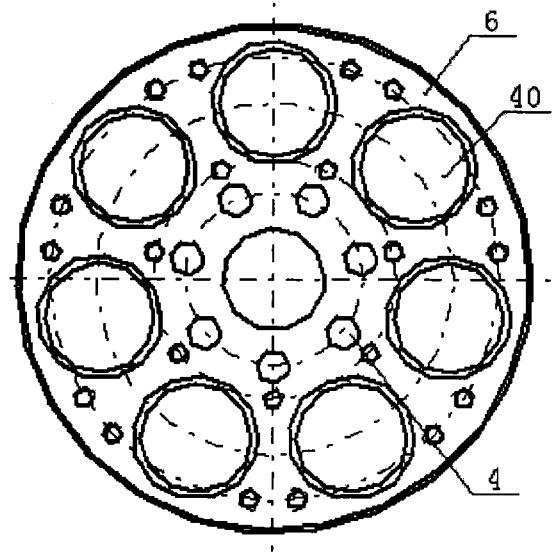


图 3

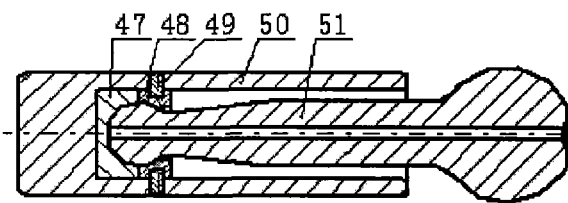


图 4

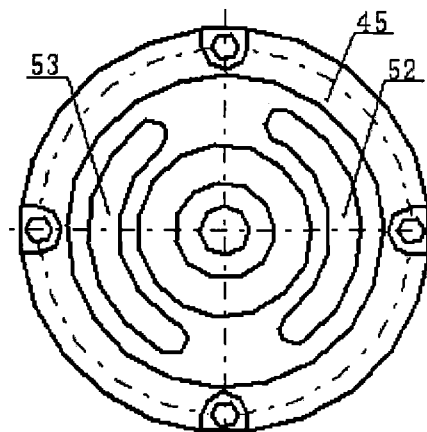


图 5

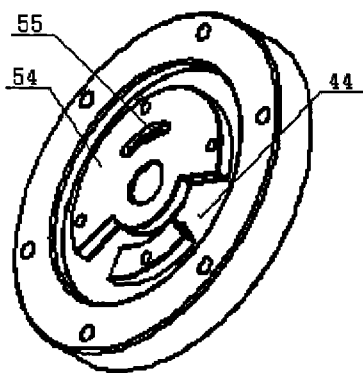


图 6

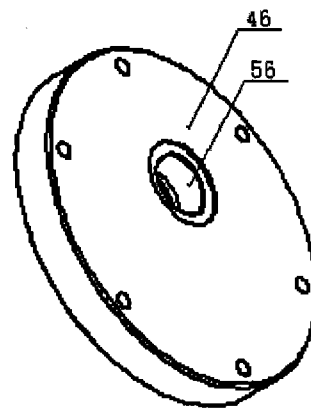


图 7