(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 203627121 U
(45)授权公告日 2014.06.04

(21)申请号 201320891343.2

(22)申请日 2013.12.31

(73)专利权人 大连海事大学
地址 116026 辽宁省大连市高新园区凌海路1号

(72)发明人 张增猛 弓永军 侯交义 王海涛 王祖温 武汉鹏

(74)专利代理机构 大连东方专利代理有限责任公司 21212
代理人 李洪福

(51)Int.Cl.
F04B 17/03(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

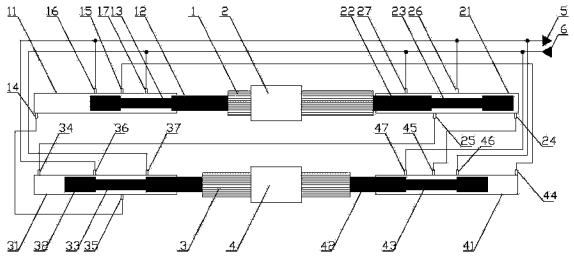
权利要求书1页 说明书7页 附图5页

(54)实用新型名称

一种柱塞配流双作用直线电机驱动往复柱塞泵

(57)摘要

本实用新型公开了一种柱塞配流双作用直线电机驱动往复柱塞泵，包括壳体、两个直线电机、四个柱塞和四个缸筒；两个直线电机和四个缸筒均固定于壳体内，柱塞与缸筒的长度相等。本实用新型工作时，直线电机动子拉动或推动柱塞循环往复运动，完成吸入液体和压出液体动作，两个直线电机动子的运动相差四分之一个周期；直线电机动子往复运动一个来回完成一个工作循环。本实用新型通过柱塞配流，相比阀配流形式的直线电机往复柱塞泵，不会受到配流阀滞后效应的影响，压力脉动和流量脉动大幅降低。本实用新型比回转驱动的柱塞泵中的柱塞设计得更长，进而在直线往复运动的柱塞上设计较长的间隙密封长度，能够有效降低泄漏，提高容积效率。



CN 203627121 U

1. 一种柱塞配流双作用直线电机驱动往复柱塞泵，其特征在于：包括壳体、两个直线电机、四个柱塞和四个缸筒；所述的两个直线电机和四个缸筒均固定于壳体内，壳体上开有泵出口（5）和泵吸入口（6），所述的柱塞与缸筒的长度相等；

所述的两个直线电机是第一直线电机（2）和第二直线电机（4），所述的四个缸筒是第一左缸筒（11）、第一右缸筒（21）、第二左缸筒（31）和第二右缸筒（41），所述的四个柱塞是第一左柱塞（12）、第一右柱塞（22）、第二左柱塞（32）和第二右柱塞（42）；所述的第一直线电机（2）的动子（1）的左、右两端分别与第一左柱塞（12）和第一右柱塞（22）固定连接；所述的第二直线电机（4）的动子（3）的左、右两端分别与第二左柱塞（32）和第二右柱塞（42）固定连接；所述的第一左柱塞（12）、第一右柱塞（22）、第二左柱塞（32）和第二右柱塞（42）上分别开有第一左柱塞周向槽（13）、第一右柱塞周向槽（23）、第二左柱塞周向槽（33）和第二右柱塞周向槽（43），周向槽的开槽位置位于距直线电机动子固定连接端五分之二柱塞长度至五分之四柱塞长度处；所述的第一左柱塞（12）、第一右柱塞（22）、第二左柱塞（32）和第二右柱塞（42）分别插入第一左缸筒（11）、第一右缸筒（21）、第二左缸筒（31）和第二右缸筒（41）中，各柱塞不开周向槽的部分与相应的缸筒内壁形成间隙密封；

所述的第一左缸筒（11）上从左向右依次开有第一左缸端连接口（14）、第一左缸出口（16）、第一左缸中连接口（15）和第一左缸吸入口（17），第一左缸端连接口（14）开在第一左缸筒（11）的左端，第一左缸出口（16）、第一左缸中连接口（15）和第一左缸吸入口（17）分别开在距离第一左缸筒（11）左端五分之二、五分之三和五分之四缸筒长度处；

所述的第一右缸筒（21）上从右向左依次开有第一右缸端连接口（24）、第一右缸出口（26）、第一右缸中连接口（25）和第一右缸吸入口（27），第一右缸端连接口（24）开在第一右缸筒（21）的右端，第一右缸出口（26）、第一右缸中连接口（25）和第一右缸吸入口（27）分别开在距离第一右缸筒（21）右端五分之二、五分之三和五分之四缸筒长度处；

所述的第二左缸筒（31）上从左向右依次开有第二左缸端连接口（34）、第二左缸出口（36）、第二左缸中连接口（35）和第二左缸吸入口（37），第二左缸端连接口（34）开在第二左缸筒（31）的左端，第二左缸出口（36）、第二左缸中连接口（35）和第二左缸吸入口（37）分别开在距离第二左缸筒（31）左端五分之二、五分之三和五分之四缸筒长度处；

所述的第二右缸筒（41）上从右向左依次开有第二右缸端连接口（44）、第二右缸出口（46）、第二右缸中连接口（45）和第二右缸吸入口（47），第二右缸端连接口（44）开在第二右缸筒（41）的右端，第二右缸出口（46）、第二右缸中连接口（45）和第二右缸吸入口（47）分别开在距离第二右缸筒（41）右端五分之二、五分之三和五分之四缸筒长度处；

第一左缸端连接口（14）与第二左缸中连接口（35）连通，第一左缸中连接口（15）与第二右缸端连接口（44）连通，第一右缸端连接口（24）与第二右缸中连接口（45）连通，第一右缸中连接口（25）与第二左缸端连接口（34）连通，第一左缸出口（16）、第一右缸出口（26）、第二左缸出口（36）和第二右缸出口（46）均与泵出口（5）连通，第一左缸吸入口（17）、第一右缸吸入口（27）、第二左缸吸入口（37）和第二右缸吸入口（47）均与泵吸入口（6）连通。

2. 根据权利要求 1 所述的一种柱塞配流双作用直线电机驱动往复柱塞泵，其特征在于：所述的壳体、四个柱塞和四个缸筒均采用不锈材料制造。

一种柱塞配流双作用直线电机驱动往复柱塞泵

技术领域

[0001] 本实用新型属于直线直驱式泵类，具体涉及一种柱塞配流双作用直线电机驱动往复柱塞泵，适用于泵送液压油、海水、自来水或其他液体，可作为变量泵使用，特别适用于深海环境。

背景技术

[0002] 随着直线电机及直线驱动控制技术的发展，直线电机驱动越来越多的在流体传动控制元件和系统中应用。直线电机将电能直接转换成直线运动的机械能，负载直接与电机的动子连接，不需要旋转－直线运动转换的中间转换机构，如滚珠丝杠等，因此消除了中间传动环节的惯量、间隙、滞后、振动等不良影响。直线电机驱动加速度大、精度高、速度快、易于控制。直线电机驱动往复式柱塞泵已经在石油机械中应用，其结构简单、冲程长、效率高。但是，现有的直线电机驱动往复柱塞泵一般采用阀配流形式的双作用三直线电机往复驱动或两直线电机往复驱动形式。由于配流阀的惯性和柱塞缸腔中闭死体积等因素的影响，阀芯的运动和柱塞的运动之间出现不协调现象，造成配流阀的滞后。各个柱塞排出压力叠加后，会互相影响各压出阀正常运作，从而影响柱塞腔内压力的变化，导致较大的压力脉动和流量脉动。目前已有回转驱动式的柱塞配流柱塞泵，容积效率比阀配流柱塞泵低，原因是回转驱动的柱塞配流柱塞泵密封长度短，由于是间隙密封，因此在压力上升时泄漏较严重。

[0003] 综上所述，现有直线电机驱动往复式柱塞泵采用阀配流，压力脉动和流量脉动很大，而已有的柱塞配流柱塞泵是回转驱动的，因柱塞长度限制，间隙密封的长度短，压力上升时泄漏严重，容积效率低。

发明内容

[0004] 为解决现有技术存在的上述问题，本实用新型要设计一种可以降低压力脉动和流量脉动并提高容积效率的柱塞配流双作用直线电机驱动往复柱塞泵。

[0005] 为了实现上述目的，本实用新型的技术方案如下：

[0006] 一种柱塞配流双作用直线电机驱动往复柱塞泵，包括壳体、两个直线电机、四个柱塞和四个缸筒；所述的两个直线电机和四个缸筒均固定于壳体内，壳体上开有泵出口和泵吸入口，所述的柱塞与缸筒的长度相等；

[0007] 所述的两个直线电机是第一直线电机和第二直线电机，所述的四个缸筒是第一左缸筒、第一右缸筒、第二左缸筒和第二右缸筒，所述的四个柱塞是第一左柱塞、第一右柱塞、第二左柱塞和第二右柱塞；所述的第一直线电机的动子的左、右两端分别与第一左柱塞和第一右柱塞固定连接；所述的第二直线电机的动子的左、右两端分别与第二左柱塞和第二右柱塞固定连接；所述的第一左柱塞、第一右柱塞、第二左柱塞和第二右柱塞上分别开有第一左柱塞周向槽、第一右柱塞周向槽、第二左柱塞周向槽和第二右柱塞周向槽，周向槽的开槽位置位于距直线电机动子固定连接端五分之二柱塞长度至五分之四柱塞长度处；所述的第一左柱塞、第一右柱塞、第二左柱塞和第二右柱塞分别插入第一左缸筒、第一右缸筒、第

二左缸筒和第二右缸筒中，各柱塞不开周向槽的部分与相应的缸筒内壁形成间隙密封；

[0008] 所述的第一左缸筒上从左向右依次开有第一左缸端连接口、第一左缸出口、第一左缸中连接口和第一左缸吸入口，第一左缸端连接口开在第一左缸筒的左端，第一左缸出口、第一左缸中连接口和第一左缸吸入口分别开在距离第一左缸筒左端五分之二、五分之三和五分之四缸筒长度处；

[0009] 所述的第一右缸筒上从右向左依次开有第一右缸端连接口、第一右缸出口、第一右缸中连接口和第一右缸吸入口，第一右缸端连接口开在第一右缸筒的右端，第一右缸出口、第一右缸中连接口和第一右缸吸入口分别开在距离第一右缸筒右端五分之二、五分之三和五分之四缸筒长度处；

[0010] 所述的第二左缸筒上从左向右依次开有第二左缸端连接口、第二左缸出口、第二左缸中连接口和第二左缸吸入口，第二左缸端连接口开在第二左缸筒的左端，第二左缸出口、第二左缸中连接口和第二左缸吸入口分别开在距离第二左缸筒左端五分之二、五分之三和五分之四缸筒长度处；

[0011] 所述的第二右缸筒上从右向左依次开有第二右缸端连接口、第二右缸出口、第二右缸中连接口和第二右缸吸入口，第二右缸端连接口开在第二右缸筒的右端，第二右缸出口、第二右缸中连接口和第二右缸吸入口分别开在距离第二右缸筒右端五分之二、五分之三和五分之四缸筒长度处；

[0012] 第一左缸端连接口与第二左缸中连接口连通，第一左缸中连接口与第二右缸端连接口连通，第一右缸端连接口与第二右缸中连接口连通，第一右缸中连接口与第二左缸端连接口连通，第一左缸出口、第一右缸出口、第二左缸出口和第二右缸出口均与泵出口连通，第一左缸吸入口、第一右缸吸入口、第二左缸吸入口和第二右缸吸入口均与泵吸入口连通。

[0013] 本实用新型所述的壳体、四个柱塞和四个缸筒均采用不锈材料制造。

[0014] 本实用新型工作时，直线电机动子拉动或推动柱塞循环往复运动，完成吸入液体和压出液体动作，两个直线电机动子的运动相差四分之一个周期；各柱塞吸入液体时，液体是受该柱塞端部与缸筒间所形成容腔增大产生的吸入作用，经缸端连接口及其所连通的另一缸筒的缸中连接口，再经该缸筒内的活塞周向槽与缸筒上的缸吸入口，由泵吸入口吸入的；各柱塞压出液体时，液体是受该柱塞端部与缸筒间所形成容腔减小产生的压出作用，经缸端连接口及其所连通的另一缸筒的缸中连接口，再经该缸筒内的活塞周向槽与缸筒上的缸出口，从泵出口压出的；直线电机动子往复运动一个来回完成一个工作循环，每一个工作循环中，每个柱塞完成吸入液体和压出液体动作各一次。

[0015] 与现有技术相比，本实用新型具有以下有益效果：

[0016] 1、本实用新型通过柱塞配流，相比阀配流形式的直线电机往复柱塞泵，不会受到配流阀滞后效应的影响，压力脉动和流量脉动大幅降低。

[0017] 2、本实用新型采用双作用直线电机驱动往复柱塞，由于是直线往复运动，可以比回转驱动的柱塞泵中的柱塞设计得更长，进而可以在直线往复运动的柱塞上设计较长的间隙密封长度，能够有效降低泄漏，提高容积效率。

[0018] 3、本实用新型采用直线电机驱动，减少了普通旋转电机拖动传统柱塞泵的由旋转运动转换为直线柱塞往复运动的能量转换环节，效率高。

[0019] 4、本实用新型采用直线电机驱动，通过控制直线电机的动子速度，可以实现泵的无级变量调节。

[0020] 5、传统的斜盘式水液压柱塞泵在深海环境中，斜盘受高围压作用，致使泵的容积效率大幅下降，此种情况下若采用阀配流结构，则受到压力脉动和流量脉动大的困扰。本实用新型采用不锈材料后，直接吸入海水为工作介质，相比传统的水液压柱塞泵，消除了斜盘受围压作用效率降低的影响，特别适用于深海高围压环境。

附图说明

[0021] 本实用新型共有附图 5 张，其中：

[0022] 图 1 是柱塞配流双作用直线电机驱动往复柱塞泵的结构和回路示意图；

[0023] 图 2 是柱塞配流双作用直线电机驱动往复柱塞泵工作循环的第一个四分之一周期运行原理图；

[0024] 图 3 是柱塞配流双作用直线电机驱动往复柱塞泵工作循环的第二个四分之一周期运行原理图；

[0025] 图 4 是柱塞配流双作用直线电机驱动往复柱塞泵工作循环的第三个四分之一周期运行原理图；

[0026] 图 5 是柱塞配流双作用直线电机驱动往复柱塞泵工作循环的第四个四分之一周期运行原理图；

[0027] 图中：1. 第一直线电机动子，2. 第一直线电机，3. 第二直线电机动子，4. 第二直线电机，5. 泵出口，6. 泵吸入口，11. 第一左缸筒，12. 第一左柱塞，13. 第一左柱塞周向槽，14. 第一左缸端连接口，15. 第一左缸中连接口，16. 第一左缸出口，17. 第一左缸吸入口，21. 第一右缸筒，22. 第一右柱塞，23. 第一右柱塞周向槽，24. 第一右缸端连接口，25. 第一右缸中连接口，26. 第一右缸出口，27. 第一右缸吸入口，31. 第二左缸筒，32. 第二左柱塞，33. 第二左柱塞周向槽，34. 第二左缸端连接口，35. 第二左缸中连接口，36. 第二左缸出口，37. 第二左缸吸入口，41. 第二右缸筒，42. 第二右柱塞，43. 第二右柱塞周向槽，44. 第二右缸端连接口，45. 第二右缸中连接口，46. 第二右缸出口，47. 第二右缸吸入口。

具体实施方式

[0028] 下面结合附图对本实用新型进行进一步地描述。如图 1 所示，一种柱塞配流双作用直线电机驱动往复柱塞泵，包括壳体、两个直线电机、四个柱塞和四个缸筒；所述的两个直线电机和四个缸筒均固定于壳体内，壳体上开有泵出口 5 和泵吸入口 6，所述的柱塞与缸筒的长度相等；

[0029] 所述的两个直线电机是第一直线电机 2 和第二直线电机 4，所述的四个缸筒是第一左缸筒 11、第一右缸筒 21、第二左缸筒 31 和第二右缸筒 41，所述的四个柱塞是第一左柱塞 12、第一右柱塞 22、第二左柱塞 32 和第二右柱塞 42；所述的第一直线电机 2 的动子 1 的左、右两端分别与第一左柱塞 12 和第一右柱塞 22 固定连接；所述的第二直线电机 4 的动子 3 的左、右两端分别与第二左柱塞 32 和第二右柱塞 42 固定连接；所述的第一左柱塞 12、第一右柱塞 22、第二左柱塞 32 和第二右柱塞 42 上分别开有第一左柱塞周向槽 13、第一右柱塞周向槽 23、第二左柱塞周向槽 33 和第二右柱塞周向槽 43，周向槽的开槽位置位于距直线

电机动子固定连接端五分之二柱塞长度至五分之四柱塞长度处；所述的第一左柱塞 12、第一右柱塞 22、第二左柱塞 32 和第二右柱塞 42 分别插入第一左缸筒 11、第一右缸筒 21、第二左缸筒 31 和第二右缸筒 41 中，各柱塞不开周向槽的部分与相应的缸筒内壁形成间隙密封；

[0030] 所述的第一左缸筒 11 上从左向右依次开有第一左缸端连接口 14、第一左缸出口 16、第一左缸中连接口 15 和第一左缸吸入口 17，第一左缸端连接口 14 开在第一左缸筒 11 的左端，第一左缸出口 16、第一左缸中连接口 15 和第一左缸吸入口 17 分别开在距离第一左缸筒 11 左端五分之二、五分之三和五分之四缸筒长度处；

[0031] 所述的第一右缸筒 21 上从右向左依次开有第一右缸端连接口 24、第一右缸出口 26、第一右缸中连接口 25 和第一右缸吸入口 27，第一右缸端连接口 24 开在第一右缸筒 21 的右端，第一右缸出口 26、第一右缸中连接口 25 和第一右缸吸入口 27 分别开在距离第一右缸筒 21 右端五分之二、五分之三和五分之四缸筒长度处；

[0032] 所述的第二左缸筒 31 上从左向右依次开有第二左缸端连接口 34、第二左缸出口 36、第二左缸中连接口 35 和第二左缸吸入口 37，第二左缸端连接口 34 开在第二左缸筒 31 的左端，第二左缸出口 36、第二左缸中连接口 35 和第二左缸吸入口 37 分别开在距离第二左缸筒 31 左端五分之二、五分之三和五分之四缸筒长度处；

[0033] 所述的第二右缸筒 41 上从右向左依次开有第二右缸端连接口 44、第二右缸出口 46、第二右缸中连接口 45 和第二右缸吸入口 47，第二右缸端连接口 44 开在第二右缸筒 41 的右端，第二右缸出口 46、第二右缸中连接口 45 和第二右缸吸入口 47 分别开在距离第二右缸筒 41 右端五分之二、五分之三和五分之四缸筒长度处；

[0034] 第一左缸端连接口 14 与第二左缸中连接口 35 连通，第一左缸中连接口 15 与第二右缸端连接口 44 连通，第一右缸端连接口 24 与第二右缸中连接口 45 连通，第一右缸中连接口 25 与第二左缸端连接口 34 连通，第一左缸出口 16、第一右缸出口 26、第二左缸出口 36 和第二右缸出口 46 均与泵出口 5 连通，第一左缸吸入口 17、第一右缸吸入口 27、第二左缸吸入口 37 和第二右缸吸入口 47 均与泵吸入口 6 连通。

[0035] 所述的壳体、四个柱塞和四个缸筒均采用不锈材料制造。

[0036] 本实用新型工作时，直线电机动子拉动或推动柱塞循环往复运动，完成吸入液体和压出液体动作，两个直线电机动子的运动相差四分之一个周期。直线电机动子往复运动一个来回完成一个工作循环，每一个工作循环中，每个柱塞完成吸入液体和压出液体动作各一次，图 2 ～图 5 是一个工作循环中四个四分之一周期运行原理图。

[0037] 如图 2 所示，第一直线电机动子 1 从图示位置开始向左运动，第二直线电机动子 3 也向左运动，第一直线电机动子 1 落后第二直线电机动子 3 五分之一缸筒长度；此时，第一左缸筒 11 内，随着第一左柱塞 12 被第一直线电机动子 1 推动向左运动，第一左缸中连接口 15 与第一左缸吸入口 17 通过第一左柱塞 12 上的第一左柱塞周向槽 13 连通，而第一左缸出口 16 被第一左柱塞 12 间隙密封，使第一左缸出口 16 与第一左缸端连接口 14 及第一左缸中连接口 15 隔开无法连通；第一右缸筒 21 内，随着第一右柱塞 22 被第一直线电机动子 1 拉动向左运动，第一右缸中连接口 25 与第一右缸出口 26 通过第一右柱塞 22 上的第一右柱塞周向槽 23 连通，而第一右缸吸入口 27 被第一右柱塞 22 间隙密封，使第一右缸吸入口 27 与第一右缸中连接口 25 隔开无法连通，第一右缸端连接口 24 受第一右柱塞 22 和第一右

缸筒 21 间隙密封作用被隔开；第二左缸筒 31 内，随着第二左柱塞 32 被第二直线电机动子 3 推动向左运动，第二左缸中连接口 35 与第二左缸出口 36 通过第二左柱塞 32 上的第二左柱塞周向槽 33 连通，而第二左缸吸入口 37 被第二左柱塞 32 间隙密封，使第二左缸吸入口 37 与第二左缸中连接口 35 隔开无法连通，第二左缸端连接口 34 受第二左柱塞 32 和第二左缸筒 31 间隙密封作用被隔开；第二右缸筒 41 内，随着第二右柱塞 42 被第二直线电机动子 3 拉动向左运动，第二右缸中连接口 45 与第二右缸吸入口 47 通过第二右柱塞 42 上的第二右柱塞周向槽 43 连通，而第二右缸出口 46 被第二右柱塞 42 间隙密封，使第二右缸出口 46 与第二右缸端连接口 44 及第二右缸中连接口 45 隔开无法连通；第一左柱塞 12 端部与第一左缸筒 11 形成的容腔减小产生压出作用，压出的液体经第一左缸端连接口 14、第二左缸中连接口 35、第二左柱塞周向槽 33 和第二左缸出口 36 至泵出口 5 排出，第一右柱塞 22 端部与第一右缸筒 21 形成的容腔增大产生吸入作用，吸入的液体从泵吸入口 6 经第二右缸吸入口 47、第二右柱塞周向槽 43、第二右缸中连接口 45 和第一右缸端连接口 24 进入第一右缸筒 21，第二左柱塞 32 端部与第二左缸筒 31 形成的容腔减小产生压出作用，压出的液体经第二左缸端连接口 34、第一右缸中连接口 25、第一右柱塞周向槽 23 和第一右缸出口 26 至泵出口 5 排出，第二右柱塞 42 端部与第二右缸筒 41 形成的容腔增大产生吸入作用，吸入的液体从泵吸入口 6 经第一左缸吸入口 17、第一左柱塞周向槽 13、第一左缸中连接口 15 和第二右缸端连接口 44 进入第二右缸筒 41。

[0038] 如图 3 所示，第一直线电机动子 1 继续向左运动，第二直线电机动子 3 带动第二左柱塞 32 和第二右柱塞 42 从图 2 位置运动至图 3 所示左端端部位置，开始向右运动，从图 2 所示位置到图 3 所示位置每个直线电机动子走过了五分之一缸筒长度，对应一个工作循环的四分之一周期；此时，第一左缸筒 11 内，随着第一左柱塞 12 被第一直线电机动子 1 推动继续向左运动，第一左缸中连接口 15 与第一左缸出口 16 通过第一左柱塞 12 上的第一左柱塞周向槽 13 连通，而第一左缸吸入口 17 被第一左柱塞 12 间隙密封，使第一左缸吸入口 17 与第一左缸中连接口 15 隔开无法连通，第一左缸端连接口 14 受第一左柱塞 12 和第一左缸筒 11 间隙密封作用被隔开；第一右缸筒 21 内，随着第一右柱塞 22 被第一直线电机动子 1 拉动继续向左运动，第一右缸中连接口 25 与第一右缸吸入口 27 通过第一右柱塞 22 上的第一右柱塞周向槽 23 连通，而第一右缸出口 26 被第一右柱塞 22 间隙密封，使第一右缸出口 26 与第一右缸端连接口 24 及第一右缸中连接口 25 隔开无法连通；第二左缸筒 31 内，随着第二左柱塞 32 被第二直线电机动子 3 拉动向右运动，第二左缸中连接口 35 与第二左缸出口 36 通过第二左柱塞 32 上的第二左柱塞周向槽 33 连通，而第二左缸吸入口 37 被第二左柱塞 32 间隙密封，使第二左缸吸入口 37 与第二左缸中连接口 35 隔开无法连通，第二左缸端连接口 34 受第二左柱塞 32 和第二左缸筒 31 间隙密封作用被隔开；第二右缸筒 41 内，随着第二右柱塞 42 被第二直线电机动子 3 推动向右运动，第二右缸中连接口 45 与第二右缸吸入口 47 通过第二右柱塞 42 上的第二右柱塞周向槽 43 连通，而第二右缸出口 46 被第二右柱塞 42 间隙密封，使第二右缸出口 46 与第二右缸端连接口 44 及第二右缸中连接口 45 隔开无法连通；第一左柱塞 12 端部与第一左缸筒 11 形成的容腔减小产生压出作用，压出的液体经第一左缸端连接口 14、第二左缸中连接口 35、第二左柱塞周向槽 33 和第二左缸出口 36 至泵出口 5 排出，第一右柱塞 22 端部与第一右缸筒 21 形成的容腔增大产生吸入作用，吸入的液体从泵吸入口 6 经第二右缸吸入口 47、第二右柱塞周向槽 43、第二右缸中连接口

45 和第一右缸端连接口 24 进入第一右缸筒 21，第二左柱塞 32 端部与第二左缸筒 31 形成的容腔增大产生吸入作用，吸入的液体从泵吸入口 6 经第一右缸吸入口 27、第一右柱塞周向槽 23、第一右缸中连接口 25 和第二左缸端连接口 34 进入第二左缸筒 31，第二右柱塞 42 端部与第二右缸筒 41 形成的容腔减小产生压出作用，压出的液体经第二右缸端连接口 44、第一左缸中连接口 15、第一左柱塞周向槽 13 和第一左缸出口 16 至泵出口 5 排出。

[0039] 如图 4 所示，第一直线电机动子 1 带动第一左柱塞 12 和第一右柱塞 22 从图 3 位置运动至图 4 所示左端端部位置，开始向右运动，第二直线电机动子 3 继续向右运动，从图 3 所示位置到图 4 所示位置每个直线电机动子走过了五分之一缸筒长度，对应一个工作循环的第二个四分之一周期；此时，第一左缸筒 11 内，随着第一左柱塞 12 被第一直线电机动子 1 拉动向右运动，第一左缸中连接口 15 与第一左缸出口 16 通过第一左柱塞 12 上的第一左柱塞周向槽 13 连通，而第一左缸吸入口 17 被第一左柱塞 12 间隙密封，使第一左缸吸入口 17 与第一左缸中连接口 15 隔开无法连通，第一左缸端连接口 14 受第一左柱塞 12 和第一左缸筒 11 间隙密封作用被隔开；第一右缸筒 21 内，随着第一右柱塞 22 被第一直线电机动子 1 推动向右运动，第一右缸中连接口 25 与第一右缸吸入口 27 通过第一右柱塞 22 上的第一右柱塞周向槽 23 连通，而第一右缸出口 26 被第一右柱塞 22 间隙密封，使第一右缸出口 26 与第一右缸端连接口 24 及第一右缸中连接口 25 隔开无法连通；第二左缸筒 31 内，随着第二左柱塞 32 被第二直线电机动子 3 拉动继续向右运动，第二左缸中连接口 35 与第二左缸吸入口 37 通过第二左柱塞 32 上的第二左柱塞周向槽 33 连通，而第二左缸出口 36 被第二左柱塞 32 间隙密封，使第二左缸出口 36 与第二左缸端连接口 34 及第二左缸中连接口 35 隔开无法连通；第二右缸筒 41 内，随着第二右柱塞 42 被第二直线电机动子 3 推动继续向右运动，第二右缸中连接口 45 与第二右缸出口 46 通过第二右柱塞 42 上的第二右柱塞周向槽 43 连通，而第二右缸吸入口 47 被第二右柱塞 42 间隙密封，使第二右缸吸入口 47 与第二右缸中连接口 45 隔开无法连通，第二右缸端连接口 44 受第二右柱塞 42 和第二右缸筒 41 间隙密封作用被隔开；第一左柱塞 12 端部与第一左缸筒 11 形成的容腔增大产生吸入作用，吸入的液体从泵吸入口 6 经第二左缸吸入口 37、第二左柱塞周向槽 33、第二左缸中连接口 35 和第一左缸端连接口 14 进入第一左缸筒 11，第一右柱塞 22 端部与第一右缸筒 21 形成的容腔减小产生压出作用，压出的液体经第一右缸端连接口 24、第二右缸中连接口 45、第二右柱塞周向槽 43 和第二右缸出口 46 至泵出口 5 排出，第二左柱塞 32 端部与第二左缸筒 31 形成的容腔增大产生吸入作用，吸入的液体从泵吸入口 6 经第一右缸吸入口 27、第一右柱塞周向槽 23、第一右缸中连接口 25 和第二左缸端连接口 34 进入第二左缸筒 31，第二右柱塞 42 端部与第二右缸筒 41 形成的容腔减小产生压出作用，压出的液体经第二右缸端连接口 44、第一左缸中连接口 15、第一左柱塞周向槽 13 和第一左缸出口 16 至泵出口 5 排出。从图 2 所示位置到图 4 所示位置，第一左柱塞 12 完成了一次压出液体动作，第一右柱塞 22 完成了一次吸入液体动作。

[0040] 如图 5 所示，第一直线电机动子 1 继续向右运动，第二直线电机动子 3 带动第二左柱塞 32 和第二右柱塞 42 从图 4 位置运动至图 5 所示右端端部位置，开始向左运动，从图 4 所示位置到图 5 所示位置每个直线电机动子走过了五分之一缸筒长度，对应一个工作循环的第三个四分之一周期；此时，第一左缸筒 11 内，随着第一左柱塞 12 被第一直线电机动子 1 拉动继续向右运动，第一左缸中连接口 15 与第一左缸吸入口 17 通过第一左柱塞 12 上的

第一左柱塞周向槽 13 连通，而第一左缸出口 16 被第一左柱塞 12 间隙密封，使第一左缸出口 16 与第一左缸端连接口 14 及第一左缸中连接口 15 隔开无法连通；第一右缸筒 21 内，随着第一右柱塞 22 被第一直线电机动子 1 推动继续向右运动，第一右缸中连接口 25 与第一右缸出口 26 通过第一右柱塞 22 上的第一右柱塞周向槽 23 连通，而第一右缸吸入口 27 被第一右柱塞 22 间隙密封，使第一右缸吸入口 27 与第一右缸中连接口 25 隔开无法连通，第一右缸端连接口 24 受第一右柱塞 22 和第一右缸筒 21 间隙密封作用被隔开；第二左缸筒 31 内，随着第二左柱塞 32 被第二直线电机动子 3 推动向左运动，第二左缸中连接口 35 与第二左缸吸入口 37 通过第二左柱塞 32 上的第二左柱塞周向槽 33 连通，而第二左缸出口 36 被第二左柱塞 32 间隙密封，使第二左缸出口 36 与第二左缸端连接口 34 及第二左缸中连接口 35 隔开无法连通；第二右缸筒 41 内，随着第二右柱塞 42 被第二直线电机动子 3 拉动向左运动，第二右缸中连接口 45 与第二右缸出口 46 通过第二右柱塞 42 上的第二右柱塞周向槽 43 连通，而第二右缸吸入口 47 被第二右柱塞 42 间隙密封，使第二右缸吸入口 47 与第二右缸中连接口 45 隔开无法连通，第二右缸端连接口 44 受第二右柱塞 42 和第二右缸筒 41 间隙密封作用被隔开；第一左柱塞 12 端部与第一左缸筒 11 形成的容腔增大产生吸入作用，吸入的液体从泵吸入口 6 经第二左缸吸入口 37、第二左柱塞周向槽 33、第二左缸中连接口 35 和第一左缸端连接口 14 进入第一左缸筒 11，第一右柱塞 22 端部与第一右缸筒 21 形成的容腔减小产生压出作用，压出的液体经第一右缸端连接口 24、第二右缸中连接口 45、第二右柱塞周向槽 43 和第二右缸出口 46 至泵出口 5 排出，第二左柱塞 32 端部与第二左缸筒 31 形成的容腔减小产生压出作用，压出的液体经第二左缸端连接口 34、第一右缸中连接口 25、第一右柱塞周向槽 23 和第一右缸出口 26 至泵出口 5 排出，第二右柱塞 42 端部与第二右缸筒 41 形成的容腔增大产生吸入作用，吸入的液体从泵吸入口 6 经第一左缸吸入口 17、第一左柱塞周向槽 13、第一左缸中连接口 15 和第二右缸端连接口 44 进入第二右缸筒 41。从图 3 所示位置到图 5 所示位置，第二左柱塞 32 完成了一次吸入液体动作，第二右柱塞 42 完成了一次压出液体动作。从图 5 所示位置再回到图 2 所示位置每个直线电机动子走过了五分之一缸筒长度，对应一个工作循环的第四个四分之一周期，进而完成了一个工作循环；从图 4 所示位置到图 5 所示位置再到图 2 所示位置，第一左柱塞 12 完成了一次吸入液体动作，第一右柱塞 22 完成了一次压出液体动作；从图 5 所示位置回到图 2 所示位置再到图 3 所示位置，第二左柱塞 32 完成了一次压出液体动作，第二右柱塞 42 完成了一次吸入液体动作。直线电机动子往复运动一个来回完成一个工作循环，每一个工作循环中，每个柱塞完成吸入液体和压出液体动作各一次。

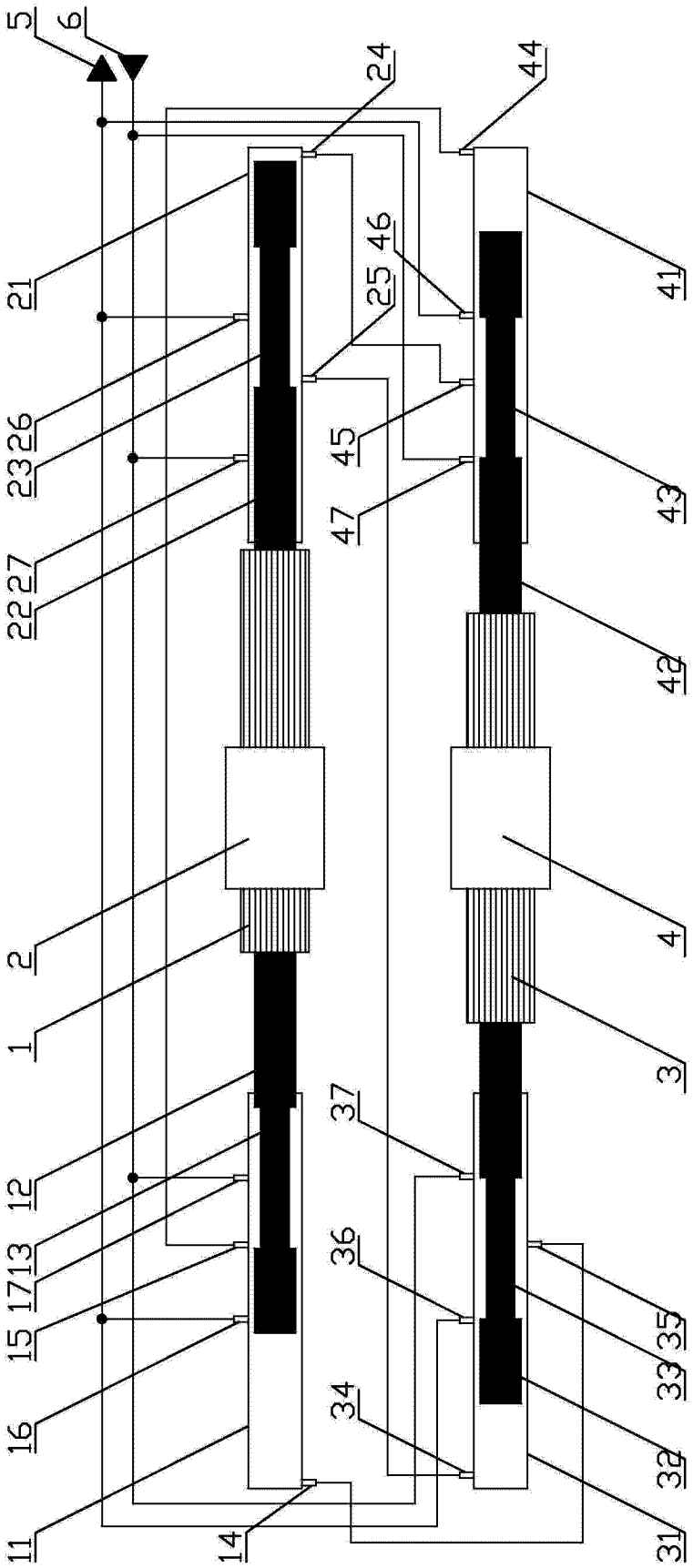

5
6
24
44
21
46
25
41
23
26
45
43
47
22
27
42
2
4
1
3
37
12
36
13
35
17
33
15
34
16
32
11
14
31

图 1

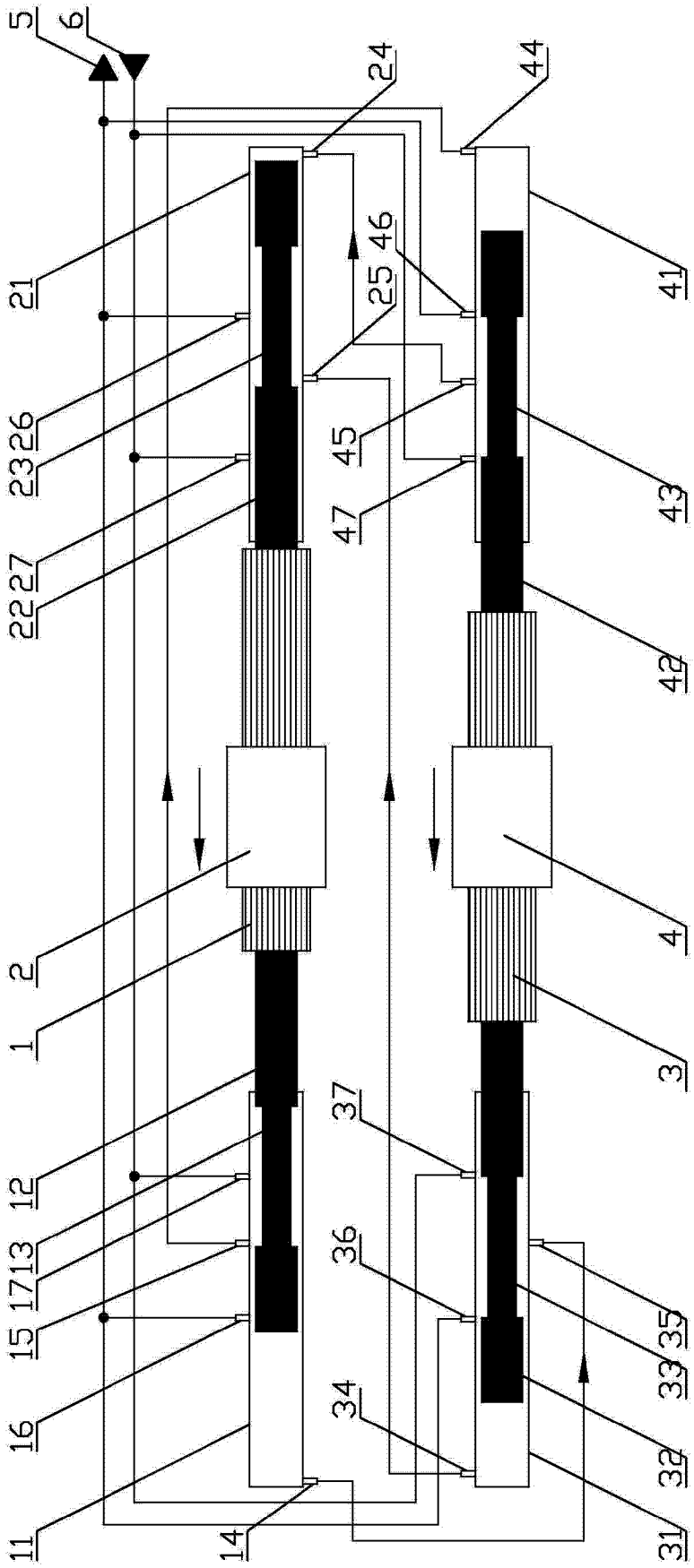

5
6
24
44
21
46
25
41
23
26
45
43
22
27
47
42
2
4
1
3
37
12
36
13
35
17
33
15
34
16
32
11
14
31

图 2

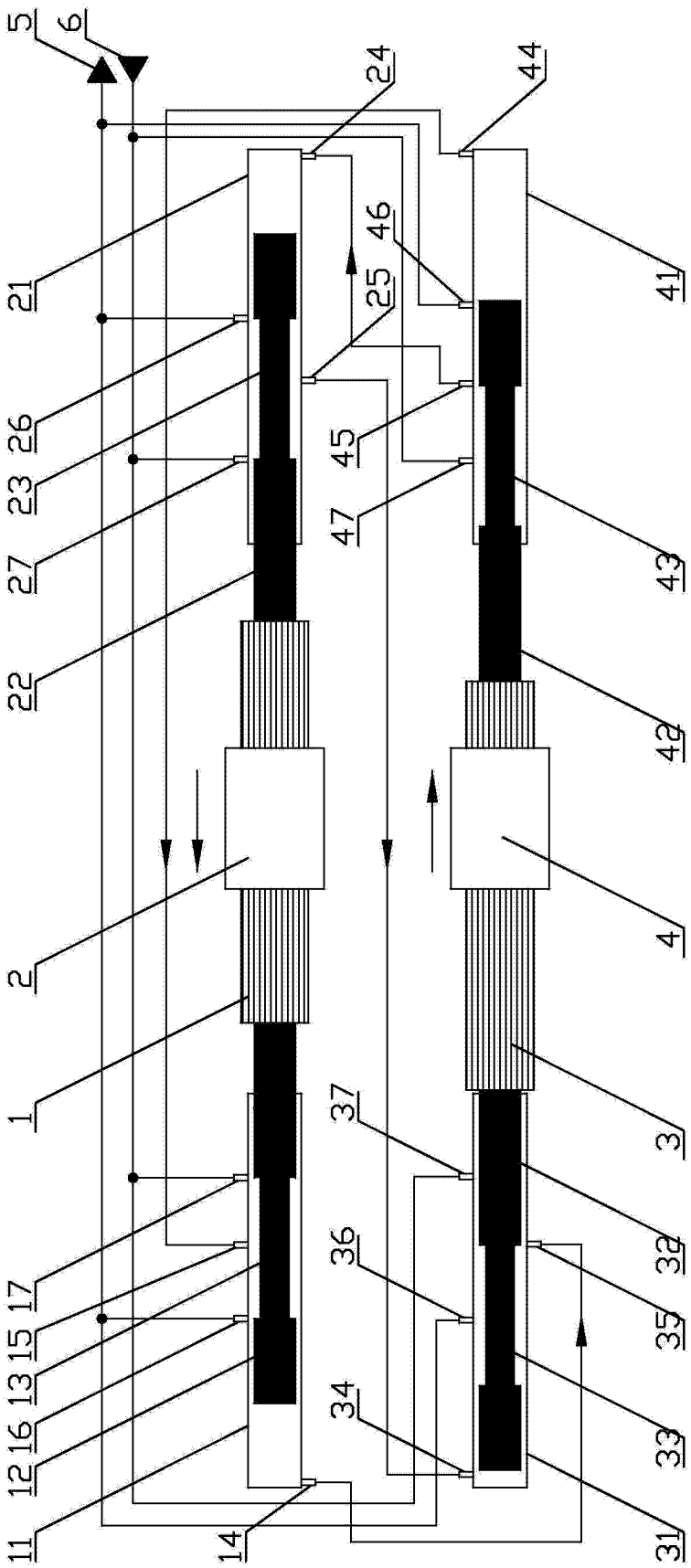

5
6
24
44
21
46
25
41
26
45
23
47
43
27
22
42
2
4
1
37
3
36
32
17
35
15
13
34
33
16
12
11
14
31

图 3

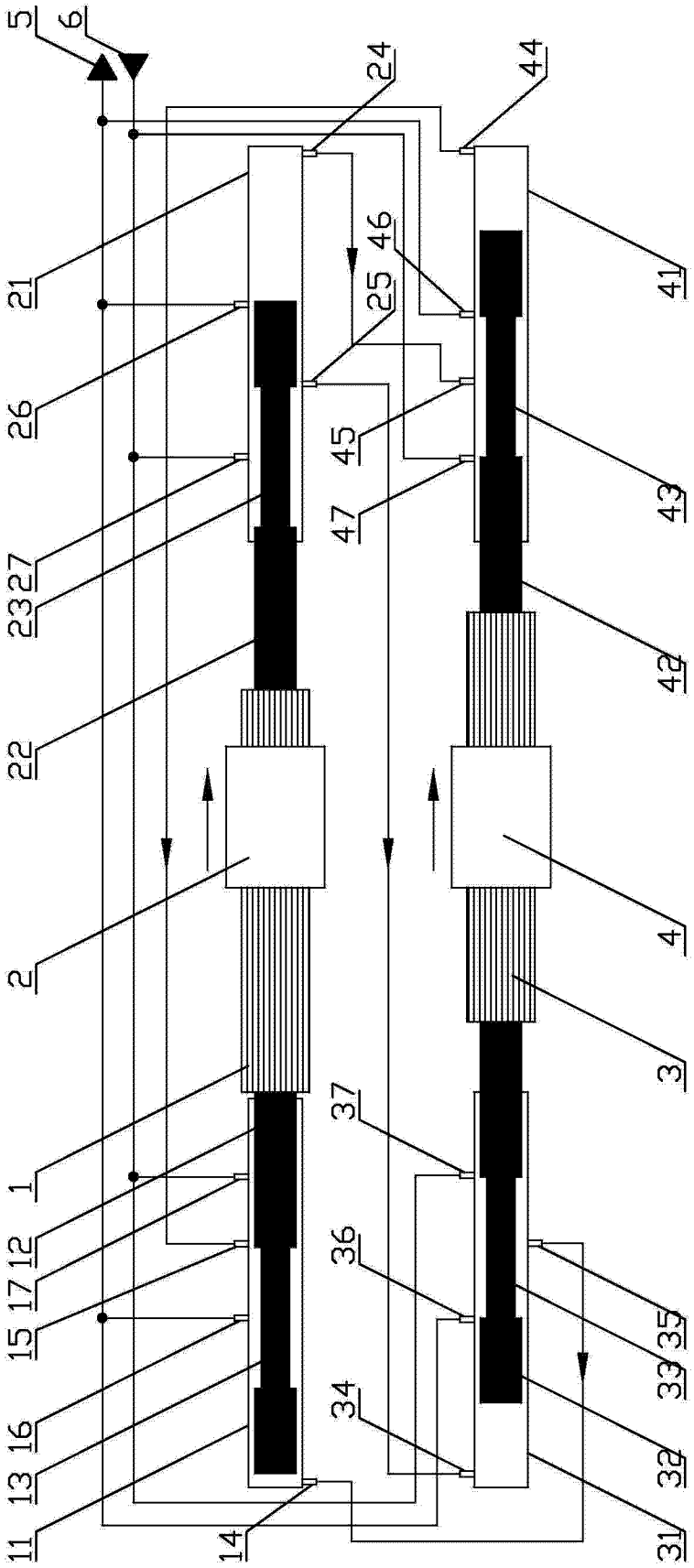

5
6
24
44
21
46
25
41
26
45
43
47
23
27
42
22
4
2
3
37
1
36
12
17
35
15
33
16
34
32
13
11
14
31

图 4

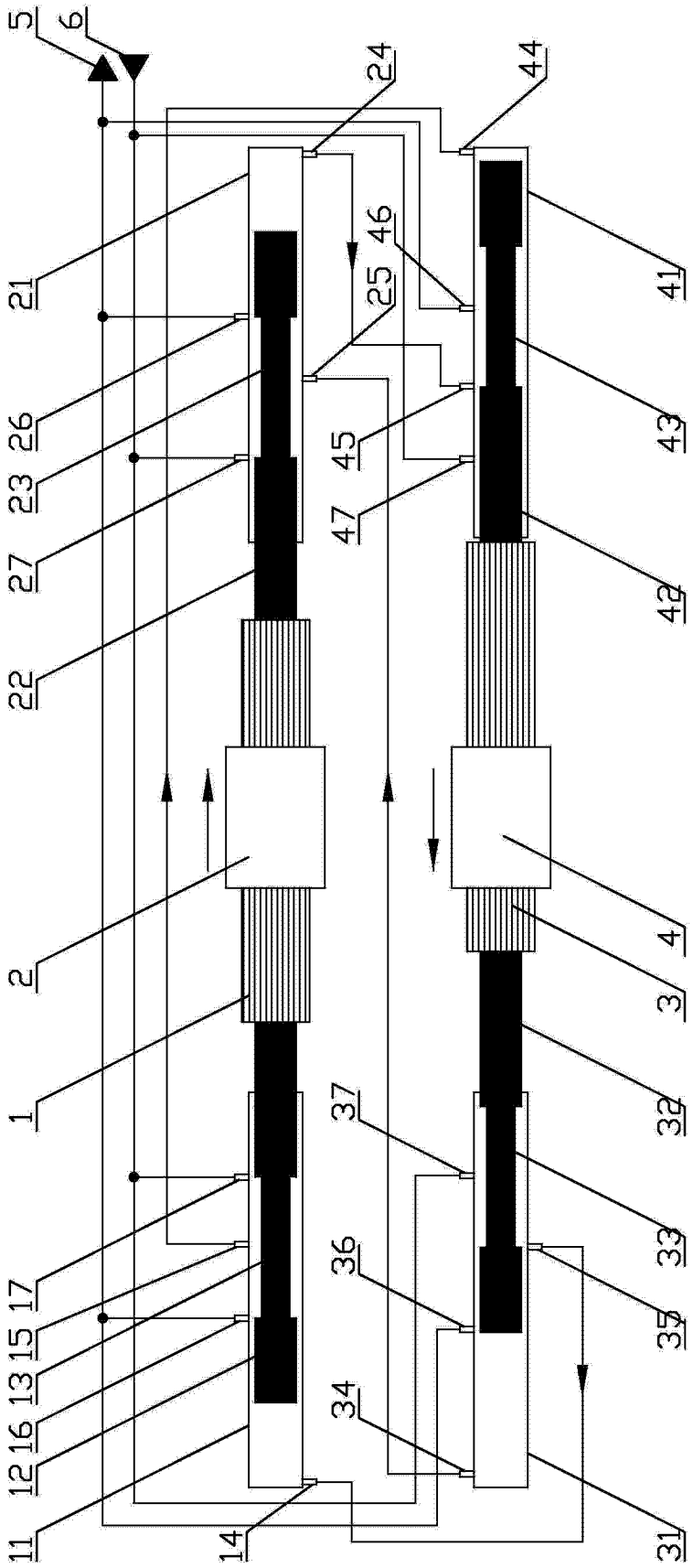

5
6
24
44
21
46
25
41
26
43
23
45
27
47
42
22
2
4
3
1
32
37
33
36
35
17
15
13
16
12
34
11
14
31

图 5