



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 205704176 U

(45)授权公告日 2016.11.23

(21)申请号 201620317349.2

(22)申请日 2016.04.15

(73)专利权人 南京若希自动化科技有限公司
地址 211106 江苏省南京市江宁区江宁开
发区将军大道37号1幢

(72)发明人 陈柏 印亮 华达人 白东明
徐伟 张磊 吴志恒 蒋素荣
席万强

(74)专利代理机构 江苏圣典律师事务所 32237
代理人 贺翔

(51)Int.Cl.
B25J 9/10(2006.01)
B25J 17/02(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

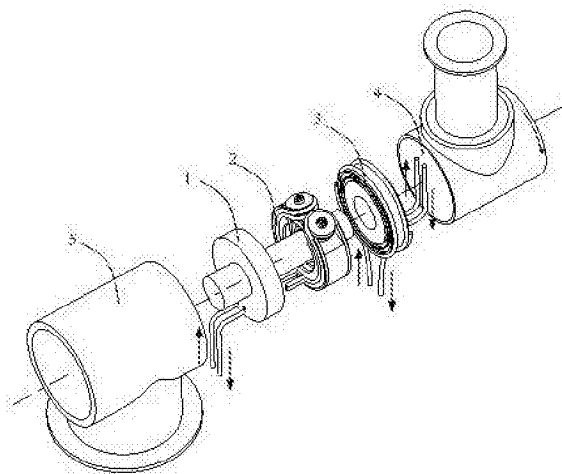
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)实用新型名称

针对绳索运动耦合的被动解耦机构

(57)摘要

本实用新型公开了一种针对绳索运动耦合的被动解耦机构,尤其涉及多关节的绳驱动串联机械臂系统。该机构包括固定轮、随动轮、主动轮、导向滑轮、解耦绳索。主动轮与关节连杆连接,固定轮与关节基座连接,利用解耦绳索的正反向缠绕驱动随动轮,实现随动轮运动速度是关节连杆旋转速度的1/2。后端关节的驱动绳索按随动轮上的导线槽正反向缠绕,这样,由关节连杆转动引起的驱动绳索位移变化和由随动轮转动导致的位移变化相互抵消。经过解耦机构后的驱动绳索与关节连杆无相对位移,实现绳索的运动解耦。该解耦机构可以工作在0~300℃范围内,工作范围大,结构简单、紧凑、可靠。该绳索运动解耦机构与绳驱动关节配套安装,可以实现模块化,应用范围广。



1. 一种针对绳索运动耦合的被动解耦机构,其特征在于:

从前向后依次包括关节基座(5)、固定轮(1)、随动轮(2)、主动轮(3)、当前关节连杆(4);其中固定轮(1)包括固定轮轮盘和固定轮轮轴,固定轮轮盘和固定轮轮轴相互固连并与关节基座(5)固定连接不能转动;随动轮(2)和主动轮(3)均通过轴承安装于固定轮轮轴上可转动,但轴向移动均被限制;主动轮(3)与当前关节连杆(4)固定连接;

该机构还包括一根左解耦绳索(25)、一根右解耦绳索(26)、一根后端关节左驱动绳索(71)、一根后端关节右驱动绳索(72);

上述随动轮(2)包括随动轮主体(22),随动轮主体(22)的前侧安装前侧导线盘(21),后侧安装后侧导线盘(23),前侧导线盘(21)和后侧导线盘(23)结构相同,均加工有两同心圆环导线槽,两同心圆环导线槽分别为解耦绳索导线环槽和驱动绳索导线环槽;解耦绳索导线环槽和驱动绳索导线环槽的半径分别为 r_1, r_2 ;随动轮主体(22)上方还安装左定滑轮模块(24-1)和右定滑轮模块(24-2);左定滑轮模块(24-1)和右定滑轮模块(24-2)均由同轴安装的一个解耦绳索定滑轮和一个驱动绳索定滑轮组成;

上述固定轮(1)下方和主动轮(3)下方均设置有四个与轮轴轴线平行的通孔,且通孔进行圆角处理或安装滑轮分别用于上述左解耦绳索(25)、右解耦绳索(26)、后端关节左驱动绳索(71)、后端关节右驱动绳索(72)的导向;

上述左解耦绳索(25)的前端与固定轮(1)固定,之后先穿过固定轮(1)上的对应通孔,再按顺时针方向沿着前侧导线盘(21)的解耦绳索导线环槽自下而上到达左定滑轮模块(24-1),再经过左定滑轮模块(24-1)换向180度,再按逆时针方向沿着后侧导线盘(23)的解耦绳索导线环槽自上而下,再穿过主动轮(3)上的对应通孔后,绳索的末端与主动轮(3)固定;

上述右解耦绳索(26)的前端与固定轮(1)固定,之后先穿过固定轮(1)上的对应通孔,再按逆时针方向沿着前侧导线盘(21)的解耦绳索导线环槽自下而上到达右定滑轮模块(24-2),再经过右定滑轮模块(24-2)换向180度,再按顺时针方向沿着后侧导线盘(23)的解耦绳索导线环槽自上而下,再穿过主动轮(3)上的对应通孔后,绳索的末端与主动轮(3)固定;

上述后端关节左驱动绳索(71)的前端用于与后端关节的驱动单元(81)相连;之后先穿过固定轮(1)上的对应通孔,再按顺时针方向沿着前侧导线盘(21)的驱动绳索导线环槽自下而上到达左定滑轮模块(24-1),再经过左定滑轮模块(24-1)换向180度,再按逆时针方向沿着后侧导线盘(23)的驱动绳索导线环槽自上而下,再穿过主动轮(3)上的对应通孔后,左驱动绳索(71)的末端与后端关节的旋转连杆(9)相连;

上述后端关节右驱动绳索(72)的前端用于与后端关节的驱动单元(81)相连;之后先穿过固定轮(1)上的对应通孔,再按逆时针方向沿着前侧导线盘(21)的驱动绳索导线环槽自下而上到达右定滑轮模块(24-2),再经过右定滑轮模块(24-2)换向180度,再按顺时针方向沿着后侧导线盘(23)的驱动绳索导线环槽自上而下,再穿过主动轮(3)上的对应通孔后,右驱动绳索(72)的末端与后端关节的旋转连杆(9)相连;

上述结构中所述顺时针方向和逆时针方向均指从前向后观察。

针对绳索运动耦合的被动解耦机构

技术领域

[0001] 本实用新型涉及一种针对绳索运动耦合的被动解耦机构,尤其涉及多关节的绳驱动串联运动耦合的机械臂系统。

背景技术

[0002] 目前广泛应用的机械臂体积质量大、结构复杂、刚性高、负载自重比低,抓取负载能耗大,效率低。为了降低机械臂的重量和转动惯量,近年来,很多研究人员将绳索驱动技术运用到串联机械臂中。

[0003] 绳索驱动技术采用绳索传递运动和力。它将驱动单元全部安装于基座,通过绳索远程传递运动和力,实现关节的运动。因为驱动单元外置,并且采用绳索传动,机械臂的质量及体积可以大幅降低,但同时会引入关节耦合的问题。所谓关节运动耦合是指一个关节的运动导致另一个关节的附带运动。在绳驱动串联机械臂中,绳索驱动前端关节运动时会导致后端关节的驱动绳索的变化进而导致关节的附带转动。目前针对关节解耦主要有两种方法:一、采用运动控制算法进行主动解耦,随着关节的增多,控制算法的复杂度急剧增加;二、采用套索传动,并不存在运动耦合现象,但绳索与套索间摩擦较大,且存在死区、间隙、迟滞等非线性特性,机械臂的控制精度及动态响应特性难以保证。因此,需要一种新的技术方案以解决上述问题。

实用新型内容

[0004] 为了解决串联绳驱动机械系统驱动绳索的运动耦合问题,本实用新型提供了一种针对绳索运动耦合的被动解耦机构,简单可靠,易于实现。

[0005] 本实用新型涉及的一种针对绳索运动耦合的被动解耦机构,其特征在于:

[0006] 从前向后依次包括关节基座、固定轮、随动轮、主动轮、当前关节连杆;其中固定轮包括固定轮轮盘和固定轮轮轴,固定轮轮盘和固定轮轮轴相互固连并与关节基座固定连接,不能相对转动;随动轮和主动轮均通过轴承安装于固定轮轮轴上可转动,但轴向移动均被限制;主动轮与当前关节连杆固定连接;

[0007] 该机构还包括一根左解耦绳索、一根右解耦绳索、一根后端关节左驱动绳索、一根后端关节右驱动绳索;

[0008] 上述随动轮包括随动轮主体,随动轮主体的前侧安装前侧导线盘,后侧安装后侧导线盘,前侧导线盘和后侧导线盘结构相同,均加工有两同心圆环导线槽,两同心圆环导线槽分别为解耦绳索导线环槽和驱动绳索导线环槽;解耦绳索导线环槽和驱动绳索导线环槽的半径分别为 r_1, r_2 ;随动轮主体上方还安装左定滑轮模块和右定滑轮模块;左定滑轮模块和右定滑轮模块均由同轴安装的一个解耦绳索定滑轮和一个驱动绳索定滑轮组成;

[0009] 上述固定轮下方和主动轮下方均设置有四个与轮轴轴线平行的通孔,且通孔进行圆角处理或安装滑轮分别用于上述左解耦绳索、右解耦绳索、后端关节左驱动绳索、后端关节右驱动绳索的导向;

[0010] 上述左解耦绳索的前端与固定轮固定,之后先穿过固定轮上的对应通孔,再按顺时针方向沿着前侧导线盘的解耦绳索导线环槽自下而上到达左定滑轮模块,再经过左定滑轮模块换向180度,再按逆时针方向沿着后侧导线盘的解耦绳索导线环槽自上而下,再穿过主动轮上的对应通孔后,绳索的末端与主动轮固定;

[0011] 上述右解耦绳索的前端与固定轮固定,之后先穿过固定轮上的对应通孔,再按逆时针方向沿着前侧导线盘的解耦绳索导线环槽自下而上到达右定滑轮模块,再经过右定滑轮模块换向180度,再按顺时针方向沿着后侧导线盘的解耦绳索导线环槽自上而下,再穿过主动轮上的对应通孔后,绳索的末端与主动轮固定;

[0012] 上述后端关节左驱动绳索的前端用于与后端关节的驱动单元相连;之后先穿过固定轮上的对应通孔,再按顺时针方向沿着前侧导线盘的驱动绳索导线环槽自下而上到达左定滑轮模块,再经过左定滑轮模块换向180度,再按逆时针方向沿着后侧导线盘的驱动绳索导线环槽自上而下,再穿过主动轮上的对应通孔后,后端关节左驱动绳索的末端与后端关节的旋转连杆相连;

[0013] 上述后端关节右驱动绳索的前端用于与后端关节的驱动单元相连;之后先穿过固定轮上的对应通孔,再按逆时针方向沿着前侧导线盘的驱动绳索导线环槽自下而上到达右定滑轮模块,再经过右定滑轮模块换向180度,再按顺时针方向沿着后侧导线盘的驱动绳索导线环槽自上而下,再穿过主动轮上的对应通孔后,后端关节右驱动绳索的末端与后端关节的旋转连杆相连;

[0014] 上述结构中所述顺时针方向和逆时针方向均指从前向后观察。

[0015] 上述的基于解耦绳索的绳索运动解耦机构的解耦方法,其特征在于:

[0016] 利用左解耦绳索和右解耦绳索的正反向圆弧走线缠绕,实现随动轮运动角速度为当前关节连杆旋转角速度 ω 的一半,即为 $\omega/2$,并且左解耦绳索和右解耦绳索始终保持张紧,实现随动轮正反向可靠驱动;

[0017] 并通过后端关节左驱动绳索和后端关节右驱动绳索正反向圆弧走线缠绕,实现后端关节左驱动绳索和后端关节右驱动绳索位移变化率的是随动轮运动角速率 $\omega/2$ 的 $2r_2$ 倍,其中 r_2 为后端关节左、右驱动绳索沿着前、后导线盘上的驱动绳索导线环槽的走线半径, ω 为当前关节连杆的旋转角速度;

[0018] 由当前关节连杆转动引起的后端关节左、右驱动绳索右端的末端将产生 $+\omega \Delta t r_2$, $-\omega \Delta t r_2$ 的位移,其中以沿着绳索方向由驱动单元端指向关节端方向为正;由随动轮转动引起的后端关节左、右驱动绳索的右端末端将产生 $-2r_2 g \omega / 2g \Delta t$, $+2r_2 g \omega / 2g \Delta t$ 的位移,其中以沿着绳索方向由驱动单元端指向关节端方向为正;两者实现相互抵消;即无论当前关节连杆带动主动轮如何旋转,经过解耦机构后的后端关节左驱动绳索和后端关节右驱动绳索的后端与当前关节连杆无相对位移,实现关节间的解耦。

[0019] 与现有技术相比,本实用新型具有如下优点和效果:

[0020] 本实用新型的驱动绳索运动被动解耦机构,可以实现关节运动时驱动绳索的被动解耦,无须主动解耦,简化了运动控制算法。该机构采用绳索-滑轮的传动机制,摩擦力小,响应性能好。避免了套索驱动的大摩擦、死区、迟滞等非线性驱动特性。该解耦机构可以工作在 $0 \sim 300^\circ$ 范围内,工作范围大,结构简单、紧凑、可靠。该解耦机构与绳驱动关节配套安装,可以实现模块化,应用范围广,成本低。

附图说明

[0021] 图1是本实用新型绳驱动串联机械臂解耦机构的立体分解图；

[0022] 图2是本实用新型解耦机构中随动盘的立体图；

[0023] 图3是本实用新型绳索运动解耦机构的整体结构示意图；

[0024] 图4是本实用新型解耦机构中绳索缠绕走线的立体图，其中左边为解耦绳索和后端关节驱动绳索的走线示意图；右边为当前关节驱动绳索走线示意图；

[0025] 图5是本实用新型驱动绳索的解耦过程示意图，其中左边为主动轮转动，后端关节驱动绳索的走线示意图；右边为随动轮转动，后端关节驱动绳索的走线示意图；

[0026] 图中标号名称：1固定轮；2随动轮；3驱动轮；4当前关节连杆；5关节基座；

[0027] 21前侧导线盘；22随动轮主体；23后侧导线盘；24-1左定滑轮模块；24-2右定滑轮模块；25左解耦绳索；26右解耦绳索；61当前关节左驱动绳索；62当前关节右驱动绳索；71后端关节左驱动绳索；72后端关节右驱动绳索；81后端关节的驱动单元；82当前关节的驱动单元；9后端关节连杆。

具体实施方式

[0028] 附图非限制性地公开了本实用新型所涉及及优选实施的结构示意图，以下将结合附图详细地说明本实用新型的技术方案。

[0029] 请参阅图1、2所示，提供一种用于绳索驱动串联机械臂的驱动绳索运动被动解耦的机构。从前向后依次包括关节基座5，固定轮1、随动轮2、主动轮3、当前关节连杆4。其中固定轮1包括固定轮轮盘和固定轮轮轴，并与关节基座5固定连接不能转动；随动轮2和主动轮3均通过轴承安装于固定轮轮轴上可转动，但轴向移动均被限制；主动轮3与当前关节连杆4固定连接。该机构还包括一根左解耦绳索25、一根右解耦绳索26、一根后端关节左驱动绳索71、一根后端关节右驱动绳索72；

[0030] 其中，如图1、2、3所示，所述的固定轮1与关节基座5紧固，固定轮1轮盘表面加工有导线环槽，用于引导解耦绳索、驱动绳索走线，固定轮轮盘上加工有4个与轮轴线平行的通孔，在经过圆角处理后或在通孔口处安装滑轮对后端关节左驱动绳索71、后端关节右驱动绳索72导向。固定轮1轮轴为阶梯轴，轴肩用于限制随动轮2、主动轮3的轴向位移，阶梯轴的尺寸需保证固定轮1、随动轮2、主动轮3轮盘表面刚好贴合，并且两两相对转动时，盘面间无摩擦力产生。

[0031] 其中，所述的随动轮2如图2所示，包括随动轮主体22，随动轮主体22的前侧安装前侧导线盘21，后侧安装后侧导线盘23，均采用螺钉紧固。前侧导线盘21和后侧导线盘23结构相同，均加工有两同心圆环导线环槽，两同心圆环导线环槽分别为解耦绳索导线环槽和驱动绳索导线环槽；解耦绳索导线环槽和驱动绳索导线环槽的半径均为 r_1, r_2 ；随动轮主体22上方还安装左定滑轮模块24-1和右定滑轮模块24-2；左定滑轮模块24-1和右定滑轮模块24-2均由一个解耦绳索定滑轮和一个驱动绳索定滑轮组成；随动轮主体22上开有轴承孔，与轴承外圈配合，轴承内圈与固定轮1轮轴配合。

[0032] 其中，如图1、3所示，所述主动轮3与当前关节连杆4紧固，轮盘表面加工有导线环槽，用于引导解耦绳索、驱动绳索的走线。主动轮上加工有四个与轴线平行的通孔，通孔边

缘需经过圆角处理或在通孔口安装滑轮对后端关节左驱动绳索71、后端关节右驱动绳索72导向。主动轮3上开有轴承孔,与轴承外圈配合,轴承内圈与固定轮1轮轴配合。

[0033] 其中,如图2、4所示,所述左解耦绳索25、右解耦绳索26,用来驱动随动轮。绳索立体缠绕图如图3所示,绳索只受拉不受压,为正反向驱动随动轮,解耦绳索设计为两根。左解耦绳索25的前端与固定轮1固定,之后先穿过固定轮1上的对应通孔,再按顺时针方向沿着前侧导线盘21的解耦绳索导线环槽自下而上到达左定滑轮模块24-1,再经过左定滑轮模块24-1换向180度,再按逆时针方向沿着后侧导线盘23的解耦绳索导线环槽自上而下,再穿过主动轮3上的对应通孔后,绳索的末端与主动轮3固定;右解耦绳索26的前端与固定轮1固定,之后先穿过固定轮1上的对应通孔,再按逆时针方向沿着前侧导线盘21的解耦绳索导线环槽自下而上到达右定滑轮模块24-2,再经过右定滑轮模块24-2换向180度,再按顺时针方向沿着后侧导线盘23的解耦绳索导线环槽自上而下,再穿过主动轮3上的对应通孔后,绳索的末端与主动轮3固定;当当前关节连杆4以图1方向旋转时,带动主动轮3同方向转动,与主动轮3固结的左解耦绳索25,右解耦绳索26,右解耦绳索26张紧,左解耦绳索25松弛。当前侧导线盘21、后侧导线盘23上的解耦绳索导线环槽半径均等于 r_1 时,即可保证随动轮2转动的角速度为当前关节连杆4转动角速度 ω 的 $1/2$,并且由主动轮3转动导致右解耦绳索26的固定端(主动轮3上的)位移大小为 $\omega \Delta t g r_1$,由右解耦绳索26驱动随动轮2导致左解耦绳索25的固定端(主动轮3上的)位移大小为 $\omega / 2 \Delta t g 2 r_1 = \omega \Delta t g r_1$,位移大小相等。由此保证左解耦绳索25、右解耦绳索26不会产生某根解耦绳索过于紧绷或产生松弛的现象,确保随动轮正反向驱动的可靠性。

[0034] 其中,如图3、4所示,所述当前关节连杆4的旋转,采用两根当前关节左驱动绳索61、当前关节右驱动绳索62远程驱动。当前关节的左驱动绳索61、当前关节右驱动绳索62的上端的末端固定在当前关节连杆4上,下端的末端与当前关节驱动单元82固结。当前关节左驱动绳索61、当前关节右驱动绳索62缠绕在当前关节连杆4上,当前关节左驱动绳索61按逆时针方向缠绕,而当前关节右驱动绳索62以顺时针方向缠绕。当当前关节连杆4沿着如图3方向转动时,当前关节左驱动绳索61缠绕在当前关节连杆4上,当前关节右驱动绳索62从当前关节连杆4上剥离,且剥离量与缠绕量对应的绳长相等,不会导致某根绳索过于紧绷或松弛的现象,确保绳索正反向驱动的可靠性。

[0035] 其中,如图3、5中所示,所述后端关节左驱动绳索71、后端关节右驱动绳索72,后端关节左驱动绳索71的前端用于与后端关节的驱动单元相连;之后先穿过固定轮1上的对应通孔,再按顺时针方向沿着前侧导线盘21的驱动绳索导线环槽自下而上到达左定滑轮模块24-1,再经过左定滑轮模块24-1换向180度,再按逆时针方向沿着后侧导线盘23的驱动绳索导线环槽自上而下,再穿过主动轮3上的对应通孔后,后端关节左驱动绳索71的末端用于与后端关节的旋转连杆相连;后端关节右驱动绳索72的前端用于与后端关节的驱动单元相连;之后先穿过固定轮1上的对应通孔,再按逆时针方向沿着前侧导线盘21的驱动绳索导线环槽自下而上到达右定滑轮模块24-2,再经过右定滑轮模块24-2换向180度,再按顺时针方向沿着后侧导线盘23的驱动绳索导线环槽自上而下,再穿过主动轮3上的对应通孔后,后端关节右驱动绳索72的末端与后端关节的旋转连杆相连;由于后端关节左驱动绳索71、后端关节右驱动绳索72沿着前侧导线盘21、后侧导线盘23上的导线环槽缠绕,并且前侧导线盘21、后侧导线盘23上的导线环槽半径相等,均为 r_2 ,所以随动轮2转动导致的后端关节左驱

动绳索71、后端关节右驱动绳索72右侧末端的速率是随动轮旋转角速率的 $2r_2$ 倍。如图5左图所示,当主动轮3以图3所示方向、 ω 角速度转动时,通过主动轮3上通孔的导向,后端关节左驱动绳索71沿着后侧导线盘23上的导线环槽脱离,后端关节左驱动绳索71的右侧末端产生 $+\omega \Delta tgr_2$ 位移,而后端关节右驱动绳索72沿着后侧导线盘23上的导线环槽缠绕,后端关节右驱动绳索72的右侧末端产生 $-\omega \Delta tgr_2$ 位移(ω 为主动轮3的旋转角速度, r_2 为前侧导线盘21、后侧导线盘23上驱动绳索导线环槽的半径,以沿着绳索方向向上为正)。如图5右图所示,由于左解耦绳索25、右解耦绳索26的驱动,随动轮2以 $\omega/2$ 角速度跟随主动轮3同向转动,随动轮旋转的角度 $\omega \Delta t/2$ 。因为随动轮2转动后端关节左驱动绳索71、后端关节右驱动绳索72右侧末端的速率是随动轮角速率的 $2r_2$ 倍,所以后端关节左驱动绳索71、后端关节右驱动绳索72的右侧末端的位移大小为 $\omega \Delta t/2g2r_2 = \omega \Delta tgr_2$ 。随动轮的转动,导致后端关节左驱动绳索71会继续沿着前侧、后侧导线盘上的导线环槽缠绕,缠绕长度为 $\omega \Delta tgr_2$,也即后端关节左驱动绳索71的右端将产生 $-\omega \Delta tgr_2$ 位移。后端关节右驱动绳索72的一部分将沿着前侧、后侧导线盘上的导线环槽脱离,脱离长度为 $\omega \Delta tgr_2$,也就是后端关节右驱动绳索72的右端将产生 $+\omega \Delta tgr_2$ 位移(沿着绳索方向向上为正)。后端关节左驱动绳索71、后端关节右驱动绳索72在经过解耦模块后,它们右侧的末端与当前关节连杆4无相对移动,实现绳长补偿。也即后端关节的两根驱动绳索没有因当前关节转动而产生与后端关节间的相对移动。实现了当前关节与后端关节的运动解耦。

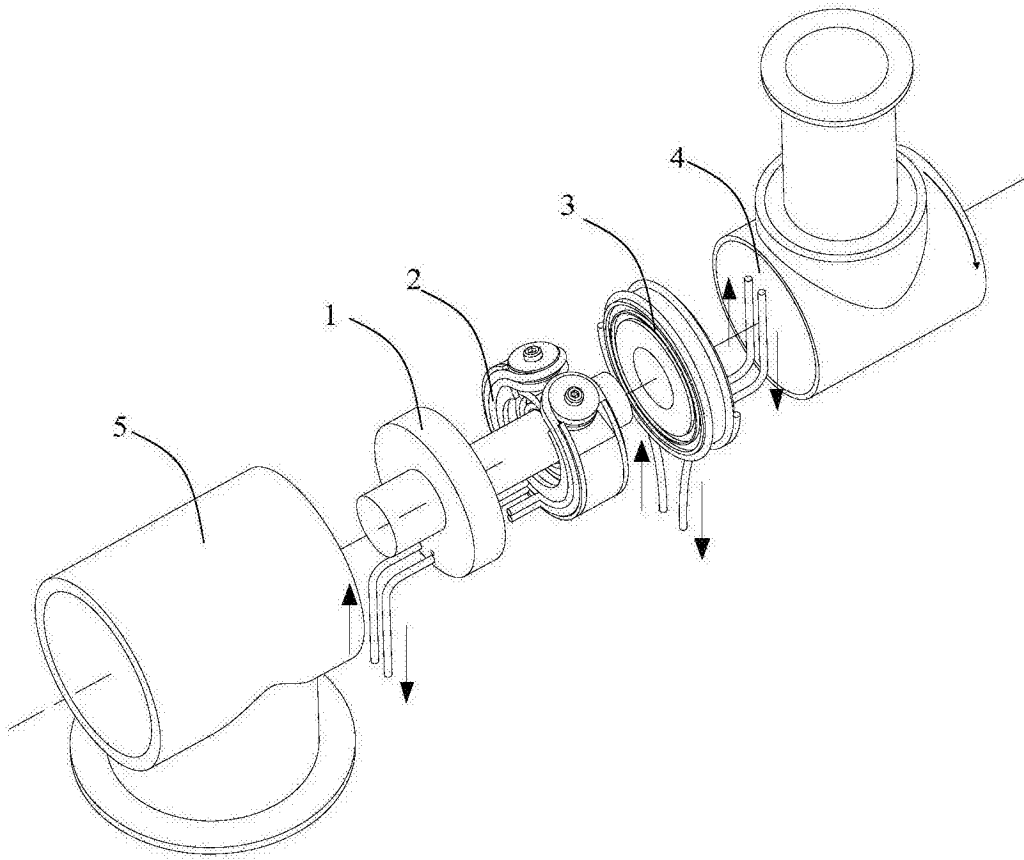


图1

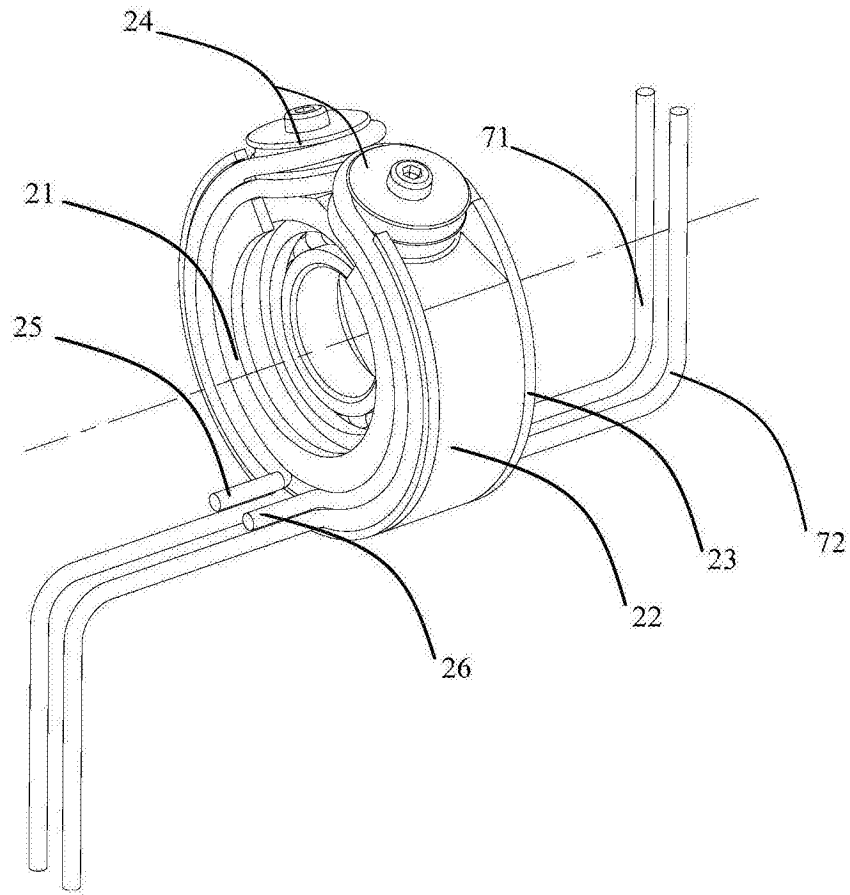


图2

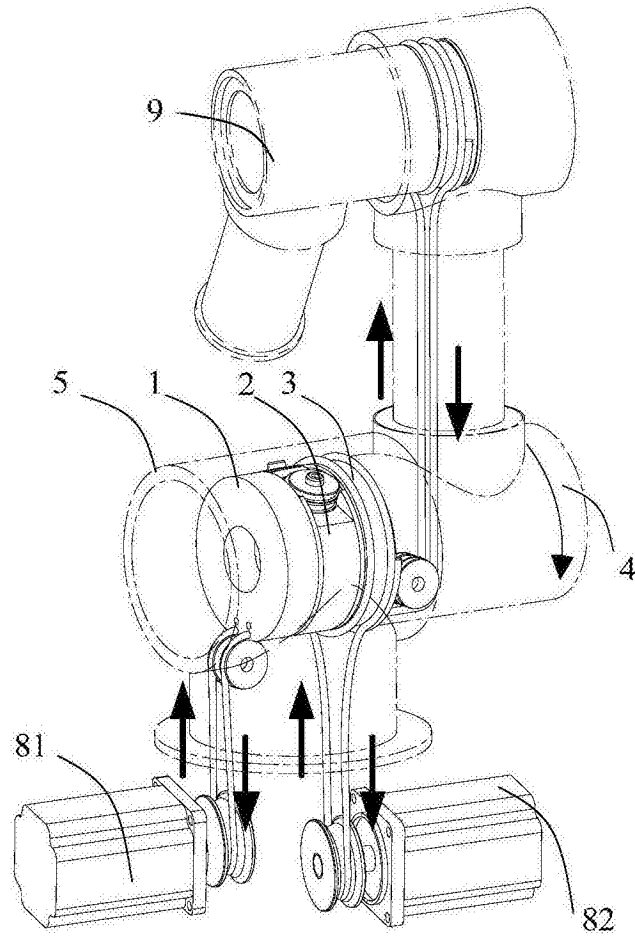


图3

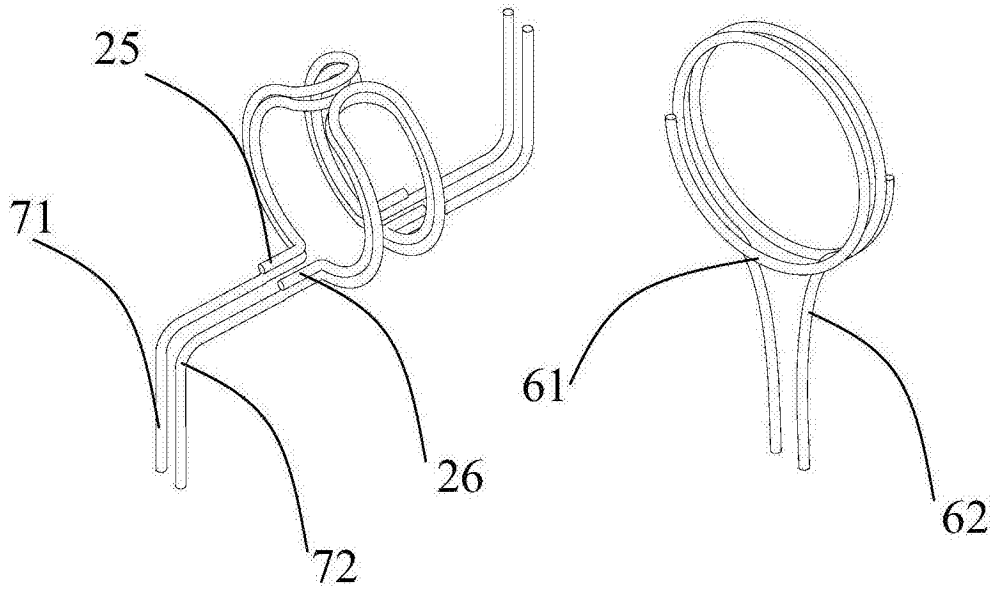


图4

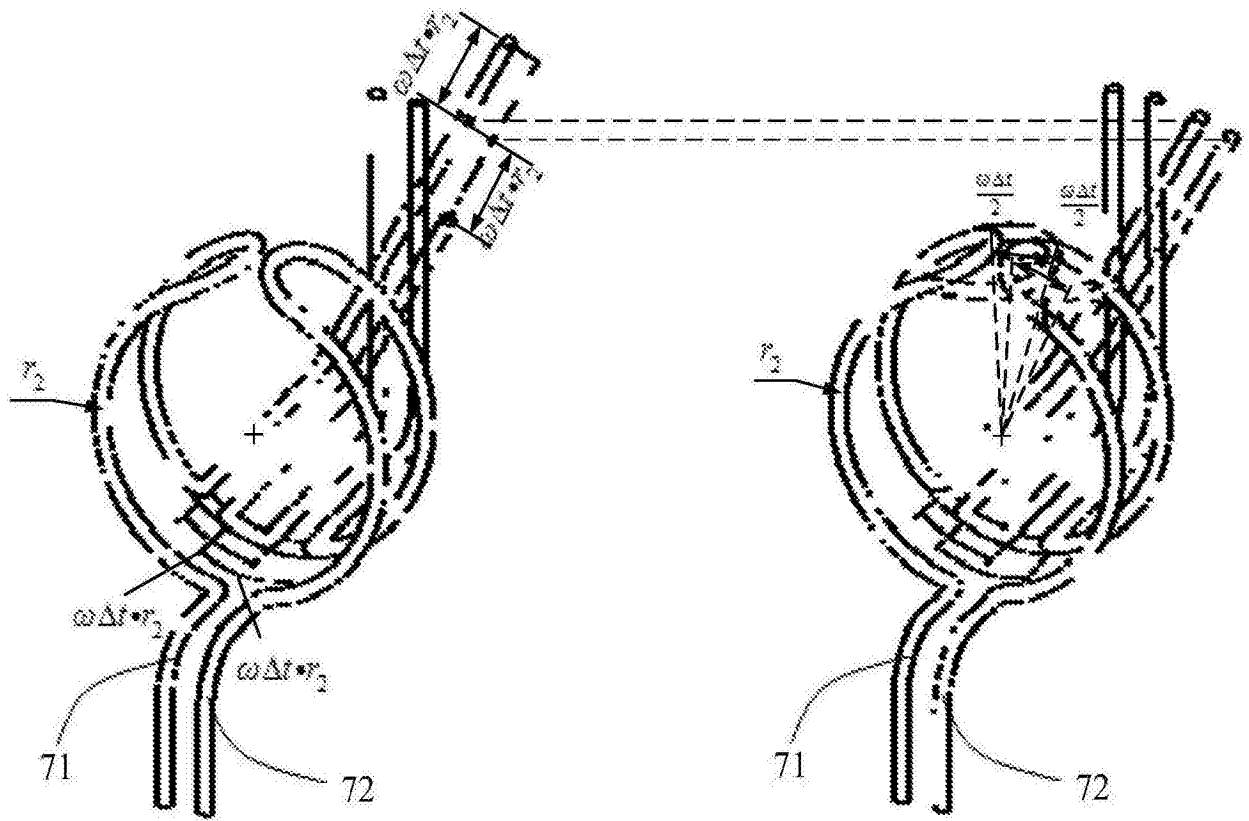


图5