



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 105798899 A

(43)申请公布日 2016.07.27

(21)申请号 201610236811.0

(22)申请日 2016.04.15

(71)申请人 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 白东明 徐伟
华达人 赵鹏 张磊 蒋素荣
蒋萌

(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)

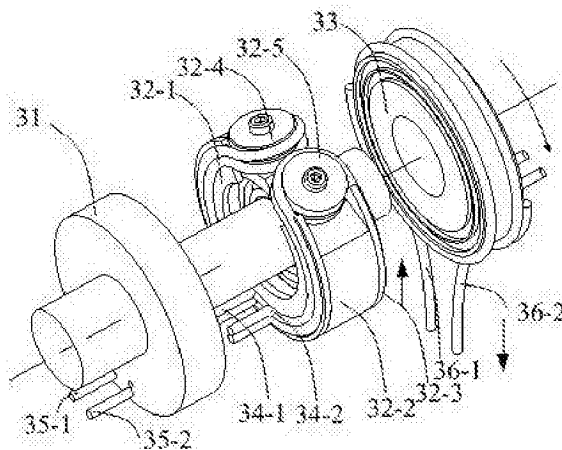
权利要求书4页 说明书8页 附图4页

(54)发明名称

模块化绳驱动解耦机械臂关节及其工作方
法

(57)摘要

本发明公开了一种模块化绳驱动解耦机械臂关节及其工作方法,涉及机器人领域。该解耦机构,设计了两种不同类型的模块化绳驱动关节,解决了多关节串联绳驱动机械臂的各关节间的运动耦合问题。根据目标任务的需求,变换关节的旋转类型、增减机械臂关节的个数,实现多种构型机械臂的组装,该应用方式应用范围广,实现成本低。由于该机械臂驱动单元置于基座处,采用绳索远程驱动,减小了关节的转动惯量,提高了驱动响应特性。并且,绳索的柔顺性将大大提升机械臂与环境交互的安全性。本发明的绳驱动模块化关节结构紧凑,转动惯量低、驱动响应快,关节柔顺性好,安全交互性好。



1. 一种模块化绳驱动解耦机械臂回转关节,其特征在于:

包括回转基座(11),回转连杆(12),绳索运动解耦机构(3),导向滑轮(13),回转连杆承载轴承(14);其中回转关节(1)的旋转轴线与回转连杆(12)轴线重合;

其中上述的绳索运动解耦机构(3)实现对后端驱动绳索的运动解耦,实现回转关节(1)与后端关节的运动解耦,从前向后依次包括固定轮(31)、随动轮(32)、主动轮(33);其中固定轮(31)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不能转动;随动轮(32)安装于固定轮轮轴上,它由解耦绳索驱动,并且轴向位移被限制;该绳索运动解耦机构(3)包括左解耦绳索(34-1)、右解耦绳索(34-2)、后端左驱动绳索(35-1)、后端右驱动绳索(35-2)、关节左驱动绳索(36-1)、关节右驱动绳索(36-2);

上述的随动轮(32)包括随动轮主体(32-2),其前侧安装有前侧导线盘(32-1),后侧安装有后侧导线盘(32-3),前侧导线盘(32-1)和后侧导线盘(32-3)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(32)上方还安装左定滑轮模块(32-4)和右定滑轮模块(32-5);左定滑轮模块(32-4)和右定滑轮模块(32-5)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(31)下方和主动轮(33)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(34-1)、右解耦绳索(34-2)、后端左驱动绳索(35-1)、后端右驱动绳索(35-2)的导向;

上述左解耦绳索(34-1)的前端与固定轮(31)固定,之后先穿过固定轮(31)上的对应通孔,再按顺时针方向沿着前侧导线盘(32-1)的解耦绳索导向环槽自下而上到达左定滑轮模块(32-4),再经过左定滑轮模块(32-4)换向180度,再按逆时针方向沿着后侧导线盘(32-3)的解耦绳索导向环槽自上而下,再穿过主动轮(33)上的对应通孔后,绳索的末端与主动轮(33)固定;

上述右解耦绳索(34-2)的前端与固定轮(31)固定,之后先穿过固定轮(31)上的对应通孔,再按逆时针方向沿着前侧导线盘(32-1)的解耦绳索导向环槽自下而上到达右定滑轮模块(32-5),再经过右定滑轮模块(32-5)换向180度,再按顺时针方向沿着后侧导线盘(32-3)的解耦绳索导向环槽自上而下,再穿过主动轮(33)上的对应通孔后,绳索的末端与主动轮(33)固定;

上述后端左驱动绳索(35-1)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(31)上的对应通孔,再按顺时针方向沿着前侧导线盘(32-1)的驱动绳索导向环槽自下而上到达左定滑轮模块(32-4),再经过左定滑轮模块(32-4)换向180度,再按逆时针方向沿着后侧导线盘(32-3)的驱动绳索导向环槽自上而下,再穿过主动轮(33)上的对应通孔后,后端左驱动绳索(35-1)的末端与后端关节的旋转连杆相连;

上述后端右驱动绳索(35-2)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(31)上的对应通孔,再按逆时针方向沿着前侧导线盘(32-1)的驱动绳索导向环槽自下而上到达右定滑轮模块(32-5),再经过右定滑轮模块(32-5)换向180度,再按顺时针方向沿着后侧导线盘(32-3)的驱动绳索导向环槽自上而下,再穿过主动轮(33)上的对应通孔后,后端右驱动绳索(35-2)的末端与后端关节的旋转连杆相连;

上述关节左驱动绳索(36-1)的前端与关节的驱动单元相连,后端与主动轮(33)固连,

关节左驱动绳索(36-1)逆时针缠绕在主动轮(33)上;

上述关节右驱动绳索(36-2)的前端与关节的驱动单元相连,后端与主动轮(33)固连,关节右驱动绳索(36-2)顺时针缠绕在主动轮(33)上;

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;

上述绳索运动解耦机构(3)的固定轮(31)与回转关节(1)中的回转基座(11)固定连接,主动轮(33)与回转连杆(12)固定连接;

回转连杆承载轴承(14)内圈安装在固定轮轮轴上,外圈安装在回转连杆(12)的轴孔中,承受回转关节(1)的轴向和径向载荷;导向滑轮(13)固定安装在回转基座(11)上,对关节左驱动绳索(36-1)、关节右驱动绳索(36-2)进行导向。

2. 据权利要求1所述模块化绳驱动解耦机械臂回转关节的工作方法,其特征在于:

利用左解耦绳索(34-1)和右解耦绳索(34-2)的正反向圆弧走线缠绕,实现随动轮(32)运动角速度为回转关节旋转角速度 ω 的一半,即为 $\omega/2$,并且左解耦绳索(34-1)和右解耦绳索(34-2)始终保持张紧,实现随动轮(32)正反向可靠驱动;

并通过后端左驱动绳索(35-1)和后端右驱动绳索(35-2)正反向圆弧走线缠绕,实现后端左驱动绳索(35-1)和后端右驱动绳索(35-2)位移变化率的是随动轮(32)运动角速率 $\omega/2$ 的 $2r_2$ 倍,其中 r_2 为后端左、右驱动绳索沿着前、后导线盘上的驱动绳索导向环槽的走线半径, ω 为回转连杆(12)的旋转角速度;

由回转连杆(12)转动引起的后端关节左、右驱动绳索右端的末端将产生 $+\omega \Delta t \operatorname{tgr}_2, -\omega \Delta t \operatorname{tgr}_2$ 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(32)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;即无论回转连杆(12)带动主动轮(33)如何旋转,经过解耦机构后的后端左驱动绳索(35-1)和后端右驱动绳索(35-2)的后端与回转连杆(12)无相对位移;

上述回转关节(1)采用典型的绳索双拉驱动;回转基座(11)固定不动,采用绳索双拉驱动时,关节左驱动绳索(36-1)和关节右驱动绳索(36-2)的前端与回转关节的驱动单元固定,绳索的后端与绳索运动解耦机构(3)中的主动轮(33)固结;关节左驱动绳索(36-1)和关节右驱动绳索(36-2)缠绕在主动轮(33)上,并且缠绕方向相反;通过对两驱动绳索的拉、放操作实现对回转关节(1)的驱动;驱动过程中,拉、放对应的绳长相等,两根绳索不会产生紧绷或松弛的现象,确保了关节正反向驱动的可靠性。

3. 一种模块化绳驱动解耦机械臂俯仰旋转关节,其特征在于:

俯仰旋转关节(2)包括俯仰旋转基座(21),俯仰旋转连杆(22),绳索运动解耦机构(3),俯仰旋转连杆承载轴承(23);其中关节旋转轴线与俯仰旋转连杆(22)轴线垂直;

其中上述的绳索运动解耦机构(3),从前向后依次包括固定轮(31)、随动轮(32)、主动轮(33);其中固定轮(31)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,固定不能转动;随动轮(32)安装于固定轮轮轴上,它由解耦绳索驱动,并且轴向位移被限制;该绳索运动解耦机构(3)还包括左解耦绳索(34-1)、右解耦绳索(34-2)、后端左驱动绳索(35-1)、后端右驱动绳索(35-2)、关节左驱动绳索(36-1)、关节右驱动绳索(36-2);

上述的随动轮(32)包括随动轮主体(32-2),其前侧安装有前侧导线盘(32-1),后侧安装有后侧导线盘(32-3),前侧导线盘(32-1)和后侧导线盘(32-3)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(32)上方还安装左定滑轮模块(32-4)和右定滑轮模块(32-5);左定滑轮模块(32-4)和右定滑轮模块(32-5)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(31)下方和主动轮(33)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(34-1)、右解耦绳索(34-2)、后端左驱动绳索(35-1)、后端右驱动绳索(35-2)的导向;

上述左解耦绳索(34-1)的前端与固定轮(31)固定,之后先穿过固定轮(31)上的对应通孔,再按顺时针方向沿着前侧导线盘(32-1)的解耦绳索导向环槽自下而上到达左定滑轮模块(32-4),再经过左定滑轮模块(32-4)换向180度,再按逆时针方向沿着后侧导线盘(32-3)的解耦绳索导向环槽自上而下,再穿过主动轮(33)上的对应通孔后,绳索的末端与主动轮(33)固定;

上述右解耦绳索(34-2)的前端与固定轮(31)固定,之后先穿过固定轮(31)上的对应通孔,再按逆时针方向沿着前侧导线盘(32-1)的解耦绳索导向环槽自下而上到达右定滑轮模块(32-5),再经过右定滑轮模块(32-5)换向180度,再按顺时针方向沿着后侧导线盘(32-3)的解耦绳索导向环槽自上而下,再穿过主动轮(33)上的对应通孔后,绳索的末端与主动轮(33)固定;

上述后端左驱动绳索(35-1)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(31)上的对应通孔,再按顺时针方向沿着前侧导线盘(32-1)的驱动绳索导向环槽自下而上到达左定滑轮模块(32-4),再经过左定滑轮模块(32-4)换向180度,再按逆时针方向沿着后侧导线盘(32-3)的驱动绳索导向环槽自上而下,再穿过主动轮(33)上的对应通孔后,后端左驱动绳索(35-1)的末端与后端关节的旋转连杆相连;

上述后端右驱动绳索(35-2)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(31)上的对应通孔,再按逆时针方向沿着前侧导线盘(32-1)的驱动绳索导向环槽自下而上到达右定滑轮模块(32-5),再经过右定滑轮模块(32-5)换向180度,再按顺时针方向沿着后侧导线盘(32-3)的驱动绳索导向环槽自上而下,再穿过主动轮(33)上的对应通孔后,后端右驱动绳索(35-2)的末端与后端关节的旋转连杆相连;

上述关节左驱动绳索(36-1)的前端与关节的驱动单元相连,后端与主动轮(33)固连,关节左驱动绳索(36-1)逆时针缠绕在主动轮(33)上;

上述关节右驱动绳索(36-2)的前端与关节的驱动单元相连,后端与主动轮(33)固连,关节右驱动绳索(36-2)顺时针缠绕在主动轮(33)上;

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;

上述绳索运动解耦机构(3)的固定轮(31)与俯仰旋转关节(2)中的俯仰旋转基座(21)固定连接,主动轮(33)与俯仰旋转连杆(22)固定连接;俯仰旋转连杆承载轴承(23)内圈安装在固定轮轮轴上,外圈安装在俯仰旋转连杆(22)的轴孔中,通过承载轴承承受俯仰旋转关节(2)的轴向和径向载荷。

4. 据权利要求3所述模块化绳驱动解耦机械臂俯仰旋转关节的工作方法,其特征在于:

利用左解耦绳索(34-1)和右解耦绳索(34-2)的正反向圆弧走线缠绕,实现随动轮(32)运动角速度为俯仰旋转关节旋转角速度 ω 的一半,即为 $\omega/2$,并且左解耦绳索(34-1)和右

解耦绳索(34-2)始终保持张紧,实现随动轮(32)正反向可靠驱动;

并通过后端左驱动绳索(35-1)和后端右驱动绳索(35-2)正反向圆弧走线缠绕,实现后端左驱动绳索(35-1)和后端右驱动绳索(35-2)位移变化率的是随动轮(32)运动角速率 $\omega/2$ 的 $2r_2$ 倍,其中 r_2 为后端左、右驱动绳索沿着前、后导线盘上的驱动绳索导向环槽的走线半径, ω 为俯仰旋转连杆(22)的旋转角速度;

由俯仰旋转连杆(22)转动引起的后端关节左、右驱动绳索右端的末端将产生 $+\omega \Delta tgr_2, -\omega \Delta tgr_2$ 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(32)转动引起的后端关节左、右驱动绳索的右端末端将产生 $-2r_2g \omega /2g \Delta t, +2r_2g \omega /2g \Delta t$ 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;即无论俯仰旋转连杆(22)带动主动轮(33)如何旋转,经过绳索运动解耦机构(3)后的后端左驱动绳索(35-1)和后端右驱动绳索(35-2)的后端与俯仰旋转连杆(22)无相对位移;

上述俯仰旋转关节(2)采用典型的绳索双拉驱动;俯仰旋转基座(21)固定不动,关节左驱动绳索(36-1)和关节右驱动绳索(36-2)的前端与回转关节的驱动单元固定,绳索的后端与绳索运动解耦机构(3)中的主动轮(33)固结;关节左驱动绳索(36-1)和关节右驱动绳索(36-2)缠绕在主动轮(33)上,并且缠绕方向相反;通过对两驱动绳索的拉、放操作实现对俯仰旋转关节(2)的驱动;驱动过程中,拉、放对应的绳长相等,两根绳索不会产生紧绷或松弛的现象,确保了关节正反向驱动的可靠性。

模块化绳驱动解耦机械臂关节及其工作方法

技术领域

[0001] 本发明涉及机器人领域,尤其是一种模块化绳驱动解耦机械臂关节及其工作方法。

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、关节柔顺性差,与环境交互安全性低。并且,机器人负载自重比低,抓取负载耗能大,效率低。为了降低机械臂的重量和转动惯量,提高机械臂负载自重比,近年来,很多研究人员提出新型的绳驱动技术。

[0003] 绳驱动技术采用绳索传递运动和力。它主要将电机、驱动装置全部安装在基座上,通过绳索传递运动和力至关节处,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。

[0004] 而将驱动单元外置,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附带变化,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。

[0005] 通过对现有技术的文献检索发现,中国专利号:CN102672715A,名称:一种助残/助老用绳驱动机械臂,该专利公布了一种助残/助老用绳驱动机械臂,机械臂每个转动关节的驱动电机都安装在底座驱动箱内,利用绳驱动系统将驱动电机的动力传到各个转动关节,实现对转动关节的驱动。然而,该机械臂采用套索传动机制,难以减小传动过程中绳索与套筒间的摩擦,并且存在死区、间隙、迟滞等诸多非线性特性,机械臂的控制精度、动态特性难以保证。其他的一些文献,如:公开号CN102941573,名称为一种绳驱动多关节机器人、公开号1995777A,名称为用于机械臂的钢丝绳传动机构。他们对基于绳索传动的串联机械臂做了一些有益的工作,但都未解决串联关节绳索运动的耦合问题。

[0006] 因此,需要一种新的技术方案以解决上述问题。

发明内容

[0007] 为了提高机器人的负载自重比,并且解决串联绳驱动机械臂各个关节间的运动耦合问题,本发明提供了两种基于绳索运动解耦机构的模块化的绳驱动旋转关节及其方法。

[0008] 本发明涉及的一种绳驱动回转关节,其特征在于:包括回转基座,回转连杆,绳索运动解耦机构,导向滑轮,回转连杆承载轴承;其中回转关节的旋转轴线与回转连杆轴线重合;

[0009] 其中上述的绳索运动解耦机构实现对后端驱动绳索的运动解耦,实现回转关节与后端关节的运动解耦,从前向后依次包括固定轮、随动轮、主动轮;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不能转动;随动轮安装于固定轮轮轴上,它由解耦绳索驱动,并且轴向位移被限制;该绳索运动解耦机构包括左解耦绳索、右解耦绳索、后端左驱动绳索、后端右驱动绳索、关节左驱动绳索、关节右驱动绳索;

[0010] 上述的随动轮包括随动轮主体,其前侧安装有前侧导线盘,后侧安装有后侧导线盘,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;

[0011] 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、后端左驱动绳索、后端右驱动绳索的导向;

[0012] 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向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向环槽自上而下,再穿过主动轮上的对应通孔后,绳索的末端与主动轮固定;

[0013] 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向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向环槽自上而下,再穿过主动轮上的对应通孔后,绳索的末端与主动轮固定;

[0014] 上述后端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向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向环槽自上而下,再穿过主动轮上的对应通孔后,后端左驱动绳索的末端与后端关节的旋转连杆相连;

[0015] 上述后端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向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向环槽自上而下,再穿过主动轮上的对应通孔后,后端右驱动绳索的末端与后端关节的旋转连杆相连;

[0016] 上述关节左驱动绳索的前端与关节的驱动单元相连,后端与主动轮固连,关节左驱动绳索逆时针缠绕在主动轮上;上述关节右驱动绳索的前端与关节的驱动单元相连,后端与主动轮固连,关节右驱动绳索顺时针缠绕在主动轮上;

[0017] 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;

[0018] 上述绳索运动解耦机构的固定轮与回转关节中的回转基座固定连接,主动轮与回转连杆固定连接;

[0019] 回转连杆承载轴承内圈安装在固定轮轮轴上,外圈安装在回转连杆的轴孔中,承受回转关节的轴向和径向载荷;导向滑轮固定安装在回转基座上,对关节左驱动绳索、关节右驱动绳索进行导向。

[0020] 上述回转关节的工作方法,其特征在于:

[0021] 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回转关节旋转角速度 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;

[0022] 并通过后端左驱动绳索和后端右驱动绳索正反向圆弧走线缠绕,实现后端左驱动绳索和后端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 为后端左、右驱动绳索沿着前、后导线盘上的驱动绳索导向环槽的走线半径, ω 为回转连杆的旋转角速度;

[0023] 由回转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 $+\omega \Delta tgr_2, -\omega \Delta tgr_2$ 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 $-2r_2g \omega/2g \Delta t, +2r_2g \omega/2g \Delta t$ 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;即无论回转连杆带动主动轮如何旋转,经过解耦机构后的后端左驱动绳索和后端右驱动绳索的后端与回转连杆无相对位移;

[0024] 上述回转关节采用典型的绳索双拉驱动;回转基座固定不动,采用绳索双拉驱动时,关节左驱动绳索和关节右驱动绳索的前端与回转关节的驱动单元固定,绳索的后端与绳索运动解耦机构中的主动轮固结;关节左驱动绳索和关节右驱动绳索缠绕在主动轮上,并且缠绕方向相反;通过对两驱动绳索的拉、放操作实现对回转关节的驱动;驱动过程中,拉、放对应的绳长相等,两根绳索不会产生紧绷或松弛的现象,确保了关节正反向驱动的可靠性。

[0025] 本发明涉及的一种绳驱动的机械臂俯仰旋转关节,其特征在于:

[0026] 俯仰旋转关节包括俯仰旋转基座,俯仰旋转连杆,绳索运动解耦机构,俯仰旋转连杆承载轴承;其中关节旋转轴线与俯仰旋转连杆轴线垂直;

[0027] 其中上述的绳索运动解耦机构,从前向后依次包括固定轮、随动轮、主动轮;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,固定不能转动;随动轮安装于固定轮轮轴上,它由解耦绳索驱动,并且轴向位移被限制;该绳索运动解耦机构还包括左解耦绳索、右解耦绳索、后端左驱动绳索、后端右驱动绳索、关节左驱动绳索、关节右驱动绳索;

[0028] 上述的随动轮包括随动轮主体,其前侧安装有前侧导线盘,后侧安装有后侧导线盘,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;

[0029] 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、后端左驱动绳索、后端右驱动绳索的导向;

[0030] 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向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向环槽自上而下,再穿过主动轮上的对应通孔后,绳索的末端与主动轮固定;

[0031] 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向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向环槽自上而下,再穿过主动轮上的对应通孔后,绳索的末端与主动轮固定;

[0032] 上述后端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向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向环槽自上而下,再穿过主动轮上的对应通孔后,后端左驱动绳索的末端与后端关节的旋转连杆相连;

[0033] 上述后端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向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向环槽自上而下,再穿过主动轮上的对应通孔后,后端右驱动绳索的末端与后端关节的旋转连杆相连;

[0034] 上述关节左驱动绳索的前端与关节的驱动单元相连,后端与主动轮固连,关节左驱动绳索逆时针缠绕在主动轮上;上述关节右驱动绳索的前端与关节的驱动单元相连,后端与主动轮固连,关节右驱动绳索顺时针缠绕在主动轮上;

[0035] 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;

[0036] 上述绳索运动解耦机构的固定轮与俯仰旋转关节中的俯仰旋转基座固定连接,主动轮与俯仰旋转连杆固定连接;俯仰旋转连杆承载轴承内圈安装在固定轮轮轴上,外圈安装在俯仰旋转连杆的轴孔中,通过承载轴承承受俯仰旋转关节的轴向和径向载荷。

[0037] 上述的俯仰旋转关节的工作方法,其特征在于:

[0038] 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俯仰旋转关节旋转角速度 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;

[0039] 并通过后端左驱动绳索和后端右驱动绳索正反向圆弧走线缠绕,实现后端左驱动绳索和后端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 为后端左、右驱动绳索沿着前、后导线盘上的驱动绳索导向环槽的走线半径, ω 为俯仰旋转连杆的旋转角速度;

[0040] 由俯仰旋转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 $+\omega \Delta tgr_2$, $-\omega \Delta tgr_2$ 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 $-2r_2g \omega /2g \Delta t$, $+2r_2g \omega /2g \Delta t$ 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;即无论俯仰旋转连杆带动主动轮如何旋转,经过绳索运动解耦机构后的后端左驱动绳索和后端右驱动绳索的后端与俯仰旋转连杆无相对位移;

[0041] 上述俯仰旋转关节采用典型的绳索双拉驱动;俯仰旋转基座固定不动,关节左驱动绳索和关节右驱动绳索的前端与回转关节的驱动单元固定,绳索的后端与绳索运动解耦机构中的主动轮固结;关节左驱动绳索和关节右驱动绳索缠绕在主动轮上,并且缠绕方向相反;通过对两驱动绳索的拉、放操作实现对俯仰旋转关节的驱动;驱动过程中,拉、放对应

的绳长相等,两根绳索不会产生紧绷或松弛的现象,确保了关节正反向驱动的可靠性。

[0042] 与现有技术相比,本发明具有如下优点和效果:

[0043] 本发明提出的两种绳驱动机械臂关节,其驱动单元放置于基座处,采用绳索远程驱动,提高了机械臂的负载自重比和关节的驱动响应特性。本发明针对关节运动耦合,设计了一种绳索运动解耦机构,简单可靠,易于实现。该机构实现关节的运动独立,降低了运动控制算法的复杂性。本发明的两种模块化绳驱动机械臂关节,每个关节均可实现 $0\sim 300^\circ$ 范围的转动,工作空间大,响应性能好。并且在实际应用过程中,可以根据操作目标的要求,变换关节的种类,增减机械臂的自由度数,实现多种构型机械臂的组装,应用范围广,实现成本低。

附图说明

[0044] 图1为绳索运动解耦机构的结构示意图;

[0045] 图2为回转关节的结构示意图;

[0046] 图3为俯仰旋转关节的结构示意图;

[0047] 图4为绳索运动解耦机构中各绳索走线的示意图,其中左边为解耦绳索和后端驱动绳索的走线示意图;右边为关节驱动绳索走线示意图;

[0048] 图5为后端驱动绳索的解耦过程示意图,其中左边为主动轮转动,后端驱动绳索走线示意图;右边为随动轮转动,后端驱动绳索走线示意图;

[0049] 图6为多种构型机械臂的结构示意图;

[0050] 图7为腰部关节随动轮及其绳索走线示意图,其中左边为腰部回转关节处随动轮的结构示意图;右边为腰部回转关节处各绳索走线的结构示意图;

[0051] 图8为肩部关节随动轮及其绳索走线示意图,其中左边为肩部俯仰旋转关节处随动轮的结构示意图;右边为肩部俯仰旋转关节处各绳索走线的结构示意图;

[0052] 图中标号名称:1回转关节;2俯仰旋转关节;3绳索运动解耦机构;4多种构型的绳驱动机械臂;11回转基座;12回转连杆;13导向滑轮;14回转连杆承载轴承;

[0053] 21俯仰旋转基座;22俯仰旋转连杆;23俯仰旋转承载轴承;

[0054] 31固定轮;32随动轮;32-1前侧导线盘;32-2随动轮主体;32-3后侧导线盘;32-4左定滑轮模块;32-5右定滑轮模块;33主动轮;34-1左解耦绳索;34-2右解耦绳索;35-1后端左驱动绳索;35-2后端右驱动绳索;36-1关节左驱动绳索;36-2关节右驱动绳索;

[0055] 41关节式的绳驱动机械臂;41-1第一种四自由度关节式机械臂;41-2第二种四自由度关节式机械臂;41-3三自由度关节式机械臂;42腕部式绳驱动机械臂;43SCARA式绳驱动机械臂;

[0056] 51腰部回转关节;52肩部俯仰旋转关节;53肘部俯仰旋转关节;54腕部俯仰旋转关节。

具体实施方式

[0057] 附图非限制性地公开了本发明所涉及的优选实施的结构示意图,以下将结合附图详细地说明本发明的技术方案。

[0058] 请参阅图1、4、5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。绳索运动解耦机构3,从前向后依次包括固定轮31、随动轮32、主动轮33;其中固定轮31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,固定不能转动;随动轮32安装于固定轮轮轴上,它由解耦绳索驱动,并且轴向位移被限制;该绳索运动解耦机构3还包括左解耦绳索34-1、右解耦绳索34-2、后端左驱动绳索35-1、后端右驱动绳索35-2、关节左驱动绳索36-1、关节右驱动绳索36-2;

[0059] 上述的随动轮32包括随动轮主体32-2,其前侧安装有前侧导线盘(32-1),后侧安装有后侧导线盘(32-3),前侧导线盘(32-1)和后侧导线盘(32-3)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32-2上方还安装左定滑轮模块32-4和右定滑轮模块32-5;左定滑轮模块32-4和右定滑轮模块32-5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;固定轮31下方和主动轮33下方均设置有四个与轮轴轴线平行的通孔,用于上述左解耦绳索34-1、右解耦绳索34-2、后端左驱动绳索35-1、后端右驱动绳索35-2的导向;

[0060] 上述左解耦绳索34-1的前端与固定轮31固定,之后先穿过固定轮31上的对应通孔,再按顺时针方向沿着前侧导线盘32-1的解耦绳索导向环槽自下而上到达左定滑轮模块32-4,再经过左定滑轮模块32-4换向180度,再按逆时针方向沿着后侧导线盘32-3的解耦绳索导向环槽自上而下,再穿过主动轮33上的对应通孔后,绳索的末端与主动轮33固定;

[0061] 上述右解耦绳索34-2的前端与固定轮31固定,之后先穿过固定轮31上的对应通孔,再按逆时针方向沿着前侧导线盘32-1的解耦绳索导向环槽自下而上到达右定滑轮模块32-5,再经过右定滑轮模块32-5换向180度,再按顺时针方向沿着后侧导线盘32-3的解耦绳索导向环槽自上而下,再穿过主动轮33上的对应通孔后,绳索的末端与主动轮33固定;

[0062] 上述后端左驱动绳索35-1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31上的对应通孔,再按顺时针方向沿着前侧导线盘32-1的驱动绳索导向环槽自下而上到达左定滑轮模块32-4,再经过左定滑轮模块32-4换向180度,再按逆时针方向沿着后侧导线盘32-3的驱动绳索导向环槽自上而下,再穿过主动轮33上的对应通孔后,后端左驱动绳索35-1的末端与后端关节的旋转连杆相连;

[0063] 上述后端右驱动绳索35-2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31上的对应通孔,再按逆时针方向沿着前侧导线盘32-1的驱动绳索导向环槽自下而上到达右定滑轮模块32-5,再经过右定滑轮模块32-5换向180度,再按顺时针方向沿着后侧导线盘32-3的驱动绳索导向环槽自上而下,再穿过主动轮33上的对应通孔后,后端右驱动绳索35-2的末端与后端关节的旋转连杆相连;

[0064] 上述关节左驱动绳索36-1的前端与关节的驱动单元相连,后端与主动轮33固连,关节左驱动绳索36-1逆时针缠绕在主动轮33上;

[0065] 上述关节右驱动绳索36-2的前端与关节的驱动单元相连,后端与主动轮33固连,关节右驱动绳索36-2顺时针缠绕在主动轮33上;

[0066] 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;

[0067] 上述的左解耦绳索34-1、右解耦绳索34-2用来驱动随动轮32。当主动轮33以图1方向旋转时,与主动轮33固结的右解耦绳索34-2张紧,左解耦绳索34-1松弛。当前侧导线盘32-1、后侧导线盘32-3上的解耦绳索导向环槽半径相等时,即可保证随动轮32转动的角速

度为主动轮33转动角速度 ω 的1/2,并且由主动轮33转动导致右解耦绳索34-2的固定端(主动轮33上的)位移大小为 $\omega \Delta tgr_1$,由右解耦绳索34-2驱动随动轮32导致左解耦绳索34-1的固定端(主动轮33上的)位移大小为 $\omega/2 \Delta tgr_1 = \omega \Delta tgr_1$,位移大小相等。由此保证左解耦绳索34-1、右解耦绳索34-2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32正反向驱动的可靠性;

[0068] 上述后端左驱动绳索35-1、后端右驱动绳索35-2,由于后端左驱动绳索35-1、后端右驱动绳索35-2沿着前侧导线盘32-1、后侧导线盘32-3上的导向环槽缠绕,并且前侧导线盘32-1、后侧导线盘32-3上的驱动绳索导向环槽半径相等,均为 r_2 ,所以随动轮32转动导致的后端左驱动绳索35-1、后端右驱动绳索35-2右侧末端的变化速率是随动轮旋转角速率的 $2r_2$ 倍。当主动轮33以图1所示方向、 ω 角速度转动时,通过主动轮33上通孔的导向,后端左驱动绳索35-1沿着后侧导线盘32-3上的导向环槽脱离,后端左驱动绳索35-1的右侧末端产生 $+\omega \Delta tgr_2$ 位移,而后端右驱动绳索35-2沿着后侧导线盘32-3上的导向环槽缠绕,后端右驱动绳索35-2的右侧末端产生 $-\omega \Delta tgr_2$ 位移(ω 为主动轮33的旋转角速度, r_2 为前侧导线盘32-1、后侧导线盘32-3上驱动绳索导向环槽的半径,图5中以沿着绳索方向向上为正)。如图4、5所示,由于左解耦绳索34-1、右解耦绳索34-2的驱动,随动轮32以 $\omega/2$ 角速度跟随主动轮33同向转动,随动轮旋转的角度 $\omega \Delta t/2$ 。因为随动轮32转动后端左驱动绳索35-1、后端右驱动绳索35-2右侧末端的速率是随动轮角速率的 $2r_2$ 倍,所以后端左驱动绳索35-1、后端右驱动绳索35-2的右侧末端的位移大小为 $\omega \Delta t/2gr_2 = \omega \Delta tgr_2$ 。随动轮的转动,导致后端左驱动绳索35-1会继续沿着前侧、后侧导线盘上的导向环槽缠绕,缠绕长度为 $\omega \Delta tgr_2$,也即后端左驱动绳索35-1的右端将产生 $-\omega \Delta tgr_2$ 位移。后端右驱动绳索35-2的一部分将沿着前侧、后侧导线盘上的导向环槽脱离,脱离长度为 $\omega \Delta tgr_2$,也就是后端右驱动绳索35-2的右端将产生 $+\omega \Delta tgr_2$ 位移(图5中沿着绳索方向向上为正)。后端左驱动绳索35-1、后端右驱动绳索35-2在经过解耦模块后,它们右侧的末端与主动轮33间无相对移动,也即后端关节的驱动绳索35没有因主动轮33的转动而产生相对移动,实现了绳索运动的被动解耦;

[0069] 请参阅图2所示,基于绳索驱动的回转关节1,其关节的旋转轴线与回转连杆12轴线重合。回转关节1包括回转基座11,回转连杆12,绳索运动解耦机构3,导向滑轮13,回转连杆承载轴承14。绳索运动解耦机构3实现对后端驱动绳索的运动解耦,实现回转关节1与后端关节的运动解耦。上述绳索运动解耦机构3的固定轮31与回转关节1中的回转基座11固定连接,主动轮33与回转连杆12固定连接。回转连杆承载轴承14内圈安装在固定轮31的轮轴上,外圈安装在回转连杆12的轴孔中,通过承载轴承承受回转关节1的轴向和径向载荷。导向滑轮13固定安装在回转基座11上,对关节左驱动绳索36-1、关节右驱动绳索36-2进行导向。上述的回转关节1的驱动,采用驱动绳索双拉驱动模式,关节左驱动绳索36-1、关节右驱动绳索36-2与主动轮33固定,通过对两绳索的拉、放操作实现对回转关节1的驱动。

[0070] 请参阅图3所示,俯仰旋转关节2,采用绳索驱动。关节旋转轴线与俯仰旋转连杆22轴线垂直。俯仰旋转关节2,包括俯仰旋转基座21,俯仰旋转连杆22,绳索运动解耦机构3,俯仰旋转连杆承载轴承23。绳索运动解耦机构3实现对后端驱动绳索的运动解耦,实现俯仰旋转关节2与后端关节的运动解耦。上述的绳索运动解耦机构3的固定轮31与俯仰旋转关节2中的俯仰旋转基座21固定连接,主动轮33与俯仰旋转连杆22固定连接。俯仰旋转连杆承载

轴承23内圈安装在固定轮31的轮轴上,外圈安装在俯仰旋转连杆22的轴孔中,通过承载轴承承受俯仰旋转关节2的轴向和径向载荷。俯仰旋转关节采用典型的绳索双拉驱动模式,通过对关节左驱动绳索36-1、关节右驱动绳索36-2进行拉、放操作驱动俯仰旋转连杆22。

[0071] 参阅图6所示,为基于两种绳驱动模块化的旋转关节,提出的多种构型的绳驱动机械臂结构示意图。按照不同的操作任务,组成关节式、手腕式、SCARA式构型的绳驱动机械臂。关节式的绳驱动机械臂41按自由度数分为三自由度关节式机械臂41-3、第一种四自由度关节式机械臂41-1、第二种四自由度关节式机械臂41-2。三自由度关节式机械臂41-3从基座至机械臂末端依次为回转关节1、俯仰旋转关节2、俯仰旋转关节2;第一种四自由度关节式机械臂41-1从基座至机械臂末端依次为回转关节1、俯仰旋转关节2、俯仰旋转关节2、俯仰旋转关节2;第二种四自由度关节式机械臂41-2从基座至机械臂末端依次为回转关节1、俯仰旋转关节2、俯仰旋转关节2、回转关节1;腕部式绳驱动机械臂42,三个关节的旋转轴线交于一点,含有三个自由度,依次分别为回转关节1、俯仰旋转关节2、回转关节1;SCARA式绳驱动机械臂43有三个自由度,依次为回转关节1、回转关节1、回转关节1。

[0072] 参阅图6所示,第一种四自由度关节式机械臂41-1为第一优先实施例。该机械臂包括腰部回转关节51、肩部俯仰旋转关节52、肘部俯仰旋转关节53、腕部俯仰旋转关节54。腰部回转关节51,绕铅直轴旋转。肩部俯仰旋转关节52绕水平轴作俯仰运动,肘部俯仰旋转关节53绕水平轴作俯仰运动,腕部俯仰旋转关节54绕水平轴作俯仰运动。腰部回转关节51处的绳索运动解耦机构,实现腰部回转关节51与肩部、肘部、腕部俯仰旋转关节的运动解耦,其随动轮结构示意图如图7左图所示,该随动轮上缠绕有六根后端关节驱动绳索和两根解耦绳索,六根驱动绳索分别对应为肩部、肘部、腕部俯仰旋转关节的驱动绳索。随动轮上有四个同心圆的走线槽用于绳索走线(三个走线槽用于后端关节驱动绳索走线,一个走线槽用于解耦绳索的走线)。图7右图为腰部回转关节51处的绳索走线示意图;肩部俯仰旋转关节52处的绳索运动解耦机构,实现肩部俯仰旋转关节52与肘部俯仰旋转关节53、腕部俯仰旋转关节54的运动解耦,其随动轮结构示意图如图8左图所示。该随动轮上缠绕有四根后端关节驱动绳索和两根解耦绳索,四根驱动绳索分别对应为肘部、腕部俯仰旋转关节的驱动绳索,随动轮上有三个同心圆的走线槽用于绳索走线(两个走线槽用于后端关节驱动绳索走线,一个走线槽用于解耦绳索的走线)。图8右图为肩部回转关节52处的绳索走线示意图;肘部俯仰旋转关节53处的绳索运动解耦机构,实现肘部俯仰旋转关节53与腕部俯仰旋转关节54的运动解耦。其绳索运动解耦机构的随动轮如图1中所示。腕部俯仰旋转关节54因为没有后端关节,不需要对绳索进行解耦,所以腕部俯仰旋转关节54内没有绳索运动解耦机构。

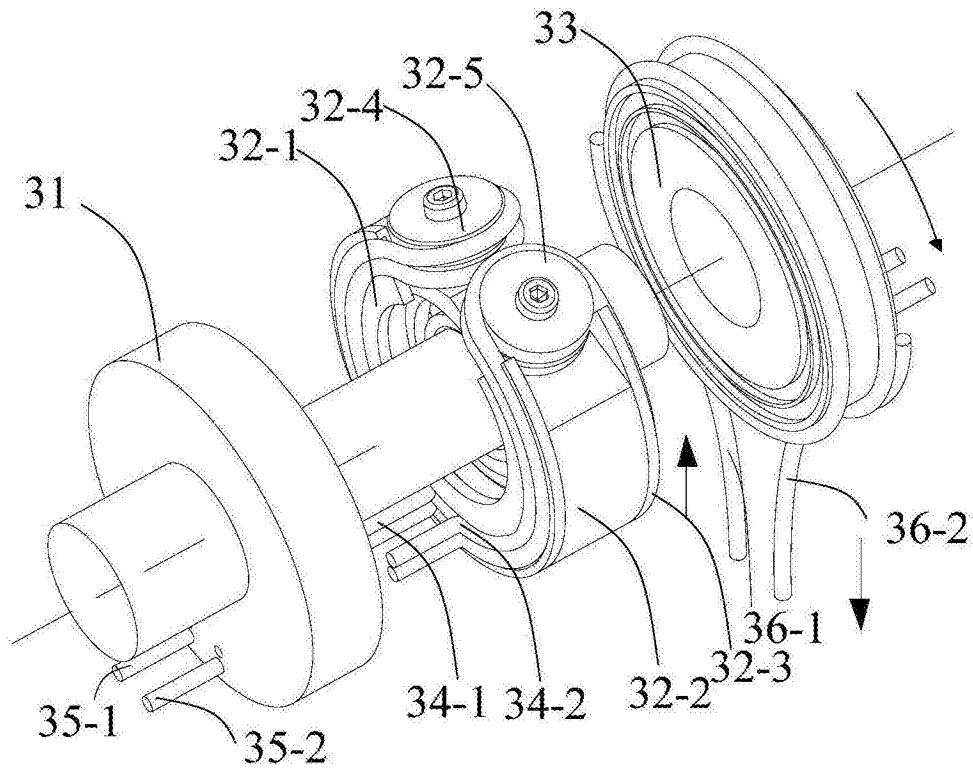


图1

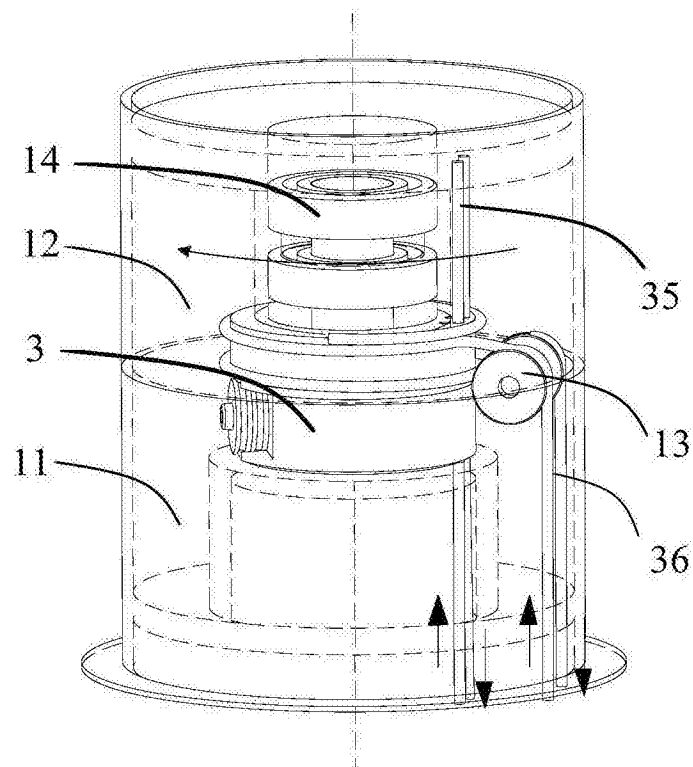


图2

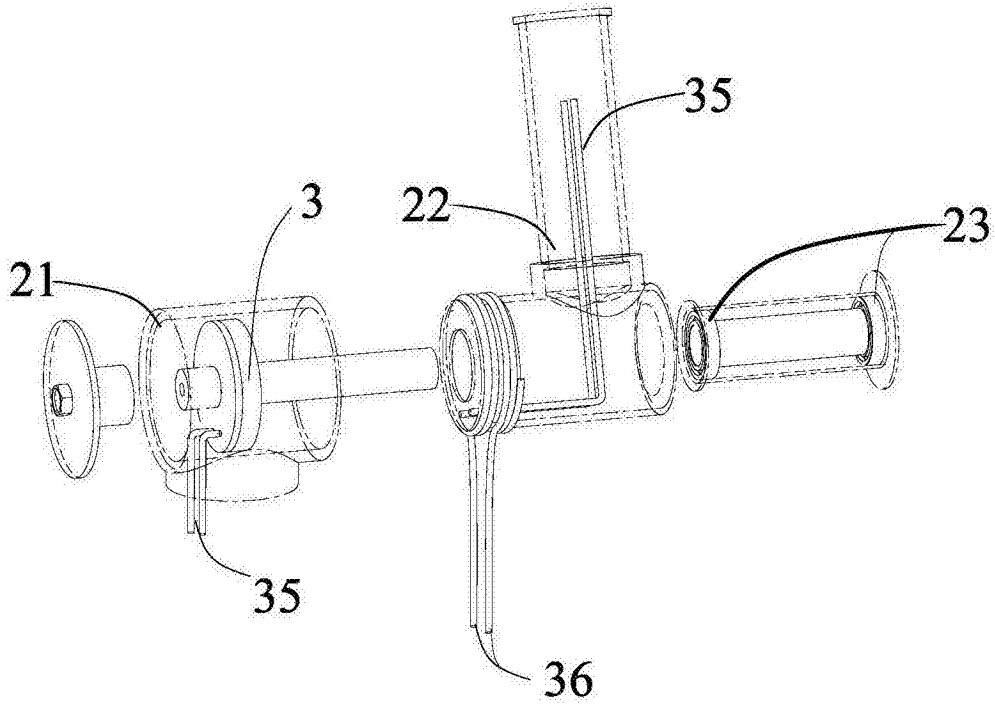


图3

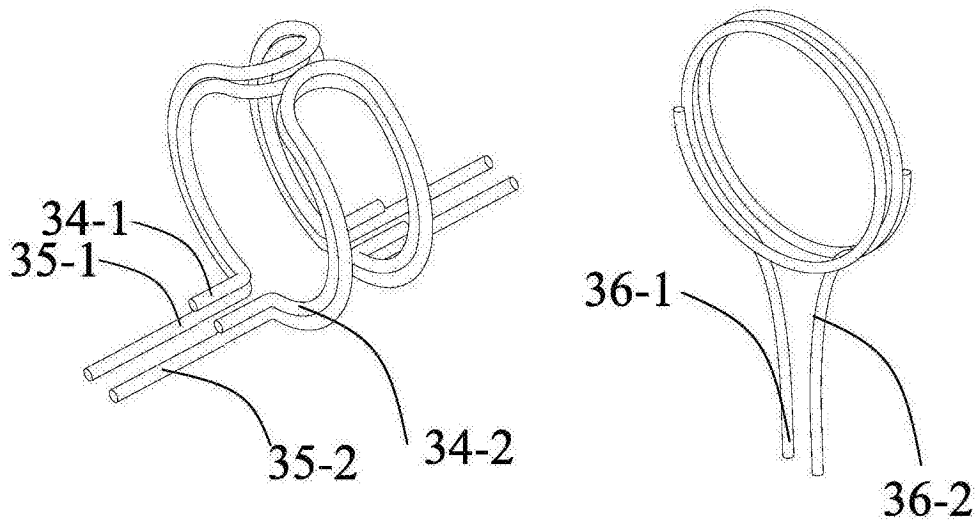


图4

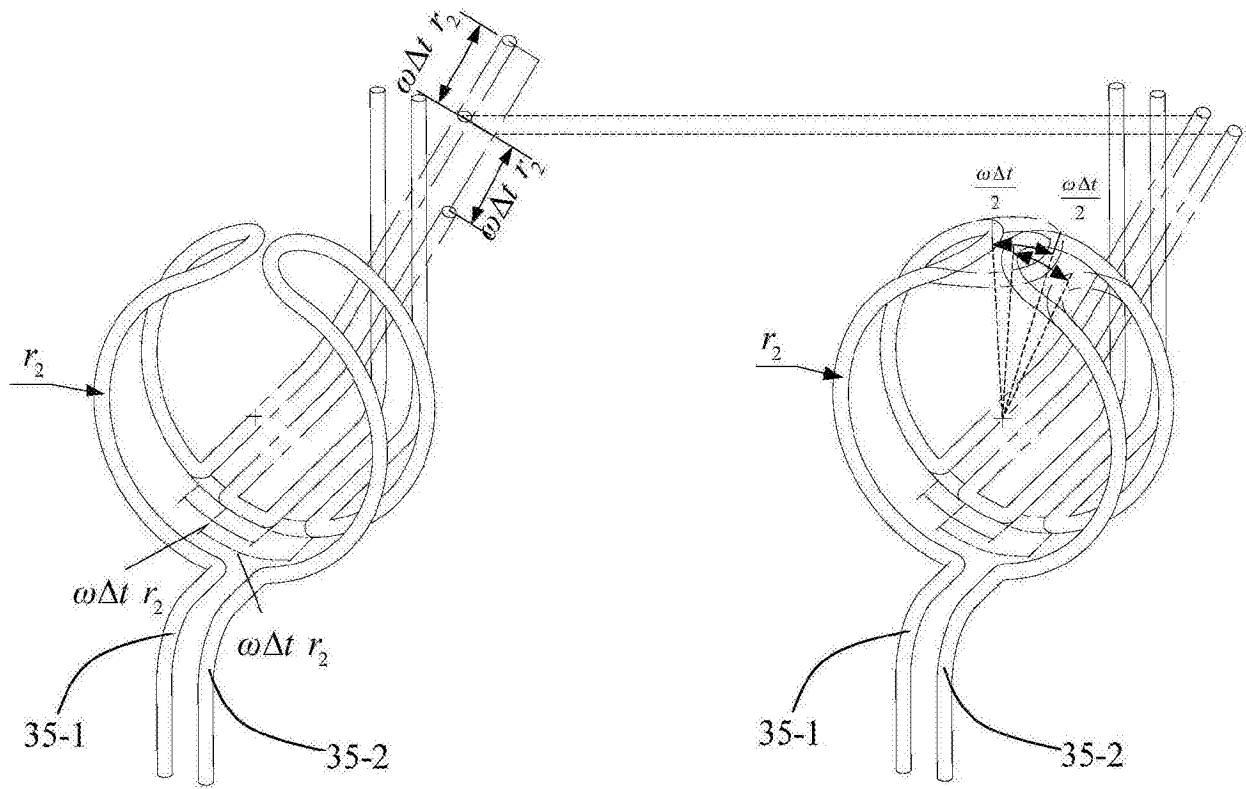


图5

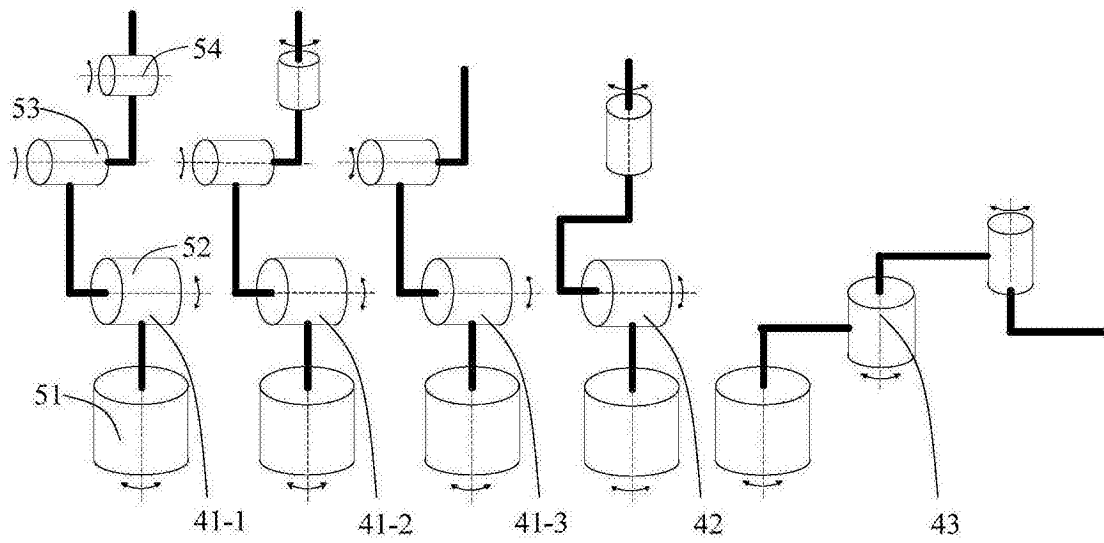


图6

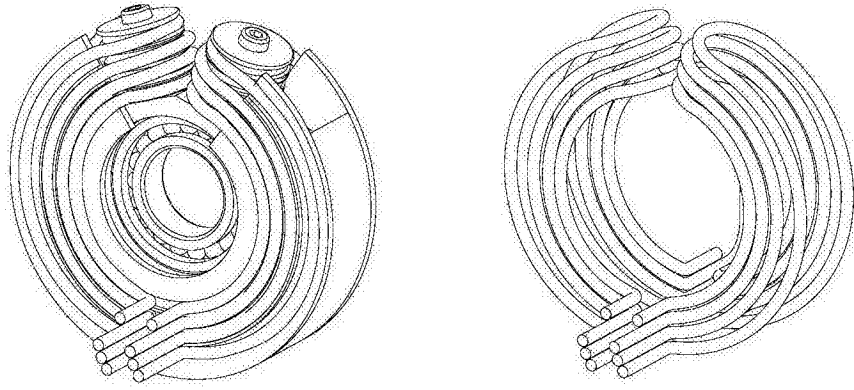


图7

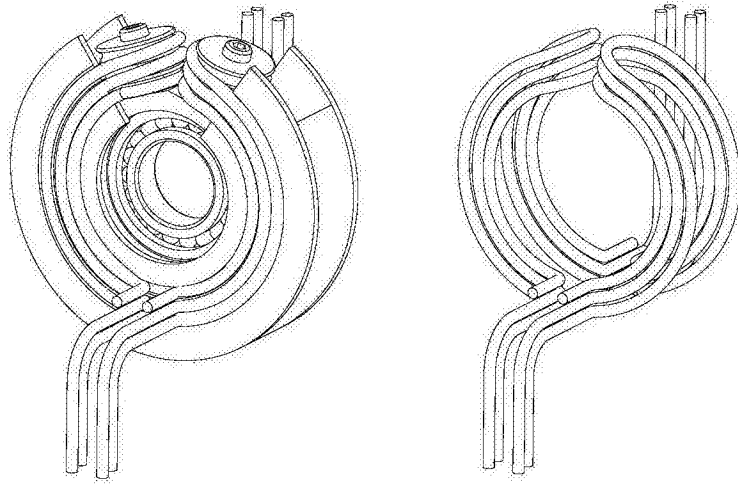


图8