(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105599004 B
(45)授权公告日 2017.06.20

(21)申请号 201610173210.X
(22)申请日 2016.03.23
(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 105599004 A
(43)申请公布日 2016.05.25
(73)专利权人 华南理工大学
地址 510640 广东省广州市天河区五山路381号
(72)发明人 彭芳 李智军 叶雯珺 杨辰光 章隆彬
(74)专利代理机构 广州粤高专利商标代理有限公司 44102
代理人 何淑珍 黄海波
(51)Int.Cl.
B25J 17/02(2006.01)

审查员 唐德欢

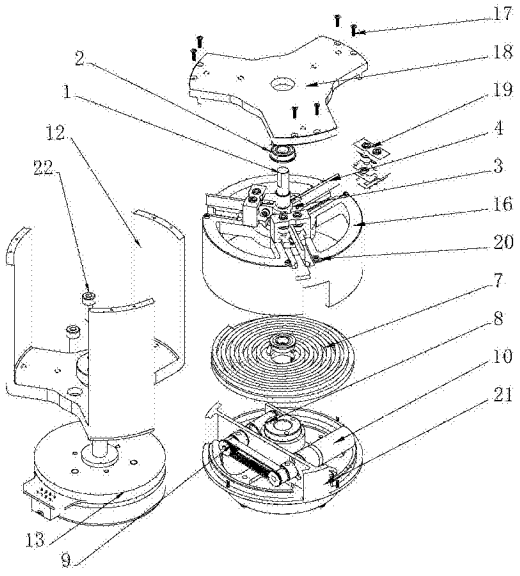
权利要求书1页 说明书5页 附图3页

(54)发明名称

一种刚度可调的机器人弹性关节

(57)摘要

本发明公开了一种刚度可调的机器人弹性关节，包括关节骨架、分别设置在所述关节骨架两端的驱动端和输出轴，还包括设置于所述关节骨架内且连接于驱动端和输出轴之间的刚度调节装置，所述刚度调节装置包括连接驱动端的旋转体、连接于旋转体与输出轴之间且在旋转体的推动下围绕输出轴的轴线旋转的弹性传力部件、所述输出轴受到不同负载冲击时用于调节旋转体驱动所述弹性传力部件转动时力臂长度的调节机构，本发明能根据外部负载的冲击大小进行刚度的线性调节，具有结构紧凑、轻便、通用性强、精度高、调节范围大、磨损小、通用性好等诸多优点，提高了机器人关节的柔顺性，可适用于各种关节型机器人。



CN 105599004 B

1.一种刚度可调的机器人弹性关节，包括关节骨架、分别设置在所述关节骨架两端的驱动端和输出轴(1)，其特征在于：还包括设置于所述关节骨架内且连接于驱动端和输出轴(1)之间的刚度调节装置，所述刚度调节装置包括连接驱动端的旋转体、连接于旋转体与输出轴(1)之间且在旋转体的推动下围绕输出轴(1)的轴线旋转的弹性传力部件、所述输出轴(1)受到不同负载冲击时用于调节旋转体驱动所述弹性传力部件转动时力臂长度的调节机构；所述的弹性传力部件包括固定在输出轴(1)上的弹簧片夹头(3)、一端沿输出轴(1)径向均匀固定在弹簧片夹头(3)上的若干弹簧片(4)；所述的旋转体包括上下连接的转动机体(16)和转动机体底壳(21)，所述转动机体(16)上端面沿径向均匀开有若干数量及方向与弹簧片(4)相一致的滑槽；所述的调节机构包括活动设置在各滑槽内的卡爪(6)、与各卡爪(6)底部相配合的平面螺纹卡盘(7)、固定在各卡爪(6)上的弹簧卡座组件(19)、驱动平面螺纹卡盘(7)旋转的调节动力机构，所述弹簧片(4)穿过弹簧卡座组件(19)且其两侧面与弹簧卡座组件(19)紧密接触。

2.根据权利要求1所述的刚度可调的机器人弹性关节，其特征在于：所述弹簧卡座组件(19)包括固定在卡爪(6)上的弹簧卡座(5)，所述弹簧卡座(5)中部贯穿地设有供所述弹簧片(4)穿过的挖空部，所述挖空部内通过两根轴承固定螺丝(14)对称设置有两个沿弹簧片(4)两侧面滚动的第二轴承(15)。

3.根据权利要求1所述的刚度可调的机器人弹性关节，其特征在于：所述转动机体(16)上端面的边缘处设置有用于限制弹簧卡座组件(19)移动位置的限位螺丝(20)。

4.根据权利要求1所述的刚度可调的机器人弹性关节，其特征在于：调节动力机构包括设置在所述转动机体底壳(21)上的齿轮传动副(8)和刚度调节电机(10)、连接于所述齿轮传动副(8)和刚度调节电机(10)之间的同步带轮传动副(9)，所述齿轮传动副(8)的输出端与平面螺纹卡盘(7)通过紧固螺钉垂直固定连接。

5.根据权利要求4所述的刚度可调的机器人弹性关节，其特征在于：所述齿轮传动副(8)为蜗轮蜗杆传动副。

6.根据权利要求4所述的刚度可调的机器人弹性关节，其特征在于：所述转动机体底壳(21)上设置有用于安装齿轮传动副(8)和刚度调节电机(10)的工字形凸肋，所述转动机体(16)下端设置有与所述工字形凸肋两端形状相匹配的缺口部。

7.根据权利要求1所述的刚度可调的机器人弹性关节，其特征在于：所述的关节骨架包括设有镂空的关节底壳(12)和关节面壳(18)，关节面壳(18)通过紧固螺丝(17)和关节底壳(12)上端紧固连接，所述输出轴(1)通过第一轴承(2)安装于关节面壳(18)上。

8.根据权利要求7所述的刚度可调的机器人弹性关节，其特征在于：所述驱动端包括相连接的驱动电机(13)和谐波减速器(11)，驱动电机(13)通过轴承及驱动电机固定螺丝(22)安装在关节底壳(12)下端，所述谐波减速器(11)输出端与转动机体底壳(21)固定连接。

一种刚度可调的机器人弹性关节

技术领域

[0001] 本发明涉及的是一种机器人仿生关节，具体为一种刚度可调的机器人弹性关节，该装置可以适用于各种关节型机器人，提高机器人关节的柔顺性。

背景技术

[0002] 长期以来，传统的机器人关节设计理论认为，对于动力驱动装置与关节铰链之间的机械连接方式应优先考虑刚度较大的传动机构。因此，在工业机器手臂、仿生多足机器人以及康复医疗假肢等关节机器人的研究中，普遍采用电机输出轴与关节机构进行刚性连接的驱动方案，其优势在于结构简单、定位精准、响应快速，从而满足各种操作与应用的需求。但这种驱动方案由于缺乏柔顺性使得机器人更容易受到外部冲击的影响而损坏，甚至对与之协作的人类造成伤害，同时对于机器人实现自调整接触、低能耗运动等目标也存在不足和缺憾。人们从生物肌腱中得到启发，从上世纪80年代开始，麻省理工的学者提出了串联弹性驱动器的概念，它是在驱动机构和负载端之间串联弹性元件，将负载输出与电机惯量隔离，实现精确力控制，具有低阻抗、能量密度高、输出稳定等特点，可以有效地增加系统的稳定性、降低干扰影响以及在外部冲击下起保护作用。

[0003] 近些年，国外的学者相继提出了一些弹性驱动器关节设计方法，具有代表性的有:N.G.Tsagarakis等人设计了一种旋转弹性驱动器，利用线弹簧绕圆周呈三角形状布置，该装置结构紧凑，但不能依据冲击大小进行刚度调节;Amir Jafari等人设计了一种采用滚珠丝杠改变力臂大小的刚度可调弹性驱动器，将线性弹簧应用在转动关节上，该驱动器结构松散、体积庞大;Fabrizio等人设计了一种采用扭力弹簧的旋转弹性驱动器，其弹性元件是独立设计制作的圆盘状扭力弹簧片，这种设计能有效缩小弹性驱动模块的尺寸，但弹簧片弹性不大，运动范围非常有限。

[0004] 目前，国内对弹性关节的研究还非常少。经对现有技术文献的检索发现，从现有公开的串联弹性驱动关节看，大部分不具有刚度调节功能，如江苏大学杨启志等提出一种基于阿基米德螺线弹性体的柔弹性关节，专利公开号CN105082170A，其弹性体采用两片圆形弹簧片，簧片上开有阿基米德螺线槽以增加关节柔性，该装置虽然结构紧凑但运动范围有限且不能进行刚度调节。偶尔带有刚度调节的，也存在集成度较低、较为笨重、通用性较差等问题，如北京理工大学黄强等人提出的一种可变刚度的机器人关节，专利公开号CN104440936A，关节上安装了一片主摩擦片和两片副摩擦片，在螺栓施加预紧力作用下产生摩擦力，利用摩擦片的摩擦特性进行刚度调节，但是摩擦片属于消耗品，使用一段时间后就会丧失原有功能需要定期更换，且其只设两级刚度调节，不能实现线性可调的刚度特性；浙江大学朱秋国等人提出了刚度可调的柔性关节驱动器机构，专利公开号CN104985608A，采用曲斜面-转轮配合结构挤压矩形弹簧的方式实现柔性关节的功能，根据运动方向和外部负载大小的不同，前后凸轮板曲斜面上放置的转轮对矩形弹簧的预紧压力将发生变化，从而实现关节的刚度调节，该装置结构复杂，体积庞大，应用领域非常有限。

发明内容

[0005] 本发明的目的在于克服现有机器人关节设计上的不足，提出一种新型可调刚度的机器人弹性关节，它能安装于大多数采用转动关节的机器人上。本发明有效解决了现有机器人柔性关节结构松散、刚度不可线性调节、通用性差等问题，能根据外部负载的冲击大小进行刚度可调的柔顺控制，有助于推动各种关节机器人的升级换代。

[0006] 本发明是通过以下技术方案实现的：

[0007] 一种刚度可调的机器人弹性关节，包括关节骨架、分别设置在所述关节骨架两端的驱动端和输出轴，还包括设置于所述关节骨架内且连接于驱动端和输出轴之间的刚度调节装置，所述刚度调节装置包括连接驱动端的旋转体、连接于旋转体与输出轴之间且在旋转体的推动下围绕输出轴的轴线旋转的弹性传力部件、所述输出轴受到不同负载冲击时用于调节旋转体驱动所述弹性传力部件转动时力臂长度的调节机构。

[0008] 本方案通过调节弹性传力部件中弹簧片的工作长度实现刚度的线性调节，具有结构简单、体积小、精度高、调节范围大、磨损小、通用性好等诸多优点，可实现线性可调的刚度特性。

[0009] 进一步地，所述的弹性传力部件包括固定在输出轴上的弹簧片夹头、一端沿输出轴径向均匀固定在弹簧片夹头上的若干弹簧片；所述的旋转体包括上下连接的转动机体和转动机体底壳，所述转动机体上端面沿径向均匀开有若干数量及方向与弹簧片相一致的滑槽；所述的调节机构包括活动设置在各滑槽内的卡爪、与各卡爪底部相配合的平面螺纹卡盘、固定在各卡爪上的弹簧卡座组件、驱动平面螺纹卡盘旋转的调节动力机构，所述弹簧片穿过弹簧卡座组件且其两侧面与弹簧卡座组件紧密接触。本方案进一步减少了弹簧片的磨损，提高其使用寿命和稳定性，同时，具备自锁特性的调节机构简单紧凑，精度高、稳定可靠易实施。

[0010] 进一步地，所述弹簧卡座组件包括固定在卡爪上的弹簧卡座，所述弹簧卡座中部贯穿地设有供所述弹簧片穿过的挖空部，所述挖空部内通过两根轴承固定螺丝对称设置有两个沿弹簧片两侧面滚动的第二轴承，通过第二轴承与弹簧片两侧面滚动摩擦，最大限度的减少对弹簧片的磨损，延长弹簧片的使用寿命，保障弹簧片的工作稳定性和可靠性。

[0011] 进一步地，所述转动机体上端面的边缘处设置有用于限制弹簧卡座组件移动位置的限位螺丝，有效控制弹簧卡座组件移动距离，防止脱落等意外。

[0012] 进一步地，调节动力机构包括设置在所述转动机体底壳上的齿轮传动副和刚度调节电机、连接于所述齿轮传动副和刚度调节电机之间的同步带轮传动副，所述齿轮传动副的输出端与平面螺纹卡盘通过紧固螺钉垂直固定连接，实现对平面螺纹卡盘的快速和高效的驱动，结构简单紧凑。

[0013] 进一步地，所述齿轮传动副为蜗轮蜗杆传动副，结构紧凑、工作稳定、传动比高。

[0014] 进一步地，所述转动机体底壳上设置有用于安装齿轮传动副和刚度调节电机的工字形凸肋，所述转动机体下端设置有与所述工字形凸肋两端形状相匹配的缺口部，方便齿轮传动副和刚度调节电机安装及转动机体底壳和转动机体快速对位，提高装配效率。

[0015] 进一步地，所述的关节骨架包括设有镂空的关节底壳和关节面壳，关节面壳通过紧固螺丝和关节底壳上端紧固连接，所述输出轴通过第一轴承安装于关节面壳上，结构简

单、重量轻、装拆方便。

[0016] 进一步地，所述驱动端包括相连接的驱动电机和谐波减速器，驱动电机通过轴承及驱动电机固定螺丝安装在关节底壳下端，所述谐波减速器输出端与转动机体底壳固定连接，驱动电机提供关节主动力，经过谐波减速器带动转动机体正反向旋转，实现弹性关节的正反向运动，集成度更高，结构紧凑简单。

[0017] 本发明相比现有技术具有以下优点：

[0018] 1)采用平面螺纹卡盘配合卡爪的方式来调节弹簧片的工作长度，由于其配合上的自锁特性，调节精度高、工作可靠、更加节能。

[0019] 2)关节的刚度调节实现了从全刚性到极大柔性的线性调节，能够根据冲击大小，进行快速调节，灵敏度高。

[0020] 3)将驱动电机与减速器融入总体机构之中，集成度更高；整个关节结构紧凑，简单轻便，通用性强，应用范围广泛。

附图说明

[0021] 图1示出了本发明实施例的刚度可调弹性关节的总体结构示意图。

[0022] 图2 示出了本发明实施例的刚度可调弹性关节的爆炸示意图。

[0023] 图3和图4示出了本发明实施例的刚度可调弹性关节的局部剖视示意图。

[0024] 图中：1 -输出轴；2-第一轴承；3 -弹簧片夹头；4 -弹簧片；5- 弹簧卡座；6 -卡爪；7 - 平面螺纹卡盘；8- 齿轮传动副；9- 同步带轮传动副；10- 刚度调节电机；11- 谐波减速器；12-关节底壳；13- 驱动电机；14- 轴承固定螺丝；15-第二轴承；16-转动机体；17-机体锁定螺丝；18-关节面壳；19-弹簧卡座组件；20-限位螺丝；21-转动机体底壳；22-驱动电机固定螺丝。

具体实施方式

[0025] 下面通过具体实施例对本发明的目的作进一步详细地描述，实施例不能在此一一赘述，但本发明的实施方式并不因此限定于以下实施例。

[0026] 如图1至图4所示，一种刚度可调的机器人弹性关节，包括关节骨架、分别设置在所述关节骨架两端的驱动端和输出轴1，还包括设置于所述关节骨架内且连接于驱动端和输出轴1之间的刚度调节装置，所述刚度调节装置包括连接驱动端的旋转体、连接于旋转体与输出轴1之间且在旋转体的推动下围绕输出轴1的轴线旋转的弹性传力部件、所述输出轴1受到不同负载冲击时用于调节旋转体驱动所述弹性传力部件转动时力臂长度的调节机构。

[0027] 所述的弹性传力部件包括固定在输出轴1上的弹簧片夹头3、一端沿输出轴1径向均匀固定在弹簧片夹头3上的三个弹簧片4；所述的旋转体包括上下连接的转动机体16和转动机体底壳21，转动机体16以输出轴为轴心，所述转动机体16上端面沿径向均匀开有三个方向与弹簧片4相一致的滑槽；所述的调节机构包括活动设置在各滑槽内的卡爪6、与各卡爪6底部相配合的平面螺纹卡盘7、固定在各卡爪6上的弹簧卡座组件19、驱动平面螺纹卡盘7旋转的调节动力机构，所述弹簧片4穿过弹簧卡座组件19且其两侧面与弹簧卡座组件19紧密接触，所述调节动力机构包括设置在所述转动机体底壳21上的齿轮传动副8和刚度调节电机10、连接于所述齿轮传动副8和刚度调节电机10之间的同步带轮传动副9，齿轮传动副8

为蜗轮蜗杆传动副，刚度调节电机10通过同步带轮传动副9将扭矩传递给齿轮传动副8，所述齿轮传动副8的输出端与平面螺纹卡盘7通过紧固螺钉垂直固定连接。

[0028] 弹簧卡座组件19在卡爪6的带动下，只能沿着滑槽的方向做往复做径向往复运动，所述转动机体16上端面的边缘处设置有用于限制弹簧卡座组件19移动位置的限位螺丝20。

[0029] 本实施例设置有三个弹簧片4、三个卡爪6和三套弹簧卡座组件19，实际应用中，也可以根据需要设定相应数量的弹簧片4、卡爪6和弹簧卡座组件19，如两个弹簧片4、两个卡爪6和两套弹簧卡座组件19，或四个弹簧片4、四个卡爪6和四套弹簧卡座组件19。

[0030] 所述弹簧卡座组件19包括固定在卡爪6上的弹簧卡座5，所述弹簧卡座5中部贯穿地设有供所述弹簧片4穿过的挖空部，所述挖空部内通过两根轴承固定螺丝14对称设置有两个沿弹簧片4两侧面滚动的第二轴承15，弹簧片4侧两侧面与第二轴承15紧密接触，想对地运动时，彼此形成滚动摩擦，最大限度的减少弹簧片4的磨损，减少损耗、提高寿命及节能。

[0031] 所述转动机体底壳21上设置有用于安装齿轮传动副8和刚度调节电机10的工字形凸肋，所述转动机体16下端设置有与所述工字形凸肋两端形状相匹配的缺口部，方便齿轮传动副8和刚度调节电机10安装及转动机体底壳21和转动机体16快速对位，提高装配效率。

[0032] 所述的关节骨架包括设有镂空的关节底壳12和关节面壳18，关节面壳18通过紧固螺丝17和关节底壳12上端紧固连接，所述输出轴1通过第一轴承2安装于关节面壳18上。

[0033] 所述驱动端包括相连接的驱动电机13和谐波减速器11，驱动电机13通过轴承及驱动电机固定螺丝22安装在关节底壳12下端，谐波减速器11通过轴承安装在转动机体底壳21上，所述谐波减速器11输出端与转动机体底壳21固定连接。驱动电机提供关节主动力，经过谐波减速器带动转动机体正反向旋转，实现弹性关节的正反向运动。

[0034] 本实施例的工作原理及过程为：

[0035] 本实施例的具体工作过程包括关节的主运动和关节刚度调整运动：

[0036] 关节的主运动：驱动电机13提供关节主驱动力矩，经过谐波减速器11带动转动机体16做正反转运动；转动机体16的滑槽上的弹簧卡座5通过第二轴承15与弹簧片4紧密接触，经过弹簧片4将动力传递给输出轴1，使转动机体16、弹簧片夹头3、输出轴1同轴的转动；

[0037] 关节刚度调整运动：单所述输出端受到不同负载冲击时，刚度调节电机10转动，带动同步带轮传动副9和齿轮传动副8随之运动，从而带动平面螺纹卡盘7旋转，使得其上的卡爪6带着弹簧卡座5沿着转动机体16的滑槽滑动，两个与弹簧片4紧密接触的第二轴承15的外圈沿着弹簧片4两侧面滚动，第二轴承15的外圈与弹簧片4两侧面接触点的位置随着弹簧卡座5的逐渐移动靠近或远离弹簧片夹头3，随着弹簧卡座5的位置变化，弹簧卡座5作用在弹簧片4上的施力点的力臂长度也随之变化，即弹簧片4的工作长度将发生变化，当第二轴承15的外圈与弹簧片4两侧面接触点的位置逐渐靠近弹簧片夹头3时，弹簧片4的工作长度变短，弹簧片4在外力作用下形变变小，刚度变大；当第二轴承15的外圈与弹簧片4两侧面接触点的位置逐渐远离弹簧片夹头3时，弹簧片4的工作长度变长，弹簧片4在外力作用下形变变大，刚度变小，从而实现了关节的无级、线性刚度调节。

[0038] 本实施例以输出轴1的轴线为中心圆周均布3组弹簧片4、弹簧卡座5、卡爪6，刚度的调节采用平面螺纹卡盘7转动带动卡爪6及紧固在其上的弹簧卡座5沿着弹簧片4侧面方向运动，通过调节弹簧片4的工作长度实现了刚度的线性调节，结构紧凑、轻便、通用性强、

磨损小，能根据外部负载的冲击大小进行刚度调节，提高了机器人关节的柔顺性，可适用于各种关节型机器人。

[0039] 本发明的上述实施例仅仅是为清楚地说明本发明所作的举例，而并非是对本发明的实施方式的限定。对于所属领域的普通技术人员来说，在上述说明的基础上还可以做出其它不同形式的变化或变动。这里无需也无法对所有的实施方式予以穷举。凡在本发明的精神和原则之内所作的任何修改、等同替换和改进等，均应包含在本发明权利要求的保护范围之内。

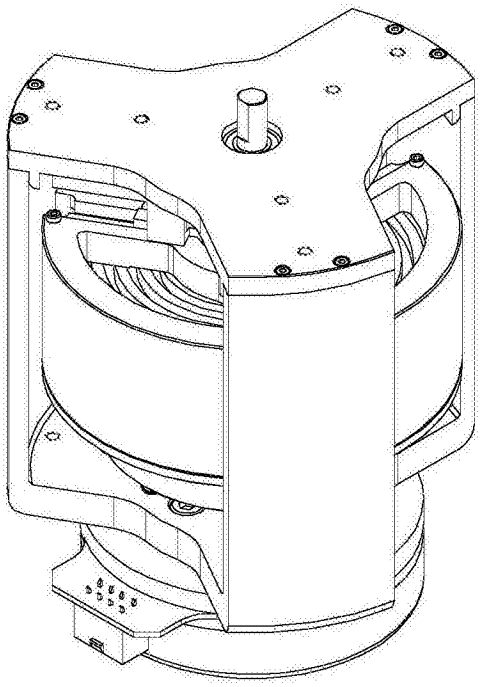


图1

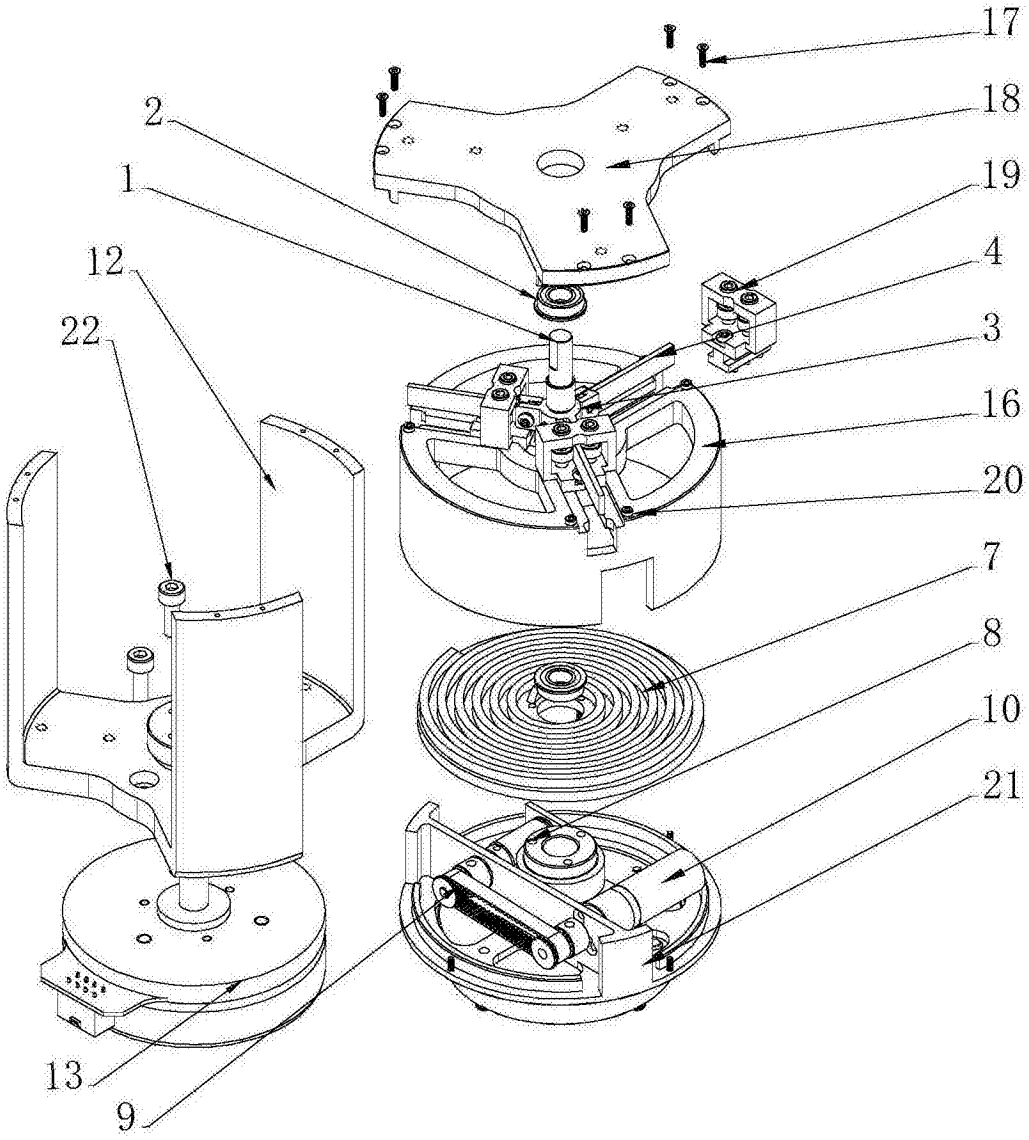


图2

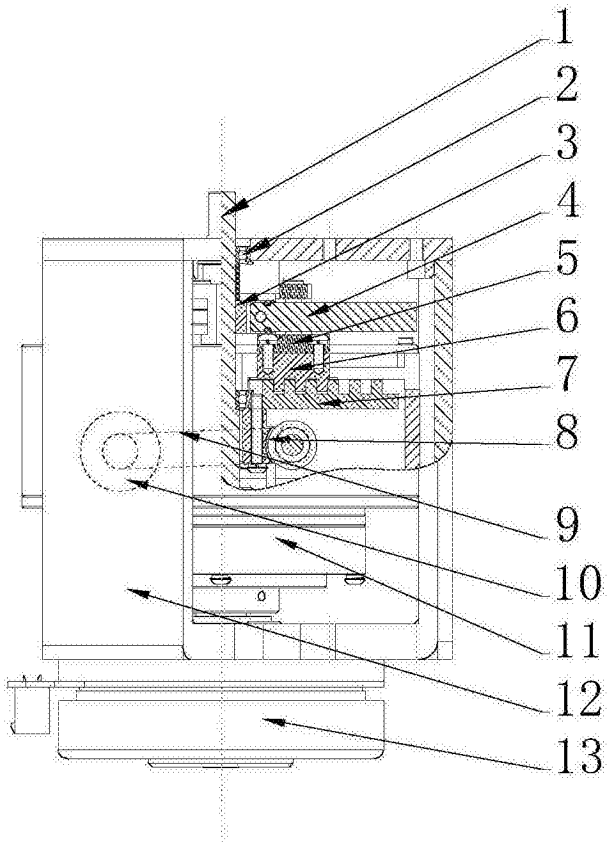


图3

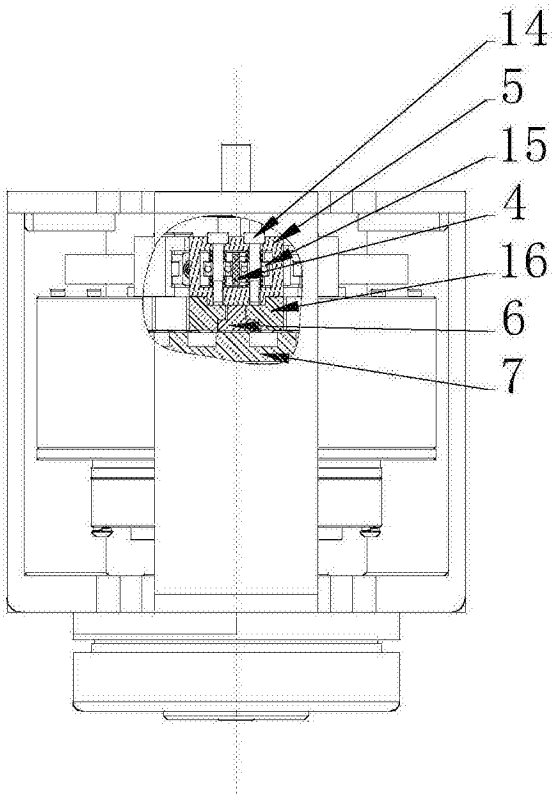


图4