



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110202567 A

(43)申请公布日 2019.09.06

(21)申请号 201910620776.6

(22)申请日 2019.07.10

(71)申请人 中国科学技术大学

地址 230026 安徽省合肥市包河区金寨路
96号

(72)发明人 李智军 徐崔超 高洪波

(74)专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 李赫

(51)Int.Cl.

B25J 9/12(2006.01)

B25J 17/00(2006.01)

B25J 19/00(2006.01)

B25J 19/06(2006.01)

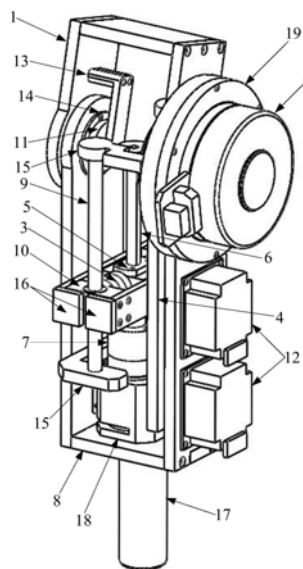
权利要求书2页 说明书7页 附图6页

(54)发明名称

一种串联弹性驱动装置

(57)摘要

本申请公开了一种串联弹性驱动装置,其特征在于,包括:固定结构;固定在所述固定结构上的第一驱动部件;转动的设置在所述固定结构上,并能够在所述第一驱动部件的驱动下转动的刚度调节结构;转动的连接在所述固定结构上,并通过弹性件与所述刚度调节结构连接的传动结构,所述刚度调节结构的转动动力通过所述弹性件传递给所述传动结构。上述串联弹性驱动装置,通过改变移动件与连接件的旋转中心之间的距离,就能够改变串联弹性驱动装置的输出刚度,从而实现了串联弹性驱动装置的输出刚度的连续调节,且其结构简单,并且弹性件的使用还能够令串联弹性驱动装置的能量利用率得到提高,进而使得串联弹性驱动装置的环境适应性得到显著提高。



1. 一种串联弹性驱动装置,其特征在于,包括:
固定结构;
固定在所述固定结构上的第一驱动部件;
转动的设置在所述固定结构上,并能够在所述第一驱动部件的驱动下转动的刚度调节结构;
转动的连接在所述固定结构上,并通过弹性件与所述刚度调节结构连接的传动结构,所述刚度调节结构的转动动力通过所述弹性件传递给所述传动结构;
其中,所述刚度调节结构包括:
与所述第一驱动部件连接,并在所述第一驱动部件的驱动下转动的连接件;
移动的设置与所述连接件上并与所述弹性件连接的移动件,所述移动件通过在所述连接件上移动,能够改变所述移动件与所述连接件的旋转中心之间的距离,以实现所述传动结构输出刚度的改变。
2. 根据权利要求1所述的串联弹性驱动装置,其特征在于,所述连接件为连接板,且所述连接板上固定设置有平行于所述连接板的丝杠,所述丝杠的一端与所述连接板的旋转中心对齐并连接,所述移动件为螺纹连接在所述丝杠上的螺母。
3. 根据权利要求2所述的串联弹性驱动装置,其特征在于,所述连接件上固定设置有第二驱动部件,所述第二驱动部件能够驱动所述丝杠转动,以使所述螺母能够在所述丝杠的轴向上移动。
4. 根据权利要求2所述的串联弹性驱动装置,其特征在于,所述传动结构包括与所述固定结构转动连接的安装架,以及固定设置在所述安装架上并与所述丝杠平行且分别位于所述丝杠两侧的多个导轨,每个所述导轨上均滑动的设置有滑块,所述滑块通过所述弹性件与所述移动件连接。
5. 根据权利要求3所述的串联弹性驱动装置,其特征在于,还包括控制系统,所述控制系统包括:
控制器;
设置在所述传动结构的旋转圆心上,并用于检测所述传动结构旋转角度的编码器,所述编码器与所述控制器通信连接;
设置在所述传动结构上,用于分别控制所述第一驱动部件和所述第二驱动部件的多个驱动器,所述驱动器与所述控制器通信连接。
6. 根据权利要求4所述的串联弹性驱动装置,其特征在于,所述固定结构和所述安装架均为通过板材连接成的U型结构,且两个所述U型结构的开口相对设置,所述刚度调节结构、所述导轨和所述滑块均设置在两个所述U型结构围成的内侧空间中。
7. 根据权利要求6所述的串联弹性驱动装置,其特征在于,所述第一驱动装置为电动机,所述电动机的机体固定设置在所述内侧空间的外侧,且所述电动机的输出轴伸入到所述内侧空间中,并与位于所述内侧空间中的所述连接件连接。
8. 根据权利要求5所述的串联弹性驱动装置,其特征在于,所述编码器通过编码器支架设置在所述传动结构的旋转圆心上,且所述编码器支架上设置有对所述编码器进行阻挡,以避免所述编码器脱落的挡板。
9. 根据权利要求4所述的串联弹性驱动装置,其特征在于,所述导轨的两端通过固定块

与所述安装架的内壁连接;全部所述滑块通过固定板连为一体。

10.根据权利要求4所述的串联弹性驱动装置,其特征在于,所述安装架远离所述固定结构的一端连接有输出件,所述输出件位于所述安装架的外侧。

一种串联弹性驱动装置

技术领域

[0001] 本发明涉及机器人技术领域,特别涉及一种串联弹性驱动装置。

背景技术

[0002] 随着机器人技术的发展,人机协作的作业模式与人机共存的工作环境不断涌现,传统的机器人可以保证高速高精度作业,但其以刚性结构为主,导致输出刚度很大,一旦出现操作失误,将对环境中的其他对象或机器人自身会造成很大的伤害,因此传统的刚性关节已不能胜任柔性的工作需求。为了适应未知的工作环境与多变的工作任务,柔性关节应运而生,其通过在电机与负载之间添加弹性部件,能够提高驱动装置的安全性。柔性关节的高负载/自重比、良好的缓冲作用、高安全性与环境适应性等优点,使其成为研究热点。

[0003] 但是,现有的串联弹性驱动器多为简单的添加弹性部件或柔性机构,其刚度是固定的,环境适应性仍然较差,或者即使能够实现刚度调节,其也存在刚度变化范围小且结构复杂、弹性部件的自由振荡能量耗损大、能量利用率低、控制算法复杂且不稳定等诸多问题,不具有实际应用价值。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明提供了一种串联弹性驱动装置,其能够实现输出刚度的连续调节,且结构简单,能量利用率高,令环境适应性得到了显著的提高。

[0005] 为了达到上述目的,本发明提供如下技术方案:

[0006] 一种串联弹性驱动装置,包括:

[0007] 固定结构;

[0008] 固定在所述固定结构上的第一驱动部件;

[0009] 转动的设置在所述固定结构上,并能够在所述第一驱动部件的驱动下转动的刚度调节结构;

[0010] 转动的连接在所述固定结构上,并通过弹性件与所述刚度调节结构连接的传动结构,所述刚度调节结构的转动动力通过所述弹性件传递给所述传动结构;

[0011] 其中,所述刚度调节结构包括:

[0012] 与所述第一驱动部件连接,并在所述第一驱动部件的驱动下转动的连接件;

[0013] 移动的设置有所述连接件上并与所述弹性件连接的移动件,所述移动件通过有所述连接件上移动,能够改变所述移动件与所述连接件的旋转中心之间的距离,以实现所述传动结构输出刚度的改变。

[0014] 优选的,上述串联弹性驱动装置中,所述连接件为连接板,且所述连接板上固定设置有平行于所述连接板的丝杠,所述丝杠的一端与所述连接板的旋转中心对齐并连接,所述移动件为螺纹连接在所述丝杠上的螺母。

[0015] 优选的,上述串联弹性驱动装置中,所述连接件上固定设置有第二驱动部件,所述第二驱动部件能够驱动所述丝杠转动,以使所述螺母能够在所述丝杠的轴向上移动。

[0016] 优选的,上述串联弹性驱动装置中,所述传动结构包括与所述固定结构转动连接的安装架,以及固定设置在所述安装架上并与所述丝杠平行且分别位于所述丝杠两侧的多个导轨,每个所述导轨上均滑动的设置有滑块,所述滑块通过所述弹性件与所述移动件连接。

[0017] 优选的,上述串联弹性驱动装置中,还包括控制系统,所述控制系统包括:

[0018] 控制器;

[0019] 设置在所述传动结构的旋转圆心上,并用于检测所述传动结构旋转角度的编码器,所述编码器与所述控制器通信连接;

[0020] 设置在所述传动结构上,用于分别控制所述第一驱动部件和所述第二驱动部件的多个驱动器,所述驱动器与所述控制器通信连接。

[0021] 优选的,上述串联弹性驱动装置中,所述固定结构和所述安装架均为通过板材连接成的U型结构,且两个所述U型结构的开口相对设置,所述刚度调节结构、所述导轨和所述滑块均设置在两个所述U型结构围成的内侧空间中。

[0022] 优选的,上述串联弹性驱动装置中,所述第一驱动装置为电动机,所述电动机的机体固定设置在所述内侧空间的外侧,且所述电动机的输出轴伸入到所述内侧空间中,并与位于所述内侧空间中的所述连接件连接。

[0023] 优选的,上述串联弹性驱动装置中,所述编码器通过编码器支架设置在所述传动结构的旋转圆心上,且所述编码器支架上设置有对所述编码器进行阻挡,以避免所述编码器脱落的挡板。

[0024] 优选的,上述串联弹性驱动装置中,所述导轨的两端通过固定块与所述安装架的内壁连接;全部所述滑块通过固定板连为一体。

[0025] 优选的,上述串联弹性驱动装置中,所述安装架远离所述固定结构的一端连接有输出件,所述输出件位于所述安装架的外侧。

[0026] 本发明提供的串联弹性驱动装置,其在固定结构和传动结构之间设置了刚度调节结构,并通过该刚度调节结构实现固定结构和传动结构之间转动动力的传递,而该刚度调节结构包括在第一驱动部件的驱动下转动的连接件,以及移动的设置在该连接件上的移动件,同时弹性件连接在移动件传动结构之间,以将转动动力从刚度调节结构传递给传动结构,由于移动件在连接件上移动的过程中,能够改变移动件与连接件的旋转中心之间的距离,即能够改变刚度调节结构在转动动力传递过程中有效力臂的长度,而通过胡可定律可以得出,有效力臂的长度与串联弹性驱动装置的输出刚度成正比,所以通过改变移动件与连接件的旋转中心之间的距离,就能够改变串联弹性驱动装置的输出刚度,从而实现了串联弹性驱动装置的输出刚度的连续调节,且其结构简单,并且弹性件的使用还能够令串联弹性驱动装置的能量利用率得到提高,进而使得串联弹性驱动装置的环境适应性得到显著的提高。

附图说明

[0027] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据

提供的附图获得其他的附图。

[0028] 图1为本发明实施例提供的串联弹性驱动装置的结构示意图；

[0029] 图2为串联弹性驱动装置另一角度的结构示意图；

[0030] 图3为刚度调节结构与传动结构配合的结构示意图；

[0031] 图4为串联弹性驱动装置的变刚度原理数学模型图；

[0032] 图5为串联弹性驱动装置的动力传输路径图；

[0033] 图6为串联弹性驱动装置的动力学模型图；

[0034] 图7为控制系统的控制策略图。

[0035] 以上图1-图7中：

[0036] 1-固定结构,2-第一驱动部件,3-弹性件,4-连接件,5-移动件,6-丝杠,7-第二驱动部件,8-安装架,9-导轨,10-滑块,11-编码器,12-驱动器,13-编码器支架,14-挡板,15-固定块,16-固定板,17-输出件,18-电机支撑架,19-端盖。

具体实施方式

[0037] 本发明提供了一种串联弹性驱动装置,其能够实现输出刚度的连续调节,且结构简单,能量利用率高,令环境适应性得到了显著的提高。

[0038] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0039] 如图1-图7所示,本发明实施例提供了一种串联弹性驱动装置,该装置通过在驱动电机输出端添加弹性件3,再通过弹性件3连接至输出件17,以构成串联弹性驱动装置,其能够很好的应用在智能动力假肢、外骨骼助行装置、机械操作臂等设备中,在变化的作业环境与不确定的人机交互中,可以显著提高机械设备能量利用率、运行柔顺性与人机交互安全性,具有极大的应用价值。该串联弹性驱动装置主要包括固定结构1、第一驱动部件2、刚度调节结构和传动结构,其中,第一驱动部件2固定设置在固定结构1上,其用于驱动刚度调节结构在固定结构1上进行转动,同时,传动结构也转动的连接在固定结构1上,并且传动结构通过弹性件3与刚度调节结构连接,在第一驱动部件2驱动刚度调节结构转动时,刚度调节结构的转动动力可以通过弹性件3的弹性变形而传递给传动结构,从而实现传动结构的转动,即转动动力的传递路径依次为第一驱动部件2、刚度调节结构、传动结构;上述结构中,刚度调节结构又主要包括连接件4和移动件5,连接件4与第一驱动部件2连接(当第一驱动部件2优选为电动机时,连接件4与电动机的输出轴连接),并在第一驱动部件2的驱动下转动,而设置在连接件4上的移动件5可以在连接件4上移动,并且通过移动能够使连接件4的旋转中心与移动件5之间的距离发生改变(或者说使弹性件3的安装端与第一驱动部件2旋转中心之间的力臂长度发生改变),而该距离的改变又能够使传动结构的输出刚度发生改变。本实施例中,弹性件3优选为螺旋弹簧,如图1-图5所示,在满足工作要求的前提下,弹性件3还可以为扭簧、弹性片等,此弹性件3在动力传递过程中发生了弹性变形,可实现能量的存储与释放,以减少第一驱动部件2的能量输出和能耗,提高了串联弹性驱动装置的能量利用率。

[0040] 为了进一步优化技术方案,本实施例提供的串联弹性驱动装置,如图1-图3所示,优选连接件4为连接板,且连接板上固定设置有平行于连接板的丝杠6,丝杠6的一端(即顶端)与连接板的旋转中心对齐并连接,移动件5为螺纹连接在丝杠6上的螺母,该丝杠6和螺母属于刚度调节结构的组成部分。此丝杠螺母机构在进行工作时,通过使丝杠6转动而实现螺母在丝杠6轴向上的移动,就能够自由的调节弹性件3的安装端(即与螺母连接的一端)与第一驱动部件2旋转中心之间的力臂长度,从而自由调节串联弹性驱动装置的对外输出刚度,增强了串联弹性驱动装置的环境适应性。

[0041] 具体的,通过改变移动件5与连接件4的旋转中心之间的距离(此距离也可称为弹性件3的安装端与第一驱动部件2旋转中心之间的力臂长度)而实现串联弹性驱动装置输出刚度调节的原理如下:

[0042] 如图4所示,根据胡克定律可知:

$$[0043] \quad F = K_s(p + \delta X) - K_s(p - \delta X) = 2K_s\delta X \approx 2K_s r \sin \varphi$$

$$[0044] \quad T = F r \cos \varphi = 2K_s r^2 \cos \varphi \sin \varphi$$

$$[0045] \quad \varphi = \theta - q$$

$$[0046] \quad K = \frac{dT}{d\varphi} = -2K_s r^2 (\sin \varphi)^2 + 2K_s r^2 (\cos \varphi)^2 \\ = 2K_s r^2 [2(\cos \varphi)^2 - 1]$$

[0047] 其中, r 是力臂长度(即第一驱动部件2的旋转中心到螺母的距离), p 是弹性件3的预紧压缩量, θ 是第一驱动部件2的旋转角度(即连接件4的旋转角度), q 是输出件17(输出件17为整个串联弹性驱动装置最终输出动力的部件,其在后续内容中说明)的旋转角度, δX 是弹性件3的压缩量, K_s 是弹性件3的固有刚度, K 是串联弹性驱动装置的输出刚度, F 是弹性件3的弹力, T 是由于弹性件3压缩产生的输出件17末端的力矩。由此可见,该串联弹性驱动装置的输出刚度 K 是随着力臂长度 r 与 φ 的变化而变化的,力臂长度增大时,输出刚度增大,力臂长度减小时,刚度减小,即此两者成正比。当弹性件3处于平衡位置时, $\theta = q$ 即 $\varphi = 0$, $K = 2K_s r^2$ 。

[0048] 选择丝杠6作为刚度调节结构的传动部件,能实现高精度的可靠控制与调节,同时耗能较少,可增加串联弹性驱动装置的能量密度。丝杠6的顶端与连接件4同心连接,能够实现丝杠6和连接件4的同轴转动。

[0049] 为了更加灵活、高效的提升输出刚度的调节效果,如图1-图3所示,还令连接件4上固定设置有第二驱动部件7,此第二驱动部件7能够驱动丝杠6转动,以使螺母能够在丝杠6的轴向上移动,同样的,该第二驱动部件7也属于刚度调节结构的组成部分,并且优选第二驱动部件7为电动机。具体的,第二驱动部件7通过电机支撑架18固定于连接件4上,第二驱动部件7的输出轴通过使用联轴器与丝杠6的底端连接,并将旋转运动传递给丝杠6,丝杠6旋转带动螺母在丝杠6的轴向上往复移动,实现输出刚度的连续调节。

[0050] 在上述过程中,当连接件4(或丝杠6或输出件17)的角位移为零(空载)时,即当弹性件3的弹力垂直于弹性件3的运动方向时,调整刚度所需的能量很低。当输出件17偏离平衡位置时,弹力 F 在丝杠6轴向上的分力 F_r 为:

$$[0051] \quad F_r = F \sin \varphi = 2K_s r (\sin \varphi)^2$$

[0052] 其中, F_r 总是让弹性件3趋近于转动中心,也就是第二驱动部件7在进行刚度调节时需要克服的力,即,对于一定的刚度变化,第二驱动部件7需要克服由于力臂长度变化而产生的阻力。根据刚度需求 $K_{\min} \leq K \leq K_{\max}$, 又因为 $K = 2K_s r^2$, 以刚度从最小值改变所需能量来计算,可得:

$$[0053] \quad r_{\min} = \left(\frac{K_{\min}}{2K_s} \right)^{0.5} \quad r_{\max} = \left(\frac{K_{\max}}{2K_s} \right)^{0.5} \quad r_{\min} \leq r \leq r_{\max}$$

$$[0054] \quad E = \int_{r_{\min}}^r F_r dr \approx K_s (r^2 - r_{\min}^2) (\sin \varphi)^2$$

[0055] 其中, r 是力臂长度, $r_{\min}$ 是最小力臂长度, $r_{\max}$ 是最大力臂长度, $K_{\max}$ 是串联弹性驱动装置的最大输出刚度, $K_{\min}$ 是串联弹性驱动装置最小的输出刚度, E 是串联弹性驱动装置调节刚度时的能耗。

[0056] 优选的,如图1-图5所示,传动结构包括与固定结构1转动连接的安装架8,以及固定设置在安装架8上并与丝杠6平行且分别位于丝杠6两侧的多个导轨9,每个导轨9上均滑动的设置有滑块10,滑块10通过弹性件3与移动件5连接。通过在丝杠6两侧添加导轨9,既可以对移动件5起导向作用,又可减少丝杠6的径向受力,防止丝杠6因受力过大而变形。同时,移动件5与位于其两侧的导轨9上的滑块10之间均连接有弹性件3,即移动件5的两侧均设置了弹性件3,以使安装架8无论相对于刚度调节结构顺时针转动还是逆时针转动都能够压缩弹性件3(转动方向不同压缩的弹性件3也不同),从而实现弹性驱动。在转动动力传递的过程中,移动件5随连接件4的摆动压缩两侧弹性件3,而该弹性件3则可以作为能量转换部件,提高串联弹性驱动装置的能量利用率,减少能耗。具体的是,在输出件17受到外力碰撞时,弹性件3会吸收碰撞能量,而在碰撞消失时,弹性件3则会释放碰撞能量。如此设置的串联弹性驱动装置,主要应用于周期性运动中,通过适当的调节刚度,可有效的提高串联弹性驱动装置的能量利用率,比如,在简单的正弦运动中,当系统的频率与所期望轨迹的频率相匹配时,系统耗能是最小的。另外,本实施例还优选滑块10为通过直线轴承滑动的设置在圆柱形导轨9上的滑动螺母(为了与作为移动件5的螺母区分,本实施例将设置在导轨9上的螺母称之为滑动螺母,其结构可以与作为移动件5的螺母相同或不同)。

[0057] 如图6所示,本实施例提供的串联弹性驱动装置可被简化成由一个弹簧和两个质量块的系统,该系统的动力学模型为:

$$[0058] \quad \begin{cases} I_M \ddot{\theta} + B_M \dot{\theta} + K(\theta - q) = T_M \\ (I_L + ML^2) \ddot{q} + B_L \dot{q} + K(\theta - q) = T_L \end{cases}$$

[0059] 其中, I_M 为第一驱动部件2的惯性矩阵, B_M 为第一驱动部件2端的摩擦阻尼, T_M 为第一驱动部件2的输出力矩, I_L 为输出件17的惯性矩阵, M 为输出件17端的负载, B_L 为输出件17的摩擦阻尼, T_L 为负载力矩, $\dot{\theta}$ 为第一驱动部件2的角速度, $\ddot{\theta}_e$ 为第一驱动部件2的期望角速度, $\dot{q}$ 为输出件17的转动角速度, $\ddot{q}$ 为输出件17的转动角加速度。因为输出件17的相对转动处均添加了滚动轴承以降低转动摩擦,所以阻尼 B_M 可以忽略 ($B_M = 0$)。在无负载的情况下, $T_L = 0$, 则第一驱动部件2端的旋转角度可计算为:

$$[0060] \quad \theta = \frac{(I_L + ML^2)}{K} \ddot{q} + q$$

[0061] 输出件17的固有频率 f 是输出件17及其附件的刚度和惯性的函数:

$$[0062] \quad f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{K}{(I_L + ML^2)}}$$

[0063] 在具有固定频率的正弦期望轨迹下,输出件17的固有频率可以调到与期望轨迹相同的频率,从而可以有效的减少能量消耗。

[0064] 进一步的,本实施例提供的串联弹性驱动装置还包括控制系统,如图2所示,该控制系统包括:控制器(图中未示出);设置在传动结构的旋转圆心上,并用于检测传动结构旋转角度的编码器11,该编码器11与控制器通信连接;设置在传动结构上,用于分别控制第一驱动部件2和第二驱动部件7的多个(优选为两个)驱动器12,此驱动器12也与控制器通信连接。其中,编码器11安装于安装架8的旋转中心处,其用于读取安装架8的实际转角,并与期望转角求取误差,同时还用于反馈控制,调整期望轨迹。控制器(电脑)通过can通信协议给驱动器12发送指令,驱动器12驱动第一驱动部件2和第二驱动部件7,实现期望轨迹与期望刚度。通过给定期望轨迹 q_d 与期望刚度 K_d ,利用控制器控制第一驱动部件2和第二驱动部件7的转动,通过在控制方案中添加前馈项 $g(q)$ 和 $k_{1d}\dot{q}$,克服外部扰动补偿重力与阻尼振荡,消除重力、弹性件3与输出件17间振荡的影响。控制器的输入为输出件17的期望转角 q_d 和串联弹性驱动装置的期望刚度 K_d , K_{mp} 为比例系数, k_{md} 为微分系数, θ_d 为第一驱动部件2的期望转角,由输出件17的期望转角 q_d 和由于弹性件3的转动影响输出件17的被动转角 $\Delta\theta$ 计算得出:

$$[0065] \quad \theta_d = q_d + \Delta\theta$$

[0066] 而输出件17的被动挠度 $\Delta\theta$ 可由关节力矩 τ 和串联弹性驱动装置的刚度 K 算出:

$$[0067] \quad \Delta\theta = \frac{\tau}{K} \quad K = 2K_s \left(\frac{\rho}{2\pi} \sigma \right)^2 (2(\cos\varphi)^2 - 1)$$

[0068] 其中, ρ 是丝杠6的导程, σ 是第二驱动部件7的转角, σ_d 是实现期望刚度 K_d 的第二驱动部件7需要转动的期望转角。

$$[0069] \quad \sigma_d = \frac{2\pi}{\rho} \sqrt{\frac{K_d}{2K_s (2(\cos\varphi)^2 - 1)}}$$

$$[0070] \quad \tau_m = k_{mp}(\theta_d - \theta) + k_{md}(\dot{\theta}_d - \dot{\theta}) + k_{1d}\dot{q} + g(q)$$

[0071] 具体的,如图1-图3所示,本实施例还优选固定结构1和安装架8均为通过板材连接成的U型结构,且两个U型结构的开口相对设置,刚度调节结构、编码器11、导轨9和滑块10等部件均设置在两个U型结构围成的内侧空间中。其中,固定结构1和安装架8通过多个轴承连接,每个轴承外侧均设置有端盖19,其用于挡住轴承,避免轴承在固定结构1和安装架8相对转动的过程中脱落,同时还可以防止灰尘进入轴承。

[0072] 本实施例中,如图1-图3所示,优选第一驱动装置为电动机,电动机的机体固定设置在内侧空间的外侧,且电动机的输出轴伸入到内侧空间中,并与位于内侧空间中的连接件4连接,同时,优选驱动器12也设置在内侧空间的外侧,具体的是设置在安装架8的外壁上。

[0073] 并且,编码器11通过编码器支架13设置在传动结构的旋转圆心上,如图2所示,且编码器支架13上设置有对编码器11进行阻挡,以避免编码器11脱落的挡板14。设置编码器支架13和挡板14,能够更加稳定、合理的设置编码器11,更加可靠的保证了编码器11的正常工作。

[0074] 具体的,如图1-图3所示,优选导轨9的两端通过固定块15与安装架8的内壁连接,并且全部滑块10通过固定板16连为一体。如此设置,能够进一步提高串联弹性驱动装置结构稳定性和工作可靠性。

[0075] 如图1-图3所示,安装架8远离固定结构1的一端连接有输出件17,且输出件17位于安装架8的外侧。该输出件17为杆状件,其用于与外接部件连接,传动结构获得的动力、扭矩通过该输出件17传递给外接部件。

[0076] 综上所述,本实施例提供的串联弹性驱动装置具有以下优点:

[0077] (1) 本申请采用多目标优化设计方法,开发了一种刚度可调的直线型串联弹性驱动装置,其具有高功率/质量比、高柔顺性、结构简单、能耗低,控制算法智能化,能够满足串联弹性驱动装置的应用需求。

[0078] (2) 本申请通过添加丝杠螺母机构并使其与电动机配合,实现了刚度的连续变化,且刚度变化范围大、缓冲性能良好、结构简单,提高了串联弹性驱动装置的环境适应性。

[0079] (3) 本申请具有能量转换部件,能够在机器人碰撞时收集并存储机器人的惯性势能,起到缓冲减震的作用,并在机器人主动工作时,对弹性关节的驱动部件(即第一驱动部件2)进行能量补偿,极大的提高了能量的利用率,减小了能耗。

[0080] 本说明书中对各部分结构采用递进的方式描述,每个部分的结构重点说明的都是与现有结构的不同之处,串联弹性驱动装置的整体及部分结构可通过组合上述多个部分的结构而得到。

[0081] 对所公开的实施例的上述说明,使本领域专业技术人员能够实现或使用本发明。对这些实施例的多种修改对本领域的专业技术人员来说将是显而易见的,本文中所定义的一般原理可以在不脱离本发明的精神或范围的情况下,在其它实施例中实现。因此,本发明将不会被限制于本文所示的这些实施例,而是要符合与本文所公开的原理和新颖特点相一致的最宽的范围。

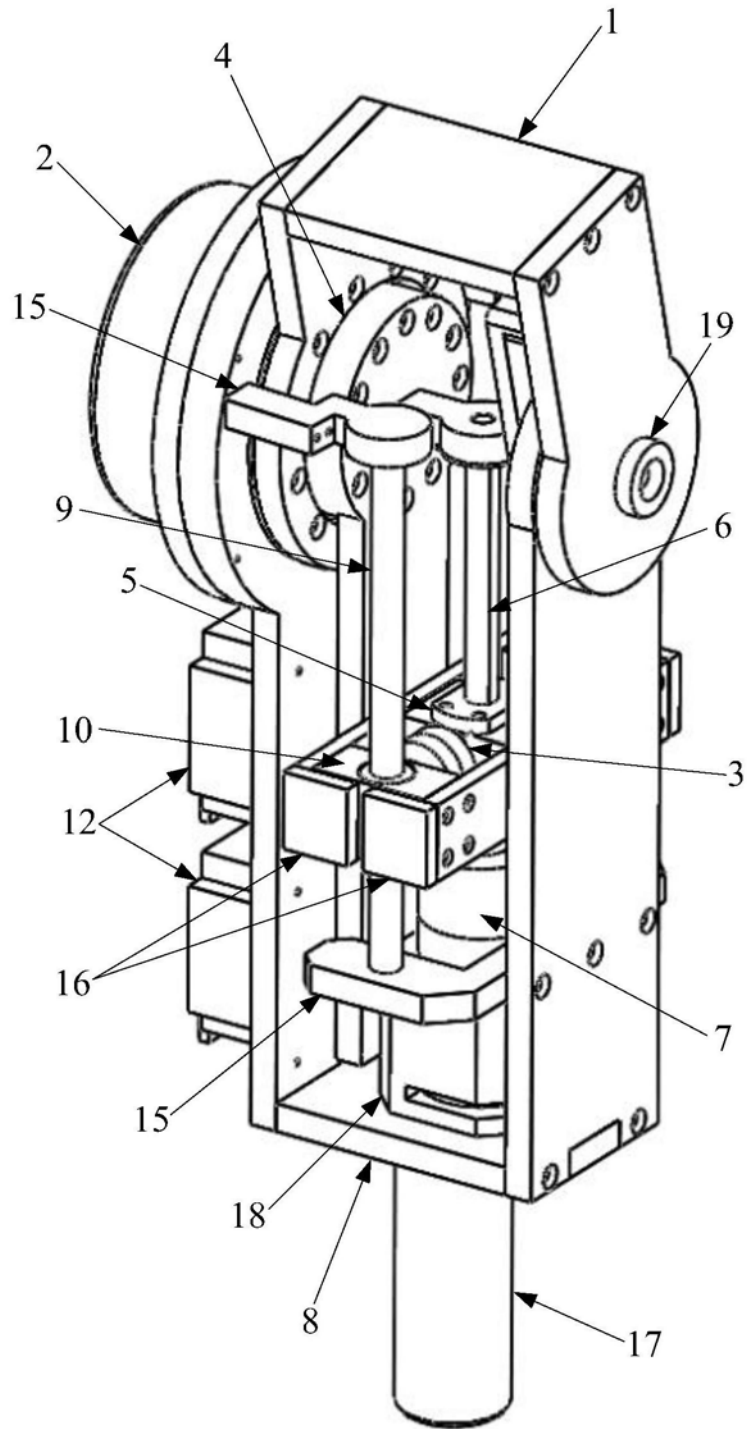


图1

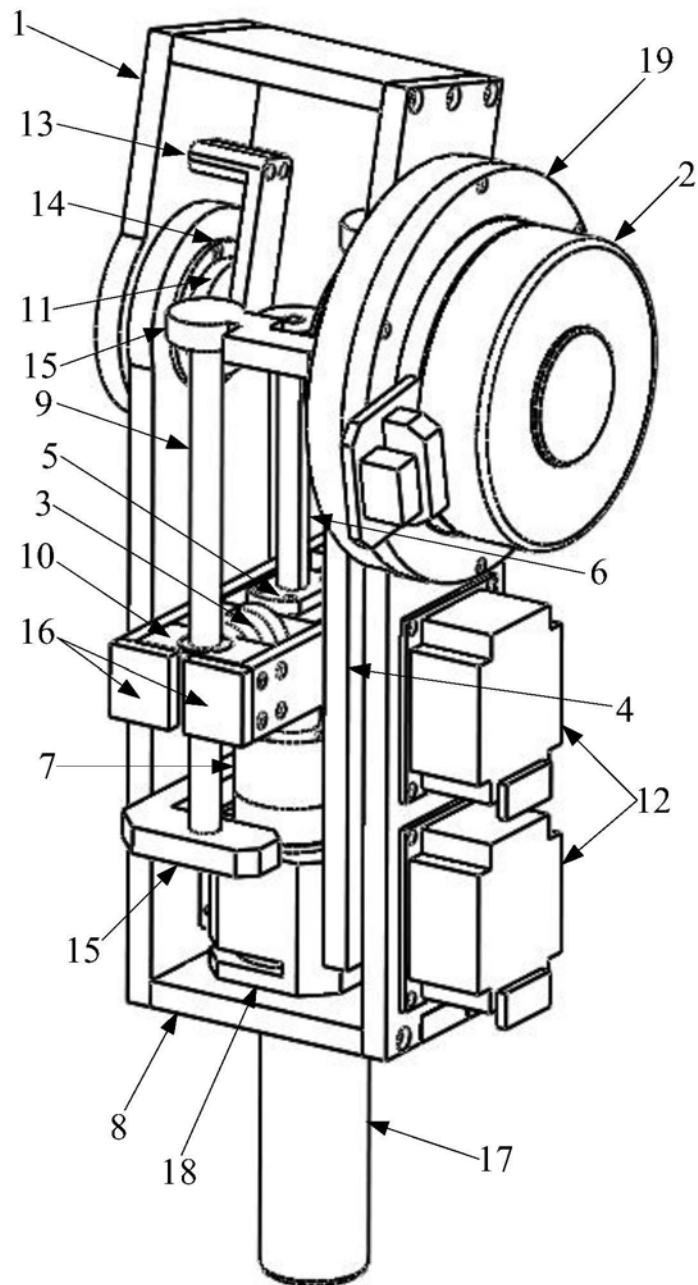


图2

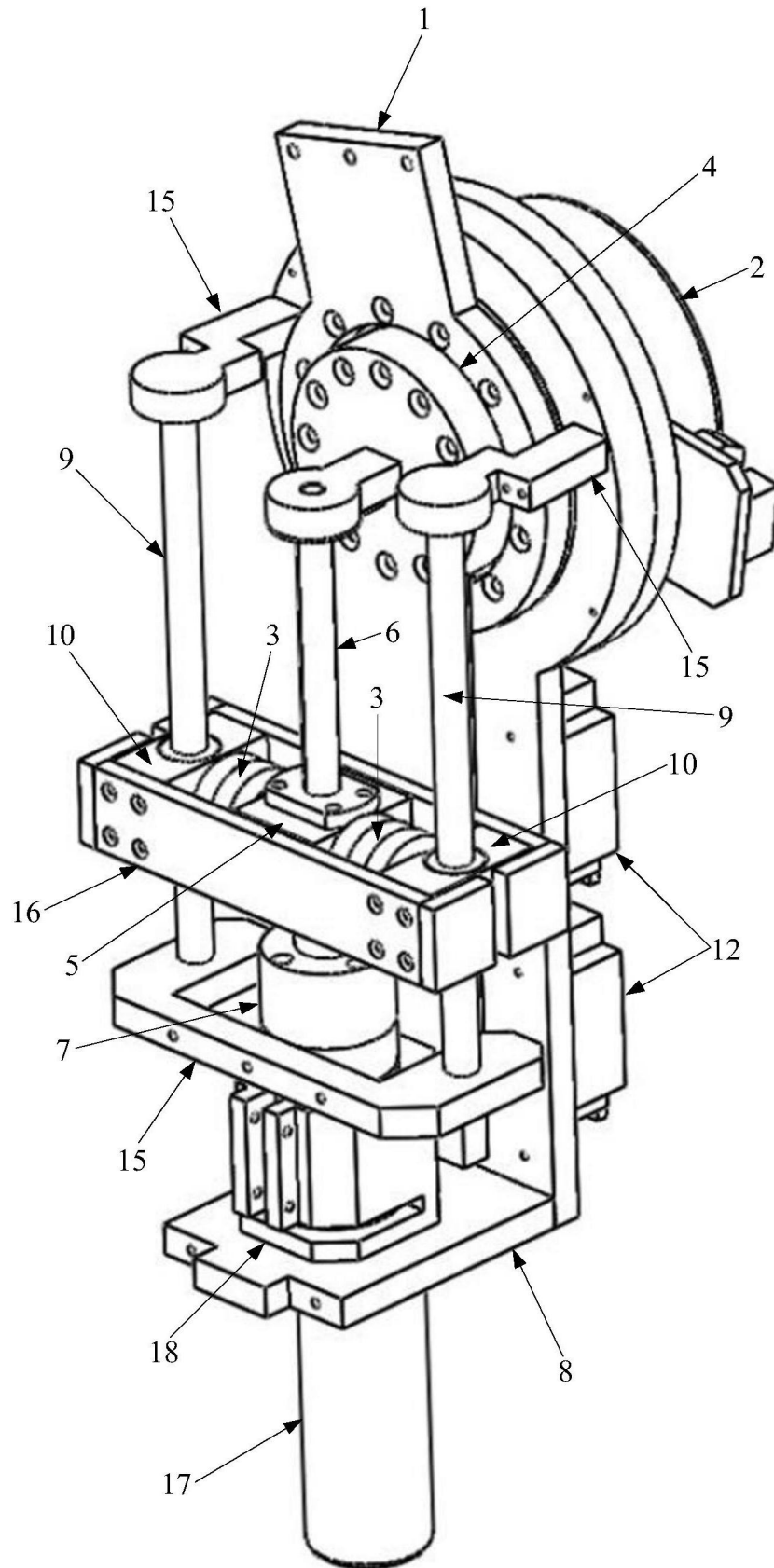


图3

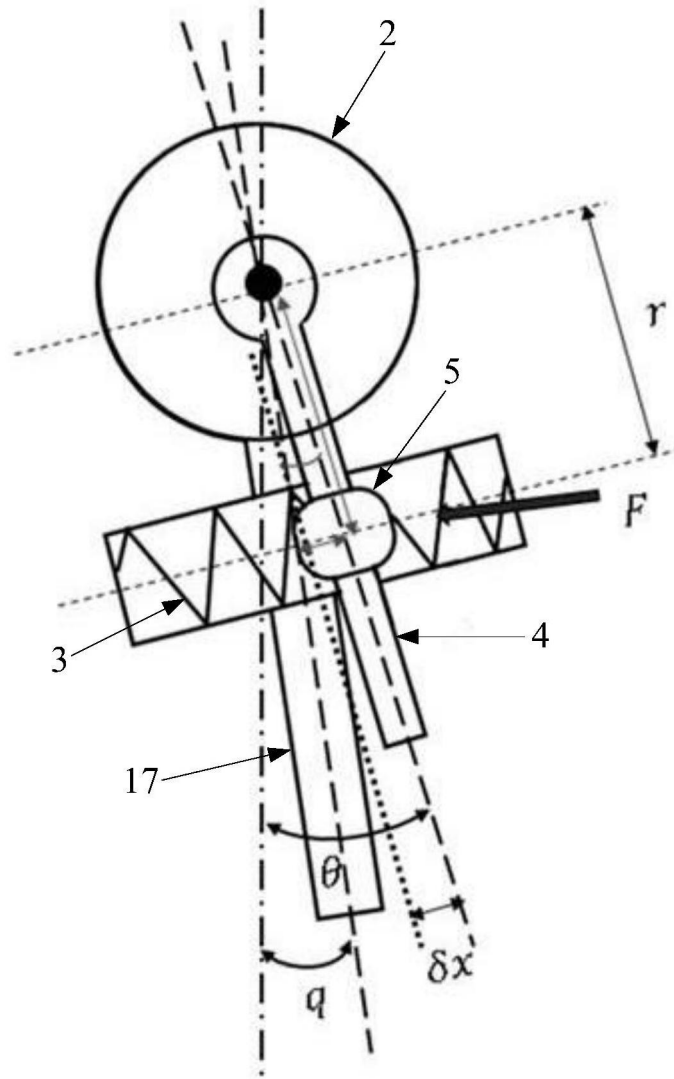


图4

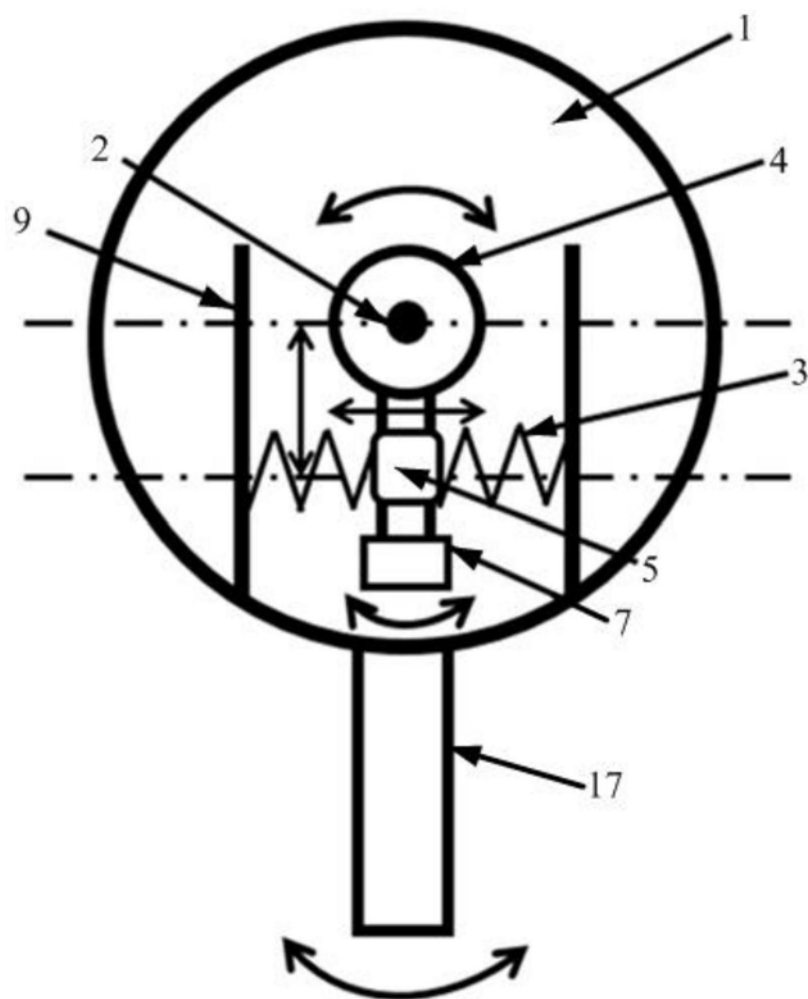


图5

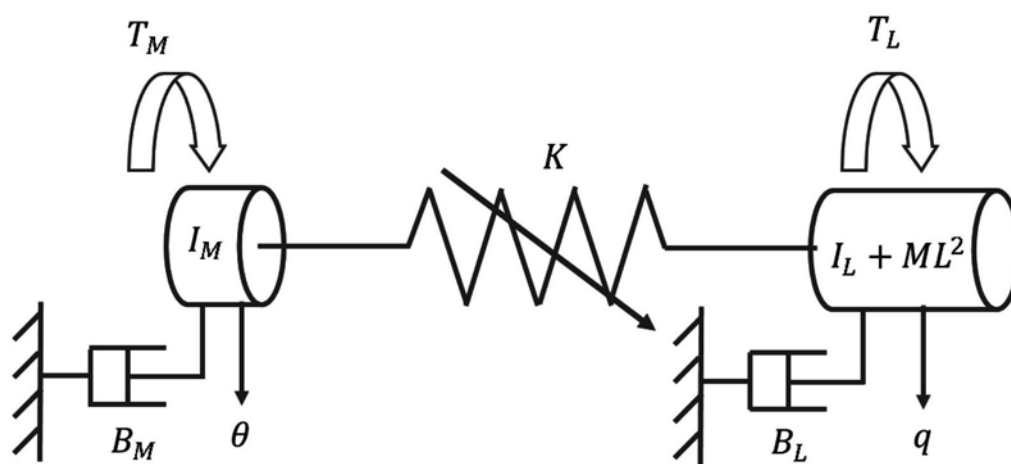


图6

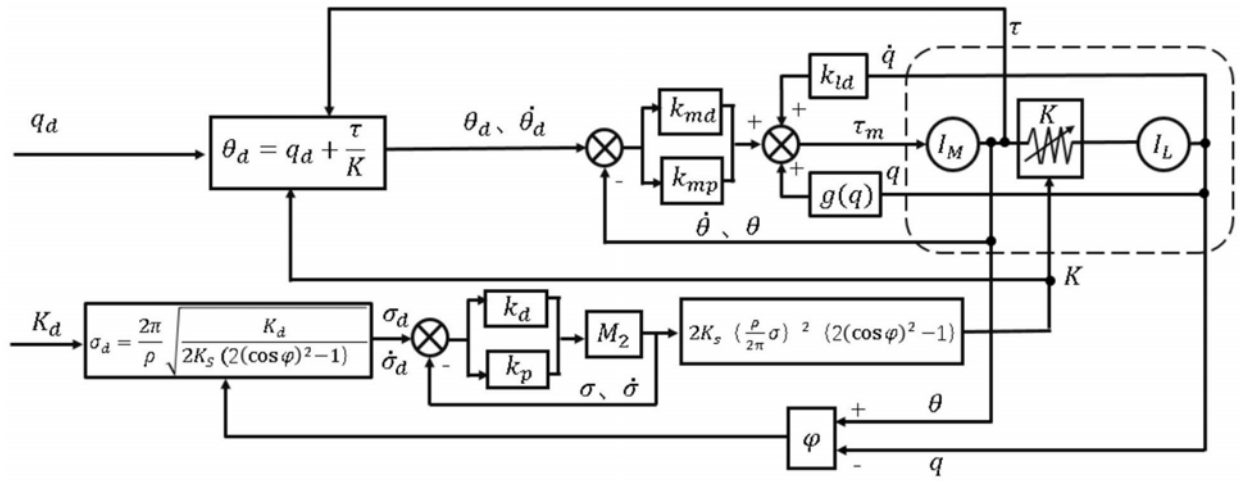


图7