



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117697822 A

(43) 申请公布日 2024.03.15

(21) 申请号 202311520356.3

(22) 申请日 2023.11.15

(71) 申请人 北京航空航天大学宁波创新研究院
地址 315832 浙江省宁波市北仑区梅山街
道康达路三创基地一期7号组团

(72) 发明人 邵一鑫 张武翔 丁希仑 常保宁
赵婉伊

(74) 专利代理机构 宁波市鄞州盛飞专利代理事
务所(特殊普通合伙) 33243
专利代理师 李普照

(51) Int.Cl.
B25J 19/00 (2006.01)

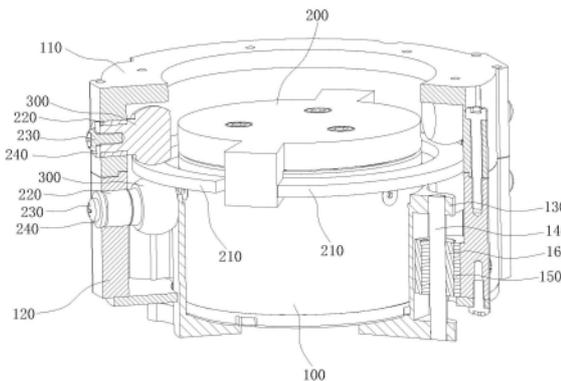
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54) 发明名称

一种基于板簧长度调节原理的移动型变刚度机构

(57) 摘要

本发明公开了一种基于板簧长度调节原理的移动型变刚度机构,属于机器人技术领域。其包括:刚度调节电机;圆弧板簧,其安装于刚度调节电机的输出端,圆弧板簧具有至少一条支链,支链一端为固定端并与圆弧板簧连接且另一端为自由端;接触件,其与支链相抵接,通过刚度调节电机驱动圆弧板簧转动,带动支链同步转动,此时接触件在支链的自由端至固定端之间运动以调节机构刚度。通过采用圆弧板簧作为弹性元件,刚度调节电机可以直接驱动圆弧板簧旋转实现机构刚度调节,不再需要任何额外的机构,极大简化了机构结构设计,提高了机构的可靠性,且本变刚度机构可直接应用于构建直线型变刚度驱动器、打磨抛光机器人力控末端执行器、柔性振动装置等。



1. 一种基于板簧长度调节原理的移动型变刚度机构,其特征在于,包括:
刚度调节电机;

圆弧板簧,其安装于所述刚度调节电机的输出端,所述圆弧板簧具有至少一条支链,所述支链一端为固定端并与所述圆弧板簧连接且另一端为自由端;

接触件,其一端固定安装且另一端与所述支链相抵接,通过所述刚度调节电机驱动所述圆弧板簧转动,带动所述支链同步转动,此时所述接触件在所述支链的自由端至固定端之间运动以调节机构刚度。

2. 根据权利要求1所述的一种基于板簧长度调节原理的移动型变刚度机构,其特征在于,当所述支链的数量设有两条时,两条所述支链分别与所述圆弧板簧连接并呈中心对称式分布。

3. 根据权利要求1所述的一种基于板簧长度调节原理的移动型变刚度机构,其特征在于,所述支链呈弧形设置,其宽度从其固定端至自由端逐渐减小。

4. 根据权利要求1所述的一种基于板簧长度调节原理的移动型变刚度机构,其特征在于,随着所述接触件的位置从所述支链的自由端向固定端移动,机构的刚度逐渐递增。

5. 根据权利要求2所述的一种基于板簧长度调节原理的移动型变刚度机构,其特征在于,所述接触件可设置为滚子,两条所述支链上均具有所述滚子,随着所述圆弧板簧的转动,两个所述滚子在两条所述支链上的位置始终保持一致。

6. 根据权利要求1所述的一种基于板簧长度调节原理的移动型变刚度机构,其特征在于,还包括第一壳体与第二壳体,两者上下对应设置并连接,所述第一壳体与所述第二壳体可同步地沿着所述刚度调节电机的轴线方向反向移动。

7. 根据权利要求6所述的一种基于板簧长度调节原理的移动型变刚度机构,其特征在于,所述第一壳体以及所述第二壳体的侧壁上分别开设有用于安装所述接触件的通孔,所述支链的上下两端面分别与两个所述接触件抵接,通过调节所述第一壳体与所述第二壳体之间的松紧程度以改变所述接触件对所述支链的压力。

8. 根据权利要求7所述的一种基于板簧长度调节原理的移动型变刚度机构,其特征在于,所述通孔与所述接触件之间安装有滑动轴承,同时所述接触件的外端通过螺栓、垫片连接并限位。

9. 根据权利要求6所述的一种基于板簧长度调节原理的移动型变刚度机构,其特征在于,还包括电机固定组件,其具有:

电机固定套,所述刚度调节电机设置在所述电机固定套内;

钢轴,其竖直安装在所述电机固定套上;

直线轴承座,其通过紧固件固定在所述第二壳体上;

直线轴承,其安装在所述直线轴承座内,同时所述钢轴穿设于所述直线轴承。

10. 根据权利要求9所述的一种基于板簧长度调节原理的移动型变刚度机构,其特征在于,多组所述钢轴、所述直线轴承以及所述直线轴承座组成移动副约束并用于限制所述第一壳体与所述第二壳体的移动方向。

一种基于板簧长度调节原理的移动型变刚度机构

技术领域

[0001] 本发明属于机器人技术领域,具体涉及一种基于板簧长度调节原理的移动型变刚度机构。

背景技术

[0002] 随着机器人技术的发展,机器人的应用场景从传统的工业生产逐渐渗透到智能制造、服务、医疗等领域,新一代机器人需要具备人-机-环境物理交互和高动态响应能力。变刚度机构是一类刚度可根据作业任务进行调节的柔性机构,将其串联应用于机器人关节电机与输出端之间可有效提升机器人交互柔顺性和抗冲击能力,同时也可通过实时调节机构刚度提升机器人对复杂任务的适应能力。此外,变刚度机构还可用于设计铺丝机器人、打磨抛光机器人末端执行器,通过控制机构刚度随工件末端位置变化可实现机器人与工件之间接触压力的间接控制。

[0003] 变刚度机构的设计通常需要集成弹性元件和刚度调节机构,如何在保证机构具有足够刚度调节能力的基础上,实现机构轻量化、小型化和集成化设计是当前的设计难点。

[0004] 中国专利申请号CN202310448440.2公开了“一种主动变刚度串联弹性驱动器及其控制方法”,以螺旋弹簧作为弹性体,借助齿轮齿条及行星轮系机构改变驱动器末端和弹性元件间的有效杠杆臂长度进行刚度调节。该驱动器的刚度调节需要将电机旋转运动转换为支点直线运动,增加了结构设计复杂度;

[0005] 中国专利申请号CN201910277764.8公开了“一种可变刚度驱动执行器及机器人”,采用“S”型弹性元件,通过刚度调节电机带动多个带轮机构实现多组弹性元件旋转进行刚度调节,虽不再需要将电机旋转运动转换为支点直线运动,但仍旧使用了多组带轮机构实现弹性元件运动同步。

[0006] 此外,现有变刚度机构多用于产生旋转运动,很少有用于产生直线运动的变刚度机构设计。

发明内容

[0007] 本发明是针对现有技术存在的上述问题,提出了一种结构紧凑、传动链路简单、可靠性高的移动型变刚度机构,基于圆弧板簧长度调节原理实现机构刚度大范围连续调节。

[0008] 本发明可通过下列技术方案来实现:

[0009] 一种基于板簧长度调节原理的移动型变刚度机构,包括:

[0010] 刚度调节电机;

[0011] 圆弧板簧,其安装于所述刚度调节电机的输出端,所述圆弧板簧具有至少一条支链,所述支链一端为固定端并与所述圆弧板簧连接且另一端为自由端;

[0012] 接触件,其与所述支链相抵接,通过所述刚度调节电机驱动所述圆弧板簧转动,带动所述支链同步转动,此时所述接触件在所述支链的自由端至固定端之间运动以调节机构刚度。

[0013] 作为本发明的进一步改进,当所述支链的数量设有两条时,两条所述支链分别与所述圆弧板簧连接并呈中心对称式分布。

[0014] 作为本发明的进一步改进,所述支链呈弧形设置,其宽度从其固定端至自由端逐渐减小。

[0015] 作为本发明的进一步改进,随着所述接触件的位置从所述支链的自由端向固定端移动,机构的刚度逐渐递增。

[0016] 作为本发明的进一步改进,所述接触件可设置为滚子,两条所述支链上均具有所述滚子,随着所述圆弧板簧的转动,两个所述滚子在两条所述支链上的位置始终保持一致。

[0017] 作为本发明的进一步改进,还包括第一壳体与第二壳体,两者上下对应设置并连接,所述第一壳体与所述第二壳体可同步地沿着所述刚度调节电机的轴线方向反向移动。

[0018] 作为本发明的进一步改进,所述第一壳体以及所述第二壳体的侧壁上分别开设有用于安装所述接触件的通孔,所述支链的上下两端面分别与两个所述接触件抵接,通过调节所述第一壳体与所述第二壳体之间的松紧程度以改变所述接触件对所述支链的压力。

[0019] 作为本发明的进一步改进,所述通孔与所述接触件之间安装有滑动轴承,同时所述接触件的外端通过螺栓、垫片连接并限位。

[0020] 作为本发明的进一步改进,还包括电机固定组件,其具有:

[0021] 电机固定套,所述刚度调节电机设置在所述电机固定套内;

[0022] 钢轴,其竖直安装在所述电机固定套上;

[0023] 直线轴承座,其通过紧固件固定在所述第二壳体上;

[0024] 直线轴承,其安装在所述直线轴承座内,同时所述钢轴穿设于所述直线轴承。

[0025] 作为本发明的进一步改进,多组所述钢轴、所述直线轴承以及所述直线轴承座组成移动副约束并用于限制所述第一壳体与所述第二壳体的移动方向。

[0026] 与现有技术相比,本发明具有如下有益效果:

[0027] 1、本申请设计了一种移动型的变刚度机构,可直接应用于构建直线型变刚度驱动器、打磨抛光机器人力控末端执行器、柔性振动装置等;

[0028] 2、本申请设计了圆弧板簧作为弹性元件,且圆弧板簧的圆弧中心与刚度调节电机轴线重合,刚度调节电机可以直接驱动圆弧板簧旋转实现机构刚度调节,不再需要任何额外的机构,极大简化了机构结构设计,提高了机构的可靠性;

[0029] 3、当接触件与支链的自由端抵接时,整个机构处于最低刚度状态,反之当接触件与支链的固定端抵接时,整个机构处于最高刚度状态,当接触件从支链的自由端移动至其固定端的过程中,整个机构的刚度逐渐递增,由此实现机构刚度大范围连续调节的目的;

[0030] 4、本申请具有第一输出组件和第二输出组件,两者上均安装有接触件,通过调节第一输出组件与第二输出组件连接的松紧程度即可实现圆弧板簧与接触件的紧密接触,进而减小由于圆弧板簧的支链与接触件之间存在间隙引起输出力矩曲线滞回;

[0031] 5、圆弧板簧的支链呈弧形设置,其宽度从其固定端至自由端逐渐减小,可在保证板簧结构强度的基础上提高板簧柔性和机构变形范围;

[0032] 6、接触件采用球形滚子而非圆柱形滚子,能够避免滚子与圆弧板簧非线性接触约束引起的非线性刚度的产生,进而利于控制器设计。

附图说明

- [0033] 图1是本发明的基于板簧长度调节原理的移动型变刚度机构的剖视图；
- [0034] 图2是本发明的基于板簧长度调节原理的移动型变刚度机构装配后的结构示意图；
- [0035] 图3是本发明的刚度调节电机及电机固定组件装配后的结构示意图；
- [0036] 图4是本发明的接触件从圆弧板簧支链的自由端移动至固定端的过程示意图；
- [0037] 图5是本发明采用球形滚子的变形-力关系图；
- [0038] 图6是本发明采用圆柱形滚子的变形-力关系图。
- [0039] 图中,100、刚度调节电机;110、第一壳体;120、第二壳体;130、电机固定套;140、钢轴;150、直线轴承座;160、直线轴承;
- [0040] 200、圆弧板簧;210、支链;211、固定端;212、自由端;220、滑动轴承;230、螺栓;240、垫片;
- [0041] 300、接触件。

具体实施方式

[0042] 以下是本发明的具体实施例并结合附图,对本发明的技术方法作进一步的描述,但本发明并不限于这些实施例。

[0043] 如图1-6所示,本发明提供了一种基于板簧长度调节原理的移动型变刚度机构,包括:

[0044] 刚度调节电机100;

[0045] 圆弧板簧200,其安装于刚度调节电机100的输出端,圆弧板簧200具有至少一条支链210,支链210一端为固定端211并与圆弧板簧200连接且另一端为自由端212;

[0046] 接触件300,其一端固定安装且另一端与支链210相抵接,通过刚度调节电机100驱动圆弧板簧200转动,带动支链210同步转动,此时接触件300在支链210的自由端212至固定端211之间运动以调节机构刚度。

[0047] 此处值得一提的是,上述的变刚度机构可直接应用于构建直线型变刚度驱动器、打磨抛光机器人力控末端执行器、柔性振动装置等,具体的,在工作过程中,外载荷作用在圆弧板簧200上,并使其支链210产生变形,此时为了满足不同刚性的需求,只需通过刚度调节电机100控制圆弧板簧200进行转动并带动支链210同步转动,接触件300即可在支链210的自由端212至固定端211进行转动,而支链210本身具有柔性并可产生形变,因此,当接触件300与支链210的自由端212抵接时,整个机构处于最低刚度状态,反之当接触件300与支链210的固定端211抵接时,整个机构处于最高刚度状态,当接触件300从支链210的自由端212移动至其固定端211的过程中,整个机构的刚度逐渐递增,由此实现机构刚度大范围连续调节的目的。

[0048] 此外,刚度调节电机100可直接驱动圆弧板簧200转动并实现机构的刚度调节,不需要额外增设其他结构,极大地简化了机构的整体结构,并提高了机构的可靠性。

[0049] 优选的,当支链210的数量设有两条时,两条支链210分别与圆弧板簧200连接并呈中心对称式分布,同时两条支链210上均具有接触件300,并且随着圆弧板簧200的转动,接触件300在两条支链210上的位置始终保持一致,由此随着圆弧板簧200的转动,两条支链

210可同步形成幅度相同的形变,保证整个机构的刚度调节更为稳定。

[0050] 另外,各支链210的中心轴线圆心与刚度调节电机100的轴线相重合,因此,支链210上的接触件300相对于圆弧板簧200的相对位置可通过刚度调节电机100直接调节,而不需要其他额外的机构。

[0051] 优选的,支链210呈弧形设置,其宽度从其固定端211至自由端212逐渐减小,即支链210的固定端211最宽,自由端212最窄,可在保证圆弧板簧200结构强度的基础上提高板簧柔性和机构变形范围。

[0052] 优选的,接触件300可设置为滚子,两条支链210上均具有滚子,随着圆弧板簧200的转动,两个滚子在两条支链210上的位置始终保持一致,其中,滚子可按实际需要设置为球形滚子或圆柱形滚子,两种结构均可起到调节机构变刚度的目的;

[0053] 然而,相较于圆柱形滚子而言,本实施例中优选设置为球形滚子,这是因为球形滚子能够避免与板簧非线性接触约束引起的非线性刚度的产生,进而利于控制器设计。

[0054] 例如如图5体现了采用球形滚子的机构变形-力关系,图6体现了采用圆柱形滚子的机构变形-力关系,可以发现采用球形滚子的情况下,机构的变形与受力之间具有线性特征,这有益于采用线性控制理论进行控制器涉及,而在采用圆柱形滚子的情况下,机构的变形与受力之间具有非线性特征,需要使用反馈线性化或非线性控制理论进行控制器设置。

[0055] 优选的,还包括第一壳体110与第二壳体120,两者上下对应设置并通过螺栓230连接,通过调节第一壳体110与第二壳体120的松紧程度,可使得第一壳体110与第二壳体120同步地沿着刚度调节电机100的轴线方向反向移动;

[0056] 进一步的,第一壳体110以及第二壳体120的侧壁上分别开设有用于安装接触件300的通孔,支链210的上下两端面分别与两个接触件300抵接,由此,随着第一壳体110与第二壳体120沿着刚度调节电机100的轴线方向反向移动,即可带动接触件300同步移动并调节接触件300与支链210之间的接触紧密性。

[0057] 除此之外,通孔与接触件300之间还安装有滑动轴承220,同时接触件300的外端通过螺栓230、垫片240连接,螺栓230与垫片240对接触件300起到轴向运动限制的作用,确保接触件300不会移位。

[0058] 其中,第一壳体110及其上安装的接触件300、滑动轴承220、螺栓230、垫片240组成第一输出组件,第二壳体120及其上安装的接触件300、滑动轴承220、螺栓230、垫片240,组成第二输出组件,通过调节第一输出组件与第二输出组件连接的松紧程度即可实现圆弧板簧200与接触件300的紧密接触,进而减小由于圆弧板簧200的支链210与接触件300之间存在间隙引起输出力矩曲线滞回。

[0059] 优选的,还包括电机固定组件,其具有:

[0060] 电机固定套130,刚度调节电机100设置在电机固定套130内;

[0061] 钢轴140,其竖直安装在电机固定套130上,钢轴140通过金属胶与电机固定套130粘接;

[0062] 直线轴承座150,其通过紧固件固定在第二壳体120上;

[0063] 直线轴承160,其安装在直线轴承座150内,同时钢轴140穿设于直线轴承160。

[0064] 为了约束第二壳体120仅产生沿刚度调节电机100轴线方向上的运动,采用了四组钢轴140、直线轴承160以及直线轴承座150组成的移动副约束。

[0065] 本发明方案所公开的技术手段不仅限于上述技术手段所公开的技术手段,还包括由以上技术特征任意组合所组成的技术方案。以上是本发明的具体实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明原理的前提下,还可以做出若干改进和润饰,这些改进和润饰也视为本发明的保护范围。

[0066] 需要说明,本发明实施例中所有方向性指示(诸如上、下、左、右、前、后……)仅用于解释在某一特定姿态(如附图所示)下各部件之间的相对位置关系、运动情况等,如果该特定姿态发生改变时,则该方向性指示也相应地随之改变。

[0067] 另外,在本发明中如涉及“第一”、“第二”、“一”等的描述仅用于描述目的,而不能理解为指示或暗示其相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此,限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本发明的描述中,“多个”的含义是至少两个,例如两个,三个等,除非另有明确具体的限定。

[0068] 在本发明中,除非另有明确的规定和限定,术语“连接”、“固定”等应做广义理解,例如,“固定”可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或成一体;可以是机械连接,也可以是电连接;可以是直接相连,也可以通过中间媒介间接相连,可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系,除非另有明确的限定。对于本领域的普通技术人员而言,可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0069] 另外,本发明各个实施例之间的技术方案可以相互结合,但是必须是以本领域普通技术人员能够实现为基础,当技术方案的结合出现相互矛盾或无法实现时应当认为这种技术方案的结合不存在,也不在本发明要求的保护范围之内。

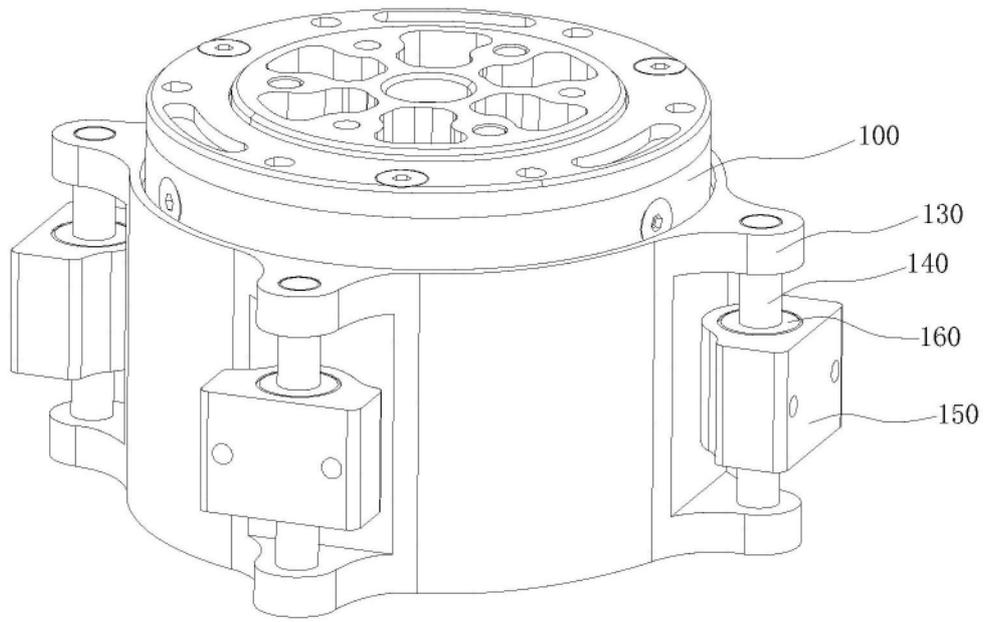


图3

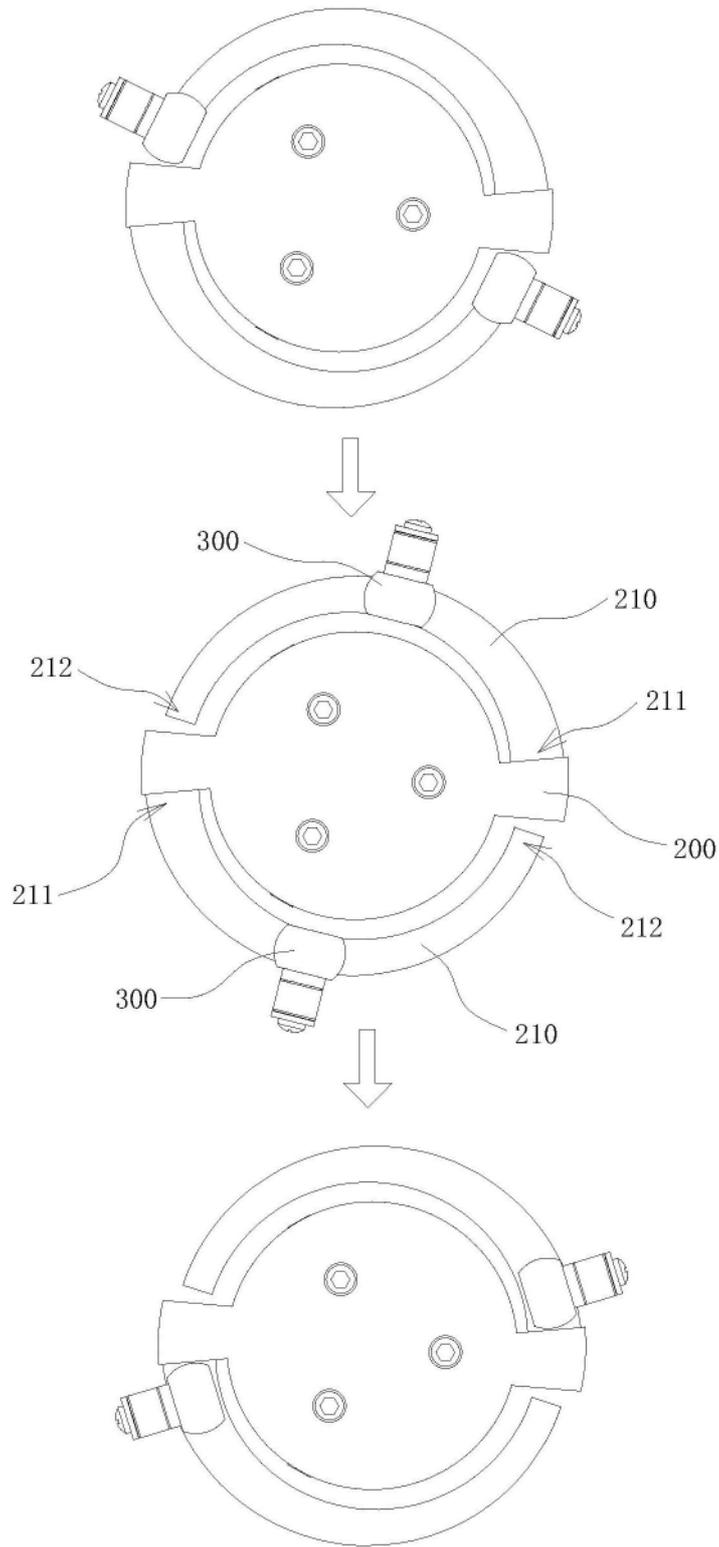


图4

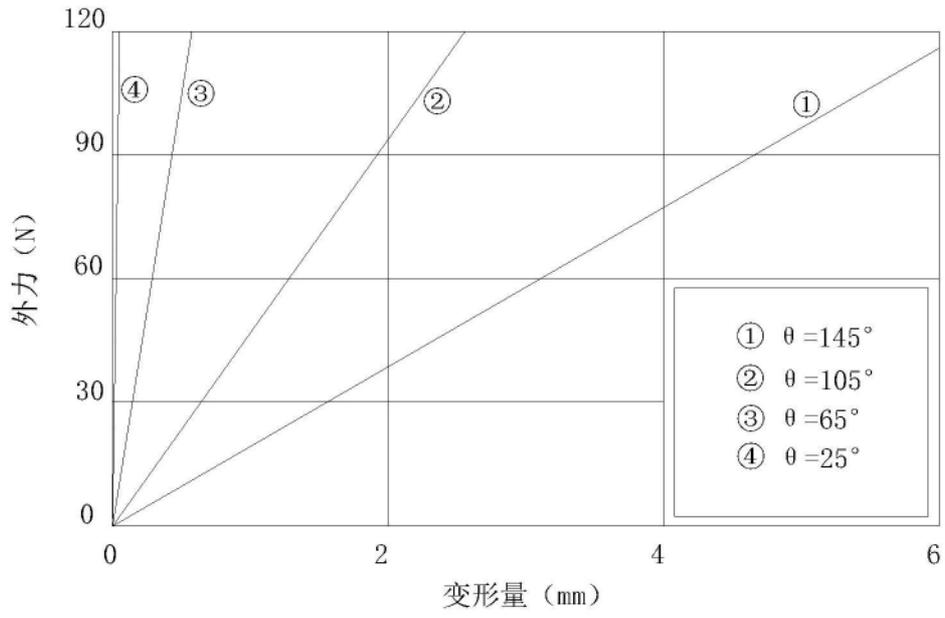


图5

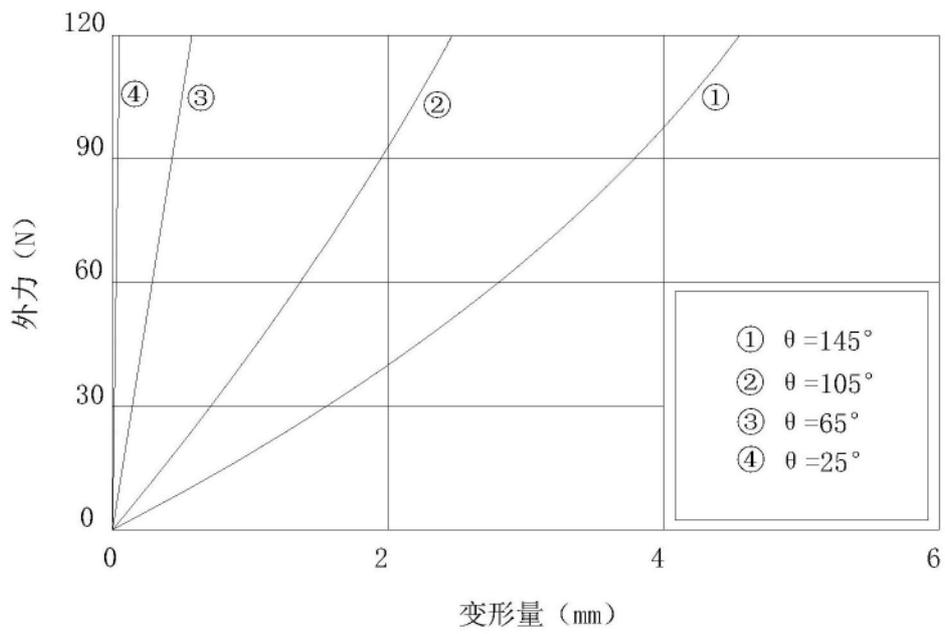


图6