



# (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 106884948 B

(45) 授权公告日 2023. 08. 01

(21) 申请号 201710221502.0

(22) 申请日 2017.04.06

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 106884948 A

(43) 申请公布日 2017.06.23

(73) 专利权人 山东大学

地址 250061 山东省济南市经十路17923号

(72) 发明人 林明星 鞠晓君 范文涛 宋现春

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

专利代理师 赵敏玲

(51) Int. Cl.

F16H 25/22 (2006.01)

F16H 25/24 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 104565252 A, 2015.04.29

CN 103821847 A, 2014.05.28

CN 104565253 A, 2015.04.29

CN 105782380 A, 2016.07.20

CN 105915107 A, 2016.08.31

CN 205960992 U, 2017.02.15

DE 102010036096 A1, 2012.03.01

审查员 李斌

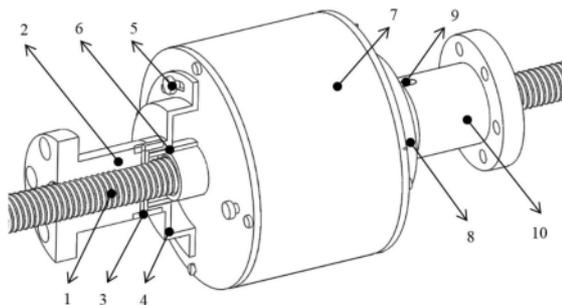
权利要求书2页 说明书6页 附图2页

## (54) 发明名称

一种组合式预紧力可调的双螺母滚珠丝杠副及安装方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种组合式预紧力可调的双螺母滚珠丝杠副及安装方法,是由丝杠、左螺母、左平键、左预紧连接盘、力传感器、环状超磁致伸缩致动器、右预紧连接盘、右平键和右螺母组成的;所述的丝杠穿过所述的环状超磁致伸缩致动器,在环状超磁致伸缩致动器的一侧安装与丝杠配合的左螺母,另一侧安装有与丝杠配合的右螺母,所述的左螺母通过左平键与左预紧连接盘相连接,左预紧连接盘安装在环状超磁致伸缩致动器上,所述的力传感器安装在环状超磁致伸缩致动器与左螺母之间;所述的右螺母通过右平键与右预紧连接盘相连,所述的右预紧连接盘安装在环状超磁致伸缩致动器上。



1. 一种组合式预紧力可调的双螺母滚珠丝杠副,其特征在于:是由丝杠、左螺母、左平键、左预紧连接盘、力传感器、环状超磁致伸缩致动器、右预紧连接盘、右平键和右螺母组成的;

所述的丝杠穿过所述的环状超磁致伸缩致动器,在环状超磁致伸缩致动器的一侧安装与丝杠配合的左螺母,另一侧安装有与丝杠配合的右螺母,所述的左螺母通过左平键与左预紧连接盘相连接,左预紧连接盘安装在环状超磁致伸缩致动器上,所述的力传感器安装在环状超磁致伸缩致动器与左螺母之间;所述的右螺母通过右平键与右预紧连接盘相连,所述的右预紧连接盘安装在环状超磁致伸缩致动器上;

所述左螺母,包括法兰和安装在法兰上的凸缘;在所述的法兰圆周均匀分布有螺孔,便于滚珠丝杠副与工作台之间的安装;凸缘的圆周上对称分布两个键槽,所述的左平键安装在该键槽内;

所述的所述力传感器套装在底座的短套筒上;

所述环状超磁致伸缩致动器,包括底座、非导磁外壳、盘形磁轭、永磁环、筒形磁轭、线圈骨架、激励线圈、环状超磁致伸缩材料、输出杆、碟形弹簧、预紧螺栓、端盖和软铁;

所述的底座的一侧设有长套筒,另一侧设有短套筒;环状超磁致伸缩材料套装在底座的长套筒上;在环状超磁致伸缩材料的两端各设有一个永磁环;所述的线圈骨架套装在环状超磁致伸缩材料与永磁环的外圈,激励线圈缠绕在线圈骨架上,呈哑铃状缠绕以便于增大油冷散热的面积;

盘形磁轭套在永磁环上,筒形磁轭位于激励线圈的外圈,安装在两个盘形磁轭之间,环状超磁致伸缩材料、永磁环、盘形磁轭与筒形磁轭形成闭合的磁路;

在其中一个盘形磁轭的一侧安装有软铁;

所述的输出杆套装在所述的长套筒上,输出杆穿过软铁与永磁环端部相接,套在底座的长套筒上;碟形弹簧套在输出杆上,一端压在输出杆的盘形凸起上,另一端装有预紧螺栓,预紧螺栓安装在端盖上,输出杆、碟形弹簧与预紧螺栓组合形成环状超磁致伸缩致动器的预压装置;

非导磁外壳通过紧固螺钉安装在底座与端盖之间,连接装置将底座、端盖、非导磁外壳连接成一体。

2. 如权利要求1所述的组合式预紧力可调的双螺母滚珠丝杠副,其特征在于:所述的右螺母与左螺母的结构相同,在丝杠上对称安装。

3. 如权利要求1所述的组合式预紧力可调的双螺母滚珠丝杠副,其特征在于:所述左预紧连接盘,右预紧盘各自包括盘体,所述的盘体呈阶梯状带有凸缘,内有筒状空腔;在所述的盘体的凸缘上设有键槽,键槽在圆周上呈对称分布;所述的右平键设置在该键槽内;在所述的盘体上设有弧形螺孔。

4. 如权利要求3所述的组合式预紧力可调的双螺母滚珠丝杠副,其特征在于:所述的弧形螺孔的角度为 $30^{\circ}$ ,在盘体大圆盘面上呈周向 $120^{\circ}$ 分布。

5. 如权利要求3所述的组合式预紧力可调的双螺母滚珠丝杠副,其特征在于:在所述的左预紧盘的盘体筒状空腔的筒壁上设有圆孔。

6. 如权利要求3所述的组合式预紧力可调的双螺母滚珠丝杠副,其特征在于:所述力传感器,包括筒体和应变片,筒体为一中间带有凹槽的圆筒,应变片均匀的贴在筒体凹槽的外

壁上,应变片的导线从左预紧连接盘的圆孔内穿出。

7.如权利要求1所述的组合式预紧力可调的双螺母滚珠丝杠副的安装方法,其特征在于:

先将左螺母安装到丝杠上,再将左预紧连接盘的键槽与左螺母的键槽对正,装入上下左平键并固定;将力传感器、环状超磁致伸缩致动器依次穿入丝杠,旋转环状超磁致伸缩致动器,调整其底座的螺孔与左预紧连接盘的弧形螺孔到合适的位置,并通过圆头螺钉将左预紧连接盘与环状超磁致伸缩致动器连接;

再将右预紧连接盘穿入丝杠,旋入右螺母,同时观察力传感器采集的输出力信号,当输出力达到初始预紧要求时,停止右旋转螺母,调整右预紧连接盘的位置,使右螺母的键槽与右预紧连接盘的键槽对正,安装右平键,通过圆头螺钉将右预紧连接盘固定到环状超磁致伸缩致动器上,完成初始预紧力的手动设定;工作过程中,若因负载发生变化或疲劳磨损需改变双螺母滚珠丝杠副的预紧力时,力传感器、外部数据采集系统、数控电流源以及环状超磁致伸缩致动器组成闭环控制系统,通过实时控制环状超磁致伸缩致动器激励线圈内部电流大小改变预紧力,实现预紧力的自动精确在线调整。

## 一种组合式预紧力可调的双螺母滚珠丝杠副及安装方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及一种预紧力可以手动和自动调控的组合式双螺母滚珠丝杠副,属于数控机床的功能部件领域,涉及滚动功能部件的双螺母滚珠丝杠副。

### 背景技术

[0002] 装备制造业的强弱直接反映了一个国家的国民经济和国防建设发展水平,而数控机床是装备制造业发展的基础,功能部件作为数控机床三大构成部分之一,其性能是影响机床总体性能和精度的重要因素。滚珠丝杠副作为重要的功能部件具有摩擦小、传动效率高、传动精度及刚度高等优点,被广泛用于数控机床、加工中心进给系统。然而,从中国质量协会发起的数控机床用户满意度调查情况可看出,滚珠丝杠工作过程中预紧力和间隙变化是引起数控机床精度保持性差的主要原因之一。

[0003] 滚珠丝杠副的预紧力是影响其摩擦力矩及波动量的主要因素,决定了其动态操作性能及使用寿命,对螺母施加预紧力,可以消除由制造误差和装配原因引起的轴向间隙,提高滚珠丝杠副的轴向刚度和定位精度。然而,预紧力过大会增大驱动力矩,加剧滚珠与丝杠之间的疲劳磨损,降低滚珠丝杠副传动效率,增加温升,缩短工作寿命。研究显示双

[0004] 螺母预紧法具有更高的定位能力和更好的运动平稳性,其轴向接触刚度优于单螺母预紧结构。

[0005] 传统的双螺母预紧方式主要有垫片式、螺纹式、齿差式及弹簧式四种,垫片式预紧通常采用在滚珠丝杠副的两个螺母之间加垫片,调整垫片的厚度使螺母产生轴向位移,以达到消除间隙和产生预紧力的目的,此预紧结构简单,刚性高,预紧可靠且不易松弛,在进给系统中常被采用。但丝杠副预紧力一般在生产厂家预先设定,加工过程中不能自动调整,长时间的工作磨损引起预紧力大小的变化,从而降低传动精度。而预紧力的调整维护需人工实现,这将耗费大量的人力物力。

[0006] 中国专利文献CN203656087U公开的《预紧力可精确调整的双螺母滚珠丝杠副》和CN105965307A公开的《双螺母滚珠丝杠副预紧力调节预测量装置及直线进给系统》可以自动检测预紧力的变化实现滚珠丝杠副预紧力的精确调整,但不能实现自动实时调整。

[0007] CN106017915A公开的《一种精确预紧和加载的滚珠丝杠副精度保持性试验装置》采用压力传感器检测两螺母之间的预紧力,并通过压电陶瓷致动器的伸缩量来精确控制丝杠螺母预紧力的大小实现预紧力的自动补偿,但压电陶瓷致动器输出的应变和力相对较小,且其工作电压较高。

[0008] CN1045253A公开的《一种双螺母滚珠丝杠副自动预紧装置》采用力传感器和超磁致伸缩筒体实现双螺母滚珠丝杠副预紧力的自动调控,但结构设计侧重于原理,预紧螺栓难以施加均匀的初始预紧力,气动散热效果不佳,滚珠丝杠副未考虑与实际工作台之间的安装。

## 发明内容

[0009] 针对上述不足,本发明提供了一种能够对预紧力进行实时检测,实现预紧力手动和自动精确调整的组合式双螺母滚珠丝杠副。该装置便于与工作台安装,使用灵活,实现了双螺母间扭矩传递,能够保证预紧力沿螺母周向均匀分布,预紧力调整范围大且可根据外部负载变化或磨损情况实时调整。

[0010] 本发明是通过以下技术方案实现的:

[0011] 一种组合式预紧力可调的双螺母滚珠丝杠副,是由丝杠、左螺母、左平键、左预紧连接盘、力传感器、环状超磁致伸缩致动器、右预紧连接盘、右平键和右螺母组成的;

[0012] 所述的丝杠穿过所述的环状超磁致伸缩致动器,在环状超磁致伸缩致动器的一侧安装与丝杠配合的左螺母,另一侧安装有与丝杠配合的右螺母,所述的左螺母通过左平键与左预紧连接盘相连接,左预紧连接盘安装在环状超磁致伸缩致动器上,所述的力传感器安装在环状超磁致伸缩致动器与左螺母之间;所述的右螺母通过右平键与右预紧连接盘相连,所述的右预紧连接盘安装在环状超磁致伸缩致动器上。

[0013] 进一步的,所述左螺母,包括法兰和安装在法兰上的凸缘;在所述的法兰圆周均匀分布有螺孔,便于滚珠丝杠副与工作台之间的安装;凸缘的圆周上对称分布两个键槽,所述的左平键安装在该键槽内。

[0014] 进一步的,所述的右螺母与左螺母的结构相同,在丝杠上对称安装。

[0015] 进一步的,所述左预紧连接盘,右预紧盘各自包括盘体,所述的盘体呈阶梯状带有凸缘,内有筒状空腔;在所述的盘体的凸缘上设有键槽,键槽在圆周上呈对称分布;所述的右平键设置在该键槽内;在所述的盘体上设有弧形螺孔,弧形螺孔的作用是用于与环状超磁致伸缩致动器相连;

[0016] 进一步的,所述的弧形螺孔的角度为 $30^{\circ}$ ,在盘体大圆盘面上呈周向 $120^{\circ}$ 分布;

[0017] 进一步的,在位于盘体筒状空腔的筒壁上设有圆孔。

[0018] 进一步的,所述的右预紧连接盘除了没有盘体筒状空腔筒壁上的圆孔,与左预紧连接盘其它部分结构相同。

[0019] 进一步的,所述力传感器,包括筒体和应变片,筒体为一中间带有凹槽的圆筒,应变片均匀的贴在筒体凹槽的外壁上,应变片的导线从左预紧连接盘的圆孔内穿出。

[0020] 进一步的,所述环状超磁致伸缩致动器,包括底座、非导磁外壳、盘形磁轭、永磁环、筒形磁轭、线圈骨架、激励线圈、环状超磁致伸缩材料、输出杆、碟形弹簧、预紧螺栓、端盖和软铁;

[0021] 所述的底座的一侧设有长套筒,另一侧设有短套筒;环状超磁致伸缩材料套装在底座的长套筒上;在环状超磁致伸缩材料的两端各设有一个永磁环;所述的线圈骨架套装在环状超磁致伸缩材料与永磁环的外圈,激励线圈缠绕在线圈骨架上,呈哑铃状缠绕以便于增大油冷散热的面积;

[0022] 盘形磁轭套在永磁环上,筒形磁轭位于激励线圈的外圈,安装在两个盘形磁轭之间,环状超磁致伸缩材料、永磁环、盘形磁轭与筒形磁轭形成闭合的磁路;

[0023] 在位于端盖侧的盘形磁轭的一侧安装有软铁;

[0024] 所述的输出杆套装在所述的长套筒上,输出杆穿过软铁与永磁环端部相接,套在底座的长套筒上;碟形弹簧套在输出杆上,一端压在输出杆的盘形凸起上,另一端装有预紧

螺栓,预紧螺栓安装在端盖上,输出杆、碟形弹簧与预紧螺栓组合形成环状超磁致伸缩致动器的预压装置;

[0025] 非导磁外壳通过紧固螺钉安装在底座与端盖之间,连接装置将底座、端盖、非导磁外壳连接成一体。以便保护内部结构;底座和端盖上周向呈 $120^{\circ}$ 分布有螺孔,以便圆头螺钉将左预紧连接盘和右预紧连接盘安装在环状超磁致伸缩致动器上。

[0026] 所述的组合式预紧力可调的双螺母滚珠丝杠副的安装方法,如下:

[0027] 先将左螺母安装到丝杠上,再将左预紧连接盘的键槽与左螺母的键槽对正,装入上下左平键并固定;将力传感器、环状超磁致伸缩致动器依次穿入丝杠,旋转环状超磁致伸缩致动器,调整其底座的螺孔与左预紧连接盘的弧形螺孔到合适的位置,并通过圆头螺钉将左预紧连接盘与环状超磁致伸缩致动器连接;

[0028] 再将右预紧连接盘穿入丝杠,旋入右螺母,同时观察力传感器采集的输出力信号,当输出力达到初始预紧要求时,停止右旋转螺母,调整右预紧连接盘的位置,使右螺母的键槽与右预紧连接盘的键槽对正,安装右平键,通过圆头螺钉将右预紧连接盘固定到环状超磁致伸缩致动器上,完成初始预紧力的手动设定;工作过程中,若因负载发生变化或疲劳磨损需改变双螺母滚珠丝杠副的预紧力时,力传感器、外部数据采集系统、数控电流源以及环状超磁致伸缩致动器组成闭环控制系统,通过实时控制环状超磁致伸缩致动器激励线圈内部电流大小改变预紧力,实现预紧力的自动精确在线调整。

[0029] 本发明的有益之处是:

[0030] (1)装置的设计考虑了实际工作情况,结构简单,安装方便,可行性强。左螺母与右螺母的法兰分布有螺孔便于工作台的安装,左螺母、右螺母与环状超磁致伸缩致动器之间通过平键与预紧连接盘连接容易实现扭矩传递。

[0031] (2)双螺母滚珠丝杠副的预紧力可实现手动和自动精确调整,使调整方式更加灵活。在初始安装时,环状超磁致伸缩致动器不工作,手动旋转左右两螺母至两预紧连接盘的端部,刚好与力传感器、环状超磁致伸缩致动器接触,此时力传感器测得的力为零;继续旋转螺母改变键槽位置,预紧力逐渐增大,根据力传感器的测量值通过旋转带有弧形螺孔的预紧连接盘,将预紧力准确调整至滚珠丝杠副所需的初始预紧力;在工作过程中,由于负载变化或因为长时间工作磨损需调整预紧力时,通过数控电源改变环状超磁致伸缩致动器激励线圈的电流可实现预紧力的自动在线调整。

[0032] (3)预紧力均匀分布。通过旋转螺母挤压力传感器和环状超磁致伸缩致动器输出杆的圆环端面施加初始预紧力,工作过程中由环状超磁致伸缩致动器的输出杆施加预紧力,滚珠丝杠副预紧力呈面分布,相对分布式点受力更加均匀,调整相对简单。

[0033] (4)一体化设计使环状超磁致伸缩致动器提高了预紧力输出性能,增加了调整范围。新型环状超磁致伸缩致动器以环状超磁致伸缩材料为核心,结构设计考虑能提高其输出性能的环状预压螺栓与碟簧组合的预压装置设计;散热方式采用油冷,激励线圈采用哑铃状绕线方式,使环状超磁致伸缩致动器具有更好的散热效果。

## 附图说明

[0034] 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,下面描述中的附图是本发明

的一些实施例,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,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0035] 附图1为本发明组合式预紧力可调的双螺母滚珠丝杠副的结构示意图;

[0036] 附图2为本发明中左螺母的结构示意图;

[0037] 附图3为左预紧连接盘的结构示意图;

[0038] 附图4为力传感器的结构示意图;

[0039] 附图5、图6为环状超磁致伸缩致动器的结构示意图;

[0040] 图中,1、丝杠,2、左螺母,3、左平键,4、左预紧连接盘,5、圆头螺钉,6、力传感,7、环状超磁致伸缩致动,8、右预紧连接盘,9、右平键,10、右螺母;21、法兰,22、螺孔,23、凸缘,24、键槽;41、盘体,42、键槽,43、弧形螺孔,44、圆孔;61、筒体,62、应变片;71、底座,72、非导磁外壳,73、盘形磁轭,74、永磁环,75、筒形磁轭,76、线圈骨架,77、激励线圈,78、环状超磁致伸缩材料,79、输出杆,710、碟形弹簧,711、预紧螺栓,712、端盖,713、软铁,714、紧固螺钉。

### 具体实施方式

[0041] 应该指出,以下详细说明都是例示性的,旨在对本申请提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本申请所属技术领域的普通技术人员通常理解的含义。

[0042] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本申请的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0043] 正如背景技术所介绍的,现有技术中丝杠副预紧力一般在生产厂家预先设定,加工过程中不能自动调整,长时间的工作磨损引起预紧力大小的变化,从而降低传动精度。而预紧力的调整维护需人工实现,这将耗费大量的人力物力不足,即便一些装置可以自动检测预紧力的变化实现滚珠丝杠副预紧力的精确调整,但不能实现自动实时调整,为了解决如上的技术问题,本申请提出了一种组合式预紧力可调的双螺母滚珠丝杠副。

[0044] 本申请的一种典型的实施方式中,如图1所示,提供了一种如图1所示,本发明的一种组合式预紧力可调的双螺母滚珠丝杠副,主要包括丝杠1、左螺母2、左平键3、左预紧连接盘4、圆头螺钉5、力传感器6、环状超磁致伸缩致动器7、右预紧连接盘8、右平键9和右螺母10。丝杠1依次穿过左螺母2、力传感器6、环状超磁致伸缩致动器7和右螺母10,两个螺母与丝杠1之间通过滚珠实现运动传递;左螺母2安装在丝杠1上,通过左平键3与左预紧连接盘4相连接;左平键3位于左螺母2与左预紧连接盘4的键槽内,其一端通过螺钉固定在左螺母2的键槽内,另一端可以在左预紧连接盘4的键槽内滑动,以便实现预紧力调整和扭矩传递;左预紧连接盘4通过圆头螺钉5安装在环状超磁致伸缩致动器7上,与左螺母2由左平键3相连;环状超磁致伸缩致动器7穿入丝杠1,位于左预紧连接盘4与右预紧连接盘8之间;力传感器6一端安装在环状超磁致伸缩致动器7底座的短套筒上,另一端与左螺母2紧密相连,便于实现滚珠丝杠副预紧力的测量;右预紧连接盘8通过圆头螺钉5安装在环状超磁致伸缩致动器7上,与右螺母10由右平键9相连,其位置与左螺母2对称;右平键9位于右预紧连接盘8与

右螺母10的键槽内,右平键9的一端固定在右螺母10的键槽内,另一端可以在右预紧连接盘8的键槽内滑动,通过左右两组平键可以实现双螺母滚珠丝杠副扭矩传递;右螺母10与左螺母2对称安装。

[0045] 如图2所示,左螺母2主要包括法兰21、螺孔22、凸缘23和键槽24;法兰21圆周均匀分布有6个螺孔,便于双螺母滚珠丝杠副与实际工作台之间的安装,凸缘23的圆周上对称分布有两个键槽24,键槽24内有螺孔以便固定左平键3;右螺母10与左螺母2的结构完全相同,在丝杠上对称安装,工作时,其中任意一个可以作为主螺母,另外一个作为副螺母,增加了灵活性。

[0046] 如图3所示,左预紧连接盘4主要包括盘体41、键槽42、弧形螺孔43和圆孔44;盘体41呈阶梯状带有凸缘,内有筒状空腔,用于放置力传感器6的信号线;两个键槽42位于盘体的凸缘上,在圆周上呈对称分布;3个弧形螺孔43的角度为 $30^{\circ}$ ,在盘体大圆盘面上呈周向 $120^{\circ}$ 分布,便于实现安装时初始预紧力的设定;圆孔44位于盘体筒状空腔的筒壁上,用于力传感器6与外部数据采集设备连接;右预紧连接盘8除了没有盘体筒状空腔筒壁上的圆孔44,与左预紧连接盘其它部分结构相同。

[0047] 如图4所示,力传感器6主要包括筒体61和应变片62,筒体61为一中间带有凹槽的圆筒,应变片62均匀的贴在筒体凹槽的外壁上,凹槽部分的筒壁较薄,可以提高输出力的灵敏度,应变片62的信号线由左预紧连接盘4的圆孔44内穿出。

[0048] 如图5、图6所示,环状超磁致伸缩致动器7主要包括底座71、非导磁外壳72、盘形磁轭73、永磁环74、筒形磁轭75、线圈骨架76、激励线圈77、环状超磁致伸缩材料78、输出杆79、碟形弹簧710、预紧螺栓711、端盖712、软铁713和紧固螺钉714。底座71是两端带有长、短套筒的盘形结构;

[0049] 环状超磁致伸缩材料78套装在底座71的长套筒上;两永磁环74位于环状超磁致伸缩材料78的两端,为环状超磁致伸缩材料78提供偏置磁场;

[0050] 线圈骨架76安装在环状超磁致伸缩材料78与永磁环74的外围,激励线圈77缠绕在线圈骨架76上,哑铃状缠绕方式形成空腔,增大油冷散热的面积;盘形磁轭73套在永磁环74上,筒形磁轭75位于激励线圈77的外部,安装在盘形磁轭73上,环状超磁致伸缩材料78、永磁环74、盘形磁轭73与筒形磁轭75形成闭合磁路;

[0051] 在位于端盖侧的盘形磁轭的一侧安装有软铁713;输出杆79穿过软铁713与永磁环74端部相接,套在底座71的长套筒上;碟形弹簧710套在输出杆79上,一端压在输出杆79的盘形凸起上,另一端装有预紧螺栓711,预紧螺栓711安装在端盖上,输出杆79、碟形弹簧710与预紧螺栓711组合形成环状超磁致伸缩致动器7的预压装置,改变预紧螺栓711的位置可为环状超磁致伸缩材料78提供不同的预压应力;非导磁外壳72通过紧固螺钉714安装在底座71与端盖712之间,紧固螺钉714通过底座71和端盖712上的螺纹拧入非导磁外壳72,将底座71、端盖712与非导磁外壳72连接成一体,以便保护内部结构;底座71和端盖712上周向呈 $120^{\circ}$ 分布有螺孔,以便圆头螺钉5将左预紧连接盘4和右预紧连接盘10安装在环状超磁致伸缩致动器7上。

[0052] 该组合式预紧力可调的双螺母滚珠丝杠副初始安装时,先将左螺母2安装到丝杠1上,再将左预紧连接盘4的键槽与左螺母2的键槽对正,装入上下左平键3并固定;将力传感器6、环状超磁致伸缩致动器7依次穿入丝杠1,旋转环状超磁致伸缩致动器7,调整其底座71

的螺孔与左预紧连接盘4的弧形螺孔43到合适的位置,并通过圆头螺钉5将左预紧连接盘4与环状超磁致伸缩致动器7连接;

[0053] 再将右预紧连接盘8穿入丝杠1,旋入右螺母10,同时观察力传感器6采集的输出力信号,当输出力达到初始预紧要求时,停止右旋转螺母10,调整右预紧连接盘8的位置,使右螺母10的键槽与右预紧连接盘8的键槽对正,安装右平键9,通过圆头螺钉5将右预紧连接盘8固定到环状超磁致伸缩致动器7上,完成初始预紧力的手动设定;工作过程中,若因负载发生变化或疲劳磨损需改变双螺母滚珠丝杠副的预紧力时,力传感器6、外部数据采集系统、数控电流源以及环状超磁致伸缩致动器7组成闭环控制系统,通过实时控制环状超磁致伸缩致动器7激励线圈77内部电流大小改变预紧力,实现预紧力的自动精确在线调整。

[0054] 上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述,但并非对本发明保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本发明的技术方案的基础上,本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

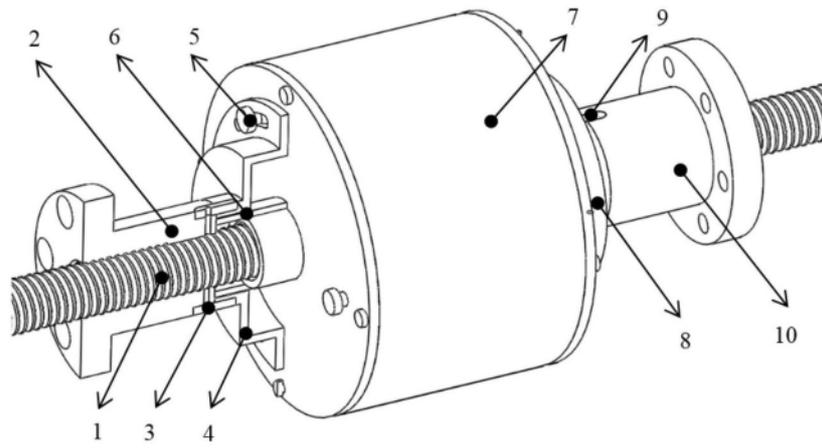


图1

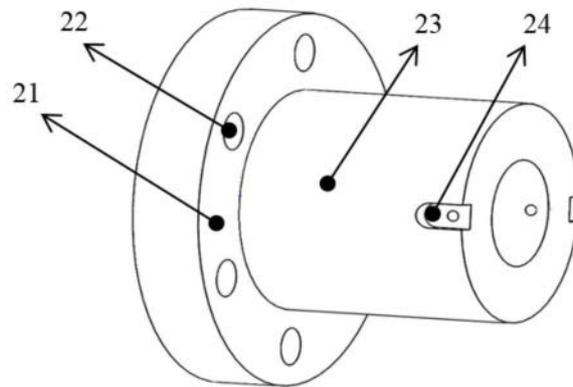


图2

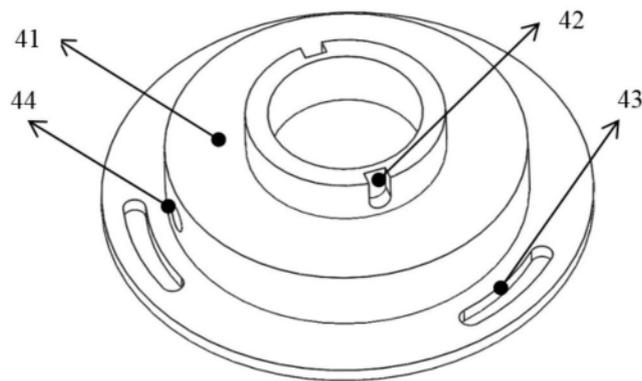


图3

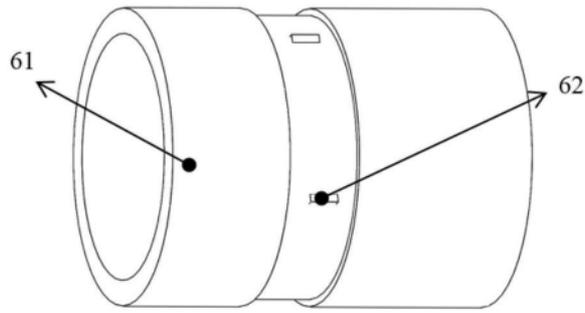


图4

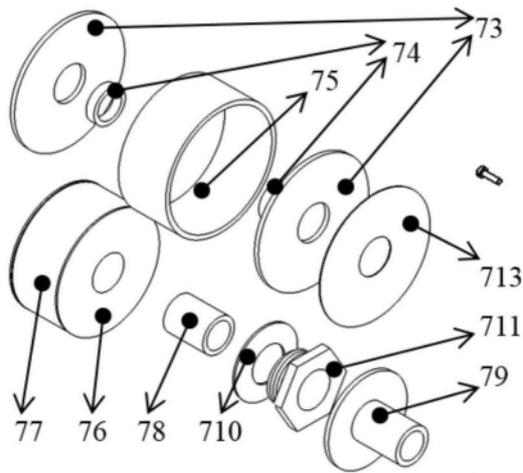


图5

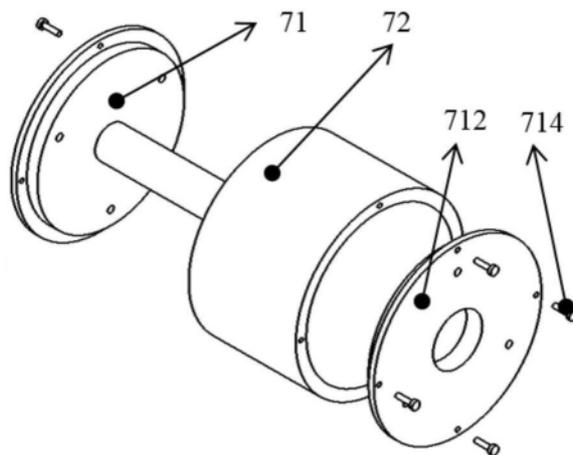


图6