



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 108507598 B

(45) 授权公告日 2020.10.30

(21) 申请号 201710120696.5

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2017.02.28

G01D 5/353 (2006.01)

G01C 9/00 (2006.01)

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 108507598 A

审查员 王玥

(43) 申请公布日 2018.09.07

(73) 专利权人 香港理工大学

地址 中国香港九龙红磡

专利权人 中央大学(台湾)

昇樑科技有限公司

(72) 发明人 倪一清 王仲宇 王颢霖 张超

袁懋诞

(74) 专利代理机构 深圳市顺天达专利商标代理

有限公司 44217

代理人 郭伟刚

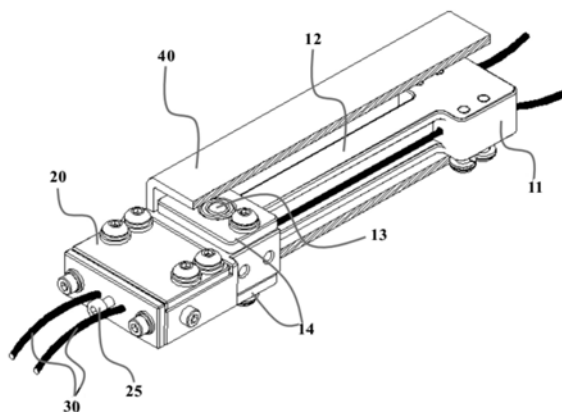
权利要求书2页 说明书4页 附图3页

(54) 发明名称

一种光纤布拉格光栅角度传感器

(57) 摘要

一种光纤布拉格光栅角度传感器,包括刚性转动长端(10)和刚性转动短端(20);刚性转动长端(10)与刚性转动短端(20)构成转动副机构(50);刚性转动长端(10)包括刚性构件(11);刚性构件(11)包括通过接头(13)与刚性转动短端(20)可转动连接的刚性杆以及固定件;光纤布拉格光栅角度传感器还包括至少两个光纤布拉格光栅元件(30),其中有两个光纤布拉格光栅元件(30)分别设置在刚性杆的两侧;每个光纤布拉格光栅元件(30)的两个线段分别与固定件和刚性转动短端(20)固定连接;光纤布拉格光栅角度传感器还包括用于张紧光纤布拉格光栅元件(30)的预张力施加器(22)。本发明的光纤布拉格光栅角度传感器设计巧妙,实用性强。



1. 一种光纤布拉格光栅角度传感器,其特征在于,包括刚性转动长端(10)和刚性转动短端(20);刚性转动长端(10)与刚性转动短端(20)可相对转动连接,以构成转动副机构(50);刚性转动长端(10)包括刚性构件(11);刚性构件(11)包括通过接头(13)与刚性转动短端(20)可转动连接的刚性杆以及与刚性杆固定连接的固定件;光纤布拉格光栅角度传感器还包括至少两个光纤布拉格光栅元件(30),其中有两个光纤布拉格光栅元件(30)分别设置在刚性杆的两侧;每个光纤布拉格光栅元件(30)的两个线段分别与固定件和刚性转动短端(20)固定连接;光纤布拉格光栅角度传感器还包括用于张紧光纤布拉格光栅元件(30)的预张力施加器(22);

固定件上分别设置有与至少两个光纤布拉格光栅元件(30)一一对应的至少两个第一通孔,刚性转动短端(20)上分别设置有与至少两个光纤布拉格光栅元件(30)一一对应的至少两个第二通孔;

刚性转动短端(20)还包括主体,该主体上开设有U形槽(21);刚性杆上的接头(13)呈圆柱形,设置在U形槽(21)中;主体在U形槽(21)的两侧分别安装有限位构件(14);每个限位构件(14)上开设有第三通孔,接头(13)的两端分别可转动地穿设于限位构件(14)上的第三通孔中;

刚性转动短端(20)的主体在背离U形槽(21)的位置开设有方形槽(23),主体上开设有连通U形槽(21)和方形槽(23)的第四通孔,光纤布拉格光栅元件(30)穿设于第四通孔;预张力施加器(22)包括设置在方形槽(23)中的方形块体(24)以及螺纹穿设在方形块体(24)中的螺杆(25),第二通孔设置在方形块体(24)上;螺杆(25)通过C形挡圈(26)限制在螺杆(25)中,用于被转动以使方形块体(24)沿螺杆(25)轴线方向滑动,从而张紧光纤布拉格光栅元件(30)。

2. 根据权利要求1所述的光纤布拉格光栅角度传感器,其特征在于,分别设置在刚性杆的两侧的光纤布拉格光栅元件(30)用于在刚性转动长端(10)与刚性转动短端(20)发生相对转动时产生用于计算刚性转动长端(10)与刚性转动短端(20)之间相对转动角度的波长漂移量。

3. 根据权利要求2所述的光纤布拉格光栅角度传感器,其特征在于,当刚性转动短端(20)与刚性转动长端(10)发生相对转动时,分别设置在刚性杆的两侧的光纤布拉格光栅元件(30),其中一侧的光纤布拉格光栅元件(30)产生拉伸变形,从而使得该拉伸变形的光纤布拉格光栅元件(30)波长值增大,其中另一侧的光纤布拉格光栅元件(30)产生收缩变形,从而使得该收缩变形的光纤布拉格光栅元件(30)波长值减小。

4. 根据权利要求1所述的光纤布拉格光栅角度传感器,其特征在于,每个光纤布拉格光栅元件(30)分别穿设于对应第一通孔和对应第二通孔中;每个光纤布拉格光栅元件(30)分别与对应第一通孔和对应第二通孔通过环氧树脂固定。

5. 根据权利要求1所述的光纤布拉格光栅角度传感器,其特征在于,U形槽(21)的两侧分别设置用于限制刚性转动短端(20)与刚性转动长端(10)之间的相对转动角度的V型卡位。

6. 根据权利要求1所述的光纤布拉格光栅角度传感器,其特征在于,光纤布拉格光栅元件(30)的栅格区(31)套设有弹性保护套管(32);而光纤布拉格光栅元件(30)的分别与固定件和刚性转动短端(20)固定连接的两个线段分别套设有金属保护套管(33);金属保护套管

(33) 与弹性保护套管 (32) 通过胶水固定连接。

7. 根据权利要求1所述的光纤布拉格光栅角度传感器, 其特征在于, 限位构件 (14) 通过螺丝与主体固定连接, 用于限制刚性转动短端 (20) 与刚性转动长端 (10) 沿接头 (13) 轴线方向滑动, 使得转动副机构 (50) 成为单自由度运动副。

8. 根据权利要求1所述的光纤布拉格光栅角度传感器, 其特征在于, 接头 (13) 与限位构件 (14) 的第三通孔之间设置有轴承。

一种光纤布拉格光栅角度传感器

技术领域

[0001] 本发明涉及传感技术领域,尤其涉及一种光纤布拉格光栅角度传感器。

背景技术

[0002] 倾角传感器适用于长期测量土木工程结构的倾斜、位移等变形量,方便实现土木工程结构测量及检测的自动化。常见的倾角传感器根据传感技术不同可分电类和光学类两种。其中,电类倾角传感器抗电磁干扰能力差,信号易衰减,其性能在一些强电磁干扰或大范围测量与监测案例中不甚理想;而光学类倾角传感器抗电磁干扰能力强,灵敏度高,特别在强电磁干扰或大范围测量与监测案例中优势明显,目前,该类传感器在土木工程结构测量与监测领域已取得广泛应用。

[0003] 目前,光学类倾角传感器根据原理不同,主要分为光纤光栅重力摆式,光纤光栅柔性体变形式等。其中,Baiou Guan、赵勇、朱永、曹春耕和李宁溪等分别针对不同结构发明了基于重力摆式的光纤光栅倾角传感器,其基本原理为:通过测量重力摆与被测物体相对夹角变化下的光纤光栅波长变化量来反映倾斜角度之变化;朱颖彦发明了基于柔性体变形原理的光纤光栅倾角传感器,其基本原理为:在若干柔性管内布设多条光纤光栅,并将其与刚性管间隔串联,利用该串联机构整体变形来近似被测物体变形,并利用变形时柔性管内光纤光栅波长变化来近似反映柔性管的变形情况。

[0004] 以上所述光纤光栅重力摆式倾角传感器在对被测物体进行测量时,存在体积大、结构复杂等缺点;所述光纤光栅柔性体变形式倾角传感器通过测量柔性体内离散测点应变值来拟合整体变形情况,存在测量误差大等缺点。

发明内容

[0005] 本发明针对现有倾角传感器所存在的上述问题,旨在提供一种结构简单、体积小、测量精度高、布设方便,能够长期稳定的广泛应用于土木工程结构的倾斜、位移等变形量测量及监测系统的光纤布拉格光栅角度传感器。

[0006] 本发明提出了一种光纤布拉格光栅角度传感器,包括刚性转动长端和刚性转动短端;刚性转动长端与刚性转动短端可相对转动连接,以构成转动副机构;刚性转动长端包括刚性构件;刚性构件包括通过接头与刚性转动短端可转动连接的刚性杆以及与刚性杆固定连接的固定件;光纤布拉格光栅角度传感器还包括至少两个光纤布拉格光栅元件,其中有两个光纤布拉格光栅元件分别设置在刚性杆的两侧;每个光纤布拉格光栅元件的两个线段分别与固定件和刚性转动短端固定连接;光纤布拉格光栅角度传感器还包括用于张紧光纤布拉格光栅元件的预张力施加器。

[0007] 本发明上述的光纤布拉格光栅角度传感器中,分别设置在刚性杆的两侧的光纤布拉格光栅元件用于在刚性转动长端与刚性转动短端发生相对转动时产生用于计算刚性转动长端与刚性转动短端之间相对转动角度的波长漂移量。

[0008] 本发明上述的光纤布拉格光栅角度传感器中,当刚性转动短端与刚性转动长端发

生相对转动时,分别设置在刚性杆的两侧的光纤布拉格光栅元件,其中一侧的光纤布拉格光栅元件产生拉伸变形,从而使得该拉伸变形的光纤布拉格光栅元件波长值增大,其中另一侧的光纤布拉格光栅元件产生收缩变形,从而使得该收缩变形的光纤布拉格光栅元件波长值减小。

[0009] 本发明上述的光纤布拉格光栅角度传感器中,固定件上分别设置有与至少两个光纤布拉格光栅元件一一对应的至少两个第一通孔,刚性转动短端上分别设置有与至少两个光纤布拉格光栅元件一一对应的至少两个第二通孔;每个光纤布拉格光栅元件分别穿设于对应第一通孔和对应第二通孔中;每个光纤布拉格光栅元件分别与对应第一通孔和对应第二通孔通过环氧树脂固定。

[0010] 本发明上述的光纤布拉格光栅角度传感器中,刚性转动短端还包括主体,该主体上开设有U形槽;刚性杆上的接头呈圆柱形,设置在U形槽中;主体在U形槽的两侧分别安装有限位构件;每个限位构件上开设有第三通孔,接头的两端分别可转动地穿设于限位构件上的第三通孔中。

[0011] 本发明上述的光纤布拉格光栅角度传感器中,U形槽的两侧分别设置有用以限制刚性转动短端与刚性转动长端之间的相对转动角度的V型卡位。

[0012] 本发明上述的光纤布拉格光栅角度传感器中,刚性转动短端的主体在背离U形槽的位置开设有方形槽,主体上开设有连通U形槽和方形槽的第四通孔,光纤布拉格光栅元件穿设于第四通孔;预张力施加器包括设置在方形槽中的方形块体以及螺纹穿设在方形块体中的螺杆,第二通孔设置在方形块体上;螺杆通过C形挡圈限制在螺杆中,用于被转动以使方形块体沿螺杆轴线方向滑动,从而张紧光纤布拉格光栅元件。

[0013] 本发明上述的光纤布拉格光栅角度传感器中,光纤布拉格光栅元件的栅格区套设有弹性保护套管;而光纤布拉格光栅元件的分别与固定件和刚性转动短端固定连接的两个线段分别套设有金属保护套管;金属保护套管与弹性保护套管通过胶水固定连接。

[0014] 本发明上述的光纤布拉格光栅角度传感器中,限位构件通过螺丝与主体固定连接,用于限制刚性转动短端与刚性转动长端沿接头轴线方向滑动,使得转动副机构成为单自由度运动副。

[0015] 本发明上述的光纤布拉格光栅角度传感器中,接头与限位构件的第三通孔之间设置有轴承。

[0016] 本发明的光纤布拉格光栅角度传感器通过至少两个光纤布拉格光栅元件的波长漂移量来传感角度变化,不受温度的影响,同时,使得本发明的双光纤测量较之单光纤测量方法的分辨率会提高。本发明的光纤布拉格光栅角度传感器设计巧妙,实用性强。

附图说明

[0017] 下面将结合附图及实施例对本发明作进一步说明,附图中:

[0018] 图1示出了本发明的光纤布拉格光栅角度传感器的一种优选实施例的示意图;

[0019] 图2示出了图1所示的光纤布拉格光栅角度传感器的转动副机构的示意图;

[0020] 图3示出了图2所示的转动副机构的另一方向的示意图;

[0021] 图4示出了图1所示的光纤布拉格光栅角度传感器的光纤布拉格光栅元件的示意图;

[0022] 图5示出了图1所示的光纤布拉格光栅角度传感器的刚性转动短端和预张力施加器的示意图。

具体实施方式

[0023] 如图1-图5所示,图1示出了本发明的光纤布拉格光栅角度传感器的一种优选实施例的示意图;图2示出了图1所示的光纤布拉格光栅角度传感器的转动副机构的示意图;图3示出了图2所示的转动副机构的另一方向的示意图;图4示出了图1所示的光纤布拉格光栅角度传感器的光纤布拉格光栅元件的示意图;图5示出了图1所示的光纤布拉格光栅角度传感器的刚性转动短端和预张力施加器的示意图。具体地,该光纤布拉格光栅角度传感器包括刚性转动长端10和刚性转动短端20;刚性转动长端10与刚性转动短端20可相对转动连接,以构成转动副机构50;刚性转动长端10包括刚性构件11;刚性构件11包括通过接头13与刚性转动短端20可转动连接的刚性杆以及与刚性杆固定连接的固定件;光纤布拉格光栅角度传感器还包括至少两个光纤布拉格光栅元件30,其中有两个光纤布拉格光栅元件30分别设置在刚性杆的两侧;每个光纤布拉格光栅元件30分别穿过固定件和刚性转动短端20;每个光纤布拉格光栅元件30的两个线段分别与固定件和刚性转动短端20固定连接;刚性转动短端20包括用于张紧光纤布拉格光栅元件30的预张力施加器22。在本实施例中,固定件上分别设置有与至少两个光纤布拉格光栅元件30一一对应的至少两个第一通孔,刚性转动短端20上分别设置有与至少两个光纤布拉格光栅元件30一一对应的至少两个第二通孔;每个光纤布拉格光栅元件30分别穿设于对应第一通孔和对应第二通孔中;并且,每个光纤布拉格光栅元件30分别与对应第一通孔和对应第二通孔通过环氧树脂固定。进一步地,如图1和图2所示,光纤布拉格光栅角度传感器还包括盖设在刚性构件11上、用于与刚性构件11配合实现半包围光纤布拉格光栅元件30,从而避免光纤布拉格光栅元件30受到外力破坏的情形的刚性板12。

[0024] 进一步地,如图2和图3所示,刚性转动短端20还包括主体,该主体上开设有U形槽21;刚性杆上的接头13呈圆柱形,设置在U形槽21中;主体在U形槽21的两侧分别安装有限位构件14;每个限位构件14上开设有第三通孔,接头13的两端分别可转动地穿设于限位构件14上的第三通孔中。这样,U形槽21便与接头13的侧面相配合,使刚性转动短端20与刚性转动长端10能够绕接头13轴线做相对转动。在本实施例中,限位构件14通过螺丝与主体固定连接,用于限制刚性转动短端20与刚性转动长端10沿接头13轴线方向滑动,使得转动副机构50成为单自由度运动副。在本实施例中,接头13与限位构件14的第三通孔之间设置有轴承,从而减少接头13与限位构件14之间的摩擦。光纤布拉格光栅角度传感器还包括安装在刚性转动短端20的主体上、用于半包围刚性转动长端10的外壳40。

[0025] 进一步地,如图3所示,U形槽21的两侧分别设置有V型卡位,该V型卡位用于限制刚性转动短端20与刚性转动长端10之间的相对转动角度。

[0026] 如图3所示,当刚性转动短端20与刚性转动长端10之间的相对转动角度为 θ 时,分别设置在刚性杆的两侧的光纤布拉格光栅元件30,其中一侧的光纤布拉格光栅元件30产生拉伸变形,从而使得该拉伸变形的光纤布拉格光栅元件30波长值增大,其中另一侧的光纤布拉格光栅元件30产生收缩变形,从而使得该收缩变形的光纤布拉格光栅元件30波长值减小。在本实施例中,光纤布拉格光栅元件30有两个,当刚性转动短端20与刚性转动长端10之

间的相对转动角度为 θ 时,其中一个光纤布拉格光栅元件30产生轴向拉伸变形,波长漂移 $\Delta\lambda_1$,另一个光纤布拉格光栅元件30产生轴向收缩变形,波长漂移 $\Delta\lambda_2$,则有:

$$[0027] \quad \Delta\lambda_1 = \lambda_{e1} + \lambda_t \quad (1)$$

$$[0028] \quad \Delta\lambda_2 = \lambda_{e2} + \lambda_t \quad (2)$$

$$[0029] \quad \Delta\lambda_0 = \Delta\lambda_1 - \Delta\lambda_2 \quad (3)$$

[0030] 其中, $\Delta\lambda_0$ 表示双光纤布拉格光栅元件波长漂移量;

[0031] λ_{e1} 表示拉伸变形的光纤布拉格光栅元件30因应力应变产生的波长漂移量;

[0032] λ_{e2} 表示收缩变形的光纤布拉格光栅元件30因应力应变产生的波长漂移量;

[0033] λ_t 表示光纤布拉格光栅元件30因环境温度影响而产生的波长漂移量;

[0034] 将式(1)和式(2)代入式(3),从而得到:

$$[0035] \quad \Delta\lambda_0 = \lambda_{e1} - \lambda_{e2} \quad (4)$$

[0036] 由式(4)可知,本发明的光纤布拉格光栅角度传感器所测量的角度值不受温度的影响。同时,由于 λ_{e1} 和 λ_{e2} 符号相反,由式(4)得到的双光纤布拉格光栅元件波长漂移量 $\Delta\lambda_0$ 的绝对值为 λ_{e1} 和 λ_{e2} 绝对值之和,因此,可以知道本发明的双光纤测量较之单光纤测量方法的分辨率会提高。

[0037] 光纤布拉格光栅元件30包括纤芯以及涂覆在纤芯上的涂覆层。如图4所示,光纤布拉格光栅元件30的栅格区31套设有弹性保护套管32;而光纤布拉格光栅元件30的分别与固定件和刚性转动短端20固定连接的两个线段分别套设有金属保护套管33。在光纤布拉格光栅元件30上设置金属保护套管33时,需要先去除光纤布拉格光栅元件30上的涂覆层;待设置金属保护套管33完毕后,在金属保护套管33内灌入环氧树脂34,从而使得金属保护套管33不与纤芯发生相对滑移。同时,金属保护套管33与弹性保护套管32通过胶水固定连接。

[0038] 如图5所示,刚性转动短端20的主体在背离U形槽21的位置开设有方形槽23,主体上开设有连通U形槽21和方形槽23的第四通孔,光纤布拉格光栅元件30穿设于第四通孔;预张力施加器22包括设置在方形槽23中的方形块体24以及螺纹穿设在方形块体24中的螺杆25,第二通孔设置在方形块体24上;螺杆25通过C形挡圈26限制在螺杆25中,用于被转动以使方形块体24沿螺杆25轴线方向滑动,从而张紧光纤布拉格光栅元件30。优选地,在本实施例中,方形块体24的尺寸与方形槽的尺寸相同。在本发明中,可以看到,通过一个预张力施加器22的调节,可以实现张紧两个光纤布拉格光栅元件30的功能。

[0039] 应当理解的是,对本领域普通技术人员来说,可以根据上述说明加以改进或变换,而所有这些改进和变换都应属于本发明所附权利要求的保护范围。

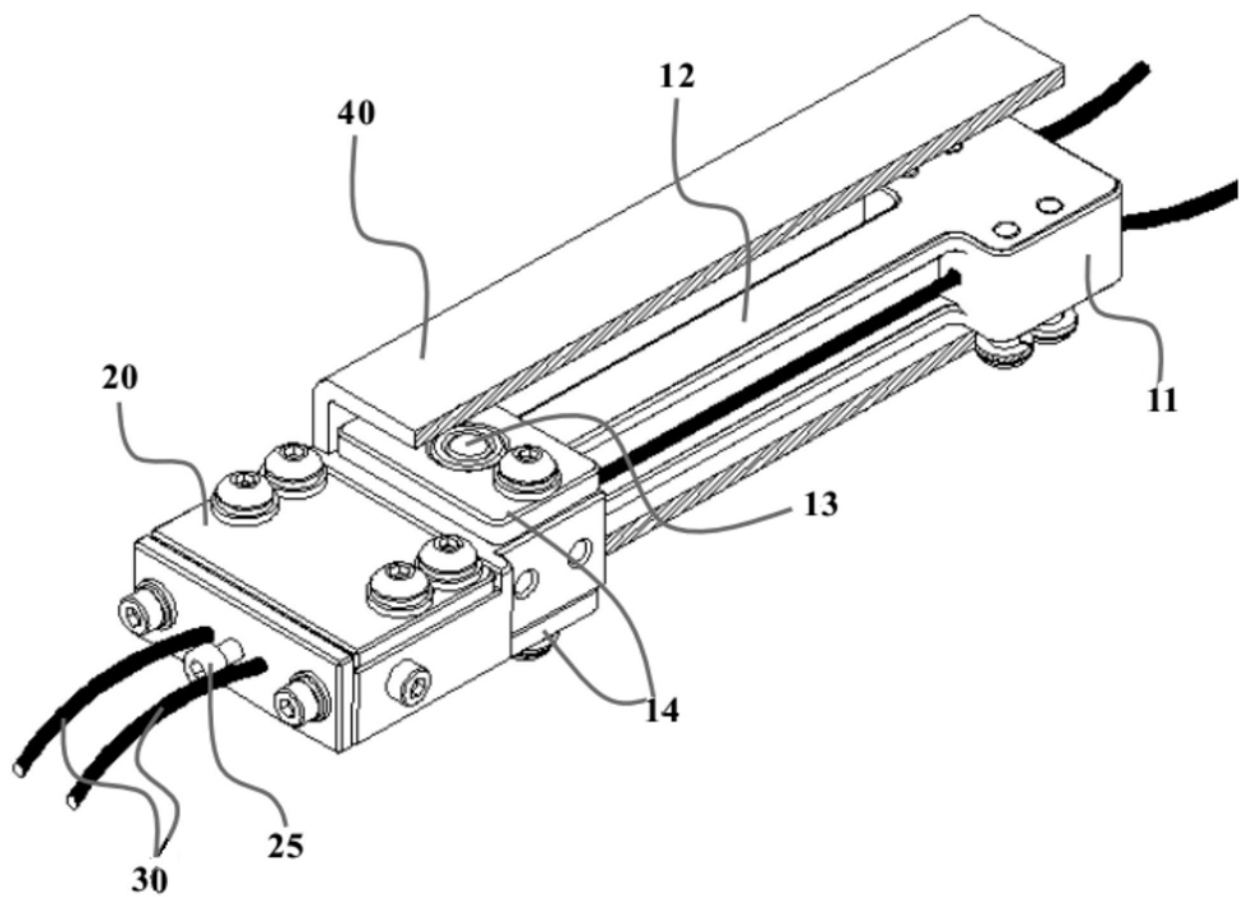


图1

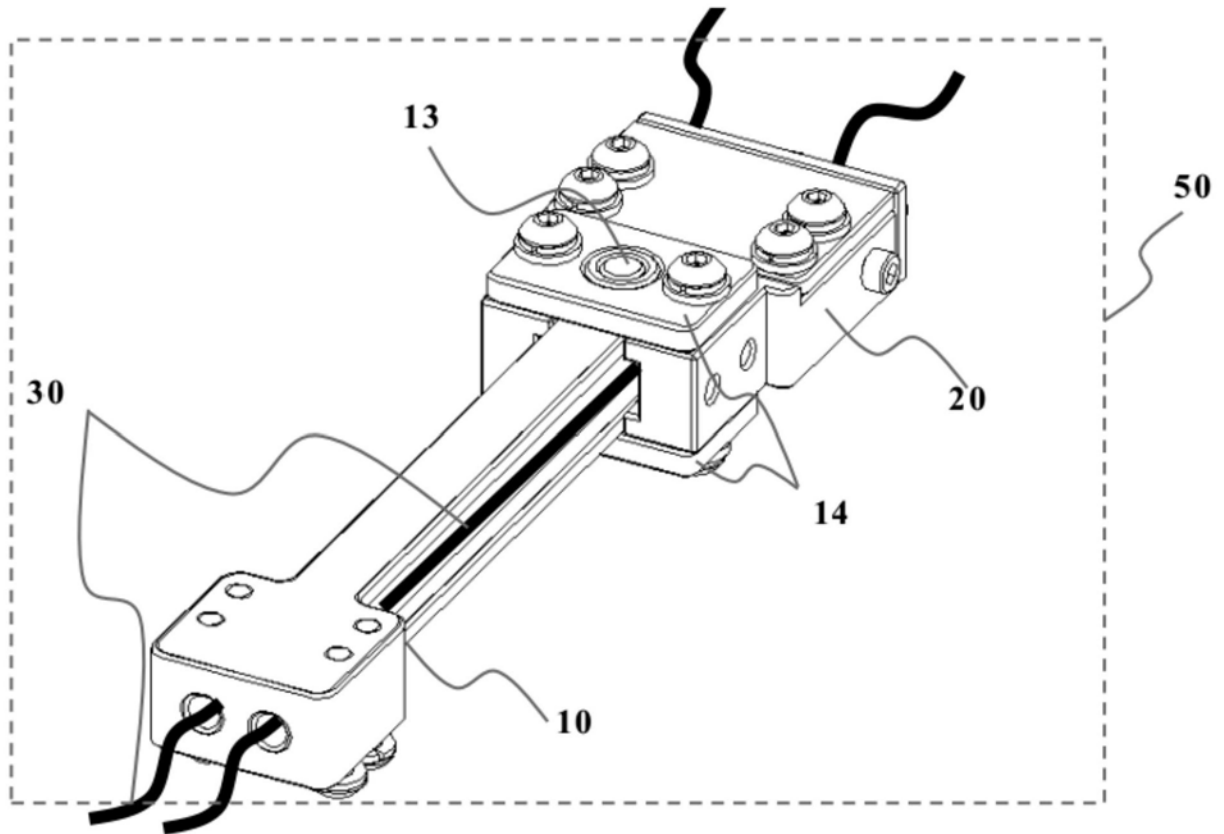


图2

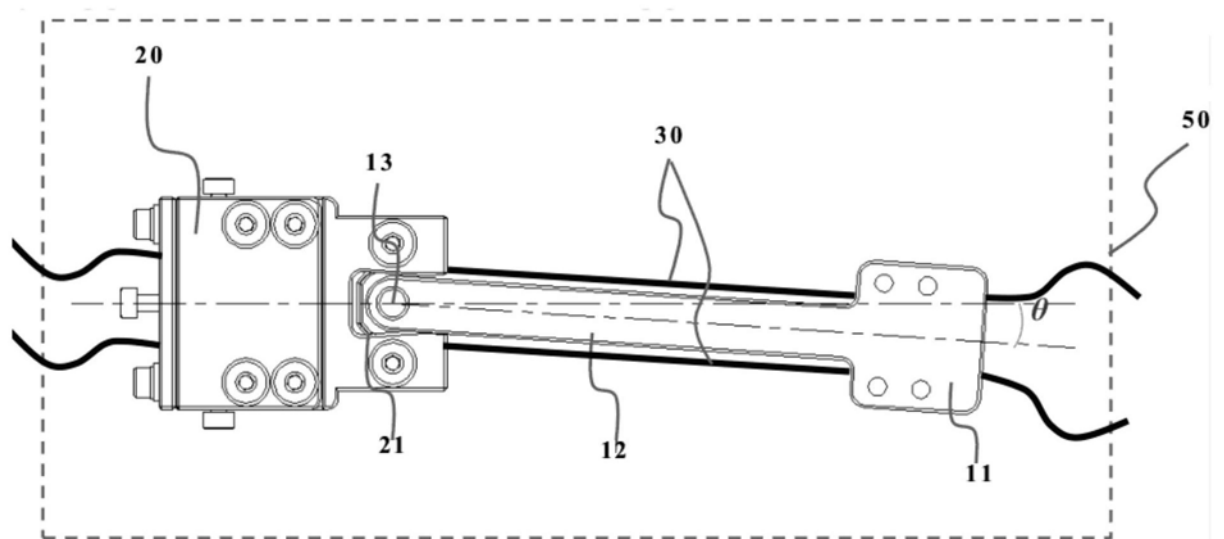


图3

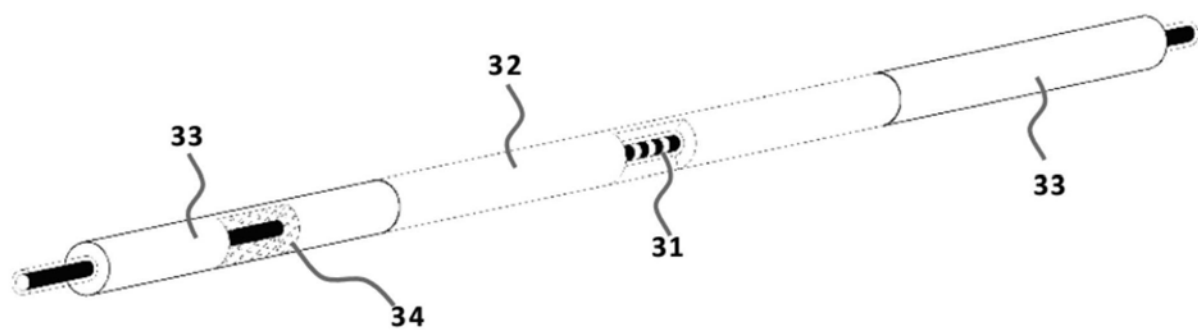


图4

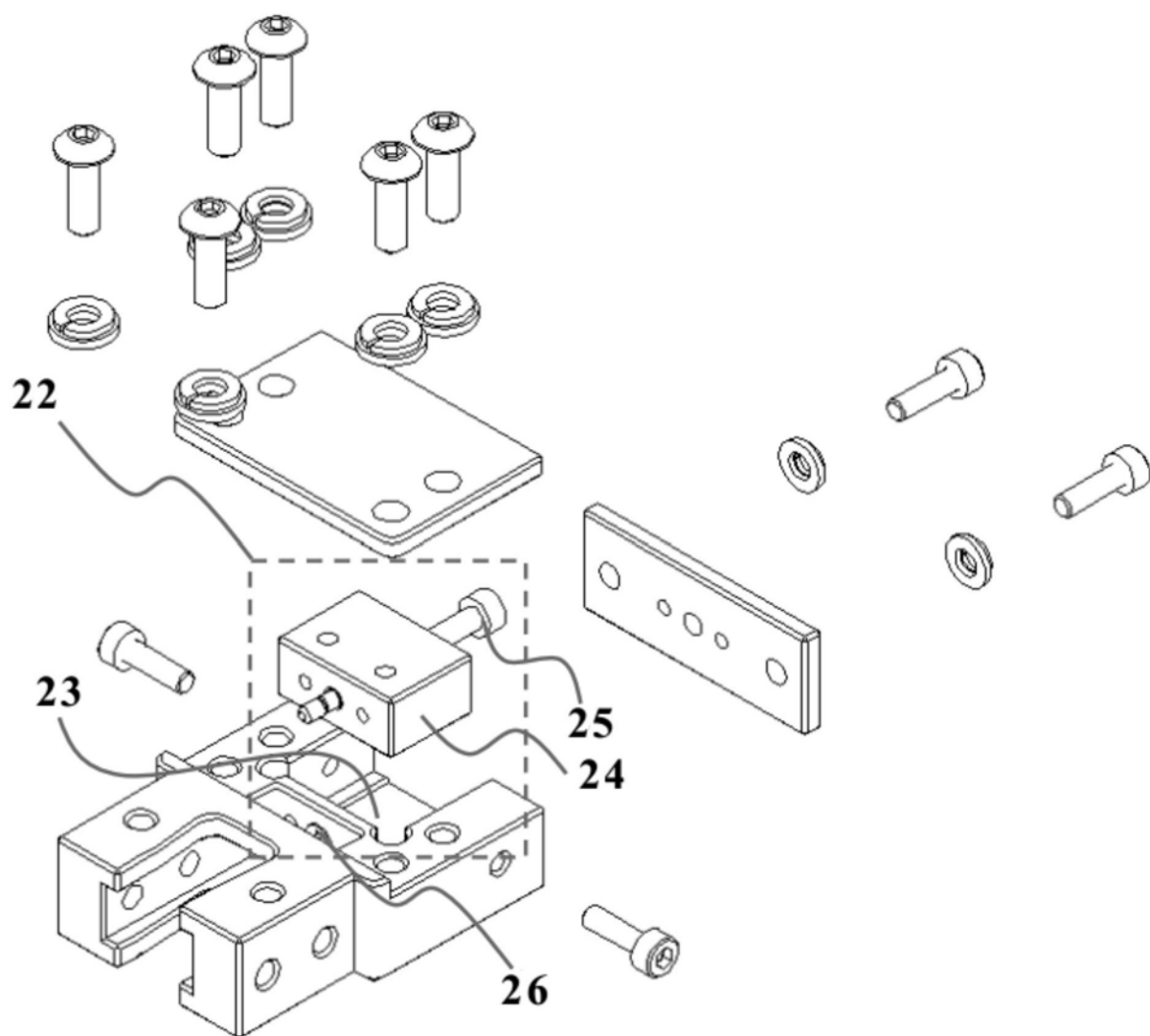


图5