



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 107991901 B

(45) 授权公告日 2020.12.25

(21) 申请号 201711257574.7

CN 105158895 A, 2015.12.16

(22) 申请日 2017.12.04

CN 104678711 A, 2015.06.03

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 102540391 A, 2012.07.04

申请公布号 CN 107991901 A

Angeli, George等.Characterization of wind loading of telescopes.《PROCEEDINGS OF SPIE》.2002,第71-83页.

(43) 申请公布日 2018.05.04

兴连国等.音圈电机研究及应用综述.《微电机》.2011,第44卷(第8期),第82-87页.

(73) 专利权人 中国科学院国家天文台南京天文
光学技术研究所

张玉方等.用于薄镜面主动光学的音圈力促动器设计.《光学精密工程》.2013,第21卷(第11期),第2836-2843页.

地址 210042 江苏省南京市板仓街188号

(72) 发明人 李浩 张振超 杜福嘉

(74) 专利代理机构 江苏致邦律师事务所 32230
代理人 栗仲平

Bin-tang Yanga等.Large stroke and nanometer-resolution giant magnetostrictive assembled actuator for driving segmented mirrors in very large astronomical telescopes.《Sensors and Actuators A: Physical》.2012,第193-203页.

(51) Int. Cl.

G05B 17/02 (2006.01)

白清顺等.高精度微位移促动器及其在极地天文望远镜中的应用.《中国科学:技术科学》.2016,第46卷(第7期),第697-705页.

(56) 对比文件

US 2005057122 A1, 2005.03.17

DE 102006011807 A1, 2007.09.20

CN 102353539 A, 2012.02.15

CN 104483743 A, 2015.04.01

CN 106094572 A, 2016.11.09

CN 103178685 A, 2013.06.26

审查员 黄为锴

权利要求书1页 说明书6页 附图3页

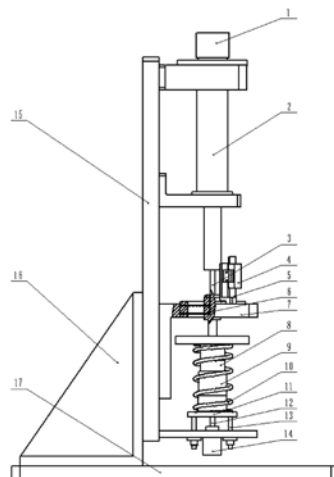
(54) 发明名称

音圈电机位移促动器仿真平台

且提供模拟风力外界扰动,可实现高精度控制器的设计及验证。

(57) 摘要

音圈电机位移促动器仿真平台及其工作方法,风力仿真机构由步进电机和推力杆构成,第一步进电机下面与推力杆连接,通过滚珠丝杆将第一步进电机角位移转化为力;负载弹簧和音圈电机磁钢安装在移动支撑板上,滚珠丝杠下端与第二步进电机连接上端与移动支撑板连接,移动支撑板下方通过直线轴承垂直移动;音圈电机线圈和负载弹簧与促动器输出轴同轴,负载弹簧上端与音圈电机的线圈跟促动器输出轴固定;两片膜片中间用夹块和夹板分开,与促动器输出轴连接固定在;膜片固定在输出固定架上;推力杆安装在安装支架上与促动器输出轴在同一轴线。本发明输出精度达到十几纳米,满足拼接镜面要求



CN 107991901 B

1. 一种音圈电机位移促动器仿真平台,由音圈电机位移促动器、风力仿真机构组成;其中风力仿真机构由第一步进电机和推力杆构成,其特征在于,第一步进电机下面与推力杆连接在一起,通过滚珠丝杆,将第一步进电机角位移转化为力;负载弹簧和音圈电机磁钢安装在同一个移动支撑板上;滚珠丝杠下端与第二步进电机连接在一起,上端与移动支撑板连接在一起;移动支撑板下方设有直线导轨;所述直线导轨通过安装支架上的直线轴承垂直方向上下移动;所述音圈电机的线圈和负载弹簧与促动器输出轴同轴安装,负载弹簧上端与音圈电机的线圈跟促动器输出轴固定在一起;两片支撑膜片中间用膜片夹块和膜片夹板分开,用螺栓通过两片膜片压块和膜片压板与促动器输出轴连接固定在一起;两片支撑膜片固定在输出固定架上;同时光栅尺也跟促动器输出轴固定在一起,光栅尺读数头通过支架安装在输出固定架上;推力杆安装在安装支架上,与促动器输出轴在同一轴线上;

具体结构如下:运动部件安装在安装支架上,通过支撑架固定在底板上;移动支撑板下方设有三个直线导轨,圆周均匀分布,三个直线导轨通过安装支架上的导孔垂直方向上下移动,用螺栓通过两片膜片压块和膜片压板与促动器输出轴上圆周分布的四个螺纹孔连接固定在一起;支撑膜片周围有8个圆周分布的通孔,通过螺栓固定在输出固定架上;

对于音圈电机位移促动器的输出位移的控制分为粗位移调整和精位移调整两部分;

粗位移调整是工控机通过步进电机驱动器控制第二步进电机旋转,带动滚珠丝杆旋转,将角位移转化为直线位移,使得移动支撑板沿着直线导轨上下运动;

第二步进电机的步距角为 15° ,驱动器进行二细分,减速器150:1的减速比,滚珠丝杆的导程为2mm;粗调整的分辨率约为 $277.8\mu\text{m}$;

精位移调整的方式为工控机设置音圈电机驱动器的工作模式为电流模式,通过USB与驱动器通讯,控制驱动器输出电流值的大小来实现对音圈电机输出力大小的控制;精调整的分辨率约为10nm。

2. 根据权利要求1所述的音圈电机位移促动器仿真平台,其特征在于,所述第一步进电机1、第二步进电机的型号为SAIA步进电机 UBB2N08D15CNNP 120 Ω /ph,自带减速器,减速比为150:1 ;所述滚珠丝杆型号为THK BNK1202;所述音圈电机型号为VLR0022-0098-00A。

音圈电机位移促动器仿真平台

技术领域

[0001] 本发明属于精密运动控制的技术领域,涉及一种音圈电机位移促动器仿真平台。

背景技术

[0002] 自伽利略发明第一台望远镜的400多年间里,天文望远镜的口径做的越来越大,集光能力以及分辨率也越来越高,人们能够看的越来越远,越来越清晰。但是传统天文望远镜的光学系统是不做校正的,因此,随着口径的增大,重力以及温度变化对主镜面型的影响也愈发明显。为实现更大口径主镜的地基式望远镜,拼接镜面技术应运而生。拼接镜面技术是主动光学技术的一种,当前拼接镜面技术被广泛的应用在望远镜的设计建造中。美国已建成的10米口径KECKI、KECKII(凯克望远镜),计划在夏威夷建造的主镜口径30米的TMT(三十米望远镜),欧洲南方天文台正在建造的39.3米ELT(极大望远镜),南非10米SALT望远镜,中国LAMOST(郭守敬望远镜)MA施密特反射镜、MB主镜以及计划建造的12米LOT望远镜,6.5米口径JWST(詹姆斯·韦伯太空望远镜)都是采用或者即将采用拼接镜面技术。

[0003] 位移促动器是拼接镜面技术中面型控制的执行机构,用于调节子镜面外的三个自由度(piston、tip、tilt),使得拼接主镜的集光能力等效成相同口径的整块镜子。它主要有定位和调整两种作用。其中,定位指的是将相邻子镜间的相对位置维持不变,使主镜的面型保持不变;调整是在望远镜指向跟踪过程中,因重力、温度、外界扰动(风力、机架振动)引起的主镜面型的变化时,通过边缘传感器实时的检测位置变化量,然后控制位移促动器输出位移量进行实时补偿。

[0004] 当前应用到望远镜上的位移促动器主要采用的是机械式微位移促动器机构加高精度缩放装置。美国10米KECK望远镜采用的是减速器丝杠式的微位移促动器加一级精密液压缩放机构;美国9米HET以及南非10米SALT望远镜采用了减速器丝杠型式的微位移促动器加一级精密丝杠缩放机构;中国LAMOST郭守敬望远镜MA、MB同样采用的是减速器加精密丝杠机构。这些位移促动器能够很好的补偿望远镜指向跟踪过程中因重力、温度变化造成的面型变化。这些扰动的频率很低,大部分都在0.1HZ以内,当前这种结构的位移促动器能够很好的补偿这些扰动。但是,随着望远镜口径不断地增大,风扰以及机架振动对主镜面型的影响也越来越大。这些扰动的频率都很高,在几赫兹甚至几十赫兹左右,这类机械传动式的微位移促动器的动态性能已无法满足要求。因此,需要设计一种新的位移促动器。

发明内容

[0005] 本发明的目的是提供一种音圈电机位移促动器仿真平台,实现对促动器位移量的纳米级控制,并通过风力仿真机构,模拟望远镜在指向跟踪过程中,因风力作用在镜面上带来的扰动,为音圈电机位移促动器提供一个仿真平台。借助该平台可以验证设计的高精度控制器,为望远镜拼接主镜控制提供技术支持。本发明基于音圈电机设计一种位移促动器的仿真平台,核心部分由音圈电机位移促动器、风力仿真机构组成。

[0006] 所述的目的是通过以下方案实现的:一种音圈电机位移促动器仿真平台,风力仿

真机构由步进电机和推力杆构成,其特征在于,第一步进电机下面与推力杆连接在一起,通过滚珠丝杆,将第一步进电机角位移转化为力;负载弹簧和音圈电机磁钢安装在同一个移动支撑板上,滚珠丝杠下端与第二步进电机连接在一起,上端与移动支撑板连接在一起,移动支撑板下方设有直线导轨,所述直线导轨通过安装支架上的直线轴承垂直方向上下移动;所述音圈电机的线圈和负载弹簧与促动器输出轴同轴安装,负载弹簧上端与音圈电机的线圈跟促动器输出轴固定在一起;两片膜片中间用膜片夹块和膜片夹板分开,用螺栓通过两片膜片压块和膜片压板与促动器输出轴连接固定在一起;膜片固定在输出固定架上;同时光栅尺也跟促动器输出轴固定在一起,光栅尺读数头通过支架安装在输出固定架上;推力杆安装在安装支架上,与促动器输出轴在同一轴线上。

[0007] 换言之(参照图1),本发明包括第一步进电机1、推力杆2、促动器输出轴3、光栅尺传感器4、光栅尺5、支撑膜片6、输出固定架7、音圈电机线圈8、音圈电机磁钢9、负载弹簧10、移动支撑板11、滚珠丝杠12、直线导轨13、第二步进电机14、安装支架15、支撑架16、安装底板17、膜片压块18、膜片夹块19、膜片压板20、膜片夹板21。

[0008] 运动部件安装在安装支架15上,通过支撑架16固定在底板17上。安装支架15与底板17垂直。负载弹簧10和音圈电机(线圈8和磁钢9)安装在同一个移动支撑板11上,滚珠丝杠12下端与步进电机14连接在一起,上端与移动支撑板11连接在一起,移动支撑板10下方有3个直线导轨13,圆周均匀分布,直线导轨通过安装支架15上的导孔垂直方向上下移动,音圈电机的线圈8和负载弹簧10与促动器输出轴3是同轴安装的,弹簧10另一端与线圈8跟促动器输出轴3连接在一起。2片膜片6中间用膜片夹块19和膜片夹板21分开,用螺栓通过两片膜片7压块18和膜片压板20与促动器输出轴上圆周分布的四个螺纹孔连接固定在一起。膜片6周围有8个圆周分布的通孔,通过螺栓固定在输出固定架7上。同时光栅尺5也是跟促动器输出轴3固定在一起,光栅尺读数头4通过支架安装在输出固定架7上。风力仿真机构由步进电机1和推力杆2构成。推力杆安装在安装支架15上,与促动器输出轴3在同一轴线上。

[0009] 上述音圈电机位移促动器仿真平台的工作方法,其特征在于,步骤如下:

[0010] 对于音圈电机位移促动器的输出位移的控制分为粗位移调整和精位移调整两部分;

[0011] 粗位移调整是工控机通过步进电机驱动器控制第二步进电机旋转,带动滚珠丝杆旋转,将角位移转化为直线位移,使得移动支撑板11沿着直线导轨13上下运动;

[0012] 第二步进电机的步距角为 15° ,驱动器进行二细分,减速器150:1的减速比,滚珠丝杆的导程为2mm,粗调整的分辨率约为 $277.8\mu\text{m}$;

[0013] 精位移调整的方式为工控机设置音圈电机驱动器的工作模式为电流模式,通过USB与驱动器通讯,控制驱动器输出电流值的大小来实现对音圈电机出力大小的控制,精调整的分辨率约为10nm;

[0014] 工控机通过采集音圈电机电流值,判断其大小,通过逻辑判断将两路电机的控制连接起来;当工控机经过相应的解算算法得到的音圈电机的输入电流过大时,会控制第二步进电机动作,移动支撑板往同方向移动一定距离,使得音圈电机的输入电流始终在额定电流以内;通过光栅尺传感器反馈促动器输出轴的位移信号到工控机,组成闭环系统,动态的校正输出位移;

[0015] 风力仿真步骤:

[0016] 通过采集望远镜台址附近的风速数据;

[0017] 通过风力模型,得到风力扰动的传递函数;

[0018] 通过仿真获得实时的风速;

[0019] 然后通过 $F = \frac{1}{2} \rho A_s C_d V^2$ 将风速转化成作用在镜面上的力;

[0020] 采用同样的步进电机系统,通过推力杆将第一步进电机的角位移转化为力,对应的分辨率为4mN;

[0021] 对于风力扰动的动态特性我们采用冯卡门模型,其传递函数为

$$\Phi_{pt}^{vK}(f) = \frac{C_{pt}^{vK}}{\left[1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right]^{\frac{7}{6}}}$$

作为风力扰动的功率谱密度PSD(power spectral density);

[0022] 频谱由两个参数定义:大小(C_{pt}^{vK})、带宽(f_0);对于绝大部分风力扰动来说,带宽为1rad/s;通过采集望远镜台址附近的风速数据,计算得到 C_{pt}^{vK} 。

[0023] 本发明的工作原理:

[0024] 整个装置由工控机通过多路AD/DA板卡,电机驱动器,信号采集器进行集中控制,同时工控机接受光栅尺传感器的数据进行综合逻辑运算实现音圈电机位移促动器精确的位移输出。

[0025] 首先对于音圈电机位移促动器的输出位移的控制分为粗位移调整和精位移调整两部分。粗位移调整是工控机通过步进电机驱动器控制第二步进电机14旋转,带动滚珠丝杆旋转,将角位移转化为直线位移,使得移动支撑板11沿着直线导轨13上下运动。第二步进电机14的步距角为 15° ,驱动器进行二细分,减速器150:1的减速比,滚珠丝杆的导程为2mm,粗调整的分辨率约为277.8um。精位移调整的方式为工控机设置音圈电机驱动器的工作模式为电流模式,通过USB与驱动器通讯,控制驱动器输出电流值的大小来实现对音圈电机出力大小的控制。工控机通过采集音圈电机电流值,判断其大小将两路电机的控制连接起来。当工控机经过相应的解算算法得到的音圈电机的输入电流过大时,会控制第二步进电机14动作,移动支撑板11往同方向移动一定距离,使得音圈电机的输入电流始终在额定电流以内。通过光栅尺传感器反馈促动器输出轴3的位移信号到工控机,组成闭环系统,动态的校正输出位移。

[0026] 对于风力仿真机构,采用同样的步进电机系统,通过推力杆2将第一步进电机1的角位移转化为力,对应的分辨率为4mN。对于风力扰动的动态特性我们采用冯卡门模型,其

$$\Phi_{pt}^{vK}(f) = \frac{C_{pt}^{vK}}{\left[1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right]^{\frac{7}{6}}}$$

传递函数为

作为风力扰动的功率谱密度PSD(power spectral density)。频谱由两个参数定义:大小(C_{pt}^{vK})、带宽(f_0)。对于绝大部分风力扰动来说,带宽

为 1rad/s 。通过采集望远镜台址附近的风速数据,计算得到 C_{pt}^{vK} 。得到风力扰动的传递函数,通过仿真获得实时的风速。然后通过 $F = \frac{1}{2} \rho A_s C_d V^2$ 将风速转化成作用在镜面上的力。

其中 F 为作用在镜面上的扰动力, ρ 为台址地区的空气密度, A_s 为子镜镜面的面积, C_d 为风力系数(阻力系数), V 为风速。工控机通过以上的算法得到实时的风力大小,推力杆2在行程内是线性的,因此我们可以得到对应的步进电机的脉冲数。这样我们就能很好的仿真望远镜在指向跟踪过程中的风力扰动。

[0027] 本发明通过负载弹簧和音圈电机相结合的方式,实现对位移的粗、精调,可以使得位移能够达到纳米级的精度,完全满足拼接主镜的精度要求。同时利用风力仿真机构,模拟风力扰动,可以施加到位移促动器上,为控制器的设计及验证提供一个良好的仿真试验平台。

附图说明

- [0028] 图1本发明音圈电机位移促动器仿真平台结构示意图;
[0029] 图2图1的俯视结构示意图;
[0030] 图3图1中未加风力仿真机构的结构示意图;
[0031] 图4图1中输出固定架的剖视结构示意图。

具体实施方式

[0032] 结合图1、图2、图3、图4所示,它包括第一步进电机1、推力杆2、促动器输出轴3、光栅尺传感器4、光栅尺5、支撑膜片6、输出固定架7、音圈电机线圈8、音圈电机磁钢9、负载弹簧10、移动支撑板11、滚珠丝杠12、直线导轨13、第二步进电机14、安装支架15、支撑架16、安装底板17、膜片压块18、膜片夹块19、膜片压板20、膜片夹板21。

[0033] 第一步进电机1、第二步进电机14的型号为SAIA步进电机UBB2N08D15CNNP 120 Ω / ph,自带减速器,减速比为150:1;滚珠丝杆型号为THK BNK1202;直线轴承导轨型号为THK LMF20ML;音圈电机信号为美新公司的VLR0022-0098-00A;光栅尺传感器型号为雷尼绍RGH24015A30A。

[0034] 工作步骤如下:

[0035] 对于音圈电机位移促动器的输出位移的控制分为粗位移调整和精位移调整两部分;

[0036] 粗位移调整是工控机通过步进电机驱动器控制第二步进电机旋转,带动滚珠丝杠旋转,将角位移转化为直线位移,使得移动支撑板11沿着直线导轨13上下运动;

[0037] 第二步进电机的步距角为 15° ,驱动器进行二细分,减速器150:1的减速比,滚珠丝杠的导程为2mm,粗调整的分辨率约为 $277.8\mu\text{m}$;

[0038] 精位移调整的方式为工控机设置音圈电机驱动器的工作模式为电流模式,通过USB与驱动器通讯,控制驱动器输出电流值的大小来实现对音圈电机输出力大小的控制,精调整的分辨率约为10nm;

[0039] 工控机通过采集音圈电机电流值,判断其大小,通过逻辑判断将两路电机的控制连接起来;当工控机经过相应的解算算法得到的音圈电机的输入电流过大时,会控制第二

步进电机动作,移动支撑板往同方向移动一定距离,使得音圈电机的输入电流始终在额定电流以内;通过光栅尺传感器反馈促动器输出轴的位移信号到工控机,组成闭环系统,动态的校正输出位移;

[0040] 风力仿真步骤:

[0041] 通过采集望远镜台址附近的风速数据;

[0042] 通过风力模型,得到风力扰动的传递函数;

[0043] 通过仿真获得实时的风速;

[0044] 然后通过 $F = \frac{1}{2} \rho A_s C_d V^2$ 将风速转化成作用在镜面上的力;

[0045] 采用同样的步进电机系统,通过推力杆将第一步进电机的角位移转化为力,对应的分辨率为4mN;

[0046] 对于风力扰动的动态特性我们采用冯卡门模型,其传递函数为

$$\Phi_{pt}^{vK}(f) = \frac{C_{pt}^{vK}}{\left[1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right]^{\frac{7}{6}}}$$

作为风力扰动的功率谱密度PSD(power spectral density);

[0047] 频谱由两个参数定义:大小(C_{pt}^{vK})、带宽(f_0);对于绝大部分风力扰动来说,带宽为1rad/s;通过采集望远镜台址附近的风速数据,计算得到 C_{pt}^{vK} 。

[0048] 本发明的工作原理:

[0049] 整个装置由工控机通过多路AD/DA板卡,电机驱动器,信号采集器进行集中控制,同时工控机接受光栅尺传感器的数据进行综合逻辑运算实现音圈电机位移促动器精确的位移输出。

[0050] 首先对于音圈电机位移促动器的输出位移的控制分为粗位移调整和精位移调整两部分。粗位移调整是工控机通过步进电机驱动器控制第二步进电机14旋转,带动滚珠丝杆旋转,将角位移转化为直线位移,使得移动支撑板11沿着直线导轨13上下运动。第二步进电机14的步距角为 15° ,驱动器进行二细分,减速器150:1的减速比,滚珠丝杆的导程为2mm,粗调整的分辨率约为277.8um。精位移调整的方式为工控机设置音圈电机驱动器的工作模式为电流模式,通过USB与驱动器通讯,控制驱动器输出电流值的大小来实现对音圈电机出力大小的控制。工控机通过采集音圈电机电流值,判断其大小将两路电机的控制连接起来。当工控机经过相应的解算算法得到的音圈电机的输入电流过大时,会控制第二步进电机14动作,移动支撑板11往同方向移动一定距离,使得音圈电机的输入电流始终在额定电流以内。通过光栅尺传感器反馈促动器输出轴3的位移信号到工控机,组成闭环系统,动态的校正输出位移。

[0051] 对于风力仿真机构,采用同样的步进电机系统,通过推力杆2将第一步进电机1的角位移转化为力,对应的分辨率为4mN。对于风力扰动的动态特性我们采用冯卡门模型,其

传递函数为 $\Phi_{pt}^{vK}(f) = \frac{C_{pt}^{vK}}{\left[1 + \left(\frac{f}{f_0}\right)^2\right]^{\frac{7}{6}}}$ 作为风力扰动的功率谱密度PSD (power spectral

density)。频谱由两个参数定义：大小(C_{pt}^{vK})、带宽(f_0)。对于绝大部分风力扰动来说，带宽为1rad/s。通过采集望远镜台址附近的风速数据，计算得到 C_{pt}^{vK} 。得到风力扰动的传递函数，

通过仿真获得实时的风速。然后通过 $F = \frac{1}{2} \rho A_s C_d V^2$ 将风速转化成作用在镜面上的力。其中

F为作用在镜面上的扰动力， ρ 为台址地区的空气密度， A_s 为子镜镜面的面积， C_d 为风力系数(阻力系数)，V为风速。工控机通过以上的算法得到实时的风力大小，推力杆2在行程内是线性的，因此我们可以得到对应的步进电机的脉冲数。这样我们就能很好的仿真望远镜在指向跟踪过程中的风力扰动。

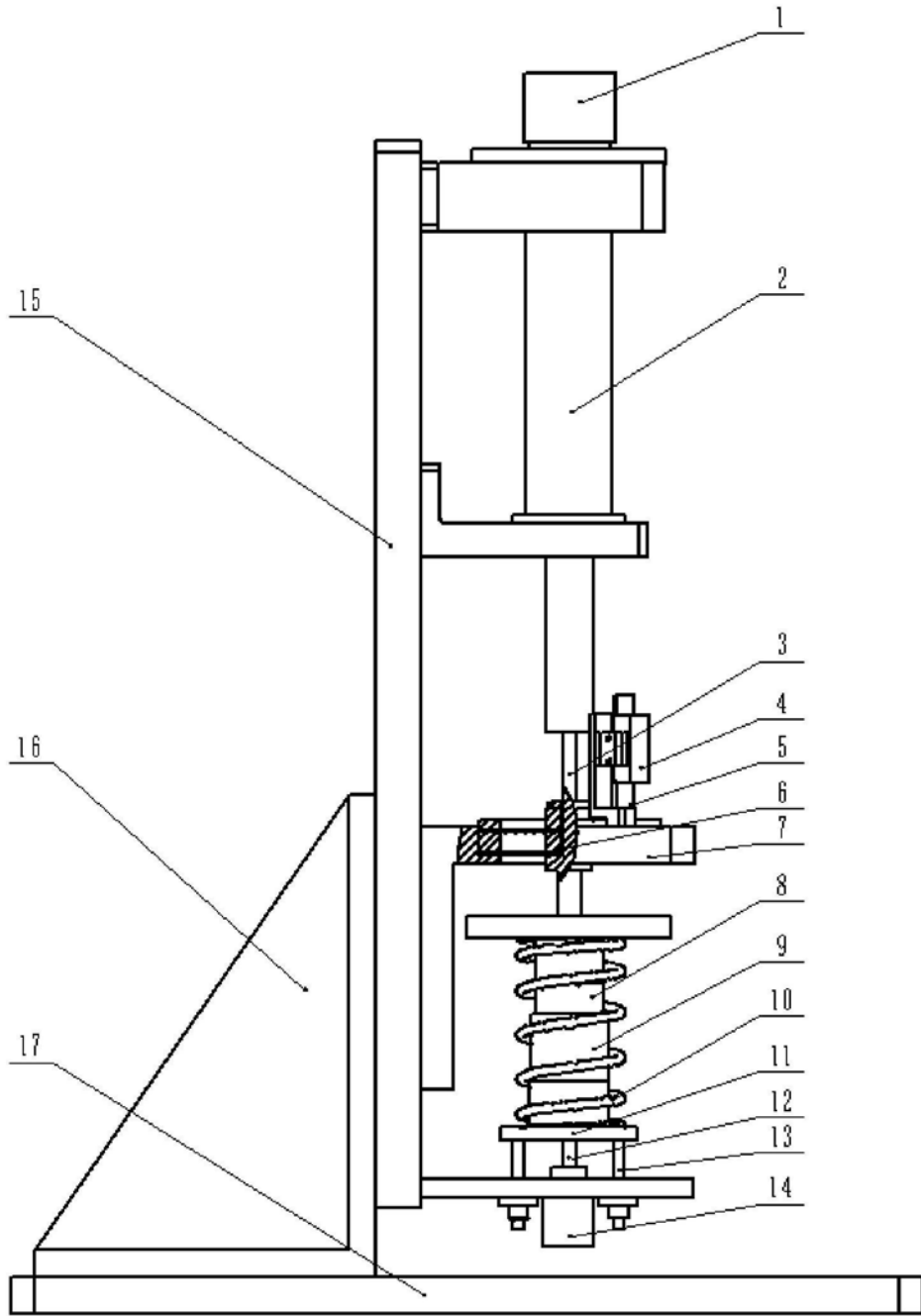


图1

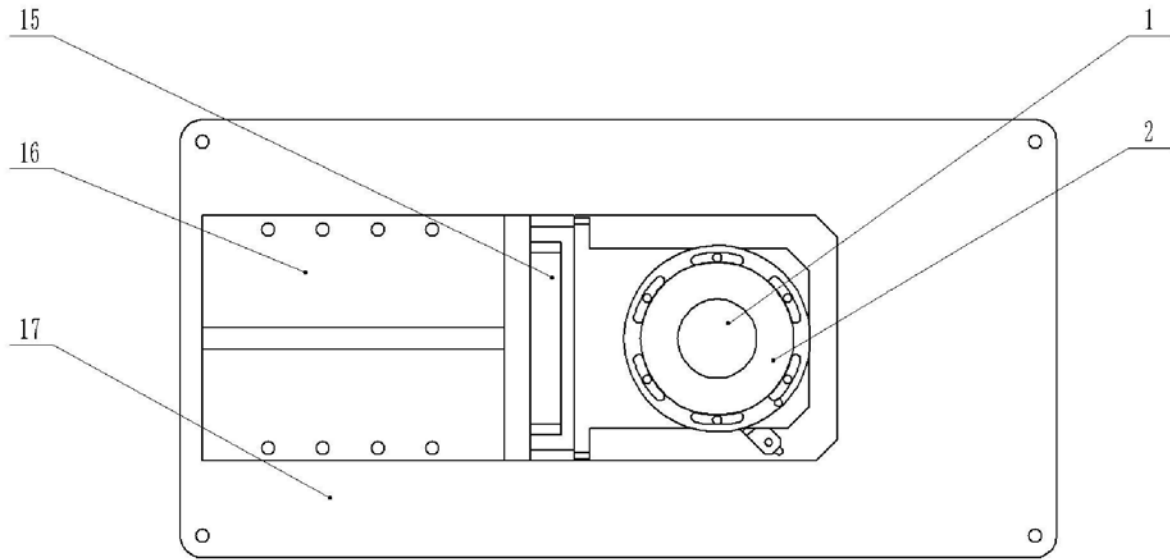


图2

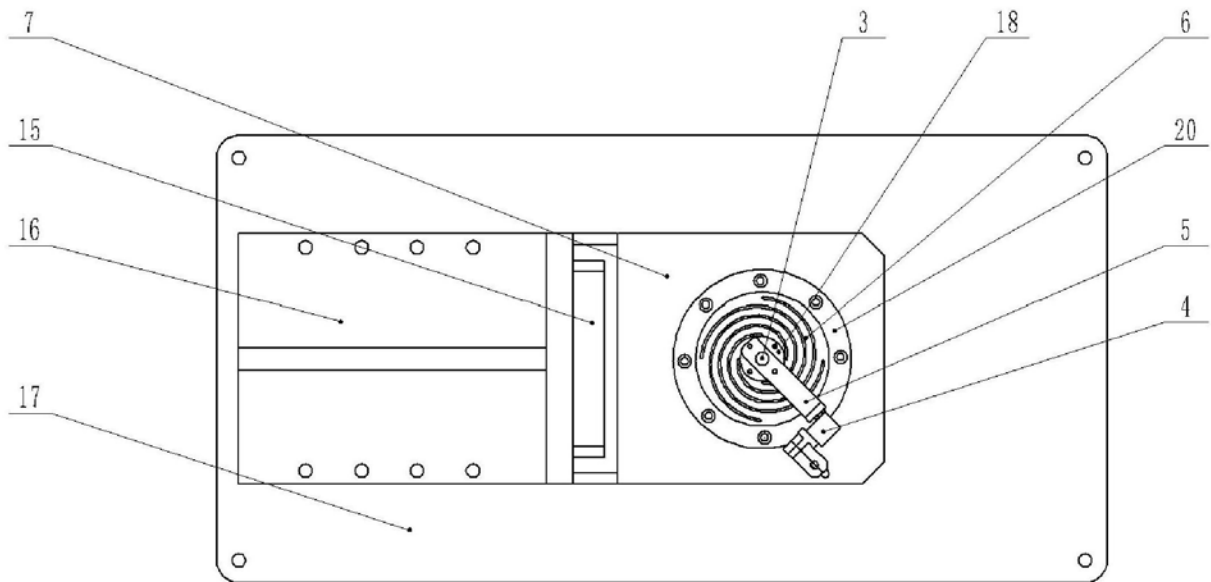


图3

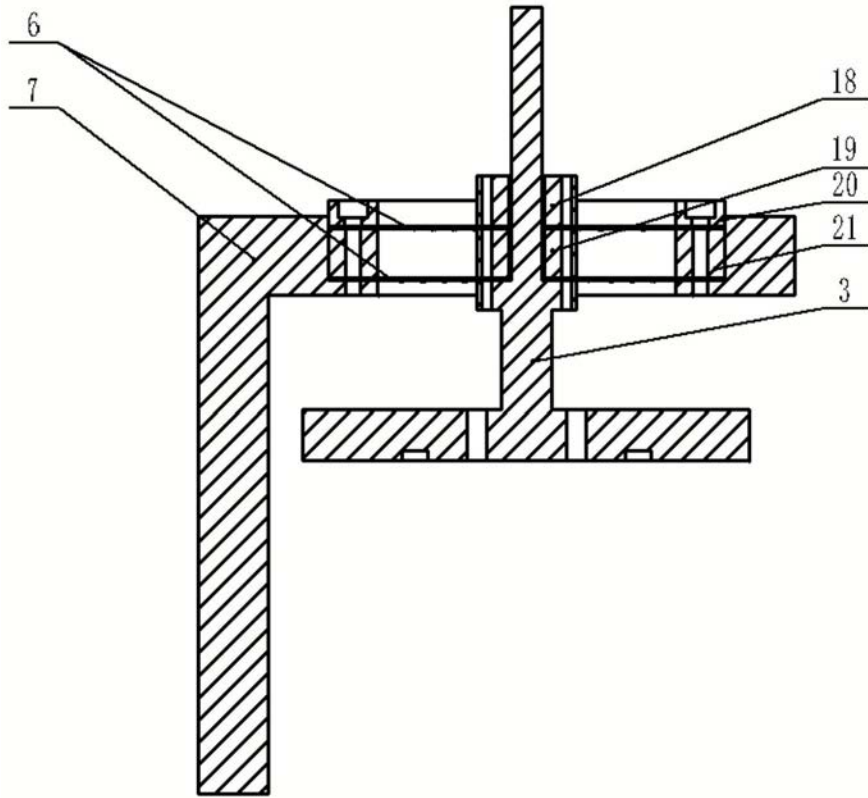


图4