



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107132635 B

(45)授权公告日 2019.08.23

(21)申请号 201710315677.8

(22)申请日 2017.05.08

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107132635 A

(43)申请公布日 2017.09.05

(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

地址 210042 江苏省南京市板仓街188号

(72)发明人 张志永 顾伯忠 姜翔 田源
乐中宇

(74)专利代理机构 江苏致邦律师事务所 32230
代理人 栗仲平

(51)Int.Cl.
G02B 7/182(2006.01)

(56)对比文件

JP 2012252299 A,2012.12.20,
JP 2012252299 A,2012.12.20,
CN 203551874 U,2014.04.16,
CN 202182153 U,2012.04.04,
CN 201348670 Y,2009.11.18,
CN 105093477 A,2015.11.25,
王克军.天基大口径反射镜轻量化设计及复
合支撑技术研究.《工程科技II辑》.2016,

审查员 王晶晶

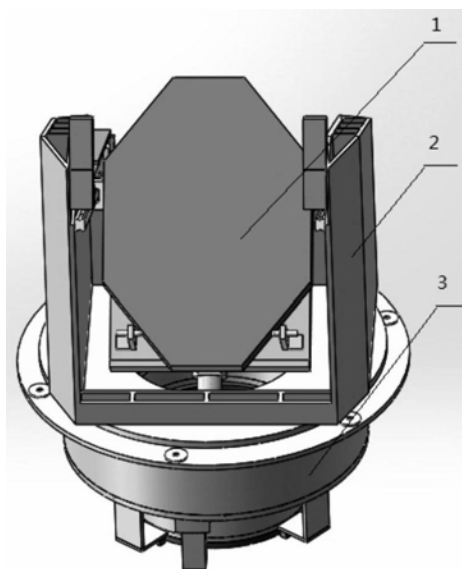
权利要求书1页 说明书5页 附图4页

(54)发明名称

高精度的反射镜切换装置

(57)摘要

高精度的反射镜切换装置,与望远镜系统的主镜同轴安装,设置在主镜与副镜之间,特征是本切换装置包含随动型支撑机构、空间冗余并联驱动机构和旋转机构;其中的空间冗余并联驱动机构实现反射镜90度或45度的翻转。利用空间冗余并联驱动机构将反射镜翻转到90度时实现经主镜反射到副镜的光线经副镜反射汇集到Cassegrain焦点;当反射镜翻转到45度时,反射镜将副镜光线反射到Nasmyth焦点,旋转机构的旋转实现耐氏焦点之间的切换。本发明解决了反射镜的镜面调整和焦点切换问题,承载能力强、机构的跨越空间构型、焦点快速切换、实时动态补偿反射镜误差、镜面无附加应力调整、光线无遮挡。



1. 一种高精度的反射镜切换装置,与望远镜系统的主镜同轴安装,设置在主镜与副镜之间,其特征在于,本切换装置由随动型支撑机构、空间冗余并联驱动机构和旋转机构组成;其中的空间冗余并联驱动机构实现反射镜90度或45度的翻转;

所述随动型支撑机构包含3组底支撑、侧支撑、镜室、反射镜及弹簧柱塞;其中的底支撑为横杠结构,该横杠中心位置设置一个消隙旋转轴系,该横杠两端采用柔性铰链与反射镜联接;第一滚珠花键副的花键轴分别与该横杠和精密推拉螺钉组联接;

所述侧支撑位于反射镜的中心位置;殷钢环通过环氧胶与反射镜相联接,并通过反射镜的重心平面;圆柱孔调心球轴承内外圈分别安装第二滚珠花键副的花键轴和所述殷钢环,所述圆柱孔调心球轴承采用剖分轴承,该轴承利用剖分轴承端盖施加预紧力,消除轴承间隙;第二滚珠花键副的花键轴端部安装轴承内圈锁紧螺母,该第二滚珠花键副的花键套与镜室固联。

2. 根据权利要求1所述的高精度的反射镜切换装置,其特征在于,第一滚珠花键副和第二滚珠花键副分别采用预压型滚珠花键副,滚珠花键副的容许旋转静力矩大于螺纹副及端面摩擦副产生的摩擦力矩;所述随动型支撑机构实现反射镜一维平动和二维转角的精确调整,调整完成后由精密推拉螺钉组锁紧。

3. 根据权利要求1所述的高精度的反射镜切换装置,其特征在于,两组弹簧柱塞对称分布在反射镜的两侧,其接触形式为球头和平面接触,弹簧柱塞对反射镜施加预紧力。

4. 根据权利要求1-3之一所述的高精度的反射镜切换装置,其特征在于,所述空间冗余并联驱动机构由两个对称设置的直线运动机构、翻转支架、压缩弹簧、第三滚珠花键副、旋转轴、支撑轴系组成,该机构以直线运动方式实现反射镜的空间圆周翻转运动。

5. 根据权利要求4所述的高精度的反射镜切换装置,其特征在于,所述直线运动机构由滚珠丝杆、光栅尺、导轨、伺服电机组成;导轨倾斜安装在翻转支架上;滚珠丝杆、光栅尺与导轨平行布置;所述镜室上端通过镜室支撑组件联接两根导轨;所述镜室下端通过压缩弹簧、第三滚珠花键副、旋转轴、支撑轴系与翻转支架联接;伺服电机驱动镜室上端直线运动,镜室会产生绕旋转轴的随动旋转和压缩弹簧的随动伸缩,并利用光栅尺作为运动机构的位置反馈,形成闭环运动机构;反射镜翻转过程中,需要两组完全各向同性的直线运动机构共同驱动。

6. 根据权利要求5所述的高精度的反射镜切换装置,其特征在于,滚珠丝杆的支撑轴系采用一端固定一端游动的方式:电机端采用一对背对背安装的角接触球轴承,并消除轴承间隙;另一端采用深沟球轴承,仅起径向支撑作用。

7. 根据权利要求5所述的高精度的反射镜切换装置,其特征在于,所述镜室支撑组件由一对面对面安装的角接触球轴承组成,该两个角接触球轴承载荷作用线交于一点,形成镜室的两个支点;所述第三滚珠花键副形成另外一个支点,构成镜室的三点支撑。

8. 根据权利要求5所述的高精度的反射镜切换装置,其特征在于,所述滚珠丝杆为预压型滚珠丝杆;导轨为预压型导轨;所述第三滚珠花键副为预压型滚珠花键副;所述旋转机构包含旋转轴系、双齿轮传动机构、圆光栅:利用高精度四点接触球轴承形成一套旋转轴系,并利用双电机驱动技术和圆光栅实现反射镜旋转的闭环控制。

高精度的反射镜切换装置

技术领域

[0001] 本发明属于机械设计制造技术领域,具体涉及一种大口径天文望远镜三镜系统的镜面调整和焦点切换机构。三镜作为大口径天文望远镜的关键部件之一,其切换精度直接影响望远镜的成像质量,因此,三镜系统需要采用高精度切换装置,该装置亦可应用于变方位反射镜的镜座设计。

背景技术

[0002] 随着天文观测要求的提高,望远镜的口径越来越大,大口径天文望远镜通常具有 Cassegrain 焦点和 Nasmyth 焦点,为了提高望远镜的使用效率,需对望远镜系统的焦点进行充分的利用。当望远镜跟踪天文目标时,三镜系统需要相应的转动和倾斜以保证经三镜反射的光束能够稳定入射到相应的焦点科学仪器中,就可使其中一种终端设备处于工作状态。目前,三镜系统的定位机构主要有两种形式:1)地平式望远镜结构,该结构包含水平轴线旋转的俯仰轴系和绕垂直轴线旋转的方位轴系,具有极高的运动精度和良好的稳定性。该结构可以把望远镜光路切换到四个 Nasmyth 焦点,但是三镜无法避让 Cassegrain 光路;2) Stewart 六杆机构和旋转轴系组合结构,六杆机构结构紧凑,结构刚度高,定位精度高,灵活性高,但是存在各杆之间相互干涉的问题,容易出现系统的卡死,对控制系统要求非常严格。由于六杆机构的结构特征,使得六杆机构的侧向荷载很小,仅有其轴向荷载的三分之一。另外,六杆机构转动角度限制,也无法避让 Cassegrain 光路。现有三镜系统使用 Cassegrain 焦点时,则需要拆除三镜系统,不但浪费了宝贵的观测时间,也无法保证其重复安装精度。

发明内容

[0003] 本发明的目的提供一种高精度的反射镜切换装置,实现了三镜系统的镜面调整和焦点切换,能够使安装在不同焦点位置处的成像设备分别进行工作,可以解决现有三镜系统无法使用 Cassegrain 焦点、六杆机构侧向荷载小等问题。

[0004] 本发明通过以下技术方案达到上述目的:高精度的反射镜切换装置,与望远镜系统的主镜同轴安装,设置在主镜与副镜之间,其特征在于,本切换装置由随动型支撑机构、空间冗余并联驱动机构和旋转机构组成;其中的空间冗余并联驱动机构实现反射镜 90 度或 45 度的翻转。

[0005] 在望远镜工作时,光线从无穷远处进入主镜,然后汇聚至副镜前,副镜把光线反射汇集到 Cassegrain 焦点,或者再经过反射镜汇聚在 Nasmyth 焦点上,焦点处安装成像设备。由于加工和装配会产生误差,很难保证反射镜在安装后的位姿就是理论上正确的位姿,利用随动型支撑机构可精确调整反射镜的姿态,调整完成后锁定,保证望远镜在各个焦点具有良好的像质。利用空间冗余并联驱动机构将反射镜翻转到 90 度时,实现经主镜反射到副镜的光线经副镜反射汇集到 Cassegrain 焦点,且不遮挡光线;当反射镜翻转到 45 度时,反射镜将副镜光线反射到 Nasmyth 焦点,旋转机构的旋转实现耐氏焦点之间的切换。

[0006] 所述随动型支撑机构包含3组底支撑、侧支撑、镜室及反射镜；其中的底支撑为横杠结构，该横杠中心位置设置一个消隙旋转轴系，该横杠两端采用柔性铰链与反射镜联接；第一滚珠花键副的花键轴分别与该横杠和精密推拉螺钉组联接。该结构通过柔性环节产生的较大变形来吸收应变能以适应温度的变化，使温度变化产生的热应力不传递到镜面。

[0007] 侧支撑结构：所述侧支撑结构位于反射镜的中心位置；殷钢环通过环氧胶与反射镜相联接，并通过反射镜的重心平面；圆柱孔调心球轴承内外圈分别安装第二滚珠花键副的花键轴和所述殷钢环，所述圆柱孔调心球轴承采用剖分轴承，该轴承利用剖分轴承端盖施加预紧力，消除轴承间隙；所述第二滚珠花键副的花键轴端部安装轴承内圈锁紧螺母，第二滚珠花键副的花键套与镜室固联。

[0008] 第一滚珠花键副和第二滚珠花键副分别采用预压型滚珠花键副，滚珠花键副的容许旋转静力矩大于螺纹副及端面摩擦副产生的摩擦力矩；因为随动型支撑机构基于三点支撑原理，当精密推拉螺钉组同时调整3组底支撑的相同高度时，第二滚珠花键副的花键轴会产生随动轴向位移，实现反射镜一维平动的调整；当精密推拉螺钉组调整其中一组底支撑的高度时，第二滚珠花键副的花键轴和圆柱孔调心球轴承会产生随动轴向位移及转角，实现反射镜二维转角的调整，调整完成后由精密推拉螺钉组锁紧，因此反射镜调整过程具有支撑点位置稳定、镜面无附加应力和调整精度高的优点。

[0009] 所述两组弹簧柱塞对称分布在反射镜的两侧，其接触形式为球头和平面接触，弹簧柱塞对反射镜施加一定的预紧力，此预紧力平衡由加工及安装误差产生的反射镜旋转力，又不影响反射镜的姿态调整。

[0010] 所述空间冗余并联驱动机构由两个对称设置的直线运动机构、翻转支架、压缩弹簧、第三滚珠花键副、支撑轴系等组成，该机构以直线运动方式实现了反射镜的空间圆周翻转运动。

[0011] 所述直线运动机构由滚珠丝杆、光栅尺、导轨、伺服电机等组成。导轨倾斜安装在翻转支架上；所述滚珠丝杆、光栅尺与导轨平行布置；所述镜室上端通过镜室支撑组件联接两根导轨；所述镜室下端通过压缩弹簧、第三滚珠花键副、旋转轴、支撑轴系与翻转支架联接；所述伺服电机驱动镜室上端直线运动，镜室会产生绕旋转轴的随动旋转和压缩弹簧的随动伸缩，并利用光栅尺作为运动机构的位置反馈，形成闭环运动机构。反射镜翻转过程中，需要两组完全各向同性的直线运动机构共同驱动，该机构具有以下优点：有效地改善机构的整体刚度及动力学性能、实现机构的跨越空间构型和提高结构的定位精度。

[0012] 所述滚珠丝杆的支撑轴系采用一端固定一端游动的方式：电机端采用一对背对背安装的角接触球轴承，并消除轴承间隙；另一端采用深沟球轴承，仅起径向支撑作用；该轴系支撑刚度大，温度适应性好。

[0013] 所述镜室支撑组件由一对面对面安装的角接触球轴承组成，该两个角接触球轴承载荷作用线交于一点，形成镜室的两个支点；所述第三滚珠花键副形成另外一个支点，构成镜室的三点支撑，保证了镜室的稳定性。

[0014] 所述压缩弹簧和第三滚珠花键副作为空间冗余并联驱动机构的机械弹簧补偿装置可以自动补偿镜室上端直线运动和绕旋转轴圆弧运动的行程差；所述压缩弹簧需要施加一定的预压，其预压荷载大于随动型支撑机构的重力，该装置即增加了结构刚度又确保了反射镜运动过程中的稳定。所述第三滚珠花键副的花键轴作为压缩弹簧的芯轴导杆，确保

压缩弹簧工作中不会出现受力偏心与弯曲变形。

[0015] 所述滚珠丝杆为预压型滚珠丝杆；导轨为预压型导轨；所述第三滚珠花键副为预压型滚珠花键副。

[0016] 所述空间冗余并联驱动机构的各运动副均消除了间隙，保证了反射镜的翻转定位精度和运动副内部力的稳定性。

[0017] 所述旋转机构包含旋转轴系、双齿轮传动机构、圆光栅等：利用高精度四点接触球轴承形成一套旋转轴系，并利用双电机驱动技术和圆光栅实现反射镜旋转的闭环控制，该结构即具有定位精度高、稳定性高的动态特性，又能适应耐焦频繁切换、制动。

[0018] 本发明的有益效果：本发明将应用于云南天文台2.4米光学望远镜三镜系统的改造。本发明解决反射镜的镜面调整和焦点切换问题，主要具有以下优点：结构紧凑、机构的跨越空间构型、承载能力强、焦点的快速切换、实时动态补偿由于风矩、振动、温度等外载引起反射镜误差、镜面无附加应力调整、光线无遮挡。

附图说明

[0019] 图1 反射镜切换装置原理图；

[0020] 图2 随动型支撑机构原理图；

[0021] 图3 底支撑原理图；

[0022] 图4 侧支撑原理图；

[0023] 图5 空间冗余并联驱动机构原理图(含图5-1、图5-2)；

[0024] 图6 旋转机构原理图。

具体实施方式

[0025] 实施例1，高精度的反射镜切换装置如图1所示。其特征在于：该机构由随动型支撑机构1、空间冗余并联驱动机构2和旋转机构3组成。

[0026] 参照图2~4：所述随动型支撑机构1由3组底支撑4、侧支撑5、镜室6、反射镜7等组成。底支撑4为横杠结构，横杠11中心位置设置一个消隙旋转轴系，横杠11两端采用柔性铰链10与反射镜7联接，第一滚珠花键副13的花键轴分别与横杠11和精密推拉螺钉组12联接，精密推拉螺钉组12的固定座安装在镜室6上，该结构通过柔性环节产生的较大变形来吸收应变能以适应温度的变化，使温度变化产生的热应力不传递到镜面。

[0027] 所述殷钢环14通过环氧胶与反射镜7相联接，并通过反射镜7的重心平面；所述圆柱孔调心球轴承15内外圈分别安装第二滚珠花键副16的花键轴和殷钢环14，圆柱孔调心球轴承15采用剖分轴承，该轴承利用剖分轴承端盖17施加预紧力，消除轴承间隙；所述第二滚珠花键副16的花键轴端部安装轴承内圈锁紧螺母，第二滚珠花键副16的花键套与镜室6固联，这就组成侧支撑5，该结构位于反射镜7的中心位置。

[0028] 所述第一滚珠花键副13和第二滚珠花键副16采用预压型滚珠花键副，滚珠花键副的容许旋转静力矩大于螺纹副及端面摩擦副产生的摩擦力矩；因为随动型支撑机构1基于三点支撑原理，当精密推拉螺钉组12同时调整3组底支撑4的相同高度时，第二滚珠花键副16的花键轴会产生随动轴向位移，实现反射镜7一维平动的调整；当精密推拉螺钉组12调整其中一组底支撑4的高度时，第二滚珠花键副16的花键轴和圆柱孔调心球轴承15会产生随

动轴向位移及转角,实现反射镜7二维转角的调整,调整完成后由精密推拉螺钉组12锁紧,因此反射镜调整过程具有支撑点位置稳定、镜面无附加应力和调整精度高的优点。

[0029] 所述弹簧柱塞8通过支座9安装在镜室6上,所述两组弹簧柱塞8对称分布在反射镜7的两侧,其接触形式为球头和平面接触,弹簧柱塞8对反射镜7施加一定的预紧力,此预紧力平衡由加工及安装误差产生的反射镜7旋转力,又不影响反射镜7的调整。

[0030] 参照图5(含图5-1、图5-2):所述空间冗余并联驱动机构2包含两个对称设置的直线运动机构、翻转支架18、压缩弹簧31、第三滚珠花键副32等组成,该机构以直线运动方式实现反射镜7空间圆周翻转运动。

[0031] 所述直线运动机构由滚珠丝杆20、光栅尺23、导轨24、伺服电机28等组成。导轨24倾斜安装在翻转支架18上;所述滚珠丝杆20螺母、读数头22和导轨24滑块通过过渡板21联接在一起;所述过渡板21通过镜室支撑组件34与镜室6联接;所述滚珠丝杆20通过末端支撑轴承座组件19和前端支撑轴承座组件26固联在翻转支架18上,并与所述导轨24平行布置;行星齿轮减速器29安装在减速器支座30上,并通过联轴器27与滚珠丝杆20联接;所述减速器支座30固联在翻转支架18上;所述伺服电机28安装在行星齿轮减速器29上,这就构成直线运动的驱动机构。光栅尺23安装在光栅尺支座25上,所述光栅尺支座25与导轨24平行固联在翻转支架18上,这就构成直线运动的反馈装置。

[0032] 第三滚珠花键副32的花键套安装在镜室6上,花键轴与旋转轴33垂直安装,用销钉固联;所述压缩弹簧31安装在花键轴上,花键轴作为压缩弹簧31的芯轴导杆,确保压缩弹簧31工作中不会出现受力偏心与弯曲变形;所述旋转轴33通过支撑轴系35固联在翻转支架18上。

[0033] 所述伺服电机28驱动镜室6上端直线运动,镜室6会产生绕旋转轴33的随动旋转和压缩弹簧31的随动伸缩,并利用光栅尺23作为运动机构的位置反馈,形成闭环运动结构。反射镜翻转过程中,需要两组完全各向同性的直线运动机构共同驱动,该机构具有以下优点:有效地改善机构的整体刚度及动力学性能、实现机构的跨越空间构型和提高结构的定位精度。

[0034] 所述滚珠丝杆20支撑轴系采用一端固定一端游动的方式:所述末端支撑轴承座组件19的轴承为深沟球轴承,仅起径向支撑作用;前端支撑轴承座组件26由一对背对背安装的角接触球轴承组成,并消除轴系间隙;该轴系支撑刚度大,温度适应性好。

[0035] 镜室支撑组件34为一对面对面安装的组合轴承形式,该两个角接触球轴承载荷作用中心线交于一点,形成镜室6的两个支点;与第三滚珠花键副32形成的另外一个支点,构成了镜室6的三点支撑,保证了镜室稳定性。

[0036] 压缩弹簧31和第三滚珠花键副32作为空间冗余并联驱动机构2的机械弹簧补偿装置可以自动补偿镜室6上端直线运动和绕旋转轴33圆弧运动的行程差;所述压缩弹簧31需要施加一定的预压,其预压荷载大于随动型支撑机构1的重力,这种弹簧补偿装置确保反射镜7运动过程中的稳定。

[0037] 所述滚珠丝杆20采用预压型滚珠丝杆;所述导轨24采用预压型导轨;所述第三滚珠花键副32采用预压型滚珠花键副。

[0038] 所述空间冗余并联驱动机构2的各运动副均消除了间隙,保证了反射镜7的翻转定位精度和运动副内部力的稳定性。

[0039] 参照图6 所述旋转机构3由旋转轴系、双齿轮传动机构、圆光栅等组成。所述轴承座36、旋转轴37和高精度四点接触球轴承38组成旋转机构3的旋转轴系；所述旋转轴37与翻转支架18固联。所述双齿轮传动机构的特征为：第一小齿轮40安装在第一伺服电机41上，所述第一伺服电机41通过第一电机座39安装在轴承座36上，与大齿轮42形成齿轮传动副；第二小齿轮47安装在第二伺服电机48上，第二伺服电机48通过第二电机座49安装在轴承座36上，与大齿轮42形成齿轮传动副；读数头45通过读数头支座44安装在轴承座36上；圆光栅46通过圆光栅支座43安装在大齿轮42上；所述大齿轮42与旋转轴37固联。当旋转轴37需要逆时针旋转时，第一小齿轮40产生顺时针旋转的驱动力矩，第二小齿轮47产生一个逆时针旋转的力矩，且力矩小于第一小齿轮40的力矩，消除齿轮间隙，反之，与上述相反，并利用圆光栅46为控制系统提供反射镜7的精确位置信号，实现反射镜7旋转的闭环控制。

[0040] 当反射镜7处于45度时，所述旋转机构3的旋转实现耐焦仪器之间光路切换；所述空间冗余并联驱动机构2把反射镜7翻转到90度时，实现了耐焦仪器和卡焦仪器的光路切换。

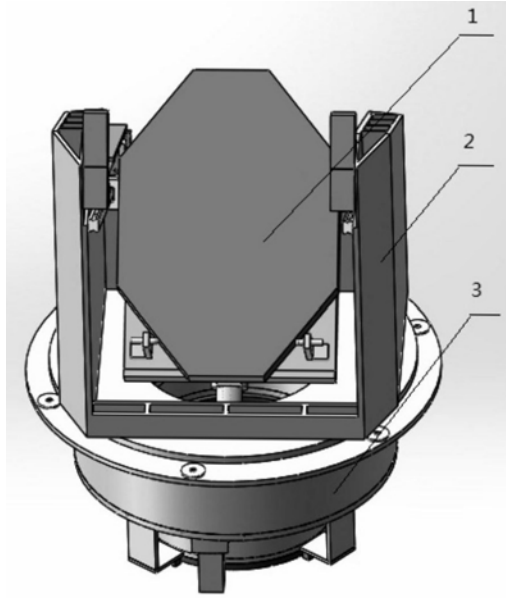


图1

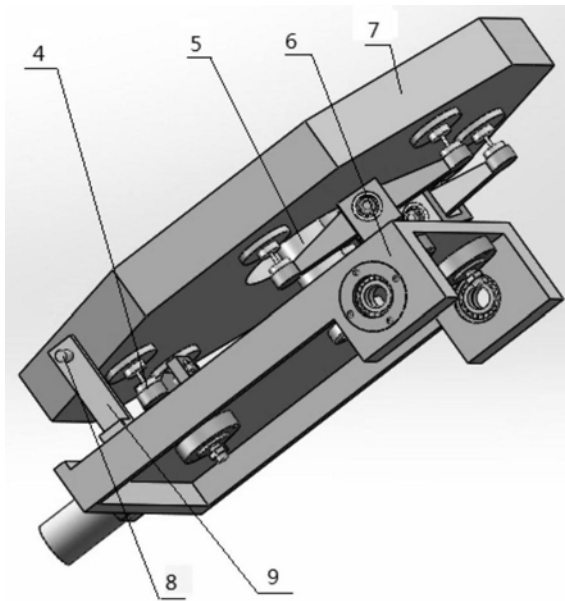


图2

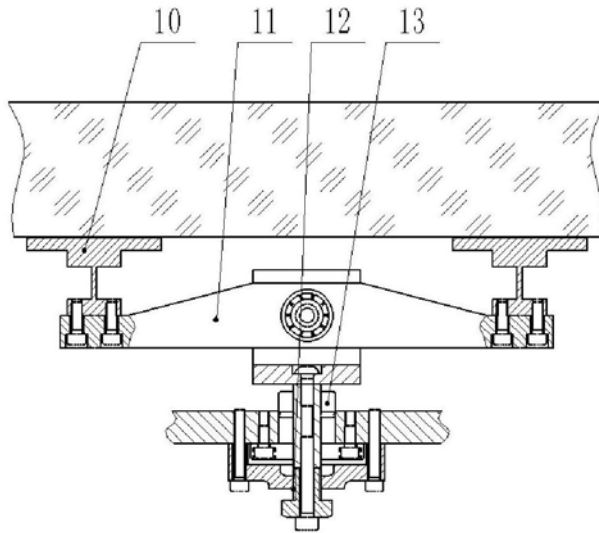


图3

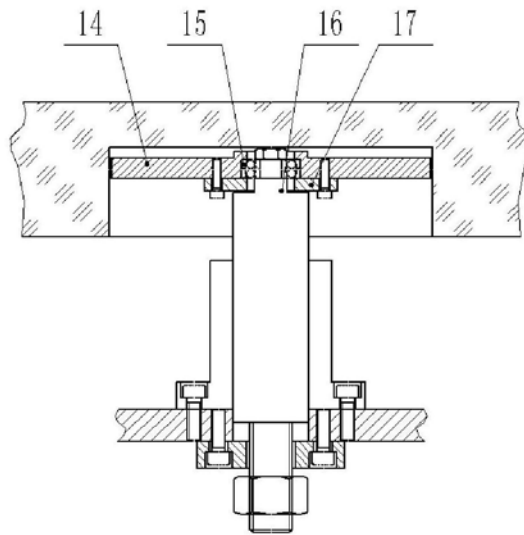


图4

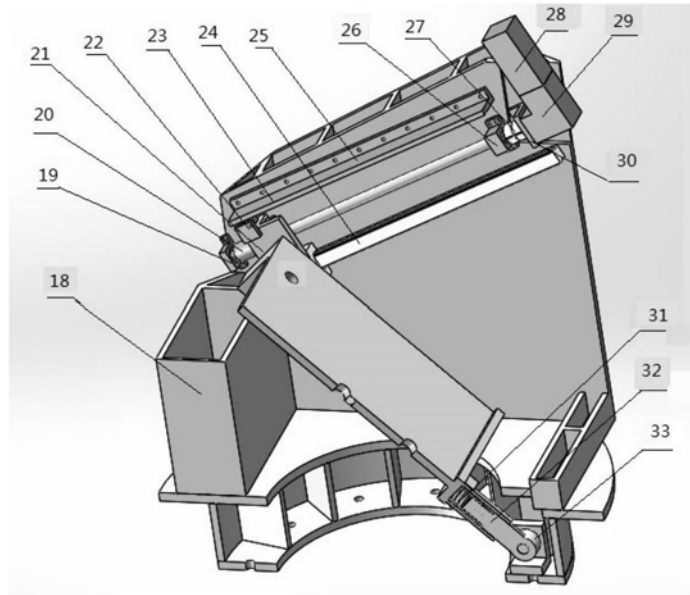


图5-1

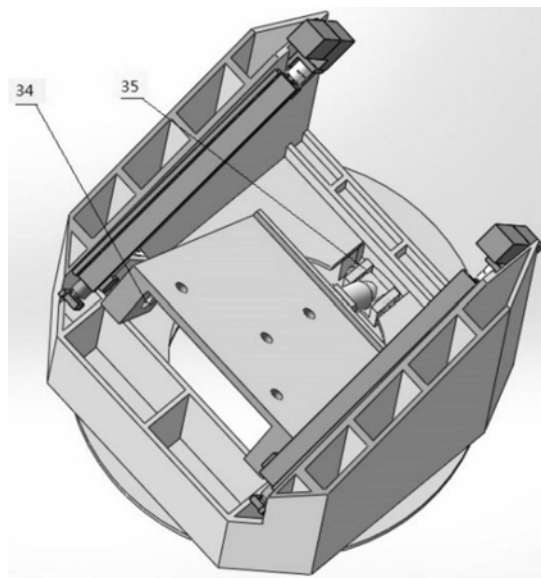


图5-2

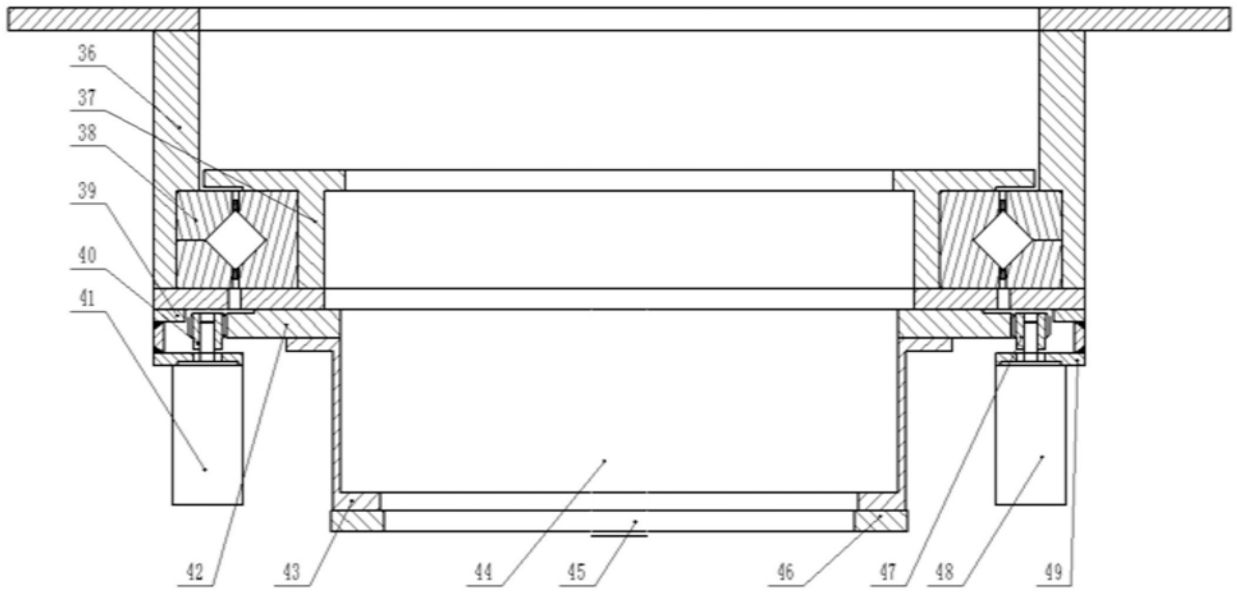


图6