



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113237634 B

(45) 授权公告日 2022.05.20

(21) 申请号 202110419049.0

(22) 申请日 2021.04.19

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 113237634 A

(43) 申请公布日 2021.08.10

(73) 专利权人 中国科学院西安光学精密机械研究所

地址 710119 陕西省西安市高新区新型工业园信息大道17号

(72) 发明人 高波 杨洪涛 史魁 陈卫宁

(74) 专利代理机构 西安智邦专利商标代理有限公司 61211

专利代理师 史晓丽

(51) Int. Cl.

G01M 11/02 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 111458896 A, 2020.07.28

CN 108681024 A, 2018.10.19

JP 2004170707 A, 2004.06.17

蒋海华. 基于图像清晰度评价函数的显微镜自动调焦技术研究.《光学技术》.2008,第34卷第284-285页.

王蔚 等. 基于图像清晰度的自动聚焦算法.《计算机应用与软件》.2003, (第12期), 第17-18、55页.

审查员 曾武

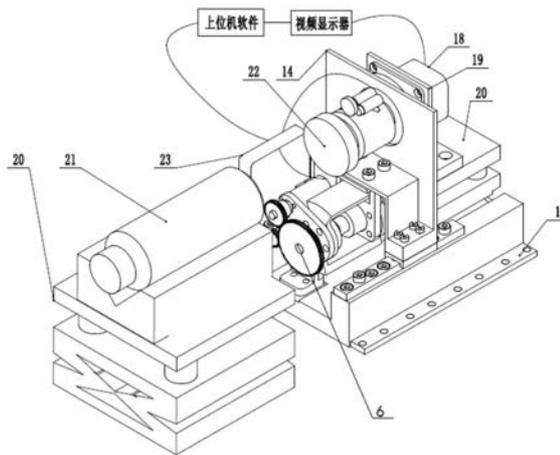
权利要求书4页 说明书10页 附图4页

(54) 发明名称

一种变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统及方法

(57) 摘要

本发明涉及航空航天全谱段变焦镜头像面调试领域,具体涉及一种变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统及方法,解决现有像面对接方式耗费大量人工,且不同批次产品像面清晰度可能存在差异以及光轴跳动检测存在个体差异,且效率不高的问题。该系统包括系统支撑支架、驱动与反馈组件、导向组件、光学成像组件和控制组件。驱动与反馈组件包括电位计、电机、电位计齿轮、电机齿轮、传动丝杆齿轮、联轴器、滚珠丝杆螺母和螺母固连支架。导向组件包括直线导轨、移动滑块和变焦镜头安装支架。光学成像组件包括成像组件、成像组件安装支架、两个四自由度光学调整平台、平行光管及附件和变焦镜头。控制组件包括控制盒、上位机和视频显示器。



1. 一种变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测方法,其特征在于:

基于变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统实现,所述变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统包括系统支撑支架(1)、驱动与反馈组件、导向组件、光学成像组件和控制组件;

所述驱动与反馈组件设置在系统支撑支架(1)上,包括电位计(2)、电机(3)、电位计齿轮(4)、电机齿轮(5)、传动丝杆齿轮(6)、联轴器(7)、滚珠丝杆螺母(8)和螺母固连支架(9);

所述电位计(2)输入与电位计齿轮(4)连接;所述电机(3)输出与电机齿轮(5)连接,用于驱动电机齿轮(5)转动;所述电机齿轮(5)与传动丝杆齿轮(6)啮合,用于驱动传动丝杆齿轮(6);所述传动丝杆齿轮(6)与电位计齿轮(4)啮合,用于驱动电位计齿轮(4);

所述传动丝杆齿轮(6)通过联轴器(7)与滚珠丝杆螺母(8)连接,实现滚珠丝杆螺母(8)的移动,滚珠丝杆螺母(8)通过螺母固连支架(9)与变焦镜头安装支架(14)连接,实现变焦镜头安装支架(14)的移动;

所述导向组件包括两根直线导轨(15)、两块移动滑块(16)和变焦镜头安装支架(14);两根直线导轨(15)平行安装在系统支撑支架(1)上,且直线导轨(15)上设有限位螺钉(24),限位螺钉(24)用于限定变焦镜头安装支架(14)的位移量;所述移动滑块(16)设置在直线导轨(15)上,移动滑块(16)与变焦镜头安装支架(14)固连;

所述光学成像组件包括成像组件(18)、成像组件安装支架(19)、两个四自由度光学调整平台(20)、平行光管及附件(21)和变焦镜头(22);

所述成像组件(18)通过成像组件安装支架(19)安装在四自由度光学调整平台(20)上,平行光管及附件(21)安装在另一四自由度光学调整平台(20)的平面上,此四自由度光学调整平台(20)安装在系统支撑支架(1);变焦镜头(22)安装在所述变焦镜头安装支架(14)上;所述四自由度光学调整平台(20)用于调整平行光管、变焦镜头(22)以及成像组件(18)光轴共轴;

所述控制组件包括控制盒(23)、上位机和视频显示器;所述上位机内安装有上位机软件;控制盒(23)与电位计(2)、电机(3)、变焦镜头(22)和上位机连接,用以记录电位计(2)角度位移信息、变焦镜头(22)长焦或短焦状态、控制电机(3)的工作,并将信息传输至上位机;所述视频显示器与上位机和成像组件(18)连接,用以显示成像组件(18)在不同位置的图像信息;

所述驱动与反馈组件还包括丝杆前固定支架(10)、丝杆后固定支架(11)和组件安装支架(12);

所述联轴器(7)的前端通过角接触轴承(13)安装在丝杆前固定支架(10)上,后端与所述滚珠丝杆螺母(8)的丝杆相连,滚珠丝杆螺母(8)的丝杆另一端通过角接触轴承(13)安装在丝杆后固定支架(11)上,丝杆前固定支架(10)与丝杆后固定支架(11)固定连接;

所述电位计(2)、电机(3)与丝杆前固定支架(10)均安装在组件安装支架(12)上,组件安装支架(12)固定在系统支撑支架(1)上;

其具体步骤如下:

步骤一:安装所述变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统

步骤二:变焦镜头自动像面对接

1) 变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统上电,平行光管选择鉴别率靶标,并进

行初始化；

2) 判断变焦镜头(22)法兰面与成像组件(18)法兰面是否为平面无凸起；

2.1) 若变焦镜头(22)法兰面与成像组件(18)法兰面存在凸起,在变焦镜头(22)与成像组件(18)法兰之间安装一个厚度 d 的垫片,避免凸起碰撞,并进行初始化,再执行步骤2.2)；

若变焦镜头(22)法兰面与成像组件法兰面为平面无凸起,此时 $d=0$,执行步骤2.2)；

2.2) 驱动与反馈组件运行至变焦镜头(22)法兰与成像组件(18)法兰贴合,上位机软件记录此时电位计(2)的角度位移信息 $D1$ ；此时驱动与反馈组件运行方向为正方向；

3) 判断变焦镜头(22)短焦是否存在最清晰位置；

3.1) 变焦镜头(22)切换至短焦状态,且变焦镜头(22)上调焦组件初始位置为变焦镜头(22)理论设计位置,此时选择一键聚焦；所述一键聚焦的指令在上位机上完成；

3.2) 驱动与反馈组件带动变焦镜头(22)沿反方向移动到凸起的限位螺钉(24)处,在变焦镜头(22)运动过程中,图像信息实时上传至显示器与上位机软件,上位机软件计算比较图像灰度方差值和；

3.3) 判断运动过程中灰度方差值和是否存在最大值,且灰度方差值和的最大值不位于机械限位的限位螺钉(24)位置；

若灰度方差值和的最大值处于机械限位位置,则超出系统工作范围；此时,系统断电,取消步骤3.2)中凸起的限位螺钉(24)的机械限位功能,将另一限位螺钉(24)改为凸起状态,实现机械限位后,执行步骤1)；

若灰度方差值和存在最大值,且灰度方差值和的最大值不位于机械限位位置；

a) 上位机软件判断变焦镜头(22)短焦存在最清晰位置,驱动与反馈组件带动变焦镜头(22)运行至该位置；

b) 复查图像是否清晰；

若清晰,输出此时像面位置信息 $D2$ ；

若不清晰,则通过手动调焦+、调焦-的方式对驱动与反馈组件进行手动调整,直至变焦镜头(22)运动到最清晰位置,再输出此时的像面位置信息 $D2$ ；

4) 判断变焦镜头(22)在长焦位置是否存在最清晰位置；

4.1) 驱动变焦镜头(22)切换至长焦位置；

4.2) 判别变焦镜头(22)长焦是否为最清晰位置；

若变焦镜头(22)长焦不是最清晰位置,则通过一键聚焦对变焦镜头(22)调焦组件进行调焦,至最清晰位置,然后跳转至步骤3.1)；

若变焦镜头(22)长焦为最清晰位置,则输出此时像面位置信息 $D2$,变焦镜头(22)像面修切垫的实际厚度为 $D2-D1+d$ ；此时变焦镜头(22)的长焦与短焦均在最清晰位置,则像面对接完成；

步骤三:变焦镜头(22)的自动光轴跳动检测

1) 平行光管选用十字丝靶标,用于精确测量跳动量；

2) 通过四自由度光学调整平台(20),调整平行光管光轴,变焦镜头(22)长短焦共轴；

3) 根据像面对接的结果,设置驱动与反馈组件位置,此时变焦镜头(22)长短焦位置均可以清晰成像；

4) 变焦镜头(22)切换至长焦状态,通过四自由度光学平台(20)将成像组件靶面中心十

字丝与长焦状态光轴重合；

5) 通过上位机软件图像处理算法,记录此时变焦镜头(22)光轴位置,且此位置为初始位置；

6) 缓慢驱动变焦镜头(22)从长焦切换至短焦状态,上位机软件记录切换过程中各焦距光轴位置,通过逐帧识别图像上所标定的光轴点在不同焦距时与成像组件靶面中心十字丝之间的差值 Δx 与 Δy ,从而得出该变焦镜头从长焦端切换至短焦端的光轴跳动参数;所述 Δx 是光轴点与成像组件靶面中心十字丝之间的横向差值, Δy 是光轴点与成像组件靶面中心十字丝之间的纵向差值；

7) 采用与步骤6)同样的方法测量出该变焦镜头(22)从短焦端切换至长焦端的光轴跳动参数;此时变焦镜头(22)的自动光轴跳动检测完成。

2. 根据权利要求1所述的一种变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测方法,其特征在于:所述平行光管为黑体,适用于红外光学镜头的像面对接与光轴跳动检测过程。

3. 根据权利要求1或2所述的一种变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测方法,其特征在于,步骤一还包括对变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统运行平稳性的检测,其具体步骤如下:

1) 安装驱动与反馈组件、导向组件及控制盒(23)；

2) 检测变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统的运行平稳性；

2.1) 将系统支撑支架(1)固定在光学平台上,并在变焦镜头安装支架(14)安装变焦镜头(22)位置的附近黏贴一块平面反射镜(30)；

将变焦镜头安装支架(14)调至成像组件(18)安装位置最近的限位螺钉(24)处,记录此时位置为S；

2.2) 将自准直经纬仪(29)放置于平面反射镜(30)前端,并调整自准直经纬仪(29)使十字丝与其自准像重合,记录此时经纬仪的俯仰角 θ 与方位角 σ ；

2.3) 驱动与反馈组件通电运行,微调经纬仪俯仰角与方位角使自准像与经纬仪内部的十字丝分化线重合,记录此时变焦镜头安装支架(14)的移动量 L_1 、经纬仪的俯仰角 θ_1 与方位角 σ_1 ；

计算 $\Delta\theta = \theta_1 - \theta$, $\Delta\sigma = \sigma_1 - \sigma$ ；

2.4) 重复步骤2.3),直至变焦镜头(22)移动到极限位置；

根据测试数据,并结合不同焦距、像元大小的变焦镜头(22)与成像组件(18),判别运行平稳性是否满足要求；

若不满足要求,导向组件可选用更高精度的直线导轨(15),或者增加直线导轨(15)上移动滑块(16)的长度,减小运动间隙所带来的位姿变化;再执行步骤2)；

若满足要求,变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统运行平稳性检测完成；

3) 安装剩余组件。

4. 根据权利要求1所述的一种变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测方法,其特征在于:在组件安装支架(12)与系统支撑支架(1)连接处安装修切垫,用以调整驱动与反馈组件的姿态。

5. 根据权利要求1或4任一所述的一种变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测方法,其特征在于:所述电位计齿轮(4)与传动丝杆齿轮(6)采用双齿轮啮合方式传动,传动齿隙小

于 0.18° ,反馈误差小于 5.4° ;

所述电位计齿轮(4)包括同时与传动丝杆齿轮(6)啮合的第一电位计齿轮(41)和第二电位计齿轮(42);第一电位计齿轮(41)和第二电位计齿轮(42)同轴安装,且第一电位计齿轮(41)和第二电位计齿轮(42)的轮齿在周向交错。

6.根据权利要求5所述的一种变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测方法,其特征在于:所述传动丝杆齿轮(6)与电位计齿轮(4)传动比为3.4375,传动丝杆齿轮(6)的齿轮数为110,第一电位计齿轮(41)和第二电位计齿轮(42)的齿轮数均为32,其模数为0.25。

一种变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及航空航天全谱段变焦镜头像面调试领域,具体涉及一种变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统及其使用方法。

背景技术

[0002] 现有的像面对接方式一般分为两类,第一类人工像面对接方法,通过不断的修正像面修切垫的厚度,从而找到清晰像面的位置,该种方式至少需要2-3人同时工作,相对耗费人力,且不同批次产品像面清晰程度可能会存在差异。第二类为半自动像面对接方法,该方法可以通过电机驱动,实现像面对接,相比于人工像面对接,该种方式像面对接效率有所提高,但在图像是否清晰的判别上,同样需要多人参加工作,且不同批次产品像面清晰程度可能会存在一定差异。另外,现有的光轴跳动检测办法均为人工检测,个人对跳动像元数的判别存在个体差异,且检测效率不高。

[0003] 发明的内容

[0004] 本发明的目的是解决现有像面对接方式耗费大量人工,且不同批次产品像面清晰度可能存在差异以及光轴跳动检测存在个体差异,且效率不高的问题,而提供一种变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统及方法。

[0005] 为实现上述目的,本发明所提供的技术方案如下:

[0006] 一种变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统,其特殊之处在于:包括系统支撑支架、驱动与反馈组件、导向组件、光学成像组件和控制组件;

[0007] 所述驱动与反馈组件设置在系统支撑支架上,包括电位计、电机、电位计齿轮、电机齿轮、传动丝杆齿轮、联轴器、滚珠丝杆螺母和螺母固连支架;

[0008] 所述电位计输入与电位计齿轮连接;所述电机输出与电机齿轮连接,用于驱动电机齿轮转动;所述电机齿轮与传动丝杆齿轮啮合,用于驱动传动丝杆齿轮;所述传动丝杆齿轮与电位计齿轮啮合,用于驱动电位计齿轮;

[0009] 所述传动丝杆齿轮通过联轴器与滚珠丝杆螺母连接,实现滚珠丝杆螺母的移动,滚珠丝杆螺母通过螺母固连支架与变焦镜头安装支架连接,实现变焦镜头安装支架的移动;

[0010] 所述导向组件包括两根直线导轨、两块移动滑块和变焦镜头安装支架;两根直线导轨平行安装在系统支撑支架上,且直线导轨上设有限位螺钉,限位螺钉用于限定变焦镜头安装支架的位移量;所述移动滑块设置在直线导轨上,移动滑块与变焦镜头安装支架固连;

[0011] 所述光学成像组件包括成像组件、成像组件安装支架、两个四自由度光学调整平台、平行光管及附件和变焦镜头;

[0012] 所述成像组件通过成像组件安装支架安装在四自由度光学调整平台上,平行光管及附件安装在另一四自由度光学调整平台的平面上,此四自由度光学调整平台安装在系统支撑支架;变焦镜头安装在所述变焦镜头安装支架上;四自由度光学调整平台用于调整平

行光管、变焦镜头以及成像组件光轴共轴；

[0013] 所述控制组件包括控制盒、上位机和视频显示器；所述上位机内安装有上位机软件；控制盒与电位计、电机、变焦镜头和上位机连接，用以记录电位计角度位移信息、变焦镜头长焦或短焦状态、控制电机的工作，并将信息传输至上位机；所述视频显示器与上位机和成像组件连接，用以显示成像组件在不同位置的图像信息。

[0014] 进一步地，所述驱动与反馈组件还包括丝杆前固定支架、丝杆后固定支架和组件安装支架；

[0015] 所述联轴器的前端通过角接触轴承安装在丝杆前固定支架上，后端与所述滚珠丝杆螺母的丝杆相连，滚珠丝杆螺母的丝杆另一端通过角接触轴承安装在丝杆后固定支架上，丝杆前固定支架与丝杆后固定支架固定连接；

[0016] 所述电位计、电机与丝杆前固定支架均安装在组件安装支架上，组件安装支架固定在系统支撑支架上。

[0017] 进一步地，在组件安装支架与系统支撑支架螺钉连接处安装修切垫，用以调整驱动与反馈组件的姿态。

[0018] 进一步地，所述电位计齿轮与传动丝杆齿轮采用双齿轮啮合传动，传动齿隙小于 0.18° ，反馈误差小于 5.4° ；

[0019] 所述电位计齿轮包括同时与传动丝杆齿轮啮合的第一电位计齿轮和第二电位计齿轮；第一电位计齿轮和第二电位计齿轮同轴安装，且第一电位计齿轮和第二电位计齿轮的轮齿在周向交错。

[0020] 进一步地，所述传动丝杆齿轮与电位计齿轮传动比为3.4375，传动丝杆齿轮的齿数为110，第一电位计齿轮和第二电位计齿轮的齿数均为32，其模数为0.25。

[0021] 同时，本发明还提供了一种变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测方法，其特殊之处在于，包括如下步骤：

[0022] 步骤一：安装所述变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统；

[0023] 步骤二：变焦镜头自动像面对接；

[0024] 1) 变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统上电，平行光管选择鉴别率靶标，并进行初始化；

[0025] 2) 判断变焦镜头法兰面与成像组件法兰面是否为平面无凸起；

[0026] 2.1) 若变焦镜头法兰面与成像组件法兰面存在凸起，在变焦镜头与成像组件法兰之间安装一个厚度d的垫片，避免凸起碰撞，并进行初始化，再执行步骤2.2)；

[0027] 若变焦镜头法兰面与成像组件法兰面为平面无凸起，此时 $d=0$ ，执行步骤2.2)；

[0028] 2.2) 驱动与反馈组件运行至变焦镜头法兰与相机法兰贴合，上位机软件记录此时电位计角度位移信息D1；此时驱动与反馈组件运行方向为正方向；

[0029] 3) 判断变焦镜头短焦是否存在最清晰位置；

[0030] 3.1) 变焦镜头切换至短焦状态，且变焦镜头上调焦组件初始位置为变焦镜头理论设计位置，此时选择一键聚焦；所述一键聚焦指令在上位机上完成；

[0031] 3.2) 驱动与反馈组件带动变焦镜头沿反方向移动到凸起的限位螺钉处，在变焦镜头运动过程中，图像信息实时上传至显示器与上位机软件，上位机软件计算比较图像灰度方差值和；

[0032] 3.3) 判断运动过程中灰度方差值和是否存在最大值,且灰度方差值和的最大值不位于机械限位的限位螺钉位置;

[0033] 若灰度方差值和的最大值处于机械限位位置,则超出系统工作范围;此时,系统断电,取消步骤3.2)中凸起的限位螺钉(24)的机械限位功能,将另一限位螺钉(24)改为凸起状态,实现机械限位后,执行步骤1);

[0034] 若灰度方差值和存在最大值,且灰度方差值和的最大值不位于机械限位位置;

[0035] a) 上位机软件判断变焦镜头短焦存在最清晰位置,驱动与反馈组件带动变焦镜头运行至该位置;

[0036] b) 复查图像是否清晰;

[0037] 若清晰,输出此时像面位置信息D2;

[0038] 若不清晰,则通过手动调焦+、调焦-的方式对驱动与反馈组件进行手动调整,直至变焦镜头(22)运动到最清晰位置,再输出此时的像面位置信息D2;

[0039] 4) 判断变焦镜头在长焦位置是否存在最清晰位置;

[0040] 4.1) 驱动变焦镜头切换至长焦位置;

[0041] 4.2) 判别变焦镜头长焦是否为最清晰位置;

[0042] 若变焦镜头长焦不是最清晰位置,则通过一键聚焦对变焦镜头(22)调焦组件进行调焦,至最清晰位置,然后跳转至步骤3.1);

[0043] 若变焦镜头长焦为最清晰位置,则输出此时像面位置信息D2,变焦镜头(22)像面修切垫的实际厚度为 $D2-D1+d$;此时变焦镜头(22)的长焦与短焦均在最清晰位置,则像面对接完成;

[0044] 步骤三:变焦镜头的自动光轴跳动检测

[0045] 1) 平行光管选用十字丝靶标,用于精确测量跳动量;

[0046] 2) 通过四自由度光学调整平台,调整平行光管光轴,变焦镜头长短焦共轴;

[0047] 3) 根据像面对接结果,设置驱动与反馈组件位置,此时变焦镜头长短焦位置均可以清晰成像;

[0048] 4) 变焦镜头切换至长焦状态,通过四自由度光学平台将成像组件靶面中心十字丝与长焦状态光轴重合;

[0049] 5) 通过上位机软件图像处理算法,记录此时变焦镜头光轴位置,且此位置为初始位置;

[0050] 6) 缓慢驱动变焦镜头从长焦切换至短焦状态,上位机软件记录切换过程中各焦距光轴位置,通过逐帧识别图像上所标定的光轴点在不同焦距时与成像组件靶面中心十字丝之间的差值 Δx 与 Δy ,从而得出该变焦镜头从长焦端切换至短焦端的光轴跳动参数;所述 Δx 是光轴点与成像组件靶面中心十字丝之间的横向差值, Δy 是光轴点与成像组件靶面中心十字丝之间的纵向差值;

[0051] 7) 采用与步骤6)同样的方法测量出该变焦镜头从短焦端切换至长焦端的光轴跳动参数;此时变焦镜头的自动光轴跳动检测完成。

[0052] 进一步地,所述平行光管换为黑体,适用于红外光学镜头的像面对接与光轴跳动检测过程。

[0053] 进一步地,步骤一还包括对变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统运行平稳

性的检测,具体步骤如下:

[0054] 1) 安装驱动与反馈组件、导向组件及控制盒;

[0055] 2) 检测变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统的运行平稳性;

[0056] 2.1) 将系统支撑支架固定在光学平台上,并在变焦镜头安装支架安装变焦镜头位置的附近黏贴一块平面反射镜;

[0057] 将变焦镜头安装支架调至成像组件安装位置最近的限位螺钉处,记录此时位置为S;

[0058] 2.2) 将自准直经纬仪放置于平面反射镜前端,并调整自准直经纬仪使十字丝与其自准像重合,记录此时经纬仪的俯仰角 θ 与方位角 σ ;

[0059] 2.3) 驱动与反馈组件通电运行,微调经纬仪俯仰角与方位角使自准像与经纬仪内部的十字丝分化线重合,记录此时变焦镜头安装支架的移动量 L_1 、经纬仪的俯仰角 θ_1 与方位角 σ_1 ;

[0060] 计算 $\Delta\theta = \theta_1 - \theta$, $\Delta\sigma = \sigma_1 - \sigma$;

[0061] 2.4) 重复步骤2.3),直至变焦镜头移动到极限位置;

[0062] 根据上述测试数据,并结合不同焦距、像元大小的变焦镜头与成像组件,判别运行平稳性是否满足要求;

[0063] 若不满足要求,导向组件可选用更高精度的直线导轨,或者增加直线导轨上移动滑块的长度,减小运动间隙所带来的位姿变化;再执行步骤步骤2);

[0064] 若满足要求,变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统运行平稳性检测完成;

[0065] 3) 安装剩余组件。

[0066] 本发明具有如下优点:

[0067] 1. 避免不同批次产品像面清晰程度的差异性,以及光轴跳动检测存在的判别误差。利用该系统,在自动象面对接过程中通过变焦镜头位置的变化,上位机软件实时计算并比较图像灰度方差值和,判断是否存在最清晰位置,并且复查是否最清晰,多次迭代确定长短焦同时最清晰位置信息,从而解放一部分人力,实现提高装配精度与效率的目标。另外,图像处理算法具有一致性,不同批次的产品像面清晰程度一致。此外,通过此系统进行光轴跳动检测,利用上位机软件记录切换过程中各焦距光轴位置,通过逐帧识别图像上所标定的光轴点在不同焦距时与成像组件靶面中心十字丝之间的差值,得出变焦镜头的光轴跳动参数,避免人工检测出现的判别误差,提高检测效率。

[0068] 2. 自动像面对接过程平稳,可靠性高。在安装过程中检测该系统运行的平稳性,提高该系统的稳定性。另外在直线导轨上设有四个限位螺钉,防止导轨滑块运动到极限位置脱落,提升该系统的可靠性,同时也可以调节对像面系统的工作范围。

[0069] 3. 使用范围广。该系统结构简明,易操作,控制简单,变焦镜头安装时,通过设计不同的安装接口(即变焦镜头安装支架),广泛应用于各类航空航天光电载荷对像面工作中;该系统可以作为模块,拆卸安装方便,可以通过安装螺钉将整机作为一个模块安装到任何场合进行对像面工作;若平行光管为黑体,该系统可以适用于红外光学变焦镜头的对像面过程;该对像面系统同样可以适用于定焦镜头像面对接过程。

[0070] 4. 该系统不用考虑电机轴向受力,避免轴向力对轴承输出力矩的限制,优化电机齿轮与传动丝杆齿轮的传动比,可提高电机输出力矩。

[0071] 5. 定位精度高。通过四自由度光学调整平台,将平行光管光轴、变焦镜头光轴以及成像组件光轴的调整至重合,避免像面对接过程中由于靶面倾斜所引起的像面清晰不均匀现象,提高像面对接清晰像面的判断精度。

附图说明

[0072] 图1是本发明一种变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统实施例的示意图;

[0073] 图2是本发明实施例中驱动与反馈组件的示意图;

[0074] 图3是本发明实施例中导向组件的示意图;

[0075] 图4是本发明实施例中电位计齿轮与传动丝杆齿轮啮合的示意图;

[0076] 图5是本发明方法实施例中变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统在安装过程中稳定性检测示意图;

[0077] 图6是本发明方法实施例中变焦镜头自动像面对接的工作流程图;

[0078] 附图标记如下:

[0079] 1-系统支撑支架,2-电位计,3-电机,4-电位计齿轮,41-第一电位计齿轮,42-第二电位计齿轮,5-电机齿轮,6-传动丝杆齿轮,7-联轴器,8-滚珠丝杆螺母,9-螺母固连支架,10-丝杆前固定支架,11-丝杆后固定支架,12-组件安装支架,13-角接触轴承,14-变焦镜头安装支架,15-直线导轨,16-移动滑块,18-成像组件,19-成像组件安装支架,20-四自由度光学调整平台,21-平行光管及附件,22-变焦镜头,23-控制盒,24-限位螺钉,29-自准直径经纬仪,30-平面反射镜。

具体实施方式

[0080] 下面将结合附图对本发明的技术方案进行清楚、完整地描述。

[0081] 如图1所示,一种变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统,包括系统支撑支架1、为机构提供动力以及反馈的驱动与反馈组件、确保成像组件运动方向的导向组件、光学成像组件和控制组件。

[0082] 如图2所示,驱动与反馈组件设置在系统支撑支架1上,包括电位计2、电机3、电位计齿轮4、电机齿轮5、传动丝杆齿轮6、联轴器7、滚珠丝杆螺母8和螺母固连支架9。其中,电机3输出连接电机齿轮5,用于驱动电机齿轮5旋转,电机齿轮5与传动丝杆齿轮6啮合,用于驱动传动丝杆齿轮6,传动丝杆齿轮6与电位计齿轮4啮合,用于驱动电位计齿轮4,电位计齿轮4与电位计2输出连接。传动丝杆齿轮6通过联轴器7与滚珠丝杆螺母8连接,实现滚珠丝杆螺母8的移动,滚珠丝杆螺母8通过螺母固连支架9与变焦镜头安装支架14连接,实现变焦镜头安装支架14的移动。

[0083] 本发明对驱动与反驱动组件还进一步做了如下优化、改进。

[0084] 如图2所示,驱动与反馈组件还包括丝杆前固定支架10、丝杆后固定支架11和组件安装支架12。联轴器7的前端通过角接触轴承13安装在丝杆前固定支架10上,后端与滚珠丝杆螺母8的丝杆相连,滚珠丝杆螺母8的丝杆另一端通过角接触轴承13安装在丝杆后固定支架11上,丝杆前固定支架10与丝杆后固定支架11固定连接。电位计2、电机3与丝杆前固定支架10均安装在组件安装支架12上,组件安装支架12固定在系统支撑支架1上。

[0085] 为了调整驱动与反馈组件的姿态,在组件安装支架12与系统支撑支架1螺钉连接

处安装修切垫。

[0086] 如图4所示,电位计齿轮4与传动丝杆齿轮6采用双啮方式传动,包括同时与传动丝杆齿轮6啮合的第一电位计齿轮41和第二电位计齿轮42,第一电位计齿轮41和第二电位计齿轮42同轴安装,且第一电位计齿轮41和第二电位计齿轮42的轮齿在周向交错,将传动齿隙小于 0.18° ,反馈误差小于 5.4° ,同时考虑千分之三的反馈精度及控制误差,即 $360 \times 5 \times 0.003 = 5.4^\circ$,且考虑传动丝杆齿轮6与电位计齿轮4传动比最大化原则。

[0087] 传动丝杆齿轮6与电位计齿轮4传动比为3.4375,传动丝杆齿轮6的齿轮数为110,第一电位计齿轮41和第二电位计齿轮42的齿轮数均为32,其模数为0.25,则换算到传动丝杆齿轮6为 1.6° ,则总的控制精度为 1.78° ,电位计2转动一圈,移动滑块16移动2.5mm,则控制精度约为0.01mm。

[0088] 如图3所示,导向组件包括两根直线导轨15、两块移动滑块16和可适应多种安装接口的变焦镜头安装支架14。两根直线导轨15平行安装在系统支撑支架1两侧,移动滑块16设置在直线导轨15上,且与变焦镜头安装支架14固连。变焦镜头安装支架14在驱动与反馈组件的带动下使移动滑块16在直线导轨15上移动。上述直线导轨15采用THK直线导轨。

[0089] 为了防止移动滑块16运动到极限位置脱落,导向组件设计有可调的机械限位,即直线导轨15上设有四个限位螺钉24,用于限定变焦镜头安装支架14的位移量,也可以调节对像面系统的工作范围。

[0090] 如图1所示,光学成像组件包括成像组件18、成像组件安装支架19、两个四自由度光学调整平台20、平行光管及附件21和变焦镜头22。成像组件18通过成像组件安装支架19安装在四自由度光学调整平台20上,平行光管及附件21通过另一四自由度光学调整平台20安装在系统支撑支架1,变焦镜头22安装在变焦镜头安装支架14上,通过两个四自由度光学调整平台20保证平行光管及附件21的平行光管、变焦镜头22以及成像组件18光轴共轴。在调整平行光管、变焦镜头22以及成像组件18光轴共轴时,平行光管选用十字丝靶标。

[0091] 以右手坐标系为准,四自由度光学调整平台20升降方向为Z方向,与光轴平行方向为Y方向,剩余为X方向。其中Z方向为第一自由度,绕X轴的旋转角为第二自由度,绕Y轴的旋转角为第三自由度,绕Z的旋转角为第四自由度。液可以通过沿X,Y轴平移光学调整平台,改变第五,六自由度。

[0092] 控制组件包括控制盒23、上位机和视频显示器。上位机内安装有上位机软件,控制盒23与电位计2、电机3、变焦镜头22和上位机连接,用以记录电位计2角度位移信息、变焦镜头22长焦或短焦状态、控制电机3的工作,并将信息传输至上位机软件。视频显示器显示成像成像组件18在不同位置的图像信息。

[0093] 变焦镜头22自动像面对接与光轴跳动检测系统的装配具体按照以下步骤进行:

[0094] 1. 安装驱动与反馈组件

[0095] 1.1) 通过4个M3X6圆柱头螺钉将滚珠丝杆螺母8与螺母固连支架9连接,滚珠丝杆螺母8与联轴器7固连,且螺钉带胶。

[0096] 1.2) 将角接触轴承13安装在丝杆前固定支架10和丝杆后固定支架11的相应位置,保证角接触轴承13压紧无窜动。

[0097] 1.3) 将步骤1.2) 完成的组件安装在步骤1.1) 完成组件的相应位置,使角接触轴承13与联轴器7上压紧,确保无窜动。

[0098] 1.4) 通过3个M3X6圆柱头螺钉将丝杆前固定支架10与丝杆后固定支架11固连,确保滚珠丝杆螺母8穿过丝杆后固定支架11与丝杆后固定支架11上的角接触轴承13,并压紧,确保角接触轴承13安装到位,无窜动,且螺钉带胶。

[0099] 1.5) 通过6个M3X6圆柱头螺钉将步骤1.4)完成的组件安装在组件安装支架12,再安装传动丝杆齿轮6,且螺钉带胶安装。

[0100] 1.6) 将电机3、电机齿轮5、电位计2和电位计齿轮4,安装到步骤1.5)完成组件的相应位置,确保电位计齿轮4、电机齿轮5和传动丝杆齿轮6运行流畅,驱动与反馈组件装配完成。

[0101] 2. 安装导向组件

[0102] 2.1) 将螺母固连支架9通过4个M4螺钉安装到变焦镜头安装支架14上,且螺钉带胶安装。

[0103] 2.2) 将两块直线导轨15安装至系统支撑支架1相应位置,确保导轨平行性,直线导轨15两端设置均有4个限位螺钉24,移动滑块16安装在直线导轨15上。

[0104] 2.3) 将步骤2.1)中的变焦镜头安装支架14通过8个M2螺钉螺钉安装于步骤2.2)中的移动滑块16上,并确保移动滑块16运行平稳,导向组件安装完成。

[0105] 3. 调整驱动与反馈组件的安装姿态

[0106] 通过调整修切垫厚度,将组件安装支架12安装在系统支撑支架1的相应位置,同时确保直线导轨滑块运行平滑。

[0107] 4. 安装剩余组件

[0108] 4.1) 安装控制盒23。

[0109] 4.2) 安装变焦镜头22、四自由度光学调整平台20、成像组件安装支架12与成像组件18。

[0110] 4.3) 连接视频显示器与上位机软件。

[0111] 4.4) 安装四自由度光学调整平台20与平行光管及附件21,平行光管附件21选用鉴别率板。

[0112] 4.5) 调整平行光管、四自由度光学调整平台20,将变焦镜头22光轴与平行光管光轴重合,同时调整成像组件18、四自由度光学调整平台20,将成像组件18光轴与变焦镜头22、平行光管光轴共轴,然后固定四自由度光学调整平台20、平行光管及附件21、成像组件18、成像组件安装支架12以及系统支撑支架1,变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统安装完成。

[0113] 如图6所示,使用上述安装完成的变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统进行自动对像面对接,其方法如下:

[0114] 1. 变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统上电,并进行初始化。

[0115] 1.1) 变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统上电,平行光管选择鉴别率靶标,用于判别图像清晰程度。

[0116] 1.2) 变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统自检判断是否存在异常。

[0117] 若变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统存在异常,上位机软件报故障,系统停止工作,进行相应检修、处理。

[0118] 若变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统自检正常,则进行初始化,执行步

骤2)。

[0119] 2.判断变焦镜头22法兰面与成像组件18法兰面是否为平面无凸起。

[0120] 2.1)若变焦镜头22法兰面与成像组件18法兰面存在凸起,在变焦镜头22与成像组件18法兰之间安装一个厚度d的垫片,避免凸起碰撞,选择初始化方法后,执行步骤2.2)。

[0121] 若变焦镜头22法兰面与成像组件18法兰面为平面无凸起,此时 $d=0$,执行步骤2.2)。

[0122] 2.2)驱动与反馈组件运行至变焦镜头22法兰与成像组件18法兰贴合,上位机软件记录此时电位计2的角度位移信息D1;此时驱动与反馈组件运行方向为正方向。

[0123] 3.判断变焦镜头22短焦是否存在最清晰位置

[0124] 3.1)变焦镜头22切换至短焦状态,且变焦镜头22上调焦组件初始位置为变焦镜头22理论设计位置,此时选择一键聚焦,一键聚焦指令在上位机上完成。

[0125] 3.2)驱动与反馈组件带动变焦镜头22沿反方向移动到凸起的限位螺钉24处,在变焦镜头22运动过程中,图像信息实时上传至显示器与上位机软件,上位机软件计算比较图像灰度方差值和。

[0126] 3.3)判断运动过程中灰度方差值和是否存在最大值,且灰度方差值和的最大值不位于机械限位的限位螺钉24位置。

[0127] 若灰度方差值和的最大值处于机械限位位置,则超出系统工作范围;此时,系统断电,取消步骤3.2)中凸起的限位螺钉24的机械限位功能,将另一限位螺钉24改为凸起状态,实现机械限位后,执行步骤1。

[0128] 若灰度方差值和存在最大值,且灰度方差值和的最大值不位于机械限位位置。

[0129] a)上位机软件判断变焦镜头22短焦存在最清晰位置,驱动与反馈组件带动变焦镜头22运行至该位置。

[0130] b)人工复查图像是否清晰

[0131] 若清晰,输出此时像面位置信息D2。

[0132] 若不清晰,则通过手动调焦+、调焦-的方式对驱动与反馈组件进行手动调整,直至变焦镜头22运动到最清晰位置,再输出此时的像面位置信息D2。

[0133] 4.判断变焦镜头22在长焦位置是否存在最清晰位置。

[0134] 4.1)驱动变焦镜头22切换至长焦位置。

[0135] 4.2)人工判别变焦镜头22长焦是否为最清晰位置。

[0136] 若变焦镜头22长焦不是最清晰位置,则通过一键聚焦对变焦镜头22调焦组件进行调焦,至最清晰位置,然后跳转至步骤3.1)。一般迭代循环3次后就可以确定长短焦同时最清晰位置信息。

[0137] 若变焦镜头22长焦为最清晰位置,则输出此时像面位置信息D2,变焦镜头22像面修切垫的实际厚度为 $D2-D1+d$,此时变焦镜头22的长焦与短焦均在最清晰位置,则像面对接完成。

[0138] 上述一键聚焦的算法原理如下所述:

[0139] 在一键聚焦过程中,通常会看到图像由模糊至清晰的过程,逐渐形成清晰度比较高的图像。当完全聚焦时,图像最清晰,图像中的高频分量也最多,突变像素与相邻像素的灰度值差值也会变大,基于这个原理,对每一个像素水平右侧邻域的两个灰度值相减再相

乘,再逐个像素累加,计算相邻两个像素灰度值差的平方,如下公式:

$$[0140] \quad D(f) = \sum_y \sum_x |f(x+2,y) - f(x,y)|^2$$

[0141] 其中: $f(x,y)$ 表示图像 f 对应像素点 (x,y) 的灰度值, $D(f)$ 是指图像清晰度。

[0142] 通过该系统,也可以对变焦镜头视轴跳动参数进行测量,具体步骤如下:

[0143] 1. 平行光管附件21选用十字丝靶标,用于精确测量跳动量。

[0144] 2. 通过两个四自由度光学调整平台20,调整平行光管光轴,变焦镜头22长短焦共轴。

[0145] 3. 根据像面对接结果,设置驱动与反馈组件位置,此时变焦镜头22长短焦位置均可以清晰成像。

[0146] 4. 变焦镜头22切换至长焦状态,通过四自由度光学平台20将成像组件靶面中心十字丝与长焦状态光轴重合。

[0147] 5. 通过上位机软件图像处理算法,记录此时变焦镜头22光轴位置,且此位置为初始位置。

[0148] 6. 缓慢驱动变焦镜头22从长焦切换至短焦状态,上位机软件记录切换过程中各焦距光轴位置,通过逐帧识别图像上所标定的光轴点在不同焦距时与成像组件靶面中心十字丝之间的差值 $(\Delta x, \Delta y)$,其中 Δx 是光轴点与成像组件靶面中心十字丝之间的横向差值, Δy 是光轴点与成像组件靶面中心十字丝之间的纵向差值,从而得出该变焦镜头从长焦端切换至短焦端的光轴跳动参数。

[0149] 7. 采用与步骤6同样的方法测量出该变焦镜头22从短焦端切换至长焦端的光轴跳动参数。此时变焦镜头22的自动光轴跳动检测完成。

[0150] 由于直线导轨15与移动滑块16之间存在运动的间隙,此间隙的存在导致变焦镜头22在沿光轴做前后移动时变焦镜头22姿态会发生一定的变化,此变化会影响成像组件18成像的均匀性,从而影响系统的稳定性。需对镜头移动过程中姿态信息进行检测。如图5所示,在上述安装过程中,在安装完驱动与反馈组件、导向组件及控制盒23后(即在安装步骤4.1后),对该系统进行平稳性检测,具体检测方法如下:

[0151] 1. 将系统支撑支架1固定在光学平台上,并在镜头安装支架14安装变焦镜头22位置的附近黏贴一块平面反射镜30,将镜头安装支架14调至成像组件18安装位置最近的限位螺钉24处,记录此时位置为 S 。

[0152] 2. 将自准直经纬仪29放置于平面反射镜30前端,并调整自准直经纬仪29使十字丝与其自准像重合,记录此时经纬仪的俯仰角 θ 与方位角 σ ;

[0153] 3. 驱动与反馈组件通电运行,微调经纬仪俯仰角与方位角使自准像与经纬仪内部的十字丝分化线重合,记录此时镜头安装支架14的移动量 L_1 、经纬仪的俯仰角 θ_1 与方位角 σ_1 ;

[0154] 计算 $\Delta \theta = \theta_1 - \theta$, $\Delta \sigma = \sigma_1 - \sigma$;

[0155] 4. 重复步骤3,直至变焦镜头22移动到极限位置;

[0156] 根据上述测试数据,并结合不同焦距、像元大小的变焦镜头22与成像组件18,判别运行平稳性是否满足要求;

[0157] 若不满足要求,导向组件可选用更高精度的直线导轨15,或者增加直线导轨15上移动滑块16的长度,减小运动间隙所带来的位姿变化;再执行步骤步骤2。

- [0158] 若满足要求,变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测系统运行平稳性检测完成。
- [0159] 若将上述变焦镜头自动像面对接与光轴跳动检测方法中的平行光管为黑体,可适用于红外光学镜头的像面对接与光轴跳动检测过程。
- [0160] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、同等替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围内。

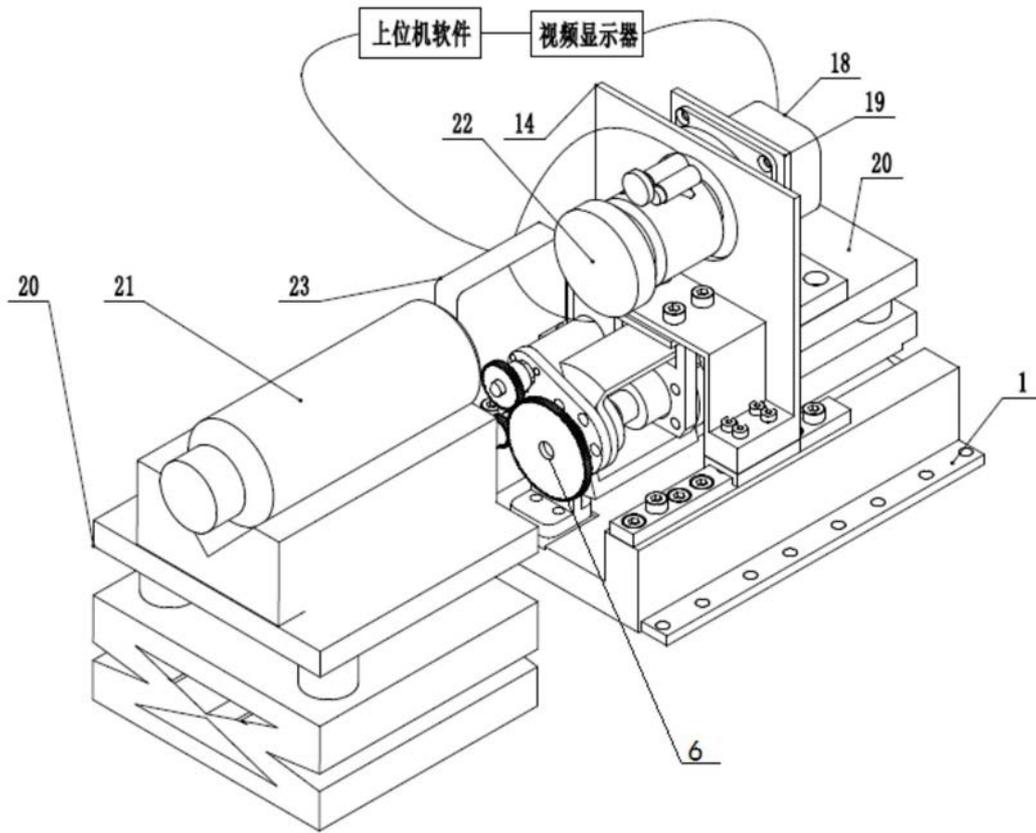


图1

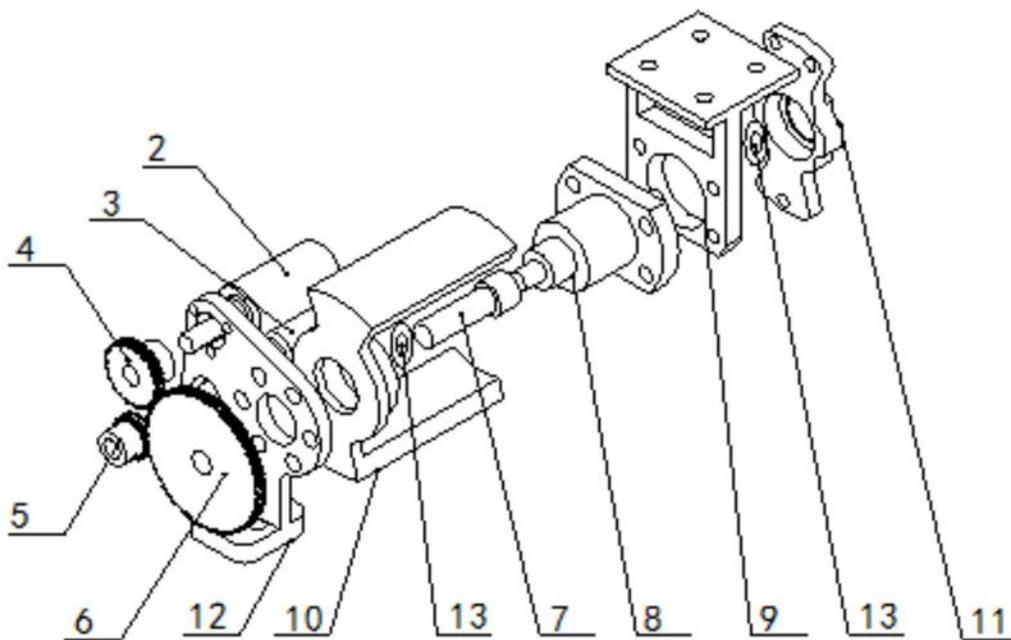


图2

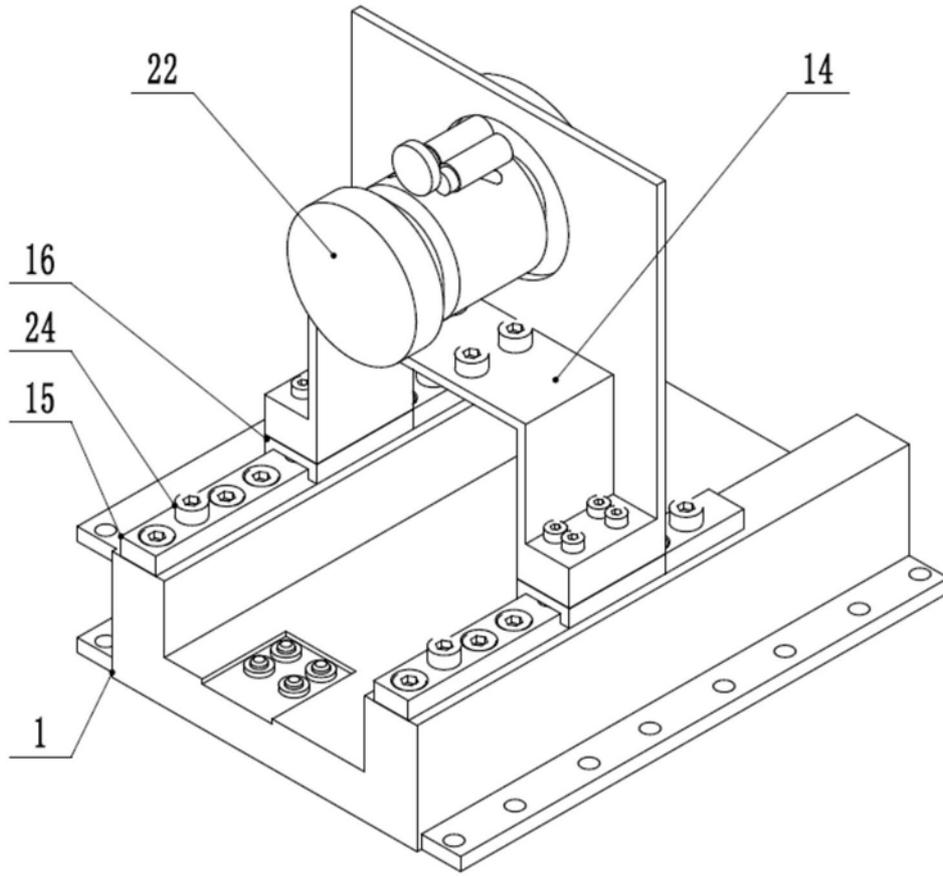


图3

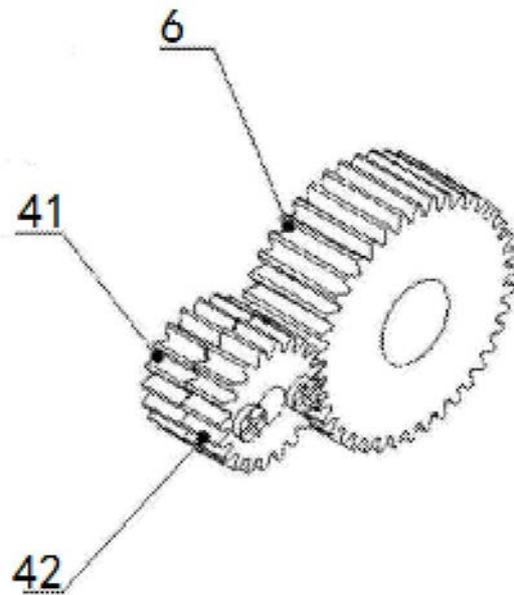


图4

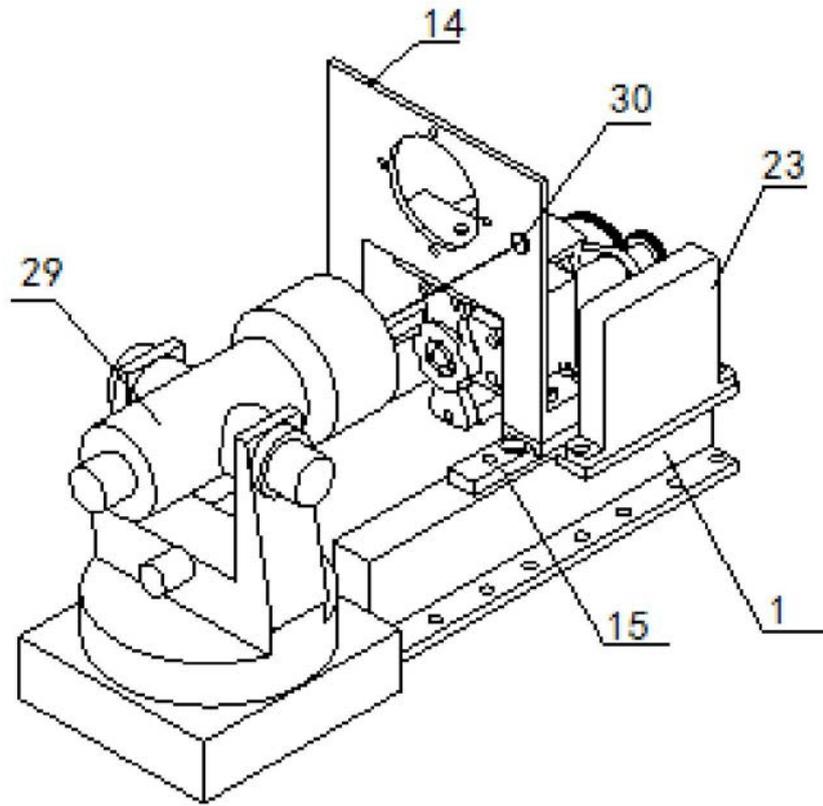


图5

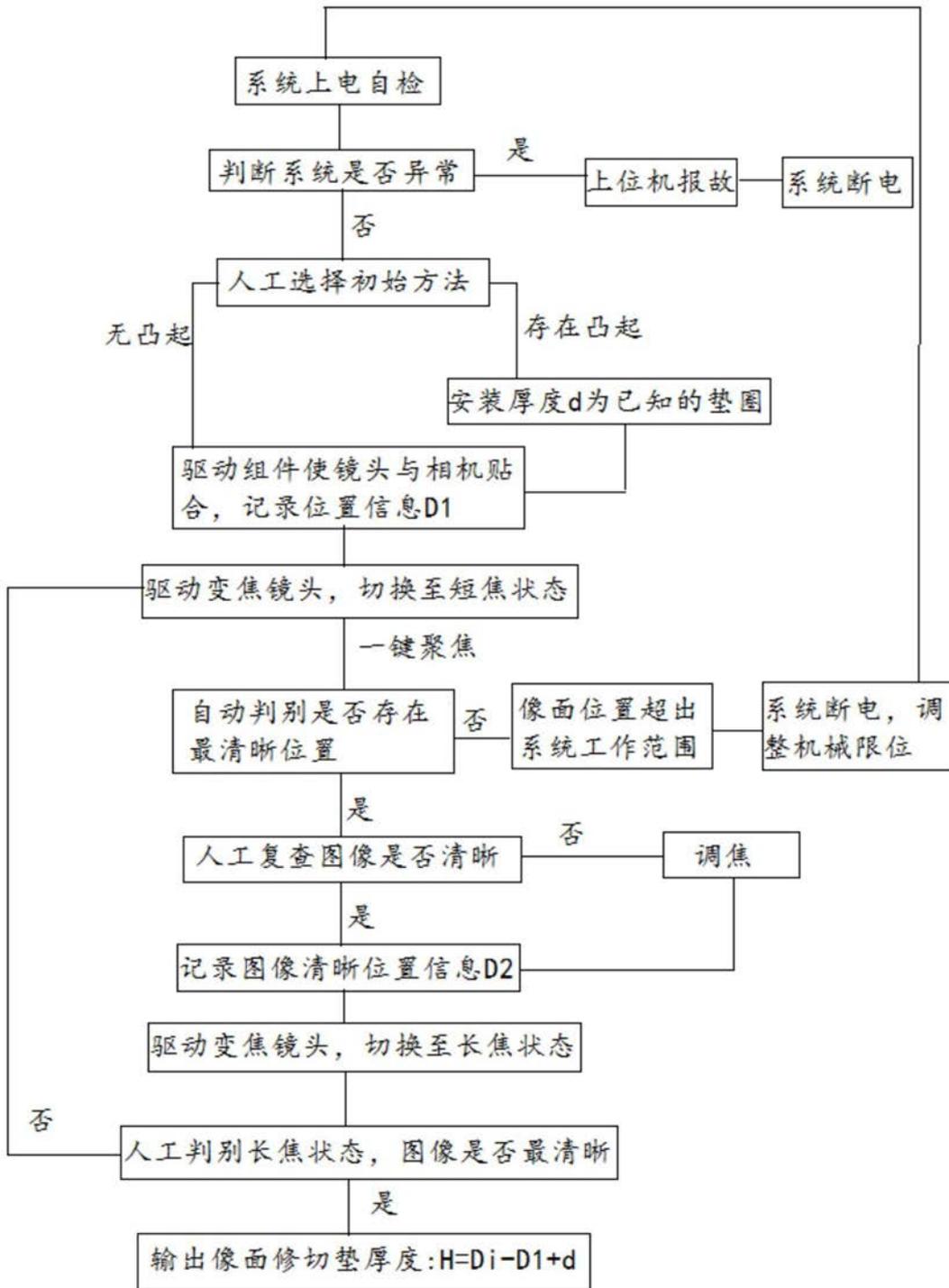


图6