



# (12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 115097590 A

(43) 申请公布日 2022. 09. 23

(21) 申请号 202210599007.4

(22) 申请日 2022.05.30

(71) 申请人 昆明北方红外技术股份有限公司  
地址 650217 云南省昆明市官渡区经济开发  
区红外路5号

(72) 发明人 刘海 熊辉 姚亮亮 李继承  
王宏波 徐安健 李学宽 杨杰  
张永洁 龙旭将

(74) 专利代理机构 昆明祥和知识产权代理有限  
公司 53114  
专利代理师 和琳

(51) Int. Cl.

G02B 7/10 (2021.01)

G03B 13/34 (2021.01)

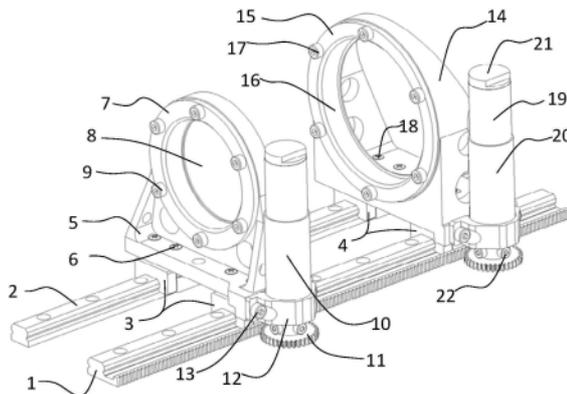
权利要求书1页 说明书6页 附图7页

## (54) 发明名称

红外光学系统变焦导向驱动机构及控制方法

## (57) 摘要

红外光学系统变焦导向驱动机构及控制方法,属于红外成像技术领域,尤其涉及一种光学系统变焦导向驱动机构及其控制方法。红外光学系统变焦导向驱动机构,包括一根光杆导轨与一根齿条导轨,以及带有增量式编码器的电机,两根导轨平行安装于同一个平面,变倍光学系统及补偿光学系统均通过滑块安装在两根导轨之上。红外光学系统变焦导向驱动机构控制方法中,变倍光学系统电机匀速转动,补偿光学系统电机则按补偿曲线方程非匀速转动。本发明的机构具有结构紧凑空间占用小,易于实现小型化;运行速度快,易于实现快速变焦或视场切换;垂轴向稳定性好,光轴热稳定性、一致性好;平行布置的双导轨载荷承载能力大等特点。



1. 红外光学系统变焦导向驱动机构,其特征在于该机构包括一根光杆导轨与一根齿条导轨,以及带有增量式编码器的电机,两根导轨平行安装于同一个平面,变倍光学系统及补偿光学系统均通过滑块安装在两根导轨之上。

2. 红外光学系统变焦导向驱动机构控制方法,该方法中变倍光学系统电机匀速转动,补偿光学系统电机则按补偿曲线方程非匀速转动;

所述变倍光学系统电机及补偿光学系统电机需要进行行程范围两端的寻零,依次将两组电机正向及反向位置计数器清零;每一组电机均有正向及反向两个计数零位,以消除电机内部及齿轮啮合间隙对运动控制精度的影响;

所述的补偿光学系统电机补偿曲线方程通过以下的方法获得:

步骤1,标定正向,红外系统从短焦逐渐切换至长焦位置,过程中采集记录多个图像清晰时补偿电机编码器方波信号的个数及方向;

步骤2,根据获得的编码器信息,方波信号的个数及方向进行最小二乘法曲线拟合,获得正向补偿曲线方程;

步骤3,标定反向,红外系统从长焦逐渐切换至短焦位置,过程中采集记录多个图像清晰时补偿电机编码器方波信号的个数及方向;

步骤4,根据获得的编码器信息,方波信号的个数及方向进行最小二乘法曲线拟合,获得反向补偿曲线方程;

步骤5,不同温区曲线的标定拟合,将工作温度范围划分为多个温区,每一个温区都采用步骤1-4方法获得每个温区的正向和反向补偿曲线。

3. 如权利要求1所述的所述的红外光学系统变焦导向驱动机构控制方法,其特征在于连续变焦过程中选取几个常用焦距点作为固定观瞄视场,并将这几个焦距点的电机位置及方向进行存储,使用时直接调用标定数据进行电机控制,便于视场的快速切换;标定数据存储在伺服控制电路板数据存储单元中。

## 红外光学系统变焦导向驱动机构及控制方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于红外成像技术领域,尤其涉及一种光学系统变焦导向驱动机构及其控制方法。

### 背景技术

[0002] 红外光学系统按照其变焦过程中光学系统的焦距值是否连续变化可分为两类:一类为非连续变焦系统(切换式变焦系统),即通过切换光学系统中的相关透镜组来改变光学系统的焦距值,即切换式变倍结构形式,通常被使用的主要由两档变倍和三档变倍;另一类为连续变焦,通过透镜组及补偿镜组轴向间隙的连续变化而改变光学系统的焦距值,即连续变焦结构形式。

[0003] 随变焦距光学系统的基本原理是利用光学系统中两个或两个以上光学透镜组的移动来改变系统的组合焦距,同时保持像面位置不动,且在变焦过程中像质始终保持良好。常用的变焦距光学系统一般由前固定组、变倍组、补偿组、后固定组等四个透镜组组成。在结构设计中设计一套机构实现连续变焦功能,保证变倍透镜组和补偿透镜组沿光轴方向按照不同的移动轨迹连续移动。变倍透镜组和补偿透镜组沿光轴方向移动过程中会造成系统光轴的跳动,光轴跳动量的大小直接影响光学系统的成像质量,因此变倍透镜组和补偿透镜组移动的导向驱动机构设计是结构设计的核心技术。

[0004] 现有导向驱动机构种类很多,常用的机构有以下几种形式:

1、一根光杠导轨和滚珠丝杠电机驱动组合机构。这种结构精度较高、运行速度快,由于变倍和补偿同时移动的轨迹不同,需要两套导向驱动机构,占用较大空间,控制系统设计也有难度。这种机构垂轴方向稳定性较差,在连续变焦过程中,滚珠丝杆的震动容易传递至运动透镜组,会出现图像抖动的现象。因此该机构大多用于两视场、单运动透镜组(该透镜兼变倍和调焦功能)一类红外光机系统。

[0005] 2、平行放置的两根光杠导轨和滚珠丝杠电机驱动组合机构。这种结构变位精度高、运行速度快、负载承载大。变倍和补偿同时移动的轨迹不同,需要两套导向驱动机构,占用较大空间,控制系统设计也有难度。在连续变焦过程中,滚珠丝杆的震动容易传递至透镜,会出现图像抖动的现象。

[0006] 3、垂直放置的两根光杠导轨和滚珠丝杠电机驱动组合机构。这种结构变位精度高,承载大,由于是过定位结构,装调难度大,在环境温度变化较大时,其光轴热稳定性差,易产生机构卡死现象。变倍和补偿同时移动的轨迹不同,需要两套导向驱动机构,占用较大空间,控制系统设计也有难度。在连续变焦过程中,滚珠丝杆的震动容易传递至透镜,会出现图像抖动的现象。

[0007] 4、光杠导轨和凸轮杆电机驱动组合机构。这种机构在运动过程中舒适平稳,不易出现卡死现象,凸轮杆驱动变倍组及补偿组透镜按照凸轮曲线规律运动,另外还需设计一组调焦组进行高低温像面热补偿。这种凸轮杆导向机构加工难度大、空间占用大、运动精度低、垂轴向光轴热稳定性差。另外这种机构运行速度慢,不易实现快速视场切换及快速变

焦。

[0008] 5、三组凸轮筒组合嵌套电机驱动机构。这种机构需要变倍组、补偿组、调焦组三组凸轮筒组合嵌套构成，凸轮筒加工难度大，嵌套组合后光轴热稳定性差、光轴一致性差、装调不便，多用于民用领域。另外这种机构运行速度慢，不易实现快速视场切换及快速变焦。

## 发明内容

[0009] 本发明的目的是提出一种新型的基于齿条型导轨和增量式电机编码器的直驱变倍调焦机构，简化了结构，易于装调，稳定性好。

[0010] 红外光学系统变焦导向驱动机构，包括一根光杆导轨与一根齿条导轨，以及带有增量式编码器的电机，两根导轨平行安装于同一个平面，变倍光学系统及补偿光学系统均通过滑块安装在两根导轨之上。

[0011] 红外光学系统变焦导向驱动机构控制方法，该方法中变倍光学系统电机匀速转动，补偿光学系统电机则按补偿曲线方程非匀速转动；

所述变倍光学系统电机及补偿光学系统电机需要进行行程范围两端的寻零，依次将两组电机正向及反向位置计数器清零；每一组电机均有正向及反向两个计数零位，以消除电机内部及齿轮啮合间隙对运动控制精度的影响；

所述的补偿光学系统电机补偿曲线方程通过以下的方法获得：

步骤1，标定正向，红外系统从短焦逐渐切换至长焦位置，过程中采集记录多个图像清晰时补偿电机编码器方波信号的个数及方向；

步骤2，根据获得的编码器信息，方波信号的个数及方向进行最小二乘法曲线拟合，获得正向补偿曲线方程；

步骤3，标定反向，红外系统从长焦逐渐切换至短焦位置，过程中采集记录多个图像清晰时补偿电机编码器方波信号的个数及方向；

步骤4，根据获得的编码器信息，方波信号的个数及方向进行最小二乘法曲线拟合，获得反向补偿曲线方程；

步骤5，不同温区曲线的标定拟合，将工作温度范围划分为多个温区，每一个温区都采用步骤1-4方法获得每个温区的正向和反向补偿曲线。

[0012] 连续变焦过程中选取几个常用焦距点作为固定观瞄视场，并将这几个焦距点的电机位置及方向进行存储。使用时直接调用标定数据进行电机控制，便于视场的快速切换。标定数据存储于伺服控制电路板数据存储单元中

变倍光学系统，以及补偿光学系统在导轨上光轴方向进行平滑直线运动，实现光学变倍或对变倍透镜运动造成像面漂移进行补偿，以实现像面稳定清晰成像；或光学系统环境温度发生变化或存在温度梯度导致像面漂移，通过补偿组的直线运动进行调焦以保证像面清晰，补偿组兼备热补偿调焦功能。

[0013] 变倍组驱动电机连续变焦过程一般设置为匀速转动，补偿组驱动电机如果按照光学补偿曲线进行控制往往得不到理想的清晰图像，主要原因是因为光学和结构件加工误差及装调误差。因此，补偿组驱动电机的控制需要根据连续变倍过程中实际清晰图像电机位置进行正反向标定拟合。位置数据采集点越多，曲线拟合越精确，控制精度越高。最终从短焦至长焦连续变倍过程补偿驱动电机就按照拟合得到的正向标定曲线进行控制。

[0014] 此外,红外光学透镜受温度影响较大,其材料折射率会随温度线性变化,那么整个光学系统像面位置也会随温度变化。此时补偿组兼有像面位置热补偿功能,通过补偿组的轴向移动可以保持像面稳定清晰成像。因此,红外光学系统工作环境温度不同补偿组驱动电机控制曲线也不同。因此要将工作温度范围划分为几个温区,每一个温区都需要进行补偿组驱动电机控制曲线的标定拟合,同样,温区划分越多,热补偿精度越高。系统正常工作时根据工作温度调用当前温区的补偿曲线进行电机控制,补偿组每个温区有正向和反向两条补偿控制曲线,变倍组所有温区均使用同一组正向或者反向线性变倍曲线。

[0015] 补偿组还兼具实时调焦功能,驱动电机按照指令进行正向或者反向、小步或者大步的转动对光学系统进行调焦,一般实时的调焦值不做存储调用。

[0016] 机械补偿连续变焦光学系统,因其光机结构简单,成像质量好且容易实现较大的变倍比与较小的像面漂移而被广泛运用,成为主流的红外光机系统设计方法。机械补偿连续变焦光学系统由前固定组、变倍组、补偿组、后固定组构成,二次成像系统还会有中继组,中继组的功能是约束前固定组的有效孔径和利用中间实像面来消除杂散光。如图10所示,变倍组实现光学焦距的改变,补偿组实现保持像面位置稳定清晰成像,补偿组兼有像面热补偿及调焦功能。连续变焦过程中,变倍组与补偿组相向运动,变倍组作线性运动,补偿组按照补偿曲线作非线性运动。

[0017] 本发明中,连续变焦光学系统通常采用机械补偿的设计方法,变倍组沿光轴方向移动实现光学变倍,同时补偿组沿光轴方向移动对像面漂移进行补偿,实现像面稳定清晰成像。另外,补偿组还兼具光学热补偿调焦功能。

[0018] 本发明中电机选用带有增量式编码器的电机,通过光电编码器可以精确的测得电机的旋转量、旋转速度、旋转方向和旋转位置,并将测得的这些物理量形成闭环反馈对电机进行精确控制。通过电机控制就可以实时精确控制变倍组、补偿组运动的方向、速度、位置。光电编码器分辨率比电磁、机械编码器要高得多,能够满足光学调焦补偿精度要求。增量式编码器在电机每转一圈时,可输出特定数量均匀分布的脉冲,编码器至少有两个通道,两个通道都输出方波信号,彼此之间相位差为 $90^\circ$ ,即 $1/4$ 周期,相位差可用于判断电机的旋转方向。增量式编码器测量的不是绝对位置而是相对位置,即某点相对于另一个参考点的位置。为此,信号边沿必须采用正交方式,根据电机转向并结合其相位顺序,才能进行递增或递减计数。供电一旦中断,位置就会丢失,因此每次调试或断电重启时,定位系统必移动到一个预定的参考位置,以初始化位置计数器(寻零)。参考位置通常使用外部传感器确定,例如参考点开关或限位开关。

[0019] 本发明这种机构设计两根平行安装的导轨,具有承载力强、垂轴向稳定性好的优点;变倍组与补偿组(兼有像面热补偿调焦功能)独立运动及控制,结构简单,体积紧凑,控制容易;带有增量式编码器的电机安装固定在镜座上,通过电机轴上的齿轮与导轨上的齿条啮合,实现变倍组与补偿组的直驱,这种方式简化了结构易于小型化布局设计,电机控制简单且精度高;另外这种直驱结构排除了例如丝杆旋转震动之类的干扰,使得变倍过程平滑,光轴一致性及热稳定性好,装调容易,可实现快速视场切换或者快速连续变焦。另一方面,还介绍了基于这种结构的变倍组和补偿组的驱动电机控制方法,该方法控制精度高、能够消除机械运动机构间隙误差,且逻辑清晰、易于实现。本发明的机构具有结构紧凑空间占用小,易于实现小型化;运行速度快,易于实现快速变焦或视场切换;垂轴向稳定性好,光轴

热稳定性、一致性好；平行布置的双导轨载荷承载能力大等特点。

### 附图说明

- [0020] 图1 变焦机构前侧视图。  
[0021] 图2变焦机构后侧视图。  
[0022] 图3变焦机构俯视图。  
[0023] 图4 变焦机构仰视图。  
[0024] 图5长焦距变倍组与补偿组位置示意图。  
[0025] 图6 中焦距变倍组与补偿组位置示意图。  
[0026] 图7 短焦距变倍组与补偿组位置示意图。  
[0027] 图8连续变焦变倍组与补偿组运动曲线示意图。  
[0028] 图9不同工作温度连续变焦变倍组与补偿组运动曲线示意图。  
[0029] 图10实施例1连续变焦热像仪光机系统图。  
[0030] 图11实施例2热像仪光机系统图。  
[0031] 图12为变倍组与补偿组运动曲线图。  
[0032] 图13为变倍组与调焦组位置数据。  
[0033] 图14为拟合出的变倍组运动曲线和补偿组运动曲线图。  
[0034] 其中,齿条导轨1,光杆导轨2,变倍组滑块3,补偿组滑块4,变倍镜座 5,变倍镜座与滑块固定螺栓6,变倍镜框 7,变倍光学透镜 8,变倍镜框与变倍镜座固定螺栓 9,变倍组驱动电机10,驱动齿轮 11,电机支架12,电机驱动组件与变倍镜座固定螺栓 13,补偿镜座14,补偿镜框 15,补偿光学透镜16,补偿镜框与补偿镜座固定螺栓17,补偿镜座与滑块固定螺栓 18,补偿组驱动电机19,电机减速箱20,增量式光电编码器21,电机输出轴与驱动齿轮固定螺栓22,连续变焦机械补偿光学系统前固定组23,变倍组24,补偿组25,后固定组26,折转反射镜27,中继组28,第一红外探测器组件29,三视场光学补偿光学系统前固定组30,变焦前透镜组31,变焦后透镜组32,中间固定组33,变焦前、后组固定镜框34,驱动电机组件35,折转反射镜36,后固定组37,第二红外探测器组件38。

### 具体实施方式

- [0035] 实施例1:红外光学系统变焦导向驱动机构,包括一根光杆导轨与一根齿条导轨,以及两个带有增量式编码器的电机,两根导轨平行安装于同一个平面,变倍光学系统及补偿光学系统均通过两个滑块安装在两根导轨之上。  
[0036] 所述的变倍光学系统包括变倍镜框、变倍镜座、变倍光学透镜;补偿光学系统包括补偿镜框、补偿镜座、补偿光学透镜。  
[0037] 所述带有增量式编码器的电机,带有增量式光电编码器及电机减速箱,通过电机支架分别固定在变倍镜座和补偿镜座侧面,电机轴安装固定有齿轮,齿轮与齿条导轨啮合;变倍镜框内安装有变倍光学透镜,变倍镜框通过螺栓安装固定在变倍镜座上。  
[0038] 电机支架通过螺栓安装固定在变倍镜座和补偿镜座侧面,使得电机轴驱动齿轮与齿条啮合良好,电机轴的转动带动齿轮转动,通过齿轮与齿条的啮合。  
[0039] 红外光学系统变焦导向驱动机构控制方法,该方法中变倍光学系统电机匀速转

动,补偿光学系统电机则按补偿曲线方程非匀速转动,具体如下:

如图12所示为变倍组与补偿组运动曲线图,反应了两个运动组位移与时间的关系。变倍组短焦端运动起点为零点,光轴入射方向为正向,匀速直线运动,其位移与时间的关系是线性方程。补偿组是非匀速直线运动,其位移与时间的关系用对数函数、指数函数、幂函数或多项式函数拟合描述,与光学系统的补偿参数设计相关。

[0040] 从图12看出,短焦连续变换至长焦的过程中:

短焦视场设计为T1时间点,对应的变倍组处于导轨S1位置,补偿组处于导轨S6位置;中焦视场设计为T2时间点,对应的变倍组处于导轨S2位置,补偿组处于导轨S5位置;长焦视场设计为T3时间点,对应的变倍组处于导轨S3位置,补偿组处于导轨S4位置。

[0041] 首先标定正向,即光轴入射方向标定,变倍组电机编码器寻零位置为图12中的S0位置,补偿组电机编码器寻零位置为S7;从短焦变换至长焦位置,采集记录1至10秒10个点的变倍组与调焦组位置数据,如图13所示;根据这些数据采用最小二乘法拟合出变倍组运动曲线和补偿组正向运动曲线,如图14所示,变倍组是匀速直线运动,采用直线方程描述,变倍组位移为 $S(\text{变倍})=19t-10$ ;补偿组是直线非匀速运动,采用对数函数描述,补偿组位移为 $S(\text{补偿})=50.11\ln(t)+296.5$ ;

其次,标定反向,从长焦变换至短焦位置,此时变倍组电机和补偿组电机编码器的寻零位置是各自行程范围的另一个端点;同样的,采集记录反向1至10秒10个点的变倍组与调焦组位置数据,根据这些数据采用最小二乘法拟合出变倍组运动曲线和补偿组反向运动曲线。

[0042] 再次,标定不同温区曲线,将工作温度范围划分为多个温区,每一个温区都采用步骤1-4方法获得每个温区的正向和反向补偿曲线。

[0043] 所有温区标定完成后,伺服控制程序便可以根据当前工作温度调用对应的补偿曲线,从而实现连续清晰成像。

[0044] 变倍组与补偿组的位置信息通过编码器进行实时的监测记录,该数据通过编码器对脉冲波个数的计数反馈给控制程序,控制程序根据计数器数据控制电机的旋转速度、方向等形成一个闭环的控制回路。根据控制程序指令,一旦监测到变倍组、补偿组运动到标定设定的位置时,便停止运动。

[0045] 连续变焦时间通过电机控制程序进行修改调整,相应的变倍组、补偿组运动曲线函数与时间相关的系数会发生变化,常数项不变化。

[0046] 实施例2:红外光学系统变焦导向驱动机构,只设置一个增量式编码器的电机,电机安装固定在变倍前、后组固定镜框侧面,通过电机轴上齿轮与齿条的啮合转动实现变倍前、后组透镜同步等间距轴向移动。变倍组前、后透镜的轴向同步大步移动可以实现光学变倍,小步移动可以实现像面的调焦和热补偿。

[0047] 红外光学系统变焦导向驱动机构控制方法,

首先在系统上电后,电机转动进行行程范围两端的寻零,依次将电机正向及反向位置计数器清零。增量式电机编码器有正向及反向两个计数零位,这样可以消除电机内部及齿轮啮合间隙对运动控制精度的影响。

[0048] 第二,首先标定正向变倍过程,从短焦逐渐切换至长焦位置,过程中分别记录几个观瞄视场图像清晰时补偿电机编码器方波信号的个数及方向,将这些信息与对应的视场名

称对应起来进行数据保存;最终从短焦至长焦视场切换过程驱动电机就按照正向保存的位置方向信息调用控制。

[0049] 第三,标定反向变倍过程,从长焦逐渐切换至短焦,过程中分别记录几个观瞄视场图像清晰时补偿电机编码器方波信号的个数及方向,将这些信息与对应的视场名称对应起来进行数据保存;最终从长焦至短焦视场切换过程驱动电机就按照正向保存的位置方向信息调用控制。

[0050] 相对于机械补偿方式的光学系统,光学补偿连续变焦系统的光学设计难度大,变倍比难以设计很大,但是这种结构简化了机械构造,有利于对视轴及其校准能良好的控制,而且少了一组机电控制系统,进而减小了整机系统的外形、成本和质量。工程应用中,由于光学补偿方式的连续变焦光学系统设计难度非常大,国内研究较少,通常采用光学补偿方式的光学系统一般只选择使用三、四个固定焦距作为观瞄视场,这样既简化了光学设计难度,伺服控制也较为简单,实际使用时,在几个固定焦距固定视场之间快速切换。

[0051] 在一些特殊的应用场合,比如光学系统布局紧凑,光学透镜尺寸较小,光机系统体积、重量要求苛刻的情况下,本发明专利变焦机构也能应用。实际使用中可以去掉光杆导轨,只保留齿条型导轨,这样既能实现小型化又能减轻重量,对于小尺寸运动透镜能够保证垂轴向的稳定性。

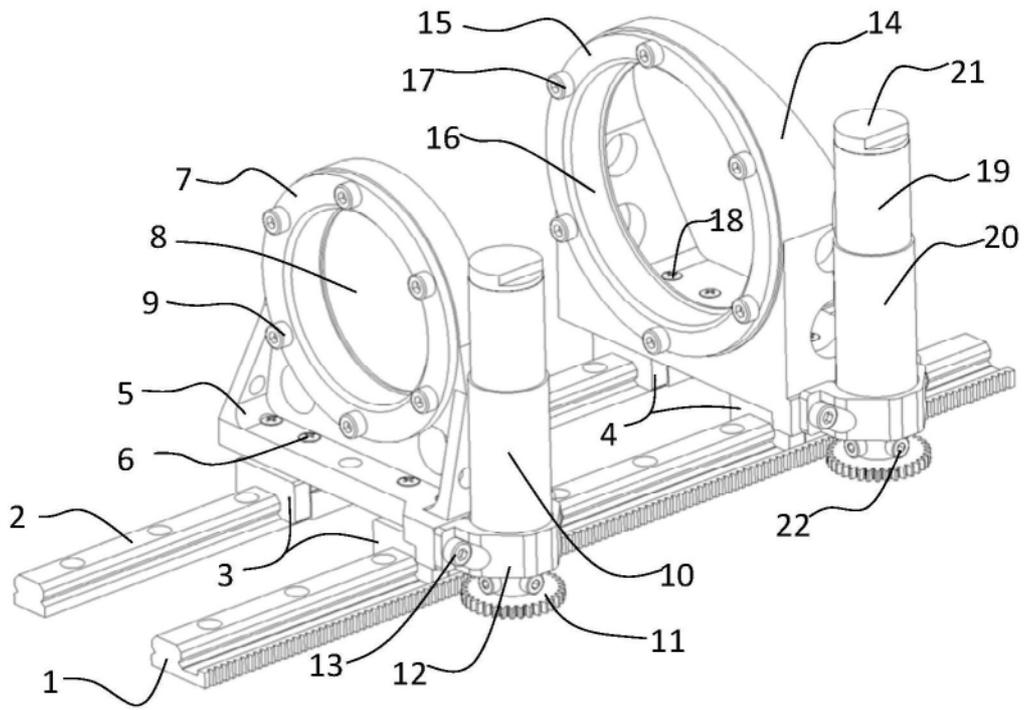


图1

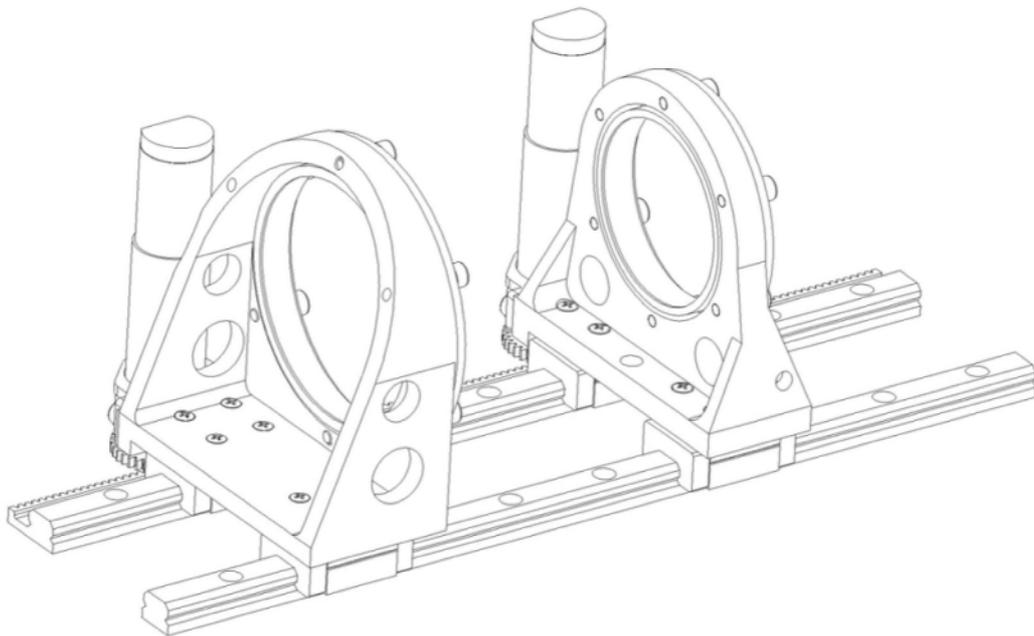


图2

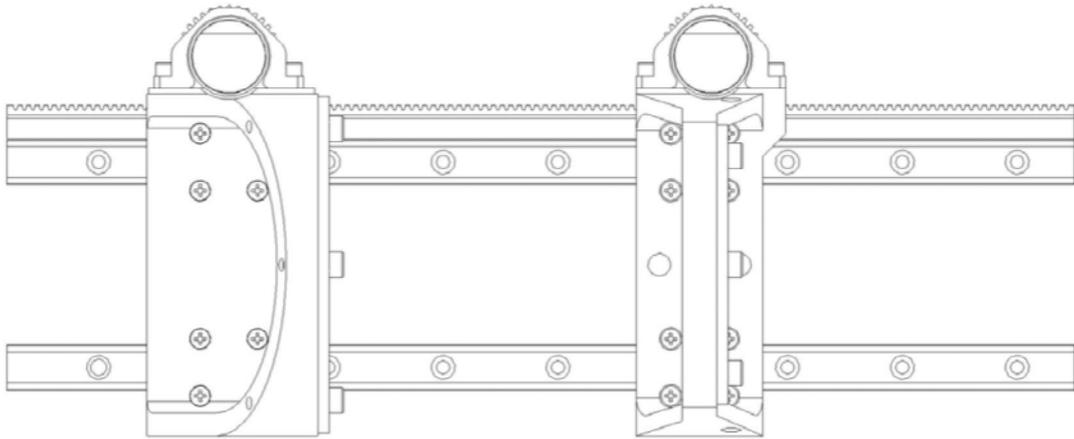


图3

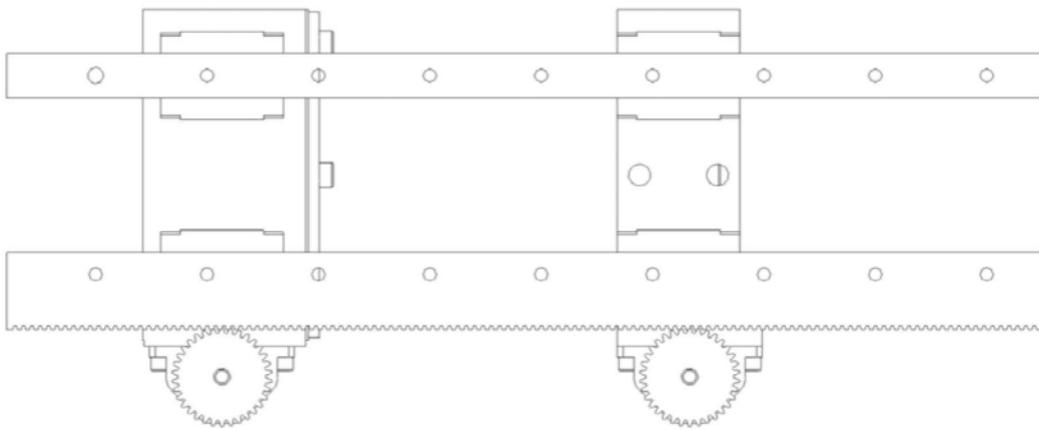


图4

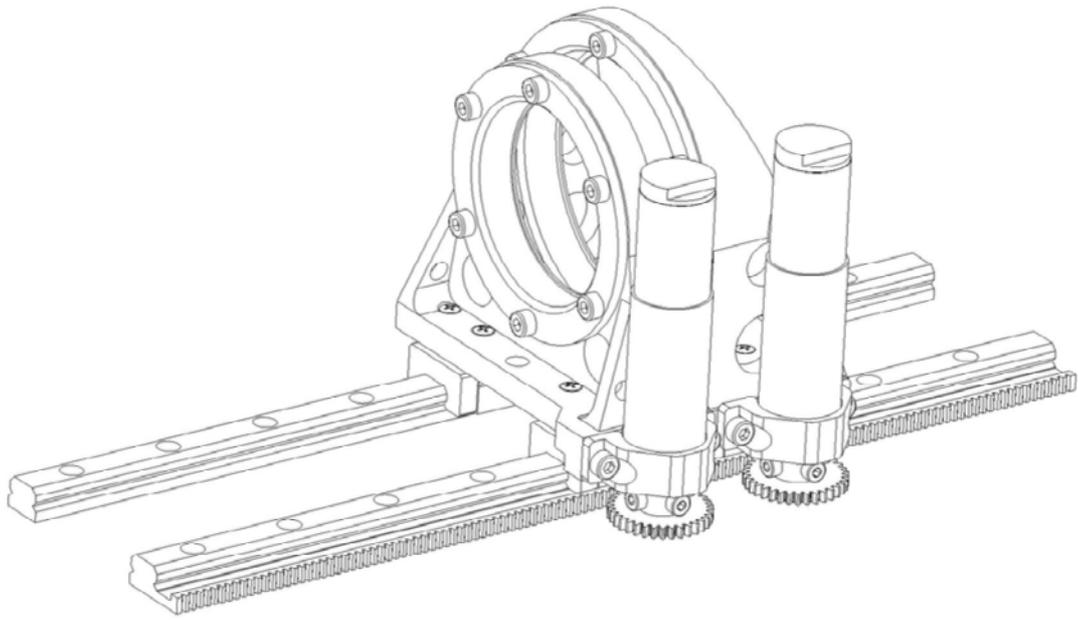


图5

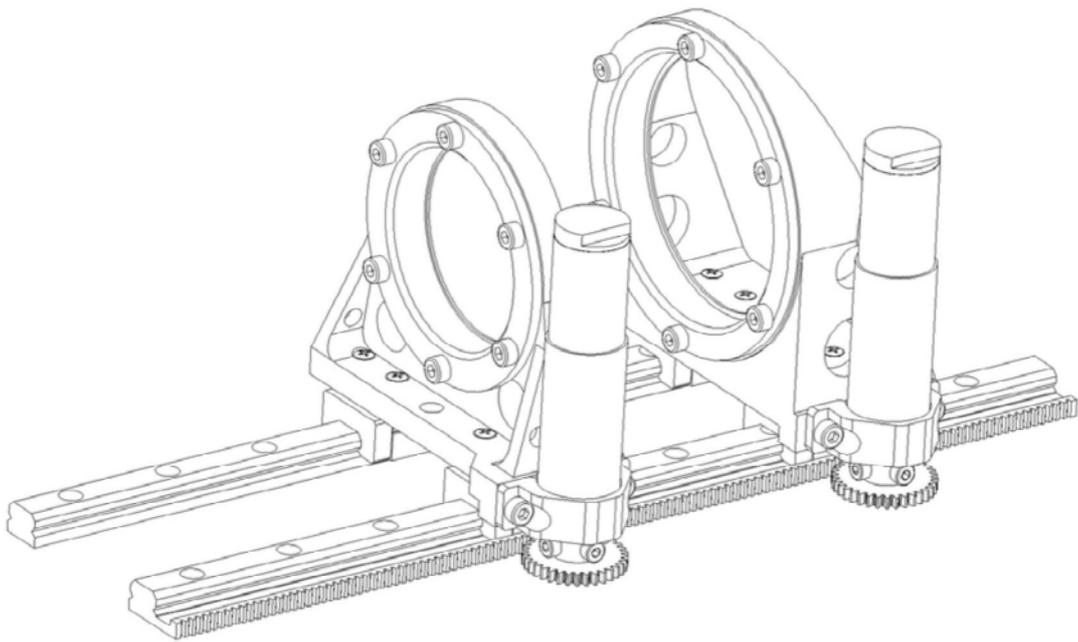


图6

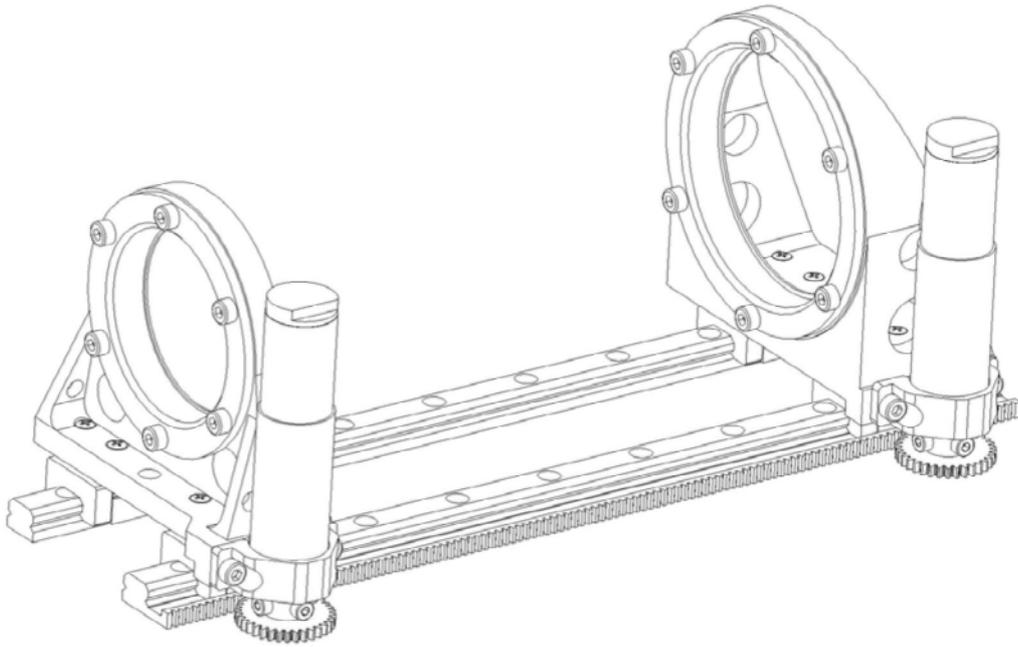


图7

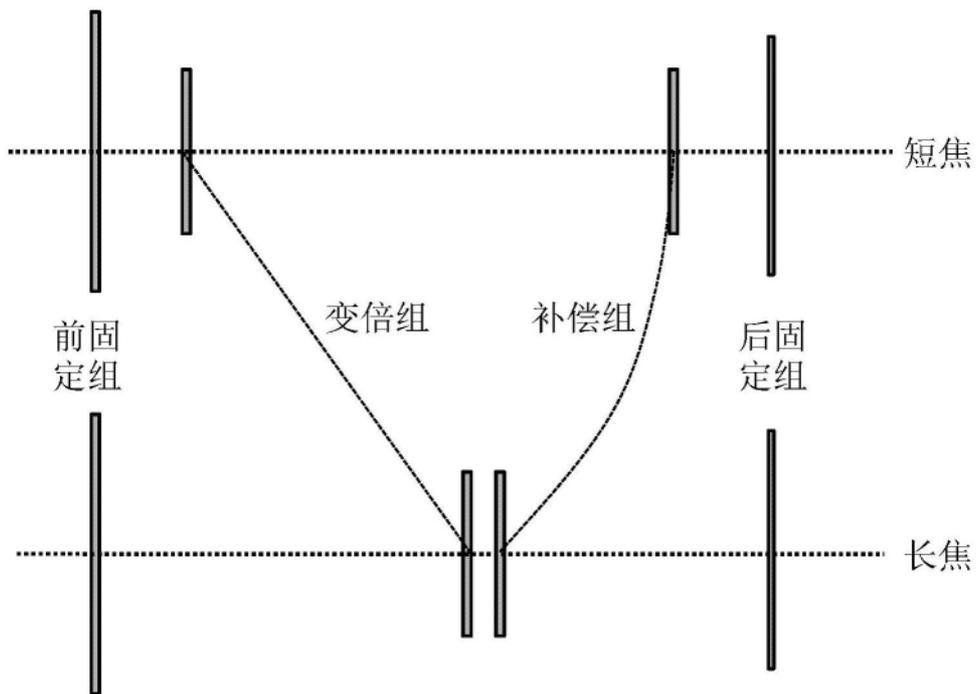


图8

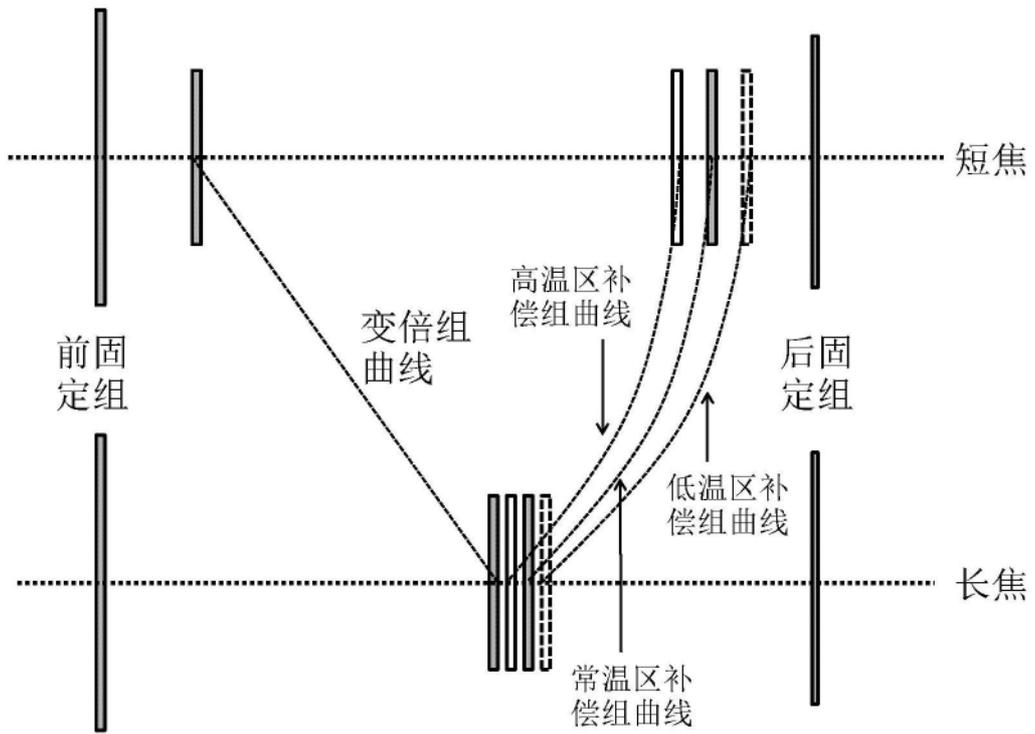


图9

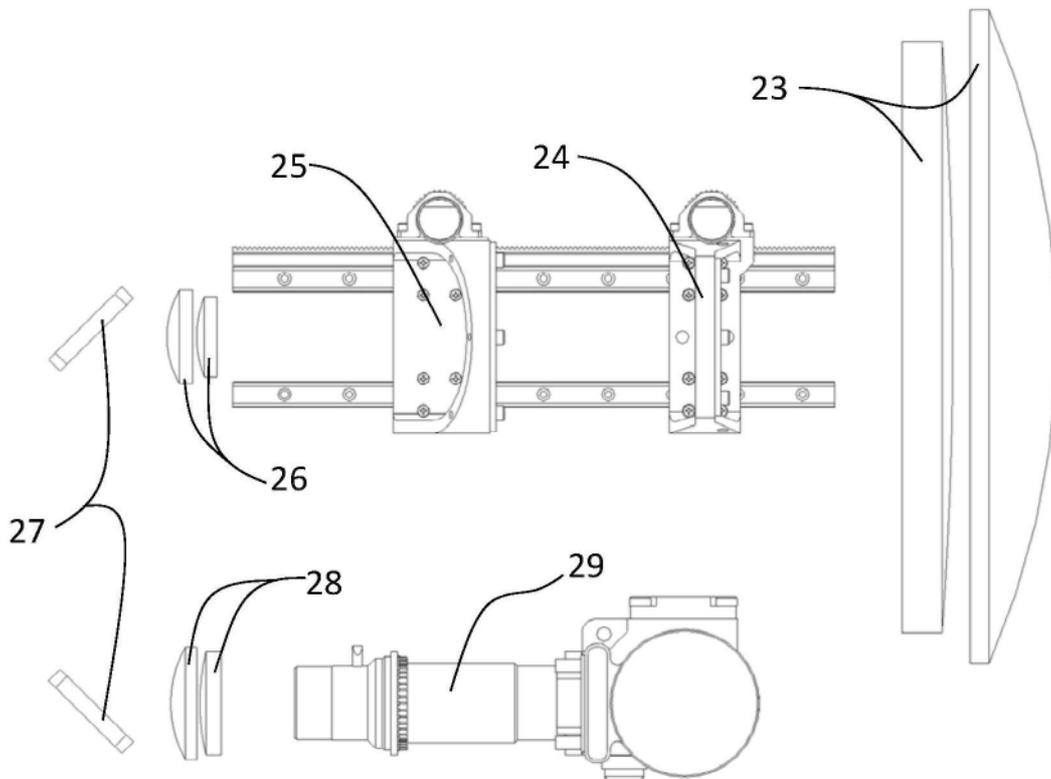


图10

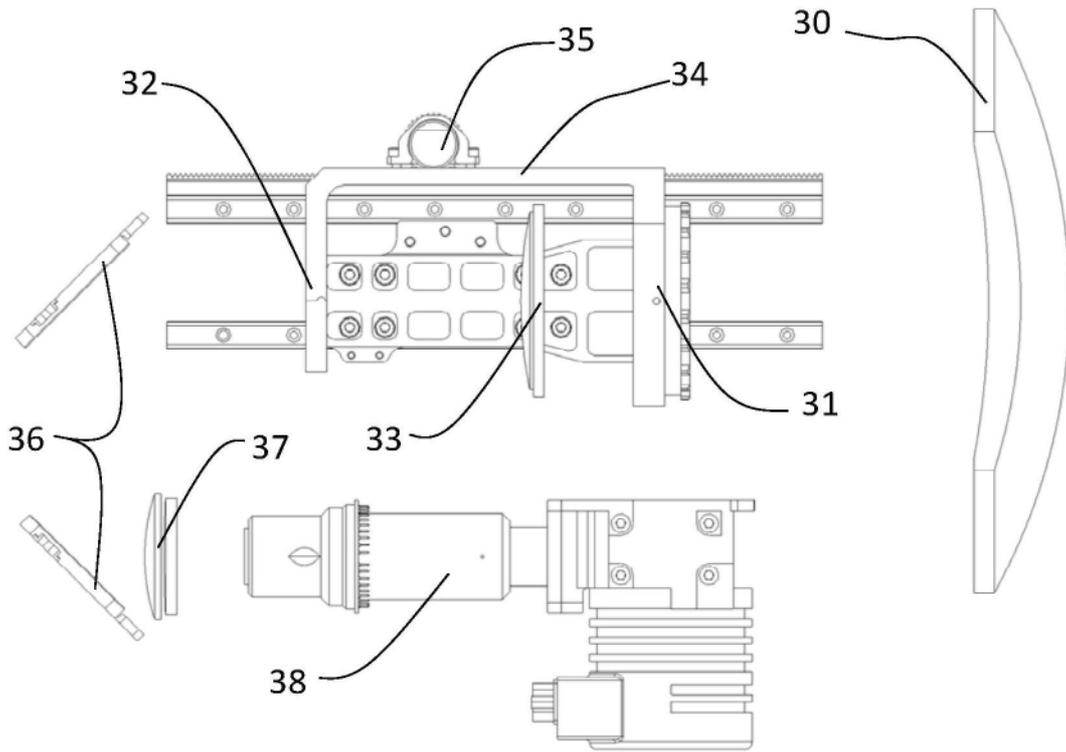


图11

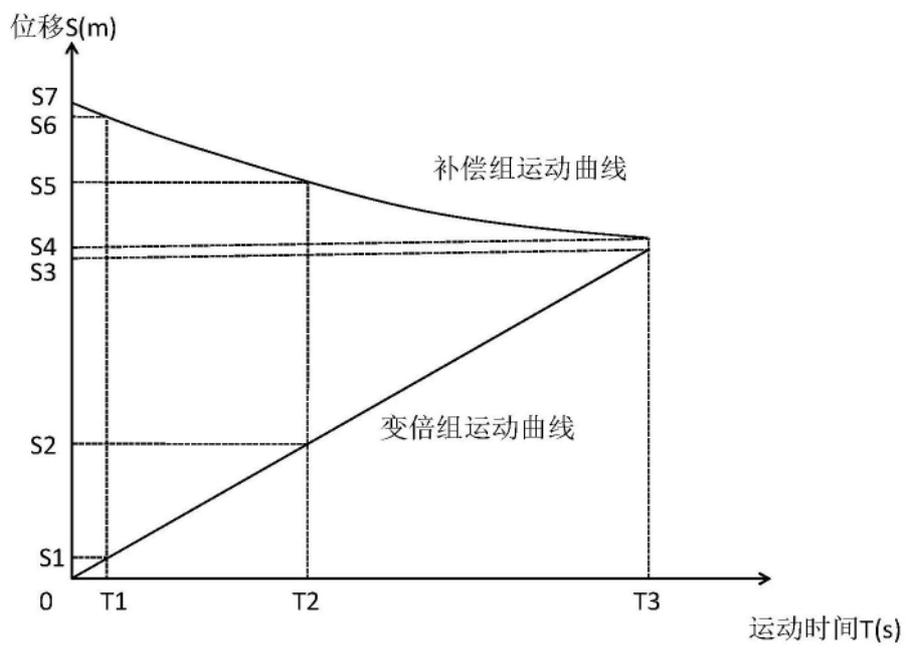


图12

运动时间 (s)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
补偿组位移(mm)	296	262	242	227	216	207	199	192	186	181
变倍组位移(mm)	9	28	47	66	85	104	123	142	161	180

图13

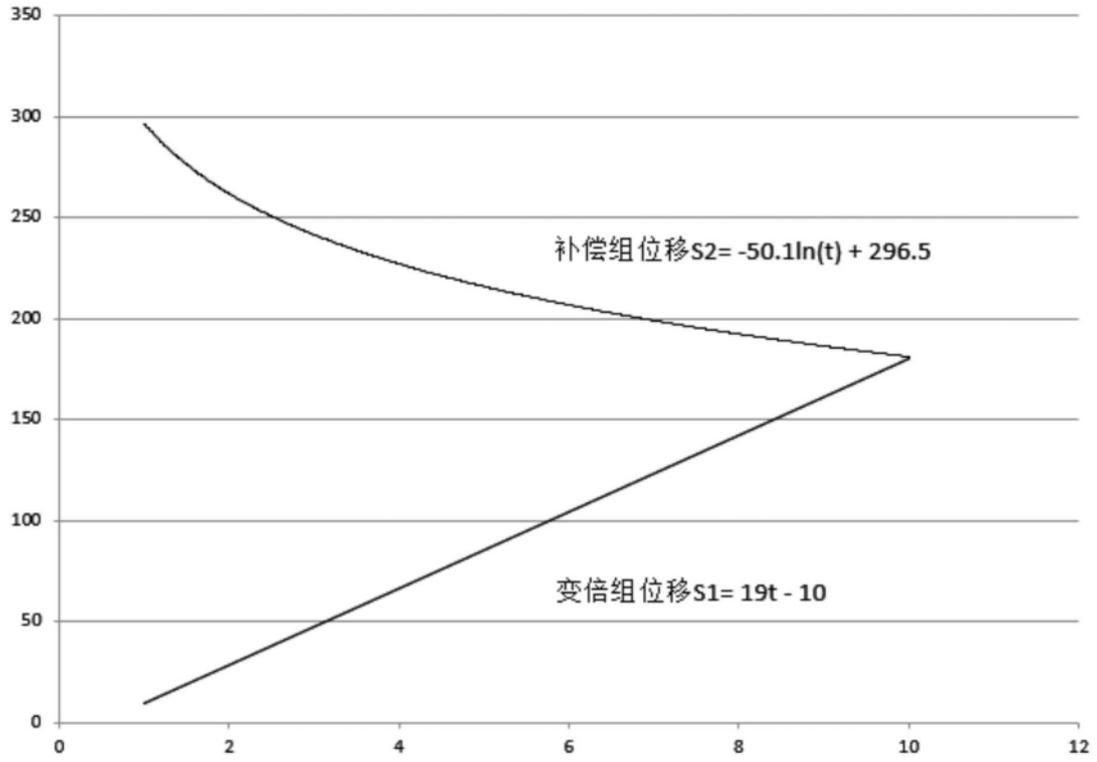


图14