

# 双螺母调焦机构的运动仿真

吕涛<sup>1</sup>, 付东辉<sup>1</sup>, 陈小云<sup>1</sup>, 刘杰<sup>1</sup>, 张武超<sup>2</sup>, 权俊杰<sup>3</sup>

(1. 中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033;

2. 中国人民解放军装甲兵技术学院, 吉林 长春 130117;

3. 中国人民解放军 93313 部队, 吉林 长春 130062)

**摘要:** 调焦机构是光学系统调整的必要机构, 本文使用运动学和动力学仿真软件 ADAMS, 针对双螺母结构的调焦机构进行了运动学仿真, 得到了调焦镜的运动规律, 并分析了不同的旋转速度对调焦镜产生的冲击力大小, 为调焦镜的瞬态受力分析奠定了基础。

**关键词:** 调焦机构; 运动仿真; 瞬态分析

中图分类号: TP391

文献标识码: A

DOI: 10.3788/OMEI20112810.0044

## Kinematical Simulation for Coupled Screw Nuts Focusing Structure

LV Tao<sup>1</sup>, FU Dong-hui<sup>1</sup>, CHEN Xiao-yun<sup>1</sup>, LIU Jie<sup>1</sup>, ZHANG Wu-chao<sup>2</sup>, QUAN Jun-jie<sup>3</sup>

(1. *Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China;*

2. *PLA Armored Force Institute of Technology, Changchun 130117, China;*

3. *93313 PLA Troops, Changchun 130062, China)*

**Abstract:** Focusing structure is essential to the optical system adjusting. Kinematical simulation was carried out using ADAMS software for the coupled screw nuts focusing structure in this paper. The moving law of the focusing mirror was obtained and the impact caused by different rotate velocity on the focusing mirror was studied. It is helpful to lay the foundation for the focusing mirror transient stress analysis.

**Keywords:** focusing structure; kinematical simulation; transient analysis

## 1 引言

复杂的外部环境会使光学系统的焦面产生不同程度的偏移, 从而影响成像质量, 因此必须使用调焦机构对光学系统的像面进行校正。常用的调焦机构大致可分为凸轮机构和丝杠螺母机构<sup>[1]</sup>。丁亚林等人曾对凸轮调焦机构进行了深入的分析<sup>[2-3]</sup>, 齐迎春等人在空间相机上使用了丝杠螺母调焦机构<sup>[4]</sup>, 凸轮机构结构和装配工艺简单、工作可靠, 但凸轮曲线加工要求很高; 丝杠螺母的调焦方式结构简单, 但对机械装配工艺要求很高<sup>[5-7]</sup>。本文针对一种改进的丝杠螺母机构——正反螺纹的双螺母机构进行了仿真分析, 该机构空回量小, 分辨率高, 能够自锁, 并且可以降低机构运动过程中调焦镜的晃动。

## 2 双螺母调焦机构

双螺母调焦机构是使用正反螺纹的丝杠带动与之配合的双螺母, 使双螺母产生方向相反的直线运动, 并带动连杆运动, 使连杆产生角度变化, 进而带动调焦镜沿导轨直线运动, 从而实现调焦。双螺母调焦机构的仿真模型如图1所示。

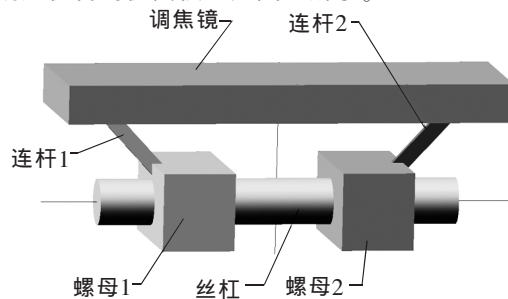


图1 双螺母调焦机构仿真模型

添加运动副关系如表1所示。

表1 连接件的运动副

运动副	大地	丝杠	螺母1	螺母2	连杆1	连杆2	调焦镜
大地		旋转副	移动副	移动副			移动副
丝杠			螺旋副	螺旋副			
螺母1					旋转副		
螺母2						旋转副	
连杆1							旋转副
连杆2							旋转副
调焦镜							

其中, 螺纹副的螺距为 1 mm, 连杆长度为 40 mm, 连杆与丝杠的初始夹角为 45°, 两个螺母中心的初始坐标分别为 (-25, 0, 0) 和 (25, 0, 0), 调焦镜中心的初始坐标为 (0, 28, 0), 设带动丝杠转动的电机角速度为 30°/s, 为避免调焦镜出现超出调节量的位移, 设置位移仿真传感器, 当位移量达到要求时, 则仿真自动停止, 本文中设计调焦镜的位移调节量为±5 mm。

## 3 仿真分析

当电机正向旋转时, 调焦镜垂直向下移动, 其运动曲线如图2所示, 图3和图4分别是调焦镜的

速度曲线和加速度曲线。

当电机反向旋转时, 调焦镜垂直向上移动, 图5是其位移曲线图, 图6为其速度曲线图, 图7为加速度曲线图。

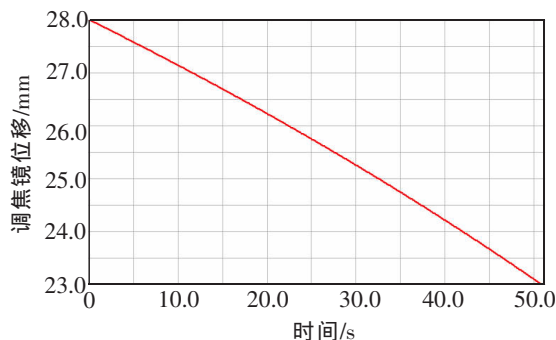


图2 调焦镜的位移曲线

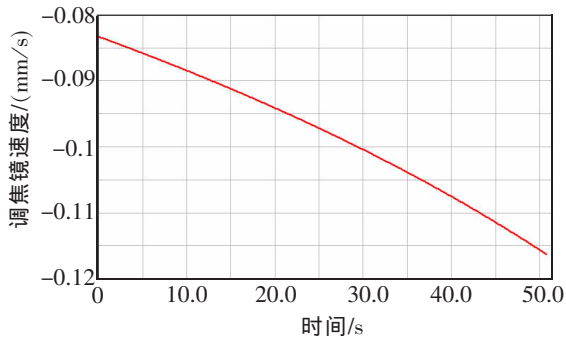


图3 调焦镜的速度曲线

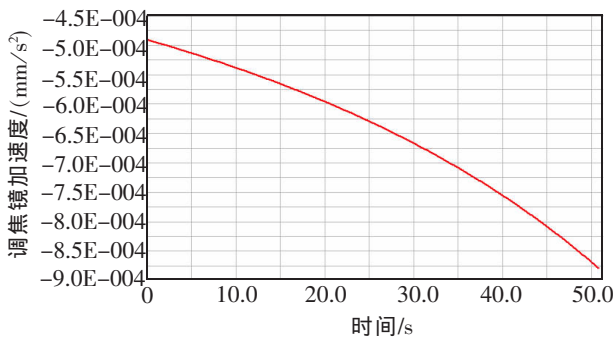


图4 调焦镜的加速度曲线

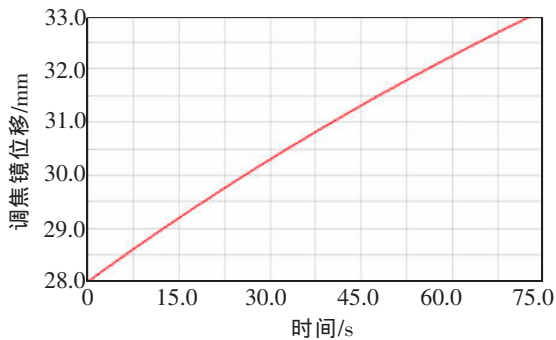


图5 调焦镜位移曲线

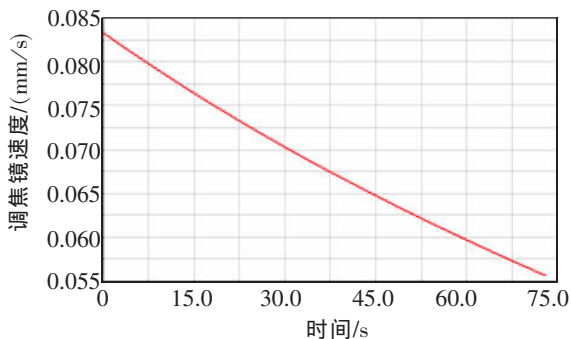


图6 调焦镜速度曲线

从上面的运动曲线可以分析得到：当电机匀速运动时，调焦镜垂直下移的速度和加速度均是逐渐

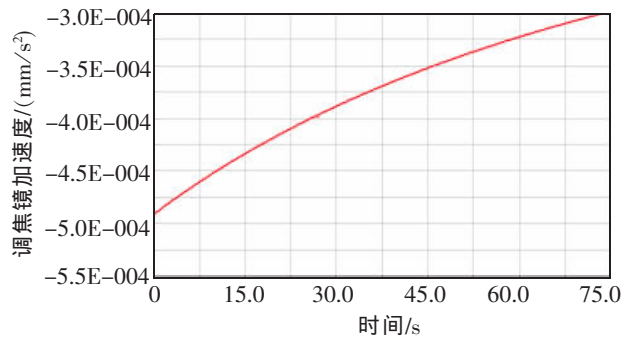


图7 调焦镜加速度曲线

增大的，达到向下调节量 5 mm 时所需的时间约为 50.8 s；而当电机反转后，调焦镜垂直上移，其速度和加速度均是逐渐减小的，达到向上调节量 5 mm 所用的时间约为 73.1 s，且加速度在运动开始时不为 0，即存在瞬时冲击。图 8 为电机转速为 100°/s~1 000°/s 时，调焦镜受到的瞬时冲击加速度的拟合曲线图。

从图 8 可以看出，该瞬时冲击加速度随着电机转速的提高而增大，实际工作中，调焦镜的调节时间希望控制在 1~2 s，因而电机的转速是相对较高的，当电机速度增至 1 200°/s 即 200 r/min 时，此时调焦

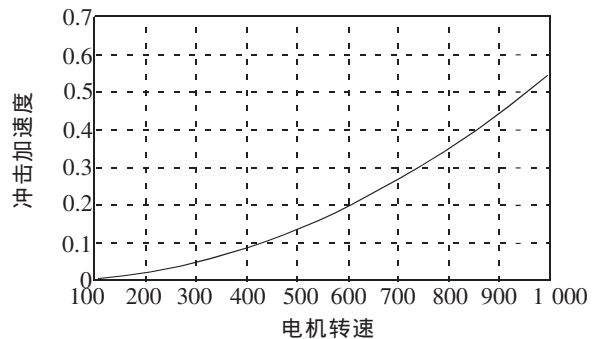


图8 冲击加速度随电机速度变化曲线

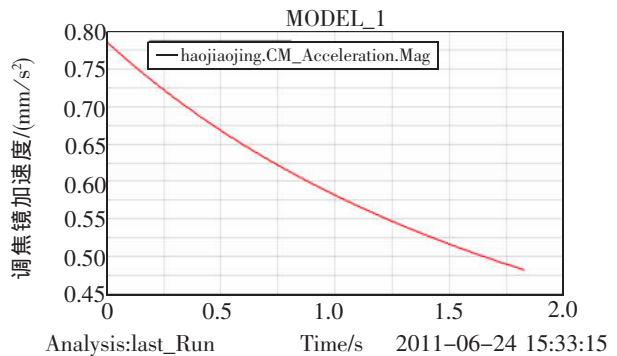


图9 调焦镜加速度曲线（转速180 r/min）

时间 $<2\text{ s}$ ，但加速度的跳变值达到 $0.786\text{ mm/s}^2$ ，该速度下的仿真结果如图9所示。

#### 4 冲击加速度对调焦的影响

冲击加速度会对调焦镜产生冲击力，导致调焦镜松动，严重时会导致调焦镜倾斜，从而影响调焦机构运动的正确性，使成像模糊。

#### 5 结 论

本文针对改进的丝杠螺母调焦机构——双螺母调焦机构进行了运动学和动力学仿真，确定了调焦镜的运动规律，以及不同电机旋转速度对调焦镜产生的瞬时冲击，为后续的调焦镜受到瞬时冲击力的变形分析奠定了基础。

#### 参考文献

- [1] 柴方茂, 樊延超. 一种新型调焦机构设计[J]. 光机电信息, 2010, 27(6): 16-19.
- [2] 丁亚林, 田海英, 王家琪. 空间遥感相机调焦机构设计[J]. 光学 精密工程, 2001, 9(1): 35-38.
- [3] 张亚超, 丁亚林, 张洪文. 一种航空画幅遥感相机调焦机构设计[J]. 光学仪器, 2007, 29(7): 51-52.
- [4] 安源, 齐迎春. 空间相机直线调焦机构的设计[J]. 光学 精密工程, 2009, 17(3): 609-614.
- [5] 张新洁, 颜昌翔, 谢涛. 星载光学遥感器调焦机构的设计[J]. 光学 精密工程, 2009, 17(11): 2757-2761.
- [6] 莫文辉, 张敏树. 滑动丝杠螺母机构可靠性设计[J]. 机械科学与技术, 2000, 19(1): 52-53.
- [7] 黄和平, 夏寅辉, 安成斌, 等. 大口径、长焦距红外系统调焦机构设计[J]. 红外与激光, 2005, 35(10): 745-747.

作者简介: 吕涛 (1984-), 男, 河南济源人, 硕士, 研究实习员, 2009年于北京航空航天大学获硕士学位, 主要从事太阳、地球等外空间环境的模拟设备研究。E-mail: lvtao1984@gmail.com