

基于 ADAMS 的连续变焦机构运动仿真

胡宇, 何松, 杨加强, 何文忠
(华北光电技术研究所, 北京 100015)

摘要:某型红外热像仪在连续变焦过程中,局部出现了图像的模糊和抖动,严重影响了图像的质量。本文通过 ADAMS 对某型连续变焦机构进行仿真,对其动力学参数进行研究。之后对光学设计点进行优化,在符合成像质量要求的情况下,消除了变焦过程中图像的突变。

关键词:连续变焦机构;ADAMS;动力学仿真

中图分类号:TN216 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2017.09.013

Motion simulation for infrared continuous zoom system based on ADAMS

HU Yu, HE Song, YANG Jia-qiang, HE Weng-zhong
(North China Research Institute of Electro-Optics, Beijing 100015, China)

Abstract: In the process of continuous zooming, there are the phenomenons of fuzzy and jitter in the part of infrared image, which affects the image quality seriously. The continuous zooming system was simulated by ADAMS, and its dynamic parameters were studied. Then, optical design was optimized to eliminate image distortion in the process of continuous zooming, which meets the require of image quality.

Key words: continuous zooming mechanism; ADAMS; dynamic simulation

1 引言

连续变焦系统作为红外热像仪的新阶段产物,具有单视场热像仪和可切换热像仪不能比拟的优点,它能够从大视场连续变焦到小视场,可以对目标物体做到连续的探测和识别,具有快速、稳定的特点^[1~3]。

某型连续变焦热像仪,所用的是常见的机械补偿法连续变焦机构^[4],由变倍组和补偿组两个透镜组构成。其光学设计是对变倍镜和补偿镜在运动过程中相对位置的运动点进行了定义。在运动过程中,变倍镜进行匀速运动,同时,补偿镜按照光学设计的点进行变速运动。该型热像仪在连续变焦过程中,局部出现了图像的模糊和抖动,严重影响了图像的质量。初步推测是变倍镜或者补偿镜片的运动位置点未能严格匹配光学设计的理论值。为此,本文

根据该现象对变倍镜和补偿镜进行了动力学仿真分析,并提出了解决方案。

2 ADAMS 动力学仿真

2.1 动力学仿真

ADAMS,即机械系统动力学自动分析(Automatic Dynamic Analysis of Mechanical Systems),该软件是美国机械动力公司(Mechanical Dynamics Inc.)开发的虚拟样机分析软件,是世界上最具权威性、使用范围最广的机械系统运动学和动力学分析软件。ADAMS 可用于对仿真系统进行静态力学的运动性质和受力性质分析,通过机械建模的方法可以输出位移、速度、加速度以及受力曲线,完成对系统的机械性能检测、部件参数极限、系统运动范围、峰值载荷等方面的仿真模拟,图1为ADAMS的软件界面。

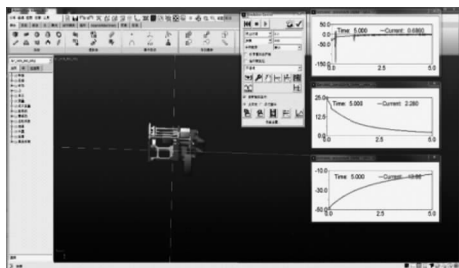


图1 ADAMS 软件界面

Fig.1 The user interface of ADAMS

将连续变焦机构导入 ADAMS 中。将直线电机、导轨、用固定副固定在框架上。使用节圆为 0.2 的螺旋副将变倍镜组件和补偿镜组件分别与直线电机链接。为直线电机的螺杆加上绕 Y 轴转动的转动副,为变倍镜组件和补偿镜组件加上 y 方向移动的移动副。导入光学设计的位置离散点数据,利用 CUPSPL 函数生成对驱动变倍镜组件和补偿镜组件的驱动函数^[5~8]。

根据光学设计的位置参数,变倍镜组件在整个变倍过程中,做匀速运动,加速度为零。补偿镜组件的运动曲线受变倍镜位置的控制,故对其进行动力学仿真可以得到质心位置曲线、速度曲线以及加速度曲线,如图 2、图 3、图 4 所示。

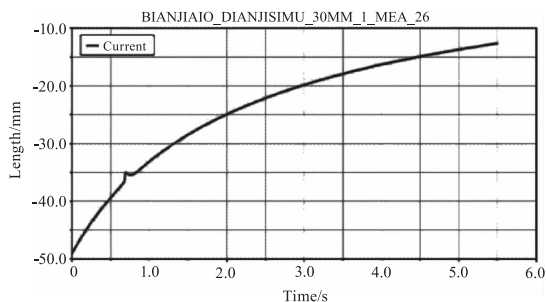


图2 质心位置曲线

Fig.2 The curve of the position of centroid

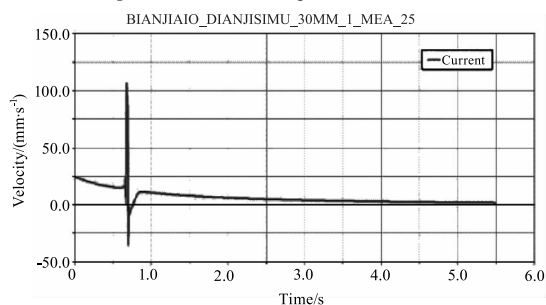


图3 质心速度曲线

Fig.3 The curve of the velocity of centroid

从图中可以看出,加速度在时间 0.69 ~ 0.80 s 的区间内有一个较大的突变,这个突变的峰值接近 32.5 m/s²,而此时的速度为 110 mm/s,这个突变会导致补偿镜在运动过程中镜片有跳变点,从而使图像发生突变。由位移曲线可知,这是位移过程中,由

于控制点的位置变化过大,不能平稳到达指定的光学设计点,导致视觉上图像有突变。原因是电机的驱动力以及响应速度无法匹配这些跳变点镜片的运动要求,导致伺服处于局部失控的状态。

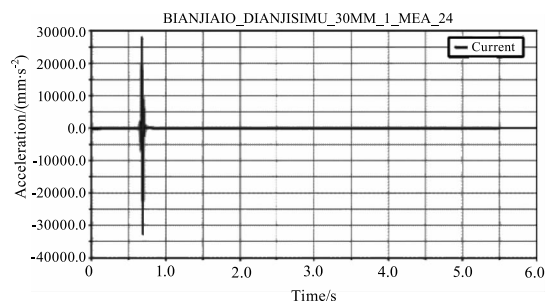


图4 质心加速度曲线

Fig.4 The curve of the acceleration of centroid

2.2 仿真结果分析

此型连续变焦热像仪的连续变焦组件所使用的电机参数如图 5 中 AD 曲线所示,步长为 0.02 mm,补偿镜组件的质量为 32 g。

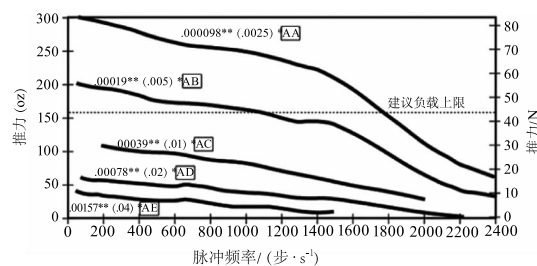


图5 电机参数

Fig.5 The parameter of electric motor

在未优化光学设计参数时,会因为突变时速度过大 110 mm/s,需要脉冲频率达到 5500 步/s,而且也有一个不小的加速度(32.5 m/s²),此时需要推力为 1.04 N,由图 5 可以看出电机无法在 5500 的脉冲频率时达到 1.04 N 的推动力,且因为速度过快电机会失去驱动力,导致骤停从而发生丢步现象,补偿镜无法达到设计的位置点,就会发生图像模糊突变的情况(如图 6 所示),这一点符合之前的推测。

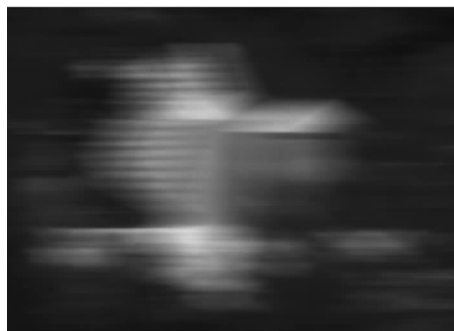


图6 修改前的红外图像

Fig.6 The image of Infrared before improved

3 设计优化及结果

3.1 设计优化

为了将拐点平滑化,以减小速度和加速度的突变,于是将离散的位移曲线数据输入 Matlab 中进行拟合,试图得到一条接近的而且相对更为平滑的曲线。从而对位移曲线进行优化。经过 Matlab 拟合,发现四次曲线与原曲线在时间 0.25 ~ 0.83 部分重合度很高,得到的四次曲线的函数为:

$$-0.0071x^4 + 0.1062x^3 - 0.6271x^2 + 2.0693x +$$

$$0.0612 = 0$$

绘制成函数曲线如图 7 所示。

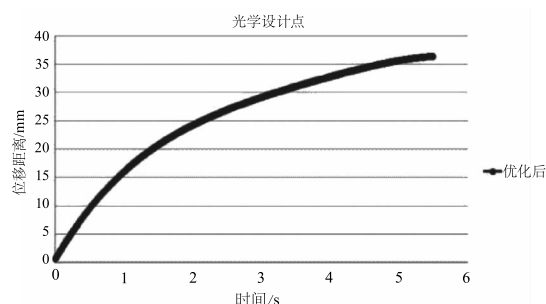


图 7 四次函数曲线

Fig. 7 The curve of function of the fourth order

于是将原来光学设计中 0.25 ~ 0.83 s 之间的位置参数进行替换。

3.2 优化结果

将替换过后的位置数值输入 ADAMS,再次进行动力学仿真,得到结果如图 8、图 9、图 10 所示。

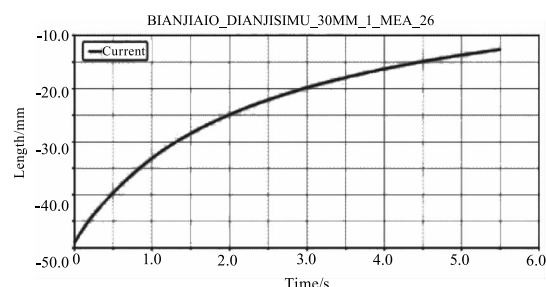


图 8 质心位置曲线

Fig. 8 The curve of the position of centroid

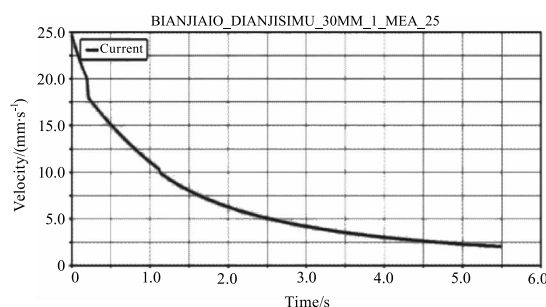


图 9 质心速度曲线

Fig. 9 The curve of the velocity of centroid

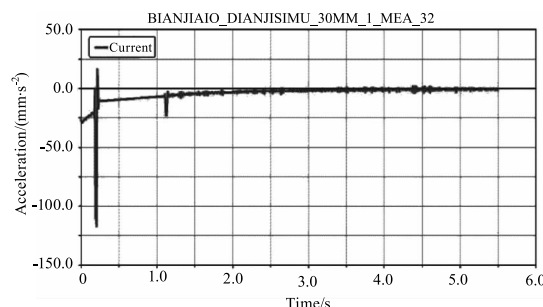


图 10 质心加速度曲线

Fig. 10 The curve of the acceleration of centroid

可以看到,加速度的最大值已经发生了明显的缩小,此时,加速度的最大值为 0.12 m/s^2 。

在加速度的拐点,最大加速度为 0.12 m/s^2 ,换算成推力为 $3.84 \times 10^{-3} \text{ N}$,当时的速度为 20 mm/s ,脉冲频率为 1000 步/s 。根据图 5,在脉冲频率为 1000 步/s 时,电机最大推力为 10 N ,满足的驱动力,故电机在这种情况下能够完成任务平稳设计点。

4 图像质量分析

4.1 成像质量

由于通过光学设计得到的曲线是基于成像质量考虑的,运动学仿真修正过的数据势必会对成像质量产生影响,为了评估对成像质量产生的影响的大小,使用光学调制传递函数(MTF)对新的变焦曲线进行评估^[9-10],如图 11、图 12 所示。

可见,在长焦范围内,MTF 值变化较大,系统受到的影响较大,但是总体的 MTF 值还是处于 0.3 之上,对目标的识别没有太大的影响。在短焦范围内,MTF 值仍然处于较高状态,对物体的详细分析没有较大影响,所以可以说,通过运动学仿真之后的红外连续变焦机构成像质量变化不大,仍然可以完成长焦距识别,短焦距观察分析的效果。

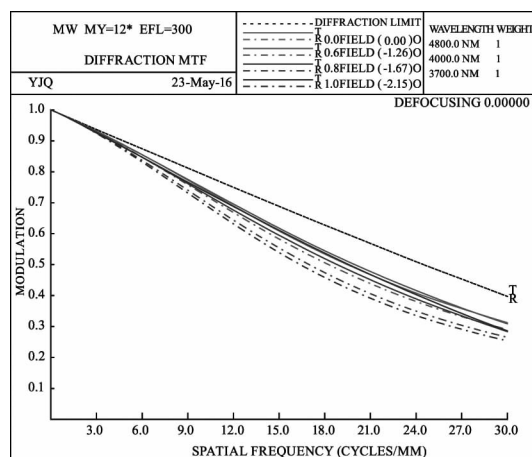


图 11 修正之后的 MTF 曲线(拐点 1)

Fig. 11 The MTF curve after improved (Inflection point 1)

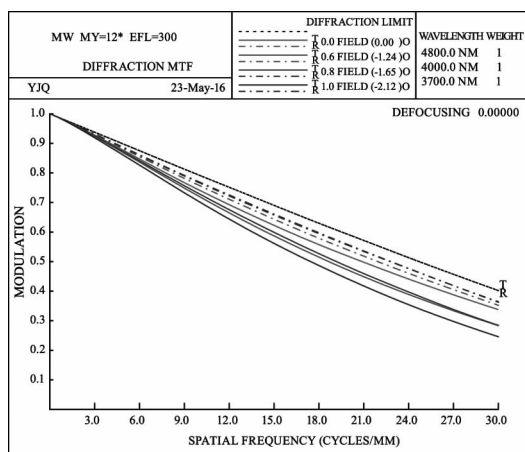


图 12 修正之后的 MTF 曲线(拐点 2)

Fig. 12 The MTF curve after improved(Inflection point 2)

4.2 图像分析

优化后的补偿镜运动参数,图像的光学质量符合要求,不影响红外热像仪的使用。且因为并没有巨大的突变,全程符合电机的推力限制,并消除了图像的跳变和模糊现象,如图 13 所示。



图 13 优化后的图像

Fig. 13 The image of Infrared after improved

5 结论

本文使用了动力学仿真软件 ADAMS,通过模型、约束和驱动的输入,模拟仿真出连续变焦机构的运动情况。并绘制出其位移、速度、加速度曲线,以此找出了图像突变的原因。并对补偿镜的光学设计位置点进行了优化,利用动力学仿真的方法,在机械设计的角度对光学设计提出建议,以光机结合的方法,解决了连续变焦过程中图像突变的情况。

参考文献:

[1] GAO Hongyun, XIONG Tao, YANG Changcheng. Middle infrared continuous zoom optical system[J]. Optics and Precision Engineering, 2007, 15(7): 1038 - 1043. (in Chinese)

邵洪云,熊涛,杨长城. 中波红外连续变焦光学系统[J]. 光学精密工程, 2007, 15(7): 1038 - 1043.

[2] LI Yundong, SUN Shuwang, HE Lei. Study on varifocal mechanism design for infrared system[J]. Electronics Optics & Control, 2012, 19(5): 87 - 90. (in Chinese)

李运动,孙树旺,何磊. 红外系统变倍机构研究与分析[J]. 电光与控制, 2012, 19(5): 87 - 90.

[3] ZHANG Liang, LIU Hongxia. Optical system design of long wave infrared zoom lens[J]. Infrared and Laser Engineering, 2011, 40(7): 1279 - 1281. (in Chinese)

张良,刘红霞. 长波红外连续变焦光学系统的设计[J]. 红外与激光工程, 2011, 40(7): 1279 - 1281.

[4] BAO Jiaqi, JI Zijuan, GE Zhenjie, et al. Design of a long-wave infrared continuous zoom optical system with high resolution[J]. Opto-Electronic Engineering, 2014(2): 75 - 80. (in Chinese)

包佳祺,吉紫娟,葛振杰,等. 高分辨率长波红外连续变焦光学系统设计[J]. 光电工程, 2014(2): 75 - 80.

[5] Gao H Y, Xiong T, Yang C C. Middle infrared continuous zoom optical system[J]. Optics & Precision Engineering, 2007, 15(7): 1038 - 1043.

[6] LUO Ani, ZHANG Jiatai, LIU Heping. Simulation of five-degree-of-freedom manipulator using ADAMS[J]. Computer Simulation, 2005, 22(7): 201 - 203. (in Chinese)

罗阿妮,张家泰,刘贺平. 利用 adams 仿真分析五自由度机械手[J]. 计算机仿真, 2005, 22(7): 201 - 203.

[7] ZHANG Yuejin, SONG Jian. Modeling theory and application techniques in ADAMS[J]. Mechanical Science and Technology for Aerospace Engineering, 1997, (5): 753 - 758 (in Chinese)

张越今,宋健. 多体动力学仿真软件 ADAMS 理论及应用研讨[J]. 机械科学与技术, 1997, (5): 753 - 758.

[8] YU Dianrong, QIAN Yujin. Parameter-settings for the dynamic simulation based on ADAMS[J]. Computer Simulation, 2006, 23(9): 103 - 107. (in Chinese)

于殿勇,钱玉进. 基于 ADAMS 动力学仿真参数设置的研究[J]. 计算机仿真, 2006, 23(9): 103 - 107.

[9] LI Xudong, XI Weisheng, HU Tieli, et al. Research on MTF measurement for thermal Imaging systems[J]. Journal of Applied Optics, 2006, 27(4): 323 - 326. (in Chinese)

李旭东,惠渭生,胡铁力,等. 红外热成像系统调制传递函数(MTF)测试研究[J]. 应用光学, 2006, 27(4): 323 - 326.

[10] YAO Dajie. MTF measurement technology research[D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2012. (in Chinese)

姚大杰. MTF 测量方法研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2012.