

文章编号 1004-924X(2007)11-1756-04

一种大口径高精度凸轮变焦机构的设计

王一凡, 薛育

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

摘要:通过对大口径凸轮变焦机构的分析,找出了影响该机构精度的原因。在原机构的基础上,加装了滑动的密珠轴系,解决了该凸轮变焦距系统变焦过程中光轴跳动量大的问题。通过机构的装调和检测,可将变焦过程中光轴的跳动量控制在0.01 mm以内,满足了测量系统的精度要求。结果表明,通过加装滑动的密珠轴系的方法,完善了大口径高精度凸轮变焦机构的设计。

关键词:变焦距系统;变焦;凸轮;光轴跳动量

中图分类号:V556.5;TH703 **文献标识码:**A

Design of heavy calibre and high precision cam-varifocal mechanism

WANG Yi-fan, XUE Yu

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033, China)

Abstract: After analyzing the structure and finding the influence factors on the system precision, a slidable ball set of axis is added on the varifocal mechanism to solve the problem of bigger variation of optic axis in heavy calibre cam-varifocal system. By adjusting and measuring the structure, this method can control the variation of optic axis into 0.01 mm to meet the precision requirement in measurement system. The results show that the design of a heavy calibre and high precision cam-varifocal mechanism has been improved by the method of adding the slidable ball set of axis.

Key words: varifocal system; varifocusing; cam; variation of optic axis

1 引言

在现代试验靶场的各种试验任务中,为了监视、测量目标的弹道和运行轨迹,常用到连续变焦的电视系统。它的主要优点是在监视和测量的过程中,焦距连续可变,可以根据跟踪目标的距离和大小,调整焦距数值,使目标始终在监视、测量的

视野内。把变焦距电视系统安装在有效的跟踪系统上,在外设、人工和数字引导下,可以完成对目标的监视和测量,给出有效的脱靶量数据。变焦距电视系统既适合快速小型运动目标的近距离捕获(大视场),又适合中低速运动目标的远距离捕获(小视场),是定焦距系统所不能替代的一种测量手段。但是连续变焦距电视系统也有缺点,在连续变焦的过程中,光轴随着变倍和补偿系统的

收稿日期:2007-08-10;修订日期:2007-10-10.

基金项目:国家自然科学基金资助项目(No. 60574089)

位移始终在跳动,而光轴跳动量的大小直接影响跟踪系统的脱靶量输出值,从而影响系统的跟踪精度^[1]。

2 工程上常用的变焦距光学系统

2.1 透射式变焦光学系统

图 1 是工程上常用的透射式变焦光学系统结构图,系统由前组物镜、变倍组、补偿组、调光组、后固定组 and 成像器件 CCD 组成。

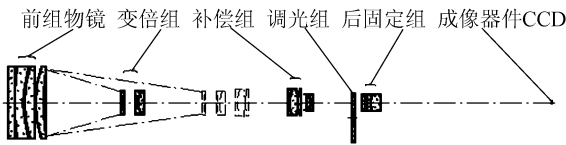


图 1 透射式变焦光学系统

Fig. 1 Perspective varifocal optical system

系统在工作时,通过已经设计好的圆柱凸轮的转动(图中没有画出),带动变倍组、补偿组沿着光轴方向相向移动(移动到图中虚线位置),完成连续变焦的过程。这种光学系统由于一些特殊光学材料的直径所限,系统的通光口径一般不能超过 $\Phi 200$ mm,系统的焦距也不能做得太大,一般长焦距在 2 000 mm 以下。变倍组和补偿组的通光口径一般在 $\Phi 30 \sim 60$ mm。

2.2 折返式变焦光学系统

图 2 是工程上常用的折返式变焦光学系统结构图。系统由保护玻璃、折返系统场镜组、折返系统次镜组、系统变倍组、系统补偿组、成像器件 CCD 和主镜组成。

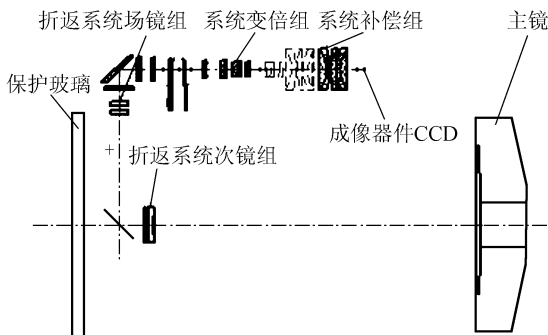


图 2 折返式变焦光学系统

Fig. 2 Reentry varifocal optical system

系统由保护玻璃、折返系统场镜组、折返系统次镜组和主镜组成牛顿式光学系统,系统的第一像面在场镜组附近,在折返系统后面接一套变焦距系统。这种光学系统由于前面采用了一套折返牛顿式光学系统,光学系统的通光口径可以做大,一般可以做到 $\Phi 600 \sim 1\ 000$ mm,长焦距也可以做到 7 000 ~ 8 000 mm,变倍组和补偿组的通光口径一般在 $\Phi 60 \sim 120$ mm。这样对于跟踪和测量远距离目标更为有利^[2]。

3 常用变焦机构的几种形式

3.1 圆柱导轨滑动变焦形式

在这种变焦机构中,采取的结构形式如图 3 所示。结构主要由主体轴、变倍组、凸轮带动钉、凸轮和补偿组组成。变倍组和补偿组的外径与主体轴的内径为配合面,主体轴沿着轴向设计有直线槽,在凸轮的转动带动下,变倍组和补偿组相向滑动,完成焦距变倍过程。

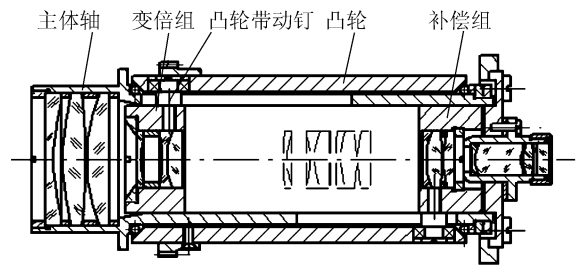


图 3 圆柱导轨变焦形式

Fig. 3 Cylindrical guide-track varifocal form

这种结构变倍精度高,径向结构尺寸小,适用于变倍和补偿组光学通光口径较小的结构(通常为通光口径 $\Phi 10 \sim 40$ mm 的结构),通光口径大,该结构容易卡死。

3.2 二根圆柱导轨滑动变焦形式

在这种变焦机构中,采取的结构形式如图 4 所示。结构主要由前物镜组、变倍组滑架、凸轮、圆柱导轨和补偿组滑架组成。这种结构和上一种结构相像,只是把主体轴上的两个直线槽换成两根圆柱导轨,运动过程同第一种。

由于滑动部件为两根圆柱导轨,这种结构变倍精度高,承载的负荷也比第一种大。但是由于是超定位结构,光学通光口径太大,容易产生机构卡死现象,机构的径向尺寸也较大,一般适用通光

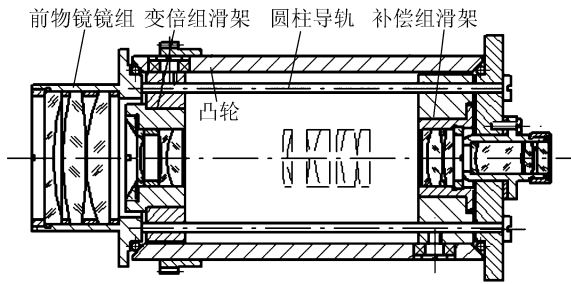


图 4 二根圆柱导轨滑动变焦形式

Fig. 4 Double cylindrical guide-track varifocal form

口径 $\Phi 30 \sim 80$ mm 的结构。

3.3 三根均布的导柱导轮滑动变焦形式

在这种变焦机构中,采取的结构形式如图 5 所示。结构主要由主体轴、变倍组物镜、变倍组滑架、凸轮、补偿组滑架和补偿组物镜组成。变倍组滑架和补偿组滑架镜框上都安装有三根导柱,每根导柱上面分别安装有 3~5 个带偏心结构的导轮,导轮与主体轴导向槽两侧接触,形成滚动运动,变倍组和补偿组导柱安装相差 60° 。当凸轮转动时带动变倍组和补偿组做相向运动,主体轴沿着轴向设计有直线槽,在凸轮的转动带动下,变倍组和补偿组相向滑动,完成焦距变倍过程。

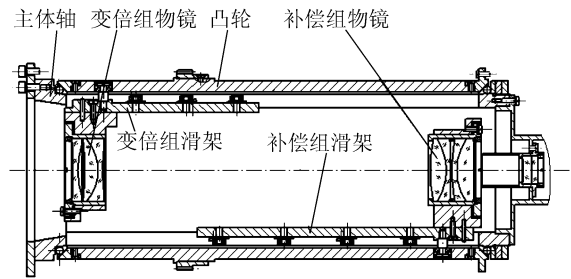


图 5 三根均布的导柱导轮滑动变焦形式

Fig. 5 Triple cylindrical guide-track varifocal form

这种结构的优点是运动舒适、平稳,不容易产生卡死现象,可以带动通光口径较大的光学组件。缺点是运动精度较前两种低,一般适用通光口径 $\Phi 50 \sim 120$ mm 的结构^[3]。

4 大口径高精度凸轮变焦机构的设计

在工程上常常用到通光口径 $> \Phi 100$ mm 的变焦结构,为了保证测量轨道精度,对于变焦距的光学系统变倍过程的光轴跳动量有一定的限制,

以满足测量精度总的要求。

本文设计了一套带密珠轴系的大口径变焦结构,结构如图 6 所示。主体结构采用上面介绍的三根均布的导柱导轮滑动变焦形式,对其结构在

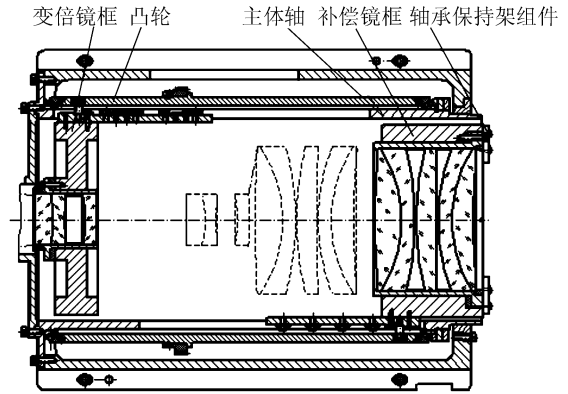
图 6 通光口径大于 $\Phi 100$ mm 的变焦结构

Fig. 6 Varifocal structure with limiting aperture more than 100 mm

局部做了改进。保持架组件结构如图 7 所示,保持架组件由钢球、保持架和定位螺钉组成,钢球安装在保持架上加工好的孔内,设计安装孔时,控制加工尺寸,使钢球在另外一侧不能掉出,在安装面上用工具在安装好的钢球四周轻轻冲几点,使钢球能够含在保持架中,保持架组件通过螺钉,变倍组和补偿组镜框连接,使其能够和对应的镜框一起运动,使补偿镜框、主体轴和轴承保持架形成滑动轴承副。通过严格设计、加工和装配,使镜框在轴向运动舒适,提高了变焦机构的承载能力和机构变焦过程的运动精度,使光轴的跳动量能够控制在 0.01 mm 以内,大大提高了系统的测量精度^[4-8]。

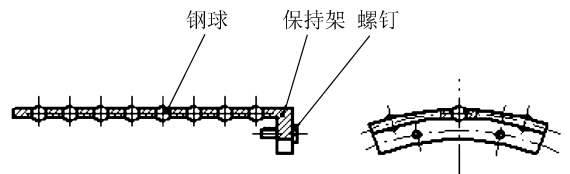


图 7 保持架组件

Fig. 7 Components of holder

5 结 论

在现代实验靶场的任务中,光学测量设备的

作用是其它设备所不能够替代的,特别是大口径长焦距变焦距系统的需求量越来越大。对于通光口径 $>\Phi 100$ mm 的变倍系统,通过加装密珠滑动轴系,较好地解决了变焦距系统在变倍过程中光

轴跳动量大的难题,提高了系统的承载能力和运动精度。经过外场执行实验任务的验证,该系统工作稳定、可靠,为靶场的测量任务提供了有效的测量数据。

参考文献:

- [1] 赵学颜,李迎春. 靶场光学测量[M]. 北京:装备指挥技术学院,2001.
ZHAO X Y, LI Y CH. *Optical Measurement in Shooting Range*[M]. Beijing: Institute of Command and Technology, 2001. (in Chinese)
- [2] 王之江. 光学技术手册[M]. 北京:机械工业出版社,1994.
WANG ZH J. *Handbook of Optics Technology*[M]. Beijing :China Machine Press,1994. (in Chinese)
- [3] 张治中. 变焦距镜头导向机构的类型[J]. 光学机械, 1991(5):50-55.
ZHANG ZH ZH. Types of guide devices of the zoom lenses [J]. *Optics and Mechanics*,1991(5):50-55. (in Chinese)
- [4] 李松,张立平. 空间相机偏流调整旋转轴系的设计与精度分析[J]. 光学 精密工程,2004,12(2):141-145.
LI S,ZHANG L P. Design and accuracy analysis for drift adjusting rotary axes of space camera[J]. *Opt. Precision Eng.*,2004,12(2):141-145. (in Chinese)
- [5] 毛英泰. 误差理论与精度分析[M]. 北京:国防工业出版社,1982.
MAO Y T. *The Theory of Error and Analysis of Accuracy*[M]. Beijing: National Defence Industry Press,1982. (in Chinese)
- [6] 郑学文,王全波. 精密仪器设计[M]. 北京:兵器工业出版社,1992.
ZHENG X W,WANG Q B. *Design of Instrumental Accuracy*[M]. Beijing: Military Industry Press,1992. (in Chinese)
- [7] 杜俊峰,李正周. GD-220 光电经纬仪轴系的精度分析[J]. 光学 精密工程,2002,10(4):416-419.
DU J F,LI ZH ZH. Analysis of the axial accuracy of the GD-220 photoelectric theodolite[J]. *Opt. Precision Eng.*, 2002,10(4):416-419. (in Chinese)
- [8] 贾平. 摄像机变焦距物镜的焦距输出及精度分析[J]. 光学机械,1990(2):66-70.
JIA P. Focal distance output of camera zoom lens and accuracy [J]. *Optics and Mechanics*,1990(2):66-70. (in Chinese)

作者简介:王一凡(1958—),男,吉林长春人,中国科学院长春光学精密机械与物理研究所研究员,主要研究方向为光机总体结构设计。E-mail:wangyifan1958@163.com