Vol.28 No.10

文章编号:1007-1180(2011)10-0057-04

像面位置可调定焦距标 星电视系统结构设计

于 萍,赵志巍

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130033)

DOI: 10.3788/OMEI20112810.0057

Structural Design for Star-observing TV System with Adjustable Image Position and Fixed Focal Length

YU Ping, ZHAO zhi-wei

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

Abstract: In order to determine the position of the theodolite, a star-observing TV system with adjustable image position and fixed focal length was developed. The incident ray from stars reflected by the main mirror and second mirror, was focused on the CCD target surface, after passed through the optical lens. By use of a linear displacement platform with the displacement error less than 0.002 mm to change CCD target face along optical axis, the defocus problem due to the structural deformation caused by temperature deviation was solved. The experiment

www.omeinfo.com Oct. 2011 57

光机电信息

光机电信息	第28卷	第10期
OME Information	Vol.28	No.10

indicated that the TV system could detect the 4 magnitude stars in the night with fine weather and partly cloud, and the 3 magnitude stars in daylight with fine weather and partly cloud by means of background filtering technology. It could be basically confirmed that the star-observing TV system had the merits such as simple structure, easy to assemble and high measurement accuracy.

Keywords: fixed focal length; star-observing TV system; linear displacement platform; detectability

1 引 言

为了跟踪、捕获目标,出现了电视系统[1-2],根 据焦距可调与否、分为定焦距电视和变焦距电视。 变焦距电视的优点是焦距可以随目标远近而改变, 并且保持像面清晰[3-4],但光学结构和机械结构都比 较复杂、镜组较多、运动机构也较多、带来的缺点 就是设计复杂、加工成本高,稳定性较差。由于运 动机构误差的存在,变焦距电视的跟踪、定位精度 的提高受到限制。定焦距电视系统的焦距是定值, 不能改变,但具有光机结构简单、精度及可靠性较 高等优点。在现代试验靶场的各种试验中,都需要 首先确定试验设备的空间位置,标星电视就是用天 空中已知的星的位置来标定试验设备所处的空间位 置。由于星距地面很远,标星电视系统的目标视为 无穷远,所以选择定位精度较高的定焦距电视系统 作为标星电视系统。为了在高低温环境下获得清晰 图像^[5],设计 CCD 位置调整机构非常重要。

2 电视系统组成及工作原理

标星电视系统采用主、次镜均为反射镜的结 构,由窗口镜、主镜、次镜、平行光透镜组、滤光 片、聚焦胶合透镜、前截止片、CCD组成,光学结 构示意图如图1所示。本文涉及的定焦距电视的作 用距离为无穷远,天空星体的反射光照射在电视的 窗口镜进入电视系统,经主镜反射后,汇聚到次镜, 再经次镜反射,光线进入平行光透镜组,聚焦胶合 透镜聚焦在CCD靶面成像。

www.omeinfo.com

Oct. 2011

58



图1 光学系统示意图

3 定焦距电视的技术指标

本文涉及的定焦距电视的性能指标如下: 通光口径: *Φ*160 mm; 通光波段: 450~650 nm; 电视视场角≥10'; 焦距: 1 800 mm; 电视分辨率≤1.2" 工作温度: -10~+30 ℃。

4 主要结构设计

定焦距电视系统结构示意图如图 2 所示,由于 主镜面型的稳定决定电视系统的成像质量,所以设 计时将主镜直接固定在电视系统的基座(也就是主



图2 定焦距电视结构示意图

光机电信息

镜座)上,窗口镜与次镜组合为次镜组件固定在主 镜座上:两片透镜组合成透镜组固定在主镜座上: 胶合镜和滤光片组成胶合镜组件,与 CCD 组件固定 在主镜座的平台上。

4.1 主镜设计

主镜的反射面设计为椭球面,方程式为:

$$y = \frac{CR^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + k)C^2R^2}}$$
(1)

其中, k 为常数, C=1/R, R=-560; 用波长 $\lambda=632.8$ nm 的光检测,面形精度要求 $<\lambda/10$ (PV 值),用干涉仪 实测面型精度 PV 值为 0.098<1/10, 满足设计要求。 4.2 次镜支撑架设计

次镜为反射镜、入射到主镜的光线被次镜遮 挡,降低 CCD 接收的能量,所以次镜组件以使次镜 稳定、遮光最少为设计原则。次镜筒设计为圆筒形 结构,次镜支撑架设计为圆筒形三叶架支撑结构, 结构示意图如图 3 所示。这种形式的结构稳定、对 星光的遮挡较小,它的材料采用 45 号钢调质处理, 三叶架的3个叶片宽度设计为3 mm。



图 3 次镜支撑架结构示意图

4.3 主镜座设计

主镜座为定焦电视的主要支撑件、主镜直接安 装在主镜座的 A 孔中, 次镜组件同轴安装在主镜座 的 B 孔中,透镜组件同轴安装在主镜座的 C 孔中, 胶合镜组件、CCD 组件与主镜光轴同轴安装在主镜 座的平台 D 面上。

为了保证主镜系统稳定、主镜座设计采用 HT250 材料, 主镜座结构示意图如图 4 所示。





4.4 CCD 调整机构设计

天空中星的反射光线通过电视的光学系统后进 入 CCD, 在 CCD 靶面成像。随着环境温度的变化, 定焦距电视系统的光学件及结构件发生相对变形, 星的成像点偏离 CCD 的靶面, 所成的像为空心像; 为了解决这一问题,在 CCD 下方设计一个直线移动 平台,随时调整 CCD 沿光轴方向的位置,使成像 清晰。

直线位移平台的直线度误差不大于 0.002 mm, 电视系统的 CCD 像元尺寸为 0.007 mm, 调整 CCD 沿光轴方向的位置不会改变星在 CCD 靶面的坐标, 这样能够保证温度变化时 CCD 只在光轴方向改变位 置,星像在 CCD 靶面上成像只有实和虚的变化,像 点的坐标不变、确保标星定位精度。工作温度在 -10~+30 ℃区间变化时, CCD 需要沿光轴移动 20 mm。

在-10 ℃时某星成像如图 5 所示,像点偏离了 CCD 靶面,像发虚,调整直线移动平台使 CCD 的靶 面移动到成像点处,成像如图6所示。



图 5 CCD 位置调前星像图

www.omeinfo.com Oct. 2011

59

第28卷 第10期 Vol.2<u>8 No.10</u>



图 6 CCD 位置调整后星像图

5 结 论

光机电信息

经过检测和标星试验,可以得到如下结论:

(1) 经过 10 m 传函仪检测,电视系统在 60 lp/mm时传递函数为 0.18;

(2)通过标星试验,可见光探测在夜晚、无云 良好天气4等星可以实现图像捕获,在白天、无云 良好天气,采用天空背景滤波情况下,3等星可以 实现图像捕获。

(3)温度变化在-10~+30 ℃范围内,通过调整 直线位移平台来调整 CCD 在光轴方向的位置,可以 获得清晰的星像,不改变像点在 CCD 靶面的位置 坐标。

参考文献

- [1] 张春林, 宋立维. 直线电机驱动的经纬仪调焦机构设计[J]. 光机电信息, 2010, 27(11): 47-51.
- [2] 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.
- [3] 王一凡, 薛育. 一种大口径高精度凸轮变焦机构的设计[J]. 光学 精密工程, 2007, 15(11): 1756-1759.
- [4] 刘满林, 郝斌, 熊仁生, 等. 可见光测量电视系统设计及视轴精度分析 [J]. 光电技术应用, 2008, 23(6): 49-52.
- [5] 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.
- 作者简介:于萍(1963-),女,吉林长春人,学士,研究员,硕士生导师,主要从事光电测量设备的设计与研究。 E-mail:yuping_gddk @ 163.com

