

三线阵CCD立体测绘相机结构实现技术

丁姝

重庆市勘测院

400020

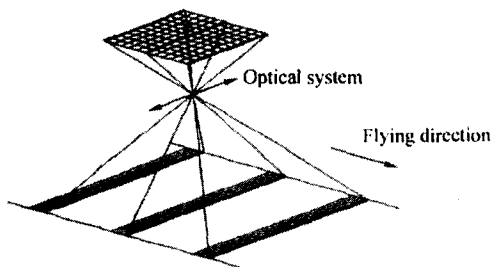
摘要: 阐述了三线阵CCD立体测绘相机运行原理,构建了测绘相机光机结构,这种结构可以进行工程化的实施,三台相机装入测绘基座构成了这个结构,三台相机要互成角度。单相机由单镜组装入薄壁壳体的镜头、基于凸轮导向结构的调焦机构、基准镜和成像电器盒组成,它采用方远心亚对称光学系统。星敏感器的安装结构是星敏支架、圆锥单元和三个简单单元构成了一体的结构形式。本文从三线阵立体测绘相机的调焦控制系统、光学系统和热控系统三个方面做了描述。

关键词: 工作原理;调焦设计;光学设计;热控设计

生产航天产品要求体积小,安全可靠,根据航天产品这样的要求设计了三线阵立体测绘相机调焦控制系统。单片机能完成三台相机信息的处理,能完成调焦电视的控制,能完成下位机的数据通信。相机外形尺寸和布局由光学系统结构决定,根据设计指标要求判断、对比反射式及折射式等光学系统的结构形式。在考虑环境适应性和空间布局的基础上,采用像方远心光路的基础上设计了一种新型的光学系统结构,这种结构具有匹兹瓦型和对称型的优点。针对测绘相机特点设计热控系统能保证测绘相机的测绘精度,首先是分析热环境计算窗口热外流,其次是对各部门进行热设计,控制相机温度水平要采用被动热控措施,采用这种措施能降低热环境变化的灵敏度,进行温差补偿可采取主动热控措施,这样做可以减小对径温差。最后设计极端试验工况进行热平衡试验。

一、三线阵CCD立体测绘相机工作原理

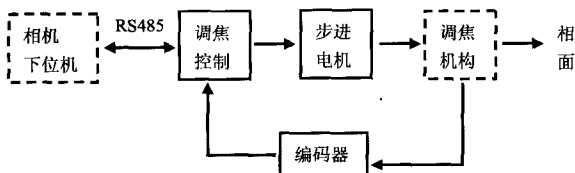
三个线阵CCD传感器组成三线阵CCD立体测绘相机的光电扫描成像部分,三个线阵CCD传感器分布在光学系统的焦面上。航天飞行器飞行时,CCD会通过扫描地面产生条带图像,条带图像是三条,它们之间互相交叠,CCD对地面进行扫描时要以一个同步的周期N进行连续扫描。航天器飞行方向要和三个线阵CCD平行排列方向保持垂直。相机的交会角、主距和主点位置需要在测绘时进行确定,也就是确定相机的外方位元素,也就是确定坐标系的原点、位置和姿态角。当相机主距、交会角等知道的时候就可以确定任一物点的像点坐标,这个物点需要在三个不同时刻的三条阵线CCD上,如果像点坐标能求出,地面上任一物点坐标也能求出,这就是三线阵CCD相机进行立体测绘的原理,如下面的图一所展示:



图一 三线阵立体测绘相机的运行原理图

二、三线阵立体测绘相机调焦控制系统的简介和设计原则

光电轴角编码器、步进电机、控制电路及其软件组成了调焦控制系统,它的功能是通过下位机指令,按照指令控制电机,目的是带动调焦机构的凸轮使组件产生直线运动,采集编码器值要回传给下位机。

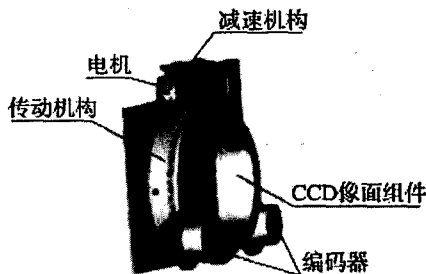


图二 三线阵立体测绘相机调焦控制系统

编码器头和步进电机安装在相机调焦机构上,把编码器分成光机头部和处理电路两部分可以减小相机调焦机构的重量和体积。图2显示出了编码器

头的安装位置。

系统设计应遵守的原则是用最少部件满足产品性能指标,用最少元器件简化电路,设计不仅要合理,还要安全和可靠。

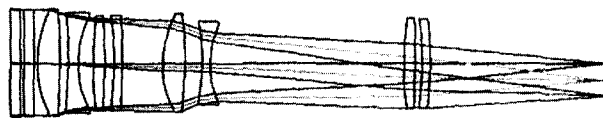


图三 三线阵立体测绘相机调焦机构示意图

三、光学系统的设计思路

(一)确定结构形式

亚对称光学系统结构具有匹兹瓦型和对称型的优点,可构建成像方远心光路,能实现准确测绘。正视相机视场角大于前后视相机的视场角,减少透镜可满足使用要求。如图四是正视相机光学系统结构,如图五是前后视相机光学系统。



图四 三线阵CCD立体测绘的正视相机光学系统结构示意图



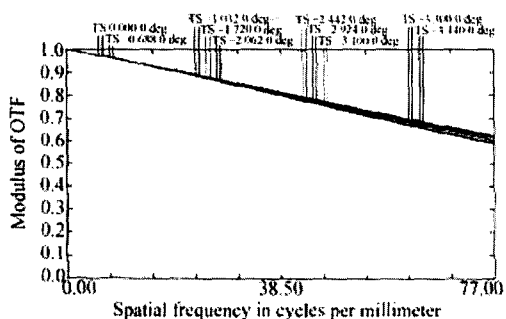
图五 三线阵CCD立体测绘的前后视相机光学系统结构示意图

(二)如何对光学系统成像的质量进行评价

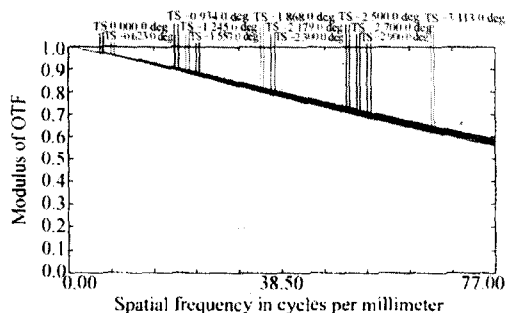
前后视光学系统的传递函数是表3,正视光学系统传递函数曲线是图六,前后视光学系统的传递函数曲线是图七,正视相机光学系统的场曲和畸变曲线是图八,前后视相机光学系统的场曲和畸变曲线是图九。畸变是 2×10^{-5} ,是针对正视相机光学系统而言的,畸变是 2.4×10^{-5} ,且满足小于 3×10^{-4} 指标要求,是针对前后视相机光学系统而言的。

表一 三线阵CCD立体测绘的正视和前后视光学系统的传递函数

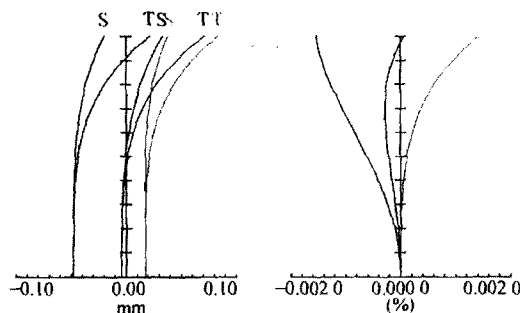
	MTF($f:77 \text{ lp/mm}$)					
	0	0.5	0.71	0.85	1.0	平均
正视	0.624	0.619	0.617	0.617	0.589	0.613
前后视	0.586	0.572	0.573	0.581	0.576	0.578



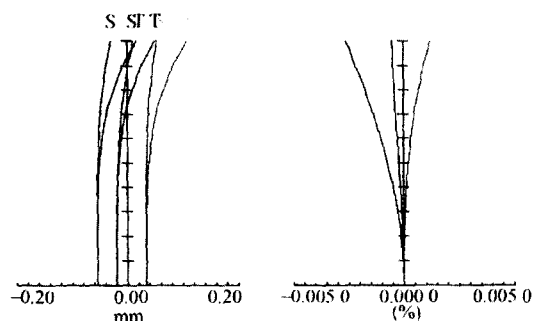
图六 三线阵CCD立体测绘的正视光学系统传递函数曲线



图七 三线阵CCD立体测绘的前后视光学系统传递函数曲线



图八 三线阵CCD立体测绘的正视光学系统的场曲和畸变



图九 三线阵CCD立体测绘的前后光学系统的场曲和畸变

三、热控系统思路

(一)对测绘基座进行热控

相机分系统的一个重要组成部分是测绘基座,在测绘基座上安装正视相

机、前视相机和后视相机时,要保证镜头位置的安全性和稳定性,对此设计的方案如下:

测绘基座外表面要有多层隔热材料包裹,这样能将降低测绘基座对外热流变化的敏感度,测绘相机是由开放型的载荷仓合集而成的,它的当量热导率是 10^{-4} W/(m.K)。

聚酰亚胺隔热垫要在卫星和测绘基座的安装处安装,它要求的厚度是八厘米,这样的要求可以使测绘相机系统不会受卫星平台温度变化的影响。

测绘基座是一个大的热容,它没有内热源部件,测绘基座的5个面上安装8个加热区目的是为了使温度保持稳定。要想测绘基座的温度始终在热控指标要求的范围之内需要进行闭环控制,闭环控制要用到热敏电阻和电加热片,热敏电阻应是高精度的。

(二)对测绘相机进行热控

测绘相机对温度比较敏感,它是一种透射式的光学系统。测绘相机是在分析相机结构特点基础上进行分区的。主动加热区安装在分区外表面,每个分区进行闭环控制时都要采用电加热片,热敏电阻安装在加热区的对径处,热敏电阻必须是高精度的。

测绘相机的冷端是相机窗口,相机的温度分布明显受遮光罩长度的影响。径向温差在窗口玻璃上高达 0.35°C ,是因为遮光罩长度取130 mm。镜头前组和镜头后组组成测绘相机的光学元件区,热源在镜头前组内不存在,镜头后组有CCD器件,但是它产生的功能消耗小。一般热导率较低的是光学元件材料,包裹碳基复合材料可以避免在光学元件上产生周向温差,碳基复合材料的包裹要在电加热膜和多层隔热组件之间,碳基复合材料的厚度要求是一毫米,为了使它的加热效果均匀化,要保证热导率不低于 $400\text{W}/(\text{m.K})$ 。

四、三线阵CCD立体测绘相机的应用

该相机是传输型相机,一般在卫星或空间站中应用,先对地面进行实时扫描,然后将扫描过的图像向地面发送,地面接收下传的三线阵CCD影响以及各项测量数据。通过使用该相机不仅能够实现影像数据的二次开发应用,还能继续进行三次开发应用:第一,计算外方位元素,检测坐标轨道、内方位元素、以及星地相机夹角等。与传统的MAPSTA相比,三线阵CCD立体测绘相机具有前视、正式与后视功能,三个线阵的CCD影像一直参与测量。

结语:

设计像方远心的亚对称光学系统要以对光学系统的结构型式做比较和分析为前提,对各相机光学系统的传递函数进行检测能提高光学系统成像质量。三线阵立体测绘相机热控目标是保证光学部件工作处于稳定的温度,保证测绘平台的热稳定性,测绘相机系统具有高稳定性,所以要求必须对各个部件进行统筹的热设计,只有这样才能设计出优质的热控制方案。测绘相机调焦控制系统的体积相对较小,是一种比较可靠的设计,能满足航天产品对设计规范的要求,它在闭环调焦情况下能使误差大大减小,使误差控制在 ± 10 个编码器值内。满足了小于 $\pm 4\mu\text{m}$ 的要求。

参考文献:

- [1]苗健宇,张立平,田铁印,等.三线阵CCD立体测绘相机结构实现技术[J].仪器仪表学报,2011(10)
- [2]韩旭,马军,王忠素,等.测绘相机在轨空间交会角变化的计算[J].光学精密工程,2011(12)
- [3]苗健宇,张立平,翟岩,等.三线阵CCD立体测绘相机的集成装调[J].中国光学,2012(04)
- [4]岳丽清,张继友,伏瑞敏,等.三线阵相机视轴夹角及线阵平行性装调测试[J].航天返回与遥感,2012(03)
- [5]周怀得,刘金国,张立平,等.线阵-面阵CCD三线阵立体测绘相机焦平面组件的研制[J].光学精密工程,2012(07)
- [6]黄桂平,钦桂勤,马开锋.星载立体测绘相机立方镜间姿态标定[J].宇航计测技术,2013(04)

(上接第331页) (三)模板的拆除

当混凝土未达到规定强度或已达到设计规定强度,需提前拆模或承受部分超设计荷载时,必须经过计算和技术主管确认其强度能够承受此荷载后,方可拆除。已拆除模板及其支架的结构,在混凝土强度符合设计强度等级的要求后,方可承受全部使用荷载。当施工荷载所产生的效应比使用荷载的

效应更为不利时,必须经过核算。

参考文献

- [1]陶宁生.试论高大模板支撑工程施工控制要点[J].安徽建筑,2009(02)
- [2]吴鸿.关于高大模板支撑系统的探讨[J].建筑安全,2008(02)