

一种实用的胶片型航空遥感器 焦平面精确装调方法

张继超, 冷雪, 詹磊

(中国科学院 长春光学精密机械与物理研究所, 长春 130033)

摘 要: 传感器的精度和自动化程度的提高, 要求仪器的装调精度和控制精度也相应的提高。本文从某型号遥感器的要求出发, 提出了利用照相和自准直方法精确调整焦平面。该方法通过移动调焦机构, 使遥感器在不同的焦面位置对分辨率板成像, 对图片进行分析, 确定调整垫的修整量, 调整焦平面。并利用自准直方法进行检焦, 运动调焦机构, 摆动反射镜, 使光栅的物象重合, 实现精确的自动检调焦。采用自动检焦得到的位置对分辨率板成像, 得到清晰图像。经试验验证, 相机的焦面误差在 0.02mm 内, 自动检调焦精度达到 0.03mm, 在焦深范围内, 满足使用要求。对外界景物成像, 能得到清晰图像。此种方法在实际应用中精度高、方便可行。

关键词: 装调精度; 照相法; 自准直; 清晰图像

中图分类号: TH745

文献标识码: A

文章编号: 1672-9870(2010)03-0017-03

The Precision Alignment of Focal Plane in Film Airborne Remote Sensor

ZHANG Jichao LENG Xue ZHAN Lei

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

Abstract: The improved precision and automation of sensors requires the correspondingly advanced equipment accuracy of alignment and control. This paper comes from a certain kind of remote sensor and introduces a new method of precisely adjusting focal plane which utilizes the photography and the auto collimation. By shifting the focusing mechanism, transferring the focal plane, taking photos in different focal-plane positions with a resolution test target, analyzing the photograph and truing the focus gasket, then the focal plane can be adjusted. Furthermore, the focal plane detection is fulfilled with the principle of auto collimation by moving the focusing mechanism, swing the reflecting mirror. The goal is to make the coincidence of the object and the image of the optical grid, realize the accurate auto-focusing and get the images with high quality in the auto-focusing position with a resolution test target. By the experiment, the camera focal plane error is less than 0.02mm and the auto-focusing precision is up to 0.03mm. It is satisfied with the operating requirements in the range of focal depth. Clear images can be obtained through the real imaging and the conclusion shows this method has been proven feasibly by practical application with high precision.

Key words: accuracy of alignment; photographic process; auto collimation; clear image

航空遥感是获取地面信息的重要手段, 被世界各国广泛用于资源普查、地形测绘等许多领域。随着各种新任务的提出, 航空侦察遥感器也在不断更新。航空遥感器按成像介质可分为胶片型和 CCD

传输型两类。胶片型遥感器照相分辨率高^[1-4], 实时性差; CCD 传输型遥感器照相分辨率较胶片型低, 但实时性强^[5-8]。因此, 目前处于两种介质形式遥感器共存的态势。本文以某胶片型航空遥感器

收稿日期: 2010-07-20

作者简介: 张继超(1981-), 男, 硕士, 助理研究员, 主要从事航空遥感器结构设计的研究, E-mail: zhangjichao@sohu.com。

为基础,研究航空相机的关键技术。胶片型遥感器由于其分辨率高的特点才有其存在和发展的空间,但分辨率不只取决于胶片,还与光学系统、调焦精度、曝光时间有密切的关系。

只有实现高分辨率,制造胶片型遥感器才有意义。胶片的感光颗粒小,成像后对细节的表达是CCD无法实现的。美国的KS-146型号航空遥感器是其80年代的产品,就是由于其高分辨率的特点,才在CCD技术有了突飞猛进发展的今天,仍然在服役。影响遥感器成像质量因素较多,主要有:设计、制造误差;装调、检测误差;载机运动引起的误差;遥感器所处的环境条件引起的误差;遥感器成像过程中运动引起的误差,故保证遥感器的成像质量需采用多种措施。本文主要对航空遥感器的装调误差进行分析,通过照相的方法精确确定遥感器的焦平面,使遥感器的性能能够充分的发挥。并精确调整检焦的焦面位置,提高遥感器的自动化程度。

1 焦平面简介

焦平面组件是传感器的重要组成部分,传感器的很多工作都是围绕保证焦平面的精度而展开的。本文所介绍的传感器的成像介质为胶片,由片台、检焦、像面基板和调整垫组成,示意图如图1所示。



图1 焦平面示意图

Fig.1 Illustration of focus plane

焦平面的精度要求来源于镜头的焦深,焦深的计算公式如下式所示:

$$\delta = \pm \Delta / 2 = \pm F^2 \lambda$$

式中: δ —为相机半焦深; Δ 为相机焦深; F 为镜头相对孔径的倒数; λ 为工作波长。

遥感器允许的离焦误差应小于镜头的半焦深,在本遥感器中,焦深为0.068mm,半焦深为0.034mm。

随着遥感器自动化程度的提高,本遥感器设计有自动检调焦机构。自动检调焦机构需精确的确定焦平面的位置,误差同样不能超出半焦深。

2 原理

对景物成像是考验遥感器质量好坏的最直接的方法。无穷远景物成像在镜头的焦平面上是本装调

方法的依据。利用平行光管模拟无穷远的景物,将景物成像在焦平面上,调整成像介质的位置,使其与焦平面重合。并通过自准直原理调整检焦光栅位置,使光栅面同样与焦平面重合。

装调过程在恒温室内进行,恒温20℃。需要的工具如下:照明设备、分辨率板、平行光管、遥感器、微调机构、胶片冲洗机等。装调原理如图2所示。



图2 装调原理示意图

Fig.2 Principle of adjustment

将遥感器放置在平台上,利用微调机构调整遥感器的位置,保证遥感器接收到的光为全口径,使像面的亮度均匀。微量调整遥感器的俯仰和方位角,使分辨率板成像在遥感器中心位置。

3 装调

该遥感器的调焦机构采用压电陶瓷,其位移量与施加的电压成正比,对调焦电压与像面位移关系进行分析计算,得出本系统中电压变化0.01V时,像面移动0.02mm,即 $\Delta d = 2\Delta v$ 。

3.1 确定最佳曝光量

曝光量是影响成像质量的重要因素,曝光过度或曝光不足都得不到理想的照片。在调试过程中使用焦面帘幕式快门,快门的帘缝宽度为5mm,运动速度为2.5m/s。通过调整可变光源的亮度来调整曝光量,改变可变光源的电流可以改变亮度。在各种电流条件下分别照相,然后冲洗,得到照片。观察照片,得到最佳曝光量位置,然后锁定光源电流,作为后续工作的依据。

3.2 像面的精确标定

像面的精确标定是在像面的粗略标定的基础上进行的,将调焦机构运动到标定的零点位置,电压值为7.500V。以7.500V为中心,在 $\pm 0.05V$ 的范围调焦,每约0.01V调焦一次,焦面相应移动0.02mm,焦面移动范围为 $\pm 0.1mm$ 。

本实验的调焦机构的电压采用D/A变化,通过改变电位计的码值实现。利用程序控制调焦机构步进,驱动程序每次改变2个码值,相当于焦平面位

表1 调焦电位计码值、电压值和照相张数

Tab.1 Code of potentiometer, voltage and number

电压	7.451	7.460	7.471	7.482	7.492	7.500	7.509	7.519	7.528	7.538	7.547
码值	61B	61D	61F	621	623	625	627	629	62B	62D	62F
张数	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

移0.02mm,运动过程中用万用表监测调焦电压值。调焦机构每步进一次,照相一次,每次照三张照片。电位计码值、电压值和照相张数列于表1中。

将所照照片进行冲洗,判读,判定成像的最佳位置与成像清晰度趋势。若最好的成像位置不在边缘,说明该处为像面;若边缘为最好的地方,则说明上述位置不包含焦平面,需以该位置为中心,重复上面的工作。在本例中,电位计码值62B处成像最佳,计算电压差:

$$\Delta V = 7.528 - 7.500 = 0.028$$

根据调焦电压与焦平面的对应关系,需将调整垫修整0.056mm。修整后重新在7.500处照相,能够得到清晰图象,像面的精确标定完成。

3.3 自准直检焦

为了提高遥感器的自动化程度,依据遥感器的结构特点,本摇感器可采用自准直方式检焦。在焦平面处放置光栅,利用光源将光栅照亮,光栅经光学系统的焦面反射镜和镜头到达扫描镜返回,再经由镜头和焦面反射镜回到像面,使光栅在焦面附近成像。物像共面,说明焦面准确,物象不共面,需调焦。原理图如图3所示。

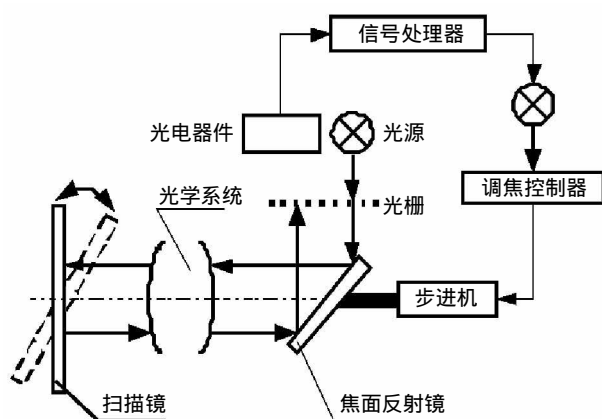


图3 自准直检焦原理图

Fig.3 Principle of auto collimation

检焦时扫描反射镜在垂直光轴位置附近作小幅摆动,这样光栅的像就在光栅的物上作水平扫描,从而在光电探测器上产生一个光调制信号,调制信号在最大的时候为焦面。通过调制信号的大小来判

断离焦情况,从而控制调焦。检焦结果列于表2中。

表2 检焦结果

Tab.2 Results of focus examine

次数	1	2	3	4	5
电压值	7.632	7.637	7.643	7.638	7.638
次数	6	7	8	9	10
电压值	7.627	7.638	7.639	7.636	7.637

对表中数据进行分析^[9-11]:

$$\bar{x} = 7.673$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n v_i^2} = 0.0043$$

$$x = \bar{x} + 3\sigma = 7.637 \pm 0.013$$

分析结果表明,表中数据不含有坏值,此组数据可以作为修整调整垫厚度的依据。利用前面的数学关系可以计算出修正量。

$$\Delta d = (7.637 - 7.500) \times 2 = 0.274 \text{ mm}$$

依此数据,将检焦的修整垫进行修整,修整后重新检焦,检焦结果为:

$$x = \bar{x} + 3\sigma = 7.503 \pm 0.015$$

检焦精度为 $\pm 0.015 \text{ mm}$,即0.03mm,满足使用要求。

4 试验

装调结束后,将摇感器调整到工作状态,利用遥感器的自动检调焦系统找到焦平面位置,对外界景物成像,效果良好,图片如图(4)所示。

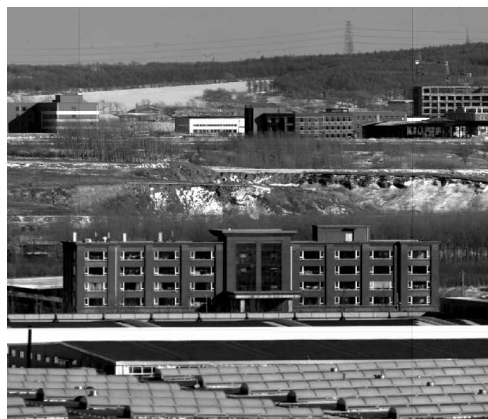


图4 外界景物照片

Fig.4 Picture of outer scene

(下转第10页)

