

文章编号 1004-924X(2000)03-0261-04

提高海上白天测星能力的方法研究

张同双¹, 李清军², 沈湘衡²

(1. 中国卫星海上测控部, 江苏 江阴 214431;

2. 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所, 吉林 长春 130021)

摘要: 船载经纬仪是远洋航天测量船导航定位系统专用光学测量设备。该设备以电视跟踪和测量为基础, 主要用于测量船执行海上卫星测控任务和校飞时提供精确的航向数据。通过昼夜测量恒星获取脱靶量解算航向角, 修正惯性导航系统的航向差是船载经纬仪的主要功能。由于种种原因白天测星一直不很理想, 本文从应用角度提出新的白天测星方法, 并重点讨论了视频人工判读法。通过海上校飞及码头校飞的检验, 可以提高白天测星的数量和星等, 测量精度完全可以满足要求。

关键词: 白天测星; 脱靶量; 航向差; 视频判读

中图分类号: V556.5 **文献标识码:** A

1 引言

船载经纬仪是远洋航天测量船导航定位系统专用光学测量设备。该设备以电视跟踪和测量为基础, 主要用于测量船执行海上卫星测控任务和校飞时提供精确的航向数据。通过昼夜测量恒星获取脱靶量解算航向角, 修正惯性导航系统的航向差是船载经纬仪的主要功能。但白天测星一直不很理想, 原因有多方面: 诸如高、低空能见度多数情况下不能达到理想条件。另外, 当摄像机选定之后其本身的灵敏度和光谱最佳适用范围受到限制, 不可能覆盖全部恒星发光能量和光谱的范围。最后, 目前视频信号处理技术还有待提高等等。

在很多情况下, 星体目标已经进入电视视场, 在视频监视器上可以看到星体目标, 但电视系统不能提供有效电视脱靶量, 影响船载经纬仪发挥作用。针对这类情况, 本文将从另外一个角度提出了一种新的白天测星方法, 并能有效的提高测星能力。

2 人工判读法原理

如图1所示, 在主控台监视电视荧屏上建立一个人工标尺(量纲已知)。

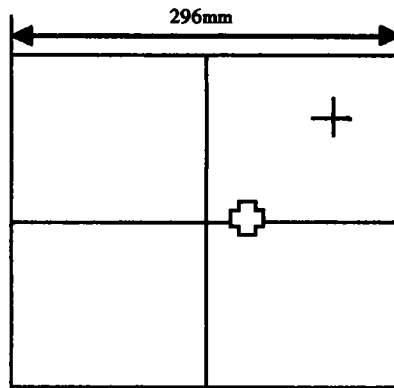



Fig. 1 Sketch map of TV angle of view

图中大十字丝为电视视轴,  是电视波门十字丝, 小十字丝为主镜光轴, 当电视视轴和主镜光轴平行时, 它也是电视光轴, 外框即表示电视视场的大小, 其中主镜十字丝和电视视轴间的水平距离为 11mm, 高低距离为 5.5mm。根据星体图像在电视视轴左右位置的不同, 我们定义它到电视视轴间的距离为 $L_{左}$ 、 $L_{右}$, 则电视方位脱靶量为:

$$\begin{aligned} \Delta A &= 2(L_{左} - 11) \times D/296 \\ &= 15(L_{左} - 11)D/37'' \end{aligned}$$

或

$$\begin{aligned} \Delta A &= 2(L_{右} + 11) \times D/296 \\ &= 15(L_{右} + 11)D/37'' \end{aligned} \quad (1)$$

其中 D 表示半视场, 由于电视高低脱靶量对航向差没有影响, 本文将不做论述。

进行人工判读时,要保证测量的准确性,首先必须精确测出电视的电视视场,具体测量方法有以下两种:

2.1 光管测量法

a)在经纬仪检测架的小平台上架设1 m 平行光管,在光管准平面上安放光标。

b)打开主镜十字丝,在控制台监视电视上找出主镜十字丝的中心位置,量出它到电视视轴的距离,经过引导修正后,可以认为它就是电视光轴。重复5次测量,求取平均值。

c)转动经纬仪的方位和俯仰,将1 m 平行光管的光标切换到电视视场。锁死经纬仪的方位角,并微调方位角,使光标成像在电视视场六分之一刻度上(方位),录取方位脱靶量两分钟,取平均值,同时量出它到电视视轴的距离,重复做5次,取平均值。

d)在其它几个刻度点重复上述操作。

e)根据所测数据计算电视视场和单位毫米所代表的角度。

本方法由于条件的限制(船摇,光标难做等),我们在实际操作中没有采用。我们在实际操作中只作了b步骤。

2.2 测星法

测星法是通过测出单位毫米所代表的脱靶量来算出电视视场的,在做测星前先量出电视视场的方位长度(单位为毫米),并用光管测量法量出主镜光轴和电视视轴间的距离,然后再算出电视视场的大小。具体方法如下:

在惯导稳定的情况下,718 经纬仪测星(选36颗星,且在方位上大体均匀分布,仰角在20度到60度之间),控制台记录方位脱靶量,人工量出并记录每颗星到电视视轴间的距离,同时记录仰角和星号,解算的航向差。为了使测量准确,测星最好在晚上进行,一方面可测的星多,数据量大,可以抵消读数误差;另一方面晚上对比度高,杂光影响小。另外所测的星的方位脱靶量最好大一点,这样可以减小读数误差带来的影响,若实测中脱靶量小,可以通过修正航向差的办法人为地增加脱靶量,两套惯导都做,可以进一步增加数据量,提高测量精度。测星数据可以用 Microsoft excel 来进行预处理,即算出每颗星脱靶量的平均值,并把它们转换成角秒,然后把所测数据列表,分别对电视脱靶量和人工脱靶量进行绝对值求和,电视脱靶量除以人工脱靶量即为单位刻度脱靶量。

具体测量结果如下表所示:

Table 1 Measurement Result

Number	1	2	3	4	5
1mm=	1.805"	1.753"	1.676"	1.728"	1.686"

取平均值得到1mm代表1.73"

上面我们已经量出了电视视场(人工标尺)为296mm,则电视视场为:

$$2D = 296 \times 1.73 = 512'' = \pm 4'16''$$

式中: D 代表半视场

3 航向差的误差分析

3.1 航向差的计算

查阅有关资料可知,航向差与方位脱靶量和仰角有关,其它因素影响较小,可以忽略不计,航向差的计算公式如下:

$$\Delta K = \Delta A / \cos E \quad (2)$$

式中: ΔK 为航向差

ΔA 为电视方位脱靶量

E 为仰角

3.2 误差分析

3.2.1 读数误差:

由上式可以看出:仰角 E 对航向差影响较大,它也直接影响航向差的精度。另一个因素就是读数误差,具体说明如下,当读方位脱靶量读数为 N mm,经纬仪仰角为 E 度时,则读方位脱靶量读数带来的误差为:

$$\sigma_1 = (1.73 \times N)'' \quad (3)$$

航向误差为:

$$\sigma_2 = (1.73N / \cos E)'' \quad (4)$$

3.2.2 量纲误差

量纲误差即为人工标尺量纲测量不准确带来的误差,若其真实量纲 H mm,则它带来的误差为:(设仰角为 E ,人工标尺读数为 ΔA)

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= 1.73 \times \Delta A / \cos E - H \times \Delta A / \cos E \\ &= (1.73 - H) \times \Delta A / \cos E \quad (5) \end{aligned}$$

综上所述,为了减小人工标尺测航向差的误差,可以采用如下措施:

(1)仰角应尽可能地选的小一点,建议星体仰角选在20°到60°之间。

(2)若不能进行电视自跟踪,则测星时脱靶量应尽可能大一点,这样可以减小读数误差带来的影响,若此时脱靶量很小,可以用修改航向差的办

法人为地增大脱靶量。

(3)、通过多次标定把量纲尽可能地测得准一点,以减小它的影响。以上是测量误差的理论分析,实际误差到底有多大,可以通过测星的办法进行解算。

3.3 实际测量误差

我们还是通过测星法来解算测量误差,在这里我们可以采取两个标准:一个是经纬仪电视解算出的航向差,另一个是两套惯导之间测出的航向之差。具体办法是人工解算出的航向差和经纬仪电视解算出的航向差相比较;或者采取用人工判读法分别解算出两套惯导的航向差,再算出两套惯导之间的航向之差,和惯导解算出的两套惯导之间的航向之差相比较看是否一致。实际操作中我们采用前者。

具体检测结果如下表所示

Table 2 Measurement Result

No	TV Count	Interpretation	error
1	-5'54"	-5'51"	3"
2	-1'32"	-1'39"	-7"
3	-45"	-43"	2"
4	-2'48"	-2'54"	-6"
5	-3'52"	-3'55"	-3"
6	-3'25"	-3'20"	5"

由上面结果我们可以看出:人工判读误差最大为±7"(和电视解算相比较)。

采用此方法我们又进行了多次测星,结果和上述基本一致,最大误差都在±7"之间,满足总体指标要求。

4 几种测星方法的对比

测星的关键在于提取脱靶量,而脱靶量正常提取方法是目标进入视场,通过视频信号处理(放大、光谱滤波),获取目标视频信息,电视波门套住

目标,读取脱靶量。其中关键在于改进视频处理能力,获得良好的目标对比度,才能提取脱靶量。由于视频处理图象识别技术还没有达到人对目标的识别水平,因此它还有待于进一步完善。下面对三种测量方法进行具体的探讨。

4.1 人工判读法

人工判读法能修正因惯导抖动而引起的动态误差,用这种方法,测星能力可以提高一个星等,可以作为白天测星的一个备份手段。同时在天气条件不是太好的情况下,它将是唯一的测星手段。它有点像电影胶片判读法,但它比胶片判读优越,因为它可以准实时地判读出航向差。而且用人工判读的脱靶量可以消除电视和主镜光轴的不平行造成的测量误差。

4.2 电子标尺法

这种方法属于单帧处理法。具体方法为:将视频信号输入到微机中,不存储,在CRT上建立一个坐标系(通过软件建立),再做一个小波门,当目标进入电视视场后,用鼠标拖动波门套住目标,自动或人工读取脱靶量。

4.3 视频信号存储法

这种方法的最大好处是,可以准实时地判读出航向差,在读取脱靶量的同时,可以通过软件迅速地处理出结果。由于是视频存储,可以对多帧信号进行处理,求取它的平均值,这样一方面可以消除因惯导抖动而引起的抖动误差,另一方面可以提高航向解算精度。具体方案是使用视频存储器,对每一帧信号进行存储,然后求取平均值。本方法的关键在于采用高速微机解决视频存储速度慢的问题。

5 结 束 语

通过多次测星验证,人工判读法误差小于±7",且可测恒星的数量明显比用电视解算的多,它可以作为白天测星的一个备份手段,人工判读法完全能够满足任务要求。

参考文献:

- [1] 张光明,等.经纬仪的自动星体标校[J].光学精密工程.1999,(4):105-110.
- [2] 李清军.基于多媒体视频判读技术的探讨[J].光学精密工程.1999,(5):114-117.

Method of measuring star at sea in daytime

ZHANG Tong-shuang¹, LI Qing-jun², SHEN Xiang-heng²

(1. *China Satellite Maritime Tracking & Controlling Department,
Jiangyin 214431, China;*

2. *Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics,
Chinese Academy of Sciences, Changchun 130021, China*)

Abstract: The theodolite designed for measure ship is a special optical equipment based on TV tracking and measuring for the use of navigation orientation system. When the measure ship carries out the measure assignment, it provides exact course data via measuring fixed star day and night. Its principal functions are to obtain undershoot error, count course angle and revise course error of inertia navigation system. For a variety of reasons, the measure in daytime can not meet the case. This article brings forward and discusses a new method of video manual interpretation.

Key words: measuring star in daytime; undershoot error; course error; video interpretation

作者简介:张同双(1968—),男,江苏江阴市人。1992年毕业于重庆大学电子工程系,一直从事海上卫星测控等工作。