

文章编号 1004-924X(2003)06-0581-05

某型飞机火控校靶仪的研究与设计

赵思宏, 高晓龙, 贾秋锐

(空军第二航空学院, 吉林 长春 130022)

摘要: 简述了用于测试平视显示器和照相枪主要性能的火控校靶仪的功能需求、工作原理和设计方案, 包括光学系统和机械结构。照相枪校靶镜的线视场达到了 (35.36 ± 0.5) mm; OB 读数观测镜视场达到了 24° , 屈光度为 $+3 \sim -4^\circ$, 水平调整和垂直调整均为 180° ; 分划板的精度为 $1'$, 且中心交点的不同心度小于 ± 0.01 , 刻线不直度不大于 0.002 ; 照相枪校平玻璃上的十字中心和平视显示器光环中心相重合的公差为 ± 3 mil, 平视显示器光环中心同靶板上的照相枪校准点的公差为 20 mm。

关键词: 照相枪; 平视显示器; 校靶仪

中图分类号: TH745 文献标识码: A

Design and development of fire control target verifiers

ZHAO Sihong, GAO Xiaolong, JIA Qiurui

(The Second Aeronautical Institute of Air Force, Changchun 130022, China)

Abstract: The functional requirements, operating principles, and design schemes, including optical systems and mechanical structures, of fire control target verifiers are briefed. The line field of view of the camera gun calibrator reaches 35.36 ± 0.5 mm; the field of view of OB reading observation mirror reaches 24° , its diopter is $+3^\circ \sim -4^\circ$, and both horizontal and vertical adjustments are 180° ; the accuracy of the graduation scale is $1'$, the eccentricity at the central intersection point is less than ± 0.01 , the nonstraightness of reticle is no more than 0.002 , the tolerance for the coincidence of the cross center of the adjusting plane glass on the camera gun with the reticle center of the head-up display is ± 3 micrometer, and the tolerance for the reticle center on the head-up display and the camera gun calibration point on the target board is 20 mm.

Key words: camera gun; head-up display; target verifier

1 引言

航空火控系统是集载电子设备的核心, 其精度的高低直接影响飞机的作战效能; 照相枪和平视显示器是火控系统的重要组成部分, 是飞行员在飞行过程中获得各种必要信息, 实施瞄准攻击

和记录的终端设备。火控校靶仪就是用于对照相枪和平视显示器进行精度检查的专用地面检测设备。飞行员通过平视显示器的半透半反射镜, 一方面可观察外界景象, 另一方面也可观察机载电子设备提供的各种信息和瞄准攻击符号, 解决了以往瞄准系统存在的“视觉中断”的弊病^[1]。平视显示器显示字符的角尺寸与角坐标由火控校靶仪

收稿日期: 2003-04-15; 修订日期: 2003-10-16.

基金项目: 空军 9808 工程重点资助项目 (No. 99101126)

中的读数观测镜检测。飞行员实施瞄准和攻击的过程由照相枪记录下来,用作检查和判定攻击效果的重要依据,对作战和训练有着非常重要的作用。照相枪轴线(十字中心)与平视显示器轴线(中心标记)、武器轴线(校靶板十字线)的重合情况由火控校靶仪中的照相枪校靶镜检测^[2]。

2 设备功能

火控校靶仪适用于在外场、内场或实验室对飞机照相枪和平视显示器进行定检、调校和排故,分为照相枪校靶镜和 OB 读数观测镜两部分。

2.1 照相枪校靶镜

当第 1 通道校靶时,对照相枪中心十字线与校靶板的十字线的重合情况进行检查。当第 2 通道校靶时,对照相枪中心十字线与平视显示器中心标记的重合情况进行检查。

2.2 OB 读数观测镜

用来测量平视显示器画面中固定和活动光标(字符)的角坐标和角尺寸。

3 工作原理和设计方案

本着可靠、合理、实用、简化的原则,同时考虑到部队对相关设备使用的连续性,并根据照相枪和平视显示器的工作原理,在保证外部特性与接口的情况下,制定了火控校靶仪的研制方案,达到了预期技术要求。

3.1 照相枪校靶镜

照相枪校靶镜是显微式光学系统,用于对照相枪进行测试和校正,是一个光机一体化装置,如图 1 所示。照相枪校靶镜光学部分是显微式光学系统,主要由聚光镜、棱镜、反光镜、折转光路的透镜和接目镜的透镜等组成,其光路如图 2 所示。

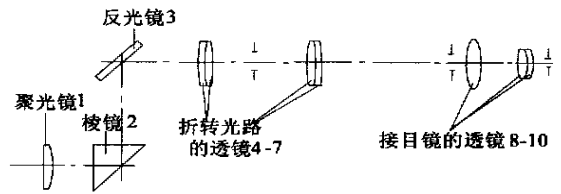


图 2 照相枪校靶镜光学系统示意图

Fig. 2 Optical system of camera gun verifier

校靶时,校靶靶板上的十字线(称第 1 通道校靶)或平视显示器中心标记(称第 2 通道校靶),经过聚光镜 1、棱镜 2、反光镜 3、折转光路的透镜 4、5、6、7 到达接目镜的透镜 8、9、10。检查者通过接目镜观察照相枪环板中心十字线与校靶靶板上的十字线或平视显示器中心标记的重合情况来判断是否要对照相检查仪进行校靶^[3]。

第 2 通道校靶时,把照相枪校靶镜装入照相枪上。在观察校靶镜目镜的同时,检查并使平视显示器光环的垂直轴线同照相枪校平玻璃上的垂直轴线重合。此时,照相枪校平玻璃上的十字中心(环板的十字中心),应和平视显示器光环中心相重合,公差 $\pm 3 \text{ mil}$ 。不符合技术要求时,应松动球形固定座中棱镜镜筒的两个固定螺栓,一面经校靶镜的目镜观察,一面拧动球形支座中的镜筒,力求使平视显示器的光环进入照相枪十字线的范围,以便光环垂直轴线同校平玻璃上的垂直轴线相重合。采用这种方法必须使照相枪校平玻璃上的十字中心与平视显示器的光环中心相重合,公差 $\pm 3 \text{ mil}$ 。用螺栓将棱镜镜筒的位置固定,并检查其调节没受破坏。

第 1 通道校靶时,通过校靶镜目镜观察的同时,沿着校靶镜瞄准轴线移动目镜,以便在校平玻璃上得到最清晰的十字线影像。转动照相枪检查平视显示器光环中心同靶板上的照相枪的校准点重合,十字线重合公差 $R = 20 \text{ mm}$ ^[4]。此时光环的垂直刻度和透镜组件的校准线应平行。不符合技术要求时,应用套筒扳手松动固定照相枪壳体法兰盘上的螺钉。观察的同时,旋转法兰盘球形表面上的照相枪,使平视显示器光环的中心同靶图上照相枪的校准点重合,十字线重合公差 $R = 20 \text{ mm}$ 。拧紧固定照相枪壳体法兰盘上的螺钉,此时观察十字线的完好重合,然后用专用力矩扳手拧紧,拧紧力矩为 $13.72 \text{ N}\cdot\text{m}$ 。

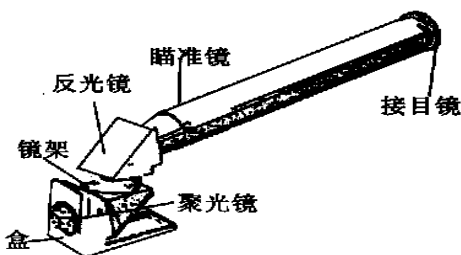


图 1 照相枪校靶镜外形图

Fig. 1 Camera gun verifier

3.2 OB 读数观测镜

平视显示器具有透射性, 在观察显示器的时候, 应能同时透过它看到显示器后面的外部景物。其显示字符、图像的亮度能随外部背景亮度的变化而变化, 形成对环境亮度的自适应。设计研制的 OB 读数观测镜是望远式光学系统, 是用来测量平视显示器画面中固定和活动光标(字符)的角坐标和角尺寸的光机电一体化装置, 如图 3 所示。

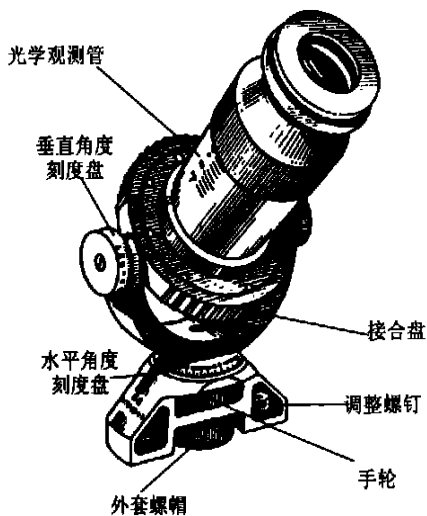


图 3 OB 读数观测镜外形图

Fig. 3 Contour of OB data reading and observing mirror

这种光学系统能形成光网影像(如图 5A 向), 这种影像由分度值为 $20'$ 水平线和垂直线组成(中心线的分度值为 $10'$), 其光路如图 4 所示。图 4 中的光网装在镜头和目镜的焦距以内, 三棱镜用于获得观测目镜观察物体的直接影像, 滤光镜用来消除目镜的色差。

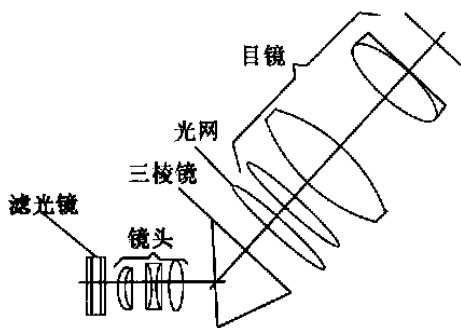


图 4 OB 观测镜光学系统示意图

Fig. 4 Optical system of OB data reading and observing mirror

读数观测镜光学部分的构造剖面如图 5 所示, 通过底座上靠压板来固定三棱镜。在这个底座上, 一面固定有带镜头的支架, 另一面固定光网和目镜。

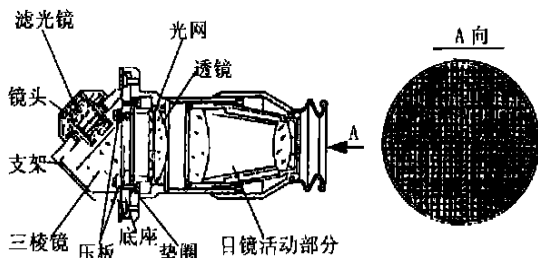


图 5 读数观测镜光学部分的构造剖面图

Fig. 5 Optical system of data reading and observing mirror

镜头是一组透镜, 固定在镜框内, 由中间环和固定螺帽隔开, 带镜框的滤光镜固定在镜头上, 目镜是由 3 块透镜组成的系统, 其中 1 块透镜固定在壳体上不动, 而另外 2 块透镜则组成目镜的活动部分, 移动目镜活动部分就能保证影像的清晰度在屈光度 $+4^{\circ} \sim -3^{\circ}$ 变化。目镜框的外表面上有屈光度刻度环^[5]。

为了安装光网, 在镜头的焦距内装有垫圈。为了使镜头的光学轴、光网和目镜对准, 后两者可相互绕自己的轴线相对移动。观测管固定在读数观测镜底座的接合盘上。为了使读数观测镜能与被检测仪器的观测线平行, 观测管能相对于水平轴线和垂直线转动, 手轮即可用来固定观测管的位置。垂直和水平角度刻度盘用来检查观测管偏转角度, 读数观测镜靠外套螺帽固定在观测头上, 调整螺钉用来清除读数观测镜光网影像相对于观测头光网的倾斜。

将 OB 读数观测镜安装到平视显示器上, 转动 OB 读数观测镜目镜活动部分, 选定光环的清晰影像; 借助读数指示器组件中的螺钉用转动读数指示器调整螺钉的方法, 使 OB 读数观测镜光环的垂直刻度线平行于平视显示器光环的垂直刻度线; 绕水平和垂直转轴转动 OB 读数观测镜筒, 使平视显示器和 OB 读数观测镜光环的中心重合 ($X = 0^{\circ}, Y = -6^{\circ}$); 用 OB 读数观测镜确定对应于表 1 规定的所有坐标值在平视显示器荧光灯屏上符号“ 10° ”的位置^[6]。

表 1 显示信息检查表

Tab. 1 Checking form of displaying message

X°	Y°
参数值	OB 观测镜读数
$0 + 9^\circ 50$	$+ 3^\circ 50$
$0 + 7^\circ 50$	$+ 1^\circ 50$
$0 + 5^\circ 50$	$- 1^\circ$
$0 + 3^\circ 50$	$- 2^\circ 10$
$0 + 1^\circ 50$	$- 4^\circ 10$
0°	$- 6^\circ$
$0 - 1^\circ 50$	$- 7^\circ 50$
$0 - 3^\circ 50$	$- 9^\circ 50$
$0 - 5^\circ 50$	$- 11^\circ 50$
$0 - 7^\circ 50$	$- 13^\circ 50$
$0 - 9^\circ 50$	$- 15^\circ 50$
$+ 9^\circ 50 0$	$- 6^\circ$
$+ 7^\circ 50 0$	$- 6^\circ$
$+ 5^\circ 50 0$	$- 6^\circ$
$+ 3^\circ 50 0$	$- 6^\circ$
$+ 1^\circ 50 0$	$- 6^\circ$
$- 1^\circ 50 0$	$- 6^\circ$
$- 3^\circ 50 0$	$- 6^\circ$
$- 5^\circ 50 0$	$- 6^\circ$
$- 7^\circ 50 0$	$- 6^\circ$
$- 9^\circ 50 0$	$- 6^\circ$

3.3 机械接口

照相枪校靶镜与飞机上照相枪的连接是通过校靶镜底部的安装座完成的, 它的安装方式与照相枪暗盒的安装方式完全相同。关键尺寸有安装座顶部的突起, 安装座的长度, 安装座的宽度, 安装座前部的高度以及为躲避照相枪顶部的固定销而设计的圆孔和躲避锁紧手柄而截去的缺口等。

OB 观测镜安装在平视显示器上, 通过安装座与平视显示器交联。由于平视显示器上有安装

检测设备的定位孔及固定螺钉孔, 所以其关键尺寸是定位孔和螺钉孔的大小。

3.4 火控校靶仪达到的主要指标

火控校靶仪外形尺寸和质量如表 2 所示。在工作环境温度 $-40 \sim +55^\circ\text{C}$, 相对湿度不大于 95% 条件下, 可靠性 $\text{MTBF} \geq 1500 \text{ h}$ 。同时满足了影像的清晰度在 $+4^\circ \sim -3^\circ$; 相机枪校靶镜的线视场达到了 $(35.36 \pm 0.5) \text{ mm}$; OB 读数观测镜视场达到了 24° , 水平调整和垂直调整均为 180° ; 分划板的精度为 $1'$, 且中心交点的不同心度小于 ± 0.01 , 刻线不直度不大于 0.002 ; 照相枪校平玻璃上的十字中心和平视显示器光环中心相重合的公差为 $\pm 3 \text{ mil}$, 平视显示器光环中心同靶板上的照相枪校准点的公差为 20 mm 。

表 2 火控校靶仪外形尺寸和质量

Tab. 2 Size and weight of target verifier

序号	装置名称	数量	质量 kg	外形尺寸(包装)cm
1	照相枪校靶镜	1	≤ 2.0	$36.5 \times 29 \times 13.5$
2	OB 读数观测镜	1	≤ 2.0	$28 \times 28 \times 23.5$

4 结束语

照相枪校靶镜为显微式光学系统, 视场清晰稳定, 满足了照相枪校靶的要求。OB 观测镜的望远式光学系统满足了近距、大视场对观测清晰度的要求。对 OB 观测镜的分划板进行了非线性设计, 保证了大视场范围内平视显示器固定和活动光标(字符)角坐标和角尺寸的检测精度。对机械接口进行精确设计, 便于调整, 减小误差, 保证了安装定位精度。火控校靶仪应用效果良好, 通过了空军的技术鉴定, 并获军队科技进步奖。与会专家一致认为, 部分性能超过国外同类设备水平, 现已陆续装备空军部队。

参考文献:

- [1] 杨秀芝. 平视显示器的设计[J]. 福州大学学报, 2000, 28(4): 466-471.
YANG X ZH. Design of head up display[J]. *Fuzhou University Transaction*, 2000, 28(4): 466-471. (in Chinese)
- [2] 杨小芹, 周琳霞, 黎明. 基于系统类比的火控精度考核方法[J]. 南昌航空工业学院学报, 2000, 16(2): 162-167.
YANG X Q, ZHOU L X, LI M. The checking method based on armament control accuracy of system analogy[J]. *Nanchang Aeronautical Industry College Transaction*, 2000, 16(2): 162-167. (in Chinese)
- [3] 何大伟, 郑岩. 激光电视动态校靶靶标研制[J]. 发光学报, 1999, 12(3): 72-76.
HE D W, ZHENG Y. Research on laser and TV dynamic target[J]. *Chinese Journal of Luminescence*, 1999, 12(3): 72-76. (in Chinese)
- [4] 王乃庆, 陈遵银, 胡庆礼. 歼击机校靶精度计算和分析[J]. 计量技术, 2000, 18(6): 55-59.

- WANG N Q, CHEN Z Y, HU Q L. Calculation and analysis of target verifying accuracy for fighter [J]. *Measuring Technology*, 2000, 18(6): 55-59. (in Chinese)
- [5] 李红军, 卢振武, 廖江红, 等. 对准误差对菲涅耳透镜衍射效率的影响[J]. *光学精密工程*, 2000, 8(1): 88-92.
LI H J, LU ZH W, LIAO J H, *et al.* Effect on aiming error to diffracting efficiency of lens [J]. *Optics and Precision Engineering*, 2000, 8(1): 88-92. (in Chinese)
- [6] 刘正云, 苏建刚. 瞄准线稳定精度的室内测试技术[J]. *光学精密工程*, 1999, 7(5): 562-566.
LIU ZH Y, SU J G. In door checking technology for stable accuracy of aiming line [J]. *Optics and Precision Engineering*, 1999, 7(5): 562-566. (in Chinese)

作者简介: 赵思宏(1965-)男, 吉林长春人, 副教授, 研究生, 主要研究方向为教学和航空测试设备。

自行组装的“智能微粒”

美国科学家新近开发出一种“智能微粒”, 它能够进行自行组装、调整自身方向并感受周围环境, 在医疗和环境污染监测等领域均有潜在的用途。

所谓“智能微粒”, 实际上是大小相当于人头发丝般粗细的微型硅芯片。硅芯片的两个镜面能够分别与不同目标附着, 并通过产生相应的颜色变化, 提供有关目标的识别信息。

研究人员首先利用化学手段对与计算机芯片类似的常规尺寸硅芯片进行了处理, 在芯片两面分别蚀刻出反射镜面。这两个镜面具有不同的颜色和属性, 一面亲水, 另一面斥水。科学家们随后通过振动方法使芯片裂解成微型碎片, 其中每个碎片都是一颗“智能微粒”。

这些“智能微粒”被撒入水中后会自动进行排列, 亲水镜面朝向水面, 另一面则朝向空中。如果水中滴入无法溶解的油性物质, “智能微粒”会在油滴附近聚拢, 斥水的一面将朝向油滴, 同时颜色也会产生细微变化。“智能微粒”的颜色会随着不同的油性物质而发生相应变化, 据此就可以判断检测到的是什么物质。科学家们解释说, 虽然每个微型硅芯片的颜色变化难以观测, 但数十万个“智能微粒”能自动进行统一排列, 最终拼接成一个较大的反射镜, 在很远处便可以看见它发出的颜色信号。

赛勒教授称, “智能微粒”是朝研制沙粒大小的微型机器迈出的关键一步。科学家们希望最终开发出能在静脉或动脉血管中移动自如的智能化微型装置, 对特定化合物进行检测。类似装置还可能用于检验饮用水的纯净程度, 探测空气中的有害生物或化学物质, 甚至用于摧毁病人体内的肿瘤细胞。