

doi: 10.7690/bgzdh.2015.03.022

简易零飞测试系统的设计与应用

蔺翠郎, 栗洋, 臧文利, 杨博仑

(中国南方工业研究院第一研究室, 北京 100089)

摘要: 在分析零飞测试原理及需求的基础上, 介绍简易零飞测试系统的设计与应用。简易零飞测试系统是采用成熟的 CCD 相机、光学镜头、图像采集卡、传输光缆和工控计算机等硬件集成, 采用“实时图像采集+后期处理”的工作方式进行零飞测试, 对光轴校准原理和图像采集与处理方法进行了设计说明, 并进行了多个航次的目标图像跟踪采集示例应用。结果表明: 该系统具备实时采集、存储目标图像和后期图像处理的功能, 系统简单、成本低、使用方便, 可有效解决研制单位火炮跟踪测试设备缺乏的现状, 应用推广价值明显。

关键词: 零飞测试; 火炮; 跟踪脱靶量

中图分类号: TJ306 **文献标志码:** A

Design and Application of Simple Zero-Fly Testing System

Lin Cuilang, Li Yang, Zang Wenli, Yang Bolun

(No. 1 Research Department, China South Industries Research Academy, Beijing 100089, China)

Abstract: Based on analysis of zero-fly test principle and requirement, this article introduced the design and application of simple zero-fly testing system. The simple zero-fly testing system is integrated with CCD camera, optic lens, image acquisition card, optical fiber cable for transmission and industrial control computer which are existing products. Its working mode is making use of image real-time acquisition and post processing. The design of optical axis calibration and the disposal of image acquisition and processing are explained. And one application example of image acquisition of tracking target in multi-voyage is reported. The result indicates that, this testing system has function of real-time acquisition, target image storage and image post processing. And it is simple, low-cost and convenient. It can be applied for the test and verification of the dynamic tracking target performance of artillery on the developing stage of artillery system, and has obvious value to be popularized.

Keywords: zero-fly test; artillery; miss distance of tracking

0 引言

高炮武器火控系统的动态跟踪性能是直接影响系统命中或毁歼目标概率的关键因素, 在高炮武器系统研制阶段, 对火控系统的动态跟踪精度考核、分析可辅助发现影响系统性能的误差因素, 促进武器系统的相关性能调试, 以实现系统的动态跟踪性能要求^[1]。零飞测试系统作为系统动态跟踪精度测量必不可少的测试设备, 具备记录跟踪目标图像、图像处理和计算跟踪目标偏差量等功能, 获取高炮系统对目标现在点的动态跟踪误差。因此, 笔者对简易零飞测试系统的设计与应用进行分析研究。

1 零飞测试原理

零飞测试是对高炮武器系统动态跟踪目标现在点性能的综合测试, 可获取从目标跟踪至射击未来点解算、弹药发射前的整个系统动态精度^[2], 用于分析、检验系统对目标的跟踪性能、射击准备误差、目标数据平滑滤波效果、随动控制跟踪精度等, 通

常作为系统动态射击试验前的性能考核与检验。

零飞测试原理: 由火控雷达捕获目标并稳定跟踪, 高炮火控系统依据接收到的目标现在点数据, 控制随动系统对目标现在点进行跟踪, 或按射弹飞行时间 t_f 为零进行射击诸元解算, 控制火炮身管动态指向目标^[3]; 零飞测试系统利用安装在火炮身管上的摄像设备实时采集、记录火炮跟踪目标图像, 并打时标; 采集图像实时发送、存储在图像处理计算机内, 通过对图像后期处理, 得到火炮指向目标现在点的偏差量, 即系统的动态跟踪误差。

2 简易零飞测试系统

2.1 系统组成

该零飞测试系统主要包括数字成像模块、图像采集和存储模块以及后期图像处理模块 3 部分。

其中, 数字成像模块主要由高性能 CCD 相机、光学镜头和安装卡具等组成, 完成对目标的实时拍摄; 图像采集和存储模块包括图像采集卡、传输光

收稿日期: 2014-09-26; 修回日期: 2014-11-07

作者简介: 蔺翠郎(1981—), 男, 山西人, 博士, 高级工程师, 从事火炮武器系统总体技术研究。

缆，图像处理计算机和图像采集软件，完成对目标图像的实时采集和存储功能；图像处理模块主要是利用图像处理软件对目标图像进行目标提取和位置分析，计算得到身管指向与目标的偏差量。

该测试系统的硬件几乎全部采购成熟产品，整个系统成本低于3万元，远低于相关试验靶场定制零飞测试装备价格。测试系统软件是在PC平台上采用VC++6.0软件开发的零飞图像采集和处理软件。

该零飞测试系统连接示意如图1所示。

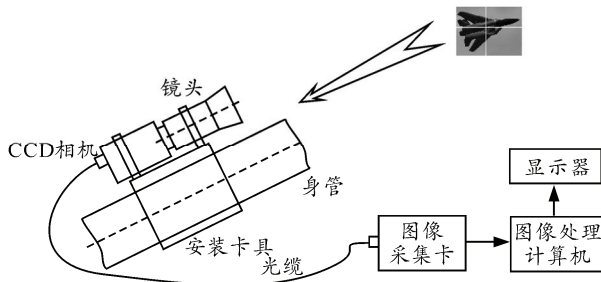


图1 零飞测试系统连接示意

2.2 测试系统工作过程

1) 通过光学镜头对靶机目标进行 CCD 成像，CCD 图像视频信号通过光缆传输到图像处理计算机图像采集卡，计算机实时显示跟踪目标图像，并将跟踪图像存储以待后期处理；

2) 利用图像处理软件对已存储的跟踪目标图像进行处理，通过图像分割、目标识别和取差处理，得到跟踪目标脱靶量的方位、高低误差，可得到目标与火炮身管指向的偏差，即火炮动态跟踪脱靶量。

2.3 光轴校准原理

在正式测量前，待安装固定好 CCD 成像设备后，应进行成像系统光轴与火炮身管指向(轴线方向)的校准，采用平行轴线校准的校靶方法^[4]，在某一固定距离 L 处固定一个靶标，靶上标记 2 个十字靶标，两靶标距离为零飞测试 CCD 相机光轴与火炮身管轴线间的距离 s ，校准时，使火炮身管轴线和零飞测试 CCD 相机图像中心分别瞄准十字靶标中心，校准示意如图 2 所示。

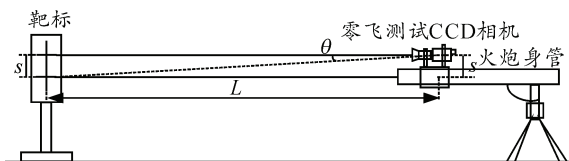


图2 平行校准示意

零飞图像采集与处理软件中，具备光轴校准辅助功能，可实时显示图像中心(即光轴)与十字靶标

的偏差量，有利于快速完成光轴校准准备工作。光轴校准软件界面如图 3 所示。



图3 光轴校准及图像采集软件界面

2.4 图像采集与处理

零飞测试的目的是获取火炮对目标的指向误差，通过计算机系统进行视频图像采集和处理，自动获取火炮身管指向与目标之间的量化误差，有效消除了人工判读所带来的误差因素。

目标图像采集工作主要由采集软件和高速图像采集卡完成，以 25 帧/s 的速率采集并存储目标图像；图像处理采用后期处理的方式，图像处理软件主要完成对原始图像进行靶标提取和脱靶量计算。

其中，图像处理软件中目标提取采用的方法是对图像数据进行轮廓跟踪分析，首先进行图像的对比度拉伸、图像二值化，然后进行图像分割、轮廓跟踪分析，确定目标区域范围；连续图像处理算法则采用了领域信息熵和均值漂移的 2 种图像跟踪算法，有效提高了对不同背景条件下的图像处理能力。

后期图像处理软件界面如图 4 所示，具备单帧处理、连续处理、初始位置制定和 2 种处理方式选择等功能，实时显示处理结果并存储脱靶量数据和处理后图像。

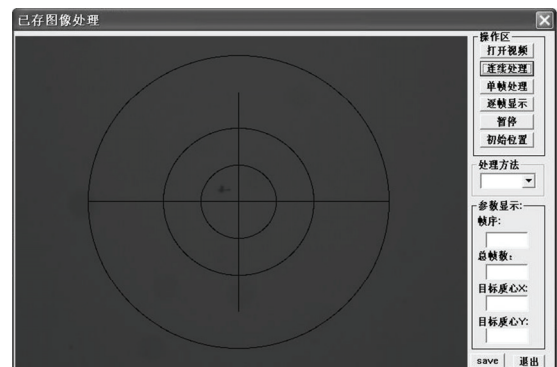


图4 图像处理软件界面

3 零飞测量系统的应用示例

试验场景：目标为航模靶机，飞行速度 70 m/s，高度 200 m，航路捷径 100 m。

表 1 零飞测试目标脱靶量数据

时间/s	脱靶量/mil		时间/s	脱靶量/mil	
	方位	高低		方位	高低
1	2.3	-6.5	16	3.8	-2.7
2	4.5	-4.3	17	1.1	-3.2
3	5.8	-1.2	18	0.8	-4.5
4	4.9	-0.6	19	1.7	-3.3
5	4.5	-2.5	20	2.0	-2.5
6	1.4	-4.6	21	3.3	-0.6
7	3.3	-3.3	22	1.3	0.3
8	5.1	0.1	23	1.3	-0.7
9	6.8	0.2	24	1.1	-2.5
10	2.2	-2.0	25	2.6	-2.4
11	0.9	-4.8	26	1.0	-1.6
12	2.1	-2.6	27	-1.6	-2.1
13	4.0	-1.0	28	1.0	-3.5
14	3.6	0.2	29	0.7	-0.4
15	1.8	-1.1	30	0	6.1

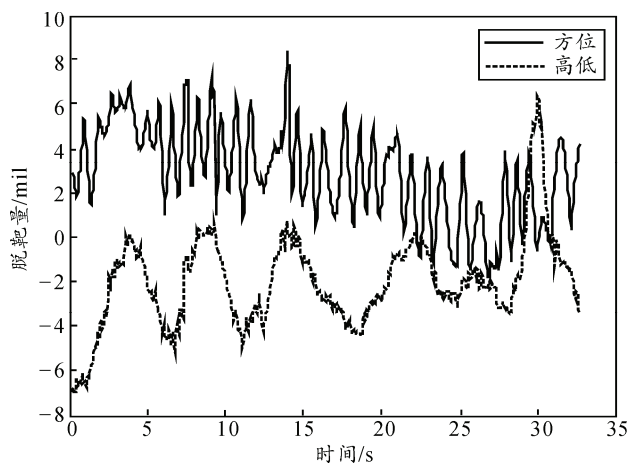


图 5 零飞测试目标脱靶量曲线

试验中，采用零飞测量系统进行了多个航次^[5]的目标图像跟踪采集，经过后期图像处理，得到的其中某一航次的目标跟踪脱靶量数据及曲线如表 1 和图 5 所示。

通过对零飞测试目标跟踪数据、火炮系统各环节目标数据与目标真值的误差数据等进行对比分析，找到了影响火炮跟踪目标现在点精度的关键因素，通过技术改进，很好地满足了系统跟踪性能指标要求，推进了系统项目的研制进展。

4 结论

该简易零飞测试系统主要基于市场成熟产品，系统简单、成本低、使用方便，为火炮系统研制中开展系统跟踪性能的测试、验证提供了高性价比的测试设备，可有效降低研制成本，加快推进项目研制进展，解决研制单位火炮跟踪测试设备缺乏的现状，具有较好的推广应用价值。

参考文献：

[1] 王春艳, 秦宏宇, 王志坚. 火炮动态跟踪精度测量系统 - 全数字零飞议[J]. 长春理工大学学报, 2004, 27(4): 44-48.

[2] 王新富. 防空兵射击学[M]. 郑州: 防空兵指挥学院, 2004: 96-157.

[3] 安振宙, 鲁小强, 涂彪. 高炮通用“零飞测试”系统的设计[J]. 兵工自动化, 2006, 25(7): 8-9.

[4] 张振友, 姜暄民, 赵勇. 某型高炮瞄准训练器的设计与实现[J]. 兵工自动化, 2014, 33(5): 71-73.

[5] 史海龙, 史慧敏, 王晶晶, 等. 高炮动态射击诸元检飞试验有效航次的判定方法[J]. 兵工自动化, 2014, 33(9): 76-79.