

doi: 10.7690/bgzdh.2015.02.003

## 基于目标真值数据的零飞精度测试方法

胡春晓, 石岩

(中国人民解放军 92941 部队 94 分队, 辽宁 葫芦岛 125000)

**摘要:** 针对传统零飞精度测试系统在使用过程中存在的问题和不足, 设计一种基于靶场目标真值数据的零飞精度测试方法。概述传统零飞精度测试原理和方法, 给出基于目标真值数据的零飞精度测试方法的测试原理、方法步骤和具体数据处理方法, 并将该方法应用到某火炮零飞精度试验中, 与传统零飞仪测试结果进行对比分析。结果表明: 该方法不仅能弥补零飞仪在操作使用过程中存在的不足, 而且其测试精度满足实际应用需求。

**关键词:** 火炮; 零飞精度测试; 真值数据; 靶场试验

**中图分类号:** TJ306 **文献标志码:** A

## A Zero-Fly Accuracy Test Method Based on True Value Data of Target

Hu Chunxiao, Shi Yan

(No. 94 Unit, No. 92941 Army of PLA, Huludao 125000, China)

**Abstract:** According to the problems and deficiencies in the application of the traditional zero-fly accuracy testing system, a zero-fly accuracy testing method based on range true value of target was designed. The conventional zero-fly accuracy testing principle and method was outlined, and the principle, steps and data processing method of the zero-fly accuracy testing method based on range true value was given. By using this method in a gun zero-fly accuracy test, the result was comparative analyzed to the test result of the conventional zero-fly accuracy testing system. It showed that not only this new method can fetch up the problems and deficiencies of the conventional zero-fly accuracy testing system, but also the precision of its result can satisfy the actual application requirement.

**Keywords:** gun; zero-fly accuracy test; true value data; range test

### 0 引言

零飞精度是火炮系统在靶场试验中评定系统战技性能的一项重要指标。所谓零飞精度是指当火炮系统在零飞工作方式(即设弹丸从炮口飞行至目标的时间为零,火炮身管的轴线应直接指向目标)下进行动态跟踪瞄准时,火炮身管的轴线指向目标的精确程度<sup>[1]</sup>。之前靶场零飞精度都由基于图像误差判读的零飞测试系统(零飞仪)测得,该测试系统具有测试精度高、结果直观可信等优点,但因为是光学测量系统,且受安装位置限制,其光轴与火炮身管轴线有不可消除的视差,所以也存在安装标校繁琐<sup>[2]</sup>、有效作用距离有限、使用条件对气象能见度过分依赖和结果处理智能化程度不高等不足。

随着靶场真值测量手段的增多及测量设备和测量技术的发展,靶场试验航路真值的测量效率和精度较以前都有了大幅提高<sup>[3]</sup>,特别是随着高精度差分卫星定位技术在靶场的应用与发展,目前试验航路目标真值的动态测量精度已达到分米级<sup>[4]</sup>,已能满足火炮武器系统零飞精度数据处理要求。因此基于靶场目标航路真值数据,研究新的火炮零飞精度

测试方法,不仅可以弥补现有零飞精度测试系统存在的不足,而且可以提高靶场测控数据资源的利用率,对丰富火炮零飞精度测试手段、降低零飞试验气象保障条件、提高零飞精度测试效率和结果的可信度都具有重要意义。

### 1 传统零飞精度测试原理与方法概述

零飞仪是传统零飞精度测量的主要设备,由电视测量头、零飞仪显控台和用于固定电视测量头的夹具等组成<sup>[5-6]</sup>,应用零飞仪测量火炮零飞精度的原理如图 1 所示。

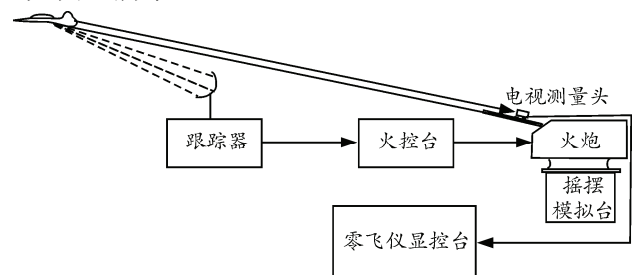


图 1 传统火炮零飞精度测试原理

使用零飞仪测量火炮零飞精度的方法步骤<sup>[7]</sup>为:

1) 安装与标定,将电视测量头通过专用夹具固

收稿日期: 2014-09-15; 修回日期: 2014-10-20

作者简介: 胡春晓(1987—),男,山东人,硕士,助理工程师,从事舰炮武器系统试验与鉴定研究。

定在火炮炮管根部，连接电视测量头与显控台之间电缆，通过瞄星等标校方法调整电视测量头光轴指向，使其与火炮瞄准线保持平行；

2) 试验录取，在进行零飞试验时，根据目标和背景成像特性，通过在零飞仪显控台上调整亮度及对比度，使目标图像清晰，利用零飞仪实时录取零飞视频图像；

3) 零飞精度判读，试验结束后，利用图像判读软件对录取的视频信号逐帧进行处理，得出系统不稳定高低角和不稳定方位角的误差数据，基于图像的零飞精度判读如图 2 所示。



图 2 基于图像的零飞精度判读

## 2 基于目标真值数据的零飞精度测试方法

### 2.1 测试原理

基于目标真值的零飞精度测试方法无需任何专用测试仪器，依托靶场现有测试资源得出目标真值数据，通过对目标真值数据和录取到的火炮身管指向数据进行综合处理，得出火炮系统在高低和方位 2 个方向上的零飞精度结果，其测试原理如图 3。

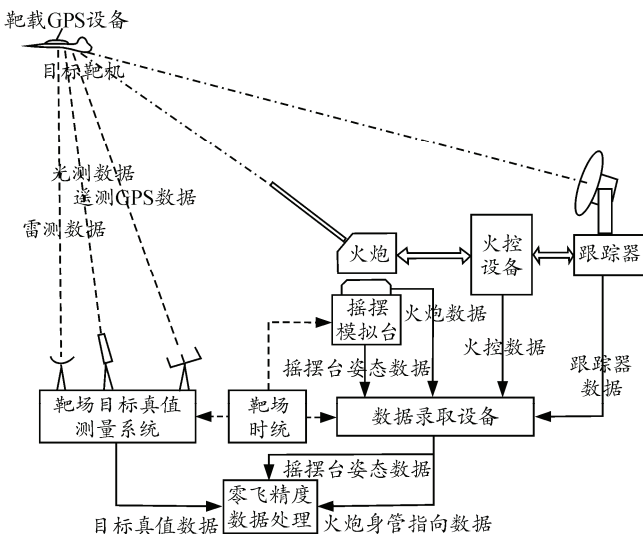


图 3 基于目标真值数据的零飞精度测量原理

进行测试时，以靶标(飞机、无人机、拖靶等)模拟目标按预定航路飞行，以模拟摇摆台模拟火炮载体按预定摇摆规律运行，目标的瞬时真值由靶场真值测量系统测得，摇摆台姿态数据和火炮身管指向数据由数据录取设备测得，由靶场时统信号控制靶场真值测量系统和数据录取设备采样同步，最后通过零飞精度数据处理得出火炮的零飞精度结果。

### 2.2 方法步骤

基于目标真值数据的火炮零飞精度测试主要分为火炮零位标定、零飞试验实施和精度结果处理 3 个步骤，具体方法步骤如下：

1) 火炮零位标定，根据靶场固定靶标位置信息，通过调整火炮安装基座或更改火控设备设置，使火控设备中火炮零位显示与靶场基准坐标系零位相一致；

2) 零飞试验实施，在靶场试验指挥系统的统一指挥下，按照预定航路和流程进行火炮零飞试验，并实时获取记录目标真值数据、模拟摇摆台姿态数据和火炮身管指向数据；

3) 精度结果处理，按照动态精度试验数据处理的流程和规范，处理符合精度要求的结果数据，并形成规范的数据处理结果报告。

### 2.3 数据处理方法

不同于基于图像判读的零飞精度处理方法，该零飞精度数据处理主要应用基线修正、坐标系转换、方位旋转变换和摇摆坐标变换等公式，将目标真值数据转到与火炮身管所处的同一个球坐标系下，进而通过将同时刻录取到的火炮身管架位数据与其作差，得出零飞精度结果。具体数据处理流程如图 4。

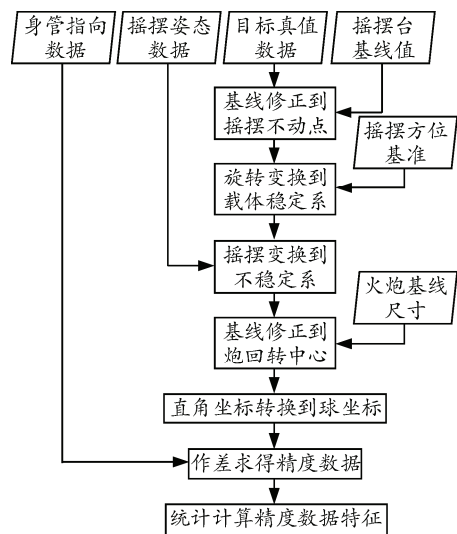
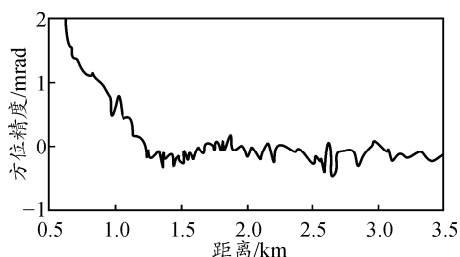


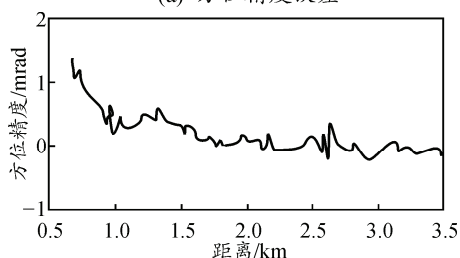
图 4 基于目标真值数据的零飞精度数据处理流程

### 3 应用实例分析

基于上述测试方法,应用 Matlab 编程实现基于靶场目标真值数据的零飞精度数据处理软件<sup>[8]</sup>,应

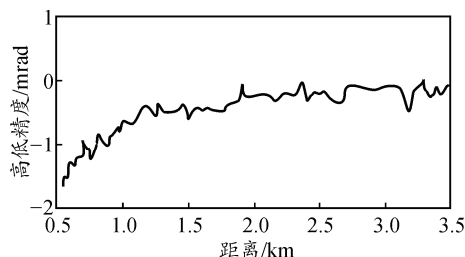


(a) 方位精度误差

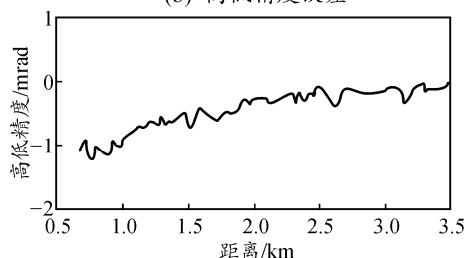


(c) 方位精度测试结果

用此软件对某型火炮零飞精度进行处理,得出高低和方位零飞误差曲线如图 5(a)、(b)所示,图 5(c)、(d)为对应零飞仪测试结果。



(b) 高低精度误差



(d) 高低精度测试结果

图 5 基于目标真值数据得出的零飞精度结果

对比两结果可见:远距离断两结果非常吻合,近距离断两结果之间逐渐出现趋势性误差,分析可知,这主要是由零飞仪电视测量头安装位置与火炮身管轴线存在的视差导致的,表明基于靶场目标真值数据测试火炮零飞精度的方法不仅可以满足测试要求,而且能够从测量原理上消除零飞仪存在的系统性测量误差。

### 4 结束语

笔者针对传统零飞精度测试系统在使用过程中存在的不足,基于靶场目标真值测量精度大幅提高这一事实,提出并设计了基于靶场目标真值数据的零飞精度测试方法,并将该方法应用到某火炮零飞精度试验数据处理中。通过将测试结果与传统零飞仪测试结果对比分析,得出在现有靶场保障条件下,该零飞精度测试方法不仅能够弥补零飞仪在操作使用过程中存在的不足,而且其测试精度满足实际应用需求的结论。

### 参考文献:

- [1] 黄守训, 杨榜林, 田颖, 等. 舰炮武器系统试验与鉴定[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005: 85-93.
- [2] 王晓曼, 陈智强, 景文博, 等. 高炮零飞指标定量测试标校方法[J]. 红外与激光工程, 2012, 41(8): 2201-2205.
- [3] 杨榜林, 岳全发. 军事装备试验学[M]. 北京: 国防工业出版社, 2002: 125-143.
- [4] 张业旺, 李治安, 卢艳娥, 等. GPS 差分基准站高精度基准坐标测定方法研究[J]. 科学技术与工程, 2012, 12(25): 6346-6361.
- [5] 孙朝江, 赵海丽, 安宏伟. 基于虚拟仪器的零飞测试系统的研究[J]. 长春理工大学学报: 自然科学版, 2012, 35(1): 53-55.
- [6] 王春艳, 秦宏宇, 王志坚. 火炮动态跟踪精度测量系统: 全数字零飞仪[J]. 长春理工大学学报: 自然科学版, 2004, 27(4): 44-48.
- [7] 朱捷, 肖慧鑫, 安振宙. 基于零飞测试的高炮武器系统动态精度研究[J]. 自动测量与控制, 2007, 26(5): 70-72.
- [8] 陈杰. Matlab 宝典[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007: 293-315.