

光电装备炸点校射试验技术研究

李忠升,田超,王佳笑
(63870 部队,陕西 华阴 714200)

摘要:立足光电装备炸点校射的考核需求,从光电装备炸点校射的原理出发,分析了其指标含义和原有试验方法存在的问题,结合光电装备炸点校射能力和装备作战使用,设计了试验和评估方法,解决了光电装备炸点校射的试验设计与结果评价问题。

关键词:光电;校射;试验技术

中图分类号:TH745 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2017.01.015

Study on shoot correction of explosive coordinate for photoelectric equipment

LI Zhong-sheng, TIAN Chao, WANG Jia-xiao
(63870 PLA troops, Huayin 714200, china)

Abstract: According to the requirement of explosive coordinate shoot correction for photoelectric equipment, the principle of explosive coordinate shoot correction for photoelectric equipment was introduced, and the ability of explosive coordinate shoot correction was analyzed. Combined with the use of equipment in combat, the experiment and assessment method were designed. The experimental results show that the accuracy of explosive coordinate shoot correction reaches 10 m, which meets the requirement of explosive coordinate shoot correction for photoelectric equipment.

Key words: photoelectric equipment; shoot correction; test technology

1 引言

高精度打击一直是火炮武器系统追求的目标。火炮就自身而言,其打击精度是火炮各组成部分的精度综合,为了提高打击精度,只能不断提高其各组成部分的精度,然而,各组成部分精度的提高总是有限的。为了进一步提高打击效果,人们根据控制系统的原理,建立了打击精度校正理论。火炮武器就射击效果而言,若未实现射击效果反馈校正,则属于开环系统,若实现了反馈校正,则构成了完整的闭环网络,这就是火炮校射^[1]。

火炮校射的方式多种多样,从平台看,有直升机校射^[2]、无人机校射^[3]、侦察车校射、地面单兵校射等,从所用技术手段看,有雷达校射、光电校射等,从

校射方式看,有弹道校射、落点校射和炸点校射等。与雷达相比,光电探测具有隐蔽性和精度高的优点^[4]。近年来,随着大面阵、高灵敏度光电探测器技术的进步、计算机运算速度的大幅提升和数字图像处理技术的长足发展^[5],利用光电图像处理的方法进行校射成为可能。近几年的炮兵侦察车、中程高速无人侦察机、系列指挥侦察车等试验任务均提出了光电校射指标考核任务。

目前,光电校射考核的方法是:依据圆概率误差的指标要求,实弹射击考核,射击3组、每组10发,然后根据每发弹炸点实际坐标与光电装备测量坐标统计计算圆概率误差。从概念看,现有圆概率误差的指标,没有反映修正需要的炸点偏差,从指标要

求看,由于每发弹的炸点不同,没有一个固定的圆心,圆概率误差的指标要求显然是不合适的,另外,现有的试验方法没有体现对于作战至关重要的校正所需时间,更没有反映校正后火炮对目标的打击准确度。

由于军标中尚没有光电校射的试验方法和结果判据。现有考核方法存在的不足和型号试验考核的需求,需要我们开展光电装备炸点校射试验技术研究。

2 车载光电装备炸点校射原理与校射能力分析

如图1所示,前方侦察车在进入敌方目标区域后,升起桅杆,当发现敌方目标后,迅速用北斗定位系统完成自身定位,启动定位导航仪寻北,通过操作光电侦察席操控光电转塔,控制 CCD 电视/热像仪和激光测距机对目标进行侦察定位,获取目标信息。前方侦察车将获取的目标定位信息传输至阵地指挥车,阵地指挥车依据炮位坐标和目标坐标进行射击诸元计算,并下达射击口令给阵地火炮群,阵地火炮群装订各自射击诸元进行火炮射击。

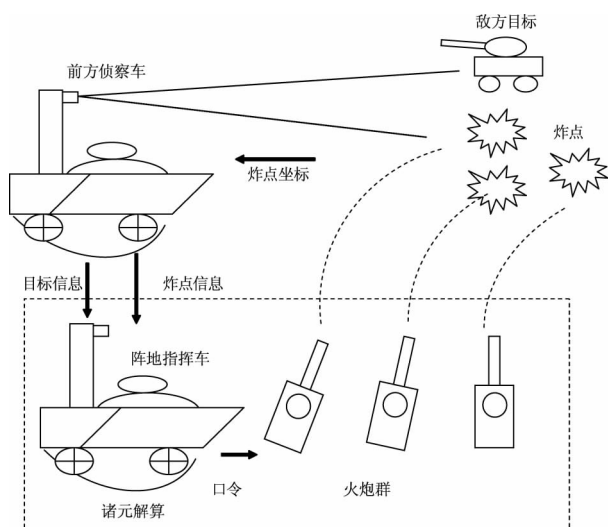


图1 侦察车光电装备炸点校射原理图

Fig. 1 Explosive coordinate shoot emendation interactions of photoelectric equipment in reconnaissance vehicle

前方侦察车观察火炮射击炸点和目标,并对炸点坐标进行测量,计算两者的偏差量(也可由阵地指挥车计算),并把偏差信息(炸点坐标)传输给阵地指挥车,阵地指挥车根据目标与炸点的偏差进行射击诸元修正计算,并把修正后的射击诸元信息传输给阵地火炮群,下达射击口令,完成火炮炸点校射。

指挥侦察车光电校射由定位定向系统、目标观

测系统和信息处理与传输系统三个系统组成。其中,定位定向系统一般由北斗定位系统和惯性导航系统组成,用于完成目标自身定位;目标观测系统由光电稳定平台、CCD 和红外热像仪、激光测距机、机电测角仪等组成,用于测定目标水平和高程坐标;信息处理与传输系统由计算机、电台等组成,用于信息处理和数据传输。

光电装备的炸点校射能力包括炸点校射精度和校射时间两个方面,其中,炸点校射精度包括水平校射精度和高程校射精度。

2.1 炸点水平校射精度

炸点水平校射精度包括激光测距机的测距精度、惯性导航系统的寻北精度、机电测角仪的水平测角精度、指挥侦察车自身水平定位精度引起的水平方位角误差、瞄准误差、平台稳定性带来的方位角误差等。

指挥侦察车自身定位由北斗系统确定,根据公开报道,北斗二代的水平定位精度和高程精度均在 10 m 左右,5 km 校射时引起的水平定位精度引起的方位角误差 0.1 mil。

惯性导航系统的寻北精度取 1 mil,机电测角仪的水平测角精度取 2 mil,指挥侦察车自身水平定位精度引起的方位角误差 0.1 mil,瞄准误差 0.1 mil,平台稳定性带来的方位角误差取 0.3 mil,不可预见误差取 1 mil。则总的角度误差:

$$\sqrt{1^2 + 2^2 + 0.1^2 + 0.1^2 + 0.3^2 + 1^2} = 2.47 \text{ mil} \quad (1)$$

取校射距离 5 km,激光测距机的测距精度 5 m,炸点水平校射精度:

$$\sqrt{5^2 + (5000 \times \tan 2.47 \text{ mil})^2} = 13.32 \text{ m} \quad (2)$$

2.2 炸点高程校射精度

炸点高程校射精度包括激光测距机的测距精度、机电测角仪的俯仰测角精度、指挥侦察车自身高程定位精度引起的高低角角误差、瞄准误差、平台稳定性带来的高低角误差等。

机电测角仪的俯仰测角精度取 2 mil,指挥侦察车自身高程定位精度引起的高低角误差 0.1 mil,瞄准误差 0.1 mil,平台稳定性带来的俯仰角误差取 0.3 mil,不可预见误差取 1 mil。则总的角度误差:

$$\sqrt{2^2 + 0.1^2 + 0.1^2 + 0.3^2 + 1^2} = 2.26 \text{ mil} \quad (3)$$

取校射距离 5 km,激光测距机的测距精度 5 m,炸点高程校射精度:

$$\sqrt{5^2 + (5000 \times \tan 2.26 \text{ mil})^2} = 12.36 \text{ m} \quad (4)$$

2.3 校射时间

校射时间就是从光电装备发现炸点到完成校射的时间。包括光电装备从发现炸点、测量出炸点坐标到传输给阵地指挥车的时间,阵地指挥车接收完信息、进行修正诸元计算、到下达射击口令给火炮的时间,火炮从接收到射击口令、装订射击诸元、到发射第一发弹药的时间。单发校射一般在几十秒内完成。

3 试验设计与实施方法

根据以上分析,应对射击3组、每组10发根据每发弹炸点实际坐标与光电装备测量坐标统计计算圆概率误差的原有试验方法进行修正,由于光电装备炸点校射性能属于作战使用性能,根据装备在作战中怎么用,性能就怎么考的原则设计试验方法。根据光电装备炸点校射精度和校射时间分析,采用差分GPS测量炸点坐标作为炸点坐标和炸点距离真值,使用秒表测量校射时间。

3.1 试验条件

符合侦察车光电作业和火炮射击的自然环境,前方侦察车、阵地指挥车各1辆,火炮1门,40发实弹真引信弹药,目标为废旧坦克(或4 m×6 m的木板靶),目标与光电校射阵地之间的距离约5 km,满足通视条件。

3.2 试验方法与步骤

第一步:阵地指挥车和火炮进入射击阵地,完成阵地连测,为火炮定位、赋予射向。

第二步:前方侦察车以惯性/卫星组合定位方式行驶约5 km进入侦察校射阵地,桅杆全升,通过操作光电侦察席控制CCD电视对目标进行侦察定位,获取目标信息。

第三步:前方侦察车将获取的目标信息传输给阵地指挥车,阵地指挥车依据炮位坐标和目标坐标进行射击诸元计算,并下达射击口令给火炮,火炮装订射击诸元进行单发射击,射击弹药10发。前方侦察车光电侦察席选择校射模式,观察炸点、测量炸点坐标,并把测量结果传输给阵地指挥车。

记录光电装备从发现炸点、测量出炸点坐标到传输给阵地指挥车的时间 t_1 。

在10发弹药射击完毕后,根据公式(5)和公式(6)计算距离中间误差和方向中间误差。

$$E_d = 0.6745 \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - d_0)^2} \quad (5)$$

$$E_\alpha = 0.6745 \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\alpha_i - \alpha_0)^2} \quad (6)$$

式中, E_d 为距离中间误差,m; E_α 为方位中间误差,mil; n 为试验次数; d_i 为第 i 个炸点的距离测试值,m; d_0 为第 i 个炸点的距离真值,m; α_i 为第 i 个炸点坐标方位角测试值,mil; α_0 为第 i 个炸点坐标方位角真值,mil。

依据公式(7)计算射击精度:

$$E = 0.5887 \left(\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - x_0)^2}{n}} + \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_0)^2}{n}} \right) \quad (7)$$

式中, E 为水平圆概率误差,m; x_i 为第 i 发弹炸点 X 坐标真值,m; y_i 为第 i 发弹炸点 Y 坐标真值,m; x_0 为目标的 X 坐标真值,m; y_0 为目标的 Y 坐标真值,m; n 为有效炸点总数。

第四步:阵地指挥车接收到侦察车的信息后,依据侦察车测量的10发弹的炸点坐标进行修正诸元计算,并下达射击口令给火炮,火炮装订修正后的射击诸元进行单发射击,射击弹药10发。前方侦察车光电侦察席选择校射模式,观察炸点、测量炸点坐标,并把测量结果传输给阵地指挥车。

记录阵地指挥车从接收完信息、进行修正诸元计算、到下达射击口令给火炮的时间 t_2 。

记录火炮从接收到射击口令、装订射击诸元、到发射第一发弹药的时间 t_3 。

依据公式(5)和公式(6)计算距离中间误差和方向中间误差。

依据公式(7)计算射击精度,与未校射射击精度比较,计算射击精度提高度。

$$\text{火炮校射时间} = t_1 + t_2 + t_3$$

第五步:将CCD改为红外热像仪,重复第一到第四步。

3.3 试验测试误差分析

试验误差包括火炮停放误差,目标位置误差和炸点测量误差,试验前用差分GPS测量火炮位置和目标位置,试验后用差分GPS测量炸点位置,使用秒表测量校射时间。火炮和目标停放误差均按0.2 m计算,炸点测量误差包括差分GPS放置误差和炸点测量误差,按0.5 m计算,秒表误差按1 s计算,则总误差:

校射精度总试验误差:

$$\sqrt{0.2^2 + 0.2^2 + 0.5^2} \approx 0.57 \text{ m} \quad (8)$$

校射时间总试验误差:

$$\sqrt{1^2 + 1^2 + 1^2} \approx 1.7 \text{ s} \quad (9)$$

由于光电装备炸点校射精度在10 m以上,校射时间以10 s计算,则试验测试误差满足光电装备炸点校射试验要求。

4 结束语

本文结合某型指挥侦察车试验考核的需要,在现有光电装备炸点校射试验存在问题分析的基础上,从作战使用出发,提出了闭环试验考核的新方法,解决了光电装备炸点校射的试验设计与结果评价问题。下一步,在继续完善的基础上,将该方法写入光电装备炸点校射考核军标。

参考文献:

- [1] BI Wenlan, YANG Kaizi. Think about the project realization of closed loop shoot emendation[J]. Fire Control and Command Control, 2008, 33(7): 146 - 148. (in Chinese)
毕文兰, 杨恺滋. 大闭环校射工程的实现[J]. 火力与指挥控制, 2008, 33(7): 146 - 148.
- [2] GAO Caixi, ZHONG Yixing. The methods and analysis of the simulating accuracy of armed helicopter spotting artillery firing [J]. Journal of Projectiles, Rockets, Missiles and Guidance, 2010, 30(1): 216 - 218. (in Chinese)
- [3] WANG Hongxin, BAO Hua, SUN Ye. Analyze of the reconnaissance regulating ammunition UAV to achieves the continuous location regulating ammunition goal [J]. Fire Control and Command Control, 2008, 33(51): 92 - 93, 95. (in Chinese)
王宏新, 包化, 孙烨. 炮兵侦察校射无人机连续定位校射的应用分析[J]. 火力与指挥控制, 2008, 33(51): 92 - 93, 95.
- [4] LI Kang, YANG Shaoqing, LIU Songtao, et al. The Study on Closed-loop Fire Calibration Technology Based on Photoelectricity [J]. Journal of Projectiles, Rockets, Missiles and Guidance, 2011, 31(6): 223 - 225. (in Chinese)
李亢, 杨绍清, 刘松涛, 等. 基于光电的闭环校射技术研究[J]. 火箭与控制学报, 2011, 31(6): 223 - 225.
- [5] ZHANG Jianqi, FANG Xiaoping. Infrared Physics [M]. Xi'an: Xidian University Press, 2004. (in Chinese)
张建奇, 方小平. 红外物理[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2004.