

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.07.022

双经纬仪调炮精度检测系统

曾刊, 赖文娟

(中国兵器工业第五八研究所军品部, 四川 绵阳 621000)

摘要: 针对数字化火控系统调炮精度检测手段匮乏的问题, 设计出双经纬仪调炮精度检测系统。在对该系统组成及工作原理描述、数学建模和算法公式推导的基础上, 在 Windows XP 系统下采用 VC++6.0 完成了检测软件的编程实现, 系统研制完成后在某车载炮上进行了试验验证。实验结果表明: 该系统提高了检测精度和工作效率, 可作为调炮精度指标的有效检测手段。

关键词: 火控系统; 数字式经纬仪; 调炮精度; 检测系统

中图分类号: TP274 **文献标志码:** A

Gun Slaving Precision Detecting System of Double-Theodolite

Zeng Kan, Lai Wenjuan

(Dept. of Armament Products, No. 58 Research Institute of China Ordnance Industries, Mianyang 621000, China)

Abstract: In order to measure the gun slaving precision as an important target of fir control system, designed the gun slaving precision detecting system of double-theodolite. Firstly, on its system composition and working theory, proceed with math-modeling and algorithmic formulas deduction. Secondly, based on Windows XP system, the detection software programming is accomplished by VC++6.0. Finally, after system finished, progress experimental verification on certain vehicular howitzer. Finally, testing and verification for the design system is use out on some model of Vehicular howitzer. The experiment results verify that the design could be the effective measurement means of gun slaving precision target, which heightens the measurement precision and the working effect.

Keywords: fire control system; digital theodolite; gun slaving precision; detecting system

0 引言

随着武器装备自动化、信息化程度的日益提高, 压制火炮实现首发命中、精确打击的呼声高涨, 而传统的手工调炮操作, 由于其象限仪、周视镜等赋予射角和射向的工具加工精度受限, 且人工装订误差受控, 不能满足高精度打击的需求。因此, 越来越多的武器装备火控系统配备了火控计算机、伺服系统、角度传感器等组件, 实现了自动调炮等数字化操作功能, 有效地提高了操瞄精度^[1]。为了保证火控系统具有较高的自动操瞄精度, 在装配调试和维护保养时需要检测工具进行测量校准, 笔者设计了一套双经纬仪调炮精度检测系统, 为总装总调、出厂检验、军检提供一种调炮精度指标的检测手段。

1 基础平台架构

1.1 系统组成

双经纬仪调炮精度检测系统基础平台架构由 2 台高精度数字式经纬仪(或全站仪)、笔记本电脑(或台式机)、调炮精度检测软件、串口数据线等组成。

1.2 主要工作原理

双经纬仪调炮精度检测系统的工作原理是: 数

字式经纬仪将检测到的身管位置角度数据, 通过串口数据线发送到安装有调炮精度检测软件的笔记本电脑, 调炮精度检测软件根据双经纬仪测得的身管轴线炮口测点和炮尾测点的 4 个方位角、4 个高低角数据进行自动解算, 得到身管轴线与大地水平面的高低角以及身管轴线与双经纬仪中心连线的方向角^[2], 再与输入的装订诸元进行比较得到调炮误差, 选取好样本量统计后对调炮精度是否合格判定。

2 调炮精度检测软件设计

2.1 数学模型的建立

调炮精度检测模型示意图如图 1。

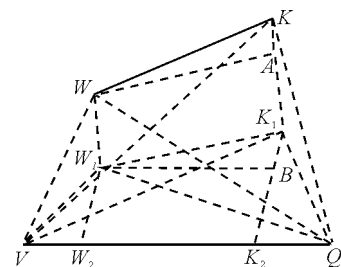


图 1 调炮精度检测模型示意图

点 W 为火炮身管炮尾测点, 点 K 为火炮身管炮口测点, 线段 WK 代表火炮身管轴线, 点 V 为炮尾

经纬仪回转中心点,点 Q 为炮口经纬仪回转中心点, 线段 VQ 为双经纬仪回转中心点连线, 假设双经纬仪架设 在同一水平面上, 则线段 VQ 位于水平面上, 点 W_1 、 K_1 分别为点 W 、 K 在线段 VQ 所在水平面上的投影点, 以点 W_1 、 K_1 分别向 VQ 作垂线交于 W_2 、 K_2 点, 以点 W 向 KK_1 作垂线交于 A 点, 以点 W_1 向 K_1K_2 作垂线交于 B 点。

炮口和炮尾两经纬仪在测试前先调平和对瞄归零^[3], 然后分别瞄准火炮身管炮口和炮尾测点, 则可测出 4 个方位角和 4 个高低角数据。即已知条件为方位角: $\angle QVW_1$ 、 $\angle QVK_1$ 、 $\angle VQK_1$ 、 $\angle VQW_1$, 高低角: $\angle WW_1$ 、 $\angle KVK_1$ 、 $\angle KQK_1$ 、 $\angle WQW_1$; 需推导计算的角度为方位角 $\angle BW_1K_1$ 和高低角 $\angle KWA$ 。

2.2 公式算法推导

设线段 VQ 长度为 l , 令 $\angle QVK_1=\angle 1$ 、 $\angle QVW_1=\angle 2$ 、 $\angle VQK_1=\angle 3$ 、 $\angle VQW_1=\angle 4$ 、 $\angle WW_1=\angle 5$ 、 $\angle KVK_1=\angle 6$ 、 $\angle WQW_1=\angle 7$ 、 $\angle KQK_1=\angle 8$ 、 $\angle BW_1K_1=\angle 9$ 、 $\angle KWA=\angle 10$, $\angle 1$ 至 $\angle 8$ 为已知量, 则 $\angle 9$ 和 $\angle 10$ 为所需求取量。

2.2.1 火炮身管轴线相对于双经纬仪中心线的水平方位角计算

在 $\triangle VW_1Q$ 中, 由正弦定理可得:

$$VW_1 = \frac{l \times \sin \angle 4}{\sin(\angle 2 + \angle 4)}$$

$$QW_1 = \frac{l \times \sin \angle 2}{\sin(\angle 2 + \angle 4)}$$

$$\angle 9 = \text{atan} \frac{K_1B}{W_1B} = \text{atan} \left(\frac{\sin \angle 1 \times \sin \angle 3 \times \sin(\angle 2 + \angle 4) - \sin \angle 4 \times \sin \angle 2 \times \sin(\angle 1 + \angle 3)}{\sin \angle 3 \times \cos \angle 1 \times \sin(\angle 2 + \angle 4) - \sin \angle 4 \times \cos \angle 2 \times \sin(\angle 1 + \angle 3)} \right) \tag{1}$$

$$W_1K_1 = \frac{K_1B}{\sin \angle 9} = \frac{l \times \sin \angle 1 \times \sin \angle 3}{\sin(\angle 1 + \angle 3) \sin \angle 9} - \frac{l \times \sin \angle 4 \times \sin \angle 2}{\sin(\angle 2 + \angle 4) \sin \angle 9}$$

2.2.2 火炮身管轴线相对于大地水平面的高低角计算

由于炮口与炮尾经纬仪架设时并不能保证其回转中心点在同一水平面上, 但根据经纬仪的测量原理可知, 其测得的方位角不受此影响, 被测点的高低角会造成不匹配, 那么在计算时通过避免双经纬仪的高低角交叉使用可以解决此问题。

1) 基于炮尾经纬仪的计算:

在 $\triangle WW_1$ 中:

则在 $\triangle VW_1W_2$ 中:

$$VW_2 = \frac{l \times \sin \angle 4 \times \cos \angle 2}{\sin(\angle 2 + \angle 4)}$$

$$W_1W_2 = \frac{l \times \sin \angle 4 \times \sin \angle 2}{\sin(\angle 2 + \angle 4)}$$

在 $\triangle VK_1Q$ 中, 由正弦定理可得:

$$VK_1 = \frac{l \times \sin \angle 3}{\sin(\angle 1 + \angle 3)}$$

$$QK_1 = \frac{l \times \sin \angle 1}{\sin(\angle 1 + \angle 3)}$$

则在 $\triangle K_1K_2Q$ 中:

$$K_1K_2 = \frac{l \times \sin \angle 1 \times \sin \angle 3}{\sin(\angle 1 + \angle 3)}$$

$$QK_2 = \frac{l \times \sin \angle 1 \times \cos \angle 3}{\sin(\angle 1 + \angle 3)}$$

在 $\triangle K_1K_2V$ 中:

$$VK_2 = \frac{l \times \sin \angle 3 \times \cos \angle 1}{\sin(\angle 1 + \angle 3)}$$

在四边形 VQR_1W_1 中有:

$$W_1B = W_2K_2 = VK_2 - VW_2 = \frac{l \times \sin \angle 3 \times \cos \angle 1}{\sin(\angle 1 + \angle 3)} - \frac{l \times \sin \angle 4 \times \cos \angle 2}{\sin(\angle 2 + \angle 4)}$$

$$K_1B = K_1K_2 - W_1W_2 = \frac{l \times \sin \angle 1 \times \sin \angle 3}{\sin(\angle 1 + \angle 3)} - \frac{l \times \sin \angle 4 \times \sin \angle 2}{\sin(\angle 2 + \angle 4)}$$

在 $\triangle K_1BW_1$ 中有:

$$WW_1 = VW_1 \times \tan \angle 5 = \frac{l \times \sin \angle 4 \times \tan \angle 5}{\sin(\angle 2 + \angle 4)}$$

在 $\triangle KVK_1$ 中:

$$KK_1 = VK_1 \times \tan \angle 6 = \frac{l \times \sin \angle 3 \times \tan \angle 6}{\sin(\angle 1 + \angle 3)}$$

在 $\triangle KWA$ 中:

$$KA = KK_1 - WW_1 = \frac{l \times \sin \angle 3 \times \tan \angle 6}{\sin(\angle 1 + \angle 3)} - \frac{l \times \sin \angle 4 \times \tan \angle 5}{\sin(\angle 2 + \angle 4)}$$

$$WA = W_1K_1 = \frac{l \times \sin \angle 1 \times \sin \angle 3}{\sin(\angle 1 + \angle 3) \sin \angle 9} - \frac{l \times \sin \angle 4 \times \sin \angle 2}{\sin(\angle 2 + \angle 4) \sin \angle 9}$$

$$\angle 10 = \text{atan} \frac{KA}{WA} = \text{atan} \left(\frac{\sin \angle 9 \times [\sin \angle 3 \times \tan \angle 6 \times \sin(\angle 2 + \angle 4) - \sin \angle 4 \times \tan \angle 5 \times \sin(\angle 1 + \angle 3)]}{\sin \angle 1 \times \sin \angle 3 \times \sin(\angle 2 + \angle 4) - \sin \angle 4 \times \sin \angle 2 \times \sin(\angle 1 + \angle 3)} \right) \quad (2)$$

2) 基于炮口经纬仪的计算:

在 $\triangle WQW_1$ 中:

$$WW_1 = QW_1 \times \tan \angle 7 = \frac{l \times \sin \angle 2 \times \tan \angle 7}{\sin(\angle 2 + \angle 4)}$$

在 $\triangle KQK_1$ 中:

$$KK_1 = QK_1 \times \tan \angle 8 = \frac{l \times \sin \angle 1 \times \tan \angle 8}{\sin(\angle 1 + \angle 3)}$$

$$\angle 10 = \text{atan} \frac{KA}{WA} =$$

$$\text{atan} \left(\frac{\sin \angle 9 \times [\sin \angle 1 \times \tan \angle 8 \times \sin(\angle 2 + \angle 4) - \sin \angle 2 \times \tan \angle 7 \times \sin(\angle 1 + \angle 3)]}{\sin \angle 1 \times \sin \angle 3 \times \sin(\angle 2 + \angle 4) - \sin \angle 4 \times \sin \angle 2 \times \sin(\angle 1 + \angle 3)} \right) \quad (3)$$

2.3 软件实现

软件是在 Windows XP 系统下通过 VC++6.0 编译完成的, 为基于对话框类的 Win32 可执行应用程序。调炮精度检测软件由 Set.ini、PCOMM.DLL、DPJDTest.exe 3 个文件组成, 其中 Set.ini 为初始化数据文件, PCOMM.DLL 为动态链接库文件, DPJDTest.exe 为主体可执行文件。当测试完成时, 通过点击软件界面上的按钮还可生成用户所需的记录文件“结论数据.txt”和“数据 ALL.txt”, 软件界面如图 2。



图 2 调炮精度检测软件界面

3 试验验证

使用该双经纬仪调炮精度检测系统对某车载火炮调炮精度进行了测试, 其检测数据如表 1。

在四边形 WW_1K_1A 中有:

$$KA = KK_1 - WW_1 =$$

$$\frac{l \times \sin \angle 1 \times \tan \angle 8}{\sin(\angle 1 + \angle 3)} - \frac{l \times \sin \angle 2 \times \tan \angle 7}{\sin(\angle 2 + \angle 4)}$$

$$WA = W_1K_1 =$$

$$\frac{l \times \sin \angle 1 \times \sin \angle 3}{\sin(\angle 1 + \angle 3) \sin \angle 9} - \frac{l \times \sin \angle 4 \times \sin \angle 2}{\sin(\angle 2 + \angle 4) \sin \angle 9}$$

在 $\triangle KAW$ 中有:

表 1 某套火控系统调炮精度检测数据记录表 密位

口令调炮方位	口令调炮表尺	实际调炮方位误差	实际调炮表尺误差
0	0	0.05	-0.02
0	500	0.12	0.20
0	1 000	-0.22	0.15
500	0	0.18	-0.23
500	500	-0.38	0.42
500	1 000	-0.55	0.68
-500	0	0.29	0.33
-500	500	-0.44	0.52
-500	1 000	-0.82	0.46
均方差		0.41	0.39

4 结束语

该检测系统已应用于某型号项目的研制和批量生产过程中, 实现了检测数据的自动采集和处理, 提高了检测人员的工作效率, 具有较高的检测精度^[4]。作为数字化火控系统调炮精度这一重要指标的有效检测手段, 该系统可推广应用到其它火控系统产品调炮精度检测中。

参考文献:

- [1] 姚雾云, 徐德友. 某型自行火炮火控系统检测系统[J]. 兵工自动化, 2010, 29(12): 69-72.
- [2] 傅建平, 李国章, 石志愿. 火炮瞄准线偏移量检查新方法及其精度分析[J]. 火炮发射与控制学报, 2002(2): 39-41.
- [3] 徐忠阳. 全站仪原理与应用[M]. 北京: 解放军出版社, 2003.
- [4] 刁中凯, 蒋永瑜. 火炮调炮精度检测技术[J]. 四川兵工学报, 2008, 29(2): 48-50.