

【兵器与装备】

# 基于程控多齿分度台和 CCD 图像处理的 经纬仪自动检定\*

刘学明, 陈建端

(重庆建设工业有限责任公司 计量理化中心, 重庆 400050)

**摘要:**提出一种基于程控多齿分度台和 CCD 图像处理的经纬仪自动化检定系统, 采用计算机控制程控多齿分度台转动, 用 CCD 图像处理系统进行十字线瞄准, 实现测量过程的半自动化。

**关键词:**经纬仪; 程控多齿分度台; 自动检定

**中图分类号:** TH761.1

**文献标识码:** B

**文章编号:** 1006-0707(2008)05-0018-04

经纬仪是用于测量水平角和竖直角的高精度精密仪器, 它广泛应用于大地测量、工程测量、矿山测量和计量工作中。随着科学技术的发展, 经纬仪的精度越来越高, 电子化程度和性能更加完善。在国防系统中已广泛应用于型号发射、跟踪测控、火炮瞄准、卫星天线、武器试验以及港口、要塞、机场、隧道、基地等工程建设中, 它也是船舶、航空、航天等工程中大型部件精密定位和安装的重要仪器。

目前我计量站使用的经纬仪检定装置设备老化, 测量误差大, 数据处理量大, 检定数据可靠性差, 难以满足对本地区国防军工企事业单位经纬仪检定工作的需要, 因此特提出了经纬仪自动化检定系统, 以提高检定精度和工作效率, 保证本地区经纬仪检定、校准的量值准确可靠。

## 1 经纬仪常用检测方法

目前国内外对经纬仪的检测原理主要有 2 种:

- 1) 在水平方向放置 4~6 个目标, 采用常角法检测;
- 2) 用角度标准器作为标准, 采用比较法检测。

根据以上 2 种检测原理, 国内外形成了几种主要的技术方案。

### 1.1 室外多目标法

国际标准 ISO17123-3 和德国工业标准 DIN18723-3 均采用室外多目标法, 其检测原理为常角法。

检测由 4 个系列组成, 一个检测系列由 5 个 ( $r=5$ ) 在 100~250 m 距离内的目标, 进行 3 个测回 ( $n=3$ ) 的测量组成。

### 1.2 室内多目标法

其检测原理为常角法, 即在检定过程中, 要求经纬仪

检定装置提供的水平角为常角, 稳定不变 (与具体角值无关)。

JJG414-2003 光学经纬仪检定规程规定用多目标式检定装置检定一测回水平方向标准偏差。方法为:

沿经纬仪水平方向的圆周上, 安置 4~6 个平行光管作为照准目标, 用全圆方向观测法进行检定。平行光管的布局应呈随机状态, 夹角的角值为度、分、秒分布<sup>[1]</sup>。

### 1.3 多齿分度台法

多齿分度台法的检测原理是将经纬仪与多齿分度台标准角进行比较, 采用比较法检测。

JJG414-2003 光学经纬仪检定规程规定用多齿分度台式检定装置检定一测回水平方向标准偏差。方法为:

该装置由 1 台多齿分度台和 1 只平行光管组成多齿分度台式检定装置, 即检定时, 将多齿分度台置于零位, 转动照准部对准平行光管目标, 转动度盘变换按钮置水平度盘位于  $0^\circ$ , 顺时针旋转照准部 1 周, 望远镜照准平行光管目标, 盘左读数 2 次。多齿分度台按预先部点逆时针方向旋转到第 2 位置, 经纬仪照准部以顺时针方向旋转并照准平行光管目标, 盘左读数 2 次。然后以同样方法检定 3, 4, ...,  $n$  位置, 最终回到零位。回零读数不参与一测回水平方向标准偏差计算<sup>[1]</sup>。望远镜翻转  $180^\circ$ , 逆时针方向旋转照准部照准目标, 盘右 2 次读数, 多齿分度台顺时针旋转到第 2 位置, 经纬仪照准部逆时针旋转照准目标, 依次检定各位置, 最终回到零位。

### 1.4 自动检测法

经纬仪自动检测机 TPM 是瑞士 LEICA 公司为满足 T1600/TC1600 的检测需求而设计的一种检测系统, 现该系

\* 收稿日期: 2008-08-26

作者简介: 刘学明 (1963—), 男, 重庆人, 高级工程师, 主要从事几何量计量精密测试技术研究; 陈建端 (1963—), 男, 重庆人, 高级工程师, 主要从事几何量仪器校准、检定技术研究。

统已经被应用到 TC2003 的角度检测中。

TPM 的检测原理是以该公司 T2000 电子经纬仪的动态角度测量系统为角度基准,其轴系相当于 1 台大经纬仪,通过连接桥及自准直平行光管等设备实现角度基准的轴系与被检经纬仪的轴系共轴。

### 1.5 同步检测法

将待检经纬仪放置到另一台高精度的电子经纬仪上,两台经纬仪间用连接板联结,照准标志为一平行光管。检测时,将待检经纬仪照准平行光管,然后将整个系统转动一角度,再单独转动待检经纬仪照准平行光管<sup>[2]</sup>。

### 1.6 多面棱体法

其检测原理为比较法。首先将正 24 面棱体放在电子经纬仪顶部,使其几何中心与电子经纬仪的水平回转中心重合,光电准直仪起瞄准定位作用。检定时,光电准直仪对准棱体的第 1 个工作面,电子经纬仪读数清零,由电机伺服系统带动电子经纬仪顺时针旋转,直至光电准直仪对准棱体下一个工作面,自动记录光电准直仪和电子经纬仪的读数,依次测量,直至棱体回到起始工作面。返测时,由电机伺服系统带动电子经纬仪逆时针旋转,测量方法同上,往返测为一个测回。

综上所述, JJG414 - 2003 规定的室内多目标法与 DIN18723 - 3 和 ISO17123 - 3 室外多目标法在测试方法上是基本一致的,差别在于 JJG414 - 2003 在室内平台上进行,而 DIN18723 - 3 和 ISO17123 - 3 要求在室外不同天气条件下作多系列观测完成。JJG414 - 2003 规定的多齿分度台法、多面棱体法、同步检测法和经纬仪自动检测法均采用比较法进行检测,不同的是采用的角度标准器分别为多齿分度台、多面棱体和基准经纬仪。

## 2 研究内容及技术指标

### 2.1 主要研究内容

- 1) 研究瞄准系统,解决瞄准困难问题;
- 2) 研究有度盘光栅转台、平行光管和计算机组成的测量数据采集处理系统;
- 3) 研发具有控制、数据处理和结果评价等功能软件。

### 2.2 主要技术指标

- 1) 测量范围:水平  $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ , 竖直  $-60^{\circ} \sim 60^{\circ}$
- 2) 允许误差极限:  $\pm 0.2''$ 。
- 3) 重复测量精度:  $0.1''$ 。

## 3 总体思路

该研究的总体思路是标准器采用程控多齿分度台,采用计算机控制程控多齿分度台转动,用 CCD 图像处理系统进行目标十字线瞄准,开发计算机控制与数据处理校准软件,实现测量过程半自动化,提高测量准确性和工作效率。

### 3.1 装置组成

研制的经纬仪检定装置由立式程控多齿分度台、卧式

多齿分度台、检定升降台、平行光管目标、CCD 图像处理系统、计算机控制与数据处理系统等组成。

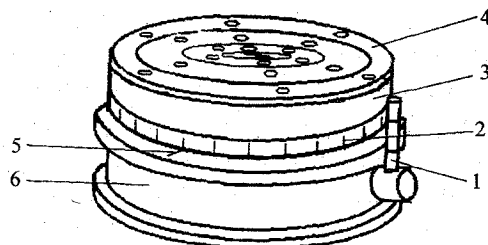
### 3.2 设计原理

研制的经纬仪检定装置的主标准器由立式程控多齿分度台和卧式多齿分度台,采用比较法进行测量。检测时,首先将多齿分度台平稳安置于检定台的升降台上,而后将被检经纬仪放置在多齿分度台上,精细调平并使经纬仪回转轴与多齿分度台回转中心同轴。计算机控制多齿分度台逆时针旋转一角度,用手顺时针旋转经纬仪照准部,直至其分划板十字丝进入目标十字线视场,这时 CCD 图像处理系统将其成像于监视器屏幕上,制动经纬仪,转动微动螺旋,使两十字线重合。软件系统同时采集多齿分度台和电子经纬仪(光学经纬仪不可以采集,需要人工输入)测量数据。计算机再次控制多齿分度台逆时针旋转一角度,步骤同上,直至测完布置的度盘位置。利用多齿分度台转动角度与经纬仪实际角度之差来计算其误差参数。

### 3.3 硬件技术方案

研制的经纬仪检定装置为多齿分度台式检定装置,由 1 台立式程控多齿分度台、1 台卧式多齿分度台、1 只自准直光管和机械结构组成,多齿分度台作为主标准器,平行光管作为无穷远目标,采用比较法进行检测。

3.3.1 水平方向主标准器。多齿分度台是检测角度的精密工具,是利用成对的直径、齿数、齿形均相同的端面齿盘,在不同的位置上啮合,产生角度位移的圆分度器具。可用于检测各种多面棱体、角度块规、光学棱镜等高精度角度器件,具有分度误差小、重复定位精度高、使用维修方便等优点,广泛应用于高精度角度测量及需要高精度输出的产品上。普通的多齿分度台为纯机械结构,手动操作方式。多齿分度台的外形如图 1 所示。



1. 升降机构; 2. 刻度圈; 3. 上齿盘; 4. 工作台面;  
5. 固定指标线; 6. 下齿盘

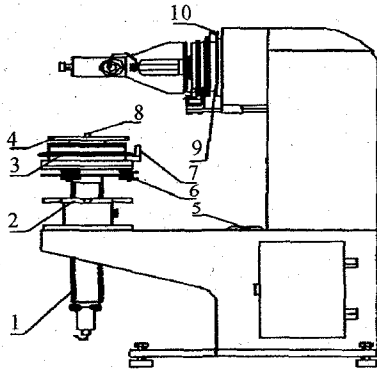
图 1 多齿分度台外形

采用 552 齿立式程控多齿分度台作为水平方向主标准器,程控多齿分度台可实现分度台升降、转位等动作的自动化,使多齿分度台满足自动测量的要求。其技术指标<sup>[3]</sup>为:① 齿数:552。② 允许误差极限:  $\pm 0.2''$ 。③ 重复定位精度:  $0.06''$ 。④ 台面直径:  $\Phi 205$  mm。⑤ 最大外形尺寸:  $315$  mm  $\times$   $340$  mm  $\times$   $185$  mm。

3.3.2 竖直方向主标准器。研究采用 552 齿卧式多齿分度台作为竖直方向主标准器,其技术指标为:① 齿数:552。②

允许误差极限:  $\pm 0.7''$ 。

3.3.3 机械结构. 经纬仪检定装置自准直光管焦平面上有刻线分划板, 通过立式多齿分度台的转动, 与自准直光管一起构成任意角度水平方向无穷远目标, 同样, 通过卧式多齿分度台的转动, 也能构成任意角度竖直方向无穷远目标, 因此, 它能很方便地模拟各种情况, 对仪器进行检定. 经纬仪检定装置机械结构如图 2 所示.



1. 升降螺杆; 2. 升降螺母; 3. 立式多齿分度台; 4. 工作台; 5. 调整水泡; 6. 微调机构; 7. 手柄; 8. 定位螺旋; 9. 卧式多齿分度台; 10. 手柄; 11. 自准直光管

图 2 经纬仪检定装置机械结构

机械结构技术参数为:

- 1) 工作高度(卧式多齿分度台轴线离地面高度)大约 1 200 mm;
- 2) 仪器工作台升降范围约 300 mm;
- 3) 定中心螺丝规格: M16 及英制 5/8 英寸;
- 4) 照明灯泡规格: 6.3 V/2.1 W;
- 5) 准直光管焦距:  $f = 550$  mm, 相对孔径 1:10;
- 6) 外形尺寸: 1 060 mm  $\times$  920 mm  $\times$  1 400 mm

检定装置由于使用了多齿分度台, 只要一台自准直光管(以下简称光管)就能完成对经纬仪和水准仪各项的检定, 特别是对经纬仪竖盘的检定, 结构紧凑, 占地面积小, 使用方便. 利用升降螺母 2 转动, 使升降螺杆 1 带动立式多齿分度台 3 升降, 使望远镜视轴高度不同的仪器均能在本仪器上检定; 通过卧式多齿分度台 9 的手柄 10 的转动, 抬起卧式多齿分度台面, 卧式多齿分度台面转动可构成竖直方向各种角度, 以满足对经纬仪竖盘的检定; 通过立式多齿分度台的转动, 抬起立式多齿分度台面, 转动多齿分度台面至任意角度, 可获得水平方向各种角度, 用来检定经纬仪水平度盘.

### 3.4 计算机控制与数据处理系统

软件系统采用 Visual C++ 6.0 编程工具在 Windows 操作系统下开发, 数据库系统采用 Microsoft Access. Visual C++ 作为功能强大的可视化应用程序开发工具, 是计算机

界公认的优秀应用开发工具, 使用其开发软件时很灵活, 效率高, 而且它访问数据库的技术成熟, 功能强大. 本软件系统采用 ODBC 编程接口访问数据库, 因为 ODBC(开放数据库互连)为应用程序访问关系型数据库提供了一个统一的接口, 使用这一标准接口, 可以不关心具体的数据库管理系统的细节, 使开发过程简单、方便.

3.4.1 总体框图. 计算机控制与数据处理系统由计算机、控制电箱、数据处理系统及各种外设组成, 实现自动化检测. 其关键模块如图 3 所示.

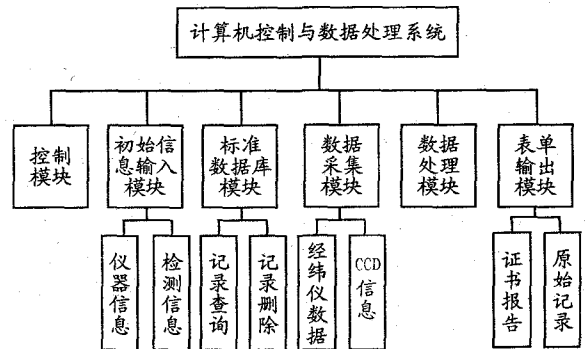


图 3 计算机控制与数据处理

3.4.2 实现功能. 计算机数据处理软件实现以下功能:

- 1) 在界面上可选择被测仪器类别, 而后可进行送检信息和检测信息的输入;
- 2) 设置仪器参数库, 可根据仪器型号规格或等级提供仪器各误差检定要求和限差;
- 3) 软件系统按 JJG414-2003 和 JJG425-2003 要求设置检定项目, 在检定时用户可根据需求选择检定项目;
- 4) 用户在界面上可控制多齿分度台的转动, 对多齿分度台和 CCD 图像进行采集;
- 5) 测量完成后立即显示测量结果, 并判定该项目合格与否;
- 6) 测量结果与原始数据可以存入数据库, 在需要时进行文件查询、删除操作等, 最终可按用户需求格式打印原始记录和证书报告.

## 4 经纬仪测角精度试验

使用经纬仪检定装置对电子经纬仪和光学经纬仪主要参数一测回水平方向标准偏差和一测回竖直角标准偏差进行了多次测试<sup>[4-5]</sup>.

### 4.1 重复性试验

我站主要针对 DJ<sub>2</sub> 级(II 等)及以下精度经纬仪进行检定和校准, 因此对某 2'' 电子经纬仪和光学经纬仪进行了 10 组测量, 测试结果如表 1 所示.

表1 试验结果

(")

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	均值	重复性
光学	一测回水平方向标准偏差	1.2	1.1	1.2	1	1.2	1.1	1.0	1.3	1.1	1.0	1.12	0.10
经纬仪	一测回竖直角标准偏差	4.2	4.0	4.3	4.4	4.1	3.9	4.3	4.5	4.3	4.0	4.20	0.19
电子	一测回水平方向标准偏差	1.0	0.8	1.0	0.8	1.1	1.1	0.9	1.2	0.9	1	0.98	0.13
经纬仪	一测回竖直角标准偏差	1.6	1.6	1.8	1.5	1.5	1.8	1.7	1.5	1.7	1.7	1.64	0.12

以上测量结果表明,其重复性均小于其测量不确定度的 2/3,满足要求。

#### 4.2 验证比对试验

试验用经纬仪经过国防科工委第一计量测试研究中心检定,其检定结果和本站检定结果对比如表 2 所示。

表2 比对结果

(")

		本计量站		科工委一中心		差值
		测量结果	测量不确定度 $U$ ( $k=2$ )	测量结果	测量不确定度 $U$ ( $k=2$ )	
光学	一测回水平方向标准偏差	1.1	0.22	0.9	0.20	0.2
经纬仪	一测回竖直角标准偏差	4.2	0.50	3.9	0.40	0.3
电子	一测回水平方向标准偏差	1.0	0.18	0.9	0.20	0.1
经纬仪	一测回竖直角标准偏差	1.6	0.46	1.4	0.40	0.2

以上测量结果表明,其差值均小于 $\sqrt{2}U$ ,根据比对法验证满足要求。

检定数据及检测结果显示,经纬仪检定装置能够满足检定规程规定的精度和性能要求,检测数据重复性好,解算结果准确可靠,能够反映仪器的真实状况。

## 5 结论

研究完成后,研究成果经兵器装备集团组织专家评审,认为该研究在以下方面有其新颖性和先进性。

- 1) 水平方向采用 0.2"程控多齿分度台作为主标准器,可以进行计算机控制转动,不再进行手动机械;
- 2) 在平行光管物镜后方安装 CCD,对目标十字线进行图像采集与处理,脱离了效率不高的用人眼瞄准对线;
- 3) 开发专用的计算机控制与数据处理软件,对数据进

行自动采集、处理、管理和输出。

## 参考文献:

(上接第 12 页) $0.27 \times 0.1 + 0.14 \times 0.2 = 0.46$ .

## 5 结束语

从武器系统技术水平的概念出发确定了自行火炮武器系统技术水平的模糊综合评价模型并进行了运用.方法可行、可信,能够反映出自行火炮武器系统的技术水平,为武器系统的更新换代及需求分析提供参考意见。

## 参考文献:

- [1] 武瑞文.现代自行火炮武器系统顶层规划和总体设计

- [1] JJG414-2003.光学经纬仪检定规程[S].北京:中国计量出版社,2003.
- [2] JJG100-2003.全站型电子速测仪检定规程[S].北京:中国计量出版社,2003.
- [3] JJG949-2000.经纬仪检定装置检定规程[S].北京:中国计量出版社,2000.
- [4] 周维虎,张玉文.经纬仪检定装置校准方法的研究[G].测绘仪器研究论文,2001.
- [5] 张则宇,师会生,刘智超,等.电子经纬仪一测回水平方向标准偏差两种检定方法比较[J].计测技术,2006(3):38.

[M].北京:国防工业出版社,2006.

- [2] 梁振兴.武器装备水平评价指标体系的总体构想[J].航空装备论证,1992(2):10.
- [3] 李满成.155 mm 自行火炮在现代战争中的定位和发展趋势[J].现代炮兵学报,2003(1):60.
- [4] 卜卫.社会科学成果价值评估[M].北京:社会科学文献出版社,1999.
- [5] Stockenstrom A. Numerical model for analysis and specification of a ramjet propelled artillery project [C]//Proceeding of the 19<sup>th</sup> international symposium on ballistics. Swerzerland, [s.n.], 2001(2): 929.