

doi: 10.11823/j.issn.1674-5795.2017.03.14

双轴转台角速率检定装置设计

毕鹏, 闫道广, 岳明桥

(中国人民解放军 92493 部队 89 分队, 辽宁 葫芦岛 125000)

摘要: 设计了一种由圆光栅、读数头、细分电路、信号采集系统和专用检定工装构成的检定装置, 实现了双轴速率位置转台角速率误差检定。设计了龙门滑轨式双读数头调整支架, 采用两路光栅圆周对径安装的方式, 解决了检定过程中圆光栅环安装偏心引入误差大的难题; 采用莫尔条纹细分技术设计了光栅测角信号采集及处理电路, 降低了光栅测量细分误差; 研制可调式专用芯轴等检定工装, 简化了测角系统和被测转台的装配工艺, 提高了检定工作效率。

关键词: 惯导; 转台; 计量; 角速率; 光栅

中图分类号: TB922

文献标识码: A

文章编号: 1674-5795(2017)03-0062-04

Design of A Two-axis Position and Rate Rotary Table Angular Rate Calibration Device

BI Peng, YAN Daoguang, YUE Mingqiao

(The Unit 89 of No. 92493 of PLA, Huludao 125000, China)

Abstract: A calibration device which can calibrate angular rates of the two-axis position and rate rotary table is designed in this paper, and it is composed of circular grating, reading head, subdivision circuit, signal collection system and special calibration fixture. A portal frame with sliding rail and two reading heads is designed to eliminate the fix eccentricity error of circular grating ring. The morie fringes subdividing technology is used in the design of the signal collection and processing circuit, which reduces the error of the grating measurement greatly. It also designs a special calibration fixture with tunable dabber, which can simplify the installation and improve the efficiency of the calibration.

Key words: inertial navigation; rotary table; calibration; angular rate; grating

0 引言

惯性导航系统广泛应用于导弹、飞机等武器装备中, 是飞行控制系统的核心部件, 其工作状态及性能直接影响其飞行状态和导航精度。惯性导航系统精度受多种因素影响, 随着工作或存贮时间增加, 惯性器件性能逐渐下降, 需要使用标定设备对惯导系统进行标定和补偿以改善系统性能。一般采用双轴速率位置转台作为惯导标定设备, 对惯性器件进行检测和标定。转台技术指标准确与否, 直接影响惯导标定的效果, 因此需要对转台进行定期计量检定, 确保其量值准确可靠。角速率参数是双轴速率位置转台必须检定的项目, 需根据转台特点, 构建适合现场使用的角速率检定装置, 实现对惯导标定设备转台角速率参数的检定。

1 系统组成与工作原理

1.1 系统组成

针对惯导标定设备双周转台角速率现场检定需求, 采用圆周等分原理, 设计角速率检定装置。系统主要由五部分组成, 即: 可调式专用芯轴、高精度反射式圆光栅、双读数头、专用工装卡具和角速率检定控制器构成。如图 1 所示。

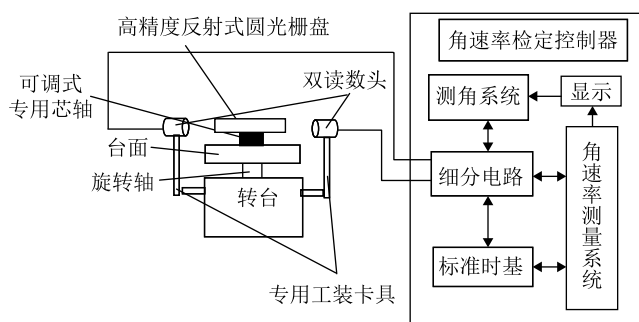


图 1 系统组成

收稿日期: 2017-05-19

作者简介: 毕鹏(1978-), 男, 工程师, 从事角度计量测试工作。

1.2 角速率误差计量原理

采用直接比对方法,即输入给被测转台的角速率(标称值)与角速率检定控制器中的速率测量系统角速率测量平均值相比较。通过专用工装卡具,将系统安装在转台轴端,被测转台处于角速率工作状态,按给定的角速率 ω 指令稳速运转,根据角速率指令大小选择定角间隔 θ ,计算采样时间,待转台以规定的角速率稳定运行后,同步锁存角速率检定控制器角度测量值,计算出角速率值,连续测量10次。角速率低于0.001($^{\circ}$)/s时,测量次数不少于4次。

$$\bar{\omega} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \omega_i$$

$$E_{\omega} = \frac{\omega - \bar{\omega}}{\bar{\omega}} 100\%$$

式中: ω_i 为单次测量的角速率值; n 为某角速率点连续测量次数; $\bar{\omega}$ 为 n 次测量的角速率平均值; E_{ω} 为角速率误差。

1.3 设备选择与关键技术

由于装置是现场检定设备,要求安装使用方便,便携性好,角度测量准确可靠。因此,选用高精度反射式圆光栅盘(主光栅——动尺)、双读数头(指示光栅——定尺)组合作为测量标准,是检定系统的核心部分。用其测量转台时,影响测量准确度的主要误差来源是圆光栅盘与转台被测轴不同心产生的偏心误差。为消除偏心误差,采用双读数头分置在圆光栅盘对径位置安装的方式,即在圆光栅环的圆周直径相对的两个方向分别安装一个读数头,在进行测量时,通过采集该两个读数头数据的平均值作为主轴旋转的角度测量数据。两个光栅读数头的测角误差大小相等,方向相反,可以互补,利用正负抵消原理可消减小或消除圆光栅环安装偏心带来的读数误差。

并同时采用圆光栅长周期细分电路,将圆光栅所产生的莫尔条纹栅距精确细分(分度值为0.1")和分度误差逐点补偿技术,可实现高精度角度测量,配以标准时基可实现较高准确度的角速率误差测量。

2 专用检定工装设计

为解决现场检定时数字式光栅测量系统与转台连接装配困难、耗时长的实际问题,设计了可调式专用芯轴和双读数头调整支架作为专用检定工装。

2.1 可调式专用芯轴设计

可调式专用芯轴采用同心塔式芯轴与过渡基板配

合结构,如图2~3所示。

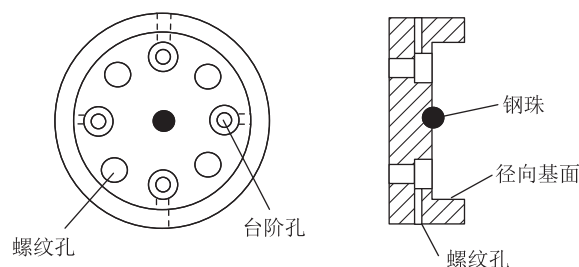


图2 过渡板示意图

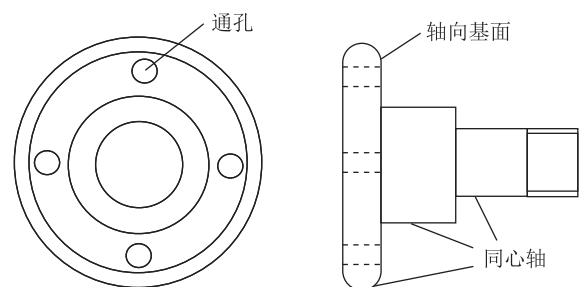


图3 同心塔式芯轴示意图

首先将过渡基板通过四个台阶孔用内六角螺栓轻微固定在转台被测轴端面上,旋转被测轴用千分表测量过渡板径向基面的跳动量,通过过渡板径向四个调整螺丝对径调整同时观察千分表的示值变化,调至到过渡板径向基面的跳动量(≤ 0.003 mm)时,将四个内六角螺栓固紧即可。将同心塔式芯轴通过四个通孔与过渡板端面的四个螺纹孔对准并用调固螺栓连接,旋转被测轴用千分表测量同心塔式芯轴轴向基面的跳动量,对径调整四个调固螺栓同时观察千分表的示值变化,调至到同心塔式芯轴轴向基面的跳动量(≤ 0.003 mm)时即可。之后将高精度反射式圆光栅盘安装到同心塔式芯轴上,进行双读数头的安装调整。

过渡板装配固定在被测转台上(不会影响转台的正常使用),精确测量调整后可不再拆卸,每次检定时只需将同心塔式芯轴简单装配,安装光栅盘,调节读数头即可实现高精度测量,提高了工作效率。

2.2 双读数头调整支架设计

采用磁铁作为支架基座,双读数头支架采用龙门滑轨式。磁铁支架基座吸于转台固定体上,横梁可沿立柱上下移动,双读数头可沿横梁左右移动,非常方便调整双读数头与圆光栅盘的相对位置,如图4所示。

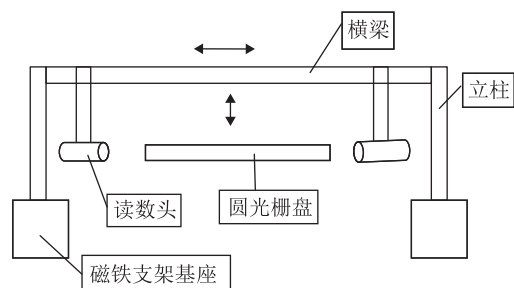


图 4 双读数头调整支架示意图

3 检定控制器设计

角速率检定控制器是装置的重要组成部分，可完成转台角速率参数检定过程控制、数据的显示、存储与分析处理等工作。

3.1 控制器组成

控制器主要由以下部分构成：数据采集和处理系统、人机交互（显示、键盘、通讯接口）、电源等，组成如图 5 所示。

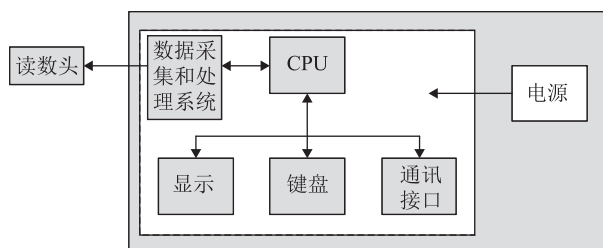


图 5 控制器组成框图

其中，数据采集和处理系统接收读数头的信号，进行采集和处理，处理结果给 CPU，可以进行显示。CPU 接收键盘输入或通讯接口的指令完成相应的测试功能和数据交换。控制器采用模块化结构，每个模块可单独调试、单独使用，这样可使设计分工方便、维修方便。

3.2 数据采集和处理系统

数据采集和处理系统是检定控制器的核心部分，工作原理如图 6 所示。读数头拾取电信号，对此信号进行放大、整形、采集和计算，得到光栅盘的当前位置，根据采集光栅盘位置信息可以计算出所需要的各

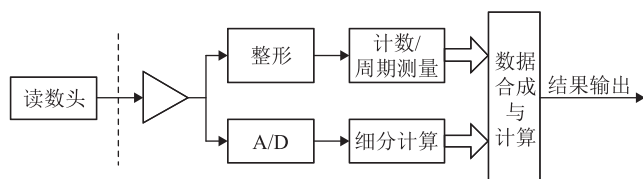


图 6 数据采集和处理原理框图

项参数。

读数头的输出信号反应了光栅盘的转动历程，当光栅盘转动时，每个刻度将引起读数头输出信号的一个周期变化，如图 7 所示。

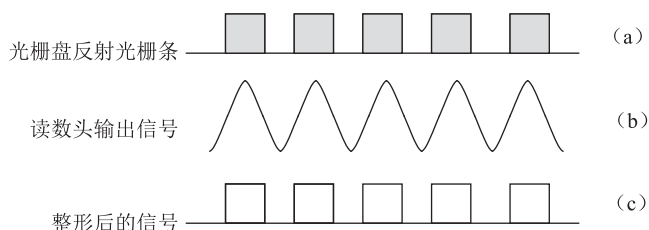


图 7 信号波形图

图 7(b) 是读数头的输出信号，输出信号经整形后进行计数，可以知道在一定时间范围内，光栅盘转动了多少个栅距，可以粗略计算出转动的角度，但是，因为技术原因，光栅盘上的每条栅距对应的角度比较大。从图 7(b) 看出，光栅盘转动所形成的信号形状与正弦波很相似，因此可以通过 A/D 采集图 7(b) 的信号，可以根据起始点和结束点的幅值计算相位，因此可以更精确计算出光栅盘转动的角度，这就是细分的原理。对图 7(c) 脉冲序列进行连续周期测量，可以计算出光栅盘的转速。

信号转换系统发送出的电信号为 A、B 两路正交信号，两路信号的相位角的相对位置给出转台的转动方向信息，以便给出角度的递增或递减的运算符号。当转动轴发生方向变换时，AB 信号会发生相位的迁移，而在迁移过程中，必须判断出迁移的角度，且不能发生任何转动信息的丢失。为此，在信号采集和处理电路板中，设计了鉴相/计数模块。该计数模块具有抗信号干扰的作用，防止外界干扰对角速率检定控制器接收功能的影响，同时还具有准确的相位判断功能，在第一时间给出转动轴的旋转方向，以便决定角度的增加或者减少。

为解决光栅转动栅距测角精度不高的问题，通过补偿电路设计提高莫尔条纹信号的等幅性、正交性和稳定性，从光栅转动的起始点和结束点的幅值计算相位，可精确计算出光栅盘转动的角度，实现了莫尔条纹细分；采用差分放大器对光栅采集信号进行处理，通过加减运算从而获得新的矢量，用以保证与两路光电探测器得到的不同，同时这些正弦波的相位差恒定，可以达到将莫尔条纹细分倍频，提高系统分辨力，更加细分的效果，从而从数据处理方法上降低了光栅测量的细分误差。

4 结束语

通过设计可调式专用芯轴,解决了转台角速率检定过程中光栅测量系统与转台连接装配难度大的问题,降低了装配要求,提高了工作效率。设计龙门滑轨式双读数头调整支架,采用对径安装方式进行角度测量,采集两个读数头数据取平均值作为测量数据,大幅降低了圆光栅安装偏心带来的读数误差。采用莫尔条纹细分技术,设计了光栅测角信号采集及处理电路,利用差分放大器对光栅采集信号进行处理,通过运算获得新的矢量保证相位差恒定,将莫尔条纹细分倍频,提高系统分辨力,降低光栅测量的细分误差,提高了检定装置的测量精度,可满足双轴速率位置转台的现场计量检定需求。

参考文献

- [1] 国家标准化管理委员会. JJF 1210-2008 低速转台校准规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
- [2] 国防科学技术工业委员会. GJB 1801-1993, 惯性技术测试设备主要性能试验方法[S]. 北京, 1993.
- [3] 彭军, 何群. 超低速转速标准转台[J]. 测试技术学报, 2002(6): 312-315.
- [4] 周徐昌, 沈建森. 惯性导航技术的发展及基应用[J]. 自动测量与控制, 2006(9): 55-56.
- [5] 唐声权, 刘均松, 张新磊. 高准确度转台中动态测角方法的研究[J]. 宇航计测技术, 2011(4): 8-12.
- [6] 朱长征. 惯性导航、卫星导航与天文导航[J]. 通信导航与指挥自动化, 2007(1): 12-14.
- [7] 秦永元. 惯性导航[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [8] 张玉文, 唐家才. 角度测量[M]. 北京: 中国计量出版社, 1998.

(上接第 60 页)

5 结论

本文紧密围绕试验需求,设计了一套高效、实时、集成化超音速风洞试验测控系统,主要特点为:

- 1) 系统实现了最多 16 路气压信号的实时采集, 提高了测量效率;
- 2) 系统将气体压力测试功能、阀门测控功能、位移量测控功能有机整合, 打破分散式测控结构壁垒, 有效改善了操作者的使用体验;
- 3) 系统可在实验过程中实时显示马赫数、总压系数、静压系数等参数, 实现了试验过程中对结果的有效评估, 节省了从试验过程到数据处理过程的中间环节;
- 4) 系统基于 TCP/IP 通讯协议和网络通讯方式, 实

现了远程测控，有效避免恶劣的试验环境对操作者的危害。

研究表明, 本系统硬件结构完整, 工作性能良好, 可以达到预定的测试要求。应用软件用户界面友好, 实现了多参数的实时读取、显示、处理和保存。整套系统采用模块化的编程思想, 具有较强的可扩展性, 为今后的试验功能拓展打下了良好的基础。

参考文献

- [1] 荆卓寅, 赵俭, 李海燕. 超音速校准风洞中的喷管设计 [D]. 计测技术. 2006.
- [2] 钟诚文, 杨小辉, 浦甲臣. 电子扫描测压系统的研制 [J]. 测控技术, 2005, 24(3).
- [3] 潘锦珊. 气体动力学基础 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1980.

我国第一台微波光子雷达诞生

中科院电子所网站近日披露，该所成功研制出我国第一台微波光子雷达样机，并通过外场非合作目标成像测试，获得国内第一幅微波光子雷达成像图样，在图像分辨率上比国际水平高出一个数量级。雷达具有全天时全天候对目标探测、成像的能力，在军事民用上具有广泛应用。传统雷达以电子为载体实现信号的产生和处理，分辨率和处理速度因电子器件的带宽限制而存在提升瓶颈，难以满足未来应用对高性能雷达的需求。而微波光子雷达，以光子为信息载体，利用丰富的光谱资源和灵活的光子技术，能够更好、更快地产生和处理雷达宽带信号，具有快速成像、高分辨率和清晰辨识目标的能力。微波光子雷达对目标精细结构和特征的快速识别，使其不仅能够应用于作战平台对小型化目标的实时辨识，也能为无人智能设备提供准确的环境信息，在军民两栖领域具有重要意义。