

## 改进型陀螺经纬仪提高读数精度方法的研究

林明春\*, 赵美蓉, 孙占元, 黄银国, 林玉池

(天津大学精密测试技术及仪器国家重点实验室, 天津 300072)

**摘要:** 利用 CCD 把陀螺仪的光学信号转换为电信号, 通过 DSP 处理器对信号进行处理, 得出真北方位值, 从而降低测量的读数误差、提高读数精度的目的, 使仪器的精度由原来的  $30'$  提高到  $5'$ 。

**关键词:** 陀螺经纬仪; CCD; DSP; 寻北; 精度

**中图分类号:** V241.5    **文献标识码:** A    **文章编号:** 1005-0086(2003)09-1008-03

### Study of Improving the Read Precision of Advanced Gyroscope

LIN Ming-chun\*, ZHAO Mei-rong, SUN Zhan-yuan, HUANG Yin-guo, LIN Yu-chi

(State Key Laboratory of Precision Measuring Technology and Instruments, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

**Abstract:** Measure precision of a gyroscope was analyzed, by converting the optical signal of gyroscope to electric signal, by a DSP processor. The precision of gyroscope is improved from  $30'$  to  $5'$ .

**Key words:** gyroscope; CCD; DSP; north-seeking; precision

## 1 引言

陀螺罗盘又称陀螺罗经, 是一种能自动找出地理北并指示载体真航向的陀螺仪表。它已成为舰船和潜艇的主要导航设备, 还可为舰艇火炮和鱼雷提供方位基准; 在陆地上它广泛应用于火炮指挥及为战车导航; 在国民经济领域中, 陀螺罗盘广泛应用在煤炭开采、隧道建设和石油探井测量等<sup>[1~3]</sup>。

本文使用的是由 JT15 型陀螺仪改进。JT15 是一种吊丝式上架陀螺仪, 完全靠手动测量, 测量方法多采用中天法和跟踪逆转点法。这两种方法都需要专业人员观测光标运动并读数、计时并记录数据, 最后代入公式计算出真北所在。操作人员劳动强度大、易疲劳, 测量过程对光标位置和时间记录有较大的误差, 使测量精度和速度受到影响。因此, 这种陀螺经纬仪需要改进结构, 实现其自动寻北来代替人工读数, 从而提高读数精度和测量速度。

## 2 光路结构及工作原理

图 1 为改进后吊丝式陀螺仪的结构图。在反射

镜和目视分划板间安装分光棱镜, 将 CCD 摄像机安装在和目视分划板共轭的位置上。系统的光路如图 2 所示。

系统中, 将 CCD 像元的受光信息转换为一维位置坐标, 即输出波形的中心, 表示此时光标在 CCD 上所处的位置。采用按比例求中心的方法来确定每一帧光标图像的中心位置。

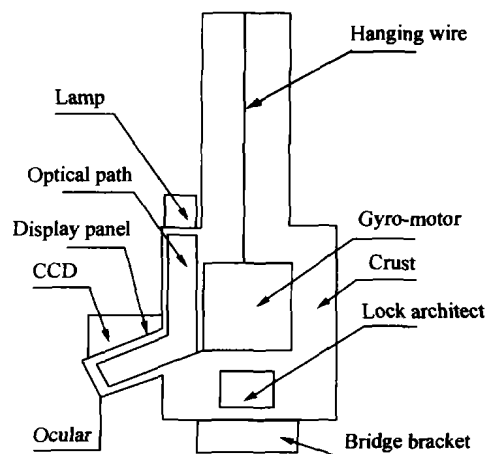


图 1 改进型吊丝式陀螺仪结构图

Fig. 1 Architecture of advanced hanging wire gyroscope

收稿日期: 2003-04-16 修订日期: 2003-07-09

\* E-mail: Archan@twmail.tju.cn

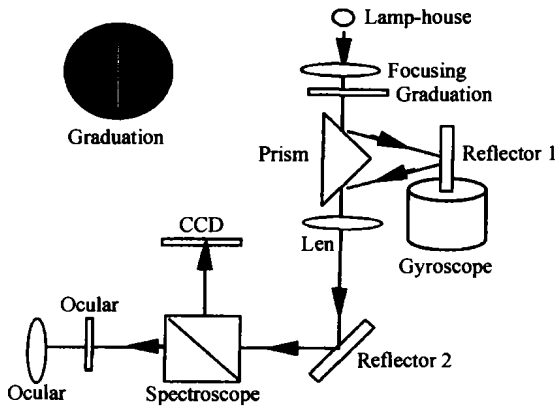


图 2 系统光路图  
Fig. 2 System optical graph

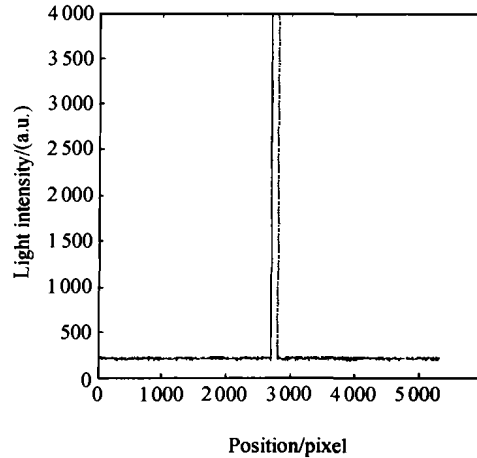


图 4 光标形状图  
Fig. 4 Shape of cursor

按比例求中心方法的原理如图 3 所示。选取一个适当的阈值  $a_m$ 。  $a_m$  与图像交于  $p$  和  $q$  两点。找出与相交点相邻的像素的位置  $b_1, b_2, b_3$  和  $b_4$  及相应的灰度值  $m_1, m_2, m_3$  和  $m_4$ 。由插值公式

$$a_1 = b_2 - \frac{(b_2 - b_1)(m_2 - a_m)}{m_2 - m_1} \quad (1)$$

$$a_2 = b_3 - \frac{(b_3 - b_4)(m_3 - a_m)}{m_3 - m_4}$$

可以确定出  $p$  和  $q$  相对应的  $a_1, a_2$  的位置。

则图像的中心位置为

$$a = \frac{a_1 + a_2}{2} \quad (2)$$

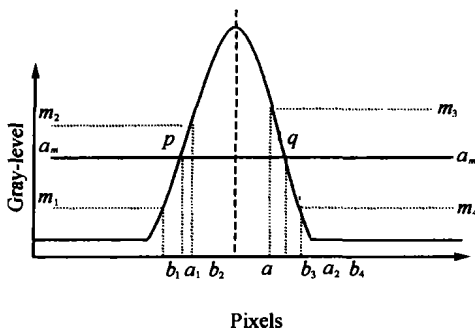


图 3 比例求中心原理图

Fig. 3 Center solution by proportion principle graph

试验中,由于 CCD 接收到的光标像比较规则的图像(如图 4 所示),并且所求的结果(光标图像的中心位置)与光强的大小无关,只与波形图波峰所在的位置有关。因此,可以得到很高的定位精度。

图 5 为光标在 CCD 平面上的运动轨迹,有左右和上下的位移,但只要光标长度足够,就依然能通过 CCD 光敏面。图 6 为光标在 CCD 上的运动轨迹,它代表着陀螺轴的运动轨迹是逆时针的椭圆运动。若把 CCD 上得到的位移信号按时间轴展开,得到如图 7 所示的近似正弦曲线。

椭圆运动轨迹是陀螺轴  $x$  向和  $y$  向运动合成的结果。短轴很短,说明陀螺轴  $y$  方向运动可以忽略

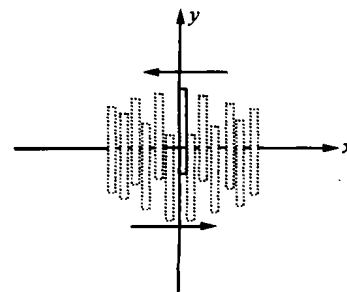


图 5 光标在 CCD 焦平面上的运动轨迹  
Fig. 5 Cursor movement in focal plane of CCD

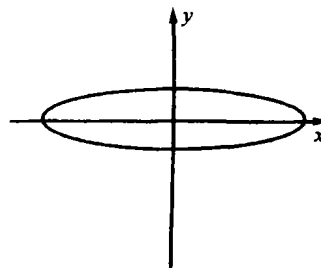


图 6 椭圆运动  
Fig. 6 Ellipse movement

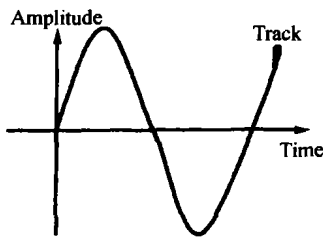


图7 光标的运动轨迹

Fig. 7 Movement of cursor

不计。将陀螺主轴的运动映射到 CCD 像面上, CCD 上光标的运动即反映了陀螺主轴在  $x$  方向上的运动状态。若不计衰减和其它可以忽略的因素,其运动规律可以表示为

$$x = A \cos(\omega t + \Phi) + d \quad (3)$$

式中,  $x$  为光标的运动位置;  $A$  为光标的摆动振幅;  $\omega$  为光标的摆动角速度;  $\Phi$  为光标摆动相对于真北方向的初相位;  $d$  为光标摆动中心与参考零点的偏移量,也就是平衡位置。

### 3 自动测量系统组成及数据处理

以线阵 CCD 为图像传感器采集带有陀螺房运动信息的光标运动图像,经 A/D 转换后送到由 DSP 处理器组成的信号处理系统,通过一系列的信号分析处理,得出最终测量结果。其流程如图 8 所示。

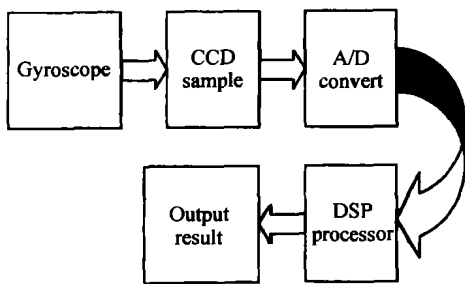


图8 测量数据处理流程图

Fig. 8 The flow chart of data processing

## 4 误差及实验数据分析

### 4.1 主要误差

数据采集误差,见式(3),以直线运动代替椭圆运

动而造成的理论误差;在不同的地理纬度,存在着磁偏角偏差的地理位置误差;陀螺仪和经纬仪主轴间有一夹角,安装时引入的主轴偏角误差;由温度、电源和光源等波动引起的环境因素误差;由噪声、振动造成的随机因素。

通过自动测量,即用 CCD 代替人的视觉获取光标像信号,用 DSP 数字信号处理器代替手工进行数据运算。自动测量系统消除了目测引入的人为误差,从而提高陀螺仪的读数精度。

### 4.2 实验数据分析

将陀螺经纬仪分别转动一定角度,在每个位置进行 5 次测量实验,结果如表 1 所示。

表1 测量结果

Tab. 1 The result of measurement

No.	Position 1/(')	Position 2/(')	Position 3/(')
1	-16.316	-11.367	-6.355
2	-16.257	-11.311	-6.220
3	-16.314	-11.280	-6.263
4	-16.204	-11.289	-6.303
5	-16.396	-11.140	-6.333
Mean	-16.297	-11.277	-6.295
Deviation	0.0719	0.0839	0.0542

由表中的实验结果可以计算出 3 组数据的标准偏差 ( $1\sigma$ ) 分别为  $4.3''$ 、 $5.0''$  和  $3.3''$ 。实验中所用 JT15 陀螺仪的厂家目测实测误差 ( $1\sigma$ ) 为  $30''$ 。所以测量精度明显提高。

### 参 考 文 献:

- [1] WU Xiao-ming, GAO Feng, TIAN Wei, et al. Experimental investigation on re-entrant integrated optic gyros[J]. *J. of Optoelectronics · Laser* (光电子·激光), 2001, 12(7): 679-682. (in Chinese)
- [2] Wen Li. Achieve auto-reading in north-finding of the gyroscope[D]. Tianjin: Tianjin University, 2001. (in Chinese)
- [3] Sun Zhanyuan. Study of gyroscope auto-measuring system [D]. Tianjin: Tianjin University, 2002. (in Chinese)

### 作者简介:

林明睿 (1977-), 男, 江西石城人, 在读硕士研究生, 从事光电测控与视觉检测技术课题的研究。