

时栅传感器电气误差分析及补偿

张天恒,彭东林,杨伟,王先全

重庆工学院

摘要:测量仪器误差分析是测量仪器研制过程中的重要一环。为了确定影响仪器测量精度的主要误差因素,本文讨论了时栅传感器电气误差中零电平误差、电源误差的产生原因,提出用误差补偿技术来提高时栅的测量精度,对时栅传感器的批量化生产具有重要作用。

关键词:时栅传感器;电气误差;测量精度;误差补偿

中图分类号: TG80

文献标志码: A

Electric Error Analysis and Compensation for Time-grating Sensor

Zhang Tianheng, Peng Donglin, Yang Wei, Wang Xianquan

Abstract: Error analysis of measuring instrument is a very important aspect in the development and manufacture of the instrument. In order to find the major error factors which affect the instrument accuracy, the reasons causing electric error are analyzed, the electric error consist of zero voltage error and power error. The error compensation technology is proposed to improve the measurement accuracy of time-grating sensor. Improving accuracy will play an important role in the mass production of time-grating sensor.

Keywords: time-grating sensor, electric error, measurement accuracy, error compensation

1 引言

时栅传感器是一种全新原理的位移传感器^[1-2]。要正确分析和估计时栅传感器的误差,就要综合考虑系统各组成部分的误差因素对最终测量结果的影响,并进行总体特性评估和总体误差分析。电气误差包括零电平误差和电源误差,电源误差由幅值、相位和频率的误差引起。本文主要讨论电气误差与误差补偿技术。

2 电气误差

电气误差是影响时栅传感器精度不可忽视的误差源,包括零电平误差和电源误差。

2.1 零电平误差

时栅通过检测两路信号正向过零点时间差来实现对空间角位移的测量。由于电路噪声的原因,零电平总是在绝对零点附近上下变化,这种变化就会造成正向过零点的滞后或超前。如图1所示,在绝对零点检测两路信号的时间差为 t ,由于零电平的波动,同样的两路信号测得的时间差变为 t' 。

2.2 电源误差

时栅需要的匀速运动坐标系是以旋转磁场作为介质,这里的匀速 v 不是统计和平均的概念,而是要求在圆周内的任一位置速度都一致。它既是时间

的函数,又是空间的函数,情况比较复杂。而时栅是采用了电机产生旋转磁场的原理来构建旋转磁场。据电机学理论,匀速旋转圆形磁场的形成是靠绕组和电源的对称来实现。关于旋转磁场有以下描述^[3]:

在三相对称交流绕组中通以三相对称交流电流时,在三相绕组周围会产生一个幅值和转速都恒定的圆形旋转磁场。

在三相对称交流绕组中通以三相不对称交流电流时或在不对称交流绕组中通以对称交流电流时,在三相绕组周围会产生一个椭圆形旋转磁场。即基波幅值不是恒值而是随时间变化,且旋转速度不均匀。

三相电源是实现“电—磁”转换的源头,其波形质量直接影响旋转磁场的质量,进而影响时栅精度。而三相电源的质量是以电源幅值、相位和频率(周期)的精度来保证的。

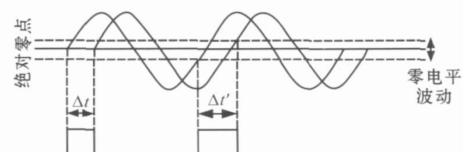


图1 零电平变化对信号的影响

首先讨论由电源电流幅值变化引起的测角误差。激励电源电流强弱的微小变化,会引起感应信号幅值的微小变化,由于过零点不是绝对的零点,信

号幅值的变化会引起代表时间差的方波信号的宽窄发生变化。需要说明的是:时栅是通过过零检测来实现相位差的检测^[7]。如图 2 所示,在幅值恒定的情况下,反映两路信号的时间差为方波宽度 t 。假如在第一路信号零点达到之后,第二路信号零点达到之间信号的幅值发生了变化,如图 2 虚曲线所示,则第二路信号的过零点时间提前了。因此,反映两路信号的方波信号的宽度发生了变化,变为 t' 。

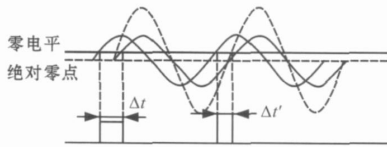


图 2 测头信号幅值波动对方波信号的影响

其次,讨论由电源相位不对称引起的测角误差。据文献[3]所述,三相不对称电源产生的是椭圆磁场,椭圆磁场的速度和幅值是不均恒的,这将影响测头感应信号的质量,进而影响测角误差。椭圆磁场的旋转角速度表达式为

$$\omega = \frac{d}{dt} = \frac{F_+^2 - F_-^2}{F^2} \quad (1)$$

如图 3 所示,可知式(1)中 ω 为椭圆磁场的角速度; ω 为电流角频率; F_+ 为正向磁势; F_- 为反向磁势; F 为合成磁势; α 为 F 与水平 x 轴之间的夹角。式(1)表明,角速度 ω 与合成磁势幅值的平方成反比,故在椭圆的长轴附近(即 F 最大处)角速度较低,而在短轴附近(即 F 最小处)角速度较大,角速度不是常数。由于磁场速度的不均恒,影响了时栅的精度。可以看出,要通过对式(1)进行理论分析推导、直接求解相位不对称对时栅测角误差的影响是很困难的。它们之间具体的函数关系要通过更深入的理论推导和更多的实验验证。

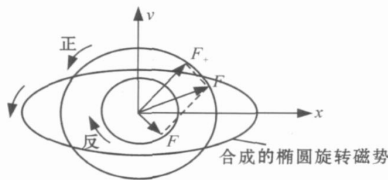


图 3 不对称电流产生的椭圆形旋转磁势

第三,讨论由电源的频率引起的测角误差,时栅传感器是采用高频时钟插补技术来实现对时间间隔的数字化测量,则脉宽测量值的表达式为插补脉冲信号的时间宽度与脉冲个数的乘积。信号的高频插

补时钟脉冲周期为 T_p 时,信号经过计数量化后就可能存在 $\pm T_p$ 的误差。在三相交流绕组采用 8 对极结构、电源频率为 407Hz、高频时钟频率为 320MHz 的条件下,时栅的分辨力即一个时钟脉冲 T_p 对应的角度 θ 为

$$\theta = \frac{1296000}{\frac{1}{407} \times 32 \times 80 \times 10^6} \approx 0.206 \approx 0.2 \quad (2)$$

即插补时钟脉冲的空间当量为 0.2,可见给时栅传感器带来了误差。理想的方波脉冲信号边沿陡峭,上升时间和下降时间为零,脉冲宽度无变化,高频时钟脉冲也是一种理想的方波脉冲。实际上,通过示波器观察,代表时间差的方波信号变化非常复杂,脉冲前后沿都在一定范围内变化,方波既有整体前后移动,脉宽也有宽窄变化。由此也可引起测角误差。

3 误差补偿技术

虽然在时栅传感器的加工、装配、调整、信号处理等众多环节中采取了多种措施,但仍会有很多误差因素不可避免。如果想通过改善硬件条件来进一步提高精度,则不仅成本很高,而且技术难度很大。因此,充分运用误差补偿技术来提高和保证系统的精度,是实现时栅产品商业化的关键技术之一。误差补偿技术是提高测量精度的重要方法和措施之一,采用软件技术进行误差修正,不仅可以有效地提高测量精度,而且可以大幅度地降低测量装置的制造成本^[4-5]。通常误差补偿技术可分为三种形式:既误差分离技术、误差修正技术和误差抑制技术^[6]。

3.1 基于模型参数估计的误差分离技术

误差分离技术是通过信息源变换或模型参数估计的方式,使有用信号分量与误差分量相分离的一种测量技术。误差分离的核心是利用附加信息,并经过处理,使附加信号与源信息中的相同部分得到抑制,进而使误差与信号得以分离。时栅传感器采用的是基于模型参数估计的误差分离技术。

3.2 最小二乘法的误差修正

误差分离的目的就是为了修正,误差分离和修正技术的核心是修正误差以提高精度。误差修正技术具有显著的经济效益,能够以较低的成本大幅度地提高测量精度。在时栅传感器研制的过程中,时栅的误差曲线用最小二乘法进行误差修正,用专门软件来确定补偿参数,有效地进行误差修正。

3.3 基于负反馈抑制模型的误差抑制技术

误差抑制技术是针对误差的作用规律,在一般测量系统中预先加入随误差源变量的变化而自动调

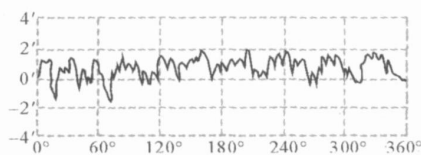
控输入或输出,进而使误差抵消或消除的一种测量或仪器设计方法。误差抑制技术通常可不必测取误差值,只需在设计测量系统之前掌握误差作用规律,并依此确定自动调控方式。时栅传感器采用的是负反馈抑制模型的误差抑制技术。

4 实验结果与结语

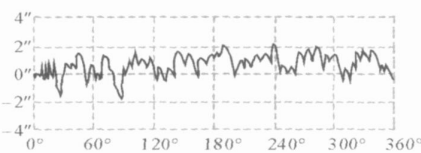
通过对时栅传感器的电气误差进行详细分析,提出了基于模型参数估计的误差分离技术、最小二乘法的误差修正和负反馈抑制模型的误差抑制技术。基于上述误差分离与误差抑制技术,设计了如图4所示的误差补偿实验装置,减少了一些误差环节。补偿前的全周误差峰峰值为3.97(如图5a所示),补偿后全周误差峰峰值为3.8(如图5b所示),显著提高了时栅的测量精度,对时栅的批量化生产将起到重要的作用。



图4 误差补偿的实验装置



(a) 补偿前全周误差曲线



(b) 补偿后全周误差曲线

图5 补偿前、后的全周误差曲线

参考文献

- [1]彭东林,张兴红,刘小康,谭为民.场式时栅位移传感器研究[J].仪器仪表学报,2003(3):321-323.
- [2]彭东林,刘小康,张兴红,陈锡侯.高精度时栅位移传感器研究[J].机械工程学报,2005,41(12):126-129.
- [3]冯欣南.电机学[M].北京:机械工业出版社,1985.
- [4]费业泰,陈晓怀.精密测试及仪器的误差修正技术[J].宇航计测技术,1996,16(4,5):66-70.

[5]李金海.误差理论与测量不确定度评定[M].北京:中国计量出版社,2003,1-59.

[6]谭久彬.精密测量中的误差补偿技术[M].哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社,1995.

第一作者:张天恒,重庆工学院检测与控制工程中心,400050重庆市

First Author: Zhang Tianheng, Center of Measurement and Control Engineering, Chongqing Institute of Technology, Chongqing 400050, China

山特维克可乐满再循环计划 为您节省更多成本

随着不可再生原材料的使用量不断增加,所有生产厂商有责任更经济地使用现有资源。

山特维克可乐满正致力于提供报废硬质合金刀片和整体硬质合金刀具的回收并以最环保的方式进行循环再利用。

所有报废硬质合金刀片都集中收集到生产车间的收集箱内。当收集箱放满时,可以将报废刀具转移到一个传送箱内,当传送箱已满时,则可以运送到离您最近的山特维克可乐满办事处,他们还将为您提供更多的服务。

山特维克可乐满再循环计划(CRC)所能带来的益处:一站式全球再循环系统;适用于最终用户和贸易商;流程简单(收集箱,传送箱);更少的浪费,更少的污染;更好地利用资源;接受其他生产厂商的硬质合金刀片。

哈量集团2项目通过验收并正式命名

中国机械联合会验收专家组于2009年7月中旬对哈量集团“机械工业数控机床系统工程研究中心”和“机械工业数字化齿轮测量系统工程实验室”两个建设项目进行了验收,通过对验收资料审查及现场考察,一致通过验收并于近日下发了正式命名的通知。

此次,集团公司两个重点项目的正式命名是对哈量集团技术研究、技术开发和技术创新工作的重大肯定与支持,对开展以HSK工具系统、热缩夹头等为代表的数控机床用高速工具系统设计、加工、检测成套制造技术的研究;探索新的齿轮测量原理和开发新一代齿轮专用测量仪,提高我国齿轮测量技术领域创新能力提供了强有力保障和扶持。同时对加快构建企业自主创新体系,完善运行机制,巩固行业领先地位,优化产品结构,提升产品附加值具有积极的推动和促进作用。

法士特前7月完成工业总产值超39亿元

今年前7个月,陕西法士特汽车传动集团有限责任公司累计实现销售收入38.78亿元,完成工业总产值39.27亿元;累计销售汽车变速器超过27.75万台。其中7月份实现销售收入6.25亿元,同比增长37.34%;完成工业总产值超过6.61亿元,同比增长20.84%,各项生产经营指标均创历史同期最高水平。

面对市场形势的新变化,法士特把企业生产经营与国家“保增长、调结构、扩内需”等有关政策有机结合起来,通过广泛推行精益生产管理方式、加快产品结构调整、全面提升生产管理水平等措施,不仅大大提高了生产效率,有效降低了人力、物流和制造成本,同时还改变了企业传统粗放式的生产理念和思维方式,产生了良好的经济效益和管理效益。