

反射式金属光栅在高精度转台上的应用

The application of reflexible metal grating on high precision turntable

(1.中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 2.中国科学院研究生院) 郝杰^{1,2} 续志军¹

HAO Jie XU Zhi-jun

摘要: 本文分析了反射式金属光栅信号的提取原理,根据光栅信号的特点设计了提高信号质量的硬件电路,采用对径数字量相加技术补偿安装误差,并把编码器系统成功的应用于高精度转台。

关键词: 反射式金属光栅;对径数字量相加;高精度转台

中图分类号: TN29

文献标识码: A

Abstract: A principle to extract the signals of reflexible metal grating is revealed in this paper. according to the characteristics of grating signals, an electronic circuit is designed to improve the signals and adopts a technology of opposite diameter digital addition to compensate the installation error. then apply to high precision turntable successfully.

Key words: reflexible metal grating; opposite diameter digital addition; high precision turntable

1 引言

以计量光栅为核心的光电轴角编码器已经成为人们普遍认可的精密测角装置。相比于传统的透射式计量光栅,反射式金属光栅的栅距更小,采用特定的光电扫描方法,可以检测到非常细的线条,并生成周期很小的输出信号,基于它的反射式金属光栅编码器,具有更高的测角精度和较强的抗冲击性能,已成功应用于精密转台及跟踪设备中。

2 光电信号提取原理

反射式金属光栅采用开放式、非接触光学测量系统,利用干涉扫描原理获取测量移动量的信号。标尺光栅是自身反射的相位光栅,指示光栅是透明的相位光栅。干涉扫描原理示意图如图 1 所示。

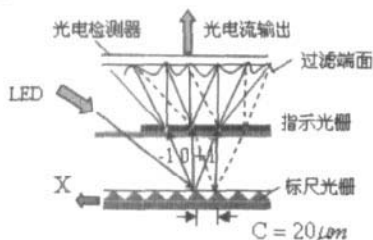


图 1 干涉扫描原理示意图

(1) 一个红外的发光二极管将光线以相同的角度发射到标尺光栅表面后,光波被衍射成三束光强近似的光,+1、0 和 -1。标尺光栅在 X 方向运动的相位变化为:

$$\Omega = \frac{2\pi}{C} m \quad (1)$$

式中, m 为光波的衍射级序。

(2) 光波到达指示光栅后,再次发生衍射和干涉,当 +1 和 -1 两束光干涉时,移过扫描单元时光波的相位变化为:

$$\varphi = \frac{4\pi x}{C} \quad (2)$$

(3) 衍射光必须以一定的角度经过指示光栅,才会被光电转换器完全接收,衍射光的方向由下式确定:

$$\sin(\theta_d) = \frac{n_i}{n_d} \sin(\theta_i) + m \frac{1}{n_d} \frac{\lambda}{C} \quad (3)$$

式中, θ_i , θ_d 分别为入射角和衍射角, n_i , n_d 为光栅材料的折射指数。

(4) 反射光通过指示光栅到达过滤端面,可以滤除掉与光栅刻划周期不匹配的信号,之后光电检测器把光波转换成相位差 90° 的四路正弦干涉条纹信号。

3 硬件电路设计

为了保证测量的精度,必须对光栅信号的质量有所要求,因为这影响电子细分的精度。评价光栅条纹信号质量主要有以下几项指标:正弦性、正交性、等幅性、直流电平漂移。实际的光栅条纹信号是以基波为主,存在各次谐波的正弦波,并且各路信号,在相位上不正交,又由于光栅刻划的原因,造成系统输出电信号的幅值及直流电平产生相应的波动,带来了测量时的分度误差。本文主要针对这几个方面设计硬件电路,来提高光栅信号质量,电路框图如图 2 所示。



图 2 电路处理框图

(1) 前置放大电路 采用电压放大形式,并要尽可能地靠近光栅,它的作用是对输入信号进行放大,提高信噪比。

(2) 直流电平补偿电路 图 3 为其中两路信号的直流电平补偿电路,放大器采用 AD 公司的 AD8554,它是一种高精度、低漂移、轨对轨的可单/双电源驱动的运算放大器,通过自调零,能在大温度范围内和整个运行时期维持很低的失调电压,典型失调电压小于 1 微伏。直流电平补偿电路的工作原理是:各路放大器的反馈连接在一起,信号的变化相互关联,实现互相补偿。

郝杰: 研究生

如增大 0° 信号的直流电平,经 OP1 反向放大输出后,再反馈回到输入端,和输入信号正负相加,使输入信号直流电平降低,输出端也会随之降低。同时,OP1 输出端经过 OP2 的反馈电阻到达 OP2 的负输入端,和 OP2 的输入信号正负相加,使 OP2 的直流电平下降,反向放大输出的直流电平也会下降。反之,OP2 直流电平的变化,也会同样影响 OP1。

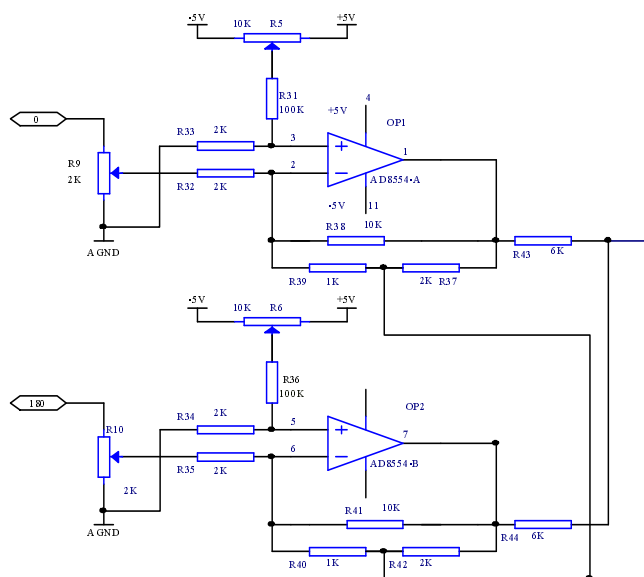


图3 直流电平补偿电路

(3) 差分放大电路 对从直流电平补偿电路输出的四路信号 \sin 和 $-\sin$ 、 \cos 和 $-\cos$ 进行差分放大处理,能够消除直流电平分量,同时还会消除信号中的偶次谐波,信号质量得以较大提高。

(4) 相位调整电路 理想情况下,差分后得到的两路正弦信号在相位上应严格相差 90° ,实际上,两路信号存在正交误差,通过相位调整电路,可以改善信号的相位关系。

(5) 比较整形电路 以零电压为比较电平,将输入的正余弦两路信号变换成占空比为 50% 的方波。

经过上面的调整电路,信号质量得到了明显提高,最终输出的两路方波要进行判相、计数,同时差分放大后得到的正余弦信号经 AD 采样后进入单片机,进行细分。

4 消除安装误差

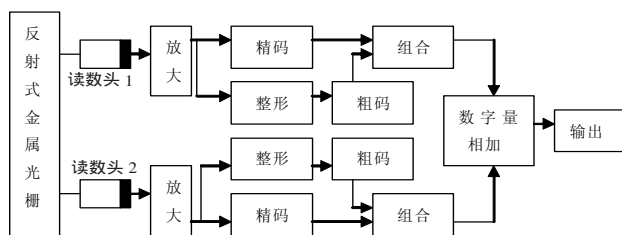


图4 对径数字量相加处理电路框图

安装误差主要是指偏心、轴系晃动造成的误差。可以从两方面进行补偿:

(1) 按照反射式金属光栅的安装工艺进行安装,在安装的同时要检测端面的径向跳动,安装完成后确保跳动在 ± 3 微米以内,这样不但补偿了偏心距,而且能在振动和循环操作中保证极高的稳定性。

(2) 采用对径数字量相加技术补偿安装误差。在反射式金

属光栅对径上独立安装读数头,需要注意的是,读数头要以相同的安装面安装并且读数头安装面轴的失调要小于 0.1mm 。对径数字量相加电路框图如图4所示。

可以看出,对径数字量相加对每个读数头输出的莫尔条纹光电信号进行单独处理。对径读数头输出的光电信号,分别被放大、整形、计数、A/D 转换,最后送入单片机进行相加除 2 就得到转轴的准确角位移大小,其处理方式相当于两个单读数头的编码器。对径数字量相加技术在电路结构和数据处理上比较复杂,但是能够降低对机械加工、装调及使用环境的要求,已经成为普遍采用的补偿安装误差的方法。

5 结论

光栅信号质量是影响细分精度的主要因素,本文设计的硬件电路,能够有效地提高信号质量,并采用对径数字量相加的方法消除安装误差,把反射式金属光栅应用于高精度转台上,能达到 $0.5''$ 的测角精度。

本文作者的创新点:分析了反射式金属光栅信号的提取原理,针对反射式金属光栅信号的特点,设计了相应的硬件电路,有效地提高了信号的质量,并采用对径数字量相加技术补偿了安装误差。

参考文献

- [1] 卢新然,李洪,冯长有.光电轴角编码器细分误差的 Matlab 仿真评估方法.微计算机信息.2005,10-1,109-110.
- [2] 田瑞利.过零触发电路的应用与研究.微计算机信息.2006.12-2.291-293.
- [3] 代冬军,周翠花,余光清,李代学.新型金属编码器的三个关键问题.光电工程.2004,101-103.

作者简介:郝杰,男,汉族,1977.10,中国科学院长春光学精密机械与物理研究所研究生,从事光电传感技术的研究;续志军,男,汉族,1953.5,中国科学院长春光机所研究员,博士生导师,从事光电传感技术和计算机测控系统的研究。

Biography: HAO Jie, male, 1977.10, study in Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences. The profession is the study of the optoelectronic sensor technique.

(130033 中国科学院长春光学精密机械与物理研究所 CIOMP) 郝杰 续志军

(100039 中国科学院研究生院) 郝杰

(Changchun Institute of Optics, Fine Mechanics and Physics, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130033 China) HAO Jie XU Zhi-jun

(Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China) HAO Jie

通讯地址: (130033 长春市经济技术开发区东南湖大路 16 号中国科学院长春光学精密机械与物理研究所光电传感室) 郝杰

(收稿日期:2008.9.15)(修稿日期:2008.10.25)

微计算机信息杂志 旬刊

每册定价:10 元 一年订价:360 元

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室

微计算机信息 邮编:100081

电话:010-62132436 010-62192616 (T/F)