

# 基于 LabVIEW 的场式直线时栅位移传感器误差曲线拟合\*

徐建国<sup>1</sup> 彭东林<sup>2</sup> 朱 革<sup>2</sup> 刘小康<sup>2</sup>

<sup>1</sup>重庆大学 <sup>2</sup>重庆工学院

**摘 要:**提出了一种基于 LabVIEW 的传感器误差修正和补偿的方法,将其应用于时栅位移传感器研究,在 LabVIEW 环境中实现了时栅位移传感器测量的误差曲线分析和拟合算法,提高了传感器精度。

**关键词:** LabVIEW, 时栅位移传感器, 误差曲线, 虚拟仪器

## Error Curve Fitting of Time Grating Displacement Sensor Based on LabVIEW

Xu Jianguo Peng Donglin Zhu Ge et al

**Abstract:** A method based on LabVIEW is presented for error correction and compensation of sensors. Under the LabVIEW environment, the measuring error curve analysis and its fitting algorithm of time grating displacement sensor are realized and the precision of the sensor is promoted greatly.

**Keywords:** LabVIEW, time grating displacement sensor, error curve, virtual instrument

## 1 引言

自从文献[1]提出“时空坐标转换理论和时栅位移传感器”的概念以来,已有了各种实现方案<sup>[2~4]</sup>,其精度从  $\pm 1$ 、 $\pm 34$ 、 $\pm 25$  直到  $\pm 0.8$  不等。对于选用的多对极电机,对多个采样脉冲信号进行多分频然后合成一个采样脉冲,其整数倍的谐波分量误差是不可避免的,对这些误差就只能采取误差修正的方法予以解决。在采用了多个测头以后,对于剩下的不能清除掉的谐波分量来说,虽然存在,但对精度的影响微小,因此只需要拟合这样一条修正曲线:它是由多种不同频次的正弦波迭加而成的。用它对原测试曲线反复修正,就可以逐次将传感器误差减小来达到期望的精度。

## 2 误差曲线拟合分析和谐波修正法

按照傅氏级数展开的思想,一条误差曲线总可以展开成为  $1, 2, 3, \dots, N$  ( $N$  趋于无穷大) 次误差,如果一个圆周有  $K$  个读数头,就可以消除其中除了  $K$  ( $K=1, 2, 3, \dots$ ) 的整数倍以外的全部误差。于是采用谐波修正法修正过程如下:

(1) 采用  $N$  个测头,消除掉除了  $K \cdot N$  以外的各次误差;

(2) 实测采样,依次读时栅和光栅的数,其差值就是该点采集得到的误差值,所形成的曲线就是误差曲线;

(3) 根据采样值构成的误差曲线,由计算机分析(通过 LabVIEW 软件实现)拟合出一条含有相同主

要谐波分量的拟合曲线;

(4) 用误差曲线减拟合曲线,对误差曲线进行修正;

(5) 对相减后残存的误差曲线进行再拟合,即重复第(3)步工作;

(6) 再进行第(4)步,即再进行修正;

重复上述(3)、(4)步工作,直到误差曲线小于设计值。

## 3 误差曲线拟合的 LabVIEW 实现

在 LabVIEW 中,一个 VI (Virtual Instrument) 由两部分组成:前面板和流程图。实现误差曲线拟合的模块流程图如图 1 所示,流程的外层是一个 While 结构,类似于 C 语言中的“Do while”结构。它与前面板的退出布尔控件相配合,实现程序模块的运行启动或停止。因为每次拟合的处理算法对应于不同的拟合数据,所以在 While 结构的内部使用了 Case 结构,使每次的拟合数据对应于 Case 结构的一个分支。LabVIEW 中的 Case 结构类似于 C 语言中的 Switch 结构,根据输入值来决定程序进入不同的分支流程。此处 Case 结构的输入值由前面板的功能选择布尔控件决定。但由于 LabVIEW 的运行机制是多线程并行的,如果直接利用布尔控件控制,运行中每次循环都要对所有布尔控件判断之后才能确定程序的分支流程,所需时间较长,运行速度慢;为了提高运行速度,需对 Case 结构的输入值进行改进。先将所有的功能选择布尔控件组成一个布尔数组,然后利用数组值为真的 Index 作为输入值。此时,运行速度明显加快。布尔控件越多,改进之后的 Case 结构速度提高得越多。

\*国家自然科学基金资助项目(项目编号:59675089、50075091)  
收稿日期:2005年4月

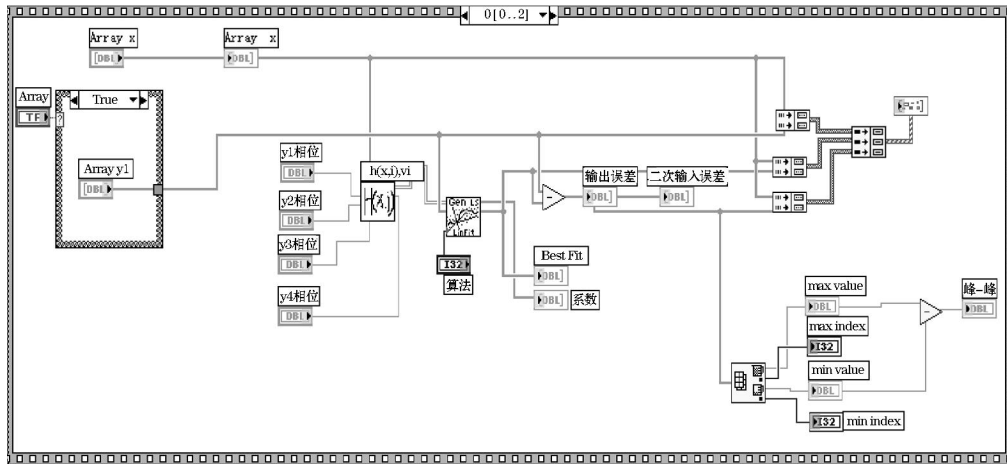


图1 误差曲线拟合模块流程图

模块前面板和流程图编制完成之后,将其在 LabVIEW 下进行适当地连接,并连接外部硬件 MP270 数据采集卡(或者将所采集到的数据进行人工输入),构成完整的 VI。经运行测试,模块运行正常,各个功能模块均能实现预期功能。以下用实例说明此方法的应用。

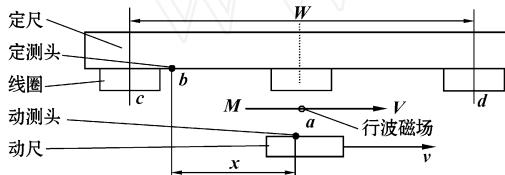


图2 场式直线时栅原理图

作直线运动的行波可以“无头无尾”,是目前实现无限长直线  $s$  坐标系的最理想方案<sup>[1]</sup>,于是借鉴“直线型交流电动机”的原理,将电机外壳沿直线展开如图 2 所示,就构成了“直线型场式时栅位移传感器”实施方案。通电后,行波磁场始于  $c$  点、终于  $d$  点,每隔时间  $T$  行进距离  $W$ ,连续不断(这正是从一个“窗口”观看无限长运动标尺  $s$  的效果),在相继经过动定测头  $a$ 、 $b$  时,感应出电信号,也就得到瞬时时刻  $T_i$  和  $T_o$ ,而  $x = V T = \frac{W}{T} T = \frac{W}{T} P_i$ ,实现了用时钟脉冲来计量空间位移。



图3 场式直线时栅样机及实验装置

图 3 是 16 对极 96 槽的场式直线时栅样机及实验装置。可以沿光滑导轨移动的滑块一端与时栅动子相联接,另外一端与 Heidenhain 直线光栅(精度  $\pm 1\mu\text{m}$ )相联接。按每对极 48 点均匀采样,考虑到直线时栅存在端部效应,全程取中间 8 对的极长度范围内的共 768 点进行采样。每次采样依次读时栅和光栅的值,其差值即为该点误差。

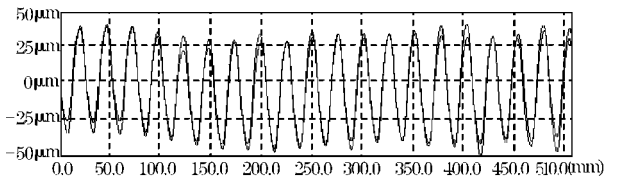


图4 场式直线时栅原始误差曲线及拟合曲线

图 4 采用 2 个测头实测一段中间距离为 8 对极 510mm 长度范围内完整的误差曲线和由计算机拟合出的由 32、64、96 次误差谐波迭加而成的拟合曲线,由图上可以看出两条曲线比较接近,很明显地就可以看出误差主要是由这三次误差谐波组成的。其峰值为  $+41 \sim -45\mu\text{m}$ ,综合误差为  $\pm 43\mu\text{m}$ 。这个误差反映了传感器原始机械加工的误差,应该说是相当粗糙的。

图 5 用图 4 的两条曲线相减后剩余的误差,即通过第一次修正,消除 32、64、96 次谐波后,误差已从  $\pm 43\mu\text{m}$  降到约  $\pm 6\mu\text{m}$ 。

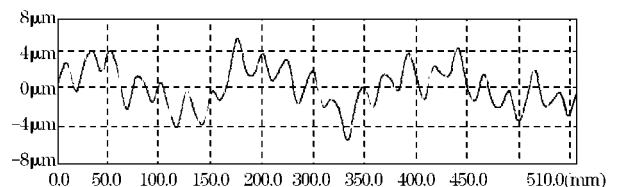


图5 第一次修正后的场式直线时栅误差曲线

图6在图5的基础上,拟合出含32、64、96次谐波的拟合曲线,再经过第二次修正,误差再由约 $\pm 7\mu\text{m}$ 降到约 $\pm 5\mu\text{m}$ 。

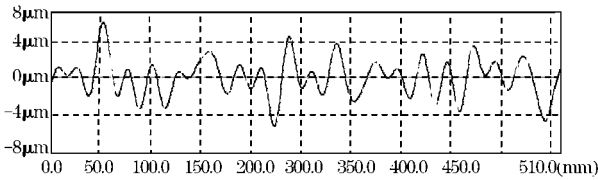


图6 第二次修正后的场式直线时栅误差曲线

图7是重复上面过程后的结果,采用含1、2次谐波的拟合曲线,再经过第三次修正后,误差由 $\pm 5\mu\text{m}$ 降到约 $\pm 4\mu\text{m}$ 。

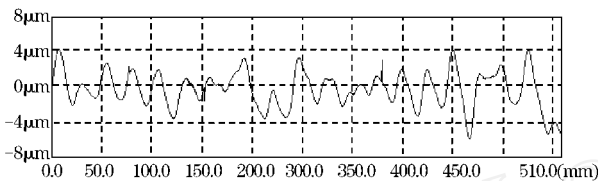


图7 第三次修正后的场式直线时栅误差曲线

从理论上说,上述方法可以一直做下去,最终结果可超过“母仪”即光栅传感器。但是直线测量因涉及温度变化和阿贝误差等,不确定因素较多,并且本课题主要解决圆分度测量问题,故未对直线时栅作进一步的精度分析,此样机只是证明场式时栅完全可用于直线测量,解决了机械式时栅不能解决的无限长运动坐标系问题。目前已完成与Heidenhain直

线光栅的对比实验,精度为 $15\mu\text{m}/\text{m}$ 。

## 4 结语

基于LabVIEW的时栅位移传感器误差曲线拟合实现了时栅位移传感器测量误差分析的计算机化,大大减少了进行误差分析所花费的时间,提高了效率。由于采用图形语言编程,程序可读性增强,并且可以将其作为子程序在虚拟仪器系统中调用,具有很强的通用性。虽然本程序只是针对时栅位移传感器测量的误差曲线拟合而设计,在进行其它类型误差曲线分析和拟合算法时,可以将其作为子程序和其它子程序一起调用,以适应不同应用环境的需要。

## 参考文献

- 1 彭东林,刘成康等.时空坐标转换理论与时栅位移传感器研究.仪器仪表学报,2000(4)
  - 2 彭东林,刘成康等.差频式时栅位移传感器研究.仪器仪表学报,2001(5)
  - 3 彭东林,张兴红等.场式时栅位移传感器研究.仪器仪表学报,2003(3)
  - 4 彭东林,张兴红等.混激型时栅位移传感器研究.仪器仪表学报,2004(1)
  - 5 石博强,赵德永等.LabVIEW6.1编程技术实用教程.中国铁道出版社,2002
- 第一作者:徐建国,硕士,重庆大学机械传动国家重点实验室,400050 重庆市

## 中国钢铁业进出口之困

中国钢铁协会顾问吴溪淳认为,2006年可能再度发生别国对我国钢材市场的倾销。商务部外贸司副司长梁树和透露,目前我国正面临来自美国的线材及管材的反倾销调查与起诉,2005年国外针对中国钢材出口的反倾销调查等有5起,我国钢材出口的形势如再不改变将面对一系列反倾销的纠纷。

### 1. 遭遇倾销

一组数据表明,2005年我国进口钢材中某些国家和地区向我国倾销抬头,哈萨克斯坦1至10月份向我国出口中厚板平均单价只有465.76美元/吨,10月份只有366.4美元/吨,大大低于国内价格和国际市场价格,比我国1至10月份进口合计平均单价低34.75%。

在其它板材上,俄罗斯、乌克兰、泰国、印度等国向我国出口的产品均大大低于我国进口平均单价。其倾销威胁对我国造成的损害是显而易见的,使国内某些板材品种供大于求并搅乱了我国市场。吴溪淳提醒,连泰国向我国的钢铁出口都增长近900%,这种现象不能不引起我们的警惕,在2006

年这种情形如再度发生或再度加剧将对国内的钢铁市场产生更加不利的影

### 2. 建议以产代进

在分析原因时,吴溪淳认为,主要是因为2005年国内市场价格变化太大、太快让众多贸易商在进口上失去理智。他建议,2006年国内有较强技术能力和成本优势的企业要瞄准进口钢材,大力顶替进口,使进口钢材减下来,对向我出口有倾销行为的要运用合法权利进行斗争,维护我国钢铁产业利益。

### 3. 钢材2006年出口有难度

商务部外贸司副司长梁树和指出,2005年国内的出口政策在2006年将继续执行,且执行的力度不可能放松;在出口高速增长的同时,目前我们正面临来自美国的线材、管材反倾销调查与起诉。

2005年国外针对中国钢材出口的反倾销调查等有5起,这说明一些国家的贸易保护主义有新的表现,而我国钢材出口的产品单一,出口的国家太集中,贸易商又竞相压价,增加了钢材出口的难度。梁树和认为,2006年钢材出口很难有大的增加,在钢材出口贸易上,钢厂和贸易商要加强调协,做到有序出口、合理进口。