

增量式时栅位移传感器原理及试验研究*

王彦刚¹ 彭东林² 易文翠³

¹重庆大学 ²重庆工学院 ³重庆通信学院

摘要:介绍了一种新型的增量式时栅位移传感器原理。通过设计传感器信号处理电路实现了其从原理到试验的转变,并且在增量式时栅位移传感器原理试验台上进行了测量试验。在分析测量数据的基础上验证了增量式时栅位移传感器原理的可行性。

关键词:增量, 时栅, 传感器

Study on Principle and Experiment of Incremental Time-grating Displacement Sensor

Wang Yangang¹ Peng Donglin² Yi Wencui³

Abstract: A new principle of incremental time-grating displacement sensor was presented, basing on the signal process circuit be designed, the incremental time-grating displacement sensor principle transform into experiment. Analyzing the test measure data of incremental time-grating displacement sensor, the feasibility of incremental time-grating displacement sensor principle was testified, make it possible to be applied in sensor designed.

Keywords: incremental, time-grating, sensor

1 引言

借助伽里略变换在文献[1]中首次提出了“带时间考查点的相对运动双坐标系”思想,形成了一套时空坐标转换新方法(即TST方法)。在该方法的指导下,作者所在课题组提出了一种新型的角位移传感器原理:增量式时栅位移传感器原理。这种传感器具有动态响应性能好、与数控系统增量式测量接口匹配、性价比高等一系列优点^[2]。本文对增量式时

栅位移传感器理论实现的方法和试验进行了综合研究,通过试验数据分析验证了原理的正确性,同时也验证了由此原理设计的传感器信号处理电路的正确性,证明了其作为一种新型增量式位移传感器的可行性。

2 增量式时栅位移传感器原理

图1所示为单齿式增量时栅位移传感器原理图。其工作原理为:当旋转单齿以匀速 v 转动时,在与转台连接的测头 a 上会产生频率变化的感应信号 T 。如果转台静止,则感应信号 T 为一恒定频

*国家自然科学基金资助项目(项目编号:50075091,50575235)
收稿日期:2006年2月

星减速机的市场竞争中打下了基础。

在加工本体为42CrMo的喷焊辊时,采用了PCBN+RNGN13T3MO的圆刀片,切削速度可达113m/min,切削深度可达1mm,切削效率大大提高;加工渗碳淬火十字轴、轴承座选用PCBN焊接刀头,切削速度46m/min,走刀量为0.25mm/r,光洁度可达1.6,由于刀片耐磨性好,重磨次数少,减少了装、卸刀片,有效的减轻了工人的劳动负荷。

(4) 涂层技术

涂层技术从过去只能涂单一的TiC、TiN、Al₂O₃,进入到开发厚膜、复合和多元涂层的新阶段,加上新型的抗塑性变形基体,在改善涂层韧性,涂层与基体的结合强度,提高刀具的硬度、耐磨性方面有了质的飞跃。对普通高速钢滚刀进行TiAlCN+CBC和复合涂层,刀片呈银灰色,表面光洁度、润滑性显著提

高,使滚刀切削时不易产生积屑瘤,同时滚刀的抗附着力、抗亲和力都大大降低,使滚切时不易粘刀、不易与被加工材料产生化学反应,生成新的合金元素。切削速度可提高1.5倍,滚刀的耐磨性大大提高,减少了刀具的重磨次数,有效地提高了滚刀的使用寿命。

十字万向接轴中辊端虎口、辊端叉头、电机端虎口等关键产品中的深孔是加工中的难题,随着枪钻技术的引进,深孔加工问题迎刃而解,但上述产品中的Cr、Ni、Mo合金含量较高,易粘刀,将枪钻拧成麻花形。现在可采取对枪钻多层涂层的方式:底层为TiN涂层,与基体有高的结合强度;中间是多层很薄的TiCN,可降低涂层的内应力,提高韧性;顶层为TiAlN,具有很好的耐磨性和耐热性。从而使枪钻在十字万向接轴等主打产品中得到很好的发挥和应用。

率的信号, 设为 T_o ; 如果转台运动, 感应信号 T 为一频率变化的信号, 设为 T_i ; 则在旋转单齿旋转一周时转台转动位移为 $x_i = V(T_o - T_i)$ 。在转台做连续位移转动时, 位移值 $x = \sum_{n=0}^i V(T_n - T_o) = V \sum_{n=0}^i T_n$ 。

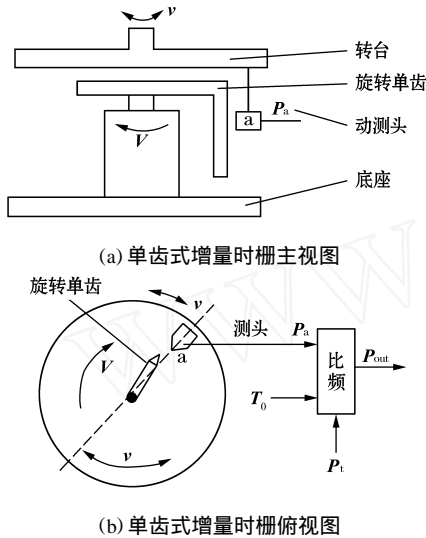


图 1 增量式时栅位移传感器原理图

3 增量式时栅位移传感器原理实现方法

时栅位移传感器是采用机械测头加信号处理电路构成的一种新型位移传感器, 同现已产品化的绝对式时栅位移传感器相比, 增量式时栅位移传感器的机械测头和模拟电路与其类同, 但原理和信号处理方法不同, 因此在已有设计技术的基础上, 增量式时栅位移传感器设计的重点在于进行数字信号处理电路的设计。

由于复杂可编程逻辑器件 CPLD 芯片本身集成了上万个逻辑门和数据采集电路中的数据缓存、地址发生器、控制译码等电路, 并且 CPLD 可由软件实现逻辑重构, 使得采用 CPLD 开发的数字电路具有开发周期短、升级容易、体积小等优点, 所以在增量式时栅的数字信号处理电路设计中, 采用了 CPLD 芯片, 图 2 所示为 CPLD 芯片逻辑电路部分。

由增量式时栅位移传感器原理可知: 增量式时栅是通过比较输出信号 T_i 和常数值 T_o 的差值来实现位移增量测量的, 考虑到在实际传感器工作中, 由于工作电源频率的不恒定引起的恒速 v 不恒定, T_o 也不可能保持为一常数。因此在传感器设计中, 通过增加测头 b 的测量实时 T_o 值来实现 $x_i = V(T_o - T_i)$ 的增量计算, 其信号处理电路框图如图 2 所示。

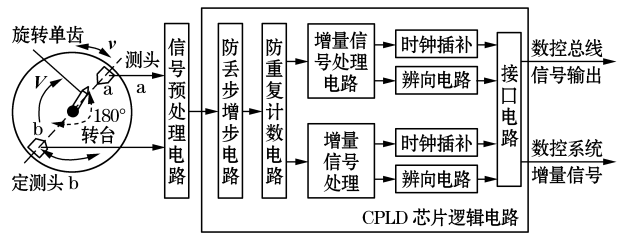


图 2 增量式时栅位移传感器信号处理电路框图

图 2 中采用的两路数字量处理单元循环工作方式有效地解决了信号处理中存在的时间冲突现象。信号处理工作原理为: 从传感器动定两测头感应出的电信号经预处理电路放大、滤波、整形后, 输入到防丢步逐步电路模块后经过冗余处理^[3], 滤除动定测头数字信号的干扰信号; 防重复计数电路模块通过波形周期取整处理两路信号, 将信号中的半周期信号累积到下次测量信号中, 消除了两次测量中同一周期信号的不同部分在计数电路重复计数的情况。增量信号处理电路模块通过对动定两路测量信号进行周期比较后, 测量出两路信号的周期差, 即增量信号; 时钟插补电路利用高频时钟信号对增量信号进行精密测量, 辨向电路通过比较两路信号的周期计算出位移转动方向, 输出方向信号; 经接口电路处理后, 转换为数控系统中普遍采用的两路相差 90° 相位的 A、B 两路 TTL 电平信号; 同时单片机接口电路用可逆计数器电路将增量信号进行计数后形成单片机易于处理的二进制数据, 以 8 位数据总线输出。

4 增量式时栅位移传感器原理试验

为验证增量式时栅位移传感器原理的可行性, 在增量式时栅位移传感器信号处理电路的基础上, 设计了以传感器仿真信号发生器 + 信号处理电路 + 虚拟仪器三个功能模块为主的增量式时栅位移传感器原理验证试验台 (见图 3)。

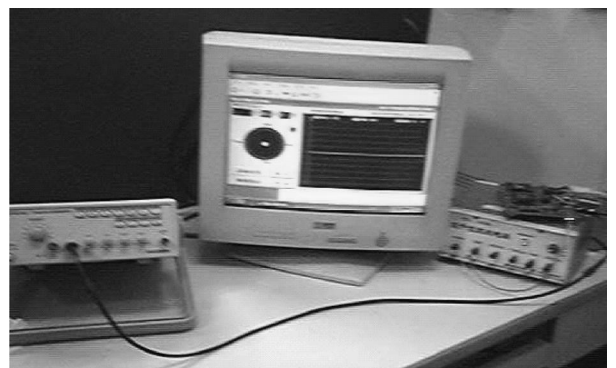


图 3 增量式时栅位移传感器验证实验台

试验采用场式时栅实现方法^[4], 试验台的各参

数如下。仿真测头极对数:32对极测头;仿真定测头信号:264.55Hz的方波信号仿真磁场工作频率产生定测头b信号;仿真转台信号:263.158Hz的方波信号仿真以2.611rad/m匀速运动的转台(测头a)的运动信号;工作时钟频率:100kHz;信号处理电路理论测量误差:0~-107.14275;单片机理论读取时间间隔:71.11ms;传感器理论输出时间间隔:3.8ms;虚拟仪器理论度数增量值:1.11388°。

试验结果如表1所示(限于篇幅,表中只列出了32个测量值)。表中数据分别为测量的位移值和增量值,位移值由增量值累加得出。在试验中,通过单片机定时(71.11ms)将测量结果读出,并上传到上位机的虚拟仪器显示测量结果,表中读取次序对映的测量结果即为每隔71.11ms的读取结果。

表1 增量式时栅位移传感器原理实验数据

读取次序	测量位移值	测量增量值	读取次序	测量位移值	测量增量值
1	0	0	17	17.44028	1.130833
2	0.7141666	0.7141666	18	18.57139	1.131111
3	1.845	1.130833	19	19.70222	1.130833
4	2.976111	1.131111	20	20.77361	1.071389
5	4.106945	1.130833	21	21.90472	1.131111
6	5.178333	1.071389	22	23.03555	1.130833
7	6.309444	1.131111	23	24.10695	1.071389
8	7.440278	1.130833	24	25.23806	1.131111
9	8.511666	1.071389	25	26.36889	1.130833
10	9.642777	1.131111	26	27.49972	1.130833
11	10.77361	1.130833	27	28.57139	1.071667
12	11.90472	1.131111	28	29.70222	1.130833
13	12.97611	1.071389	29	30.83306	1.130833
14	14.10694	1.130833	30	31.90472	1.071667
15	15.23806	1.131111	31	33.03556	1.130833
16	16.30944	1.071389	32	34.16639	1.130833

对于测量的位移曲线数据和增量曲线数据,其所表达的测量曲线是一致的。为便于分析,由表1中测量增量值部分数据(从第三点开始的25个点)得出如图4所示的增量曲线图。图中纵坐标为角度坐标轴,单位为度,横坐标为时间坐标轴。

从图4可以看出,匀速运动位移测量增量的测量值在1.11388°上下波动。其测量误差为0.017231°~-0.042482°,即62.0316~-152.9424,大于理论测量误差范围0~-107.14275。从理论上分析,匀速运动的单位时间位移测量是一常数值,而在试验所得数据和图4可以看出,试验结果是一波动值。从试验原理和方法分析可知,测量值产生波动的原因主要有三个:单片机在定时测量过程中,由于定时器在程序运行时并不非常精确,会产生微小波动,

从而使得每次定时测量值会发生变化;由于单片机定时采样时间与信号处理电路中输出测量结果的时间不成倍数关系,因此测量结果存在波动误差,其误差范围为:61.4661~-152.8194;增量信号处理电路原理中存在0~-107.14275的测量误差。

将由单片机定时倍数引起的误差和由增量信号处理电路原理引起的误差叠加,即虚拟仪器实际接收测量值的误差,其范围为61.4661~-152.8194,与实际测量误差(62.0316~-152.9424)接近。

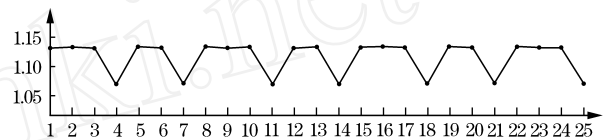


图4 增量测量值误差曲线

5 结语

通过对增量式时栅位移传感器进行仿真位移测量试验可以得出以下结论:所提出的增量式时栅位移传感器原理是正确的,可以用来指导新型传感器的设计;传感器信号处理电路中的硬件冗余技术可以达到传感器的设计可靠度要求;传感器信号处理电路中采用的误差累积法计数电路能够有效解决增量式时栅位移传感器的误差累加问题,使传感器的测量误差不超过其分辨率。根据现已产品化的绝对式时栅测量精度^[2](中国测试技术研究院参照JJG900“光电轴角编码器检定规程”检定式栅传感器精度为±0.8)可预知,当提高增量式时栅的工作时钟频率后,增量式时栅可达到角秒级以下的分辨率,以实现高精度测量。

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 王彦刚,彭东林等.时栅传感器在数控系统中的应用.制造业自动化,2005(9)
 - 3 王彦刚,彭东林等.冗余技术在增量式时栅位移传感器信号处理电路中的应用.电力自动化设备(录用,待发表)
 - 4 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)
 - 5 李 谋.位置检测与数显技术.机械工业出版社,1993
 - 6 强锡富.几何量电测量仪.机械工业出版社,1981
 - 7 和子康.机床传动精度测量与提高.计量出版社,1985
 - 8 雷 霖.微机自动检测与系统设计.电子工业出版社,2003
 - 9 赵茂泰.智能仪器原理及应用.电子工业出版社,2004
- 第一作者:王彦刚,硕士研究生,重庆工学院测控中心,400050重庆市