

# 基于 MATLAB 的传动误差测试系统及其模拟实验智能化信号发生器

郑方燕 彭东林 郑永 万文略

重庆工学院

**摘要:**介绍了机械传动误差测试中数字量计数法的特点,给出了传动误差测量系统 FMT 的系统框图。PC 机程序采用 VC 调用 MATLAB 编译后的 C 函数实现 FFT 分析,重点介绍所研制的智能脉冲信号发生器,用其产生的两路信号对实际光栅输出信号进行模拟,进而验证 FMT 系统测试和 FFT 分析的正确性,并通过实际实验进一步验证了正确性。

**关键词:** MATLAB, 智能脉冲信号发生器, 传动误差

## Transmission Error Testing System Based on MATLAB and Simulation Experiment of Intelligentized Signal Generator

Zheng Fangyan Peng Donglin Zheng Yong et al

**Abstract:** Introduced the characteristic of digital counting method in machine transmission error testing, presented the system block diagram of transmission error testing system FMT. The PC program adopts VC to call C function compiled by MATLAB to realize the FFT analyses; the paper emphatically introduced the intelligent pulse signal generator, simulated the actual grating output signal by two ways of signal which produced by it, then validated the correctness of FMT system testing and FFT analyses, and further validated the correctness by actual experiment.

**Keywords:** MATLAB, intelligent signal generator, transmission error

### 1 引言

传动误差 TE (Transmission Error) 及单端运动的速度、加速度等运动特性 MP (Motion Property) 的动态精密测量涉及光、机、电、磁和计算机等多学科前沿技术,有关测试仪器能否精确测出误差曲线,正确

评估精度指标和准确指出误差环节,将直接关系到能否提高产品的质量指标,如振动、噪音和精度等。因此传动误差测试 TE 在需要高质量传动的场合中,如精密齿轮加工机床、雷达、天文台、武器系统和印刷机械等方面,有着非常重要的意义。

“全微机化传动误差检测分析系统”(FMT 系统)<sup>[1,2]</sup>,是利用脉冲信号细分原理与微机应用相结

收稿日期:2007年7月

由表 1 知,相位角的测量误差为  $\pm 180^\circ$  时,测得的偏心与实际偏心方向刚好相反,实际偏心与测得的偏心的差是实际偏心  $e$  的两倍,表明补偿反了,引起了更大的误差。

对上述相同参数的齿轮,由偏心相角的测量误差引起的齿距累积总偏差允许值为  $40/4 = 10\mu\text{m}$ 。当齿轮安装偏心为 3mm 时,由式(11)计算得  $\theta_0 = \pm 3.2^\circ$ 。所以对该齿轮的安装偏心进行测量时,偏心的相角测量误差允许值为  $\pm 3.2^\circ$ 。

### 5 结语

当我们在数控机床或齿轮测量设备上增加偏心情况下加工或测量功能时,一定要注意用户测量偏心的手段和测量结果的准确度。如果采用机械百分表测量偏心幅度,以此结果进行补偿,很难保障四级

精度。偏心相位角的测量用手工方法很难测准,因此应开发专用偏心测量程序,利用设备上的光栅和传感器,精确测出偏心的幅值和相位角。

#### 参考文献

- 1 单光坤,李文龙,郑鹏等.大型齿轮在机测量中安装偏心的测定及补偿.机械传动.2003(2)
- 2 金嘉琦,李文龙,付景顺.大齿轮齿距在机测量原理及技术研究.沈阳工业大学学报,1999(2)
- 3 金嘉琦,李文龙,赵清等.几何偏心与齿距误差关系分析.机械设计与制造.1997(4)
- 4 范烁.超精密齿轮齿距累积总偏差测量技术的研究.大连理工大学硕士学位论文.2005

第一作者:杨燕鸽,硕士研究生,西安工业大学机电工程学院,710032 西安市

合的一种新型传动误差分析系统,电路简单可靠,柔性大,便于解决高速、大传动比极低速和非传动比等测量难题。FMT系统按照“全微机化”的设计思想,最大限度地利用软件代替硬件,整套系统除了传感器就只有微型计算机,而摒弃了传统仪器庞杂的电器箱等附件。系统因环节少而剪度高、抗干扰强、故障率低、成本低,可以在车间环境下工作,使得车间现场的智能化检测和诊断成为可能,系统方案如图1所示。本文的研制目标是:FMT系统PC机程序FFT分析中调用MATLAB编译后的C函数,可以增加软件的可靠性并且缩短开发周期;研制智能脉冲信号发生器,用其产生的信号模拟实际工况中的光栅输出信号,进而验证FMT系统测试和FFT分析的正确性。

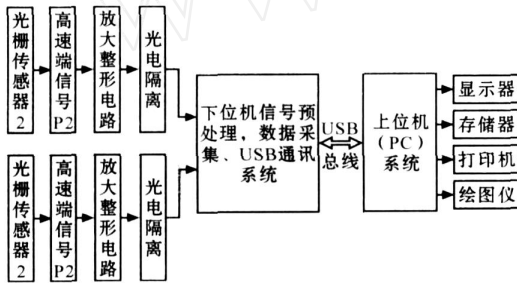


图1 系统方案

## 2 基于 MATLAB 的测试系统软件程序

PC机应用程序要求运行高效、面对对象、易于理解,采用被广泛使用的VC++6.0。频谱分析采用的是VC调用MATLAB编译后的C函数<sup>[3]</sup>在MATLAB中编写FFT处理程序。

### 2.1 MATLAB函数编译成C函数

用MATLAB6.5的mcc命令,将MATLAB\*.m函数编译成对应的C函数。

将编译后的文件:draw.c,draw.h,libdraw.c,libdraw.h文件加入到工程中去,其中draw是函数名,draw函数编译后的C语言形式是:

```
void mlxDraw(int nlhs, mxArray * plhs[], int nrhs, mxArray * prhs[]);
```

### 2.2 VC编译环境设置

如图2、图3所示,在工程中添加库文件libmatlb.Lib,sgl.Lib,libmatlbmx.Lib,libmx.lib,并更改其预处理头文件的设置。

选择菜单Tools、Options,选择Directories属性页,添加相应的头文件搜索路径和库文件搜索路径:

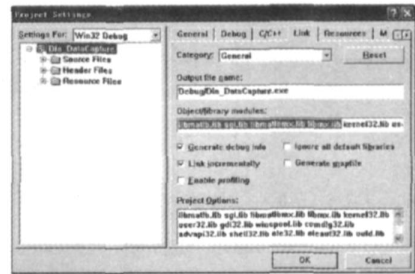


图2 添加库函数

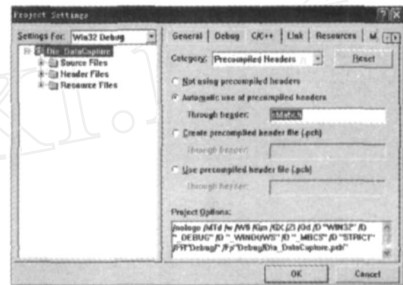


图3 预处理头文件设置

```
* * \ extern \ include
* * \ extern \ include \ ppp
* * \ extern \ lib \ win32
* * \ extern \ lib \ win32 \ microsoft \ msvc60 (其中 * *
是 MATLAB 的安装路径)
```

是 MATLAB 的安装路径)

然后,在调用的地方加上相应的头文件:

```
# include "matlab.h"
# include "libdraw.h"
# include "matrix.h"
```

### 2.3 工程中对C函数调用

增加对mlxDraw的调用,调用程序如下:

```
mxArray * pArrayIn;mxArray * pArrayOut;//输入输出数组指针
libdrawInitialize();//函数注册
.....
mlxDraw(1,&pArrayOut,1,&pArrayIn)//调用MATLAB函数
.....
libdrawTerminate();//函数销毁
```

## 3 用于系统模拟实验的智能信号发生器

### 3.1 智能脉冲信号发生器<sup>[4]</sup>

常规脉冲信号发生器是调幅式,频率由手动换档并固定,输出信号幅值A相对于时间横坐标呈方波、三角波、正弦波等,频率恒定,如图4所示。

FMT系统的微机部分所采集的信号是幅值恒定,频率H随时间按一定规律变化的方波或脉冲。智能脉冲发生器就是模拟这种工作情况,发出频率不断变化而幅值固定的脉冲信号。设计频率变化规律不同,被鉴定仪器对其采样计数得到的H(频率)

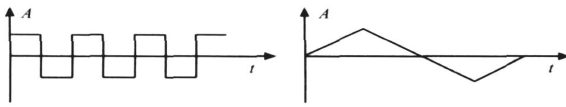


图 4

变化曲线也随之不同。最简单的例子如图 5 所示。如果发生器按图 5a 规律发出信号, FMT 系统将测出图 5b 的结果, 这就是对单轴输出速度变化的一种模拟。

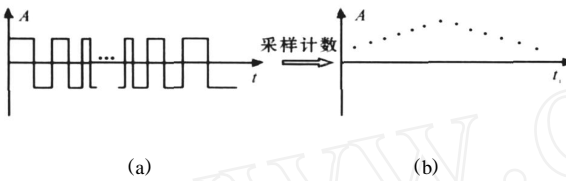


图 5

智能脉冲发生器继承和发扬了人为制造误差的思想。FMT 系统采用计数式原理, 对于某一传动比, 根据实际传感器栅线数, 可算得对应被测信号  $P_1$  的理论公称值  $P_0$ , 而让发生器的两路信号之比略大于或略小于  $P_0$ , 则有

$$\phi_k = (P_1 - P_0) N_1$$

FMT 系统采得  $\phi_k$  后再累加求和就得到一条斜线。若信号比大于  $P_0$ , 其斜率为正; 若小于  $P_0$ , 斜率为负; 若能控制斜率时正、时负, 就会得到形如图 6 所示的三角波。

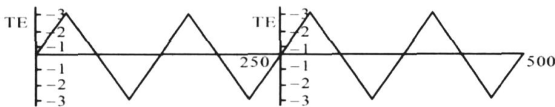


图 6

智能脉冲发生的功能在于: 能按程序规定输出两路其频率在输出预定脉冲个数后自动切换的脉冲信号。因此, 可由程序编排随意改变信号频率之比, 也就是随意改变模拟 TE 曲线的斜率大小、正负和切换点, 从而构成各种形状的模拟传动 TE 曲线。

### 3.2 仿真实验

为了验证 FMT 系统的频谱分析的准确性, 用脉冲信号发生器产生的两路信号对传动比误差测量的高、低速端光栅输出信号进行模拟仿真。高速端频率不变, 低速端频率按三角波规律变化, 这样反映在传动比上也将按三角波变化规律变化, 它的周期与低端变化周期相同。

图 7 就是用 FMT 系统对这两路仿真信号进行采集而得到传动误差曲线图。频谱分析排序如图右

侧, 冒号左侧是频率, 右侧是频率对应的幅值。可以看到频率按照等差数列依次递减, 频率符合三角波 FFT 变换后对应的频率。因此, 调用 MATLAB \*.m 函数编译成对应的 FFT 的 C 函数是成功的。

## 4 实验结果

本实验中采用的实验装置如图 8。由一电机带动, 经过一带传动, 再经一级蜗轮和一级齿轮增速后, 到达要测量的高速端, 然后再过一级蜗轮减速, 此级传动比为 90:1, 到达低速端, 所采用的传感器栅线数如下:

高速端: 栅线数为 2500 线的磁栅; 低速端: 栅线数为 10800 线的光栅。

由于传感器测试的是一级蜗轮减速, 因此误差主要是蜗轮副和转台轴偏心带来的误差, 同时, 外部震动也会引入误差。

实验台的现场采集如图 9 所示, 图 10 是实验台的测试曲线图。由图 9 右侧频谱幅值排序可知, 最

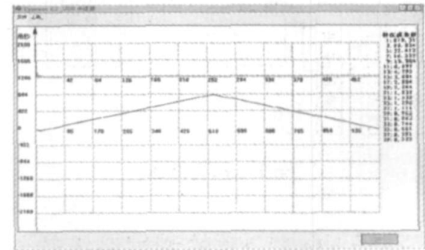


图 7

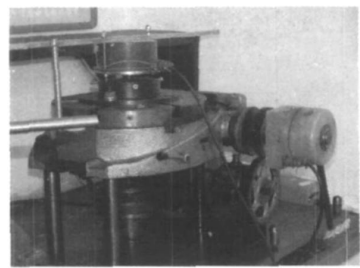


图 8 实验台

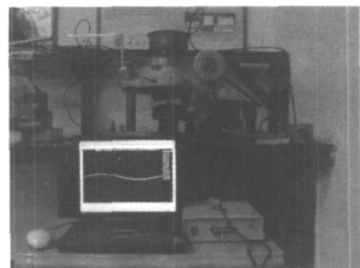


图 9

# 最小条件评定直线度误差的快速精确算法<sup>\*</sup>

袁 江 邵建新 邱自学

南通大学

**摘 要:**介绍了一种符合最小条件评定直线度误差的快速精确算法,采用 VB 开发了应用软件,实验结果表明该算法具有运算速度快和运算精度高的特点。

**关键词:**直线度误差, 评定算法, 软件

## Accuracy Algorithm for Evaluating Straightness Error Based on Least Condition

Yuan Jiang Shao Jianxin Qiu Zixue

**Abstract:** A new algorithm which satisfies the principle of the least condition is presented, and the application software for evaluating straightness error based Visual Basic is also designed. The experiment results show that the new algorithm has high speed and accuracy.

**Keywords:** alignment error, evaluate algorithm, software

## 1 引言

目前,生产实践中的直线度误差评定,应用比较多的是两端点连线法、最小二乘法和最小包容区域法。两端点连线法是以测量的首尾两个端点的连线作为基准直线,求出各点沿纵坐标方向上最高点到最低点的距离作为直线度误差值,应用时常采用人

工作图或手工计算得到直线度误差;最小二乘法是以最小二乘中线作基准直线,一般采用计算机软件编程实现误差评定;但是这两种算法的评定结果存在偏差,可能将合格产品误判为不合格产品即存在误判的可能性。最小包容区域法是国家标准规定的算法,但是它不能以解析形式表达,由此也产生了许多近似的和精确的算法,这些算法也存在运算速度和运算精度不够理想的问题<sup>[1,2]</sup>。为此,本文提出了一种新的精确算法—多边形截距法,经多次验算表明,该算法具有运算精度高和运算速度快的特点。

江苏省高校“青蓝工程”资助,南通大学自然科学基金项目(项目编号:05Z033)  
收稿日期:2007年7月

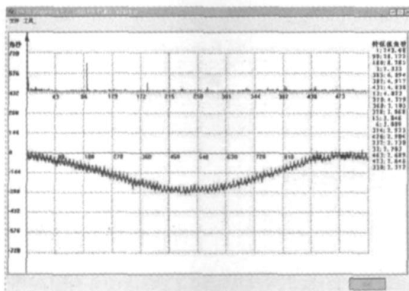


图 10 实验台测试曲线

大的误差是 1 次,其次是 90 次,这两个误差分别是转台轴偏心和蜗轮副带来的误差。测试结果与实验台设计相符合,因此,FMT 系统对实验台的频谱分析是正确的。

## 5 结语

MATLAB 是用于数值计算的交互式软件系统,具有强大的数字分析、矩阵运算、信号处理和图形显示功能,它输入简捷,内容丰富,已成为当前大学教

学和科学研究中最常用而必不可少的工具。FMT 系统 PC 机程序中的 FFT 分析采用 VC 调用 MATLAB 编译后的 C 函数,这样不仅增加了软件的可靠性而且缩短开发周期;研制出了智能脉冲信号发生器,用其产生的信号仿真实际光栅输出信号,并验证了 FMT 系统 FFT 分析的正确性;实际实验结果也证明了 FMT 系统测试和 FFT 分析的正确性。

## 参考文献

- 1 彭东林,张光辉. 传动误差测试系统 FMT. 制造机床与技术, 1996, (5): 32 ~ 35
- 2 彭东林. 传动链精度检测微机系统的研制. 兵工自动化, 1992 (1): 24 ~ 27
- 3 刘 维. 精通 MATLAB 与 C/C++ 混合程序设计. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2005
- 4 彭东林. 新型传动误差和运动特性检测分析系统的研究. 重庆大学, 博士学位论文, 1992

第一作者: 郑方燕, 硕士研究生, 重庆工学院, 400050 重庆市