

# 定位误差的微机补偿系统

何锡梁

(上海化工高等专科学校, 上海 200233)

**摘要** 本文三 MCS-51 系列单片机应用系统对以感应同步器为位移检测器件的机床进行定位误差的检测和补偿。以实现用误差补偿技术改善和提高加工精度的目的。

## 1 引言

为了较经济而又可靠地提高目前日益发展的 CNC 机床和加工中心的定位精度,以满足不断提高了的零件精度要求,并能利用新技术改善现有普通数显、数控机床的精度等级。对此如采用传统方法消除各种由力变形、热变形及多种几何误差引起的定位误差,有一定的局限性,经济代价也较高,现采用微机误差补偿技术为解决问题开拓了新的途径。

## 2 方案的拟定

在应用数控和数显机床的加工中,其定位精度不依赖对加工面的直接测量,而根据反映刀具与工件相对位置变化的数控和数显系统。定位精度关系到机床加工的“三维精度”,即以给定座标来描述的加工点实际位置和理想位置的误差矢量。它是相关的 21 项误差相互空间矢量迭加的结果(即每坐标三维位移产生六个自由度的运动误差,加上实际与理论座标轴之间三个平行度误差)。由计算机来完成这项数据处理,其实时响应速度和误差检测的复杂性往往给实用带来一定困难,如果从误差对正交座标的三个分量来分别考虑,问题则较为简化。这里将用 MCS-51 单片机系统对以感应同步器为检测器件的装置进行一维定位误差的直接检测和补偿。

本文采用误差检测的长度基准是激光比长仪标定的感应同步器。感应同步器数显测量系统在我国开发研制以来,技术上日趋成熟。目前装有大规模集成电路的数显表,其电气细分的分辨率已达  $0.5\mu\text{m}$ ,并能稳定地工作在温度、湿度、气压多变的多干扰环境中,同时由于平均效应,尽管分辨率高,而对感应同步器的定、滑尺本身制造精度的要求并不提高,所以用激光比长仪标定的感应同步器能传递激光仪器的精度,并能工作在激光仪器难以胜任的实用环境中。这样以激光标定的感应同步器联动机床原有的感应同步器,比较两者对应点的差异来测定机床位移数显的原始误差,经微机数据处理后通过伺服系统进行近似“实时”的补偿。

### 3 原始误差的检测

误差检测系统的质量直接关系到误差补偿量的正确与否。感应同步器数显系统的误差涉及到它的设计原理、制造工艺、数显表电子元件的稳定性、整机调试、装配精度等多种因素。由此带来显示位移和实际位移的不一致，称为全误差，它表示为零位误差和细分误差的迭加。

如图 1 所示在车床上配置的误差检测系统，主要包括误差电势的发生和放大，原点信号和定位脉冲的发生及单片机应用系统。

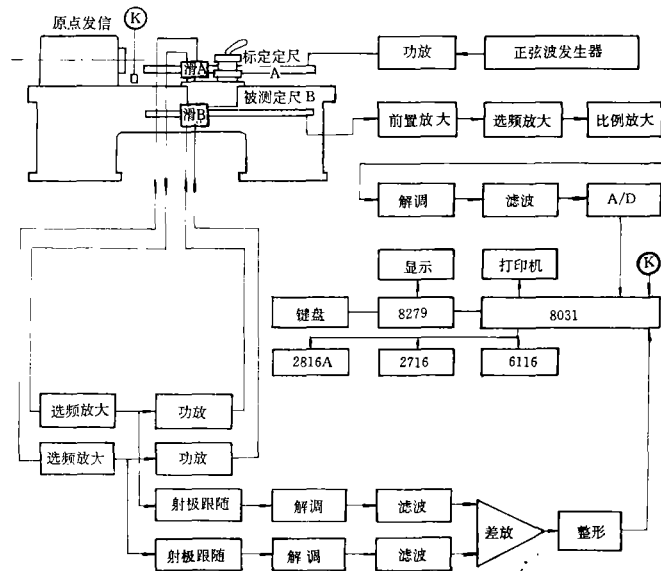


图 1 误差检测系统框图

#### 3.1 误差电势的产生和放大

用激光比长仪标定的感应同步器 A 放置在与机床主轴轴线平行的主要工作位置上，要考虑尽量减小阿贝偏置带来的影响。定尺 B 与机床床身固定，滑尺 A 与刀架联动。要按规定间隙装配，并要适当调整 A、B 两尺间距，避免非有效电势的耦合。

检测系统由振荡器产生失真较小的正弦波，经稳定的功率放大，地定尺 B 励磁，励磁交流电压： $U = E_m \sin \omega t$ 。

当滑尺 A 移动  $x_A$  时，对应电相角  $\theta_A = 2\pi x_A / T$ ，滑尺 A 上正交绕组的感生电势分别为：

$$U_{SA} = K_1 E_m \cos \omega t \cos \theta_A$$

$$U_{CA} = K_1 E_m \cos \omega t \sin \theta_A$$

该信号经选频放大、功放后，分别对滑尺 A 的正交异名绕组励磁，使定尺 B 感生的电势为：

$$e = U_{CS} - U_{SC} = K_1 K_2 E_m \sin \omega t \sin \theta_A \cos \theta_B - K_1 K_2 E_m \sin \omega t \cos \theta_A \sin \theta_B = K_1 K_2 E_m \sin \omega t \sin(\theta_A - \theta_B)$$

式中  $\theta_B$  是 B 尺位移时，反映的电相角。当  $\theta_A = \theta_B$  时，即被测定尺 B 与标定定尺 A 不存在导片偏差，感生电势  $e = 0$ ，如  $\theta_A \neq \theta_B$ ，则  $e \neq 0$ ，形成误差电势。通过比例放大和相敏解调，得到

幅值包络,即缓变的误差信号电压,由模数转换,采样后输入单片机进行数据处理。

### 3.2 原点设定和定位采样脉冲的发生

标定定尺和被检定尺的比较要求有正确的起始点,正确的采样间隔,及正确的两尺对应位置。

原点设定采用脉冲较窄的霍尔元件,装配调试时要联数显表进行。原点发讯作为外脉冲,触发微机开始采样。

定位采样脉冲是从滑尺 A 中引出互为正交的两路信号,经放大、解调、滤波,分别输入差动放大两输入端,输出为三角波,整形后形成定宽度的脉冲方波,去控制采样。如要增减采样密度,可由倍频或分频来实现。该定位脉冲由位移来确定,与时间无关,不受移动速度的影响。移动速度仅关系到 A/D 转换速度。

### 3.3 单片机应用系统

A/D 转换采用 ADC0801(8 位),转换速度足够,不用采样保持精度能满足。单片机用较经济的 8031 芯片,补偿数据存入 2816A E<sup>2</sup>PROM,用 +5V 电擦抹,读写方便。键盘显示及打印机采用典型接口。

微机软件编制主要包括中断方式、A/D 转换和打印显示程序。采样间隔按位移定,每 1mm 一个采样点,可避免奇偶误差被掩盖。如检测细分误差,则以 0.1mm 间隔采样,只需均匀取几个区间即可。另外,内存误差值要考虑系数转换,使其直接显示  $\mu\text{m}$  值。

## 4 误差的补偿

补偿系统与检测系统共用一片 8031,只是调用软件不同。感应同步器误差补偿一般有两种方案:

4.1 向微机输入机床位置信息,在 2816A 中查出对应补偿量,乘一个系数转换成步进电机相应步距数,驱动微距调节机构,使刀架微动一个位移量,这样刀尖工作点的实际位置与数显表指示值趋于一致。该补偿操作要求微距调节有足够的精度,并要具有所需的插补功能。可用机械的螺纹或偏心轮机构,也可把补偿量转换成相应的直流电压,以压电陶瓷的伸缩量来驱动补偿伺服装置。这样补偿质量的优劣与微调机构的精度、刚性等性能关系很大。

4.2 微机查出对应补偿量,去修正数显表的显示值,使显示值与刀尖工作点实际位置一致,只在电路内部进行工作,其补偿质量的优劣只关系到误差检测的正确程度。这种误差补偿方案适用于机床传动链本来受数显系统直接控制的 CNC 机床。如图 2 所示的实验装置是采用的第一种方案。

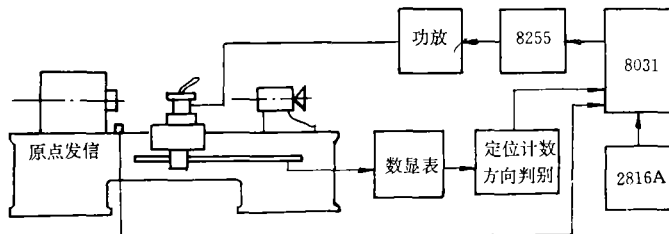


图 2 误差补偿系统框图

为了保证补偿关系的对应性,刀具在正式加工前要到机床设定原点进行校准,向微机送入原点信号,再按位置和方向信息,从 2816A 中查出补偿量。空载时不补偿,调试和加工时补偿。控制指令由键盘输入。

标准感应同步器单尺长度只有 250mm,对于实用中接长的感应同步器要考虑接缝区的数值处理,把接缝区数学运算编入软件,进行浮点运算确定接缝区误差值和补偿值。该运算也可在误差检测时进行,结果列入误差补偿表。而补偿时只要按点读出即可。

## 5 补偿实验与数据

采用上述装置,首先测出单一定尺原始误差 $\pm 5.5\mu\text{m}$ ,然后修正误差,进行补偿操作。补偿后误差为 $\pm 1.0\mu\text{m}$ ,相当于将 I 级精度感应同步器提高为 0 级精度,数据见图 3

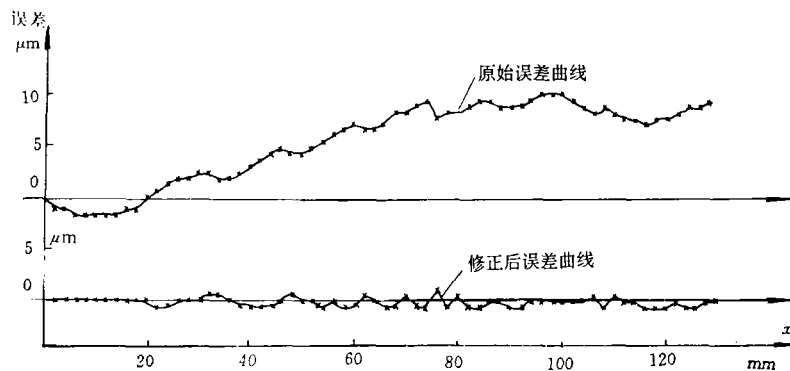


图 3 补偿前后的误差曲线

在重复试验中,数据分散程度按标准差  $\delta$  计不大于  $0.1\mu\text{m}$ ,估计极限偏差为 $\pm 0.3\mu\text{m}$ 。微机系统和模拟电路是稳定可靠的。

## 6 结 论

1 机床定位误差补偿系统主要由检测和补偿两部分组成,实验数据说明本装置能实现补偿操作的目的,能较大幅度地提高采用感应同步器作为检测器件的机床、仪器的工作精度。

2 感应同步器配用 51 系列单片机组成的微机辅助补偿系统在重复试验中稳定可靠。但整机尚在实验条件下工作,在复杂载荷和环境条件下的适用性,还有待进一步试验和研究。

### 参 考 文 献

- [1]端木时夏,《感应同步器及其数显技术》,同济大学出版社,1990,11
- [2]贝季瑶,略论用微机补偿法提高机床加工精度,机床,1986.8
- [3]何立民,《MCS-51 系列单处机应用系统设计》,北京航空航天大学出版社,1990.1
- [4]“Compesating for Machine Errors”《Machinery and Production Engineering》March,1990
- [5]“位置決め误差補正装置”日本专利,1989.2.6

## **Microcomputer—based System for Compensation of Location Error**

He Xiliang

*(Shanghai College of Chemical Industry, Shanghai 200233)*

### **Abstract**

This paper describes a single chip microcomputer based system which can be used for testing and compensating the location error, as to improve the compensation technology and increase the manufacture accuracy.

Key words: Compensation, Location error, Microcomputer