

电磁端面谐波齿轮传动装置 转角位置的实时校正

邢 忠 宝*

摘要: 本文讨论电磁端面谐波齿轮传动装置转角位置的实时校正问题。概述了校正系统的组成和校正过程,详细叙述了校正程序的设计,并对校正的性能进行了分析。

一、前 言

谐波齿轮传动是目前应用越来越广的一种传动技术。电磁端面谐波齿轮传动是谐波齿轮传动中的一种。它是将原动机和谐波传动有机的结合在一起,具有轴向尺寸小、分辨率高、转角定位精度高、能耗低等特点的新型传动形式。

电磁端面谐波传动装置的转角位置精度是其技术参数中的一个主要的性能参数。这一指标的实现是多种因素的组合,即通过机械传动、电磁效应和计算机技术。机械传动的直接输出精度,在装置的结构一旦定下来并已加工出来的情况下,其参数就基本上确定了。电磁效应对精度的影响也基本上如此。

将计算机技术应用于传动装置、设计与传动装置相适应的专用计算机系统,用软硬件相结合的方法,实现对传动装置转角位置的实时控制与实时校正,可达到提高转角位置精度的效果。

二、校正系统的组成

校正系统是电磁端面谐波传动装置的组成部份之一,它主要由专用计算机、接口电路、角度传感器等部份组成,图1为校正系统总体框图。

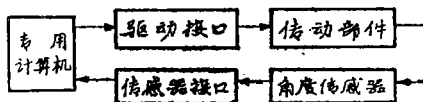


图1 校正系统总体框图

它实际上是一个完整的闭环实时校正系统。

专用计算机主要由CPU、时钟电路、只读存储器ROM、随机存储器RAM、译码器、键盘、LED显示、微型打印机及相应接口组成。它完成数据采集和处理以及传动部件的驱动和控制。除完成校正功能外,还可实现传动部件传动方式的各种控制。

驱动接口采用二细分电路,负责将专用机的驱动控制码送入传动部件,完成专用机设定

* 参加工作的主要人员还有,朱云清、谢金瑞、李湜、何惠阳、宣殿武。

的各种控制动作。

传动部件当前所处的转角位置，由角度传感器实时检出后，经传感器接口送入专用计算机，完成传动部件当前转角位置的检测。

三、基本校正过程

专用计算机是校正系统的核心，整个校正过程是在专用机的控制下进行的。传动部件经驱动接口，由专用机控制实现正、反向连续运行、位置设定、区间运行、单步运行等功能。在各种运行方式下的技术参数经人一机对话、由键盘输入、设定各种参数。

专用机控制传动部件所实现的各种功能中，除正反方向的连续运行外，其余所有功能，都进行转角位置的实时校正，其校正过程大致是：

1. 按设定参数、专用机输出驱动码至传动部件；
2. 将传动部件驱动旋转到设定的理论位置；
3. 专用机经传感器接口，将角度传感器检出的传动部件当前实际位置的角度值取到计算机；
4. 将取来的实际位置角度值与设定的理论位置角度值求差，获得差值 $\Delta\alpha$ ；
5. 将差值 $\Delta\alpha$ 与设定的位置精度值 $\Delta\alpha_0$ 比较；
6. 若 $\Delta\alpha \leq \Delta\alpha_0$ ，则校正过程结束；若 $\Delta\alpha > \Delta\alpha_0$ ，则进入校正驱动程序，直至 $\Delta\alpha \leq \Delta\alpha_0$ 条件满足为止，则校正过程结束。

专用机完成一次校正过程之后，自动进入等待状态，等待新的操作命令。

四、校正程序设计

电磁端面谐波传动装置专用驱动控制程序用Z80汇编语言编写，校正程序是其主要组成部分之一。传动部件转角位置的实时校正是由校正程序完成的。

校正程序主要由传动部件驱动程序，角度位置计算程序，误差处理程序，四细分驱动程序等部分组成。这些部份组成一个完整的校正程序，完成转角位置的实时校正，其总框图如图2所示。

由框图看出，校正程序的主体是由三个校正环组成，亦称三环校正程序。

三环校正程序中的每一个校正环是由一定校正步数组成的，每一个环的校正步数各自是不相同的。在该装置中，经试验选择1、5、9三种步数，即第一校正环中的校正步数为1步，第二校正环中的校正步数为5步，第三校正环中的校正步数为9步。在上述三环中，驱动码都是按二细分输出的，为了提高校正精度和校正速度，在每一环的末尾都插入了四细分驱动校正。

1. 驱动程序

驱动程序完成对传动部件的驱动控制，在校正程序中是二细分驱动，框图如图3所示。

驱动程序中驱动码的获得是一个较关键的问题。一般情况下是用查表法或求解法获得。在该程序中，由于驱动码的数量较多，因此采用了求解法，有利于程序的简化缩短程序的长度。

2. 转角位置计算程序

传动部件每驱动一步，依据设置的初始参数，转角位置就有一个理论角度值。该理论角度值是由转角位置计算程序经计算后得到的。该值是位置校正的根本依据，其框图如图4所示。

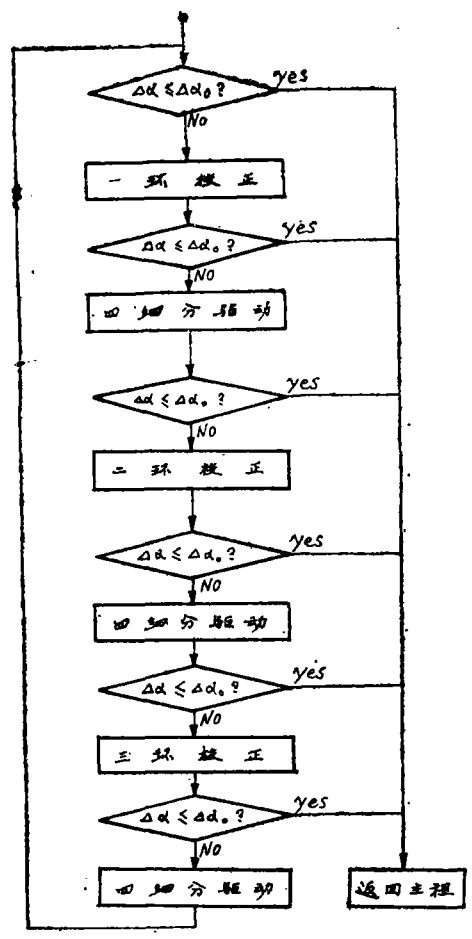


图2 校正程序总框图

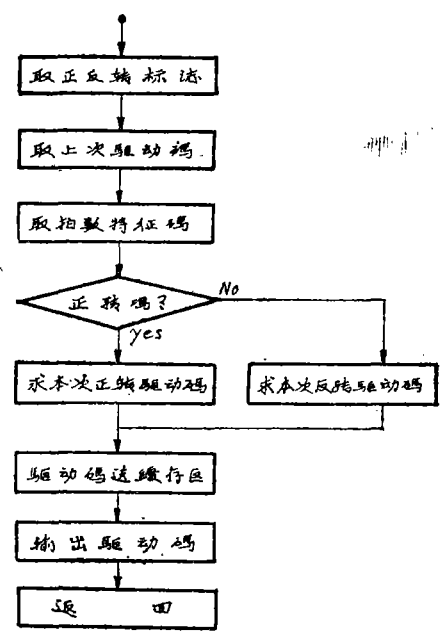


图3 驱动程序框图

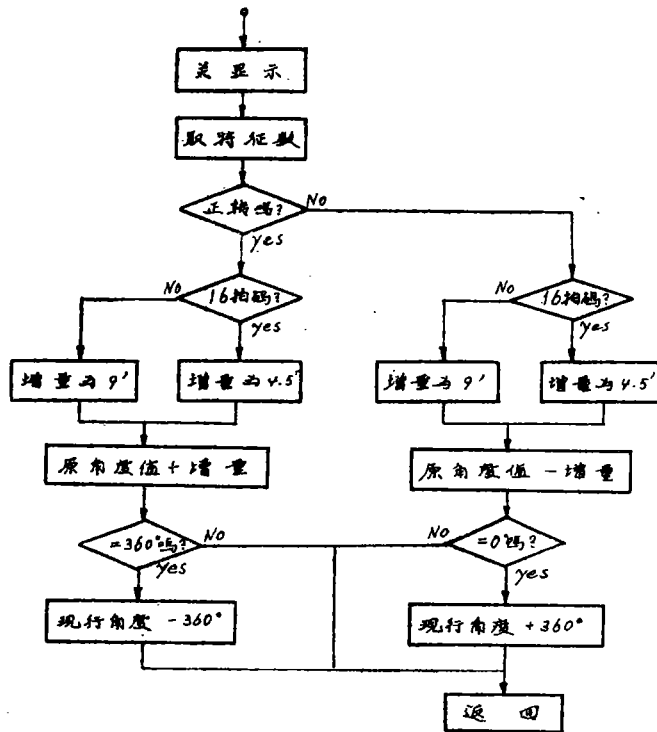


图4 转角位置计算程序框图

对传动部件可以采用八相八拍驱动方式，亦可采用八相十六拍驱动方式。采用八拍驱动时，部件旋转一周需要2400拍，即每拍的角度变化量为 $9'$ ，采用十六拍驱动时，旋转一周需要4800拍，即每拍的角度变化量为 $4'30''$ ，因此，计算中要根据驱动方式的不同加（减）不同的变化量。另外，计算中以每转一周为模，即正转时，进行满一周减 360° 操作，反转时进行满一周加 360° 操作。

3. 误差处理程序

在驱动程序控制下，传动部件按设定方式运行，经转角位置计算程序求出的角度值即为当前的理论角度值 α_0 ，要对角度位置进行实时校正，就要将角度传感器检出的实际角度值 α ，经传感器接口读入CPU，接着进行误差计算，以便确定如何进行校正。框图如下：

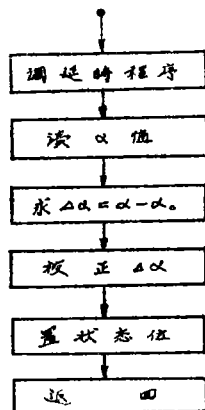


图5 误差处理程序框图

误差处理程序完成实际角度值 α 的读取，并求解 $\alpha - \alpha_0$ 差值 $\Delta\alpha$ ，为校正提供依据。

4. 四细分驱动程序

四细分驱动程序框图如下：

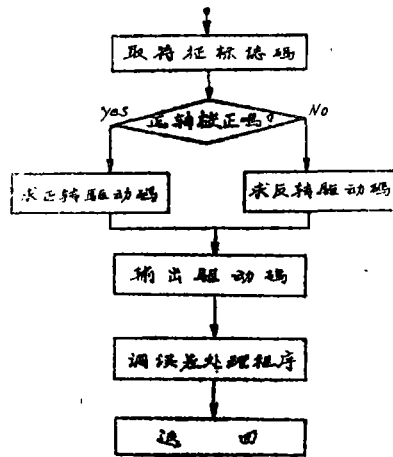


图6 四细分驱动程序框图

对传动部件的驱动，在驱动程序的控制下是用二细分方式进行驱动，为了提高校正精度和速度，更有效地克服机械加工的不均匀性，以及电磁器件的不平衡性等问题，在校正程序中，采用四细分驱动和二细分驱动相结合的方法，完成转角位置的实时校正。

校正程序CORT源程序如下：

```

CORT, LD    A, (QP),      取拍数特征值
      LD    (PQP), A
      LD    A, (DER),    取方向标志
      LD    (PDER), A
      LD    IX, LDC,    IX指向缓存区
      LD    A, 1
      LD    (QP), A;    置16拍标志
      CALL  TEXT;      调误差处理程序
      JR    NC, REWC;    $\Delta\alpha \leq \Delta\alpha_0$  返回
      CALL  T32;       调四细分驱动程序
      JR    NC, REWC

CORT1, LD   A, (IX + 0); 检 $\Delta\alpha$ 符号
      OR   A
      JR   Z, RC;       反转校正
      CALL FSUN;       正转校正
      JR   RL

RC:   CALL RSUN
RL:   CALL TEXT
      JR   NC, REWC
      CALL T32
      JR   NC, REWC
      LD   A, (IX + 0); 二环开始
      OR   A
  
```

	JR	Z, RC1,	反转校正
	LD	B, 6	
TX1,	CALL	FSUN	
	DJNE	TX1	
	LD	B, 5	
FX1,	CALL	RSUN,	反转一拍
	DJNE	FX1	
	JR	RL1	
RC1,	LD	B, 6	
TX2,	CALL	RSUN	
	DJNZ	TX2	
	LD	B, 5	
FX2,	CALL	FSUN	
	DJNZ	FX2	
RL1,	CALL	TEXT,	调误差处理程序
	JR	NC, REWC	
	CALL	T32	
	JR	NC, REWC	
	LD	A, (IX + 0),	三环开始
	OR	A	
	JR	Z, RC2	
	LD	B, 10	
TX3,	CALL	FSUN,	正转一拍
	DJNZ	TX3	
	LD	B, 9	
FX3,	CALL	RSUN	
	DJNZ	FX3	
	JR	TX6	
RC2,	LD	B, 10	
TX4,	CALL	RSUN	
	DJNZ	TX4,	
	LD	B, 9	
TX5,	CALL	FSUN	
	DJNZ	TX5	
TX6,	CALL	TEXT	
	JR	NC, REWC	
	CALL	T32	
	JR	NC, REWC	
	JR	CORT1,	返回重循环
REWC,	LD	A, (PQP),	恢复特征值
	LD	(QP), A	
	LD	A, (PDER)	
	LD	(DER), A	
	RET,		返回

上述程序中, FSUN和RSUN分别为正转一拍和反转一拍的程序, 每运行一次, 其中都调用一次转角位置计算程序, 以便获取理论角度值。校正中传动部件的转速与正常驱动时的转速是不一样的, 这要视具体情况选取最佳的校正时的转动速度, 以便得到最佳的校正效果。

五、性能分析

由上述软硬件组合成的转角位置实时校正系统在电磁端面谐波传动装置中完成转角位置的实时校正, 经测试, 数据如下:

1 八相八拍未经校正的数据

序号	实际角度值	理论角度值	误差
1	0° 5' 15"	0° 9' 0"	-3' 45"
2	0° 15' 21"	0° 18' 0"	-2' 39"
3	0° 28' 32"	0° 27' 0"	+1' 32"
4	0° 36' 2"	0° 36' 0"	+0' 2"
5	0° 43' 21"	0° 45' 0"	-1' 39"
6	0° 52' 26"	0° 54' 0"	-1' 34"
7	0° 57' 57"	1° 3' 0"	-5' 3"
8	1° 8' 45"	1° 12' 0"	-3' 15"
9	1° 19' 1"	1° 21' 0"	-1' 59"
10	1° 26' 39"	1° 30' 0"	-3' 21"
均方差		±2' 50"	

2 八相八拍经校正后的数据

序号	实际角度值	理论角度值	误差
1	0° 9' 28"	0° 9' 0"	+0' 28"
2	0° 18' 0"	0° 18' 0"	+0' 0"
3	0° 27' 23"	0° 27' 0"	+0' 23"
4	0° 36' 33"	0° 36' 0"	+0' 33"
5	0° 45' 53"	0° 45' 0"	+0' 53"
6	0° 54' 54"	0° 54' 0"	+0' 54"
7	1° 2' 15"	1° 3' 0"	-0' 45"
8	1° 11' 28"	1° 12' 0"	-0' 32"
9	1° 20' 23"	1° 21' 0"	-0' 37"
10	1° 29' 14"	1° 30' 0"	-0' 46"
均方差		±38"	

3 八相十六拍未经校正的数据

序号	实际角度值	理论角度值	误差
1	0' 5"	4' 30"	-4' 25"
2	8' 43"	9' 0"	-0' 17"
3	8' 57"	13' 30"	-4' 33"
4	17' 30"	18' 0"	-0' 30"
5	17' 42"	22' 30"	-4' 48"
6	30' 34"	27' 0"	+3' 34"
7	30' 44"	31' 30"	-0' 46"
8	38' 37"	36' 0"	+2' 37"
9	40' 48"	40' 30"	+0' 18"
10	45' 45"	45' 0"	+0' 45"
均方差			±2' 41"

4 八相十六拍经校正后的数据

序号	实际角度值	理论角度值	误差
1	5' 0"	4' 30"	+0' 30"
2	8' 12"	9' 0"	-0' 48"
3	14' 6"	13' 30"	+0' 36"
4	17' 57"	18' 0"	-0' 3"
5	22' 50"	22' 30"	+0' 20"
6	27' 12"	27' 0"	+0' 12"
7	31' 53"	31' 30"	+0' 23"
8	35' 30"	36' 0"	-0' 30"
9	41' 6"	40' 30"	+0' 36"
10	44' 5"	45' 0"	-0' 55"
均方差			±33"

由上述数据可以看出, 经过校正的数据比未经校正的数据精度要高。一般情况下, 步距误差为步距的四分之一左右, 经校正后步距误差有较明显的缩小, 16拍驱动校正后的误差大致是步距的十分之一左右, 8拍驱动校正后的误差相对步距来说则更小。

未经校正的数据, 实际上就是机械和电磁方面的固有初始数据。这些误差的引起, 有多方面因素的, 它涉及到机械加工的精度, 装配工艺, 电磁器件的不平衡性等等。计算机的实时校正, 从误差角度来说, 相对的是降低了对机械方面以及电磁方面的要求, 在相同的初始条件下, 可以获得高的精度, 收到好的效果。在电磁端面谐波传动装置中, 经计算机的实时校正, 满足了传动装置步距精度的要求。

在实际装置中, 校正环的设置方法对校正的速度和校正的精度, 都是有影响的。这要根据实际情况, 设置不同的校正环, 获取更佳校正效果。

六、结 束 语

转角位置的实时校正问题, 涉及面是很广泛的, 校正技术的应用具有普遍的意义。本文在这方面只是做了初步的探讨。在计算机的软硬件的设计上有待进一步的提高。

参 考 文 献

- [1] 北京工业大学, 《TP801 Z80单板机使用手册》, 北京工业大学出版社, 1981, 4
- [2] 周明德, 《微型计算机硬件, 软件及其应用》, 清华大学出版社, 1983.
- [3] Alan. R. Miuer, 《The 8080/Z80 Assembly Language》, New York, 1982.
- [4] Robert. C. Bruce, 《Software Debugging for Microcomputer》 Reston, U.S.A, 1981.

A Real-time Correction of the Angle Position for the Harmonic Drive Devices

Xing Zhongbao

Abstract

This paper discusses a real-time correction of the angle position for the harmonic drive devices, giving an outline of the system composition, correction course and software design, analyzing the correction functions.