

文章编号:1007-6492(1999)04-0095-03

大型扁绕机数控系统的研制

张秀丽¹, 刘武发¹, 侯伯杰¹, 韩丰田¹, 黄明生¹, 吴 歌²

(1. 郑州工业大学机械与电子工程学院, 河南 郑州 450002; 2. 郑州市公路局总工段, 河南 郑州 450052)

摘 要: 对传统扁绕机存在问题的进行分析, 提出了基于 IPC(工业个人计算机)的数控扁绕系统。该数控系统由工控机、伺服控制卡、伺服驱动装置、编码器等构成半闭环控制电路。控制软件采用 C 语言编程, 通过建立扁绕机运动轨迹的数学模型, 实现绕线控制。实验表明, 该数控系统可提高扁绕机的绕线精度及工作效率。

关键词: 数控; 工控机; 伺服控制; 扁绕机

中图分类号: TH 702; TP 391.73

文献标识码: A

传统的绕线机多采用凸轮、机械挡块、插销等进行控制, 实现绕线轨迹, 经常出现被绕扁线与线模贴合不紧等问题, 绕制精度不高, 且对于不同的线模要设计不同的凸轮, 系统通用性差^[1]。我们为天津科尔摩根工业驱动公司研制的基于高性能工业伺服控制卡的大型扁绕机数控系统, 克服了传统扁绕机的缺点, 提高了绕线精度, 且适用于不同的线模, 可满足不同控制精度的要求。

1 系统组成

1.1 机械部分

大型扁绕机工作系统由放线架、校直机、双面铣床、扁绕机等组成。其中扁绕机为主要工作装置, 由滑鞍、工作台、床身、线模等组成。被绕扁线经校直机校直后, 由双面铣床铣 4 个弯角处(即线

模的 4 个角), 然后立绕在线模上。由于立绕过程中扁线不能偏斜且要绕得紧密, 所以绕制难度较大。采用数控技术, 可以通过控制滑鞍、工作台电机的运动来精确控制线模的位置, 从而更好地实现扁绕机的运动轨迹。

1.2 控制部分

系统的控制部分由工控机、伺服控制卡、伺服驱动装置等组成, 通过编码器实现位置反馈。该系统控制框图如图 1 所示。其中, 工控机采用研华一体化工作站 825 P; 伺服控制卡采用郑州工业大学机电一体化研究所自行研制的以 LM 628 精密运动控制器为核心的智能化伺服控制卡^[2], 该控制卡带有自身的 C 语言软件库^[3]; 编码器, 利用 BDS 5 系列电机的内置码盘, 用于位置反馈。

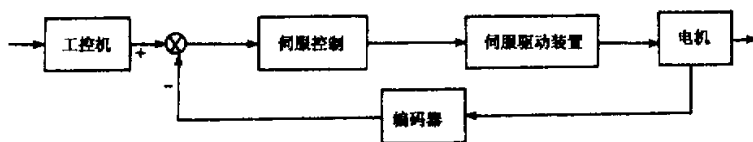


图 1 系统控制框图

2 控制系统模型

2.1 扁绕机工作过程

大型扁绕机主要用于绕制大型变压器线圈,

其工作过程如图 2 所示。滑鞍在 A 位置插销, x 向及 y 向电机协同运动, 带动矩形线模 $ABA'B'$ 运动, 当运动到图(c)位置, 机床限位, 双面铣床铣扁线; 线模继续运动到图(d)位置, 滑鞍拔销, x 向电

收稿日期: 1999-07-05; 修订日期: 1999-08-30

基金项目: 河南省科技攻关项目(988010250)

作者简介: 张秀丽(1975-), 女, 河南省偃师市人, 郑州工业大学硕士研究生。

机快退至B处;滑鞍插销,继续运动到图(f)位置,机床限位,双面铣床铣扁线;然后线模运动到图(h)位置,滑鞍拔销,x向电机快退至A'点,重复以

上循环.整个绕线过程可分为4个阶段:图(a)至图(c),图(c)至图(d),图(e)至图(f),图(f)至图(h).

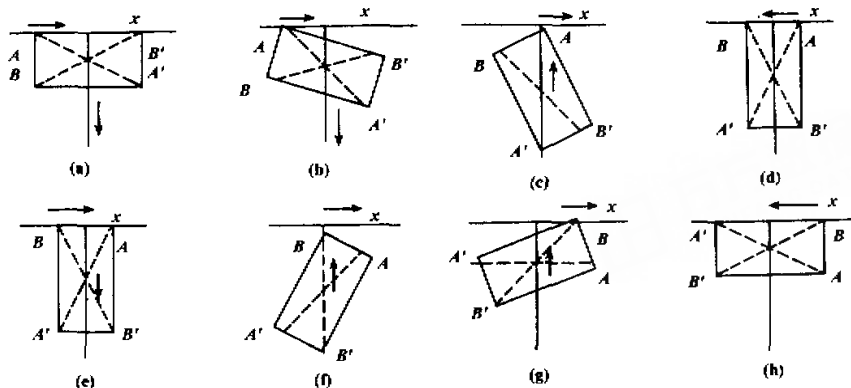


图2 扁绕机工作过程

2.2 数学模型

对绕线过程的4个阶段,分别建立数学模型.如在阶段1(图2(a)至图(c)),数学模型如图3所示.

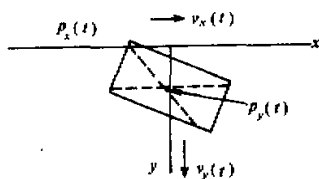


图3 扁绕机运动模型

2.2.1 连续模型

在任意时刻 t ,有

$$\begin{cases} P_x(t) = v_x \cdot t \\ P_y(t) = \int_0^t v_y(t) \cdot dt \\ \left(\frac{a}{2} - P_x(t) \right)^2 + P_y(t)^2 = \frac{1}{4}(a^2 + b^2) \end{cases} \quad (1)$$

由式(1)可得

$$v_y(t) = \left(\frac{a}{2} - v_x \cdot t \right) \cdot v_x / \sqrt{(a^2 + b^2)/4 - (a/2 - v_x \cdot t)^2}, \quad (2)$$

式中: a, b 为线模长、宽; $P_x(t), P_y(t)$ 为任意时刻 x 向及 y 向绝对位移; v_x 为 x 向速度,常数; $v_y(t)$ 为任意时刻 y 向速度.

2.2.2 离散模型

采用位置模式进行控制,对扁绕机运动模型进行离散化处理,得其离散模型.第 i 步:

$$\begin{cases} P_x[i] = \text{step} \times i; \\ P_y[i] = \left(\frac{b^2}{4} + a \cdot P_x[i] + P_x[i]^2 \right)^{\frac{1}{2}}. \end{cases} \quad (3)$$

在 x 向以一定步长匀速运动,每一步内, y 向匀速运动,取其平均值作为速度给定值,即

$$v_y[i] = (P_y[i] - P_y[i-1]) \times v_x / \text{step},$$

式中:step为 x 向步长; $v_y[i]$ 为任一步 y 向速度; $P_x[i], P_y[i]$ 分别为任一步 x 向及 y 向绝对位移.

2.3 运动误差

由以上建模过程可以看出, y 向速度是时间的函数,采用控制算法,将 y 向速度离散化,每一步内,求其平均值作为 y 向电机的速度给定值,这样会产生 y 向的位移误差.设第 i 步起始时刻为 $t[i-1]$,终止时刻为 $t[i]$,由图4可知,在 t^* 时刻, y 向位置误差达到最大值(即图中阴影部分面积),如图4所示.

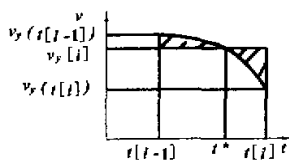


图4 y 向单步误差图

此时 $v_y(t) = v_y[i]$,

根据式(2),对上式变形后,得

$$v_x^2 \cdot t^2 - a \cdot v_x \cdot t - (a^2 + b^2) \cdot v_y[i]^2 / (4v_x^2 + 4v_y^2) + \frac{a^2}{4} = 0. \quad (4)$$

式(4)为关于 t 的二次方程,利用Newton切线法

对其求根^[4],令

$$f(t) = v_x^2 \cdot t^2 - a \cdot v_x \cdot t - (a^2 + b^2) \cdot$$

$$v_y [i]^2 / (4v_x^2 + 4v_y^2) + \frac{a^2}{4},$$

利用 Newton 迭代公式,即可求得 t^* .

$$\text{由 } t_{n+1} = t_n - \frac{f(t_n)}{f'(t_n)},$$

可得 y 向第 i 的单步误差为

$$\begin{aligned} \text{error}[i] &= \int_{t[i-1]}^{t^*} v_y(t) \cdot dt - v_y[i] \cdot \\ &(t^* - t[i-1]) = \\ &\sqrt{(a^2 + b^2)/4 - (a/2 - v_x \cdot t)^2} \Big|_{t[i-1]}^{t^*} - \\ &v_y[i] \cdot (t^* - t[i-1]). \end{aligned} \quad (5)$$

3 轨迹控制

根据扁绕机运动的离散化数学模型, x 向以一定步长匀速运动,每一步内,求出 y 向相应的位移和速度.全部数据量求出后,存入数据文件,采用高性能工业伺服控制卡,实时地从数据文件中读出数据,送入伺服卡中相应的寄存器,由伺服卡控制器生成梯形轨迹速度曲线,来控制 x 向及 y 向的速度和位置.同时,将编码器的反馈的位置值与给定值比较后得到位置误差,通过 PID 调节

器处理,控制 x 向、 y 向电机协调运动,实现绕线轨迹^[5].

4 结论

该大型扁绕机数控系统经过实验,可成功实现扁绕机的各种控制,完成大型绕圈的绕制,并具有以下特点:(1) 有良好的人机界面,同时具有手动和自动 2 种操作方式;(2) 系统具有通用性,适用于不同的线模;(3) 可根据不同的精度要求,自动改变步长;(4) 采用工控机和高性能伺服控制卡,系统运行效率高,稳定性好.

参考文献:

- [1] 荆志刚.全自动数控绕排线控制系统[J].机电一体化,1999,5(2):58-59.
- [2] 韩丰田.基于 PC/AT 总线的智能化伺服控制卡的设计[J].电气自动化,1999(2):21-23.
- [3] 王士元.高级程序设计.第2版[M].北京:清华大学出版社,1997.
- [4] 段银田,孟树锁.数值算法与程序过程[M].北京:海洋出版社,1993.
- [5] 库祥臣.数控系统中内嵌式 PLC 编程软件的实现[J].郑州工业大学学报,1999,20(2):92-94.

CNC System of Large - scale Flat Coiling Machine

ZHANG Xiu - li¹, LIU Wu - fa¹, HOU Bo - jie¹, HAN Feng - tian¹, HUANG Ming - sheng¹, WU Ge²

(1. College of Mechanical & Electronic Engineering, Zhengzhou University of Technology, Zhengzhou 450002, China; 2. The General Section of Zhengzhou Highway Administration, Zhengzhou 450052, China)

Abstract: Through analysis of the problems existing in the traditional flat coiling machine, the large - scale flat coiling machine CNC system based on IPC is proposed. This is a half - closed - loop system which consists of IPC, servo control card, servo driver, servo motor etc. The system software is programmed in C language. Through building the mathematical model of the flat coiling machine's motion track, it can control the coiling courses of different wire models. According to the experiments, the entire system possesses higher control precision, better stability and efficiency.

Key words: numerical control; industrial personal control; servo control; flat - coiling machine