

[制造·使用·改进]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2015.06.018

胶辊数字中高机的设计

余有芳

(浙江商业职业技术学院 应用工程学院, 浙江 杭州 310053)

摘要:针对印刷机中普通胶辊由于胶辊挠度造成印制品厚薄不均的问题,以中高度法原理为依据,提出了将中高度曲线方程解析成以时间为变量的函数,用单片机计算和控制中高机运动,设计了以单片机、交流伺服控制器、变频器和磨头等构建的一个数字控制系统为核心的胶辊数字中高机。应用结果表明数字中高机可安装在普通车床上实现中高胶辊的加工,且中高曲线和中高度可任意设置,设计简便实用,便于推广。

关键词:胶辊;数字中高机;中高曲线;中高度

中图分类号:TS737

文献标志码:A

文章编号:1005-2895(2015)06-0075-05

Design of Digital Crown Rubber Roller Machine

YU Youfang

(College of Application Engineering, Zhejiang Business College, Hangzhou 310053, China)

Abstract: To solve the deficiency of unequal thickness of printing products caused by the deflection of rubber roller during printing, a digital crown rubber roller machine system was designed. The machine employed SCM, AC servo controller, variable-frequency drive and grinding wheelhead etc. As the core of digital control. Based on the crown method principle, parsed crown curve equation with time as the variables of the function was proposed. The crown machine was controlled and calculated by the single-chip microcomputer. Results show that the digital crown machine can be installed in the ordinary lathe to produce crown rubber roller, and the crown curve and height can be set freely. The design is simple and practical.

Key words: digital crown machine; rubber roller; crown curve; crown height

胶辊是印刷机上的重要配件,对印刷产品质量有着重要的影响。工作中胶辊由于自重及附加压力的作用产生一定程度的弯曲变形,该变形的大小称为挠度。胶辊挠度会造成印刷制品中间厚两边薄。解决胶辊挠度的方法有多种,常用的方法是采用一种中间截面大、两端截面小的中高胶辊^[1-3]。

中高胶辊可以通过凸轮机构或仿形靠模来进行加工,其缺点是中高度曲线不能选择,中高度不能任意设置,加工精度和自动化程度不高^[4-8]。本文设计的数字中高机是在普通磨头的基础上增加一套数字控制系统实现磨头按中高曲线运动。数字中高机安装在普通车床上就可以实现加工胶辊中高,且加工的中高曲线可根据需要选择,胶辊中高度可以任意设置。

1 中高度法原理

中高胶辊的设计思想是对上下胶辊工作时可能出现的间隙不均状态设计一个预备补偿量,人为造成两个胶辊之间的间隙中间小两边大,则真正得到的制品就能实现厚薄均匀,如图1所示。中高度法就是将胶辊的圆柱体直面做成曲面,如图2所示。图2中,最大直径与最小直径之差 E 即为所需的中高度补偿量^{[1]616},即

$$E = D_{\max} - D_{\min} \quad (1)$$

通常采用的中高度曲面是圆弧、椭圆或抛物线,图3所示是按各种曲面加工的胶辊中高度加工曲线简图^{[1]617},也有使用余弦中高曲线,典型的余弦角度为 70° ^[9]。

收稿日期:2015-04-27;修回日期:2015-08-10

基金项目:浙江商业职业技术学院科研项目(SZYYB201403)

作者简介:余有芳(1976),女,汉族,安徽金寨人,讲师,硕士研究生,主要从事电子技术、智能检测与控制方面的研究。E-mail: youfang_yu@163.com

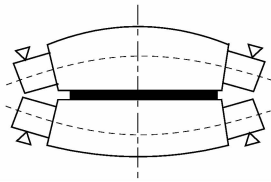


图1 中高度补偿原理

Figure 1 Crown height compensation principle

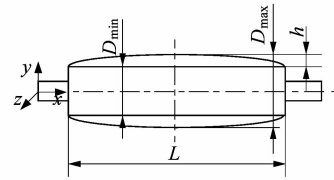
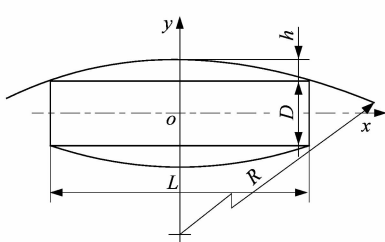
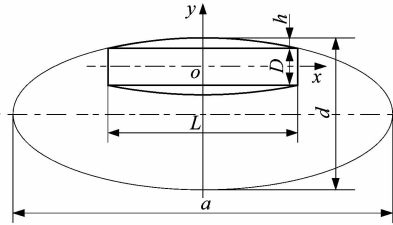


图2 胶辊中高示意图

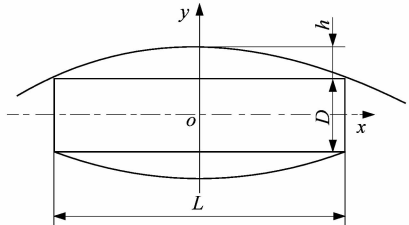
Figure 2 Crown height schematic diagram



(a) 按圆弧加工



(b) 按椭圆加工



(c) 按抛物线加工

图3 胶辊中高度加工曲线

Figure 3 Processing curve of crown rubber roller

对应各曲面加工曲线有相应的中高度曲线方程:公式(2)为圆弧中高曲线方程,公式(3)为椭圆中高曲线方程;公式(4)为抛物线中高曲线方程。中高度曲线都是二次曲线,其在某点某面的数值就是实际扰度值,但是中高度补偿量也是有一定限度的^{[1]617}。

$$y = \sqrt{\left(\frac{h}{2} + \frac{L^2}{8h}\right)^2 - x^2} - \left(\frac{L^2}{8h} - \frac{h+D}{2}\right); \quad (2)$$

$$y = \sqrt{\left(\frac{d}{2}\right)^2 - \frac{4h(d-h)x^2}{L^2}} - \left(\frac{d-D}{2} - h\right); \quad (3)$$

$$y = \frac{-4h}{L^2}x^2 + h + \frac{D}{2}. \quad (4)$$

2 数字中高机的设计

2.1 数字中高机组成及原理

中高机原理框图如图4所示,其中控制电路板由STC12C5A60S2单片机及接口电路组成。磨头、变频器、交流伺服控制器和交流伺服电机均采用三相交流电供电,AC-DC电源模块采用单相交流电供电,AC-DC变换的直流电作为控制电路板和液晶屏的电源。

变频器与磨头配合使用,变频器对磨头的转速及工作状态进行控制。磨头安装在底座上,底座导轨行程为0~500 mm,交流伺服电机通过丝杆与底座连接,伺服电机带动丝杆转动,从而带动磨头在底座上前后移动。单片机控制板按中高度曲线方程向交流伺服控制器发送实时脉冲,交流伺服控制器控制交流伺服电机转动,最终实现单片机控制磨头在x轴方向按中高度曲线方程运动。

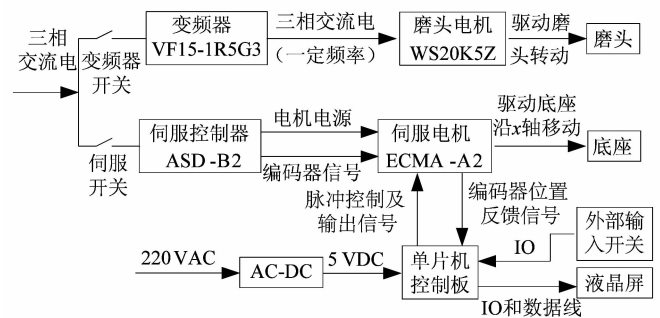


图4 数字中高机原理框图

Figure 4 Principle diagram of digital crown machine

2.2 数字中高机运动方程的计算

数字中高机设计的核心是胶辊在车床上按z轴方向运动的同时实现磨头按中高度曲线沿x轴方向运动。数字中高机使用STC12C5A60S2单片机作为主控器件,在车床上安装一个位置传感器开关,当车床带动胶辊转动到磨头位置时单片机启动中高研磨程序,实现车床与磨头运动的同步。

根据胶辊的长度L及车床拖板的运动速度v可计算出胶辊的研磨时间T,设中高机研磨时间为t时,磨头磨到位置x处,则有

$$\frac{x^2}{L^2} = \frac{t^2 v^2}{T^2 v^2} = \frac{t^2}{T^2}. \quad (5)$$

将公式(2)进行变换,则

$$y = L \sqrt{\left(\frac{h}{2L} + \frac{L}{8h}\right)^2 - \frac{x^2}{L^2}} - \left(\frac{L^2}{8h} - \frac{h+D}{2}\right). \quad (6)$$

对于待磨的中高胶辊,其长度 L ,直径 D ,单边中高 h ,研磨时间 T 均为已知量,将公式(5)带入式(3), (4), (6) 可将 y 转换成研磨时间 t 的函数,即 $y=f(t)$ 。这样,磨头当前位置的中高值就可以转换成与研磨时间 t 相关的函数。

研磨中高时,磨头先从胶辊的一端开始研磨,磨头切入量为中高 h ,然后由单片机根据中高曲线方程向交流伺服电机发送控制脉冲,交流伺服电机驱动底座丝杠向后移动带动磨头向后移动,从而实现磨头沿 x 轴的中高曲线运动。

中高机研磨胶辊时其运动是车床沿 z 轴方向和磨头沿 x 轴方向的复合运动,且 x 轴的移动量在 z 轴全长上跟进量很小。图2所示胶辊中高量 h 一般为 $0.1 \sim 2.5$ mm, L 一般为 $1\,500 \sim 8\,000$ mm。以 $L = 5\,000$ mm, $h = 1.0$ mm 为例,当 z 轴行程为 $5\,000$ mm 时, X 轴的行程只有 1 mm, X 轴(横向)属典型的微量进给^{[6]90}。

2.3 数字中高机硬件设计

2.3.1 变频器

为了使磨头更平稳的工作,选用 VF15-1R5G3 变频器对磨头的工作进行控制。磨头采用三相交流电供电,通过变频器、电源开关和调速旋钮控制磨头工作,图5所示为变频器与磨头马达的连接原理图。外部的三相交流电输入到变频器的 R、S、T 端,转向控制开关控制磨头的正反转方向,按下磨头启动开关,变频器输出一定频率的三相交流电至磨头电机的 U、V、W 端,控制磨头转动。图5中还设置一个调速旋钮控制变频器的输出电压频率。变频器调速旋钮的可调范围为 $0 \sim 999$,对应磨头的转速是 $0 \sim 6\,000$ r·min⁻¹,通过调节旋转刻度值就可以控制磨头的转速。VF15 变频器参数主要设置其频率给定方式、控制方式以及频率值等。

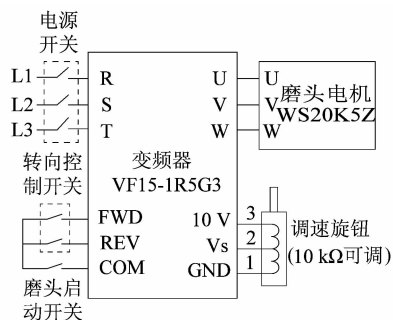


图5 变频器与磨头马达的连接原理图
Figure 5 Connection schematic diagram of variable-frequency drive and motor

2.3.2 交流伺服控制器

ASD-B2 型交流伺服控制器和 ECMA-C2 伺服电机搭配使用,驱动底座丝杠的前后运动。交流伺服控制器采用三相交流电供电,交流伺服控制器的 R、S、T 端为主回路电源输入端接外部三相交流电, L1C 和 L2C 端为控制回路电源输入端接单相交流电,交流伺服控制器的电源输出端 U、V、W 直接与伺服电机的电源 U、V、W 端相连,交流伺服控制器的 CN2 端为编码器输出端与伺服电机的编码器接口相连,交流伺服控制器与伺服电机的连接原理图如图6所示。

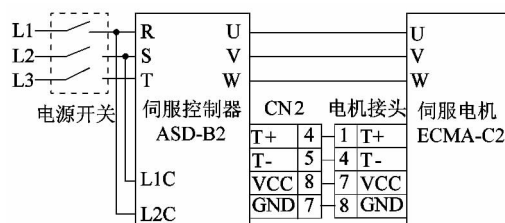


图6 交流伺服控制器与伺服电机接口

Figure 6 Interface of AC servo controller and servo motor

交流伺服电机的控制方式有3种:位置控制、速度控制和转矩控制。位置控制模式一般是通过外部输入的脉冲的频率来确定转动速度的大小,通过脉冲的个数来确定转动的角度,一般应用于定位装置。在位置控制模式下,交流伺服电机接收单片机的位置控制指令信号,经电子齿轮分倍频后,在偏差可逆计数器中与反馈脉冲信号比较后形成偏差信号;位置偏差信号经控制器调解后,形成速度指令信号和电流指令信号,从而控制伺服电机运转^[10-11]。ASD-B2 型交流伺服控制器的位置模式控制框图如图7所示。图8为图7中的位置命令处理单元的框图。ASD-B2 型交流伺服控制器位置指令设定为外部脉冲控制指令时,脉冲有3种型式可以选择,每种型式的脉冲也有正/负逻辑之分,具体可在参数 P1-00 中进行设定。

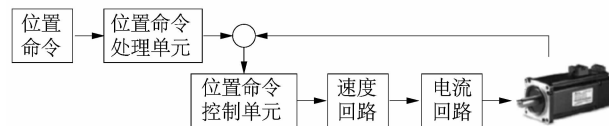


图7 交流伺服控制器位置模式控制框图

Figure 7 Position mode control block diagram for AC servo controller

ASD-B2 型交流伺服控制器的分辨率为 $160\,000$, 即 $160\,000$ 个脉冲转动伺服电机 1 圈,底座丝杠的螺距为 5 mm,将交流伺服控制器中的电子齿轮比分子设

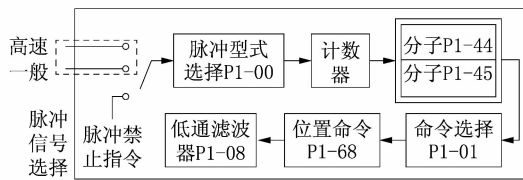


图8 位置命令处理单元框图

Figure 8 Position command processing unit block diagram

为 16 000, 分母设为 500, 伺服电机每个脉冲丝杠移动的距离为

$$16\,000/500 \times 5\text{ mm}/160\,000 = 1\text{ }\mu\text{m},$$

即程序中可发 1 个脉冲控制丝杠向前运动 1 μm , 这样便于单片机软件编程计算。ASD-B2 型交流伺服控制器的主要参数设定如表 1 所示, 其它参数可采用默认值。表 1 中 P1-00 参数设定为 1002 的含义是: 外部脉冲输入来源“高速差动”(CN1 脚位: HPULSE, HSIGN), 脉冲形式为正逻辑的“脉冲列”, 脉冲宽度为“低速滤波器宽度 1.66 Mbit/s”。

2.3.3 控制板与交流伺服电机

ASD-B2 交流伺服控制器工作在位置操作模式, 控制电路板单片机送出高速脉冲差分信号 (HPULSE, -HPULSE) 和脉冲控制差分信号 (HSIGN, -HSIGN) 来控制伺服电机的正反转, 伺服控制器输出 A 相

表 1 ASD-B2 交流伺服控制器主要参数设置

Table 1 Main parameter settings of ASD-B2

AC servo controller

序号	功能代码	功能名称	设置值	备注
1	P1-00	外部脉冲列输入形式设定	1 002	外部脉冲采用 CN1 口的高速差分信号 (HSIGN, HPULSE); 脉冲形式为“脉冲列 + 符号”, HSIGN 信号的高低电平控制电机的正反转
2	P1-01	控制模式	0	位置控制模式, 指令来源为外部脉冲
3	P1-44	电子齿轮比分子	16 000	-
4	P1-45	电子齿轮比分母	500	-

(OA, -OA), B 相 (OB, -OB), Z 相 (OZ, -OZ) 差分脉冲信号作为位置反馈信号给单片机。ASD-B2 交流伺服控制器与单片机控制板的接口如图 9 所示。图 9 中单片机的高速脉冲信号、脉冲控制信号均为差分输出电路, 单片机接收交流控制器反馈的 A 相、B 相、Z 相信号为差分输入电路, 此外单片机还接收交流伺服控制器启动完毕信号 (SON)。

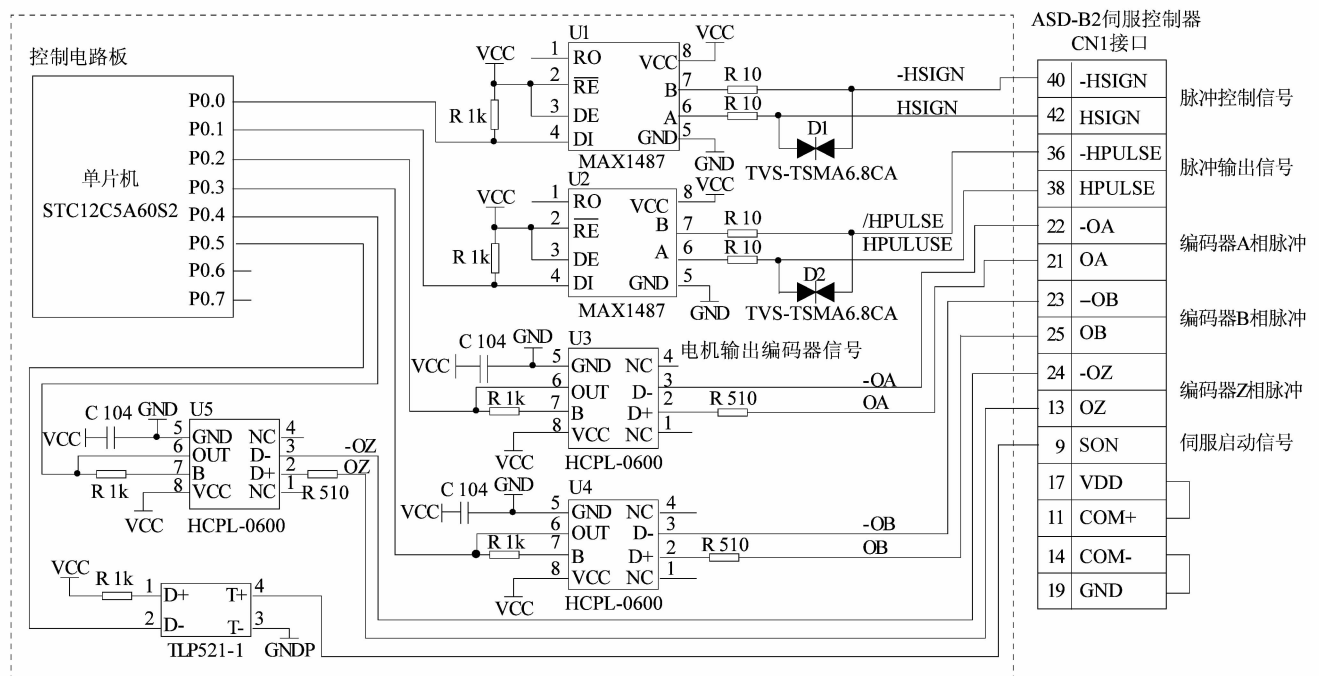


图9 交流伺服控制器与单片机控制板接口

Figure 9 Interface of AC servo controller and SCM

2.3.4 人机接口

数字中高机设置了多种开关按钮以及显示液晶屏,具有较好的人机接口。液晶屏采用 320×240 型 LCD,通过操作面板按钮可在液晶屏显示界面中实现中高度曲线选择,中高度值和研磨时间等参数设置。LCD 液晶屏的显示是通过单片机的 IO 口进行控制的。此外,数字中高机还配置了手动摇轮用于人工调节磨头在底座中的位置。

2.4 数字中高机软件设计

数字中高机软件是中高机的控制核心,负责中高曲线方程的选择,中高度值和研磨时间的设置,根据输入的研磨参数按中高曲线进行研磨胶辊,数字中高机软件嵌入在控制板的 STC12C5A60S2 单片机内。研磨流程分前半段和后半段。后半段与前半段的不同之处在于一个是电机正转另一个是电机反转。当软件采样到开始研磨按钮信号后,启动单片机定时器,按选择的中高度曲线方程,实时计算当前时刻的中高度 y 值,当前的 y 值与上一时刻的 y 值 y_0 相差大于 $1 \mu\text{m}$ 时就发送相应脉冲数控制电机转动,从而实现磨头在 z 轴方向的中高度运动。数字中高机软件流程如图 10 所示。

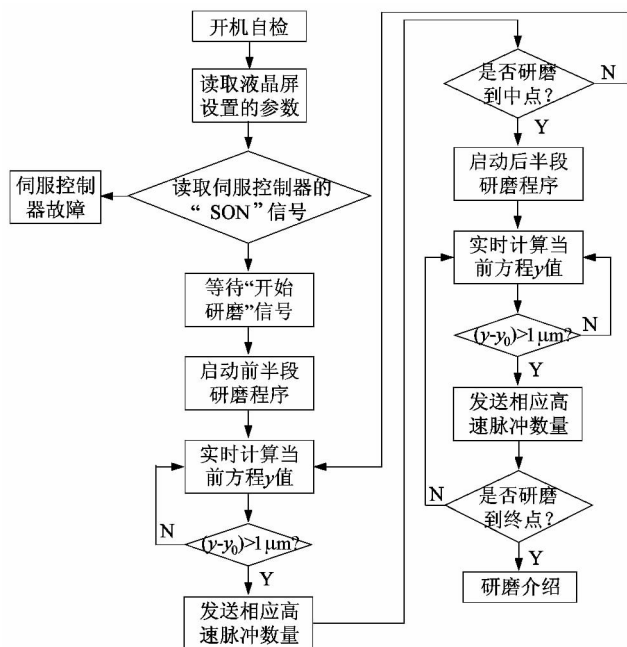


图 10 软件流程图

Figure 10 Flow chart of software

2.5 其它说明事项

磨头研磨前半段是磨头砂轮的前边沿在研磨胶辊,在磨到中点后,研磨后半段是磨头砂轮的后边沿在研磨胶辊,因此在后半段的研磨程序中一定要考虑砂轮宽度对研磨时间的影响。假设研磨某个胶辊的长度为 L_0 ,研磨总时间为 T_0 ,磨头砂轮宽度为 $L_{\text{轮}}$,则砂轮补偿时间 t' 有

$$t' = L_{\text{轮}} / L_0 \times T_0。$$

此外,伺服电机正反转切换时,丝杠螺纹的间隙对研磨精度也产生一定的影响,由于该间隙为一固定值,可在软件中输入补偿量进行消除。

3 结语

数字中高机也适用于研磨中凹胶辊,中凹胶辊研磨曲线方程与中高一样,只是在 x 轴控制的运动方向与数字中高机相反。数字中高机安装在普通车床上即可研磨中高、中凹胶辊,大大提高了普通车床的生产范围和生产效率。数字中高机的研磨精度还受到磨头的精度以及伺服电机正反转时丝杠螺纹的间隙等因素的影响,如何进一步提高中高机的研磨精度是课题的后续研究重点。

参考文献:

- [1] 王敏. 材料成形设备及自动化[M]. 北京:高等教育出版社, 2010:609-620.
- [2] 陈耿. 瓦楞辊中高曲线的磨削畸变及修正[J]. 机械, 1996, 23(5):39-44.
- [3] 宋长杰. 普通压榨胶辊中高计算的修正[J]. 中华纸业, 2012, 33(12):80.
- [4] 滕德荣. 压光辊的中高与修磨[J]. 四川造纸, 1993(3):176-177.
- [5] 宋诚生. 造纸胶辊中高车制装置的结构设计[J]. 轻工机械, 2003, 21(1):77-79.
- [6] 张西平. 在车床上加工中高曲线的机构设计[J]. 机械研究与应用, 2013, 26(3):90-91.
- [7] 宋诚生, 江路童. 车床加工辊筒中高工具简介[J]. 西南造纸, 1995(5):21-23.
- [8] 黎勉, 姚震, 刘方铭. 瓦楞辊磨床数控系统[J]. 机床与液压, 2001, 29(4):94-96.
- [9] 李涤中. 试论造纸胶辊的中高[J]. 轻工机械, 1996, 14(3):11-14.
- [10] 李红伟, 胡涛, 徐照平, 等. 基于单片机的伺服电机控制系统的研究[J]. 长春理工大学学报(自然科学版), 2012, 35(1):116-118.
- [11] 赵磊, 王哈力, 何绪峰, 等. 基于单片机的交流伺服电机转速控制系统研究[J]. 现代电子技术, 2009, 32(16):196-199.