

一种新型的张力控制系统的研究

路 华 任胜乐 王永章

(哈尔滨工业大学, 哈尔滨 150001)

文 摘 介绍一种以工控机为核心、交流数字伺服电机为执行元件、采用半径跟随臂实时反馈纱团半径值的新型张力控制系统,并具体介绍了张力控制系统的硬件、软件设计、数学模型的建立等。实际应用证明系统达到了要求的指标。

关键词 张力控制,交流数字伺服电机,缠绕机

Study on a New Type Tension Control System

Lu Hua Ren Shengle Wang Yongzhang

(Harbin Institute of Technology, Harbin 150001)

Abstract This paper introduces a new type tension control system with the industrial PC as the kernel and the alternating numeral servo-electromotor as the actuator and use of the radius-follow arm to complete the feedback radius of the gauze ball. Also, it presents the design of the hardware and software of the system and the establishment of the mathematical model. Expected target is approved in actual application.

Key words Tension control, Alternating numeral servo-electromotor, Winding machine

1 引言

在纤维、造纸、塑料工业中,对线状、带状及面状弹性材料卷取张力的控制是关系其产品质量的关键技术。大量研究证明,张力选择不当或张力控制不稳定,可使纤维绕制品的强度损失 20%~30%。可见,纤维缠绕机的张力控制器(简称张力器)是缠绕机必备的辅助设备。一个理想的张力执行系统应能给出稳定、可调的缠绕张力。国外张力控制技术已基本趋向成熟,并且各种技术指标也逐渐提高,由于我国纤维缠绕工业起步较晚,张力控制技术与国外相比处于相对落后状态。目前国内使用的张力器主要是机械式的,精度低、反应慢、不易保证缠绕过程中的张力控制要求。数控缠绕机缠绕时,纤维的出纱速度一般为 0.5 m/s~1 m/s。交流数字伺服电机既要能够输出一定的电磁转矩维持纱线张力,又必须有相应的空载转速,使纤维回纱及时^[1~5]。为此

本文设计了一种新型的张力控制,以期满足数控缠绕机的张力控制。

2 张力控制系统的硬件设计

新研制的张力控制系统采用中心卷绕、外拉纱线式结构方案。采用 IPC 为控制系统的核心,交流数字伺服电机为执行元件,半径跟随臂反馈纱团半径变化。该系统具有相应时间短、回纱能力强、结构简单及控制精度高等特点。张力控制系统原理如图 1 所示。

结构上交流数字伺服电机轴与纱团轴连接并固定,缠绕机工作时,主轴带动芯模旋转从而使纱线产生开卷运动,此时交流数字伺服电机由于已通电,将产生与纱线缠绕方向相反的电磁转矩,纱线内必然产生张力以用来克服阻力矩。数字交流伺服电机的输出扭矩与纱线张力和纱团半径的变化成正比关系,因此为保证纱线张力不变,在纱团解卷半径减少

收稿日期:2003-09-15;修回日期:2003-11-20

路华,1954年出生,高级工程师,主要从事计算机控制及数控技术的研究工作

宇航材料工艺 2004年 第4期

— 55 —

时,数字交流伺服电机输出扭矩也必须随之减小。半径跟随臂一端搭在解卷纱团上,另一端通过齿轮放大机构与旋转电位器相连,把纱团半径的变化转变成电压变化经 A/D 转换器传送到工控机中。工控机发出转矩指令通过 D/A 转换器输出模拟电压信号到伺服驱动器,驱动数字交流伺服电机,控制数字交流伺服电机的输出扭矩,从而通过控制数字交流伺服电机的堵转力矩来达到控制纤维张力的目的。工控机也可发出速度指令到伺服驱动器,控制

交流数字伺服电机的转速。由脉冲编码器测出交流数字伺服电机的速度和力矩信号,产生速度反馈和力矩反馈到工业控制机,从而构成闭环系统。本系统可实现在恒转矩的情况下,改变电机转速,控制出纱速度;也可实现在恒转速的情况下,改变电机转矩,进而达到控制张力改变的目的。数字交流伺服电机既是施力装置,也作为回纱电机完成回纱功能,解决了在缠绕压力容器封头处纱线换向时易滑落的问题,也使整个系统得以简化。

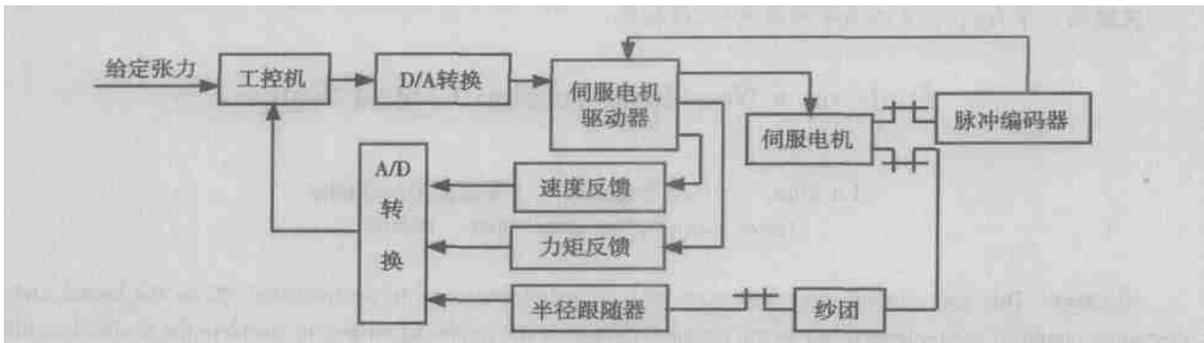


图 1 张力控制系统原理图

Fig. 1 Principle diagram of a tension control system

3 张力控制系统的数学模型

数控纤维缠绕机张力系统要求对纤维张力进行有效的控制,纤维的出纱速度由缠绕机主轴转速和制件缠绕半径等因素确定。由于芯模形状和缠绕线型的多样性,纤维线速度难以保持恒定,变化规律十分复杂。当纱线加速运动时,会引起张力增加;而减速时,则可能会产生张力减小甚至为零的情况。因此在对控制对象进行力学分析时,必须考虑速度因素对张力的影响。取开卷辊为研究对象,其动态力矩平衡方程为:

$$TR(t) = M(t) + M_f + J \dot{\omega}(t) + M_0 \quad (1)$$

式中, T —— 纱线张力;

$R(t)$ —— 纱团实时半径;

$M(t)$ —— 交流数字伺服电机产生的阻力矩;

M_f —— 粘性摩擦力矩;

$\omega(t)$ —— 纱团旋转角速度;

$J(t)$ —— 卷辊与纱团的转动惯量;

M_0 —— 干性摩擦力矩。

由方程 (1) 知,纱团半径、阻力矩、开卷辊角速度和纱团的转动惯量都是时间的函数,所以系统是一个复杂的多变量时变系统。运用古典控制理论的分析方法,对力矩平衡方程进行合理的简化。基于以下原则:

(1) 干性摩擦力较小,可以忽略不计;

(2) 在同一缠绕过程中,粘性摩擦力近似为一常数;

(3) 纱团转动惯量瞬时变化很小, $J(t)$ 对张力的影响可以忽略不计;

(4) 纱团半径通过半径跟随臂实时测量反馈。

经简化可推导出系统的张力控制模型。

方程可简化为:

$$TR(t) = M(t) + J(t) \dot{\omega}(t) + M_f \quad (2)$$

由此可见,纱团张力和纱团角速度的变化是影响纱团张力的主要因素。

4 张力控制系统的软件设计

张力控制系统软件由 Visual Basic 6.0 编制,VB 6.0语言是一种结构化、模块化的通用程序设计语言,具有丰富的模块化函数、灵活的数据流控制和良好的可读性。本控制软件的编制过程中,充分注意了软件的模块化,各个功能均以子程序或函数调用的形式实现。张力系统的控制软件能完成对各功能模块的控制,还应实现各元部件的标定,张力值、纱团半径、纱团速度实时的数据显示和查阅系统帮助等功能。完成初始化设置以后,即可进行数据采集与处理、控制算法计算、控制量输出、张力曲线实时显示、张力值保存与打印、断纱检测与报警等。软件的设计采用菜单与对话框相结合的方式,可以十分容易地增减菜单项目,改善功能,实现软件的后续开发。控制界面的设计使用户的操作简单明了,易于掌握,且功能完备,能避免用户的误操作带来不良的后果。

为实现以交流数字伺服电机为执行元件时的闭环控制,力矩反馈信号、速度反馈信号和半径跟随臂的信号由多功能数据采集卡的模拟量输入通道进

入,然后经 A/D 转换芯片转换后进入工控机。进行标定时张力信号由模拟量输入通道进入工控机。模拟量力矩信号、速度信号和半径信号进行 A/D 转换成数字量后,控制程序采用查询的方式获得转换的数字量结果。

为了防止造成 PID 运算的积分积累,致使计算机算得的控制量超过执行机构最大动作范围对应的极限控制量,采用了积分分离式的 PID 控制器。即当被控制量与设定值的偏差较大时,取消积分作用,以免积分作用使系统的稳定性减弱,超调量加大;而当被控制量接近设定值时,加入积分作用,以便消除静差,提高控制精度。具体做法是:根据交流数字伺服电机的特性,设定一个偏差门限 e_0 ,当控制过程中的偏差 $e(k)$ 的绝对值大于此偏差门限时,系统不引入积分控制,即为 PD 控制;当 $e(k)$ 的绝对值小于 e_0 时,才引入积分控制,即系统作 PID 控制。其程序框图如图 2 所示。

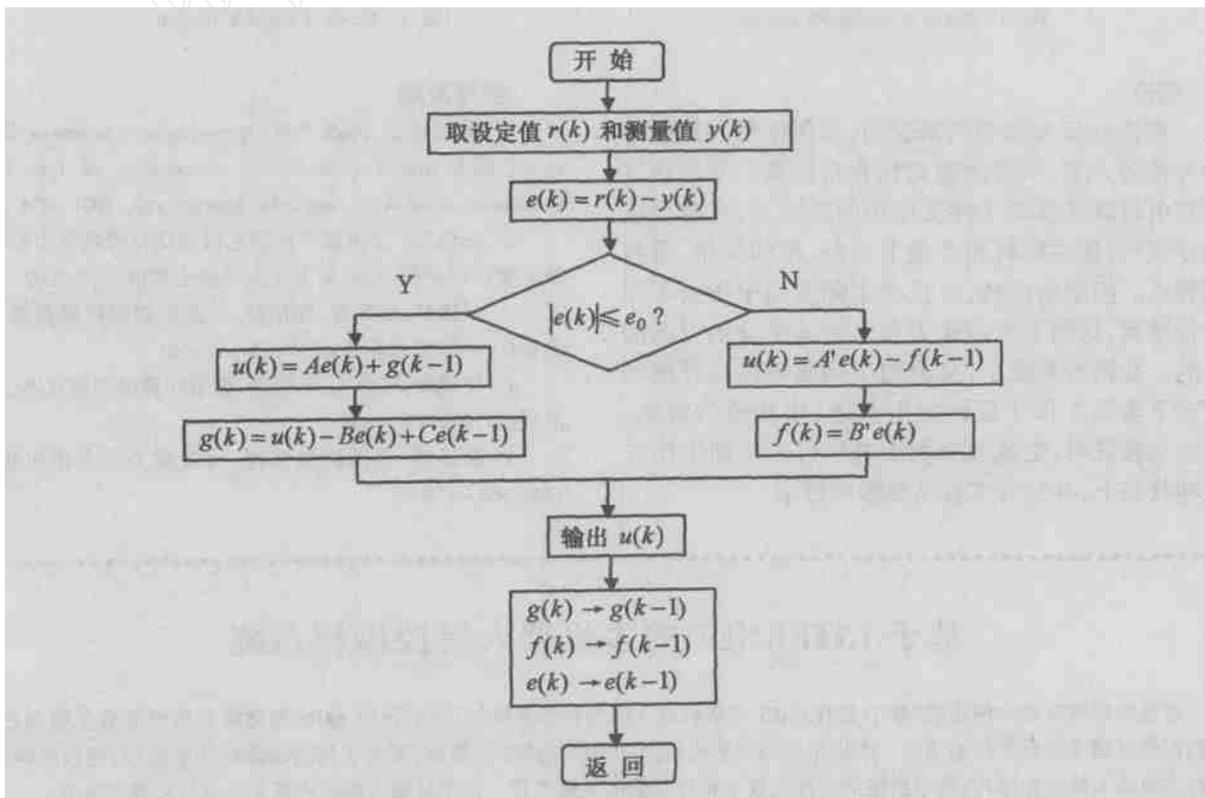


图 2 数字积分分离 PID 程序框图

Fig. 2 PID program block of digital integral separation

5 实验结果及分析

首先对张力控制系统各元件进行标定,通过标定,可以更好地了解张力控制系统的工作状况,有利于实现对纤维缠绕工作过程的实时精确控制。张力控制器的恒张力曲线如图3所示,可以看出张力总体保持平稳。为了解张力变化时交流数

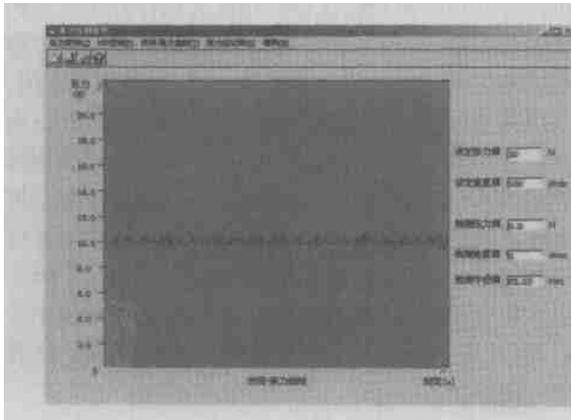


图3 恒张力曲线

Fig.3 Curve of consistent tension

字伺服电机的工作状况,设定张力发生变化,以检测此时的张力变化情况。可以依此计算出系统的性能指标,检查系统的功能实现情况。张力控制器设定张力从5 N到10 N的变张力曲线如图4所示。可以看出当需要改变控制张力时,系统能够快速响应。

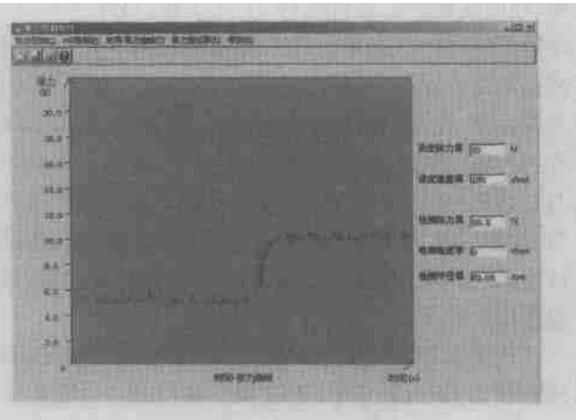


图4 变张力曲线

Fig.4 Curve of variable tension

6 结论

理论分析及实验结果表明,采用闭环控制加半径补偿的方案,系统的稳定性有所提高。交流数字伺服电机既是驱动元件又作为回纱装置,具有反应速度较快、能在堵转和低速下运行、结构简单、紧凑的特点。控制精度高,并且在实际应用中省去了张力传感器,达到了纱线张力和回纱速度分别可调的目的。在张力系统中,交流数字伺服电机在纤维的带动下实际工作于反转发电状态,用法较为特殊。通过实验证明,交流数字伺服电机可以长期工作在这种状态下,并且对实验结果影响很小。

参考文献

- 1 Inhelder J, Smith P R. Improving wire processes through closed loop tension control. In: Proceedings of the Annual Convention of the Wire Association International, 2001: 404 ~ 410
- 2 任胜乐. 交流数字伺服电机为执行件的张力控制系统软硬件的研究. 哈尔滨工业大学硕士学位论文, 2002
- 3 吴耀楚, 姚天海, 郭柏林. 计算机控制纤维缠绕机概念设计. 中国建材装备, 1997; (3): 37 ~ 40
- 4 李锡雄, 陈婉儿, 鲍鸿等. 微型计算机控制技术. 科学出版社, 1999: 130 ~ 138
- 5 鄢景华. 自动控制原理. 哈尔滨工业大学出版社, 1996: 168 ~ 198

基于 INTERNET 的多机器人遥控操作系统

在医学研究环境中使用的“基于 INTERNET 的多机器人遥控操作系统”可用于预防 SARS 和禽流感病毒等高危病毒,为传统的医学试验手段赋予新的活力。本成果提出了多机器人之间的协调控制策略,实现了网络状态的动态监控;能以多种方式进行多机器人的遥控操作;通过网络成功地完成了相应试验的关键动作。该项科研成果具有极大的应用和推广价值。

(150001 哈尔滨工业大学)

·李连清·