

基于虚拟仪器技术的膜涂敷控制系统

白 静

(天津工业大学 机械电子学院, 天津 300160)

摘要:为制备高性能的中空纤维复合膜,研制了一套涂敷设备,在中空纤维基膜上形成超功能层。该设备包含多个反应釜,每个反应釜都要保持恒定的温度。在整个涂敷过程中,中空纤维膜不能断裂并保持一定的张力,因此,基于虚拟仪器技术,利用美国 NI 公司的 PCI-6703、PCI-6221 以及 PCI-4351 来实现反应釜各参数的控制。研究表明,该控制系统可完成温度采集与控制、涂敷过程的速度调节、张力控制等。

关键词:中空纤维;复合膜;虚拟仪器技术;涂敷

中图分类号:TP23;TQ028

文献标识码:A

文章编号:1001-4551(2010)03-0114-03

Coating techniques of hollow fiber composite membrane based on virtual instrument technology

BAI Jing

(School of Mechanical and Electronic Engineering, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160, China)

Abstract: To getting the hollow fiber composite membrane with high performance, One set of coating plant was proposed. The additional function layer was formed in the surface of the hollow fiber membrane with the plant, including several reaction kettles. The liquids in the kettle must keep constant temperature. The hollow fiber membrane should be kept constant tension to avoid being pulled apart during coating. The control system based on virtual instrument for the plant was proposed and was constructed with PCI-6703, PCI-4351 and PCI-6221. The results show that the control system can realize the heating control, the speed control and the tension control.

Key words: hollow fiber membrane; composite membrane; virtual instrument technology; coating

0 引 言

中空纤维复合膜是分离膜的一种,它是由两种或两种以上不同的材料采用一定的制备工艺复合而成的,其优点是将中空纤维的结构特点(如自支撑等)和复合膜的分离优势(如高选择性高通量等)有机结合^[1-2]。目前,中空纤维复合膜广泛地应用于气化渗透、气体分离等过程,并在溶液分离方面开始了许多拓展性的应用。

中空纤维复合膜的基膜一般为通用的高分子多孔膜,如聚砜(PSF)、聚丙烯腈(PAN)、聚偏氟乙烯(PVDF)、聚丙烯(PP)、醋酸纤维素(CA)等。为了获得具有不同功能特性的中空纤维复合膜,需要对基膜的种类、结构和特点(孔径、空隙率、亲水性和憎水性、截留分子量等)以及界面聚合单体(预聚体)、溶剂、添加剂的种类和浓度进行研究。

基于此,本研究研制开发一套中空纤维复合膜涂敷设备,主要用于对影响中空纤维复合膜性能的因素进行实验分析,以制备性能良好的中空纤维复合膜。

1 中空纤维复合膜涂敷设备总体构成及主要功能

中空纤维复合膜涂敷设备主要用于制备反渗透膜、纳滤膜。浸没涂敷制备复合膜的过程十分复杂,基于该设备可以对影响膜性能的各种因素进行实验分析^[3-6]。该设备主要包含如下功能模块:

(1) 送卷和收卷模块:该模块主要实现中空纤维膜的发送和卷绕。通过变频实现电机的速度调节,因此可以准确地控制反应时间。另外,在该模块中,设备上安装有张力传感器,通过闭环控制实现发送和卷绕的恒张力控制,以避免在涂敷过程中由于张力不均匀而带来中空纤维复合膜的拉伸变形。

(2) 反应釜模块:涂敷设备含有7个反应釜,每个反应釜均具有独立的温控和搅拌功能。

(3) 后处理模块:涂敷设备同时具有一些后处理手段,主要有水洗、加热干燥以及吹风干燥等。

因为中空纤维复合膜涂敷设备具有速度连续可调、张力恒定可控、每个反应釜独立控温和搅拌等特点,因此利用该设备可以完成以下的研究工作:

(1) 基膜的种类、结构和特点分析,主要包括孔径、空隙率、亲水性、憎水性以及截留分子量等。

(2) 界面聚合单体(预聚体)、溶剂、添加剂等的种类和浓度分析。

(3) 界面聚合单体(预聚体)在溶剂中的溶解度分析。

(4) 单体在复合层中的分配系数、扩散系数以及两单体的反应动力学常数分析。

(5) 复合膜的后处理作用(如加热等)分析。

2 基于虚拟仪器技术的中空纤维复合膜涂敷设备自动控制系统

该设备采用基于虚拟仪器技术的自动控制系统来实现速度调节、张力控制、温度控制以及风扇的吹风控制。控制系统硬件主要包括美国 NI 公司的模拟输出板卡(PCI-6703)、温度采集卡(PCI-4351)以及数据采集卡(PCI-6221),软件编程环境采用基于 G 图形化编程语言的 LabVIEW 系统。

2.1 控制系统硬件构成

该自动控制系统主要包括温度控制模块、速度调节及张力控制模块、磁粉离合器控制模块。除了以上3个模块以外,在控制系统中还包含中间继电器控制,来实现控制系统回路的通断。

2.1.1 温度控制模块

温度控制模块主要通过 NI 模拟输出板卡(PCI-6703)的模拟输出信号控制固态调压器的输出电压,以调节加热器加热功率,并通过热电偶检测加热区域温度并反馈到温度采集卡(PCI-4351)进行信号采集,通过软件算法(控制器)实现加热温度的闭环控制,如图1所示。

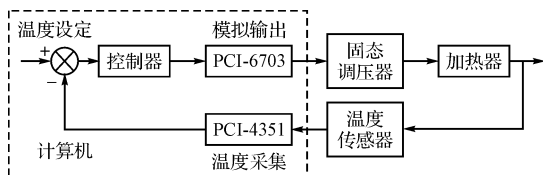


图1 温度控制模块示意图

2.1.2 速度调节及张力控制模块

速度调节及张力控制模块主要通过 NI 模拟输出

板卡(PCI-6703)的模拟输出信号控制变频器驱动电机运转。在涂敷实验中,电机(送卷、收卷)的速度可以根据要求进行调节,因为在涂敷的过程中不需要对中空纤维复合膜进行拉伸,因此,送卷辊和收卷辊的线速度应该保持一致。在电机速度设定好的情况下,根据张力传感器检测的张力变化,对电机的速度进行微调,实现恒张力的闭环控制,如图2所示。

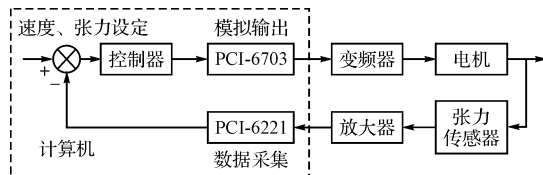


图2 速度调节及张力控制模块

2.1.3 磁粉离合器控制模块

涂敷设备的导向装置是利用电机带动导向轮实现对中空纤维复合膜的传输及导向。为了防止在传输过程中可能出现的因电机转速或者摩擦力的突然变化而造成中空纤维复合膜的拉断,在电机和导向轮之间安装有磁粉离合器,以控制最大的张力,如果张力突然发生变化,磁粉离合器就会打滑,这样就保证了中空纤维复合膜不会被拉断。

为了控制磁粉离合器的输出转矩,通过 PCI-6703 的模拟输出信号控制磁粉离合器的输入电压。而模拟输出板卡输出的信号为控制信号,电流很小,不能直接驱动磁粉离合器,因此,本研究通过添加电流放大电路来实现对磁粉离合器的直接驱动,如图3所示。

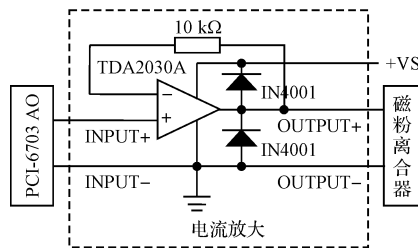


图3 磁粉离合器驱动模块

2.1.4 中间继电器控制

在涂敷设备控制系统中,加热控制回路、磁粉离合器控制回路以及风扇控制回路均串联有小型中间继电器(输入为 DC6V),这些中间继电器均通过模拟输出板卡(PCI-6703)的数字 I/O 口来进行控制。但是在控制过程中,由于模拟输出板卡的数字 I/O 输出的高电平电流很小(8 mA 左右),不足以直接驱动中间继电器,因此需要对输出信号进行电流放大。笔者采用 ULN2803 芯片对数字 I/O 的控制信号进行电流放大,直接驱动继电器。

2.2 基于虚拟仪器技术的控制系统软件描述

虚拟仪器技术就是利用高性能的模块化硬件,结

合高效灵活的软件来完成各种测试、测量和自动化的应用。使用正确的软件工具并通过设计或调用特定的程序模块,可以高效地创建友好的人机交互界面。NI 公司提供的行业标准图形化编程软件——LabVIEW, 不仅能轻松方便地完成与各种软硬件的连接,更能提供强大的后续数据处理能力,设置数据处理、转换、存储的方式,并将结果显示给用户^[7-8]。

本研究所描述的中空纤维复合膜涂敷设备控制系统软件基于 LabVIEW 软件编程环境开发,主要包含加热控制软件模块以及电机调速及张力反馈控制模块,另外还包含 2 个小模块,即风扇控制和磁粉离合器控制。在系统整体控制过程中,采用人与计算机实时交互的形式,控制参数可以实时进行修改。另外,在涂敷过程中,必须保证反应釜中的液体达到一定的温度,因此开发的软件采用顺序循环的方式,首先达到温度恒定,然后保证张力恒定的情况下进行中空纤维复合膜的涂敷。

3 结束语

中空纤维膜通过涂敷可以形成纳滤膜和反渗透膜,目前纳滤膜和反渗透膜的研究与发展非常迅猛。因而,

本研究研制了中空纤维复合膜涂敷设备并实现了基于虚拟仪器技术的自动控制系统设计。它的研究不仅具有较高的学术价值,而且具有非常好的经济效益。

参考文献(References):

- [1] 王 薇,杜启云. 中空纤维复合膜[J]. 高分子通报,2007(5):54-59.
- [2] 马世虎,吕晓龙,李先锋. PVDF 中空纤维复合膜的制备及其性能研究[J]. 天津工业大学学报,2005,24(3):5-8.
- [3] 环国兰,张宇峰,杜启云. 纳滤复合膜的研制[J]. 水处理技术,2006,32(11):12-15.
- [4] 王 薇,李国东,杜启云. 纳滤膜的离子选择性[J]. 天津工业大学学报,2007,26(4):5-7.
- [5] 王学松,孙胜梅. 气体分离用聚砜中空纤维膜的活化涂敷技术[J]. 化工进展,2001,20(4):35-36.
- [6] 俞丽芸,李健生,黄酉腊,等. 中空纤维担载 $Al_2O_3-SiO_2$ 复合膜的研制[J]. 膜科学与技术,2007,27(2):11-14.
- [7] 乔印虎,陈杰平,易 勇. 虚拟仪器技术在磁流变振动实验台中的应用[J]. 机电工程,2007,24(10):26-27.
- [8] 负今天,桑宏强,张建业. 基于虚拟仪器技术的机电一体化教学实验平台[J]. 机电工程,2008,25(8):111-113.

[编辑:柴福莉]

(上接第 110 页)

速,恢复稳定,无振荡出现。同时,该系统具有良好的同步精度,在某一个轴受到干扰作用时,通过误差反馈,使得另一个轴同时产生相应的控制量,以减小同步误差。两轴之间的交叉耦合作用使单轴所受的干扰同时影响两轴的输出,从而保证了两轴的同步精度。而在无交叉耦合时,当某一轴受到干扰作用,由于两轴之间没有相互联系,因而必然会造成较大的同步误差。

4 结束语

本研究采用 CARIMA 模型,通过广义预测控制算法,提出了包含了同步误差的二次性能指标泛函,采用对系统进行多步预测、滚动优化、反馈校正等策略,在保证单轴跟踪精度的同时对两轴进行了交叉耦合控制,使得两轴输出能保持精确的同步。仿真结果表明,系统对干扰具有很强的抑制作用,两轴均能取得良好的跟踪性能和同步性能。

参考文献(References):

- [1] NA Li-ju, CHOI Chong-ho, JANG Tae-jeong, et al. Contour

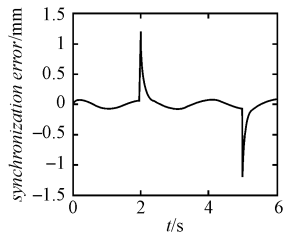


图 11 两电机同步误差(有系统干扰, $\eta=0$)

Error Analysis and Gain Tuning for CNC Machining Center [C]//AMC'96-MIE Japan: Mie,1996:197-202.

- [2] KOREN Y, LO C C. Variable-gain cross-coupling controller for contouring[J]. **CIRP Manufacturing Technology Annals**,1991,40(1):371-374.
- [3] YEH S S, HSU P L. Analysis and design of integrated control for multi-axis motion systems[J]. **IEEE Transaction on Control System Technology**,2003,11(3):375-382.
- [4] YANG Jiang-zhao, XV Ji-jie, LI Ze-xiang. Two-Degree-of-Freedom Based Cross-Coupled Control for High-Accuracy Tracking Systems[C]//Proceedings of the 3rd Annual IEEE International Conference on Automation Science and Engineering, Az: Scottsdale,2007:950-955.
- [5] FENG L, KOREN Y, BORENSTEIN J. Cross-coupling motion controller for mobile robots[J]. **IEEE Control Systems**,1993,13(6):35-43.
- [6] 胡寿松. 自动控制原理简明教程[M]. 北京:科学出版社,2003.
- [7] XIAO Y, ZHU K Y. Optimal synchronization control of high precision motion systems[J]. **IEEE Transactions on Industrial Electronics**,2006,53(4):1160-1169.
- [8] CLARKE D W. Application of generalized predictive control to industrial processes[J]. **IEEE Control Systems Magazine**,1988,8(2):49-55.
- [9] 王 伟. 广义预测控制理论及其应用[M]. 北京:科学出版社,1998.
- [10] 席裕庚. 预测控制[M]. 北京:国防工业出版社,1993.
- [11] 舒迪前. 预测控制系统及其应用[M]. 北京:机械工业出版社,1996.

[编辑:柴福莉]