

## 粘滞系数测定实验仪的改进\*

王云焯, 李勇, 潘日敏, 宋军

(浙江师范大学 数理信息学院, 浙江 金华 324001)

**摘要:** 介绍了一种粘滞系数测定实验仪的改进装置。它以 C8051F 单片机为处理核心, 利用半导体制冷片对液体进行加热和制冷, 实现了对温度的自动控制。在 RS485 标准的基础上, 实现了各实验仪与 PC 机的串行通信, 并与基于 C/S 模式的大学物理实验报告系统结合。计算机和网络的加入避免了手工记录数据的误差, 而且直观、形象地反映出实验的规律, 更利于数据的存储和处理, 提高了实验教学效果。

**关键词:** 粘滞系数测定; 半导体制冷片; RS485 标准; 计算机网络

中图分类号: 0353.5

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)21-0023-03

## Improvement of the experimental instrument of viscosity

Wang Yunye, Li Yong, Pan Rimin, Song Jun

(College of Mathematics Physics and Information Technology, Zhejiang Normal University, Jinhua 324001, China)

**Abstract:** This paper presents a novel way to improve device for coefficient of viscosity of liquid experiment. The system is based on the C8051F MCU, the use of semiconductor chilling plate can heat and cool liquid to realize temperature auto-control. Besides, the serial communication between experiment device and PC on the basis of RS485 standard is realized. Moreover, it combines with the general physical experiment system which based on C/S model. Errors caused by recording data by hand can be avoided with computers recording. More importantly, the law of experiment can be represented directly and visually by computers, which also make great contribution to data processing and storage.

**Key words:** coefficient of viscosity experiment; semiconductor chilling plate; RS485 standard; computer network

粘滞系数表征液体粘滞性的强弱, 被广泛应用于流体力学、化学化工、医疗和水利等领域<sup>[1]</sup>, 是各高校必需的普通物理学实验。流体粘滞系数测定的方法一般有落球法、转筒法、扭摆法和毛细管法等<sup>[2-3]</sup>。由于落针法测量过程简便、精确度高, 在各高校教学实验中应用较为普遍<sup>[4]</sup>。PH-IV 型变温粘滞实验仪是一种采用落针法测量液体粘滞系数的实验仪, 但是实验发现, 待测液体只能通过水浴加热使液体的温度上升, 而温度的下降则依赖于空气对流散热, 速度十分缓慢, “变温”功能存在缺陷, 降低了实验的效率。另外, 实验测得数据的记录工作量大, 而且只能由学生手工记录。针对以上两方面问题, 本文以 PH-IV 型变温粘滞测定实验仪作为基础<sup>[5]</sup>, 提出改进方法。在保证实验高效进行的同时, 与基于 C/S 模式的大学物理实验报告系统结合, 实现学生实验报告撰写、递交以及教师批改、管理等的网络化<sup>[6-7]</sup>, 加快实现普通

物理实验的智能化和高效化, 达到良好的教学效果。

## 1 系统的结构及原理

改进的粘滞系统实验仪由 C8051F 微处理器、半导体温度控制模块和串行通信模块三部分组成, 其系统结构如图 1 所示。

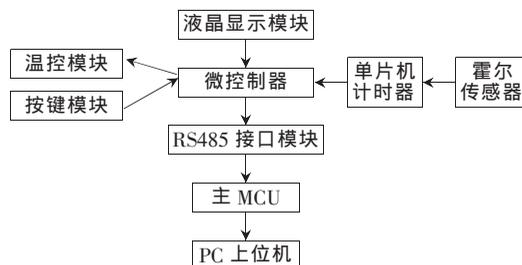


图 1 粘滞系数实验仪模块组成系统框图

## 1.1 半导体温控模块

温控系统采用两片 TEC1-12706 半导体制冷片, 通过 H 桥电路改变直流电流的极性, 实现在制冷片的制

\* 基金项目: 浙江师范大学实验室开放项目((2010)11 号)

冷或加热功能。由于驱动半导体制冷片所需的电流较大,因此选用4个场效应晶体管组成H桥电路。考虑到12V是制冷片工作的最佳电压,采用两片半导体制冷片并联工作的方式,电流范围为5~10A。误差范围控制在1℃以内,实验测得,加热制冷的温度范围为10~70℃,完全可以满足实验中不同温度下测定不同粘滞系数的温度要求。温度自动控制模块原理图如图2所示。

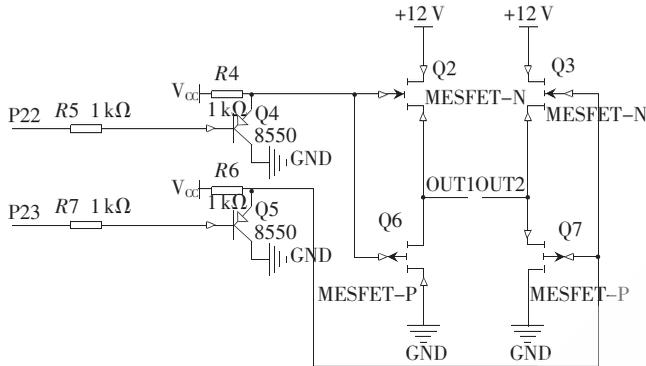


图2 温度自动控制模块原理图

## 1.2 串行通信模块

RS485协议允许128个单片机进行通信,具有通信速率快和传输距离长的优点。RS485发送和接收模块以MAX485芯片为核心,实验仪得到的数据通过RS485发送模块传输至RS485总线,PC侧的RS485接收模块从总线上读取数据,通过CP2102单芯片的USB转UART数据转换电路<sup>[8]</sup>传输到上位机中进行分析 and 存储,实现上位机和实验仪一对多的串行通信。

本装置中的RS485通信接口电路使用MAX485芯片构成,如图3所示。单片机的P1.0脚和P1.1脚控制发送器和接收器的使能,分别接RS485芯片的DE脚和RE脚。RXD和TXD引脚则分别接RO和DI引脚以进行数据交换。MAX485的A端和B端是RS485网络的差分信号输入/输出端需要接到RS485总线上,并在A、B间串联100~200Ω的电阻。另外,DE、RE、RO、DI引脚都需要接上拉电阻<sup>[9]</sup>。

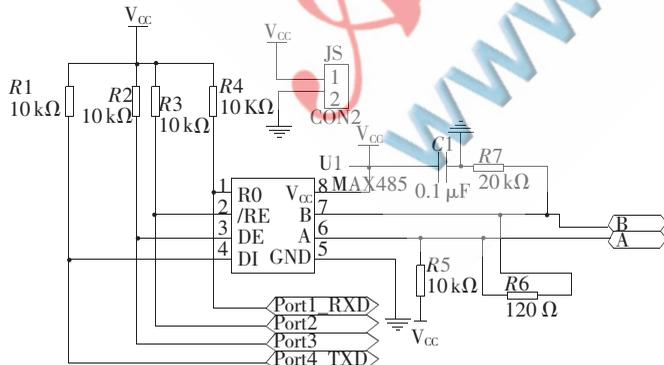


图3 RS485串行通信模块

## 2 系统软件设计

### 2.1 温度控制及增量式PID算法

单片机控制是一种采样控制,根据采样时刻的偏差值计算控制量,控制单片机产生PWM波的占空比,实现

温度快速调节。增量式PID算法公式为:

$$u(k) = u(k-1) + k_p \cdot [e(k) - e(k-1)] + k_i \cdot e(k) + k_d \cdot [e(k) - 2e(k-1) + e(k-2)] \quad (1)$$

其中, $u(k)$ 为PID调整后的温度, $u(k-1)$ 为PID调整前的温度, $k_p$ 为比例系数, $k_i$ 为积分系数, $k_d$ 为微分系数, $e(k)$ 为当前误差, $e(k-1)$ 为前一次误差, $e(k-2)$ 为前两次误差<sup>[10]</sup>。

采用凑试法对参数进行整定<sup>[9]</sup>。首先,整定比例系数 $k_p$ , $k_p$ 决定温度变化的速率, $k_p$ 越大,温度变化速度越快,稳态误差减小;其次,整定积分系数 $k_i$ , $k_i$ 能消除稳态误差,使系统温度在接近设定温度时逐渐趋于平稳;最后,整定微分系数 $k_d$ , $k_d$ 可以改善温度变化动态特性,合适的 $k_d$ 减短调节时间,使温度在设定温度附近波动小<sup>[10]</sup>。温度控制程序流程图如图4所示。



图4 温度控制程序流程图

### 2.2 RS485 串行通信

RS485串口通信开始时, $\overline{RE}$ 和DE共同置为低,进入发送准备状态。当操作者按下“确定发送”的按键时,实验仪器端的RS485发送模块先将地址发送至RS485总线,然后将测得数据传送至RS485总线,PC端的RS485接收模块接收地址和数据,并经过CP2102单芯片的USB转UART模块将数据传输至上位机储存和处理<sup>[11]</sup>。

## 3 测试数据

自然散热和改进装置在温度变化相同时所需的时间比较如表1所示。

表1 两种散热方式在温度变化相同时所需时间比较

温度范围/℃	自然散热所需时间/min	改进装置所需时间/min	节省时间/min
70~60	14.5	4.33	10.17
60~50	25.25	8.5	16.75
50~40	33.17	11.5	21.67
40~30	45.5	15.25	30.25
30~20	60.67	20.5	40.17

\* 当前平均室温:20℃

\* 测试仪器:KENKO KK-5898 秒表

测试选择 70℃作为仪器中液体起始温度,温度变化间隔为 10℃,液体体积为 0.5 L。表 1 中的实验数据表明,在相同的室温条件下,对一定体积的液体进行降温,改进装置的降温时间远远低于自然散热所需的时间。随着温度的下降,下降相同范围的温度所需的时间会更长。测试结果充分表明,改进装置可大大提高实验效率,节省实验时间。

本实验仪改进装置较好地克服了传统实验仪实验数据存储和不能得到直观结果的弊端,虽然半导体制冷片较制冷压缩机效率略低,但其可以灵活控制温度,结构简单、造价低廉,大大地提高了实验效率,而且不需要任何制冷剂,没有污染源以及旋转部件,不会产生回转变效应,工作时没有震动和噪音,使用寿命长,安装容易。整个装置具有人机接口友好、可靠性高和设备利用率高等优点。RS485 串行通信技术可以广泛应用于实验室研究与实践中,与 C/S 模式的大学物理实验系统对接,达到充分利用计算机及网络技术进行实验教学的效果,同时不削弱学生的动手操作及实验数据处理能力,还能培养学生利用计算机这一有力工具进行实验数据的分析处理能力。

#### 参考文献

- [1] 高峰.测定液体粘滞系数实验的讨论[J].衡阳师范学院学报,2000(3):98-99.
- [2] 刘竹琴,王玉清,刘艳峰.落球法测定液体粘滞系数实验的改进[J].延安大学学报(自然科学版),2003,22(3):50-52.
- [3] 衡耀付,张宏.用转筒法测定液体的粘滞系数的改进[J].天中学刊,2002,17(5):65-66.
- [4] 陈焯.落针式粘滞系数实验仪的改进[J].大学物理实验,2000(1):38-42.
- [5] 吴望生,杨长铭.落针式粘滞系数实验仪的误差分析与改进[J].实验室研究与探索,2009,28(3):46-48.
- [6] 金洪震,李勇,潘日敏.基于 C/S 模式的大学物理实验报告系统的实现 [J]. 浙江师范大学学报(自然科学版),2001(4):39-43.
- [7] 李勇,彭葆进,金洪震.利用嵌入式微控制器进行自由落体运动实验改造 [J]. 浙江师大学报(自然科学版),2002,25(4):33-36.
- [8] 祁树胜,王丁旺.基于 CP2102 的 USB-RS422/485 接口电路的设计 [J]. 西安航空技术高等专科学校学报,2009(3):10-12.
- [9] 求是科技编写组.单片机通信技术与工程实践 [M].北京:人民邮电出版社,2005.
- [10] 李涛,王圆妹.基于 PWM 的模糊 PID 温度控制系统研究[J].自动化技术与应用,2008,27(10):32-35.
- [11] 王婧.RS-485 总线通讯技术在多机监控系统中的应用 [J].制造业自动化,2010(12):46-48.

(收稿日期:2011-05-15)

#### 作者简介:

王云焯,女,1990年生,本科,主要研究方向:光电信息处理、智能仪表应用。  
李勇,男,1972年生,教授,主要研究方向:全息三维显示技术,光电信息处理。