

# 液体表面张力系数测定仪的改进\*

陈庆东 王俊平

(滨州学院航空工程学院 山东 滨州 256600)

(收稿日期:2015-10-22)

**摘要:**对FD-NST-I型液体表面张力系数测定仪进行了改进,把单金属吊环改为用绝缘体接起的水通电吊环,把玻璃容器更换为双层变温水池,利用STM32来进行力敏传感器数据的输出和对液体温度的控制,可以有效地减小误差和更好研究温度对此液体表面张力系数的影响。

**关键词:**表面张力系数 吊环 FD-NST-I STM32

## 1 引言

液体的表面张力是表征液体性质的一个重要参数.测量液体的表面张力系数有多种方法,有拉脱法<sup>[1]</sup>、滴重法、毛细管法、U型管法、水波频闪法、光纤干涉法<sup>[2]</sup>等等,其中拉脱法是测量液体表面张力系数常用的方法之一。

FD-NST-I型液体表面张力系数测定仪<sup>[3]</sup>是一种新型拉脱法液体表面张力系数测定仪,由上海某高校物理实验教学中心与上海某科教仪器有限公司联合研制.用硅压阻力敏传感器测量液体与金属相接触的表面张力,将微小力的变化通过压敏电阻转化成电压的变化,通过对传感器进行定标,然后测量吊环拉断前后的电压差,计算出液体表面张力系数。

本文针对实验教学中存在的一些问题,对测量仪器的一些不足之处进行改进.为了让学生更好地理解液体表面张力系数和温度的变化关系,增加了不同温度下液体表面张力系数的测量内容,丰富了实验项目的内容.通过对仪器的改进,提高了实验的测量精度,增加仪器的测量功能,使学生更容易操作。

## 2 实验装置存在的不足

在实验教学过程中和学生做实验的过程中,发现此仪器存在以下不足:

(1) 现有仪器吊环的水平调节装置是通过调节3根细金属丝,凭感觉判断吊环下沿是否水平,吊环是否水平很难判断,用此方法调水平既原始也不科学,而且没有判断依据.实验时,教师一方面强调吊环水平的重要性,但另一方面吊环水平的判断又只能依靠目测,导致很多学生对该实验的兴趣不高,实验效率低。

(2) 液面升降采用旋转螺丝手动升降法,液体和吊环都裸露在实验室中,这样在进行实验时,手动调节会引起被测液面的震动,同时受到周围气流的影响,都会在实验中导致液体薄膜在表面张力未达到临界状态就断裂,容易带来实验误差。

(3) 新型FD-NST-I液体表面张力系数测定仪,只能测量室温下的液体表面张力系数,不能测量出张力系数与外界温度之间的关系,实验内容单一。

(4) 原有的仪器靠肉眼判断液面脱离,液面脱离的过程发生在一瞬间,时间很短,对脱离之前的电压读数很不好把握,有时观察到液面脱离了,这边的电压表读数已经跳了,读数存在较大误差。

## 3 实验装置的改进

针对以上实验仪器存在的不足之处,提出以下改进方案:

\* 滨州市科技发展计划项目,项目编号:2014ZC0307;滨州学院科研基金项目,项目编号:BZXYG04;滨州学院科研基金项目,项目编号:BZXYG1513;滨州学院教学研究项目,项目编号:BYJYWZ201338;山东省本科高校教学改革研究项目,项目编号:2015M027

作者简介:陈庆东(1981-),男,硕士,实验师,主要研究方向为物理实验教学与管理。

(1) 吊环的改动. 在不改变原有吊环形状的同时, 把吊环用绝缘体分成两个部分, 接出导线, 使其入水通电, 水膜断裂即停. 由于水是弱导电性, 我们又采用了电压比较电路(图1), 使吊环可以灵活地及时地对水膜破裂的时刻进行汇报.

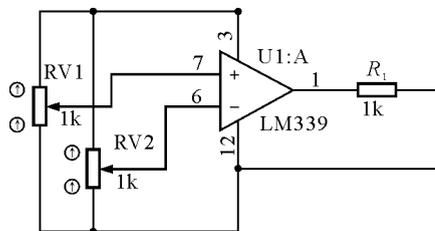


图1 电压比较电路

(2) 为了让学生更好地理解 and 掌握液体表面张力系数随温度的变化关系, 对新型FD-NST-I液体表面张力系数测定仪设计了加热和控温装置, 对测量液体进行了变温控制, 从而本实验项目可以测量在不同温度下的液体表面张力系数, 具体改进如下.

对水容器进行的改进见图2, 借鉴了相关文献<sup>[4]</sup>的一些好的方法, 把容器改为双层的玻璃缸, 内层储待测液体且有一个出水口, 外层容器对内层温度控制且有一进水口和出水口. 由玻璃缸、加热器、温控仪、小水泵和输液管组成水循环加热系统, 外层水循环加热系统工作流程图见图3. 首先小水泵的两端都接上输液管(一定要保证密封), 一端输入水浴缸外层, 另一端用于抽水. 玻璃缸内固定加热器, 温控仪接收器, 小水泵抽水管和双层水浴缸的出水管. 此项设计可以有效地对实验液体进行温度的控制并且在进行其循环工作的同时不干扰到其他系统的工作.



图2 水容器图

(3) 最重要的一部分就是用STM32将原仪器替换. 此部分是由特制吊环, 力敏传感器, STM32,

12864液晶屏等组成的数据处理系统. 经过对力敏传感器原理的探索, 利用STM32AD转换可以成功地把传感器内的模拟信号转换成数字数据, 并且STM32连接吊环, 对工作状态进行实时监控, 比起液体表面张力系数仪器更加精确可靠, 且能耗低.

首先, 需要把力敏传感器与单片机连接, 实现数据的传输, 再由单片机把数据以图像的形式在液晶屏上进行实时的显示, 具体的数据处理系统工作流程图见图4.

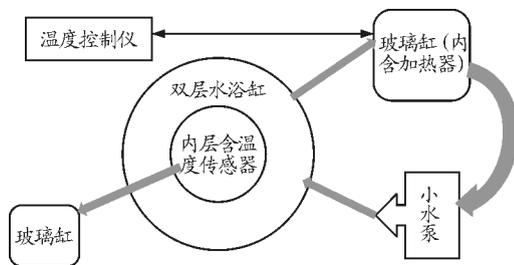


图3 外层水循环加热系统工作流程图

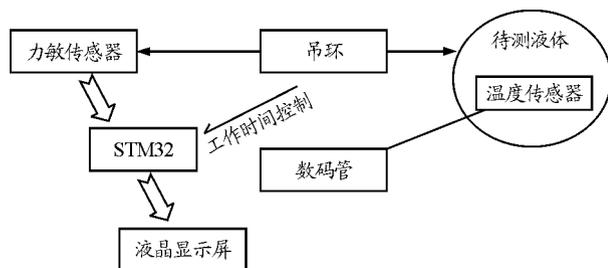


图4 数据处理系统工作流程图

## 4 实验数据分析

表1 原仪器测量数据

测量次数	$U_1/$ mV	$U_2/$ mV	$U/$ mV	$F/$ mN	$\alpha/$ ( $\text{mN} \cdot \text{m}^{-1}$ )
1	0.6	49.4	48.8	13.75	64.66
2	0.3	49.3	49.0	14.27	67.09
3	0.6	49.0	48.4	14.10	66.19
4	0.1	49.1	49.0	14.27	67.09
5	2.4	49.6	47.2	13.75	64.64
6	3.1	48.8	45.7	13.31	62.55
7	0.3	49.1	49.4	14.40	67.66

游标卡尺测得原有吊环外径  $D_1 = 35.00 \text{ mm}$ ,

内径  $D_2 = 32.8 \text{ mm}$ , 用原来的数字电压表测得在环将拉断液膜瞬间的读数  $U_1$  和拉断后瞬间的读数  $U_2$ , 并做出表格(表 1), 求出相应数据. 计算求得自来水的表面张力系数测量值  $\alpha = 65.74 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$ . 由此可知原仪器测量数据的误差为  $8.99\%$ .

经过研究原有仪器的不足, 和对原实验仪器测量数据的分析, 对仪器进行改进后, 对力敏传感器重新定标, 在室温下由表 2 数据进行计算所得的值求平均, 得出水的表面张力系数测量值为  $\alpha = 72.49 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$ , 当时的水温为  $20^\circ\text{C}$ , 经查表知, 此温度下水的表面张力系数的标准值  $\alpha = 72.75 \text{ mN} \cdot \text{m}^{-1}$ , 实验测量所得的百分误差为  $0.35\%$ . 通过仪器对待测液体温度的控制, 分别在  $20, 40, 60, 80^\circ\text{C}$  下进行了数据的采集, 得到了如表 3 数据.

表 2 改良后仪器测量数据

测量次数	$U_1 / \text{mV}$	$U_2 / \text{mV}$	$U / \text{mV}$	$F / \text{mN}$	$\alpha / (\text{mN} \cdot \text{m}^{-1})$
1	26.0	79.1	53.1	15.47	72.69
2	34.4	83.4	53.0	15.44	72.55
3	33.3	83.7	53.4	15.55	73.07
4	30.2	82.9	52.9	15.41	72.21
5	30.0	83.4	53.4	15.55	73.07
6	30.0	82.3	52.3	15.23	71.58
7	30.6	84.2	53.6	15.61	73.35

表 3 不同温度下水的表面张力系数

$t / ^\circ\text{C}$	$U_1 / \text{mV}$	$U_2 / \text{mV}$	$\Delta U / \text{mV}$	$F / \text{mN}$	$\alpha / (\text{mN} \cdot \text{m}^{-1})$
20	34.30	79.41	45.11	15.41	72.22
40	22.71	65.70	42.99	14.7	67.09
60	2.52	43.33	40.81	13.9	66.19
80	-4.35	35.14	39.49	13.2	67.09

## 5 结束语

本文针对在实验教学过程测量液体表面张力系数存在的问题, 对原有的 FD-NST-I 液体表面张力系数测定仪进行改进, 同时增加了不同温度下的液体表面张力系数的实验内容, 改进后的实验装置与原实验装置相比, 继承了原装置的优点, 同时改进了原装置操作中的不足之处. 将实验室已有装置进行重新组合, 便于实验室推广运用, 同时丰富了实验项目内容, 提高了实验精度, 改进后的仪器的实验百分误差降低到  $0.35\%$ , 降低了实验操作难度, 同时又削减了实验成本.

## 参考文献

- 赵群. 液体表面张力系数测量方法比较研究. 安徽科技学院学报, 2010, 24(2): 44 ~ 47
- 朱英昊, 康娟, 桑涛, 等. 基于光纤干涉法的液体表面张力系数测量及温度影响研究. 2015, 26(1): 130 ~ 134
- 龙卧云, 李晶. FD-NST-I 型液体表面张力系数测定仪的改进. 高校实验室工作研究, 2013, 116(2): 40 ~ 42
- 马国利, 冯伟伟. 液体表面张力系数测量装置的改进. 物理实验, 2012, 32(3): 25 ~ 28

# Improvement on Measurement Instrument of Liquid Surface Tension Coefficient

Chen Qingdong Wang Junping

(Faculty of aerospace engineering, Binzhou University, Binzhou, Shandong 256600)

**Abstract:** The FD-NST-I coefficient of liquid surface tension apparatus is improved, The single metal rings is replaced by rings attached insulators which is powered on when pick up into the water, the glass container change into double-layer varying temperature pools, The output of the sensor data and liquid temperature is controlled by STM32, it can effectively reduce the error and better study the effect of temperature to the liquid surface tension coefficient.

**Key words:** surface tension coefficient; rings; FD-NST-I; STM32