

用硅压阻式力敏传感器测量液体的表面张力系数

陈骏逸, 范伟民

(复旦大学 物理系, 上海 200433)

摘要: 用硅压阻式力敏传感器和环状吊片较精确测量水和酒精等液体的表面张力系数。并测量不同浓度的洗洁精溶液的表面张力系数, 得出表面张力系数随洗洁精溶液浓度的增大而减小, 并趋于一定值的结论。

关键词: 硅压阻式力敏传感器; 表面张力系数; 环状吊片

中图分类号: O 552 4⁺ 21 文献标识码: A 文章编号: 1006-7167(2002)06-0042-03

Measurement of Liquid Surface Tension Coefficient by Using Si-Resistance-Strain Gauge

CHEN Jun-yi, Fan Wei-min

(Dept. of Physics, Fudan Univ., Shanghai 200433, China)

Abstract: Liquid surface tension coefficients of detergents with different concentrations were measured by using Si-resistance-strain gauge. It was found that the coefficient is decreased and eventually tends to a certain constant value when the detergent concentration is increased.

Key words: si-resistance-strain gauge; surface tension coefficient; ringlike slice

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, 拉脱法是测量液体表面张力系数常用的方法之一。该方法的特点是, 用秤量仪器直接测量液体的表面张力, 测量方法直观, 概念清楚。用拉脱法测量液体表面张力, 对测量力的仪器要求较高, 由于用拉脱法测量液体表面的张力约在 $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-2} \text{N}$, 因此需要有一种量程范围较小, 灵敏度高, 且稳定性好的测量力的仪器。近年来, 新发展的硅压阻式力敏传感器正能满足测量液体表面张力的需要, 它比传统的焦利秤、扭秤等灵敏度高, 稳定性好, 且可数字信号显示, 利于计算机实时测量。笔者将自行研制的硅压阻式力敏传感器张力测定仪用于测量液体表面张力系数, 并引入到学生教学实验中, 取得良好的教学效果。

为了能对各类液体的表面张力系数的不同有深刻的理解, 笔者在对水、酒精等液体进行精确测量以后, 再对不同浓度的洗洁精溶液进行测量, 实验中可以明显观察到表面张力系数随溶液浓度的变化而变化的现象, 从而对物理概念加深理解。

1 实验原理

测量一个已知周长的金属圆环从待测液体表面脱离时需要的力, 求得该液体表面张力系数的实验方法称为拉脱法。若接触液体采用金属环状吊片法时, 考虑一级近似可以认为脱离力为表面张力系数乘上脱离表面的周长, 即

$$f = \alpha \cdot \pi(D_1 + D_2) \quad (1)$$

(1) 式中, f 为脱离力, D_1 、 D_2 分别为圆环的外径和内径, α 为液体的表面张力系数。

硅压阻式力敏传感器由弹性梁和贴在梁上的传感器芯片组成, 其中芯片由四个硅扩散电阻集成一个非平衡电桥。当外界压力作用于金属梁时, 在压力作用下, 电桥失去平衡, 此时将有电压信号输出, 输出电压大小与所加外力成正比, 即

$$\Delta U = K \cdot f \quad (2)$$

(2) 式中, f 为外力的大小, K 为硅压阻式力敏传感器的灵敏度, ΔU 为传感器输出电压的大小。

2 实验装置

实验装置图如图 1 所示。

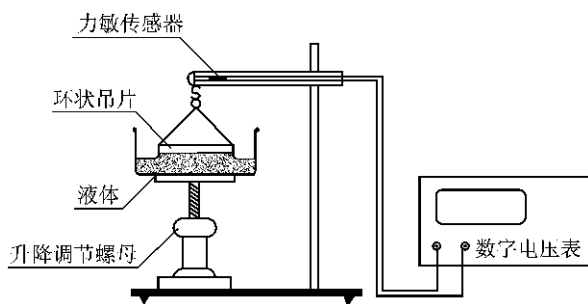


图 1 实验装置图

本实验采用环状吊片是基于如下考虑: 采用吊片法测量液体的表面张力, 其大小等于表面张力系数乘上吊片的长度, 不需要任何修正^[2]。但在具体实验时, 由于吊片拉脱过程中, 容易发生倾斜, 而使部分界面脱离液面, 因此金属片的长度不能太长, 一般只能 3~4cm 长。在测量力时, 则希望力大一些, 这样有利于提高测量精度。而细丝吊环, 实验时与液体接触角一般不为零, 需要进行修正。为了解决此矛盾, 笔者将环和吊片结合起来, 既增加金属片与液体的接触长度, 以增加张力的值, 又利于拉脱过程中, 保持平衡, 有利于实验时的调节。经过对各种直径环状吊片反复实验验证, 结论为当在环的直径为 $33 \times 10^{-2} \text{m}$ 附近时, 液体和金属片接触, 其接触角近似为零时, 作为一级近似的公式 (1), 测量表面张力系数与实际结果符合很好。

3 实验方法

(1) 力敏传感器的定标。每个力敏传感器的灵敏度有所不同, 在实验前, 应将其定标。将仪器预热 20min 后。在传感器梁端头小钩中, 挂上砝码盘, 调节电子组合仪上的补偿电压旋钮, 使数字电压表显示为零。然后在砝码盘上分别加 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5、3.0g 等质量的砝码, 记录相应这些砝码力作用下, 数字电压表的读数值, 用最小二乘法作直线拟合, 求出传感器灵敏度 K 。

(2) 环的测量与清洁:

用游标卡尺测量金属圆环的外、内径 D_1 和 D_2 。

环的表面状况与测量结果有很大的关系。实验前应将金属环状吊片在 NaOH 溶液中浸泡 20~30s, 然后用净水洗净。

(3) 测量液体的表面张力系数:

将金属环状吊片挂在传感器的小钩上。调节升降台, 将液体升至靠近环片的下沿。调节底座螺丝, 使环片的下沿与待测液面平行。

调节容器下的升降台, 使其渐渐上升, 将环片的下沿部分全部浸没于待测液体。然后, 反向调节升降台, 使液面逐渐下降。这时, 金属环片和液面间形成一环形液膜, 继续下降液面, 测出环形液面即将拉断前一瞬间数字电压表读数值 U_1 和液面拉断后瞬间数字电

压表读数值 U_2 , 则 $\Delta U = U_1 - U_2$ 。

将实验数据代入公式, 求出液体的表面张力系数, 并与标准值进行比较。

测出其他待测液体, 如酒精、乙醚、丙酮等的表面张力系数。

4 实验数据和结果

(1) 传感器灵敏度的测量 (见表 1)。

表 1

	质量/g					
	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
电压/V	13.9	28.3	42.2	55.6	69.6	84.2

经最小二乘法拟合得 $K = 2.85 \text{V/N}$, 拟合的线性相关系数 $r = 0.99996$ 。

(2) 水的表面张力系数的测量 (见表 2)。

金属环外径 $D_1 = 34.74 \text{mm}$, 内径 $D_2 = 32.94 \text{mm}$

水的温度: $T = 287.6 \text{K}$ 。

表 2

编号	U_1/mV	U_2/mV	$\Delta U/\text{mV}$	f/mN	α/mNm^{-1}
1	68.6	22.4	46.2	16.20	76.2
2	69.7	23.9	45.8	16.06	75.5
3	72.1	26.3	45.8	16.06	75.5
4	73.9	27.9	46.0	16.13	75.9

$\bar{\alpha} = 75.8 \text{mN/m}$

经查表, 在 $14.4 \text{ }^\circ\text{C}$ 时, 水的表面张力系数约为 73.6mN/m , 测量的相对误差小于 3%。测量其他液体, 如酒精、乙醚等的相对误差也均小于 5%。

(3) 不同浓度的白猫洗洁精溶液的表面张力系数的测量 (见表 3)

表 3

浓度/%	编号	$\Delta U/\text{mV}$	f/mN	α/mNm^{-1}	$\bar{\alpha}/\text{mNm}^{-1}$
0.0067	1	21.4	7.503	35.4	35.3
	2	21.5	7.538	35.5	
	3	21.2	7.433	35.0	
	4	21.3	7.468	35.1	
0.013	1	9.4	3.30	16	16
	2	9.6	3.37	16	
	3	9.4	3.30	16	
	4	9.2	3.23	15	
0.02	1	8.5	2.98	14	14
	2	8.7	3.05	14	
	3	8.2	2.87	13	
	4	8.5	2.98	14	
0.04	1	8.3	2.91	14	14
	2	8.2	2.87	13	
	3	8.5	2.98	14	
	4	8.2	2.87	13	

(下转第 53 页)

确与工程应用重要性之间的矛盾,每一个虚拟仪器从一开始就是为测试某一个对象而设计。特别是对于工科学生来说,学习虚拟仪器语言比学习VB、VC语言更容易、更实用。虚拟仪器将成为测控专业的一个新的生长点,使测控专业成为仪器仪表学科的前沿。

5 结束语

虚拟仪器实验室可用于开设《工程测试技术》《计算机控制技术》《虚拟仪器》等课程实验、本科生各类毕业设计、研究生和教师科研开发。虚拟仪器具有很多传统仪器所不能代替的显著优点,它可以应用于多种

测量、控制和仿真实验中。在实验室建设中,虚拟仪器技术对于建设新的、高水平的综合实验室和已有实验室的改进都具有重要作用。在实验室建设时,应用虚拟仪器技术是一个很好的发展方向。

参考文献

- [1] 刘君华. 虚拟仪器编程语言LabWindows/CVI教程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2001.
- [2] 刘君华. 面向21世纪“现代电气工程测试技术”课程教学内容和体系改革的思考[J]. 高等工程教学研究, 1999, (3): 46-48.

第一作者简介: 李旗(1969-), 女, 工程师, 工学学士。

(上接第23页)

表4 汽车应用技术专业首届与99届毕业生获取技能证书情况表

年级	毕业人数	英语证书						计算机证书				CAD结业证	汽车维修中级工		汽车驾驶证		天然气汽车改造证		人均取证书数	
		3级		4级		6级		1级		2级			人数	%	人数	%	人数	%		人数
97届	94	88	94	10	20		16	15	16	15	16	39	41	91	98	35	37	39	3	2
99届	81	52	64	6	7.4		76	94	15	14	65	80	74	91	15	59	73	4.5	4	6

我校深化实践教学改革的成效是明显的。实践教学改革使学生真正理解和掌握了书本上的理论知识,并学到了许多书本上没有的实践操作技能,培养了劳动观念,强化了实践应用能力,获取了多种职业技能培训证书,增强了学生的社会就业竞争适应能力。近几年来,我校毕业生一次性就业率一直保持90%以上,有些专业还供不应求。从用人单位反馈的信息来看,对我校毕业生的评价较高,认为他们理论基础扎实,实践动

手能力强,具有吃苦奉献精神和创新进取精神,将毕业生誉为“信得过”的产品。

参考文献

- [1] 宋乃庆. 教育改革理论与实践[M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 1999.
- [2] 肖华. 实验教学与创新[M]. 南京: 南京大学出版社, 2000.

作者简介: 杨华盛(1965-), 男, 讲师, 教务处综合管理科科长。

(上接第43页)

可以发现水的表面张力系数相对最大,随着洗洁精溶液浓度的增大,其表面张力系数在减小。当溶液浓度达到一定值后,表面张力系数则基本保持不变。

液体表面张力系数的大小取决于液体分子间作用力的大小。洗洁精是表面活性剂,它的分子间的作用力比较小,当它溶于水中之后,使得整个溶液的分子间的作用力减小,所以洗洁精溶液浓度为0.0067%时,表面张力系数 $\alpha=35.3\text{mN/m}$;而当浓度在0.013%~0.02%时,表面张力系数在(16~14)mN/m;当浓度增大到0.04%,甚至更大浓度时,其表面张力系数为14mN/m几乎不变。这是由于,当溶液浓度达到一定值后,溶液比较粘稠,把环状吊片从溶液中拉起时,在环和溶液间会形成一层薄膜,将环状吊片从液体表面拉脱就变成了把这层薄膜拉断。这层薄膜在溶液浓度增大时,其性质基本不变。因此从实验数据上看,就是

表面张力系数基本保持不变了。

5 结束语

将新发展的硅压阻式力敏传感器张力测定仪应用于普通物理实验中,使得传统的拉脱法测表面张力系数实验引进了新的传感器技术。通过本实验,不仅能了解新型的测力传感器的原理和使用方法,学习表面张力系数新的测量方法,由于实验的准确度高,因而可以对各类液体的表面张力系数的不同,以及表面张力系数随溶液浓度的变化而变化有深刻的理解。

参考文献

- [1] 贾玉润等. 大学物理实验[M]. 上海: 复旦大学出版社, 1987.
- [2] A. W. 亚当森. 表面的物理化学[M]. 北京: 科学出版社, 1984.

第一作者简介: 陈骏逸(1963-), 男, 理学士, 讲师。

(上接第50页)

能很好的利用将会创造巨大的财富。我们认为实验环节是这种能量转化的良好的催化剂。

参考文献

- [1] 王立权等. 可编程控制器原理与应用[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 2001.

- [2] 三浦洪文[日]. 机电一体化使用手册[M]. 科学出版社, 2001.

- [3] 王立权等. 机电控制与可编程序控制器[M]. 北京: 中央广播电视大学出版社, 2001.

第一作者简介: 王立权(1957-), 男, 研究员。