

液体表面张力系数与浓度的关系实验研究

成娟, 李玲, 刘科

(四川师范大学物理与电子工程学院, 四川 成都 610101)

摘要:为探究液体表面张力与液体浓度的关系,利用压阻式力敏传感器,采用拉脱法,测试室温下水及不同浓度的蔗糖水、盐水、酒精、肥皂水的表面张力系数。实验结果表明:蔗糖水和盐水的表面张力系数随浓度的增大而增加,而酒精、肥皂水的表面张力系数随浓度的增大而减小。

关键词:表面张力系数;液体;液体浓度;关系

中图分类号:O359⁺.1;O6.331;O472⁺.2;O485

文献标志码:A

文章编号:1674-5124(2014)03-0032-03

Study on the relationship between liquid surface tension and concentration

CHENG Juan, LI Ling, LIU Ke

(College of Physics and Electronic Engineering, Sichuan Normal University, Chengdu 610101, China)

Abstract: In order to explore the relationship between the surface tension of the liquid and the liquid concentration, surface tension coefficient in water at room temperature, different concentrations of sugar water, salt water, alcohol, as well as soap water were measured by using a piezoresistive force sensor and the pull-out method. By analyzing experimental data, coefficient of surface tension of aqueous sucrose and salt water increases with increasing concentration, while coefficient of surface tension of alcohol, soap water decreased when the concentration increased.

Key words: liquid surface tension coefficient; liquid; liquid concentration; relationship

0 引言

液体的表面张力是表征液体性质的一个重要参数,可用表面张力系数来描述。在工业技术上,如浮选技术和液体输送技术等都要对表面张力进行研究^[1]。有文献描述:液体所含杂质越多,则表面张力系数越小^[1-3]。本文用实验的方法来探究不同液体的表面张力系数与其浓度之间的关系。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^[2]。该方法采用称量仪器直接测量液体的表面张力,测量方法直观,概念清楚。方法对测量力的仪器要求较高,用拉脱法测量液体表面的张力约在 $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-2} \text{ N}$ 之间,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张力测定仪正好能满足测量液体表面张力的需要^[4],它比传统的焦利秤、扭秤等灵敏度高,稳定性好,且支持数字信号显示。

1 实验原理与方法

1.1 实验原理

实验装置如图 1 所示,硅压阻式力敏传感器张力测定仪测量液体与金属相接触的表面张力,采用薄金属环作接触体。在洁净的培养皿中注入适当的待测液体,然后把表面清洁的金属环浸入液体中,保持金属环水平,由升降台控制液面使其缓慢下降,这时,金属环和液面间形成环形液膜,金属环受力情况如图 2 所示。忽略液膜的质量,金属环的重力 mg 、拉力 F_1 与液体的表面张力有如下关系:

$$F_1 = mg + f \cos \phi \quad (1)$$

环形液膜破裂瞬间,湿润角 $\phi \approx 0$,即 $\cos \phi \approx 1$,液体表面张力 $f = \pi(D_{\text{内}} + D_{\text{外}})\alpha$,则拉力 F_1 可表示为

$$F_1 = mg + \pi(D_{\text{内}} + D_{\text{外}})\alpha \quad (2)$$

收稿日期:2013-07-15;收到修改稿日期:2013-08-21

基金项目:国家自然科学基金项目(10847006)

作者简介:成娟(1974-),女,四川彭州市人,讲师,硕士,主要从事物理学实验教学与研究。

当金属环拉脱水面后,此时拉力 F_2 可以表示成:

$$F_2 = mg \tag{3}$$

根据式(1)、式(2)和式(3)可以得到液体表面张力系数:

$$\alpha = \frac{F_1 - F_2}{\pi \cdot (D_{\text{内}} + D_{\text{外}})} \tag{4}$$

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 4 个硅扩散电阻集成非平衡电桥,当外界压力作用于金属梁时,电桥失去平衡,此时将有电压信号输出,此信号经过放大电路和信号处理系统后变化的输出电压恰好与变化的拉力成正比^[5-6],设传感器转换系数为 K (单位为 N/mV),液膜拉断前瞬间数字电压表读数为 V_1 ,液膜拉断后数字电压表读数为 V_2 ,有 $F_1 - F_2 = (V_1 - V_2) \cdot K$,则液体表面张力系数为

$$\alpha = \frac{(V_1 - V_2) \cdot K}{\pi \cdot (D_{\text{内}} + D_{\text{外}})}$$

1.2 实验方法

待测量有 $D_{\text{内}}$ 、 $D_{\text{外}}$ 、 K 、 V_1 和 V_2 。首先测量 $D_{\text{内}}$ 和 $D_{\text{外}}$,见表 1。本实验选用吊环的内、外径在 3~3.5 cm 之间,经实验证明直径为 3.3 cm 左右吊环较合适。这是因为圆环吊片的环直径过小时,接触角不为零;而直

径太大时吊环易晃动,会出现不平衡及局部先拉断情况^[7]。

需要先给力敏传感器定标,即测算出传感器转换系数 K ,从 0 mg 开始每加一个 500.00 mg 砝码,读取一个对应数据(mV),测量数据见表 2。

表 2 测转换系数 K 值数据记录

m/mg	0	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500
V/mV	87.4	107.6	128.8	148.5	169.2	187.7	208.6	229.6

根据以上数据,由等间距逐差法得 $\Delta V = 20.21 \text{ mV}$,传感器转换系数 $K = \frac{mg}{\Delta V}$,成都地区重力加速度 $g = 9.7843 \text{ N/kg}$,得到 $K = 2.4249 \times 10^{-4} \text{ N/mV}$ 。

2 液体表面张力系数与浓度的关系实验研究

在室温 25℃下,先测量纯净水的表面张力系数。再利用物理天平和量筒调配出浓度分别为 5%、10%、15%、20%、25%和 30%的蔗糖水,浓度分别为 5%、10%、12%、15%、18%和 20%的盐水,浓度分别为 10%、20%、30%、40%、50%和 60%的酒精,浓度分别为 0.1%、0.2%、0.3%、0.5%、0.8%和 1.0%的肥皂水,然后分别测量它们的表面张力系数。实验测量数据见表 3。

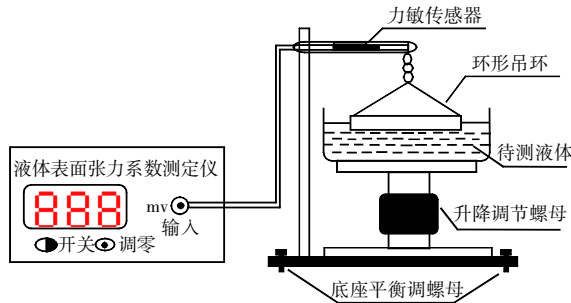


图 1 实验装置

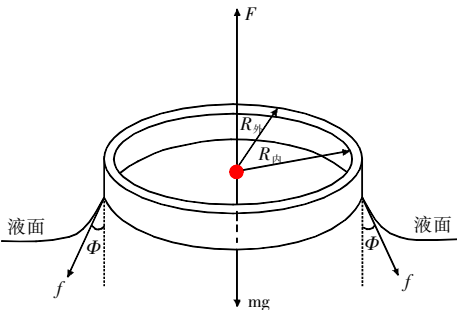


图 2 受力示意图

表 1 $D_{\text{内}}$ 、 $D_{\text{外}}$ 的值

次数	1	2	3	4	5	平均值
$D_{\text{内}}/\text{mm}$	33.08	33.12	33.12	33.08	33.10	33.10
$D_{\text{外}}/\text{mm}$	34.98	34.96	34.94	34.96	34.96	34.96

表 3 几种液体不同浓度的表面张力系数(室温 25℃)

液体种类	浓度/%	拉脱时最大读数/ mV	吊环读数/ mV	表面张力系数/ ($10^{-2} \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$)
纯净水	/	160.3	98.3	7.148
	5	162.7	98.2	7.318
	10	163.3	98.1	7.398
	15	163.7	98.0	7.455
	20	164.6	98.1	7.546
	25	165.5	98.3	7.625
蔗糖水	30	166.4	98.1	7.738
	5	164.4	98.3	7.500
	10	165.3	98.2	7.613
	12	166.6	98.2	7.761
	15	167.9	98.3	7.897
	18	169.1	98.2	8.045
盐水	20	170.0	98.1	8.158
	10	142.2	98.0	4.664
	20	133.6	98.1	4.028
	30	131.2	98.0	3.767
	40	128.3	98.0	3.415
	50	126.5	98.1	3.223
酒精	60	125.5	98.0	3.120
	0.1	127.6	98.0	3.359
	0.2	123.6	98.0	2.905
	0.3	120.7	98.1	2.564
	0.5	119.6	98.0	2.451
	0.8	119.1	98.0	2.394
肥皂水	1.0	118.5	98.1	2.315

2.1 纯净水的表面张力系数分析

在室温 25℃下,实验测得纯净水的表面张力系数为 $7.148 \times 10^{-2} \text{ N/m}$, 而纯净水在 25℃时的表面张力系数公认值为 $7.201 \times 10^{-2} \text{ N/m}$, 算出实验百分误差仅为 2.26%, 在误差允许范围内, 说明利用该设备测量表面张力系数, 数据可靠。

2.2 不同浓度的蔗糖水和不同浓度的盐水

对浓度分别为 5%、10%、15%、20%、25% 和 30% 的蔗糖水和浓度分别为 5%、10%、12%、15%、18% 的 20% 的盐水测得的表面张力系数值作图, 见图 3。

根据图 3 可以看出, 在同一温度下, 蔗糖水溶液和盐水溶液的表面张力系数均比纯净水的大; 蔗糖

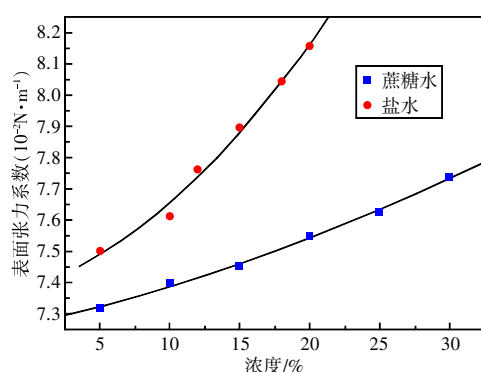


图3 蔗糖水和盐水溶液的表面张力系数与其浓度的关系

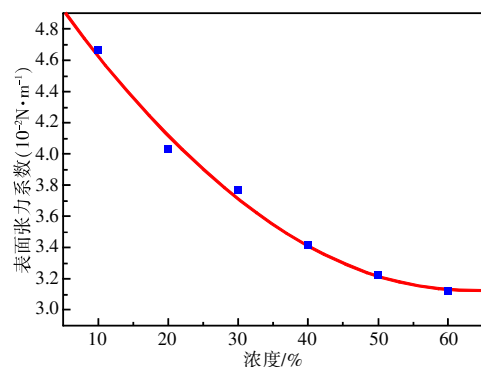


图4 乙醇溶液的表面张力系数与浓度的关系

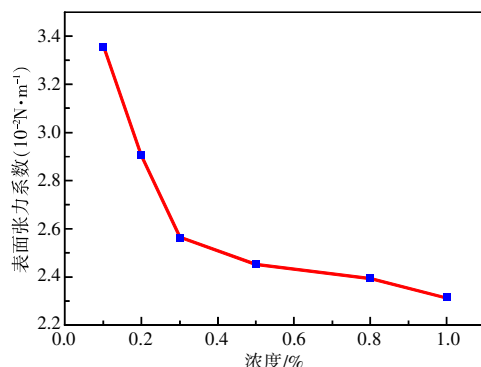


图5 肥皂水溶液的表面张力系数与浓度的关系

水溶液浓度越高, 其表面张力系数越大; 盐水溶液浓度越高, 其表面张力系数也越大; 相同浓度下, 盐水溶液的表面张力系数略高于蔗糖水。同时盐水和蔗糖水溶液的表面张力系数与其浓度都近似成线性关系。盐水溶液的测量结果与文献[8]的研究结果一致。

2.3 不同浓度的酒精

图 4 显示了浓度分别为 10%、20%、30%、40%、50% 和 60% 的酒精的表面张力系数。

根据图 4 可以看出, 在同一温度下, 乙醇溶液的表面张力系数明显低于纯净水的表面张力系数, 乙醇溶液浓度越高, 其表面张力系数越小。

2.4 不同浓度的肥皂水

图 5 显示的是浓度分别为 0.1%、0.2%、0.3%、0.5%、0.8% 和 1.0% 的肥皂水的表面张力系数。

根据图 5 可以看出, 在同一温度下, 肥皂水溶液的表面张力系数显著低于纯净水的表面张力系数, 肥皂水溶液浓度越高, 其表面张力系数越小。肥皂水溶液为稀溶液时, 表面张力系数随浓度的增大减小迅速, 其后则趋于平缓。

3 结束语

根据实验研究, 可以得出如下结论: 在液体中加入杂质时, 其表面张力系数会发生相应的变化, 并不都是所含杂质越多则表面张力系数越小。

(1) 当杂质为蔗糖或盐时, 当溶液的浓度增加时, 其表面张力系数随杂质浓度增大而增大。

(2) 杂质为肥皂水或乙醇时, 当溶液的浓度增加时, 其表面张力系数随杂质浓度增大而减小。特别的是当肥皂水溶液很稀, 其表面张力系数随浓度的增加而急剧下降, 随后缓慢。

参考文献

- [1] 潘学军. 大学物理实验[M]. 北京: 电子工业出版社, 2006: 88-89.
- [2] 岳小萍. 医学物理学实验[M]. 郑州: 郑州大学出版社, 2006: 44-45.
- [3] 齐晓华. 水中含有杂质对其表面张力系数的影响分析[J]. 渤海大学学报: 自然科学版, 2012, 33(1): 28-31.
- [4] 陈骏逸, 范伟民. 用硅压阻式力敏传感器测量液体的表面张力系数[J]. 实验室研究与探索, 2002, 21(6): 42-44.
- [5] 马国利, 冯伟伟. 液体表面张力系数测量装置的改进[J]. 物理实验, 2012, 32(3): 25-27.
- [6] 朱露. 乙醇水溶液表面张力系数的微观机理[J]. 实验室研究与探索, 2012, 31(11): 58-59.
- [7] 焦丽风, 陆申龙. 用力敏传感器测量液体表面张力系数[J]. 物理实验, 2002, 22(7): 40-42.
- [8] 张鹏. 海水表面张力的研究[J]. 山西师范大学学报: 自然科学版, 2011, 25(4): 44-45.