

# **DH4607 液体表面张力系数测定仪**

**(含实验讲义)**

## **使 用 说 明 书**

**杭州大华仪器制造有限公司**

## 一、概述

DH4607型液体表面张力系数测定仪是一种新型拉脱法液体表面张力系数测定仪。由杭州大华仪器制造有限公司研制，与原测量仪器相比，具有以下三个优点：

1、用硅压阻力敏传感器（又称半导体应变计）测量液体与金属相接触的表面张力，该传感器灵敏度高，线性和稳定性好，以数字式电压表输出显示。

2、用一定高度的薄金属环及金属片替代原细铂丝环或铂丝刀口，新的吊环不易变形，反复使用不易损坏或遗失。

3、吊环的外型尺寸经专门设计和实验试验，对直接测量结果一般不需要校正，可得到较准确可靠的结果。

本仪器测量液体的表面张力系数误差小，重复性好；有利于学生学习和掌握硅压阻力敏传感器的原理和方法。本仪器是各类高校、中等专科学校物理实验和物理化学实验的理想优质仪器。

## 二、用途

1、用砝码对硅压阻力敏传感器进行定标，计算该传感器的灵敏度，学习传感器的定标方法。

2、观察拉脱法测液体表面张力的物理过程和物理现象，并用物理学基本概念和定律进行分析和研究，加深对物理规律的认识。

3、测量纯水和其它液体的表面张力系数。

4、测量液体的浓度与表面张力系数的关系（如酒精不同浓度时的表面张力系数）

## 三、仪器组成及技术指标

### 1、硅压阻力敏传感器

（1）受力量程：0—0.098N

（2）灵敏度：约3.00V/N（用砝码质量作单位定标）

（3）非线性误差： $\leq 0.2\%$

（4）供电电压：直流3~6伏

### 2、显示部分

（1）读数显示：200 mV 三位半数显表

（2）调零：手动多圈电位器

（3）连接方式：5芯航空插头

### 3、力敏传感器固定支架、升降台、底板及水平调节装置

4、吊环：外径 $\Phi 3.5\text{cm}$ 、内径 $\Phi 3.3$ 、高0.8cm的铝合金吊环。

5、直径 $\Phi 12.00\text{cm}$ 或 $\Phi 13.00\text{cm}$ 玻璃器皿一只

6、砝码盘及0.5克砝码7只。

7、用本仪器测量水等液体的表面张力系数的误差 $\leq 5\%$

## 四、整机使用注意事项

- 1、吊环须严格处理干净。可用NaOH溶液洗净油污或杂质后，用清洁水冲洗干净，并用热吹风烘干。
- 2、吊环水平须调节好，注意偏差 $1^{\circ}$ ，测量结果引入误差为0.5%；偏差 $2^{\circ}$ ，则误差1.6%。
- 3、仪器开机需预热15分钟。
- 4、在旋转升降台时，尽量使液体的波动要小。
- 5、实验室内不可有风，以免吊环摆动致使零点波动，所测系数不正确。
- 6、若液体为纯净水。在使用过程中防止灰尘和油污及其它杂质污染  
特别注意手指不要接触被测液体。
- 7、力敏传感器使用时用力不宜大于0.098N。过大的拉力传感器容易损坏。
- 8、实验结束须将吊环用清洁纸擦干，用清洁纸包好，放入干燥缸内。

## 五、使用步骤

- 1、开机预热。
- 2、清洗玻璃器皿和吊环。
- 3、在玻璃器皿内放入被测液体并安放在升降台上。（玻璃盛器底部可用双面胶与升降台面贴紧固定）
- 4、将砝码盘挂在力敏传感器的钩上。
- 5、若整机已预热15分钟以上，可对力敏传感器定标，在加砝码前应首先对仪器调零，安放砝码时应尽量轻，并在它晃动停止之后，方可读数。
- 6、换吊环前应先测定吊环的内外直径，然后挂上吊环，在测定液体表面张力系数过程中，可观察到液体产生的浮力与张力的情况与现象，以顺时针转动升降台大螺帽时液体液面上升，当环下沿部分均浸入液体中时，改为逆时针转动该螺帽，这时液面往下降（或者说相对吊环往上提拉），观察环浸入液体中及从液体中拉起时的物理过程和现象。特别应注意吊环即将拉断液柱前一瞬间数字电压表读数值为 $U_1$ ，拉断时瞬间数字电压表读数为 $U_2$ 。记下这两个数值。

## 六、实验数据例

- 1、硅压阻力敏传感器定标

力敏传感器上分别加各种质量砝码，测出相应的电压输出值，实验结果见表1。

**表1 力敏传感器定标**

砝码质量m/g	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500
输出电压V/mV	15.0	29.8	44.9	59.9	74.9	87.4	103.0

用表1数据在坐标轴上做N-V直线， $N=m \times g$ ， $g=9.8\text{m/s}^2$ （重力加速度）用方程： $Y=kx+b$ 经最小二乘法拟合得仪器的灵敏度 $K=2.938 \times 10^3 \text{mV/N}$ ，拟合的线性相关系数 $r=0.9997$ 。杭州地区重力加速度 $g=9.794\text{m/s}^2$ 。

- 2、水和其它液体表面张力系数的测量

用游标卡尺测量金属圆环：外径 $D_1=34.96\text{mm}$ ，内径 $D_2=33.10\text{mm}$ ，调节上升架，记录环在即将拉断水柱时数字电压表读数 $U_1$ ，拉断时数字电压表的读数 $U_2$ ，结果见表2。

**表2 纯水的表面张力系数测量 (水的温度24.30℃)**

测量次数	$U_1/\text{mV}$	$U_2/\text{mV}$	$\Delta U/\text{mV}$	$f/\times 10^{-3}\text{ N}$	$\alpha \times 10^{-3}\text{ N/m}$
1	131.3	84.8	46.5	15.59	72.91
2	139.5	93.4	46.1	15.45	72.26
3	144.3	98.6	45.7	15.32	71.66
4	59.4	13.8	46.6	15.62	73.06
5	65.2	18.6	46.6	15.62	73.06
6	25.6	-20.5	46.1	15.45	72.26

在此温度下水的表面张力系数为 $72.54 \times 10^{-3}\text{ N/m}$ 。经查表，在 $T=24.30^\circ\text{C}$ 时水的表面张力系数为 $72.14 \times 10^{-3}\text{ N/m}$ ，百分误差为0.55%。

**表3 乙醇的表面张力系数测量(乙醇的温度 $T=25.20^\circ\text{C}$ )**

测量次数	$U_1/\text{mV}$	$U_2/\text{mV}$	$\Delta U/\text{mV}$	$f/\times 10^{-3}\text{ N}$	$\alpha \times 10^{-3}\text{ N/m}$
1	9.3	-4.6	13.9	4.66	21.80
2	9.4	-4.5	13.9	4.66	21.80
3	10.6	-3.4	14.0	4.69	21.94
4	13.8	-0.1	13.9	4.66	21.80
5	16.9	2.9	14.0	4.69	21.94
6	18.9	5.0	13.9	4.66	21.80

在此温度下乙醇表面张力系数为 $21.85 \times 10^{-3}\text{ N/m}$ 。经查表，在 $T=25.20^\circ\text{C}$ 时乙醇的表面张力系数为 $21.95 \times 10^{-3}\text{ N/m}$ ，百分误差为0.46%。

**表4 甘油(丙三醇)的表面张力系数测量(甘油的温度: $T=24.30^\circ\text{C}$ )**

测量次数	$U_1/\text{mV}$	$U_2/\text{mV}$	$\Delta U/\text{mV}$	$f/\times 10^{-3}\text{ N}$	$\alpha \times 10^{-3}\text{ N/m}$
1	19.0	-18.0	37.0	12.4	58.00
2	50.0	13.1	36.9	12.4	58.00
3	52.6	15.7	36.9	12.4	58.00
4	55.8	18.8	37.0	12.4	58.00
5	58.3	20.8	37.5	12.6	58.93
6	62.7	26.8	36.9	1.24	58.00

在此温度下甘油的表面张力系数为 $58.16 \times 10^{-3} \text{N/m}$ 。经查表，在 $T=24.30^\circ\text{C}$ 时，甘油的表面张力系数为 $59.40 \times 10^{-3} \text{N/m}$ ，百分误差为2.1%。

一个金属环固定在传感器上，将该环浸没于液体中，并渐渐拉起圆环，当它从液面拉脱瞬间传感器受到的拉力差值 $f$ 为

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

式中： $D_1$ 、 $D_2$ 分别为圆环外径和内径， $\alpha$ 为液体表面张力系数， $g$ 为重力加速度，所以液体表面张力系数为：

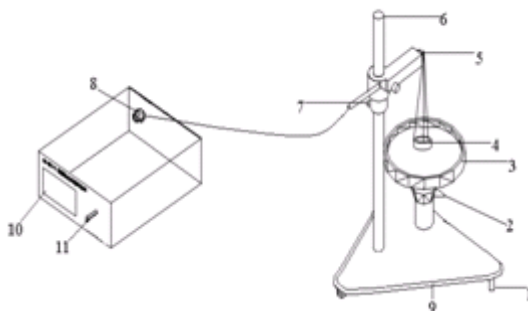
$$\alpha = f / [\pi (D_1 + D_2)] \quad (2)$$

由（1）式，得液体表面张力

$$f = (U_1 - U_2) / K \quad (3)$$

$K$ 为力敏传感器灵敏度，单位 $\text{V/N}$ 。

## 七、结构图



- 1、调节螺丝 2、升降螺丝 3、玻璃器皿 4、吊环 5、力敏传感器 6、支架 7、固定螺丝 8、航空插头 9、底座 10、数字电压表 11、调零

## 液体表面张力系数的测定

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  $1 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-2}$  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，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，为了能对各类液体的表面张力系数的不同有深刻的理解，在对水进行测量以后，再对不同浓度的酒精溶液进行测量，这样可以明显观察到表面张力系数随液体浓度的变化而变化的现象，从而对这个概念加深理解。

### 【实验目的】

1. 用拉脱法测量室温下液体的表面张力系数
2. 学习力敏传感器的定标方法

### 【实验原理】

测量一个已知周长的金属片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。若金属片为环状吊片时，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

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

式中， $F$ 为脱离力， $D_1$ 、 $D_2$ 分别为圆环的外径和内径， $\alpha$ 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

$$\Delta U = KF \quad (2)$$

式中， $F$ 为外力的大小， $K$ 为硅压阻式力敏传感器的灵敏度， $\Delta U$ 为传感器输出电压的大小。

### 【实验装置】

图1为实验装置图，其中，液体表面张力测定仪包括硅扩散电阻非平衡电桥的电源和测量电桥失去平衡时输出电压大小的数字电压表。其他装置包括铁架台，微调升降台，装有力敏传感器的固定杆，盛液体的玻璃皿和圆环形吊片，实验证明，当环的直径在3cm附近而液体和金属环接触的接触角近似为零时，运用公式(1)测量各种液体的表面张力系数的结果较为正确。

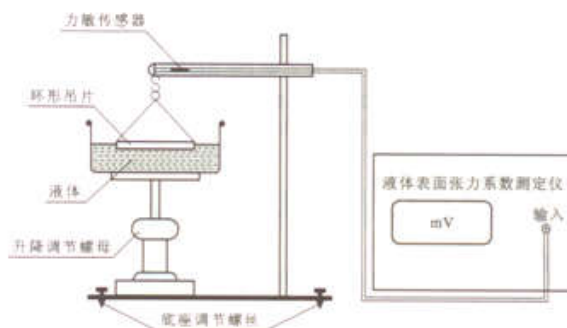


图1 液体表面张力测定装置

## [实验内容]

### 一、必做部分

#### 1、力敏传感器的定标

每个力敏传感器的灵敏度都有所不同，在实验前，应先将其定标，定标步骤如下：

- (1) 打开仪器的电源开关，将仪器预热。
- (2) 在传感器梁端头小钩中，挂上砝码盘，调节调零旋钮，使数字电压表显示为零。
- (3) 在砝码盘上分别如0.5g、1.0g、1.5g、2.0g、2.5g、3.0g等质量的砝码，记录相应这些砝码力F作用下，数字电压表的读数U。
- (4) 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：

- (1) 用游标卡尺测量金属圆环的外径 $D_1$ 和内径 $D_2$ 。
- (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20~30秒，然后用净水洗净。

#### 3、液体的表面张力系数

(1) 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，观察环状吊片下沿与待测液面是否平行，如果不平行，将金属环状片取下后，调节吊片上的细丝，使吊片与待测液面平行。

(2) 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，测出环形液膜即将拉断前一瞬间数字电压表读数 $U_1$ 和液膜拉断后一瞬间数字电压表读数 $U_2$ 。 $\Delta U = U_1 - U_2$

(3) 将实验数据代入公式(2)和(1)，求出液体的表面张力系数，并与标准值比较。

### 二、选做部分

测出其他待测液体，如酒精、乙醚、丙酮等在不同浓度下的表面张力系数

### 三、实验数据和记录

#### 1、传感器灵敏度的测量

砝码 / g	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500
电压 / mV							

经最小二乘法拟合得 $K = \underline{\hspace{2cm}}$  mV/N, 拟合的线性相关系数 $r = \underline{\hspace{2cm}}$

#### 2、水的表面张力系数的测量

金属环外径 $D_1 = \underline{\hspace{2cm}}$  mm, 内径 $D_2 = \underline{\hspace{2cm}}$  mm, 水的温度:  $t = \underline{\hspace{2cm}}$  °C.

编号	$U_1/\text{mV}$	$U_2/\text{mV}$	$\Delta U/\text{mV}$	$F/\text{N}$	$\alpha / \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$
1					
2					
3					
4					
5					

平均值:  $\bar{\alpha} = \underline{\hspace{2cm}}$  N/m

附: 水的表面张力系数的标准值:

水温 $t/^\circ\text{C}$	10	15	20	25	30
$\alpha / \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$	0.074 22	0.073 22	0.072 75	0.071 97	0.071 18