

传感器在物理实验中的应用与研究

梅景红 李云鹏 白瑞锋 冯爽

内蒙古民族大学物理与电子信息学院, 中国·内蒙古 通辽 028043

摘要: 传感器技术在物理实验范围呈现出巨大的应用潜力与价值, 本文就传感器技术在测量空气比热容比以及液体表面张力系数物理实验中的具体应用进行探讨, 采用典型实例, 显示出传感器怎样凭借高灵敏度、高精度和高稳定性的特质, 有效提升物理实验的准确性与效率。传感器技术的应用不仅实现了对实验条件的精密把握, 还进一步提高了实验的可信度水平, 本文对传感器种类、数据分析进行了讨论, 发现传感器在物理实验技术方面的作用突出, 具有可观的发展前景。

关键词: 传感器技术; 物理实验; 空气比热容比; 液体表面张力系数

The Application and Research of Sensors in Physical Experiments

Mei Jinghong, Li Yunpeng, Bai Ruifeng, Feng Shuang

College of Physics and Electronic Information, Inner Mongolia Minzu University, China Inner Mongolia Tongliao 028043

Abstract: Sensor technology demonstrates significant application potential and value in the field of physical experiments. This paper explores the specific applications of sensor technology in measuring the specific heat capacity ratio of air and the surface tension coefficient of liquids. Through typical examples, it illustrates how sensors, with their high sensitivity, precision, and stability, effectively enhance the accuracy and efficiency of physical experiments. The application of sensor technology not only enables precise control of experimental conditions but also further improves the reliability of experimental results. This paper discusses the types of sensors and data analysis methods, highlighting the prominent role of sensor technology in advancing physical experimental techniques and its promising development prospects.

Keywords: Sensor technology; Physical experiments; Specific heat ratio of air; Surface tension coefficient of liquid

0 引言

随着科技的进步, 传感器技术也在不断发展, 高精度、高灵敏度、高稳定性的传感器层出不穷, 为物理实验提供了更为强大的技术支持。相较于 19 世纪早期的传感装置, 当代传感器技术类型多元化、技术迭代快、功能集成度高以及性能参数优化等显著特征。在技术实现层面, 传统实验测量体系依赖的指针式仪表 (如电流表、电压表) 以及接触式测温工具 (如水银温度计), 已被基于半导体技术的电流检测模块、电压传感单元、微机电力敏元件及数字温度传感器等新型感知组件所取代。这种技术的推进不仅实现了物理量检测精度的数量级提升, 更通过模块化设计满足了现代测控系统对多参数融合的复杂需求^[1]。根据测得的实验数据, 运用计算机强大的信息处理功能探索物理规律, 从而实现科学能力和科技素质的培养^[2]。这些传感器不仅提高了实验的精度, 还拓展了物理实验的研究领域和深度。例如, 在力学实验中, 高精度的力敏传感器能够精确测量微小的力变化, 从而更深入地研究物体的受

力情况; 在热学实验中, 温度传感器可以实时监测温度的变化, 帮助研究者更好地理解热力学过程。

在其他行业也存在传感器技术的应用, 就汽车行业而言, 传感器不仅能对汽车行驶速度、里程数、发动机转速、发动机负荷、汽车工作环境温度、机油压力、转速扭矩及进气温度等参数实施实时监测, 还对新型汽车安全气囊系统、防盗系统、防碰撞系统、防滑系统以及电子燃料喷射系统有着极其重要的成效意义; 在聚焦家电制造的行业里, 就如空调、冰箱、洗衣机、电热水器、厨房小家电等皆离不开传感器技术, 其应用拥有更为广泛的范围: 在医疗器械领域, 医疗器械和仪器是通过传感器来对人体温度、血压、心电图、脑电波及肿瘤等进行正确地测量与判断, 以便观察治疗和康复的成效^[3]。

传感器技术在当代科技领域具有重要意义, 特别是在物理实验的各个阶段^[4,6], 其应用在实现实验的准确性与效率提升方面有关键意义, 本文着重剖析传感器技术在物理实验里的实际应用情形, 通过传感器在空气比热容比实验

及液体表面张力系数测量实验中的具体应用，从实验结果和操作过程可以看出，传感器技术可以提高物理实验精确性和操作效率。

1 传感器技术在物理实验中的应用

传感器技术在物理实验当中的应用及其广泛，在力学、热学、电磁学、光学等实验领域中都有着重要的作用，本文分别介绍了温度传感器、压强传感器在空气比热容比实验中的应用及利用硅压阻力传感器测量液体的表面张力系数。

1.1 空气比热容比测定实验原理

通过进气口向储气瓶注入一定量的空气，瓶内气体逐渐受到压缩，导致瓶内的压强增加，温度上升，实验装置如图 1。当瓶内气体的温度与周围环境温度达到平衡时，此时气体处于图 2 中状态 I；接着是绝热膨胀过程：系统达到稳定后，打开出气口，让气体快速释放，当瓶内气体压强降至 P_0 时立刻关闭出气口，此时气体处于图 2 中状态 II，其中， V_2 为储气瓶体积， V_1 表示瓶中余下气体在状态 I 时的体积；最后是等容吸热过程：气体快速膨胀后，瓶内气体温度由室温 T_0 下降到 T_1 ，通过吸热过程，气体温度升高到 T_0 ，并且压强随着温度的升高达到 P_2 ，最终稳定在状态 III。

从状态 I 到状态 II，发生绝热膨胀过程，则：

$$P_1V_1^\gamma = P_0V_2^\gamma \tag{1}$$

从状态 II 到状态 III 为等容吸热过程。状态 I 和状态 III 所处的温度一致为，可表示为：

$$P_1V_1 = P_2V_2 \tag{2}$$

将两式整理，得到值只与气体前后变化压强值有关：

$$\gamma = \frac{\ln\left(\frac{P_1}{P_0}\right)}{\ln\left(\frac{P_1}{P_2}\right)} \tag{3}$$



图1 空气比热容比实验的实验装置



图2 实验过程状态变化

1.2 实验数据

在空气比热容比测定实验中，传感器主要是对气体压强和温度的变化做测量，传感器实时采集储气瓶内气体的压强和温度，尤其是在充气、绝热膨胀还有等容吸热的阶段，为此本次实验引入了温度传感器，凭借温度传感器、压强传感器采集的数据，实验者有能力精准算出空气的比热容比，以下为实验数据（见表 1）：

其中， P_0 为大气压强， P_1' 和 T_1' 为空气进入容器内压强均匀稳定时的压强和电压示数， P_2' 和 T_2' 为容器内空气上升至室温时容器内的压强和电压示数， P_1 和 P_2 分别为由 P_1' 和 P_2' 转换后的压强值，经过计算，空气比热容比为 $\gamma=1.3534$ ，理论值 $\gamma=1.402$ ，百分差为 3.47%。

1.3 液体表面张力系数的测定实验

1.3.1 实验原理简述

由于液体表面层分子力的作用，当液体在外力作用下形成液膜时，液膜的拉伸的长度与施加的 f 力成正比，即 $f=\alpha \times l$ 。若测量用的吊环内外径分别为 D_1 和 D_2 ，则 $f=\alpha \pi D_1+D_2$ ；硅压阻力敏传感器的输出电压的大小在一定范围内与所加外力 F 成正比，即 $U=k \times F$ ，式中 K 为该传感器的灵敏度，可以通过已知质量砝码的定标来确定。

实验前，先清洁吊环并调平，然后用手缓慢充气，待吊环下沿浸入待测液体中时停止充气，等待液面逐渐下降，这时吊环和液面之间会形成一环形液膜^[8-10]。

表1 空气比热容比实验数据

$P_0(10^5Pa)$	$P_1'(mV)$	$P_1(10^5Pa)$	$P_2'(mV)$	$P_2(10^5Pa)$	$T_1'(mV)$	$T_2'(mV)$	γ
1.013	107.3	1.06665	27.0	1.02650	1473.4	1473.4	1.345
	107.6	1.06680	27.9	1.02695	1474.7	1474.4	1.359
	108.1	1.06705	27.7	1.02685	1476.2	1476.0	1.353
	108.2	1.06710	27.7	1.02685	1476.8	1476.7	1.353
	108.8	1.06740	28.1	1.02705	1475.2	1475.0	1.357

表2 力敏传感器定标

物体质量m/g	0.500	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	3.500
输出电压V/mV	12.7	25.1	37.7	50.3	64.3	77.1	89.2

表3 纯水的表面张力系数(水的温度为25℃)

测量次数	U ₁ /mV	U ₂ /mV	ΔU/mV	f/10 ⁻³ N	α [*] 10 ⁻³ N/m
1	39.4	0.2	39.2	14.92	69.5
2	38.7	0.3	38.4	14.61	68.1
3	39.7	0.6	39.1	14.88	69.3
4	39.0	0.5	38.5	14.65	68.3
5	38.7	0.8	37.9	14.42	67.2
6	39.3	0.6	38.7	14.73	68.6

液膜被拉断前的受力平衡方程为：

$$F_1 = mg + f\cos\theta = \frac{U_1}{k}$$

(4)

式中 U₁ 为数字电压表的示数，随着液膜的拉伸而发生改变。

当液膜被拉断后，数字电压表示数变为 U₂，液体的表面张力消失，这时有：

$$F_2 = mg = \frac{U_2}{k}$$

(5)

可知：

$$F_1 - F_2 = f\cos\theta = \frac{U_1 - U_2}{k}$$

(6)

当 θ=0° 时，cos θ=1， $f = \frac{U_1 - U_2}{k}$ ，实验时只要测量出数字电压表示数、，即可算出液体表面张力系数 α

$$\alpha = \frac{U_1 - U_2}{k\pi(D_1 + D_2)}$$

(7)



图3 液体表面张力系数测定实验的实验装置

1.3.2 实验数据

液体表面张力系数测定实验装置见图 3，利用硅压阻力敏传感器测量液膜断裂时的微小力变化，给出相对应的电压信号，在实验过程总，传感器实时记录了液膜断裂前后的电压波动，凭借砝码为实验定标，保证了测量结果的可靠性，以下为本次实验数据（见表 2、表 3）：

经过计算，仪器的灵敏度 B=2627mV/N。（内蒙古通辽地区的重力加速度为 g=9.7986m/s²））

实验中，吊环外径 D₁=3.500cm，内径 D₂=3.334cm，

ΔU=U₁-U₂，经过计算，在 25℃条件下，纯水的液体表面张力系数为 α=68.5*10⁻³N/m。

2 传感器在以上实验中的应用分析

传感器技术在物理实验当中，大幅提升了实验的精准度和可实施性能，借助空气比热容比测定实验以及液体表面张力系数测定实验，可以直观地了解传感器在实验中的重要意义。

2.1 提高实验的精确性

传感器借助其高精度、高灵敏度的特性，实时记录实验里的细微改变，在进行空气比热容比测定实验的阶段，传感器能精准的测出气体压强以及温度的变动，很好地降低了传统实验中人工读数引起的误差，在开展液体表面张力系数测定实验当中，硅压阻力敏传感器可精准测量液膜断裂时微小力的变动，增进了实验数据的精确水平。

2.2 简化实验步骤

因使用传感器，实验步骤得以精简，当处于液体表面张力系数测定实验阶段时，以往的实验模式要手动调控液面高度以便查看液膜断开瞬间，操作复杂且易犯差错，然而凭借力敏传感器的引入，实验者仅需读取传感器信号展现的实际数据，这让实验操作简便优势明显，且让实验结果变得更可靠^[1]。

2.3 提高实验的可重复性

传感器展现出的高度稳定性及一致性，保证实验结果的可靠与可重复得以稳固，在实施空气比热容比测定实验的操作阶段，凭借传感器进行多次实验，实验数据的稳定性变高，缩减了实验操作进行期间随机误差出现的概率水平，该特性为科研工作者铺就了更可靠的实验数据道路，以利于后续进行理论层面的分析探究。

参考文献：

[1] 顾廷炜，汤明宏，孙晓冬. 智能传感器技术应用现状与发展趋势综述[J]. 物联网技术，2025,15(01):59-63.

- [2] 汤跃明, 谢紫娟, 张文杰. 传感器技术在中学物理实验教学中的应用[J]. 中国电化教育, 2006,(11):53-55.
- [3] 谢俊. 传感器技术应用于中学物理实验的案例研究[D]. 杭州师范大学, 2016.
- [4] 王孟禄, 张大蔚. 传感器技术在创新实验教学中的应用[J]. 科技创新导报, 2014,11(35):170-171.
- [5] 刘晓风, 边凯瑞, 祁蕾. 霍尔传感器在电气仪表中的应用研究[J]. 电子元器件与信息技术, 2024,8(11):267-269.
- [6] 王俊杰. 硅压阻式压力传感器的封装研究[D]. 杭州电子科技大学, 2015.
- [7] 战倍倍, 罗剑, 祁小四. 两种测量空气比热容比方法的综合探讨[J]. 科技创新与应用, 2020,(26):118-120.
- [8] 胡亚范, 姚爱巧. 用力敏传感器测量液体表面张力系数[J]. 物理与工程, 2005,(06):38-40.
- [9] 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(03):25-28.
- [10] 代伟. 对 FD-NST-I 型液体表面张力系数测量仪的改进[J]. 物理实验, 2011,31(10):29-32.
- [11] 冷雪松, 王画华, 王开明. 基于力敏传感器测量的液体表面张力系数[J]. 辽宁科技大学学报, 2008,(05):466-469.
- 基金项目: 内蒙古自治区教育科学研究“十四五”规划课题项目(NGJGH2024214); 内蒙古民族大学实验教学和教学实验室建设研究项目(2025SYJX001); 内蒙古自治区教育科学研究“十四五”规划课题项目(NGJGH2025027)。