**用传感器测空气相对压力系数**

**吴天颖 2008010862**

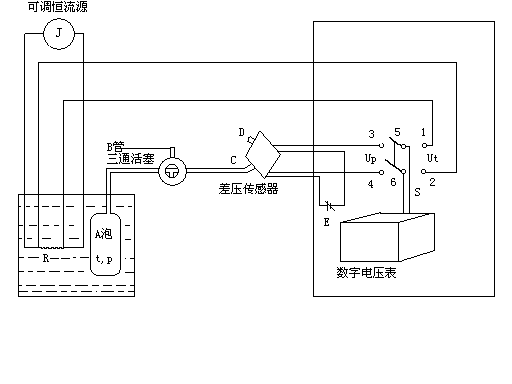
**工业工程系81班**

## 实验目的

1. 加深对理想气体状态方程和查理定律的理解；
2. 初步了解电阻温度传感器和硅压阻式差压传感器的工作原理并掌握其使用方法；
3. 学习用作图法和计算机作直线拟合法处理实验数据。

## 实验装置

（下图为实验装置示意图）



## 实验原理

1. 理想气体的查理定律

理想气体状态方程在定容条件下简化为查理定律：



其中，t为摄氏温度，，分别是气体温度为和时的气压。为相对压力系数，对于理想气体，。

室温附近的实际气体可以近似看作理想气体。

1. 铜电阻温度传感器

电阻温度计：利用金属或半导体材料的电阻随温度按一定规律变化的特性，而制成的温度计。

在范围内，铜丝的电阻值R与温度t有良好的线性关系：



其中，为时的电阻值，为电阻温度系数。本实验中使用的铜丝电阻的。

因此，在通有恒定电流的条件下，利用：



其中，为0℃时的电压。

若测出了在纯水沸点时铜丝电阻上的电压并查出沸点温度，则可求得t为 ：



1. 扩散硅压阻式差压传感器

半导体材料（如单晶硅）因受力而产生应变时，由于载流子的浓度和迁移率的变化而导致电阻率发生变化的现象称为压阻效应。本实验中的压阻式差压传感器就是利用压阻效应制成的。

传感器两端输出电压与压差成线性关系：



其中，为压差为零式的输出电压，系数一般情况下为一常数。

本实验中，当传感器的接口D（参考压力腔）通大气、接口C（正压力腔）通被测介质时，有：



式中，为大气压强，实验中使用的压差传感器的测量范围为0Pa—105Pa；综合精度为0.3%。

## 实验步骤

1. 差压传感器的定标

分别测出=和0时，差压传感器输出电压与，则：

1. 测量若干组（ ，）值

调节恒流源J，使电流稳定在4mA左右。从室温开始测量，记下若干组，大约铜丝压降每增加约0.5mV记一次，最后记下水沸腾时的各电压值。

1. 测量大气压以及室温值

注意实验前后需要分别测量一次大气压，同时记下室温值。

## 注意事项

1. 为了减少引线电阻对测量的影响，铜丝电阻宜采用四段接线法；
2. 半数字电压表的所测电压的单位为mv；
3. 在实验中，恒流电源调节完毕之后，则不可再调；
4. 加热时要将磁力加热搅拌器的电源开关及加热开关同时接通，并调节控温旋钮至所需温度；
5. 搅拌器的旋转速度要适当，不可过快；
6. 实验时如需换水，要先将加热器的电源断开，再用虹吸的方法将被内的水吸出；
7. 差压传感器和玻璃制品易损坏，操作时要小心；
8. 转动三通活塞时一定要缓慢，另一只手一定要扶住活塞外壳；
9. 停泵后应立即将塑料管拔下，让机械泵抽气口通大气，否则，机械泵油会流出泵体进入真空系统，造成污损；
10. 实验完毕，将加热器的调速旋钮和温控旋钮旋至最小位置，并将电源及加热开关断开。

## 数据处理

大气压记录表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | H（kPa） | t（℃） | δH=-(18.2-1.9)\*10-5Ht（kPa） | pc=H+δH（kPa） |
| 实验前 | 102．98 | 20.4 | -0.3424 | 102.64 |
| 实验后 | 102．99 | 21.7 | -0.3643 | 102.63 |

大气压强平均值：

Pc=102.64 kPa

利用修正后的“实验后”大气压强数据，查表得到沸点温度：

tb =100.37

定标记录表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Um（mV） | U0（mV） | kp=（Um-U0）/pc |
| 41.40 | -0.01 | 4.034\*10-4mv/Pa |

的测量

利用公式：

，

可以求出t,p

附加计算：

由于本实验要求，在室温至80度之间读7—9组数据，而且在恒温状态下，需要保持0.05度以内的温度变化，因此需要估算温度与温差传感器输出电压之间的关系。

然而，对温度传感器定标，需要水沸腾时的输出电压与沸点温度，在实验前都不可能得到，因此，我以室温和室温时的输出电压分别代替，就可以大致地给温度传感器定标。

经过计算得出，温度传感器输出电压每升高0.4228mv，水温就升高1度。因此，我需要每升高3.6mv取一个点，但是考虑到精确起见，我大致每升高3mv测量一次实验数据。在维持温度恒定时，只需保持一分钟内输出电压变化在0.02mv以内即可。

另外，经过此估算方法计算，可得出水沸腾时输出电压升高值为：33.6549mv；在实际实验中，此数值为34.39mv，与估算值较为接近，因此估算较为准确。

（Ut，Up）数据记录表

tb=100.37 ℃ 仪器常数v/V=0.02

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ut（mV） | t=Ut(1/αR+tb)/Utb -1/αR（℃） | Up/mV | p=pc+(Up-U0)/kp（0.1MPa） |
| 107.26 | 19.01 | -0.70 | 1.009 |
| 110.52 | 26.72 | 0.32 | 1.035 |
| 113.39 | 33.51 | 1.25 | 1.058 |
| 116.43 | 40.70 | 2.21 | 1.081 |
| 119.53 | 48.04 | 3.19 | 1.106 |
| 122.46 | 54.97 | 4.11 | 1.129 |
| 125.44 | 62.02 | 5.06 | 1.152 |
| 128.49 | 69.24 | 6.01 | 1.176 |
| 131.56 | 76.50 | 6.96 | 1.199 |
| 134.46 | 83.36 | 7.89 | 1.222 |
| 138.44 | 92.78 | 9.11 | 1.252 |
| 141.65 | 100.37 | 10.10 | 1.277 |

线性回归结果

|  |  |
| --- | --- |
| 回归统计 | |
| a | 0.9464256 |
| b | 0.003308 |
| r | 0.99999 |

p=a+b\*t α=b/a=3.495\*10**-3**

由于实验有系统误差。对α进行修正：

**K-1**

αp=3.613×10-3K-1

与理论值3.66×10-3 K-1相比，相对误差为：1.28%；由此观之，实验精度较高。

在坐标纸上描点作图，在图上任取两点（非实验点），分别为：（65.0,1.160）、（25.0，1.030）

计算可得斜率为：

b=3.25×10-3；

由图上查得截距为：

a=0.945；

所以可得：

α=b/a=3.43×10-3 K-1；

经过公式修正可得：

αp=3.56×10-3K-1；

作图值与实验值相比，相对误差为：1.55%，作图结果较为精确。

(相关图像手绘置于实验报告最后)

## 实验收获与结论

###### 关于附加实验的设计

**方法一**：

在玻璃泡中灌水，并测量水体积，应该是非常简单且精度较高（相较于方法二）的一种方法。但是，其也有一定的不利方面，即，在玻璃泡中灌水后，由于玻璃泡的颈非常细长，要干燥玻璃泡将变得极为困难；因此，若无相关干燥器材，不建议使用此种方法。

**方法二**：

在本实验中，考虑到A泡相连的气体的体积温度不均匀，并近似仅玻璃泡中温度为温度均匀部分。

取修正值仪器常数v/V= 0.02，这里设计一种测仪器常数v/V的方法如下：

（1） 转动三通活塞，将三通管的A管（与玻璃泡相连的管）和C管（与传感器相连的管）导通，并记下压力传感器的读数U1。

（2） 转动三通活塞，将B管（与空气相连的管）和C管导通，并使用机械泵从B管抽空气，直至接近真空（由于真空表不准，只需看到差压传感器输出的电压恒定即可）。

（3） 再次转动三通活塞，将A管和C管导通，并记下压力传感器的读数U2。

则由气体等温方程有：



式中，P1、P2可通过公式：

P=Pc+(Up-U0)/kp

算出。

又，近似将三通活塞看作处于部分气体的中间，则可近似获得关系：



从中可求出v/V。

由于本方法为实验结束之后想出，因此未获得相关实验数据。

###### 2.关于温度传感器放入相同温度水中会有读数变化的理解

我仅在此做如下猜想：

铜电阻温度传感器的输出电压与其在零度时的电阻阻值R0有密切关系，且，为了能够灵敏地测量温度，铜电阻是直接暴露在外，以减少温度传递的时间。因此，在浸入水中时，由于并联了一个电阻（虽然介质是纯净水，但仍有少量正负离子，可以少量导电，因此，我将其看作一个较大的电阻）的影响，导致R0会有相应的变化，因此，示数同样会有相应变化。

但是，考虑到αR对于同一类温度传感器来说都是常量，因此，在测量读数变化时，此点对实验准确性并无影响。

###### 3.关于实验操作的一点经验与心得

（1）恒流源输出的电流与UR0有关，进而与温度传感器的输出数据密切相关，因此，应在实验开始便调整好（2mA以下），且在实验过程中要小心不可再调整，否则会导致实验失败。

（2）恒压源输出的电压与U0密切相关，进而与kp密切相关，因此，与恒流源相似，在实验开始时便应调整好（10V左右），在实验过程中不可再变动。

（3）在实验开始前与结束后，会各测量一次温度与大气压，因此，会获得3组数据：开始前的数据、结束后的数据及两次数据的平均值；

在实验中，这三组数据各有其不同的用途：

在给差压传感器定标时，由于本操作在实验开始阶段，因此需要使用“开始前的数据”；

在计算P时，由于此操作遍及实验始终，因此需要使用“两次数据的平均值”；

在查沸点温度tb时，由于Ub是在实验的最后测得的数据，因此需要使用“结束后的数据”。

（4）在实验中，需要较多次地维持恒温状态，由于水的温度在不断地升高，由牛顿冷却定律可以近似知道，温度的损失会不断加大，因此，维持恒温的电压也要相应地不断提高；我在开始时以为电压都相同即可，因此每次都使用相同电压维持恒温，后来发现恒温状况越来越差，才想到此点，并随之提高了恒温状况。

（5）气体温度计是定义温度的最原始的温度计，它有着工作温度范围非常广的优点，但也有着过于复杂这个缺点；因此，其使用范围却非常狭窄，仅仅在处于绝对零度附近时才会使用气体温度计（也不得不使用）。

（6）在实验中，三通活塞由于被厚玻璃包围，很难看清是否处于对准状态，但是，由于其设计的优越性，也不用做到完全对准，便可以保证不漏气。

（7）在实验中，由于水接近沸腾之时，会有气泡产生于水中，并附着在玻璃泡上，进而影响实验精度；因此，若需要在此实验的基础上提高实验精度，可以在每次测量之后，将玻璃泡取出，并除去其表面的气泡；这可以在不做较大改动实验步骤的情况下，少量提高实验精度。

（8）在实验数据处理中，应严格按照有效位数的取法进行处理，并不是位数越多越精确越好。

（9）在本次实验中，我还犯了一个不应该犯的错误：我在实验完成之后，忘记了整理仪器，就直接离开了，直到晚上回来后才想起来；在这里对实验老师表示歉意，给您添麻烦了。

## 数据记录

大气压记录表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
|  | H（mmHg） | t（℃） | δH=-(18.2-1.9)\*10-5Ht（mmHg） | pc=H+δH（mmHg） |
| 实验前 |  |  |  |  |
| 实验后 |  |  |  |  |

定标记录表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Um（V） | U0（V） | kp=（Um-U0）/pc |
|  |  |  |

（Ut，Up）数据记录表

tb= ℃ 仪器常数v/V=

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Ut（mV） | t=Ut(1/αR+tb)/Utb -1/αR（℃） | Up/mV | p=pc+(Up-U0)/kp（Pa） |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |