

热敏电阻温度特性测量实验设计与实现

罗志高

广州中山大学公共实验教学中心 510006

摘要：采用传统读数据方法和现代数据采集器传感器结合计算机分别对铜电阻、正温度系数热敏电阻和负温度系数热敏电阻进行数据测量，并且作曲线图。让学生掌握传统和现代测量方法、不同类型仪器使用方法、不同种类热敏电阻随温度变化的规律、非平衡电桥原理以及误差分析。

关键词：热敏电阻；温度特性；数据采集器；现代测量方法

Design and Realization of Thermistor Temperature Characteristic Measurement Experiment

LuoZhigao

(Public Experimental Teaching Center of Sun Yat-sen University, Guangzhou 10006, China)

ABSTRACT: In this paper, traditional data reading method and modern data collector sensor combined with computer are used to measure the data of copper resistance, positive temperature coefficient thermistor and negative temperature coefficient thermistor, and compose the diagram. Let the students master the traditional and modern measuring methods, the use of different types of instruments, the rule of different kinds of thermistors changing with temperature, the principle of non-equilibrium bridge and the error analysis.

Key words: thermistor; temperature characteristic; data collector; modern measurement method

一、热敏电阻原理简述

1. 半导体热敏电阻原理

半导体热敏电阻在温度升高到某特定范围时，电阻率会急剧上升，称为正温度系数热敏电阻（简称“PTC”元件）。其电阻率的温度特性为： $\rho_T = A'e^{B_\rho/T}$ ， A' 、 B_ρ 为常数。热敏电阻随温度升高电阻率下降，称为负温度系数热敏电阻（简称“NTC”元件），其电阻率 ρ_T 与温度 T 的关系为： $\rho_T = A_0 e^{B/T}$ ， A_0 与 B 为常数。NTC 阻值 R_T 表示为： $R_T = \rho_T \frac{l}{S} = A_0 \frac{l}{S} e^{B/T}$ ，式中 l 为热敏电阻两极间的距离， S 为热敏电阻横截面积。令 $A = A_0 \frac{l}{S}$ ，则有： $R_T = Ae^{B/T}$ ，两边取对数得： $\ln R_T = B \frac{1}{T} + \ln A$ ， $\ln R_T$ 与 $\frac{1}{T}$ 成线性关系，从实验中测得若干个 R_T 和对应的 T 值，通过作图法可求出 A 和 B 。

2. 金属热敏电阻原理

金属导体的电阻随温度的升高而增加，电阻值 R_t 与温度 t 间的关系常用以下经验公式表示： $R_t = R_0(1 + \alpha t + bt^2 + ct^3 + \dots)$ ， R_t 是温度为 t 时的电阻， R_0 为 $t = 0^\circ\text{C}$ 时的电阻， a, b, c 为常数。通常取前 3 项，又常数 b 比 a 小很多，在不太大的温度范围内， b 可以略去，于是上式可近似写成： $R_t = R_0(1 + \alpha t)$ ，式中 α 称为该金属电阻的温度系数。严格地说 α 与温度有关，但在 $0^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ 范围内， α 的变化很小，可看作不变。通过实验测得金属的 $R_t \sim t$ 关系曲线近似为一条直线，斜率为 $R_0\alpha$ ，截距为 R_0 。根据金属导体的 $R \sim t$ 曲线，可求得该导体的电阻温度系数。

二、传统方法测热敏电阻

选用 FB203 型恒流智能控温实验仪用三种不同仪器：QJ23 直接单臂电桥、L C R 数字电桥和 5 位半数字万用表分别对智能控温实验仪的铜电阻、负温度系数和正温度系数热敏电阻进行测量，温度从 25 开始升到 100，然后从 100 降到 25，电阻值取升温 and 降温的平均值，

用 Matlab 作温度与电阻值曲线如下： X 轴为温度，单位为 $^\circ\text{C}$ ， Y 轴为正温度热敏电阻值，单位为 Ω ）

为此我们可以同时用 QJ23 直流单臂电桥、LRC 数字电桥和

5 位半数字万用表分别对铜电阻、正温度系数热敏电阻和负温度系数热敏电阻进行测量。避免了只用电桥要多次测量。通过该实验学生就可以掌握非平衡电桥的工作原理，了解金属导体的电阻随温度变化的规律和了解热敏电阻的电阻值与温度的关系，以及同时使用多种不同仪器。

三、用数据采集器和微型计算机等测热敏电阻

将多个电压传感器和电流传感器接入 PASCO 850 数据采集器，另外一端分别接负温度热敏电阻、正温度热敏电阻和铜电阻，3 个热敏电阻接入恒流源，由于恒流源电流较小约为几个毫安，不对热敏电阻加热产生影响如图 5 所示，数据采集器接微型计算机，微机安装 Pasco Capstone 软件，打开 Capstone 软件，分别设置铜电阻阻值与温度曲线、NTC 热敏电阻阻值与温度曲线、PTC 热敏电阻阻值与温度曲线、恒流源电流与时间曲线。由于铜电阻阻值与温度曲线在室温到 100 是直线如图 4，可以直接用来换算为温度的值用作 NTC 和 PTC 阻值温度曲线中，加热电流可以直接设为 1A ~ 1.1A，不用担心手动测量时温度升的太快冲过测量点。根据厂家提供的 Cu50 温度与阻值对应表也得出铜电阻的阻值 R_{cu} 与温度 T_{cu} 是线性关系如图 4 所示，铜电阻 R_{cu} 与温度 T_{cu} 的关系式为： $T_{cu} = 4.67R_{cu} - 234$ ，铜电阻的温度也是正温度系数电阻和负温度系数电阻的温度值。

可以看出铜电阻、负温度系数电阻、正温度系数电阻与温度曲线是和手动测量数据处理的图 1 图 2、图 3 效果一致，实验结果向学生展示了实验可以多种方法完成，启发学生去思考，拓展了学生的思路，培养了学生多种处理问题的能力。

四、误差分析：

实验中控温仪显示的温度与计算机屏幕上电阻与温度曲线的温度相差 3 左右，常温时不同控温仪温度也有偏差，在精度为 5% - 10% 的情况下是可以接受的。但是误差还是存在，可以考虑在控温仪放铜电阻、铂电阻、负温度和正温度热敏电阻的罐子中加一个高精度温度传感器保障温度相对正确。这促使学生去分析思考问题，加深学生对误差的认识理解。

参考文献：

[1]沈韩 物理学实验教程【M】广州 中山大学出版社 2006 年 6 月

[2]张强精通 matlab 图像处理【M】北京电子工业出版社 2012 年

[3]罗志高 大学物理实验【J】半导体热敏电阻和铜电阻的温度特性研究，2013（5）