

东南大学自动化学院

实 验 报 告

课程名称： 现代检测技术实验课程

第 3 次实验

院（系）： 自动化学院 专业： 自动化

姓名： 邱洪彬 学号： 08018126

实验室： 常州科技楼 517 实验组别： 无

同组人员： 刘克淳 张耀辉 实验时间： 2020 年 12 月 29 日

评定成绩： 审阅教师：

实验二十 Pt100 铂电阻测温特性实验

一、 实验目的

了解铂热阻的特性与应用。

二、 基本原理

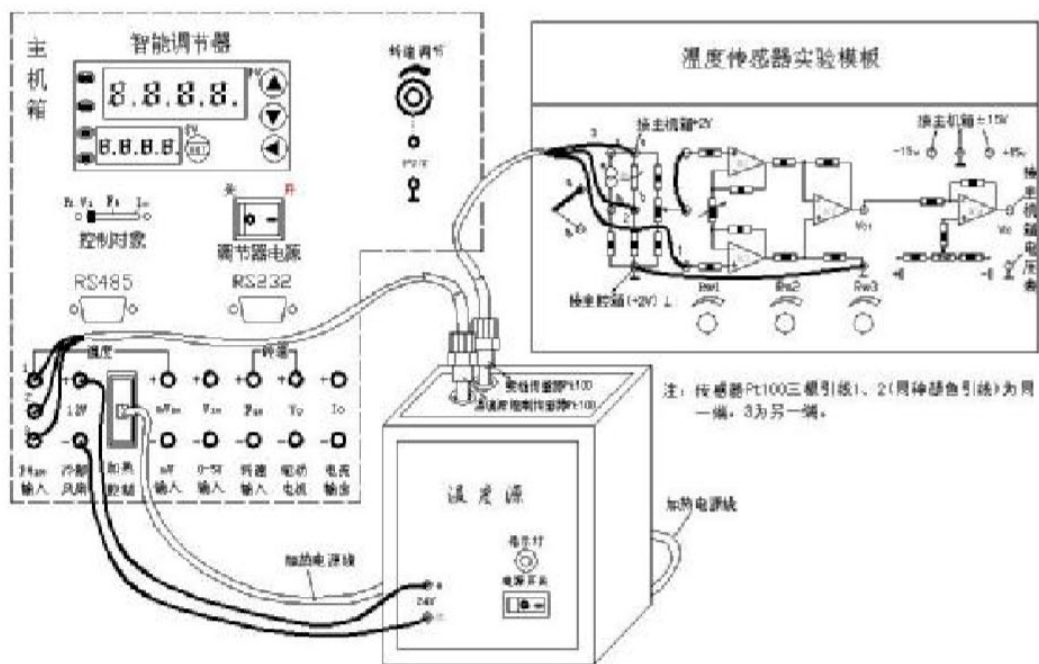
利用导体电阻随温度变化的特性,可以制成热电阻,要求其材料电阻温度系数大,稳定性好,电阻率高,电阻与温度之间最好有线性关系。常用的热电阻有铂电阻(650℃以内)和铜电阻(150℃以内)。铂电阻是将0.05~0.07mm的铂丝绕在线圈骨架上封装在玻璃或陶瓷管等保护管内构成。在0~650℃以内,它的电阻 R_t 与温度 t 的关系为: $R_t = R_0(1 + At + Bt^2)$ 式中: R_0 系温度为0℃时的电阻值(本实验的铂电阻 $R_0 = 100\Omega$), $A = 3.9684 \times 10^{-3} / ^\circ\text{C}$, $B = -5.847 \times 10^{-7} / ^\circ\text{C}^2$ 。铂电阻一般是三线制,其中一端接一根引线而另一端接二根引线,主要是为远距离测量消除引线电阻对桥臂的影响(近距离可用二线制,导线电阻忽略不计)。实际测量时将铂电阻随温度变化的阻值通过电桥转换成电压的变化量输出,再经放大器放大后直接用电压表显示。

三、 实验器材

主机箱、温度源、Pt100热电阻二支(一支用于温度源控制、另外一支用于温度特性实验)、温度传感器实验模板、万用表(自备)。温度传感器实验模板简介:图6-4中的温度传感器实验模板是由传感器接入口、电桥(传感器信号转换电路)、测量放大电路及放大器工作电源引入口构成。其中 R_{w1} 为电桥平衡电位器; R_{w2} 为放大器的增益电位器; R_{w3} 为放大器电平移动电位器; a 、 b 传感器符号“<”接热电偶(K热电偶或E热电偶);双圈符号接AD590集成温度传感器; R_t 接热电阻(Pt100铂电阻或Cu50铜电阻)。

四、 实验步骤

- 1、用万用表欧姆档测出Pt100三根线中其中短接的二根线(同种颜色的线),设为1、2,另一根设为3,并测出它在室温时的大致电阻值。
- 2、在主机箱总电源、调节器电源都关闭的状态下,根据图6-4示意图接线,温度传感器实验模板中 R_t (a 、 b)两端接传感器,这样传感器 R_t 与 R_3 、 R_1 、 R_{w1} 、 R_4 组成直流电桥,这是一种单臂电桥工作形式。
- 3、放大器调零 将温度传感器实验模板中放大器的两输入端引线(一根为传感器1引线、另一根为桥路输出即 R_{w1} 活动触点输出)暂时不要引入,而用导线直接将它们相连(短接);将主机箱上的电压表量程切换到2V档,合上主机箱电源开关,调节温度传感器实验模板中的 R_{w2} 增益电位器(逆时针转到底),使放大器增益最小(增益5倍左右);再调节 R_{w3} (调零电位器)使主机箱的电压表显示为0。



4、关闭主机箱电源开关，将实验模板中放大器的输入端引线按图 6-4 连接，检查接线无误后，合上主机箱电源开关。5、将主机箱上的转速调节旋钮(0~24V)顺时针转到底(24V)，将调节器控制对象开关拨到 Rt.Vi 位置。6、参考实验十九(实验步骤)中的参数设置。合上调节器电源开关和温度源电源开关。在常温基础上，可按每步 $\Delta t = 10^{\circ}\text{C}$ 增加温度，最高在 200°C 范围内设定温度源温度值，待温度源温度动态平衡时读取主机箱电压表的显示值并填入下面的表。

铂电阻温度实验数据如下：

室温电阻	113.8 Ω							
室温电压	-0.016V							
T ($^{\circ}\text{C}$)	40	45	50	55	60	65	70	75
V (v)	-0.04	0.007	0.021	0.03	0.042	0.053	0.065	0.077
T ($^{\circ}\text{C}$)	80	85	90	95	100	105	110	115
V (v)	0.089	0.102	0.114	0.127	0.145	0.145	0.177	0.191
T ($^{\circ}\text{C}$)	120	125	130	135	140	145	150	155
V (v)	0.202	0.214	0.229					

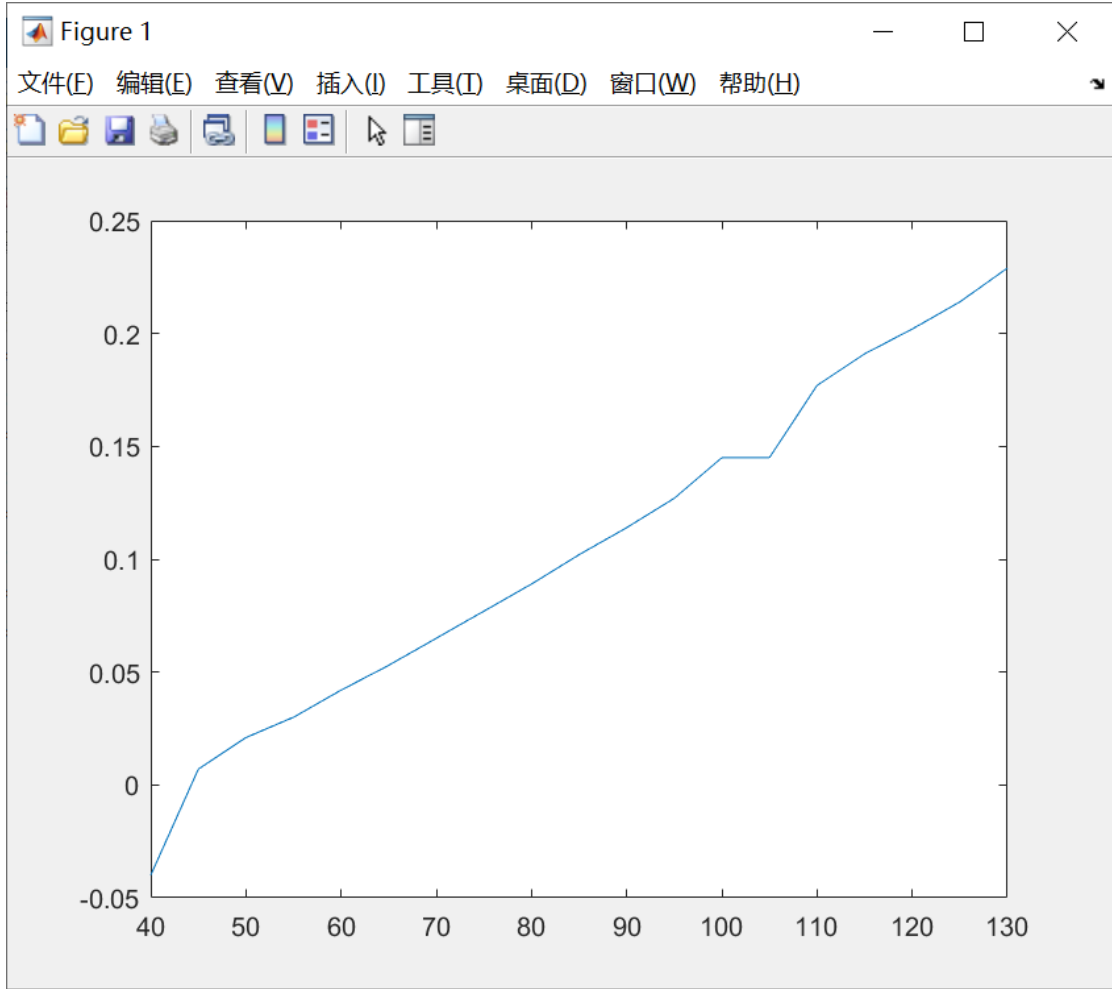
计算每个温度下的电阻值后的表格为：

T ($^{\circ}\text{C}$)	40	45	50	55	60	65	70	75
V (v)	-0.04	0.007	0.021	0.03	0.042	0.053	0.065	0.077
R (Ω)	115.7656	117.7232	119.6778	121.6295	123.5783	125.5242	127.4671	129.4071
T ($^{\circ}\text{C}$)	80	85	90	95	100	105	110	115
V (v)	0.089	0.102	0.114	0.127	0.145	0.145	0.177	0.191
R (Ω)	131.373	133.309	135.242	137.1721	139.0993	141.0236	142.9449	144.8633
T ($^{\circ}\text{C}$)	120	125	130	135	140	145	150	155
V (v)	0.202	0.214	0.229					

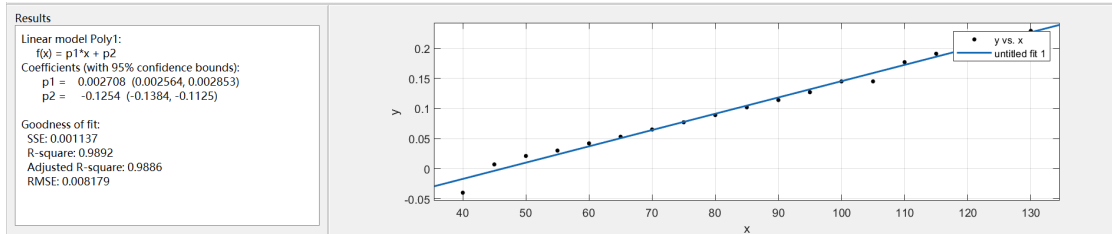
R (Ω)	146.7788	148.6914	150.6011					
-------	----------	----------	----------	--	--	--	--	--

7、根据表中数据，画出实验曲线并计算其非线性误差。

温度与电压的实验曲线为：



要计算非线性误差，根据计算方法， $\delta = \Delta m / y_{FS} \times 100\%$ ，其中 Δm 为输出值（多次测量时为平均值）与拟合直线的最大偏差， y_{FS} 为满量程时电压输出拟合值。为得到系统的拟合关系式，利用matlab中的理论线性拟合得到如下：



因此得到拟合曲线的线性方程为： $y = 0.0027 * x - 0.1254$ ；

即可求得偏差值为：

T (°C)	40	45	50	55	60	65	70	75
V (v)	-0.04	0.007	0.021	0.03	0.042	0.053	0.065	0.077
V (拟合)	-0.0174	-0.0039	0.0096	0.0231	0.0366	0.0501	0.0636	0.0771

V (偏差)	-0.0226	0.0109	0.0114	0.0069	0.0054	0.0029	0.0014	-0.0001
T (°C)	80	85	90	95	100	105	110	115
V (v)	0.089	0.102	0.114	0.127	0.145	0.145	0.177	0.191
V (拟合)	0.0906	0.1041	0.1176	0.1311	0.1446	0.1581	0.1716	0.1851
V (偏差)	-0.0016	-0.0021	-0.0036	-0.0041	0.0004	-0.0131	0.0054	0.0059
T (°C)	120	125	130	135	140	145	150	155
V (v)	0.202	0.214	0.229					
V (拟合)	0.1986	0.2121	0.2256					
V (偏差)	0.0034	0.0019	0.0034					

容易看出最大偏差值为 $\Delta m = |0.0226| = 0.0226V$. $yFS = 0.229V$

所以:

$$\delta = \Delta m / yFS \times 100\% = 9.8\%$$

实验分析

对于本次实验数据，可以看到拟合曲线和原数据曲线很接近，因此与理论值较为符合。偏差较小，非线性误差也很小，在可接受范围内。由于室温的存在，因此实验数据存在不可避免的一些误差，尽量应在室温变化不大的情况下测得。

实验二十三 K 热电偶测温特性实验

一、 实验目的

了解热电偶测温原理及方法和应用。

二、 基本原理

- (1) 热电偶测量温度的基本原理是热电效应。将 A 和 B 二种不同的导体首尾相连组成闭合回路，如果二连接点温度 (T, T₀) 不同，则在回路中就会产生热电动势，形成热电流，

这就是热电效应。

- (2) 热电偶就是将 A 和 B 二种不同的金属材料一端焊接而成。A 和 B 称为热电极，焊接的一端是接触热场的 T 端称为工作端或测量端，也称热端；未焊接的一端（接引线）处在温度 T_0 称为自由端或参考端，也称冷端。
- (3) T 与 T_0 的温差愈大，热电偶的输出电动势愈大；温差为 0 时，热电偶的输出电动势为 0。因此，可以用测热电动势大小衡量温度的大小。
- (4) 国际上，将热电偶的 A、B 热电极材料不同分成若干分度号。如常用的 K（镍铬-镍硅或镍铝）、E（镍铬-康铜）、T（铜-康铜）等等，并且有相应的分度表（见附录）即参考端温度为 0°C 时的测量端温度与热电动势的对应关系表。
- (5) 可以通过测量热电偶输出的热电动势值再查分度表得到相应的温度值。

三、 实验器材

主机箱、温度源、Pt100 热电阻（用于温度源温度控制）、K 热电偶（用于温度特性实验）、温度传感器实验模板、应变传感器实验模板（代替 mV 信号发生器）。

四、 热电偶使用说明

热电偶由 A、B 热电极材料热电偶由 A、B 热电极材料及直径（偶丝直径）决定其测温范围。

如 K（镍铬-镍硅或镍铝）热电偶，偶丝直径 3.2mm 时测温范围 $0\sim 1200^{\circ}\text{C}$ 。本实验用的 K 热电偶偶丝直径为 0.5mm，测温范围 $0\sim 800^{\circ}\text{C}$ 。

E（镍铬-康铜），偶丝直径 3.2mm 时测温范围 $-200\sim +750^{\circ}\text{C}$ 。实验用的 E 热电偶偶丝直径为 0.5mm，测温范围 $-200\sim +350^{\circ}\text{C}$ 。

由于要求温度源温度 $< 200^{\circ}\text{C}$ ，所以，所有热电偶实际测温范围 $< 200^{\circ}\text{C}$ 。

从热电偶的测温原理可知，热电偶测量的是测量端与参考端之间的温度差，必须保证参考端温度为 0°C 时才能正确测量测量端的温度，否则存在着参考端所处环境温度值误差。热电偶的分度表是定义在热电偶的参考端（冷端）为 0°C 时热电偶输出的热电动势与热电偶测量端（热端）温度值的对应关系。

热电偶测温时要对参考端（冷端）进行修正（补偿），计算公式：

$$E(t, t_0) = E(t, t_0') + E(t_0', t_0)$$

式中：

$E(t, t_0)$ — 热电偶测量端温度为 t ，参考端温度为 $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$ 时的热电势值；

$E(t, t_0')$ — 热电偶测量温度 t ，参考端温度为 t_0' 不等于 0°C 时的热电势值；

$E(t_0', t_0)$ — 热电偶测量端温度为 t_0' ，参考端温度为 $t_0 = 0^{\circ}\text{C}$ 时的热电势值。

例：用一支分度号为 K（镍铬-镍硅）热电偶测量温度源的温度。工作时的参考端温度（室温） $t_0' = 20^{\circ}\text{C}$ ，而测得热电偶输出的热电势（经过放大器放大的信号，假设放大器的增益 $k=10$ ）为 32.7mV。

则 $E(t, t_0') = 32.7\text{mV}/10 = 3.27\text{mV}$ ，那么热电偶测得温度源的温度是多少呢？

解：由附录 K 热电偶分度表查得：

$$E(t_0', t_0) = E(20, 0) = 0.798\text{mV}$$

已测得：

$$E(t, t_0') = 32.7\text{mV}/10 = 3.27\text{mV}$$

故：

$$E(t, t_0) = E(t, t_0') + E(t_0', t_0) = 3.27\text{mV} + 0.798\text{mV} = 4.068\text{mV}$$

热电偶测量温度源的温度可以从分度表中查出，与 4.068mV 所对应的温度是 100℃。

五、 实验步骤

1、在主机箱总电源、调节仪电源、温度源电源关闭的状态下，按图 22-1 示意图接线。

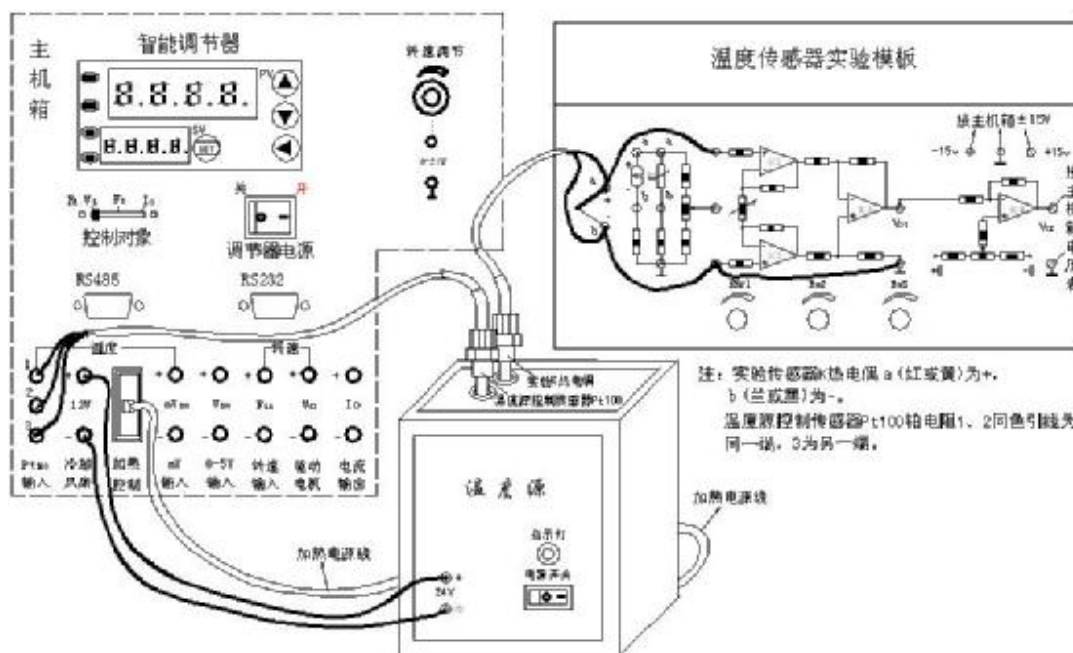


图 23-1 K 热电偶温度特性实验接线示意图

2、调节温度传感器实验模板放大器的增益 $K=100$ 倍。

- 1) 在图 22-1 中温度传感器实验模板上放大器的二输入端引线暂时不要接入。
- 2) 拿出应变传感器实验模板，将应变传感器实验模板上的放大器输入端相连（短接），应变传感器实验模板上的 $\pm 15\text{V}$ 电源插孔与主机箱的 $\pm 15\text{V}$ 电源相应连接。
- 3) 合上主机箱电源开关（调节仪电源和温度源电源关闭），调节应变传感器实验模板上的电位器 $Rw4$ （调零电位器），使放大器输出一个较大的 mV 信号，如 20mV （可用电压表 2V 档测量）。
- 4) 再将这个 20mV 信号（ V_i 输给图 22-1 中温度传感器实验模板放大器的输入端（单端输入：上端接 mV 信号，下端接 \perp ））。
- 5) 用电压表（ 2V 档）监测温度传感器实验模板中的 V_o ，调节温度传感器实验模板中的 $Rw2$ 增益电位器，使放大器输出 $V_o=2000\text{mV}$ ，则放大器的增益 $K = V_o / V_i = 2000/20 = 100$ 倍。

注意：增益 K 调节好后，千万不要触碰 $Rw2$ 增益电位器。

3、关闭主机箱电源，拆去应变传感器实验模板，恢复图22-1 接线。

4、测量热电偶冷端温度并进行冷端温度补偿。

- 1) 在温度源电源开关关闭（O 为关，一为开）状态下，合上主机箱和调节仪电源开关并将

调节仪控制方式(控制对象)开关拨到Rt.Vi 位置,记录调节仪 PV 窗的显示值(实验时的室温) 即为热电偶冷端温度 t_0' (工作时的参考端温度)

- 2) 根据热电偶冷端温度 t_0' 查附录 K 热电偶分度表得到 $E(t_0', t_0)$, 再根据 $E(t_0', t_0)$ 进行冷端温度补偿;

调节温度传感器实验模板中的 Rw3 (电平移动), 使

$$V_0 = E(t_0', t_0) \times K = E(t_0', t_0) \times 30.$$

(用电压表 2V 档监测温度传感器实验模板中的 V_0)

- 5、将主机箱上的转速调节旋钮(2~24V)顺时针转到底(24V), 合上温度源电源开关。

- 6、参考实验十九(实验步骤)中的参数设置。

在室温基础上, 可按每步 $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ 增加温度, 最高在 180°C 范围内设定温度源温度值, 待温度源温度动态平衡时读取主机箱电压表的显示值并填入表23-1。

注: 实验数据 $V(\text{mV}) / k(\text{增益}) = E(t, t_0)$

六、 实验数据记录与分析

- (1) 实验数据

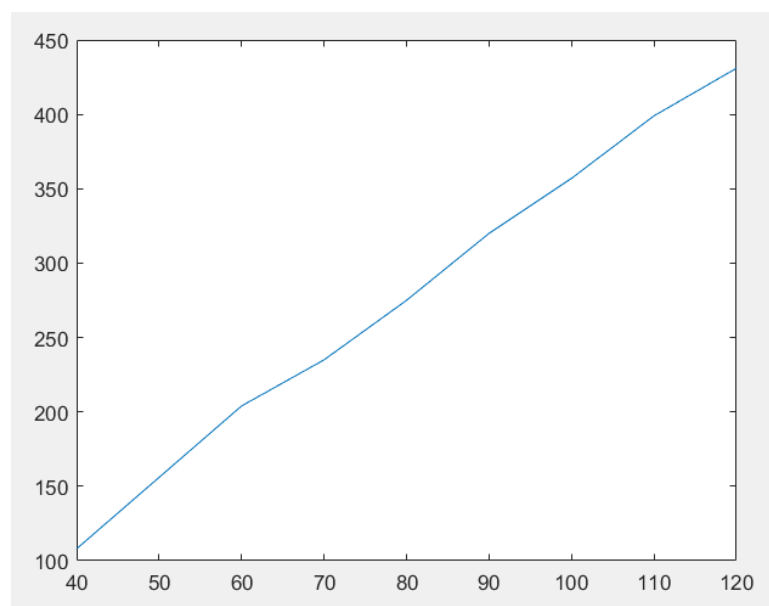
表 23-1 K 热电偶热电势(经过放大器放大后的热电势)与温度数据

室温 $t_0' = 17.4^\circ\text{C}$, $V_0 = 30.00\text{mV}$

$t(^{\circ}\text{C})$	40	50	60	70	80	90	100	110	120
$V(\text{mV})$	98.00	156.00	204.00	235.00	275.00	320.00	357.00	399.00	431.00

- (2) 实验曲线

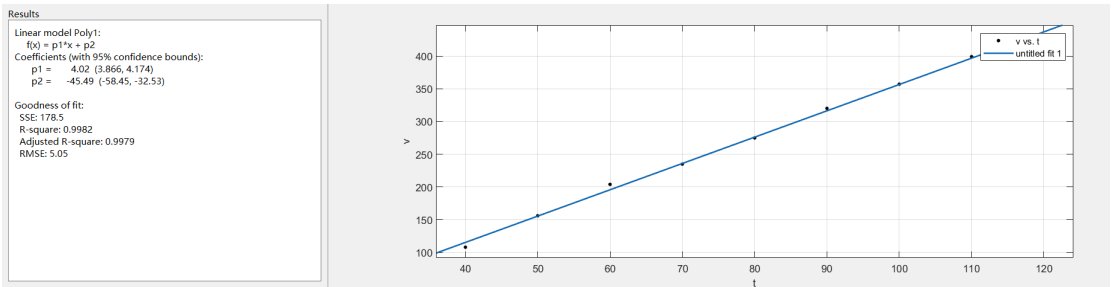
根据温度与电压对应数据作图如下:



- (3) 非线性误差计算

要计算非线性误差, 根据计算方法, $\delta = \Delta m / y_{FS} \times 100\%$, 其中 Δm 为输出值(多次测量

时为平均值)与拟合直线的最大偏差, yFS为满量程时电压输出拟合值。为得到系统的拟合关系式, 利用matlab中的理论线性拟合得到如下:



因此得到拟合曲线的线性方程为: $y = 4.02 * x - 45.49$;

即可求得偏差值为:

表23-2 实验值与拟合值的比较

t(°C)	40	50	60	70	80	90	100	110	120
V (mV)	108.00	156.00	204.00	235.00	275.00	320.00	357.00	399.00	431.00
拟合值 (mV)	115.31	155.51	195.71	235.91	276.11	316.31	356.51	396.71	436.91
偏差值 (mV)	-7.31	0.49	8.29	-0.91	-1.11	3.69	0.49	2.29	-5.91

容易看出最大偏差值为 $\Delta m = |8.29| = 8.29\text{mV}$. $y_{FS} = 431.00\text{mV}$

所以:

$$\delta = \Delta m / y_{FS} \times 100\% = 1.92\%$$

(4) 实验分析

对于本次实验数据, 可以看到拟合曲线和原数据曲线很接近, 因此与理论值较为符合。偏差较小, 非线性误差也很小, 在可接受范围内。

由于室温的存在, 因此实验数据存在不可避免的一些误差, 尽量应在室温变化不大的情况下测得。