

731045

# 化工自动化 及仪表实验

张全福 编

18  
F

华东化工学院出版社

# 化工自动化及仪表实验

张全福 编

华东化工学院出版社

**责任编辑** 范荷英

**责任校对** 金慧娟

**化工自动化及仪表实验**

Huagong Zidonghua ji Yibiao Shiyan

张全福 编

华东化工学院出版社出版

(上海市梅陇路130号)

新华书店上海发行所发行

浙江鄞县文教印刷一厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 2 字数 54 千字

1991年4月第1版 1991年4月第1次印刷

印数1-6000册

---

ISBN 7-5628-0129-0/TP·13 定价 0.70元

## 前 言

为了使化工工艺人员在通晓化工自动化及仪表理论知识的基础上,对一些典型的检测元件、显示仪表、变送单元、调节单元及控制系统有一个较全面、较直观的认识,进一步理解和巩固有关自动化及仪表方面的许多基本概念,特编写了本实验书。在化工工艺生产正逐步走向自动化、现代化的今天,本书作为化工自动化及仪表教材的配套教材深受各有关专业教师及学生的欢迎。限于教学学时不宜过长,我们选编了较有代表性的实验,供各有关专业结合具体情况选择。

本书是在华东化工学院使用多年的实验教材基础上重新补充编写的。陈德煦等有关老师为此作出了辛勤的劳动和提出了许多宝贵意见,在此谨向他们致谢。由于水平和经验有限,书中错误之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

## 目 录

|      |                        |        |
|------|------------------------|--------|
| 实验一  | 热电偶与动圈仪表的配套使用          |        |
|      | 热电偶与电子电位差计的配接·····     | ( 1 )  |
| 实验二  | 热电偶校验·····             | ( 7 )  |
| 实验三  | DBW 电动温度变送器·····       | ( 11 ) |
| 实验四  | 检查电子电位差计的精度·····       | ( 19 ) |
| 实验五  | 检查电子自动平衡电桥的精度·····     | ( 24 ) |
| 实验六  | DTL-121 电动调节器·····     | ( 28 ) |
| 实验七  | 电模拟控制系统·····           | ( 34 ) |
| 实验八  | 温度控制系统·····            | ( 40 ) |
| 实验九  | 液位控制系统·····            | ( 45 ) |
| 实验十  | 压力控制系统·····            | ( 49 ) |
| 实验十一 | QTS-521 气动调节器性能测试····· | ( 53 ) |

# 实验一 热电偶与动圈仪表的配套使用

## 热电偶与电子电位差计的配接

### 一、实验目的

1. 了解热电偶与二次仪表动圈表及电子电位差计的配套使用。
2. 了解动圈仪表的简单工作原理。
3. 了解热电偶与动圈仪表的正确配接。

### 二、实验仪器及设备

- |                    |    |
|--------------------|----|
| 1. 管式电炉及炉温控制装置     | 一套 |
| 2. 动圈仪表 (XCT-101)  | 一台 |
| 3. 电子电位差计          | 一台 |
| 4. 手动电位差计 (UJ-33a) | 一台 |
| 5. 冰浴槽 (大口保温瓶)     | 一只 |
| 6. 镍铬-镍硅热电偶 (K)    | 二支 |

### 三、动圈表的简单工作原理

动圈式指示仪表是一个磁电式毫伏计。其中动圈是由绝缘层的细铜丝绕制而成的一个矩形框,如图 1-1 所示。由铍青铜制成的张丝,把可动线圈吊在永久磁铁和软铁芯之间的均匀磁场中,张丝除用来悬挂动圈之外,还起着引导电流进入动圈和提供反作用力矩的作用。由毫伏信号  $U_x$  引起的电流通过动圈时,在磁场中产生电磁力矩使动圈偏转,并带动固定在动圈上的指针一起转动,动

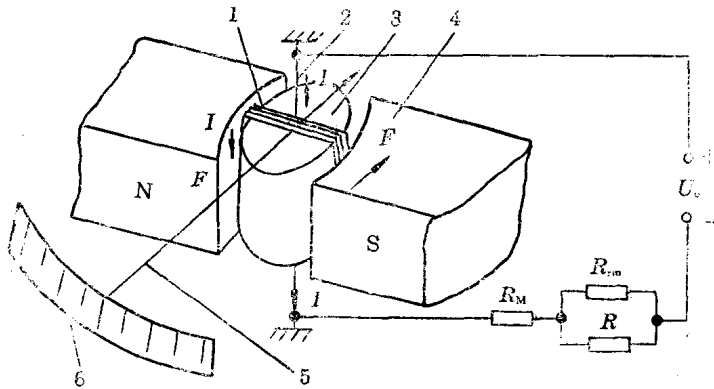


图 1-1 动圈式指示仪表构造原理图

1—动圈；2—张丝；3—铁芯；4—永久磁铁；5—指针；6—刻度板

圈的转动使张丝扭转而产生反力矩，且反力矩随着转角的增大而增大。当电磁力矩和反力矩相等时，指针停止转动，并通过刻度指示出相应的读数。

动圈产生的电磁力矩  $M$  与通过的电流  $I$  成正比关系，即

$$M = C_1 I \quad (1-1)$$

式中， $C_1$  是与磁感应强度、动圈圈数及动圈的几何尺寸有关的系数，在各仪表中，这些参数是固定的，所以  $C_1$  是常数。而反力矩  $M_f$  与动圈的转动角度  $\varphi$  成正比，即

$$M_f = C_2 \varphi \quad (1-2)$$

式中， $C_2$  与张丝的尺寸、弹性和工作张力有关的系数，也是一常数。

达到力平衡时，两力矩相等， $M = M_f$ ，即

$$C_1 I = C_2 \varphi,$$

所以 
$$\varphi = \frac{C_1}{C_2} I = CI \quad (1-3)$$

式 1-3 表明，仪表指针的偏转角与通过动圈的电流成正比，如果动圈仪表输入的毫伏信号越大，流过动圈的电流也越大，则指针的偏转角也越大，刻度尺上相应指示的变量值也越大。

当热电偶与动圈表配套使用时，流过动圈的电流不仅与热电偶的热电势  $E(\theta, \theta_0)$  有关，也与回路内总电阻有关，回路总电阻  $R_{\Sigma}$  是仪表内电阻  $R_i$  和仪表外接线电阻  $R_o$  的总和，流过动圈的电流

$$I = \frac{E(\theta, \theta_0)}{R_{\Sigma}} = \frac{E(\theta, \theta_0)}{R_i + R_o} \quad (1-4)$$

表内电阻  $R_i$  基本不变，为了使外电阻恒定，使用时在外接线路中串接一外接调整电阻  $R_A$ （用锰铜丝绕制），使外接电阻数值为仪表规定的  $15\Omega$ ，即

$$R_o = R_T + R_c + R_{Cu} + R_A = 15\Omega$$

式中， $R_T$ 、 $R_c$  和  $R_{Cu}$  分别为热电偶、补偿导线和一般铜导线的电阻，这样就可避免由于线路长短不一而对指示值的影响，实现  $I$  正比于  $E(\theta, \theta_0)$ 。

#### 四、实验内容与步骤

1. 检查实验仪器设备是否齐全。
2. 炉温是否已控制在某恒定值上（观察控制装置的记录曲线）。
3. 实验装置原理图如图1-2所示。

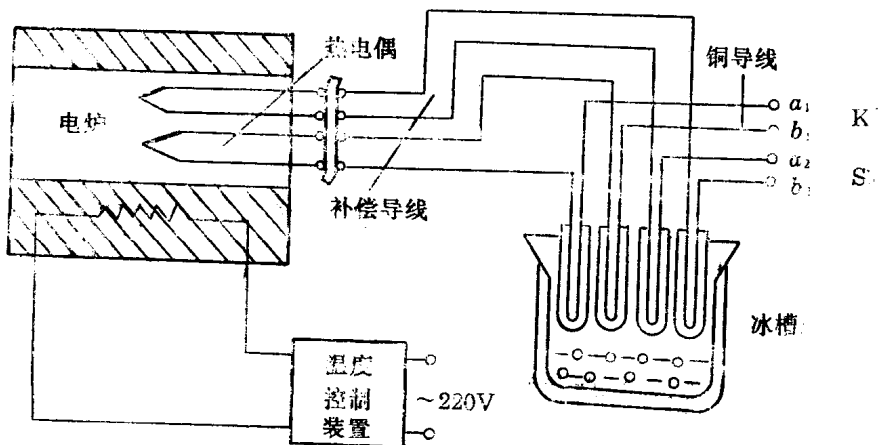


图 1-2 实验装置示意图



4. 炉温控制装置原理图如图 1-3 所示。在实验前，将炉温控制装置各参数预先整定好（由实验室工作人员完成），使炉

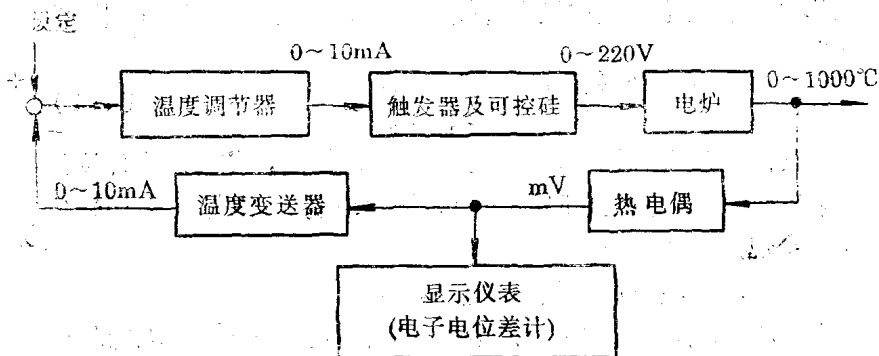


图 1-3 炉温控制装置方框图

温基本上恒定在某温度值上。在实验过程中，实验装置不可随意乱动。

### 5. 步骤

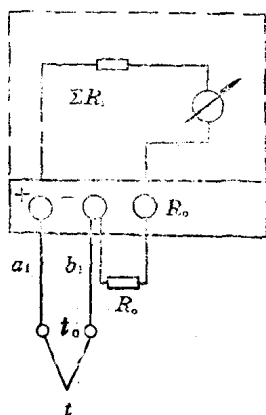


图 1-4 热电偶、外接电阻与动圈仪表接线原理图

1) 观察动圈表分度号、仪表量程、精度等级。

2) 将热电偶与外接电阻按图 1-4 接入动圈表（注意热电偶的正负端）。

3) 用短路夹子将热电偶输入端短路，调整动圈表机械零点。

4) 按表 1-1 要求做四个条件下的实验，将仪表读数分别填入表 1-1 内。然后根据实验数据对实验结果结合思考题进行分析。

### 1-1 动圈表与热电偶的配套使用

量程 \_\_\_\_\_ 分度号 \_\_\_\_\_ 精度 \_\_\_\_\_ 室温 \_\_\_\_\_

| 冷端温度 $t_0$            | 仪表零点                  | $R_0(\Omega)$ | 读数( $^{\circ}\text{C}$ ) |
|-----------------------|-----------------------|---------------|--------------------------|
| 0 $^{\circ}\text{C}$  | 0 $^{\circ}\text{C}$  | 15            |                          |
| 0 $^{\circ}\text{C}$  | 0 $^{\circ}\text{C}$  | 0             |                          |
| 室温 $^{\circ}\text{C}$ | 0 $^{\circ}\text{C}$  | 15            |                          |
| 室温 $^{\circ}\text{C}$ | 室温 $^{\circ}\text{C}$ | 15            |                          |

#### 5) 热电偶与电子电位差计的配接:

(1) 热电偶分度号与电子电位差计分度号一致。

(2) 热电偶参比端温度为0 $^{\circ}\text{C}$ 时用手动电位差计测量其热电势，从分度表查得热端温度（即炉温）。

(3) 将热电偶的参比端从冰浴中取出，置室温环境3~4分钟（保证参比端是室温），并将热电偶电势接入电子电位差计，将显示出由热电偶测量到的热端温度。若炉温保持不变，则将动圈仪表、电子电位差计及手动电位差计的温度显示值分别填入表1-2中，并对它们显示的温度值进行比较，分析一下若用同一支热电偶测量相同的温度，而用不同仪表显示，则分别显示的温度值情况如何？若相差较大则分析其原因。

表 1-2 实验数据登录表

|          | 冷端条件                 |    | 热电势<br>(mV) | 温度<br>( $^{\circ}\text{C}$ ) | 备 注      |
|----------|----------------------|----|-------------|------------------------------|----------|
|          | 0 $^{\circ}\text{C}$ | 室温 |             |                              |          |
| 配接电子电位差计 | /                    | 室温 | /           |                              |          |
| 配接动圈仪表   | 0 $^{\circ}\text{C}$ | /  | /           |                              |          |
| 配接手动电位差计 | 0 $^{\circ}\text{C}$ | /  |             |                              | 由分度表查得温度 |

## 五、思考题

1. 表1-1中哪两组数据是正确的？为什么？
2.  $R_c = 0\Omega$ 与 $R_c = 15\Omega$ 时的读数哪个是正确的？为什么？
3. 当参比端温度为室温，仪表零点指在 $0^\circ\text{C}$ ， $R_c = 15\Omega$ ，这时得到的读数是否正确？为什么？
4. 正确使用热电偶与动圈仪表配接应注意哪几点？

## 实验二 热电偶校验

### 一、实验目的

通过实验学会热电偶的校验方法。

### 二、实验仪器及设备

- |                        |    |
|------------------------|----|
| 1. 管式电炉及电炉温度控制装置（见实验一） | 一套 |
| 2. 标准热电偶S与待校热电偶K各一支    | 二支 |
| 3. 供实验用接线盒             | 一只 |
| 4. 手动电位差计（UJ-33a）      | 一台 |
| 5. 冰浴槽（大口保温瓶）          | 一个 |

### 三、实验基本原理

将标准热电偶与待校热电偶插在管式炉内同一镍块中，根据测得标准热电偶电势求出镍块温度，检查待校热电偶实际输出电势与其分度表在该温度下理论输出电势的差异而求得待校热电偶的误差。

### 四、实验内容及步骤

1. 首先检查炉温是否稳定。
2. 按图2-1所示，将待校热电偶接入接线盒的 $a_1$ 、 $b_1$ 端，将标准热电偶接入 $a_2$ 、 $b_2$ 端，将手动电位差计接入e、f端，必须注意热电偶正负极性。

使用了接线盒后只需把开关K的位置，分别打向 $a_1$ 、 $b_1$  或  $a_2$ 、 $b_2$ ，即可把标准热电偶电势与待校热电偶电势先后送入手动电位

差计测量。

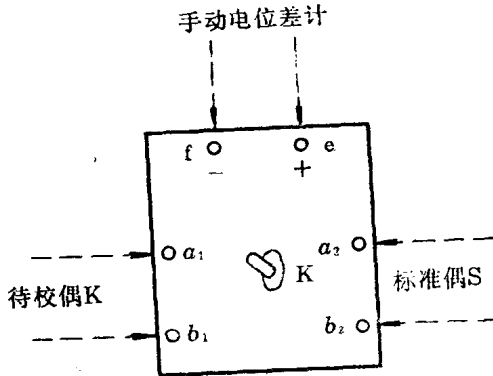


图 2-1 热电偶校验接线盒联接图

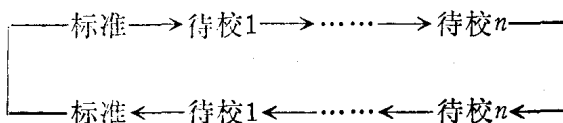
3. 使用中反复调整手动电位差计零点和标准工作电流。
4. 对某一校验温度、标准热电偶证书读数与分度表读数填入表2-1并求出 $\Delta E$ 。

表 2-1 实验数据登录表

| 校验温度 | 证书读数 $E_1$ | 分度表读数 $E_2$ | $\Delta E = E_2 - E_1$ |
|------|------------|-------------|------------------------|
|      |            |             |                        |
|      |            |             |                        |
|      |            |             |                        |
|      |            |             |                        |

标准热电偶S在一定温度下的电势值与在相同温度下S分度表的电势值有一定偏差（这就是 $\Delta E$ ），这是因为实验室用的那支标准热电偶的等级离开国家标准制定的分度表有一定差值，因此利用工厂提供的证书读数，可以获得热电偶在各点的误差 $\Delta E$ ，然后用 $\Delta E$ 修正该点附近的读数，再从分度表中查得实际热端温度 $t$ 标。

5. 若待校热电偶为 $n$ 支，读数方法为：



每点温度读数不少于四次，即为上述二周。

6. 数据记录及处理。

表 2-2 数据记录表

待校热电偶K

编号：

|             |        | 1 | 2 | 3 | 4 | $\bar{E}_1$ | $E_2 = \bar{E}_1 + \Delta E$ | $t_n$    |
|-------------|--------|---|---|---|---|-------------|------------------------------|----------|
| 标准<br>偶     | 400°C  |   |   |   |   |             |                              |          |
|             | 600°C  |   |   |   |   |             |                              |          |
|             | 800°C  |   |   |   |   |             |                              |          |
|             | 1000°C |   |   |   |   |             |                              |          |
|             |        | 1 | 2 | 3 | 4 | $\bar{E}_0$ | $E_n$                        | $\delta$ |
| 待<br>校<br>偶 | 400°C  |   |   |   |   |             |                              |          |
|             | 600°C  |   |   |   |   |             |                              |          |
|             | 800°C  |   |   |   |   |             |                              |          |
|             | 1000°C |   |   |   |   |             |                              |          |

注：下角 $n$ 表示标准， $c$ 表示校验。

表 2-2 中的温度值是参考温度。实际情况是根据实验室提供的实际控制的炉温而定，由于每次炉温的改变到稳定需较长的时间，为此一般选择已被控制稳定的那点温度作为校验点，严格说校验不能只有一点，应是数点，限于实验条件，这里只校一点，因其他各点的方法相同，可以说是一种学习校验的方法。

处理方法：

例如：在600°C时， $E_2 = 5.237\text{mV}$ ， $E_1 = 5.201\text{mV}$ ，

$$\Delta E = E_2 - E_1 = +0.036 \text{ mV}.$$

若  $\overline{E}_1 = 5.183 \text{ mV}$ , 则  $E_2 = \overline{E}_1 + \Delta E = 5.219 \text{ mV}$ ,

查分度表:  $t_a = 598.2^\circ\text{C}$ 。

因S与K插在同一镍块中, 则K分度号的  $E_a$  由  $t_a$  求得。从而

由关系式: 
$$\delta = \frac{|E_a - E_c|}{E_c} \times 100\% .$$

求得待校热电偶在各校验点的相对误差。为了减小误差, 必须在实验前或实验中始终要求标准热电偶与待校热电偶插在同一镍块中, 提供相同的热端温度。

附: K热电偶的允许偏差:  $0 \sim 400^\circ\text{C} \pm 4^\circ\text{C}$ 。  $400^\circ\text{C}$  以上占所测电势的  $\pm 0.75\%$ 。

### 五、思考题

1. 分析一下影响本实验精度的有哪些人为误差?
2. 校验待校热电偶为什么必须首先提供  $t_a$ ?

## 实验三 DBW电动温度变送器

### 一、实验目的

1. 了解电动温度变送器的用途和结构。
2. 了解电动温度变送器与不同检测元件的配套使用。
3. 掌握量程调整和量程迁移方法。

### 二、实验仪器及设备

- |                         |    |
|-------------------------|----|
| 1. DBW温度变送器             | 一台 |
| 2. 十进制标准电阻箱             | 一只 |
| 3. DFX-01校验信号发生器        | 一台 |
| 4. 手动电位差计(UJ-36或UJ-33a) | 一台 |
| 5. 0.5级直流毫安表            | 一只 |

### 三、实验内容和步骤

可与各种类型的热电偶、热电阻配合使用、把温度信号转换成 $0\sim 10\text{mA}$ 直流电流统一信号;又可与具有毫伏输出的各种变送器配合,使其转换为 $0\sim 10\text{mA}$ 直流电流统一信号,作为显示记录仪表、调节器等的输入信号。

归纳起来温度变送器的输入信号有三种:

- 1) 配接热电偶的 $\text{mV}$ 输入信号。
- 2) 配接热电阻、电阻的变化信号。
- 3) 一般直流 $\text{mV}$ 信号。

步骤: 本实验分两部分, 第一分配接热电阻, 第二分配接热电偶。

1. 配接热电阻的实验步骤:



1) 正确接线:

配接热电阻的输入回路如图3-1所示。

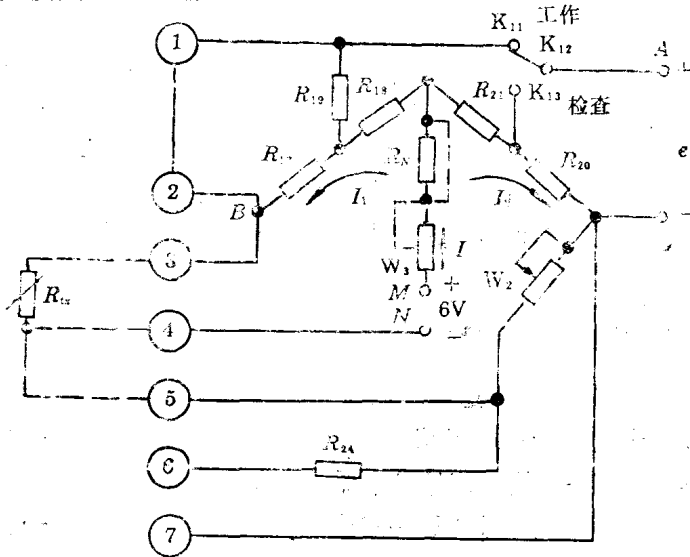


图 3-1 配热电阻输入回路

①、②端短接，③、④、⑤、⑥、⑦端是热电阻输入端（由不同的量程确定不同的接法），三线制接入。③和④端肯定与热电阻相接，其余一端接⑤、⑥、⑦中的哪一端子，必须计算出量程迁移电阻 $W_2'$ 才能确定。

计算方法如下（热电阻、热电偶方法相同）：

当输入为下限值 $x_{iL}$ 时，输入回路的输出电势

$$V_i = V_{iL} = 0 \quad \text{即 } I_o = 0 \text{ mA,}$$

由此，计算量程迁移电阻 $W_2'$ 的值 $R_{W_2}'$ ，决定电阻 $W_2$ 与 $R_{24}$ 的接法：

(1) 若 $R_{W_2}' = 0 \sim 50 \Omega$ ，则 $W_2$ 与 $R_{24}$ 并联，输入与⑤相接且⑥、⑦端短接；

(2) 若 $R_{W_2}' = 0 \sim 100 \Omega$ ，则接入 $W_2$  ( $R_{24}$ 不接入)，接⑤且