

电子秤的结构与维修

上海衡器厂

上海科学技术出版社

前 言

近年来,电子衡器发展十分迅速,质量不断提高,品种规格不断更新,数量日益增长,已成为工矿企业、商店、菜场各行各业在计量方面必不可少的称量器具。在这样的形势下,广大的专业修理人员、管理人员、操作人员,迫切需要关于电子衡器方面的维修技术资料。根据这种要求,上海衡器厂结合生产、组装的部分电子衡器产品经验,编写了《电子秤的结构与维修》一书。重点介绍计价电子秤的结构、工作原理,并从电路分析着手,深入浅出地阐明了排除故障的逻辑思维原则和技巧。

本书着眼于讨论共性的故障问题与解决方法,使其具有实用性。重点介绍的内容是:电子秤的工作原理;ACS型(R208型)计价电子秤原理与检修;DS-230型组装电子秤原理与检修;DS-261型组装打印台秤检修;MSX型组装电子台秤检修;ICS-I型电子皮带秤原理与检修。

本书第一章由汪社会同志编写,其余各章由刘志鸿同志编写,经厂研究室审定。书中不足之处,敬请读者提出宝贵意见。

上海衡器厂

1991年9月

目 录

第一章 电子秤的工作原理	1
一、传感器	1
二、典型的放大电路	6
三、采样保持电路	11
四、A/D 转换器	12
五、复位电路	15
六、满值调整电路	16
七、动态扫描显示电路	16
第二章 ACS 型 (R208 型) 计价电子秤的原理与检修	18
一、电路分析	18
二、计价电子秤的维护	25
三、故障检修	26
四、ACS-1 型或 ACS-A 型电子秤调试	41
五、R-208 型电子秤调试	42
六、识别利用计价电子秤舞弊的方法	42
第三章 DS-230 型组装电子秤原理与检修	44
一、电路分析	44
二、故障检修	54
三、部分元器件工作波形	62
四、调试	63
第四章 DS-261 型组装打印台秤检修	67
一、故障实例	67
二、调试	68

第五章 MSX 型电子台秤检修	70
一、电路工作原理简介	70
二、故障检修	72
三、调试	74
第六章 ICS-I 型电子皮带秤原理与检修	75
一、原理	75
二、电路分析	77
三、各单元板原理	82
四、故障检修	93
五、调试	102
附 录	106
一、ACS 型(R208 型)计价电子秤原理图	106
二、MSX 型组装电子秤原理图	111
三、ICS-I 型电子皮带秤原理图	115
四、DS-230 型组装电子秤原理图	121

第一章 电子秤的工作原理

称重是人们日常生活、运输、贸易、生产以及科研工作中不可缺少的环节。随着计量技术不断的向前发展，人们逐渐把杠杆原理称重、机械式称重改变成电子秤计量。目前，电子秤计量在各个领域得到广泛的推广和应用。

通常，以称重负荷器将重量信号转换成电信号并由显示装置进行显示或记录的称重设备，统称电子秤，其主要由传感、放大、采样保持、A/D 转换、复位、满值调整、动态扫描等方面组成。

一、传感器

一般来讲，将一种物理量转换成另一种物理量的这种转换装置统称传感器。测速度的，称测速传感器；测加速度的，称测加速度传感器；测重的，称测重传感器；测温度的，称测温传感器。由于测的项目不同，故有各类不同用途的传感器。

称重传感器是电子秤的核心部分，其任务是按要求作用在其上面的重量按一定的函数关系，并且是成一定的线性关系转换成等量的电流、电压。通常人们称这一部分为一次仪表。

电阻式传感器是利用电阻元件把被测的力、位移、形变及加速度等物理量的变化变换成电阻阻值的变化，从而通过对电阻值的测量达到测量该物理量的目的。用于测量机械变化量的电阻式传感器按其工作原理可以分为电位计式、应变式二类。

电位计式传感器适宜测量被测参数变化较大的场合，由

于此类传感器工作原理与一般电位计相同,故不再叙述。应变式电阻传感器工作于电阻值变化较小的状态,其灵敏度较高。

1. 应变式电阻传感器原理

导体或半导体材料在外界作用下(如压力等)产生机械形变,其阻值将发生变化,这种现象称为应变效应。根据这个效应制成的应变片粘贴于被测材料上,则被测材料受外界作用所产生的应变就会传送到应变片上,从而使应变片的电阻值发生变化,通过测量应变片电阻值的变化量,就可以反映出外界作用力的大小。

(1) 应变片的结构 通常用的应变片有两大类。一类是金属电阻应变片,另一类是半导体应变片。

1) 金属电阻应变片。金属电阻应变片有丝式应变片、箔式应变片和薄膜式应变片等。

a. 丝式应变片的结构如图 1-1 所示。它是用一根金属细丝按图形状弯曲后用胶粘剂贴于衬底上,电阻丝两端焊有引出线,将此应变片贴于弹性体上就可以构成应变式传感器。

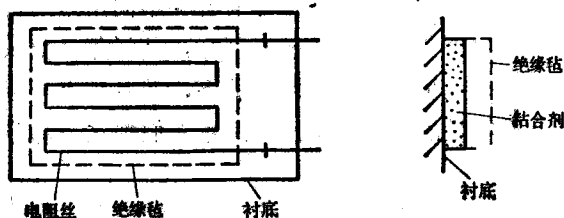


图 1-1 丝式应变片的结构

b. 箔式应变片的结构如图 1-2 所示。是用光刻、腐蚀等工艺方法制成的很薄金属箔丝栅,箔的厚度一般在 $0.003 \sim 0.01\text{mm}$ 。它的优点是表面积与截面积之比大,散热条件比丝式优越,逸散功率较大,灵敏度高以及有较大载流容量。

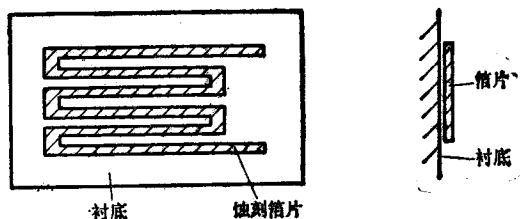


图1-2 箔式应变片的结构

c. 薄膜式应变片是采用真空镀膜技术在很薄的绝缘基片上蒸镀金属电阻材料薄膜,再加上保护层形成的,优点是应变灵敏度系数高,允许电流密度大。

2) 半导体应变片。半导体应变片具有很多优点。灵敏度较高,灵敏系数可达6~170,比金属丝应变片高几十倍;电阻值范围宽,可以从 $5 \times 10^{-3} \sim 50 \text{k}\Omega$;频率响应广以及体积小容易做得小等。但由于半导体材料的原因,它也具有温度系数大、稳定性差、线性差等缺点,使它的应用范围受到一定限制。

(2) 测量电路 应变片受外界的影响所产生的电阻阻值变化输入到测量电路,测量电路将应变片的阻值变化转化为电流或电压的变化。如图1-3所示,图中 R_1 、 R_2 、 R_3 及 R_4 为电桥的四个桥臂电阻, AB 为桥路供电电源输入端, CD 为桥路的测量输出端。设输入电压为 U ,则其输出电压 U_{CD} 及电流 I_{CD} 分别为:

$$U_{CD} = \frac{(R_2 R_3 - R_1 R_4) U R_{cd}}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4) R_{cd} + R_1 R_2 (R_3 + R_4) + R_3 R_4 (R_1 + R_2)}$$

$$I_{CD} = \frac{(R_2 R_3 - R_1 R_4) U}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4) R_{cd} + R_1 R_2 (R_3 + R_4) + R_3 R_4 (R_1 + R_2)}$$

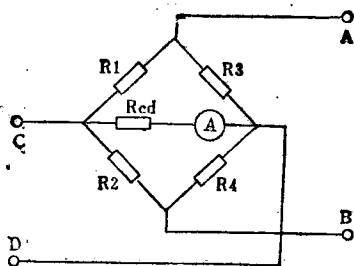


图1-3 传感器测量电路

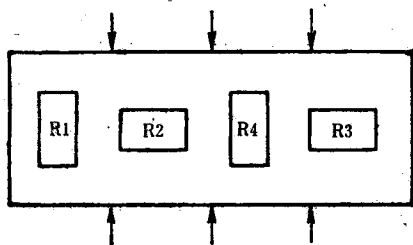


图1-4 应变片排列展开图

把传感器电桥的应变片排列展开,如图 1-4 所示:

当被测重量作用在贴有应变片负荷器上,此时 R_2 、 R_3 有正的增量 ΔR , R_1 、 R_4 有负的增量 $\Delta R'$,使其得出大小相等、方向相反的电阻变化。

由于桥路输出端配接高阻抗的放大器,因此 R_{cd} 较大。此时可得出:

$$U_{CD} = \frac{R_2 R_3 - R_1 R_4}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_4)} \cdot U$$

对上式进行如下分析:

1) 当传感器不承重时,被测电路应无信号输出,即 $U_{CD} =$

0, 电阻应满足 $R_2 R_3 = R_1 R_4$, 故传感器的组成的等臂电桥应是 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ 。

2) 当传感器承重时, 贴在负荷器上的应变片元件发生应变, 使桥臂电阻发生变化。设电阻 $R_2 R_3$ 有相同正增量 ΔR , $R_1 R_4$ 有相同的负增量 $\Delta R'$, 则:

$$U_{cd} = \frac{(R + \Delta R)^2 - (R + \Delta R')^2}{(2R + \Delta R + \Delta R')^2} \cdot U$$

当传感器在承受重量 F 后, 垂直方向产生形变 ϵ , 因它在这个方向应变较大, 是主要测试处, 故把 R_1 、 R_4 称为工作片。在另一方向粘贴的应变片, 在外界作用下产生形变为 $\epsilon_1 = -\mu\epsilon$, 这方向的应变片主要起补偿作用, 故又称补偿片。

(3) 传感器参数的调整

1) 零点补偿。应变片虽然经过挑选, 要求四片应变片阻值相等, 但实际上不可能做到完全一致。即使原有阻值相等, 经过贴片也会发生变化, 使 $R_3 R_4 \neq R_1 R_2$ 。这样传感器不承重时, 也出现 $U_{cd} \neq 0$, 即零点不在零位置。为解决这一问题, 可在桥臂内串入电阻进行补偿。如图 1-5 所示, 设 $R_3 R_4 > R_1 R_2$,

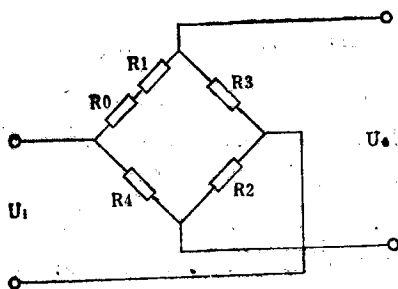


图1-5 传感器零点补偿图

则可在 R_1 桥臂内串入一个电阻 R_0 ，使其满足 $R_3 R_4 - (R_1 + R_0) R_2 = 0$ ，故 R_0 称零点补偿电阻。

2) 温度补偿。传感器经过零点补偿后，在室温及不承重情况下，电桥达到了平衡。

随着温度的变化，零点也会发生漂移。产生漂移的原因有：电阻应变片的纵向横向膨胀率不一致；电阻应变片性能不一致；电阻应变片用的胶粘剂厚度和固化程度不一致等。一般可以认为温度漂移是四桥臂电阻的温度系数不一致所引起的，可以在某一桥臂中串接一个温度系数较大的金属电阻 R_T ，以提高桥臂的总温度系数(见图 1-6 所示)。

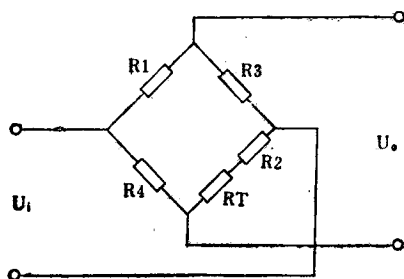


图1-6 传感器的温度补偿

3) 弹性模量补偿。在前面分析中一般认为应变片的灵敏系数是不变的。其实，灵敏系数 K 与弹性模量 E 是相关的。弹性模量 E 是具有负温度系数的参数，如不进行补偿，将会出现在荷重不变时温度升高引起输出增大。为此在电桥供电电路中串入一个电阻 R_E ，这样当温度升高时， R_E 使桥路输入电压减小，补偿了 E 的影响(见图 1-7 所示)。

二、典型的放大电路

1. 反相放大器

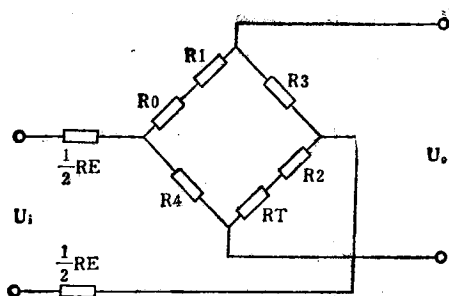


图1-7 传感器弹性模量补偿

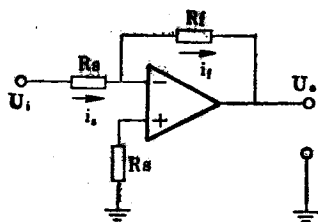


图1-8 反相放大器

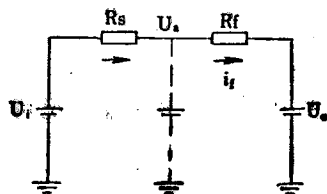


图1-9 反相放大器的简化图

电路见图 1-8 所示。设放大器的输入阻抗为 R_s ，则流过 R_s 的电流 i_s 近似等于流过 R_f 的电流 i_f 。所以 $i_s = i_f$ 。由此可将电路简化成如图 1-9 所示。

由于放大器的输入阻抗很高，所以流经放大器的电流近似为 0。所以 U_s 等于零，由此可以推出放大器的闭环增益 K_f 为：

$$\begin{aligned} i_s &= \frac{U_i - U_s}{R_s} & i_f &= \frac{U_s - U_o}{R_f} \\ U_s &= 0 & i_s &= i_f \end{aligned}$$

则

$$K_f = \frac{-U_o}{U_i} = \frac{-R_f}{R_s}$$

由以上公式可知反相放大器的放大倍数，完全取决于外接电阻 R_f 和 R_s 的比值。当 R_f 增大或 R_s 减小时，它的放大倍数也就相应增大。但在输入失调电流不变的情况下， R_f 增加，输出失调电压亦增加，噪声也随之增大，所以 R_f 不能太大。

通常为使开环增益大，差动输入电阻 R_i 和输出电阻 R_o 引起的增益误差为最小。可用下式计算：

$$R_f = \sqrt{\frac{R_i \cdot R_o}{2\beta}}$$

式中 β ——反馈率， $\beta = \frac{1}{K_{\infty}}$ ， K_{∞} 是直流闭环增益。

2. 同相放大器

电路见图 1-10 所示。由以上情况可知 $U_o = 0$ ，又运放

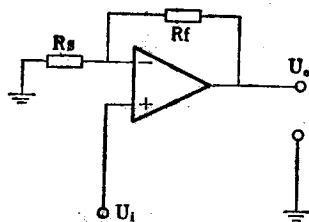


图 1-10 同相放大器

的输入阻抗 $R_i \rightarrow \infty$ ，所以流入运放的二输入端电流为零，根据他们变化量的关系可得到下式：

$$\frac{U_o}{U_i} = 1 + \frac{R_f}{R_i}$$

在理想情况下，放大倍数 F 只与两只电阻的比值有关，因此应用时具有较大的灵活性。当同相放大器的反馈电阻 R_f 等于零时， $\frac{U_o}{U_i} = 1$ ，即为理想的跟随器。

在实际情况下，由于存在失调电压 U_o ，所以当输入电压为零时，输出电压将不为零，即必须在输入端附加失调电压 U_o 才能使其为零。

3. 反相差放大电路

该电路的特点是：

- 1) 线路简单。
- 2) 线性度好。
- 3) 精度高。
- 4) 漂移小。
- 5) 带负荷能力强。

上海衡器厂生产的 ACS 型计价电子秤应用了此电路，见图 1-11 所示。

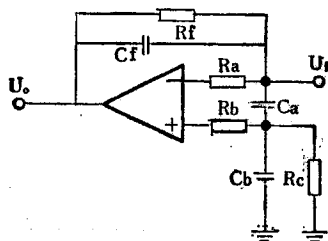
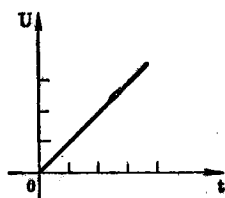
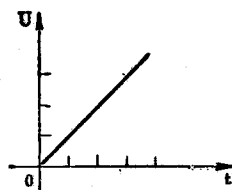


图 1-11 反相差放大电路

当来自传感器的输出电压 U_i 进入该放大电路后,在放大器的输出端就会输出一个经过倍率放大的等量的线性电压,用函数图形来表示见图1-12。



(a) 传感器输出电压



(b) 放大器输出电压

图1-12 输出电压

由 C_a 、 R_a 、 C_b 、 R_b 组成的低频滤波器,其作用是滤去由传感器而来的脉动电流。 R_c 为该放大器的平衡电阻,起调节放大器的平衡作用。 R_f 为反馈电阻,在该电路中起决定放大倍数的作用。 C_f 为反馈电容,在该电路中起积分和吸噪声的作用。

4. 同相串联式放大器

该电路见于 DS-230 型电子秤线路上,见图 1-13所示。

该电路的特点是:

- 1) 输入阻抗高。
- 2) 输出阻抗低。
- 3) 带负载能力强。
- 4) 抗共模信号好。

其中 A_1 为辅助放大器,作用是提高抗共模干扰,提高带载能力。 A_2 为主放大器,作用是把来自传感器的信号按比例线性放大。 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 是该电路的反馈电阻,起调整放大倍数作用。 C_1 、 C_2 、 C_3 、 R_a 、 R_b 等元件的组合是滤波电

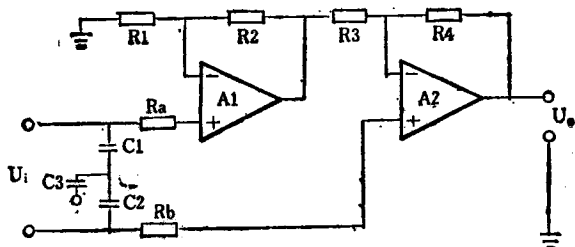


图1-13 同相串联式放大器

路,作用是滤去脉动电流。

三、采样保持电路

采样保持电路的任务是把不断变化的模拟信号在某一瞬间的值保持下来,直至下一次采样后又保持在新的电平上。因它是一种模拟信号的随机存储器,这种电路通常设在A/D转换之前。

采样保持电路的原理,见图 1-14 所示。

图中 SA 为开关,当开关控制端为低电平时 SA 导通。 U_i 通过 R_1 和 SA 向电容 C 充电,经过了一段时间后 $U_o = U_c = U_i$,即实现了采样。当控制端为高电平时,开关 SA 截止, U_i 被保持在电容器的两端。处于保持状态时,由于电容 C 和模拟开关的漏电流,使保持电容 C 两端的电压按一定的斜率衰减,也会产生误差。

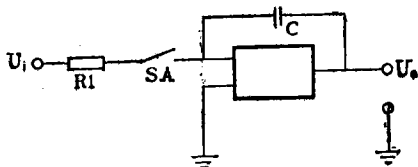


图1-14 采样保持电路

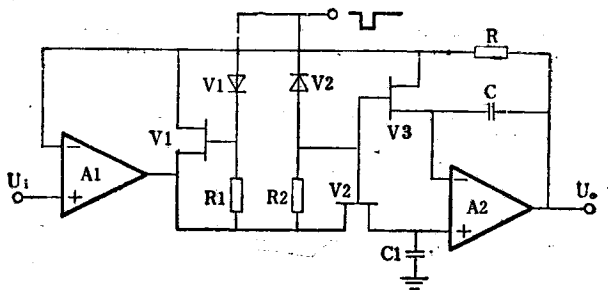


图1-15 改进型采样保持电路

为了解决以上的问题，可使用改进型的采样保持电路。线路见图 1-15 所示。

以上电路分采样和保持两个节拍。在采样节拍期间，控制端为高电平，使 V_1 截止， V_2 、 V_3 导通。于是 C_1 将被充电到 $U_i = U_0$ 。在保持节拍期间，控制端为低电平，使 V_1 导通， V_2 、 V_3 截止， V_1 导通的目的是使 A_1 有一个反馈通路，以维持输出电位稳定。 V_2 、 V_3 截止后， C_1 、 C_2 的两端在理想情况下，将各自维持原有的电压值，即 U_0 ，保持着采样电位。

四、A/D 转换器

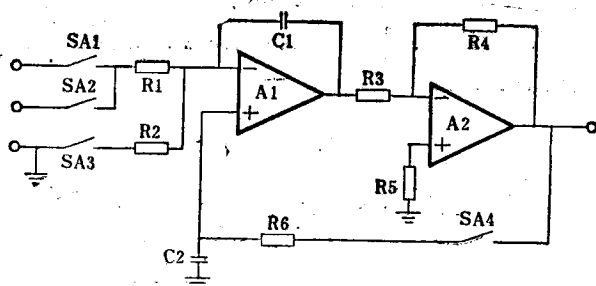


图1-16 A/D转换电路

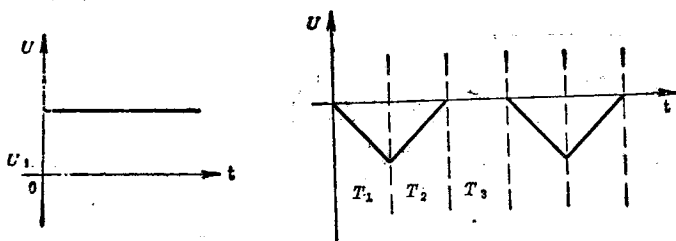


图1-17 积分器输出波形

传感器输出的模拟信号，经直流放大器放大后的电压信号，需转换成相应的数字量。用微型计算机 CPU 来控制高精度的积分式 A/D 转换器。其 A/D 转换器的简化电路见图 1-16 所示，积分器输出波形见图 1-17 所示。

1. 对输入电压取样积分

参照 ACS 型电子秤原理图(见附录一)。因单片机(8049)有八位 CTC(定时/计数)通导，所以由程序清除 CTC。设 CTC 通导为定时工作方式，开启 CTC 工作的同时，在 P14 输出“1”电平，经 7406 反相器(U016-4)输出为“0”，U005-1 输出为“1”，U003-4 导通，放大器输出的电压信号经 U1 取样积分。

因 U005-2 输入为“0”，所以 U005-2 输出为“1”，U005-4 输出为“0”。U003-3、U003-2 断开，校零电路关闭。由 V3、V4 组成的正与门电路，当 V4 输入为“0”，所以 U003-1 输出为“0”。U003-1 断开，反向积分关闭，积分器进入 T_1 状态，由放大器输出的正电压经积分后，输出负向的电压。

2. 对基准电压反积分

在 CTC 设定采样定时方式时，CTC 即产生中断信号，CPU 响应中断服务程序 P14 口输出“0”信号，经 U016-4 输