

# 称重传感器并联组秤的偏载调试技术

马鞍山市计量测试研究所 史贤林 唐 岩 朱报平

**【摘要】** 本文分析了电阻应变式称重传感器并联组秤的偏载误差调试原理，重点介绍了一些调整偏载误差的实用电路和实际调试时需注意的事项。

**【关键词】** 称重传感器；并联组秤；偏载调试

## 一、引言

中、大型电子衡器均由几个电阻应变式称重传感器（以下简称为称重传感器）组成，而称重显示仪表则仅用一块。对于几个称重传感器组秤的联接有二种方式，即串联组秤和并联组秤。由于电子技术的飞跃发展，单片机的普及，称重仪表的输入灵敏度等性能的极大提高，完全满足了并联组秤的技术要求，所以从上世纪 80 年代国内也淘汰了串联组秤，普遍采用并联组秤方式。

然而由于电子衡器受土建施工和机械安装的影响，易造成各个称重传感器受力的不均匀。加之称重传感器的制造，虽经电路补偿与调整，各项参数也不可能做到完全一致。这样有可能会给用多个称重传感器并联工作的电子衡器带来不能接受的偏载误差。电子衡器业内周知偏载测试合格与

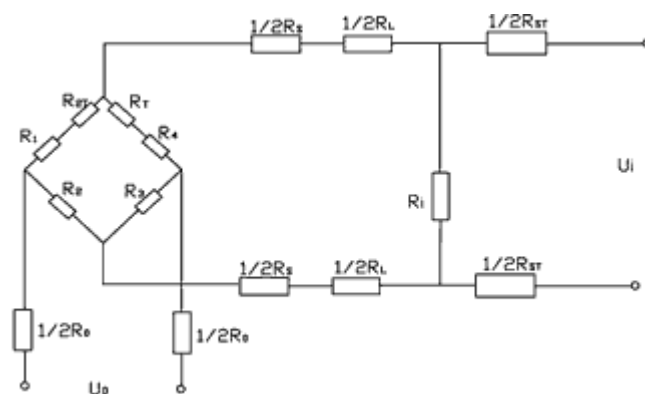
否，是电子衡器能否通过检定，正常使用的关键一项。因此分析称重传感器并联组秤时偏载调试的原理，减小偏载误差，探讨有效合理的调试方法十分必要。

## 二、称重传感器并联电路简析

### 1、一个称重传感器的电路

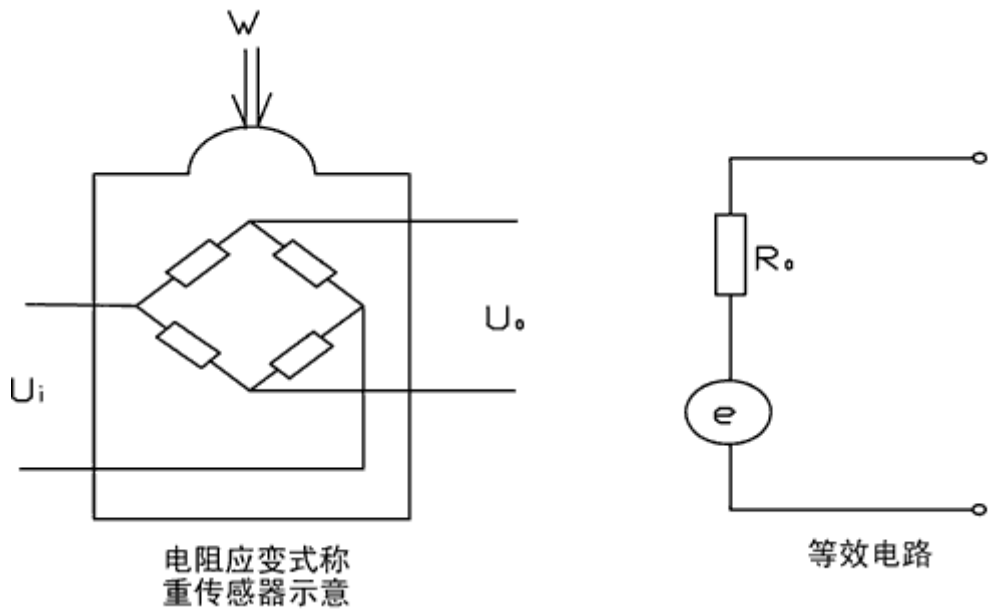
称重传感器是在弹性体上按照一定的规律粘贴电阻应变片且接成电桥电路形式。为使多项技术参数达到要求，还需逐个进行电路补偿与调整，加一些补偿电阻。如图一所示。

根据戴维定理，一只称重传感器的电路可以等效为一个电压源和与其输出阻抗串联的电路 如图二所示。



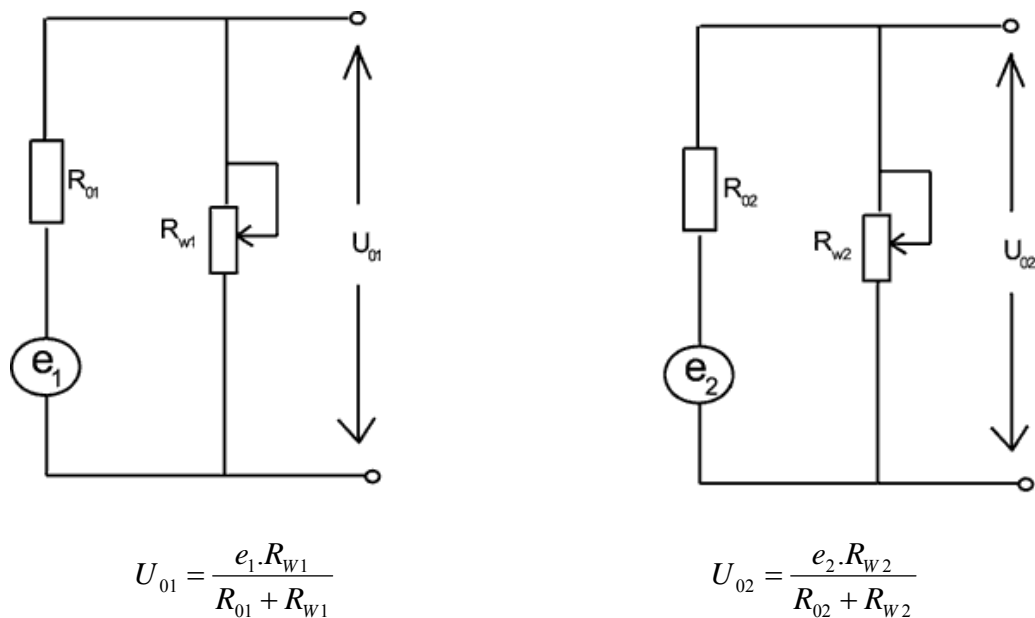
- |                            |                     |
|----------------------------|---------------------|
| $R_1, R_2, R_3, R_4$ 电阻应变片 | $R_{ST}$ 零点输出温度补偿电阻 |
| $R_0$ 输入阻抗补偿电阻             | $R_2$ 零点输出补偿电阻      |
| $R_L$ 线性补偿电阻               | $R_0$ 输出阻抗补偿电阻      |
| $R_s$ 灵敏度补偿电阻              | $R_{ST}$ 灵敏度温度补偿电阻  |

图一



图二

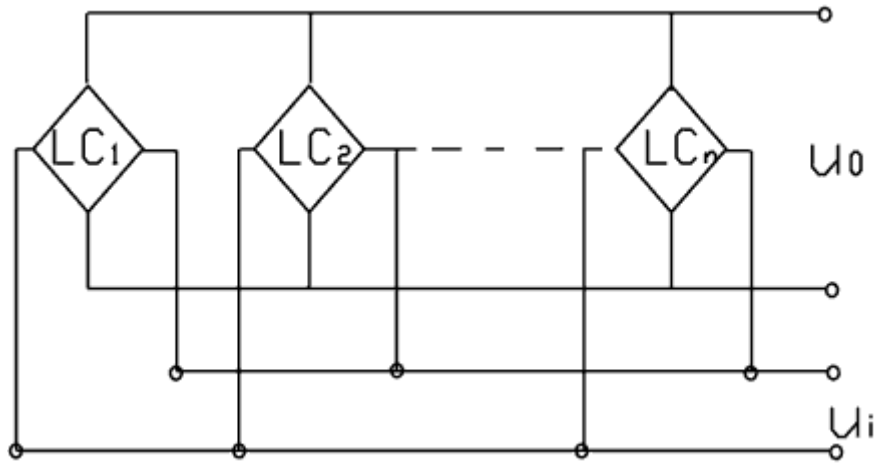
$e$ 是称重传感器受载后产生的电压信号，其大小正比于称重传感器的灵敏度系数 $K$ 和重量 $W$ 的大小。 $R_o$ 是称重传感器的输出阻抗。如果在称重传感器输出端并接一个可调电位器 $R_w$ 加以调整，则可使多个称重传感器的输出电压相等，即 $U_{01}=U_{02}=U_{0n}$ 。如图三所示。目前应用最多的偏载误差调整方法就是基于此原理。



图三

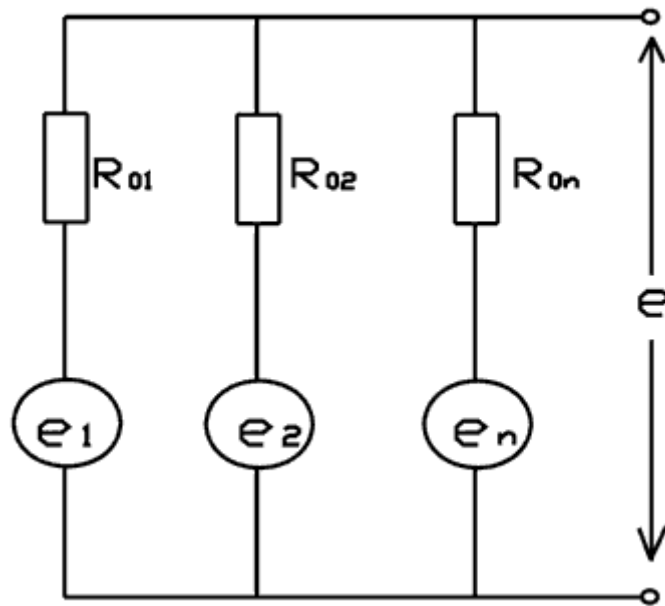
## 2、多个称重传感器并联的电路

多个称重传感器并联连接电路如图四所示。多个称重传感器的输入端并联，由称重仪表里的直流稳压电源供电作为桥压，输出端也并联，输出信号电压至称重仪表。



图四

$n$ 只称重传感器并联输出的等效电路如图五。 $e_i$ 为第 $i$ 个称重传感器输出端开路的输出电压。 $R_{0i}$ 为第 $i$ 个称重传感器在电压源短路的输出电阻。 $e$ 为 $n$ 个称重传感器并联后的总的输出电压。



图五

图五并联输出等效电路的节点电压方程式为：

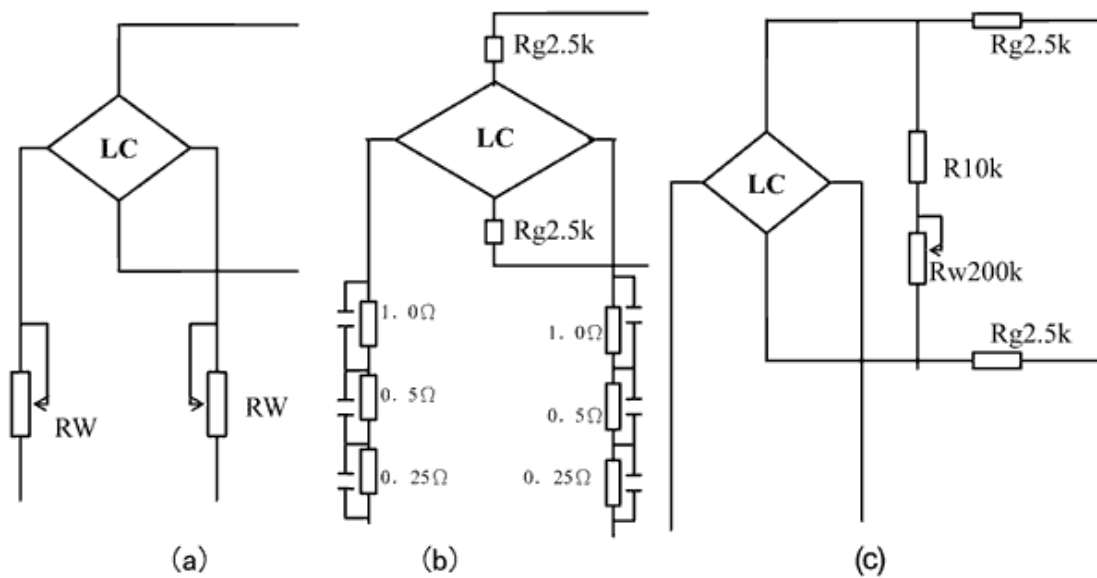
$$e \left( \frac{1}{R_{01}} + \frac{1}{R_{02}} + \dots + \frac{1}{R_{0n}} \right) = \frac{e_1}{R_{01}} + \frac{e_2}{R_{02}} + \dots + \frac{e_n}{R_{0n}}$$

因为 $e_i = k_i w_i$

$$\text{所以 } e = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{k_i w_i}{R_{0i}}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_{0i}}}$$

由上式可以看出，对于用n个称重传感器并联组成的电子衡器， $\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_{0i}}$  必然是一个确定的常数，它不会给电子衡器造成偏载误差。而 $K_i$ 和 $R_{0i}$ 的分散性却会直接影响e和w成正比的关系。也就是说，只有当多个称重传感器的灵敏度系数 $K_i$ 和输出阻抗 $R_{0i}$ 都相等，或者它们的比值 $\frac{K_i}{R_{0i}}$ 相等时，才能保证同一载荷W在电子衡器台面不同的位置上，显示值一致，即无偏载误差。显然多个称重传感器并联组秤所必须具备的条件是各称重传感器的 $\frac{K_i}{R_{0i}}$ 比值一致。但由于大批量生产制造出来的同一系列同规格称重传感器的灵敏度系数和输出阻抗存在一定离散性是不可避免的，加之土建施工、机械安装因素，所以多个称重传感器并联组秤都需要设置接线调整盒来解决偏载误差问题。

### 三、实用的调整电路



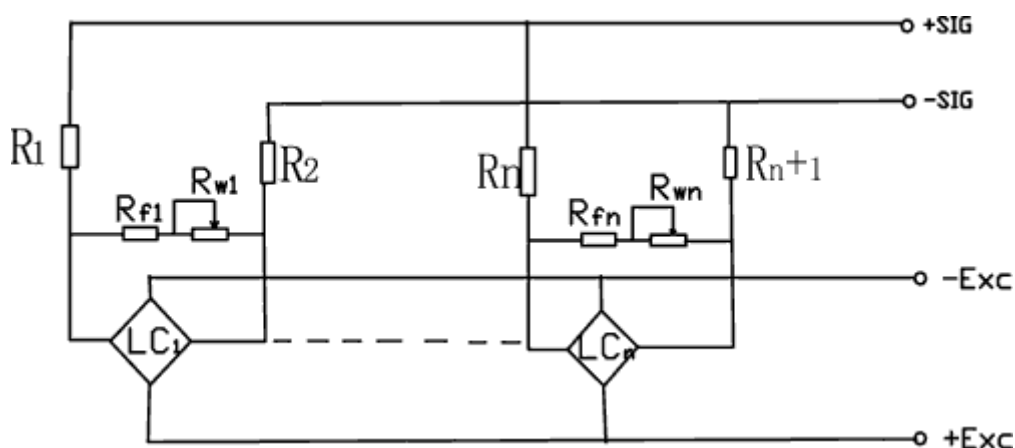
图六

称重传感器并联组秤时，常用的偏载误差调整的方式如图六所示。众所周知，称重传感器生产制造时对各种技术参数的补偿修正都是对称调整实施的。例如灵敏度系数调整电阻就是以对称形式连接在输入端的两边。所谓电压调节方式，实质上是微调其灵敏度系数，故也应该以对称形式出现在输入端。

上世纪90年代金钟公司生产的静态电子轨道衡就是采用图六(a)方式，是在多个称重传感器输入端各串接一对精密电位器( $RW=20\Omega$ )，对多个称重传感器得到的激励电压作细微的调整，从而改变其灵敏度系数，以使各称重传感器的 $K_i/R_{0i}$ 比值趋于一致，消除偏载误差。

图六（b）为一进口称重设备上接线盒中的电路。一是在多个称重传感器输出端串联一对误差小 0.05%的精密电阻（2.5K~5K）。精密电阻阻值远大于称重传感器的输出电阻，从而相对有效地减小称重传感器输出电阻的离散程度。二是在输入端两边对称的串接三个小阻值的精密电阻，每个电阻有短接焊点，供调整之用。实质上是改变每个称重传感器所得到的激励电压值的大小，微调其灵敏度系数，达到各称重传感器的 $K_i/R_{oi}$ 比值一致。实际使用情况表明，这种调整方法相对比用电位器（图六（a））的长期稳定性要好。上二种调整方式，在调试时要注意两边对称调整。早期有些调整电路仅在输入端单边串接一只精密电位器，易造成称重传感器中点电位的差异，对输出零点和称量精度都会带来影响，这是不提倡使用的。

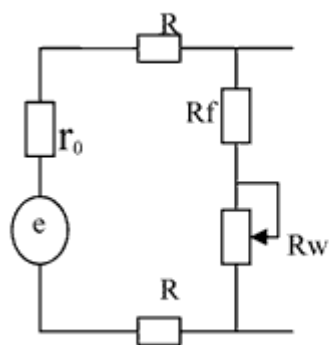
图六（c）是多个称重传感器并联组秤普遍采用的一种调整电路。电阻 R 是为了防止电位器  $R_w$  短路而设，精密电阻  $R_g$  为隔离电阻，将各称重传感器经调整后的电压隔离开来，称重传感器输出电压经过各自的隔离电阻，并联起来送至称重仪表。显然，通过改变  $R_w$  可以使各个称重传感器输出电压趋于一致，加之隔离电阻也能起到减小称重传感器输出电阻离散程度的作用，这样有效的消除了偏载误差。实际使用时的接线如图七所示（未画出 TVS 管）。此法我们最早见于上世纪 80 年代中托利多公司生产的电子汽车衡中，后被大家接受，广泛使用。



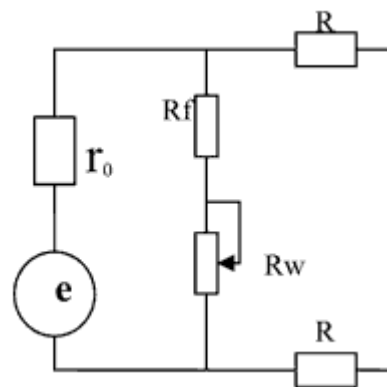
图七

可以明显的看出来，和近来有些文章中所给出的电流调节方式的电路（《衡器》2010年5期26页图3）相比，虽然电路参数相同，但其作用效果大不一样。在不考虑其他并联称重传感器的影响情况下，画出二种等效电路，以输出电阻 $R_o=700\Omega$ 的称重传感器为例，下面的等效电路图（右图）调节范围为： $-0.3\% \sim -6.5\%$ ，调整量为 6.2%。《衡器》2010年5期第26页图3的等效电路调节范围为： $-2.6\% \sim -36.3\%$ ，调整量为 33.7%。近年来国产称重传感器质量普遍提高，尤其是几个大厂的，完全满足并联组秤的要求。不知设计如此之大的调整量有何用？且一开始会造成称重传感器输出信号电压衰减近 3%，真令人难以理解。所以我们认为下图 3 方式是不妥的，主要是隔离电阻起不到隔离

电阻应有的作用。开始我们臆断，可能是作者粗心把隔离电阻的位置画错了，或者是印刷有误。然而我们在先后不同的三篇文章（中国计量 2009-5-91 页，计量技术 2009-12-58 页，衡器 2010-5-26 页）中都看到是同样的表述，不知作者是否实际使用过这种调整方式，我们推测，如不是特例，下图 3 方式是无法正常工作的。



《衡器》2010-5-26 页  
图 3 的等效电路



等效电路

#### 四、实际调试时应注意事项

##### 1、选配称重传感器

因为多个称重传感器的  $\frac{K_i}{R_{0i}}$  比值相等是并联组秤的必备条件，所以要有意识的尽量选择

灵敏度系数  $K_i$  和输出电阻  $R_{0i}$  的数值接近一致的称重传感器作为一组，供并联组秤用。不要依赖有调整电路，随意地取几个进行组合，这样有可能会给偏载调试带来麻烦。

##### 2、检查称重传感器受力情况

在实际调试时，当发现偏载误差较大时，应首先检查和排除因基础施工和机械传力机构安装不当所造成的故障。比如固定称重传感器的承重底板的水平和高差是否达到设计标准要求，各称重传感器受力是否正确，找出产生偏载误差的真正原因，不要轻率地就进行调整，因为一般调整电路的可调范围不大，这样往往会无功而返，即使能够调好也会留有隐患，尤其是对于新安装的秤。

##### 3、接线盒与称重传感器匹配の確認

要检查一下接线盒内的调整电路是否与称重传感器的输出电阻相匹配。接线盒（图六 C）是批量生产的通用标准配件，供输出电阻为  $350\Omega \sim 1000\Omega$  的多种称重传感器并联组秤时，偏载调试用。但对于输出电阻为  $4K\Omega$  的称重传感器就不适合了，需重新配置调整电路中的电阻。另外，接线盒中的多个电位器在调试前，应注意检查是否处于中间位置，以便可以向两个方向调整。首先用约等于  $(Max/N-1)$  值的稳定载荷把  $N$  个承

重点检测一遍，记录下 N 个数据，然后依照“少数服从多数，向中间值靠拢”的原则进行调试，这样可使 N 个数据尽快趋于一致，顺利完成偏载误差的调试检定工作。

#### 五、结束语

电子衡器的偏载测试是检定工作中至关重要的一项，在实际操作中，从业人员能对偏载误差产生的原因作出正确的判断，明确调整的原理，掌握行之有效的调整方法是十分必要的。

#### 作者简介

史贤林，男，马鞍山市计量测试研究所所长，高级工程师

地址：安徽省马鞍山市公园路 4 号

邮编：243000

电子信箱：zbp1231@sinm.com

电话：0555-2355162