

# 多称重传感器组秤系统中免角差调节的解决方法

□ 闻凤连 李亮亮 王显海

(常州信息职业技术学院电子工程学院, 江苏常州 213164)

**【摘要】**为了提升多称重传感器组秤系统的称重准确度和稳定性,并减少角差对测量结果的影响,本文通过设计了一种新型的称重传感器组桥板来优化角差性能。通过力机模拟组秤测试和多称重传感器平台组秤测试,证实了该组桥板能够实现在多称重传感器组秤系统中无需进行角差调节,从而显著提高了称重系统的准确性和稳定性。

**【关键词】**多称重传感器组秤系统;角差免调节;组桥板电路

文献标识码: A

文章编号: 1003-1870(2024)11-0035-04

## 引言

在工业应用中,角差是多称重传感器组秤系统的一个重要误差来源,会影响到称重的准确性和稳定性。角差是指在相同的重量下,不同称重传感器所显示的读数之间存在差异,这种差异可能由多种因素引起,包括称重传感器的制造误差、安装不准确、信号干扰等。而由模拟式称重传感器组成的承载器,由于信号的不可辨别,校准时需在每个称重传感器上加砝码并利用接线盒中的电位器进行角差调整,但是各个称重传感器间存在着相互作用,因而需反复多次调整,大大增加了企业的成本<sup>[1]</sup>。因此设计出免角差调节的多称重传感器组秤系统在实际应用中具有显著的优势,有助于提高工业过程的准确性和效率,同时降低运营成本。

### 1 多称重传感器组秤系统的角差调整

多称重传感器组秤系统是把承载器上的重物在重力作用下经模拟称重传感器转换输出与重量数值

成比例的模拟信号,再汇总连接到接线盒,模拟称重仪表采集接线盒的输出,并进行数据处理后转换为直接显示的重量数据。多称重传感器组秤系统的构成框图如图1所示,可以把多称重传感器组秤系统分为模拟称重显示仪表、接线盒和承载器(模拟称重传感器、传力及限位机构、承载平台)三部分组成。通常角差测试需要在承载器上加上一定的砝码进行初步标定<sup>[2]</sup>,标定完成后,移除砝码,再进行四角误差测试。使用适量的砝码分别放置在图1所示的“①”号、“②”号、“③”号和“④”号的位置,即承载器的每个角上,检查仪表显示值与实际值之间的误差。如有误差时,需要调节有偏载超差的模拟称重传感器对应的电位器进行角差调整。由于模拟式称重传感器存在着相互作用,因而需要反复多次调整才能达到要求,该调整过程非常繁琐、费时。

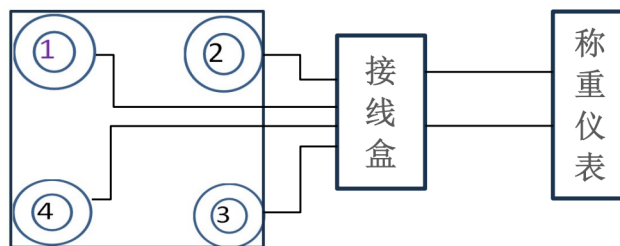


图1 多称重传感器组秤系统方框图

## 2 设计新型组桥可实现免角差调节

通过深入剖析角差产生的因素，本文开发了一款新型组桥板，其能够在多称重传感器组秤系统中实现高精度的测量，无需依赖后续繁琐、费时的角差调整，直接提供了免角差调节的解决方案。

该新型组桥板的电路原理图如图2所示，组桥板全部采用贴片电阻，其创新之处在于输出端安排了三个Z电阻的配置点，分别标记为Z1、Z2和Z3。该电路设计的目的是为了获得电桥电路两侧Z电阻的“最高对称度”，也就是使Z1和Z3的组合值尽可能接近Z2的值，以此确保整个称重传感器组秤系统的角差最小化。

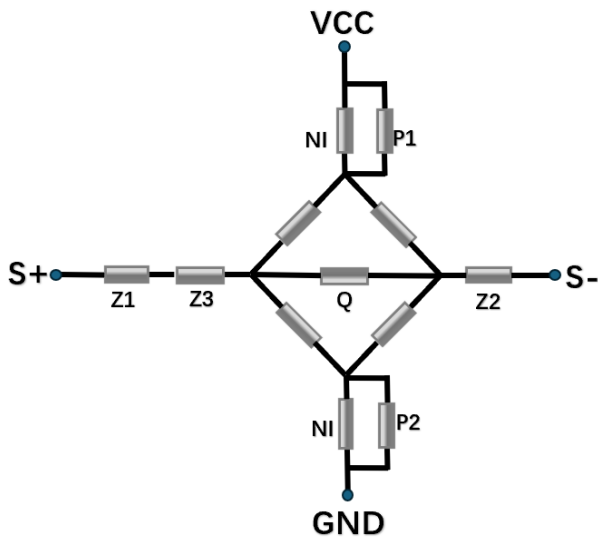


图2 新型组桥板原理图

本文采用“最高对称度”而非“绝对对称度”的论述，是因为电子元件制造商为了简化电阻值的规格管理，遵循了一套标准化的电阻值系列，即EIA标准。市面上常见的有E6、E12、E24、E48、E96、

E192等系列，这些系列为电阻值的生产和选用提供了标准化的选项。在实际生产中，企业需要平衡物料管理成本和系统精度要求。对于低准确度等级的称重传感器组秤系统，E48系列的电阻通常已足够实现免角差调节。然而，对于追求更高准确度等级的组秤系统，则可能需要采用更精密的E96系列电阻，以确保系统能够达到所需的高性能标准。通过这种方式可实现Z电阻的最大程度对称性，从而真正实现了高准确度等级称重传感器组秤系统的免角差调节。

## 3 多称重传感器系统中免角差调节的验证

为验证新型组桥板在角差性能上的优势，必须执行一系列详尽且严格的测试，包括对比试验，以全面考核角差性能。本文给出了两种验证测试方法，即在力机上模拟组秤测试和平台组秤测试。通过两种综合的性能评估测试，可以更准确地判断新型组桥板是否真正获得了免角差调节。

### 3.1 力机模拟组秤中免角差性能的验证

在多称重传感器组秤系统中，角差不仅受电信号的影响，还受到承载器刚度的影响，后者对测试的重复性尤为关键。为了更准确地反映电信号的影响，尤其是Z电阻不对称性对角差的具体影响，力机上模拟组秤测试提供了一个更为直观的评估方式。本测试采用了8只模拟称重传感器（编号为1#、2#……8#），并将它们随机混合组装成6台基于4个称重传感器的组秤系统，且特别设计了三种不同的Z电阻不对称情况，情况一是不对称值小于 $1\Omega$ ，情况二是不对称值小于 $3\Omega$ ，情况三是不对称值小于 $7\Omega$ 。这样的设计旨在深入分析Z电阻不对称性对力机模拟组秤角差的具体影响，测试结果已系统地记录在下表中。

表 Z电阻不对称对力机模拟组秤角差的影响

4个称重传感器组成的组秤系统	情况一: 所有称重传感器满足 $Z2-Z1 \leq 1\Omega$	情况二: 更换7# 称重传感器Z电阻(由 $Z2-Z1=1\Omega$ 改为 $Z2-Z1=7\Omega$ )	情况三: 更换2# 称重传感器Z电阻(由 $Z2-Z1=1\Omega$ 改为 $Z2-Z1=3\Omega$ ) 和7# 称重传感器Z电阻(由 $Z2-Z1=1\Omega$ 改为 $Z2-Z1=7\Omega$ )
1#,2#,3#,4#	542.52ppm		949.28ppm
1#,2#,5#,6#	406.81ppm		949.41ppm
1#,2#,7#,8#	542.70ppm	2642.99ppm	2576.80ppm
3#,4#,5#,6#	474.71ppm		
3#,4#,7#,8#	406.83ppm	2507.79ppm	
5#,6#,7#,8#	406.83ppm	2778.53ppm	

通过分析上表的测试数据，可以明确地看到，单个称重传感器的组桥板电桥电路两边电阻的不对称性越高，相应的力机角差也越显著。实验结果表明，在称重传感器的灵敏度保持一致的同时确保每个称重传感器的组桥板电桥电路两边Z电阻的不对称差值不超过 $1\Omega$ ，才能实现高准确度等级组秤系统的免角差调节。

### 3.2 多称重传感器平台组秤中免角差性能的验证

多称重传感器平台组秤的角差测试，对于确保称重系统的准确度和稳定性至关重要。为了验证Z电阻不对称性对多称重传感器平台组秤角差的具体影响，本文一共制作了16只采用新型组桥板的模拟称重传感器，随机组装了12台1.5T且精度为C3的平台秤进行对比测试。称重传感器的编号分别是1#、2#……16#，根据产品标准，该组秤系统的允许角差应控制在 $0.5\text{kg}$ 以内。平台组秤测试如图3所示，利用砝码依次在图中所示四个位置加载，同时依次记录每个位置的实测重量，由此计算角差。

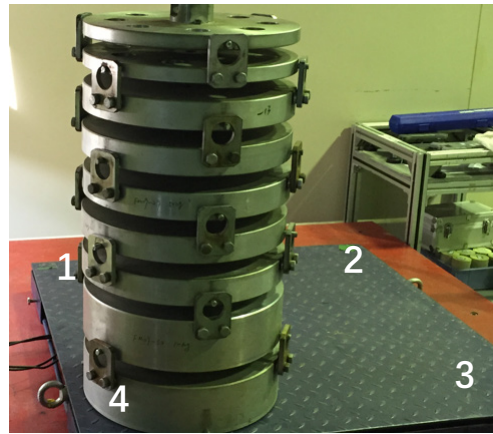


图3 多称重传感器平台组秤的角差测试

在平台组秤角差验证测试中，探究了两种Z电阻不对称情况对角差的影响。第一种情况是考察较大的Z电阻的不对称值的影响，即 $Z_2 - Z_1 > 3\Omega$ ，对12台秤进行了角差测试。第二种情况是调整Z电阻的不对称值使其控制在较小范围内，即 $Z_2 - Z_1 < 1\Omega$ ，同样对12台秤进行了角差测试。使用新型组桥板模拟称重传感器平台组秤的角差性能测试结果已在图4中清晰展示，直观地反映了Z电阻不对称性变化对平台组秤角差的影响。

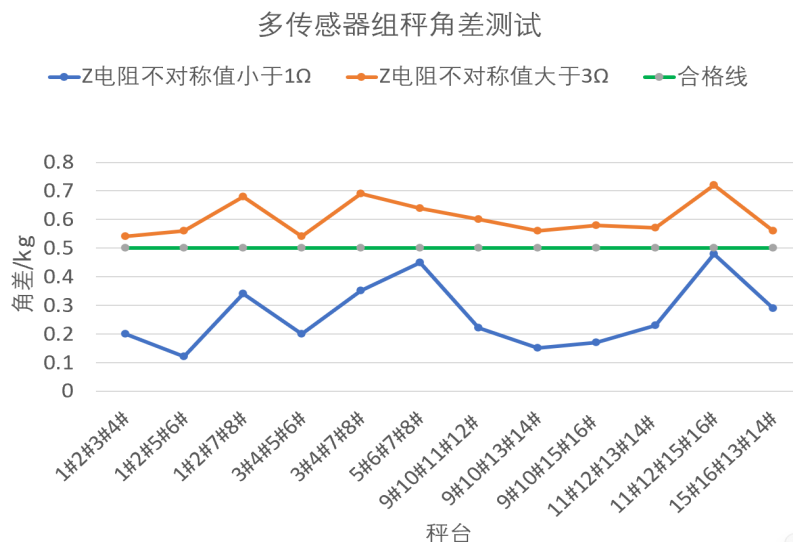


图4 Z电阻对称性对组秤角差影响

图4中的绿色线条代表了 $0.5\text{kg}$ 的角差合格标准线。根据图4的数据显示，当称重传感器组桥板的Z电阻不对称值超过 $3\Omega$ 时，所有参与测试的12台秤的角差均超出了合格标准，如图4中橙色线条所示。相反地，当调整称重传感器的Z电阻不对称值，使其

不对称值降至 $1\Omega$ 以下，所有秤的角差均满足了精度要求，如图4中蓝色线条所示。实验结果明确指出，当组桥板电桥电路两端Z电阻的不对称性控制在 $1\Omega$ 以内时，可以成功实现高精度组秤系统的免角差调节。

总之，在实际生产中要实现C3精度及以下多称重传感器组秤系统的免角差调节，需满足以下关键条件：

(1) 精确调节每个称重传感器的输出灵敏度，确保所有称重传感器的输出灵敏度 $\frac{E}{R}$ 保持一致性。

(2) 严格控制称重传感器组桥板电桥电路两边Z电阻的对称性，将电桥电路两边Z电阻的差值限制在 $1\Omega$ 以内，还需确保Z3电阻的取值范围在 $0.1\Omega$ 至 $0.9\Omega$ 之间。为达到这一精度要求，企业应选择E96系列电阻，以满足电阻补偿的需要，并相应调整生产线上的Z电阻补偿程序。

通过这些细致的调整和控制措施，可以显著提高多称重传感器组秤系统的整体性能，实现高精度的免调节操作。

#### 4 结语

通过对模拟称重传感器的组桥板电路结构进行细致的改进研究和实践应用，设计并开发了一款新型组桥电路板，并通过理论分析与仿真实验验证了

其性能。新型组桥板采用三个Z电阻配置点，优化了电路结构，减少了因电阻不对称导致的角差，满足了高精度称重系统的要求。实验结果表明，当组桥板电桥电路两边电阻不对称性控制在 $1\Omega$ 以内时，成功实现了C3精度及以下组秤系统的免角差调节，提高了称重系统的准确性和稳定性。通过这些措施，不仅提升了产品性能，也为降低生产成本和提高客户满意度提供了有效途径。

#### 参考文献

- [1] 黄惠鹏. 数字式称重传感器电子汽车衡的角差调整[J]. 计量技术. 2008 (06):70-72.
- [2] 王小斌. 浅谈电子汽车衡的角差调整[J]. 计量与测试技术. 2012 ,39 (12): 22-24.

#### 作者简介

闻凤连（1985—），女，硕士研究生，高级工程师。主要从事称重传感器的研究。