

# 称重系统免加载标定技术研究

梅特勒-托利多（常州）精密仪器有限公司 朱子健

**【摘要】** 本文介绍了一种对称重系统标定的简便且精度相对较高的方法，通过对标定原理，过程及称重系统结构，各影响量的分析，得出一套免加载标定的实现方法，在后来又介绍了一种用小载荷精确标定系统的方法，这些方法对许多在过程控制领域中的大料罐的标定具有很高的实用价值。

**【关键词】** 免标定 称重系统 量程系数

Calibration free, Weighting system, span parameter

## 引言

随着工业自动化要求及现代工业发展的需要，在工业过程控制方面称重系统的应用越来越多，尤其是在传感器模块方面的应用也越来越多。例如石化行业中许多过程控制用大料仓的称重，大罐子的称重等非贸易结算的场合，尤其是很多用流量计的场合现在都改为的称重方式，在系统进行标定的时候存在许多实际操作的困难，这些大料仓，大罐子的称重系统通常都很难加载。通常的做法有替代法标定，是指用水来代替砝码再称量水的重量的方法标定，非常繁琐。同时有些容量巨大的称重系统如上千吨的称重系统，从组织砝码开始标定一次的代价非常之高，即使用加载的方法标定通常只是加载到满载的5%左右，精度无法保证，有的根本就无法加载（如密封的罐）。所以就提出了能否不用加载的方式进行标定的市场需求。首先从用户的角度来讲极大的方便了用户，系统的安装调试非常方便，大大节约标定系统的成本，提高效率。其次，从商务及技术先进性角度来讲，那些没有掌握免标定技术的公司在竞标中就处于劣势，而能提供给用户有免标定功能的厂家就明显占据竞争优势。

这种免加载标定的方法可以称之为电子标定法，即用高精度模拟器模拟传感器在加载情况下的实际输出，这种应用以前就有，但精度很低。本文介绍的标定方法是通过测量或计算研究在不同情况下系统各个相应环节的信号衰减，如何更准确的模拟真实系统输入到仪表进行设定时的输出，可以达到不用加载比较精确的标定系统的目的，在机械误差较小的情况下可以达到千分之一的精度。

由于国家的计量法，在牵涉到贸易结算的秤的标定是不便采用此种这种免标定的方式的。同时由于这种免加载标定是无法消除称机械误差的，在称台机械误差较小及精度要求不是非常高的场

合，加载困难或无法进行加载时具有很高的实用价值。

## 1. 标定原理及称重系统组成

### 1.1 标定原理：

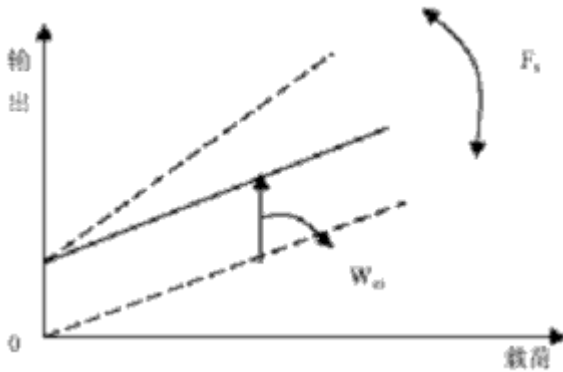


图 1 传感器总输出曲线

参见图 2：其中横坐标是加载的重量，纵坐标是仪表显示的输出重量值。由于总的输出值含有零点总输出信号，而零点总输出信号是一个与称重变化无关的常量，所以要将零点输出从总的输出值中减去。图中  $W_{oi}$  是秤的零点输出， $F_s$  是调整斜率的，即所谓的量程系数。秤的标定完的数据输出（重量值）可以由下式表示：

$$\widehat{W}_{ci} = (X_i - W_{oi}) * F_{ci} * F_s \quad (1)$$

$$\widehat{W}_{ct} = \sum_{i=1}^n \widehat{W}_{ci} \quad (2)$$

其中， $W_{ci}$  为标定完第  $i$  个传感器的输出的重量值

$X_i$  为第  $i$  个传感器的输出值

$W_{oi}$  为第  $i$  个传感器在空称台时的输出重量值

$F_{ci}$  为第  $i$  个传感器的角差系数

$F_s$  为量程系数

$W_{ct}$  为标定完的系统输出重量值

如果系统是模拟传感器组成的系统，系统中所有的传感器是通过接线盒接在一起输入到仪表，则上式可以表示为：

$$\widehat{W}_{ct} = (X - W_o) * F_s \quad (3)$$

其中， $W_{ct}$  为标定完系统的输出重量值

$X$  为系统传感器的输出值

$W_o$  为系统在空称台时的输出重量值

$F_s$  为量程系数

式中系统的输出值  $X$  为初始测量值，要得到标定后准确的重量值  $W_{ct}$ ，必须求得量程系数及空称台输出重量值（角差系数在这里都认为是 1）。为得到这两个系数则需要所谓的标定。标定时，先记录下空称台的输出，再加一个已知的重量，得到的系统输出值即可算出系统的量程系数，这是最

关键的参数。这样系统就标定好了，在以后的称重情况下系统输出值就为具体的重量值。

## 1.2 系统结构

系统构成参见下图，该免标定流程主要由传感器模块，接线盒，仪表，计算机，模拟器，电缆线，数字万用表等组成。

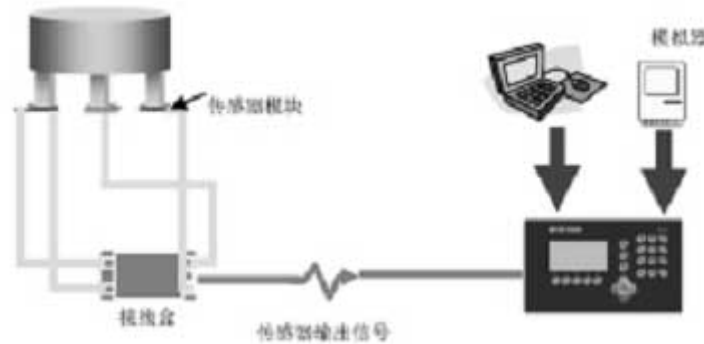


图 2 系统结构图

在上小节的标定原理的分析中我们可以得知，只要知道系统的量程系数及在空秤台下的输出，系统就可以标定了，如果没有载荷可加，只要知道系统量程系数那么整个系统也可以进行标定。系统免加载标定的原理对数字式传感器系统是通过传感器的灵敏度计算系统的量程系数；对于模拟传感器系统则是通过传感器模拟器来模拟在加载情况下的传感器的输出并计算系统的量程系数。

## 2. 免加载标定实施方案

从上面得分析可知，不加载标定的关键是确定系统的量程系数，只要知道量程系数就可以实现免加载标定，下面将系统分为数字系统及模拟系统两部分分别进行讨论。

### 2.1 数字系统的实施方案

一般的免标定是不能调整角差的，因为调整角差即相当于调整各传感器灵敏度的。模拟系统因无法得知灵敏度调整的大小，所以不作角差调整。数字系统如果希望免加载标定的时候考虑角差影响，可以通过一个未知重量的重物进行角差调整。

举例说明：

角差系数是用来平衡每个传感器的权重的，如果每个传感器角差系数为 1，则整个系统的输出为各传感器输出之和。这里角差调整可以通过测试出系统在每一角上的总的输出，然后计算出各个角的角差系数，下面通过一个例子来说明其过程。

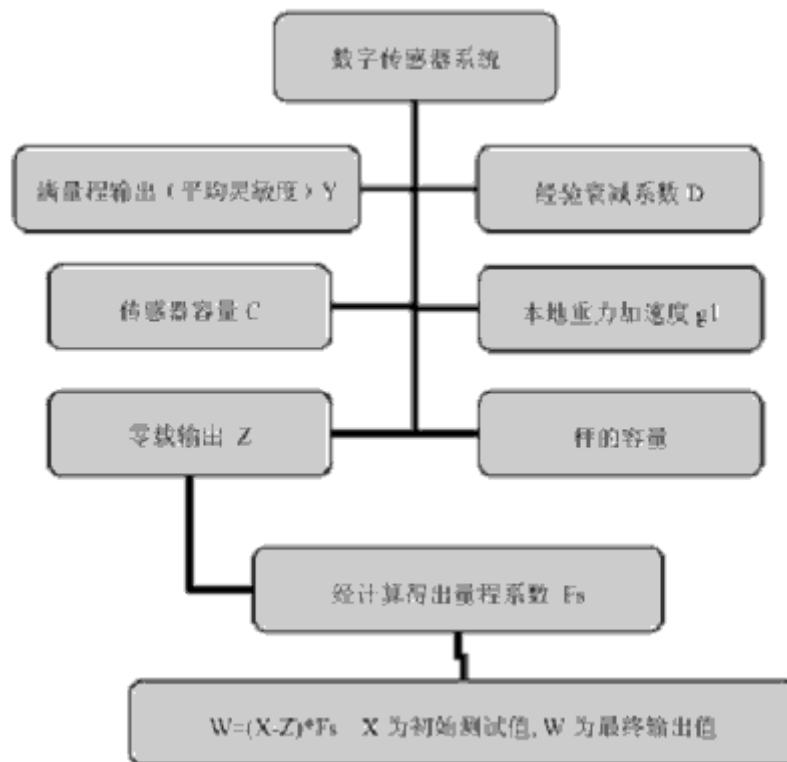
取 30 吨数字汽车衡，用 6 只 22.5 吨数字传感器（额定输出为 100000 内码），T800 仪表，角差调整过程如下：

1) 加载重块于各个角，读取仪表在各角的总输出值即： $\widehat{W}_{ct} = \sum_{i=1-6} \widehat{W}_{ci}$

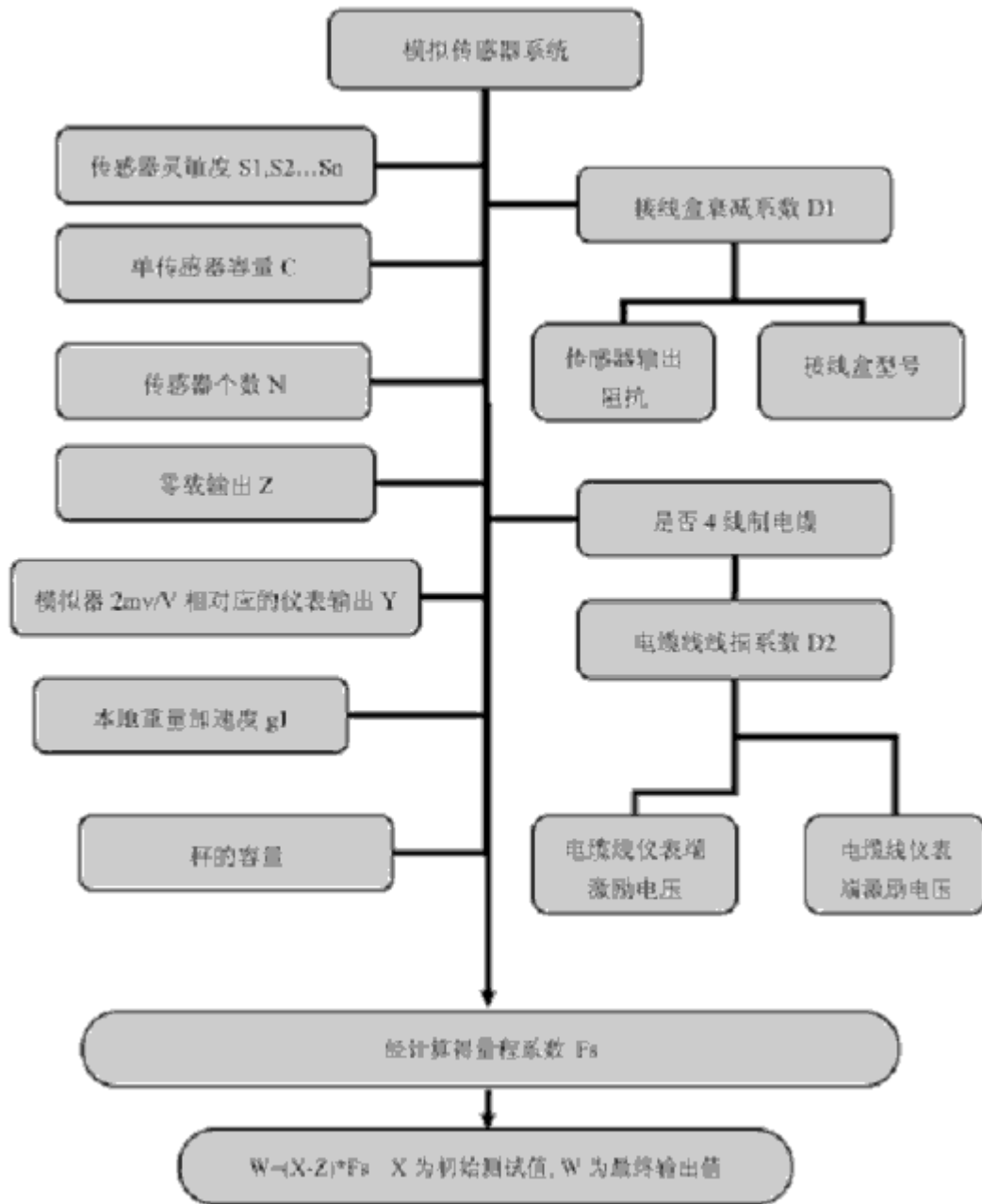
表 1 测试数据及新角差系数

位置	总输出值 $W_i$	角差系数 $F_{ci}$	归整后的角差系数 $F_{ci}$
1	51139	51139/51139=1	1/1.0000817=0.9999183
2	51145	51139/51145=0.99988	0.99988/1.0000817=0.9997983
3	51152	51139/51152=0.99974	0.99974/1.0000817=0.9996583
4	51136	51139/51136=1.00006	1.00006/1.0000817=0.9999783
5	51126	51139/51126=1.00025	1.00025/1.0000817=1.0001683
6	51110	51139/51110=1.00056	1.00056/1.0000817=1.0004783
平均		1.0000817	总合：6

如果不考虑角差的影响的前提下，如下是数字系统免标定的影响因素：



2.2 模拟系统的影响因素：



### 3. 逐步加载标定法

在有些场合需要标定精度较高，就必须考虑机械误差的修正，那么使用免加载标定就不能达到这种要求。这里有一种可以用小砝码加替代物标定的方法进行系统的精确标定。

#### 3.1 方案一

● 先按一般的标定方法用小砝码标定一遍，得到第一个从零载到一定重量（小砝码的重量）应用时的量程系数  $a_1$ 。

● 加替代物到一定重量（显示重量为小砝码重量左右，此时的量程系数为  $a_1$ ），再加小砝码重新标定，得到第二个从小砝码重量到 2 倍小砝码重量应用时的量程系数  $a_2$ 。

● 加替代物到显示重量为 2 倍小砝码重量左右，再加小砝码重新标定，得到第二个从小砝码重量到 3 倍小砝码重量应用时的量程系数  $a_3$ 。

● 以此类推直到达到该称重系统总容量的一定的百分比，得到一系列的量程系数，在仪表中根据需要确定适当的量程系数，也可以采取不同重量下采用不同的量程系数的方式。

注意事项：如果次数过多可能造成由砝码误差造成的累积误差。

### 3.2 方案二

● 先按一般的标定方法用小砝码标定一遍，得到第一个从零载到  $1/3$  系统容量时的量程系数  $a_1$ 。

● 加替代物到  $1/3$  系统容量左右，再加小砝码重新标定，得到第二个从  $1/3$  系统容量到  $2/3$  容量的量程系数  $a_2$ 。

● 加替代物到  $2/3$  系统容量左右，再加小砝码重新标定，得到第三个从  $2/3$  系统容量到满量程的量程系数  $a_3$ 。

● 在仪表中采用分段量程系数的方式进行计算。

## 4. 结束语

免加载标定是一种无法在现场实现砝码标定的取而代之的电子标定方法，是不能消除机械误差的。其精度关键取决于如何准确的模拟在传感器加载情况下的整个系统的输出，需要计算在各种情况下信号的损失，理清整个系统的构成形式，传感器的各自的特性（灵敏度，容量，6 线制还是 4 线制等），各个仪表的功能（分度数及分度值的设定等），接线盒信号损失及电缆上信号损失，及他们之间的相互关系等。本文介绍的逐步加载标定法则是在现场无法加载大砝码，又能大部分消除机械误差的一种实用的标定方法，具有很高的实用价值。

## 作者简介

朱子健，博士，高级研发专家

梅特勒托利多（常州）精密仪器有限公司.电阻应变式传感器过程开发组

邮 件: zijian.zhu@mt.com

电 话: 0519-6918020

手 机: 13701597508