

电容式高温称重传感器的研究与应用

江西新余钢铁公司自动化部 肖兴华 姚敬青

【摘要】 本文介绍了电容式称重传感器的原理、结构、特点及补偿方法。

【关键词】 电容式；高温；称重传感器；应用；研究

一、前言

在建设节约型社会，倡导循环经济的今天，高温环境中的称重技术，越来越受到重视。随着微处理技术的日臻完善，电子线路能紧靠电容式称重传感器的极板，解决了电容式称重传感器由于寄生电容、分布电容对灵敏度、准确度的影响；同时微处理技术对电容式称重传感器的温度特性和非线性进行有效补偿，出现了与电阻应变式称重传感器电子秤相媲美的电容式平台秤、吊秤等。另外，电容式称重传感器具有不需要使用有机材料或磁性材料，从原理和结构上解决了电阻应变式称重传感器在高温等恶劣环境中遇到的技术难题。电容式称重传感器在高温、低温及强辐射等恶劣环境下，能正常工作的特性，开辟了高温称重技术的又一新领域。电容式称重传感器在高温等恶劣环境中的应用正逐渐得到重视。

二、电容式称重传感器的结构与原理

电容式称重传感器的原理：电容式称重传感器是把被称物体重量转换为电容容量变化的一种传感器。通常为差动变间距电容式称重传感器，采用调频电路，实际上就是一个具有可变参数的电容器。当被称重物差动改变电容的间距而使电容发生变化时，振荡器的振荡频率发生相应变化，在鉴频器上变换为振幅的变化，经放大转换成直流的高电平信号输出，在称重仪表显示。这种电容式称重传感器能获得高于改变其它参数的电容式称重传感器的灵敏度，可以测量微米数量级的位移。同时具有非线性小，灵敏度高，抗干扰能力强，特性稳定的特点。

电容式称重传感器的结构：电容式称重传感器是由弹性组件、极板、极板支架、LC 振荡电路、密封壳等组件组成的变间距式电容传感器。为了简化结构，提高稳定性，高温电容式称重传感器的一个极板用弹性体的表面代替，另一片极板通过绝缘瓷片固定在极板支架上。

高温电容式称重传感器的组成：高温电容式称重传感器由传感器电容和陶瓷骨架的稳定电感器组成的 LC 振荡器、热敏电阻温度传感器、编码器电路、电源、高温双屏蔽电缆及补偿接线盒等组成。编码器电路见图 1。

高温电容式称重传感器采用双层屏蔽等电位传输技术，使双层屏蔽与信号传输导线为等电位，

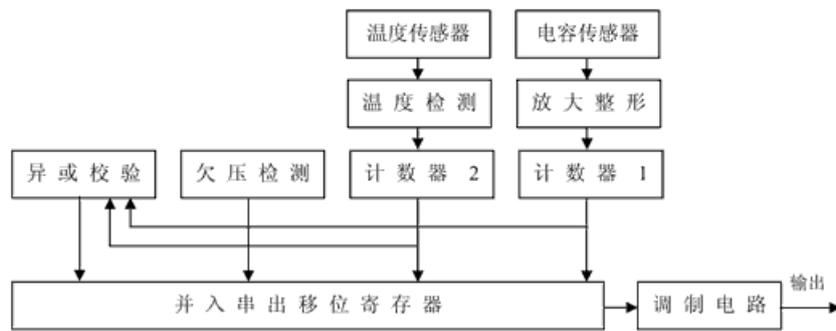


图 1 编码电路原理框图

消除引线及屏蔽层之间的电容。采用分段抛物线插值的算法进行线性化处理。具体方法是，在经常使用的高温范围内分 12 个秤量点，逐点进行标定，为了提高高温电容式称重传感器的稳定性，应进行两个循环的温度试验，测量出高温电容式称重传感器的输出特性曲线和温度影响曲线，用曲线拟合的方法外推-1 力级的数据并求出各秤量段的抛物线参数，将这些参数与温度影响曲线参数一起写入补偿接线盒的 EPROM 中，称重仪表的微处理器在称量时计算重量。同时补偿接线盒还起到平衡高温电容式称重传感器输出的作用。

三、高温电容式称重传感器的补偿方法

温度影响及补偿方法：温度对传感器性能影响的途径有，弹性体材料弹性模量的温度系数、分布电容、电感器的电感量、时间基准随温度的变化，传感器结构材料的热胀冷缩对极板间隙的影响等。由图 2 可知，这些因素对电容式称重传感器灵敏度影响的特点是满秤量相对误差与秤量的关系呈非线性，当量相对误差与秤量的关系呈线性。灵敏度温度补偿的方法见图 3，通过在不同温度下对电容式称重传感器的标定，确定量程两端（-1 力级和 120%最大秤量）的温度影响曲线，用线性插值的方法计算当前温度下对实际秤量点的补偿量。起始点的温度补偿也是通过温度试验取得起始点的温度影响曲线，再根据电容式称重传感器的实际温度对起始点进行修正。

湿度的影响主要是通过分布电容的变化起作用。当电容式称重传感器未密封时，在高温潮湿的环境里，电容式称重传感器输出灵敏度下降可超过 1%。为了防止湿度的影响，电容式称重传感器应密封起来，采用金属密封结构并充干燥氮气保护。

电容式称重传感器蠕变的补偿方法：应变传感器的蠕变可通过应变片、应变胶的负蠕变进行补偿，而电容式称重传感器是通过软件进行补偿。采用双指数曲线叠加法补偿，即补偿量为两条参数不同的指数衰减曲线的叠加，补偿效果较好，算法也不复杂。补偿量的计算公式如下：

$$Y_i = C_1 X_{1i} + C_2 X_{2i}$$

$$X_{1i} = DX_i + B_1 X_{1(i-1)}$$

$$X_{2i} = DX_i + B_2 X_{2(i-1)}$$

式中： Y_i —— 补偿量； C_1 、 C_2 —— 初偿系数；
 B_1 、 B_2 —— 衰减系数； DX_i —— 重量增量

补偿算法的参数可以通过理论分析计算，也可采用试验结果得出的经验数据。

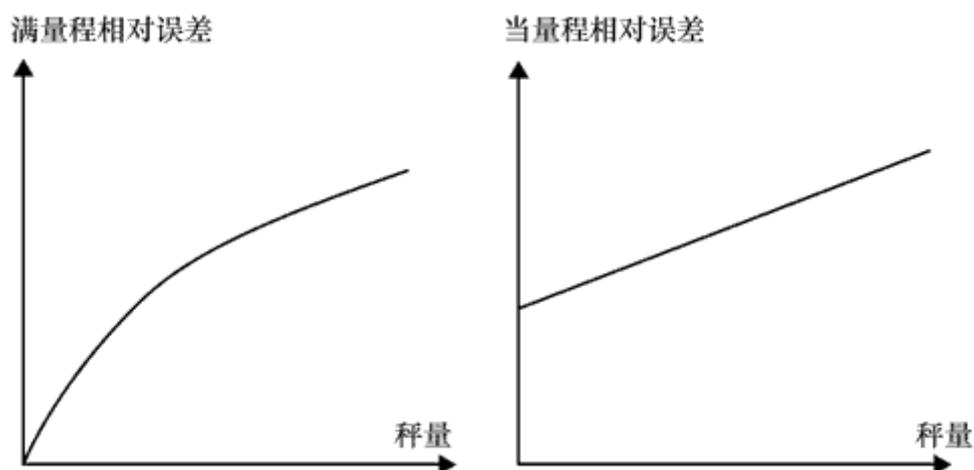


图2 参数变化引起的灵敏度误差的曲线

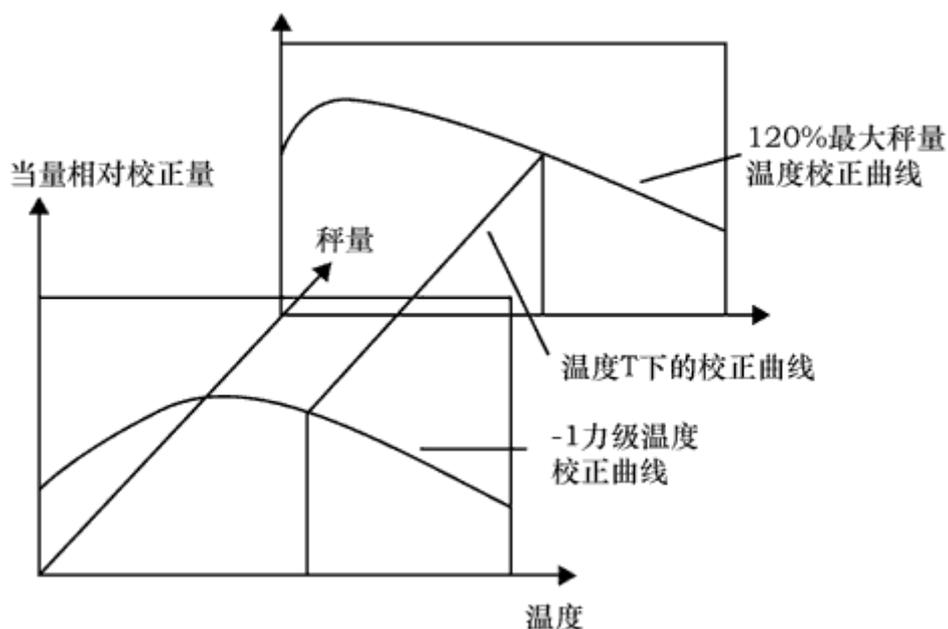


图3 温度误差校正示意图

影响电容式称重传感器滞后的因素有传感器结构（如极板的固定方式、密封罩的结构形式）、弹性体的应力集中、弹性材料的内摩擦、弹性材料的微观组织结构（热处理工艺和参数）和传感器的制作工艺过程等。电容式称重传感器的分散性较大，产生分散性的原因有极板的形位误差如平面度、极板间隙平行度的差别，电参数如分布电容、电感的分散性等。这些因素不但影响电容式称重传感器的输出特性的一致性，也影响电容式称重传感器的温度特性的一致性，因此每只电容式称重传感器连同双屏蔽电缆(按长度)都要模拟现场情况，经过不同温度的标定，计算出不同的补偿曲线

和补偿系数，采用曲线拟合的方法在补偿接线盒及称重仪表内进行补偿。

四、高温电容式称重传感器的结构特点

高温电容式称重传感器的绝缘材料必须有高的绝缘性能，足够的机械强度，高的形状稳定性及良好的抗湿性能。应考虑高温电容式称重传感器材料的膨胀系数与金属部件的膨胀系数相匹配。陶瓷是较理想的绝缘材料。

对金属部件电极及其支承件也要有较高的形状稳定性，电容极板内表面必须保持清洁，应防尘。对高温电容式称重传感器的壳体要求刚性好，且密封。极板尽量薄，在陶瓷材料上蒸镀金属膜作极板。

高温双屏蔽电缆应通过金属软管、金属线管进入补偿接线盒。补偿接线盒的安装位置应尽可能地避开高温区域。金属软管、金属线管应采取隔热保护措施。

每只高温电容式称重传感器都有一个 EPROM 和它相对应，更换高温电容式称重传感器时也需更换补偿接线盒中相应的 EPROM，而无需更换称重仪表。克服了高温电容式称重传感器一致性差的不足。

五、结束语

高温电容式称重传感器是频率量输出，而频率量信号放大过程不引入误差，测量容易，信号处理过程引入误差的环节少，有利提高系统的准确度。高温电容式称重传感器自身不发热，不会产生因自身发热而引起的零漂。不需要预热时间。

针对热辐射（烘烤）、传导形成的高温或高温与室温交替变化的情况，每只电容式称重传感器由于都是不同温度下标定的，且有温度传感器做温度补偿，所以电容式称重传感器在高温环境中表现出来的计量性能和长期稳定性都远远高于应变式称重传感器。

参考文献

1. 施汉谦、宋文敏，电子秤技术[M]，北京：中国计量出版社，1991。
2. 衡器原理、安装与调修[M]，北京：冶金工业部工人视听教材编辑部，1992。

作者简介

肖兴华（1964- ），男，湖南新邵人，高级工程师，毕业于武汉冶金科技大学，主要从事称重计量管理及技术工作。

邮编：338001 手机：13507902246