

# 一种罐体内料液重量测量方法

□四川中烟工业有限责任公司成都卷烟厂 黄亮 宿静 郭睿涵 蔡艳 廖晓宁

**【摘要】**烟草加工企业使用罐体盛装香精香料。本文介绍了使用超声、雷达和压力等几种测量罐内液体重量的方法。最终选用一种剪切梁电阻应变式称重传感器结合变送器和上位机系统对料液重量进行测量。

**【关键词】**液体重量测量；剪切梁；电阻应变式；称重传感器

文献标识码：B

文章编号：1003-1870（2024）02-0018-02

## 引言

烟草加工企业制丝生产环节为了提高产品香味特征、掩盖杂气、衬托香气，需要对烟叶进行加料加香处理，因此会使用许多罐体用于香料的调配、存储以及生产现场加料加香，并且罐子通常会安装称重传感器，用于测量罐子内香料的重量。

## 1 常见的料液重量测量方法

目前用于罐体内液体重量的测量方法有很多，例如超声波液位测量法、雷达液位测量法、压力测量法。这几种方法先测量出罐体内液体高度，再转换为体积或重量。

超声波液位测量是利用超声波脉冲原理进行非接触式测量，采用收发一体的超声波换能器，声波的发射和接收共用一个换能器，由发射端向被测液面方向发射超声波信号，遇到被测液体表面被反射回来，被换能器接收转换成电信号。通过分析发射超声波和回波的时间差，根据超声波的传播速度，计算出换能器到液面的距离，然后再根据安装参数，计算得出液面的深度。温度变化会引起声速变化进而出现测量误差，因此需要对温度进行补偿<sup>[1]</sup>。超声波通过压电物质的振动来发射，压力太大发声部件会受到影响，超声波液位计用于敞口容器测量

常压的液位，一般不用于对带压力环境的液位测量<sup>[2]</sup>。超声波液位计所发射的机械波需要借助传播媒介，所以不能在真空环境中应用。在挥发性液体有水汽、粉尘、液面上有泡沫等场合，会吸收声波造成测量误差，所以不宜选用超声波液位计<sup>[3]</sup>。

雷达液位测量通过探头发射高频电磁波，遇到料液表面时反射回来被仪表内的接收器接收，信号处理器检测发射波和回波之间的时差或者频率差，计算液面高度。相比超声波液位计，雷达液位计的测量范围更大，测量精度较高。雷达液位计采用电磁波，传播不需要介质，能够在真空环境中应用。不需要考虑温度、压力、粉尘、被测物质挥发性对测量的影响。雷达液位计相对超声波液位计价格昂贵，并且介质的介电常数会影响测量范围和稳定性，介电常数越大回波信号效果越好<sup>[3]</sup>。

压力测量法是利用安装在罐体上的压力称重传感器测量罐体内液体的压力，计算罐体内液体的高度，进一步计算出液体重量<sup>[4]</sup>。

采用超声波液位计、雷达液位计或者压力称重传感器测量液体重量，首先要保证测量液位准确。当罐子内存在搅拌器时，介质界面波动会直接影响液位高度或者压力测量的准确性。测量出液体高度

后还需要知道容器的容积表,其准确性直接影响容器内液体体积的准确性。最后为了得到液体重量还需要测量出液体的密度。当罐体变形容积变化时,容器的容积表还需要重新测量。因此,采用液位测量法或者压力测量法对罐体内液体重量进行测量和校准的过程相对复杂。

采用称重传感器测量罐体内液体重量是另一种较为常见的方法。称重传感器按转换方法分为光电式、液压式、电磁力式、电容式、电阻应变式等。目前,采用最广泛的是电阻应变式称重传感器,电阻应变式称重传感器主要由弹性体、应变片与测量电路三部分组成。电阻应变式称重传感器是基于电阻应变效应,在外力作用下,粘贴于弹性体表面应变区的应变片,跟弹性体一起产生形变,应变片产生形变后其阻值会发生变化,测量惠斯通电桥电路,将阻值的变化转化成电信号输出,从而间接测量出外力<sup>[5]</sup>。电阻应变式称重传感器根据结构不同分为多种类型,如单点式、弯曲梁式、剪切梁式等,其中剪切梁式称重传感器因其自身的优点得到广泛应用。剪切梁式称重传感器的弹性体受力后,测量的不是正应力,而是由剪切力引起的切应力。但切应力本身是测量不出来的,它只能产生与工字梁中心轴线成45°的互相垂直的主应力,也就是产生与剪切梁成±45°方向的拉伸应力及压缩应力。因此,将4片应变计分别贴在工字梁腹板的两面,并与中心轴线成45°的相互垂直的位置上,这4个应变计组成惠斯通电桥电路,当称重传感器承受载荷时,其中两个应变计电阻值增大,另外两个应变计电阻值减小,其结果在电桥的对角线上产生与载荷成正比的不平衡输出。利用这一原理,便可测出力或载荷的大小。剪切梁式称重传感器输出信号不受测力点方位改动的影响。一般弹性应变梁接受载荷时发生弯曲,正应力正比于梁的弯矩,弯矩又正比于力作用点的距离,因此力作用点方位的改动会引起测量过失。而剪切梁式称重传感器测量切应变,其应变与切力成正比,切力在梁上为一常数与弯矩无关,所以力作用点方位的改动不影响称重传感器的输出。同时由于应变片

是贴在工字梁腹板上,与轴线成45°的方位上,它只测量与切应力对应的主应力,不受弯曲应力的影响,所以线性好、精度高。<sup>[6]</sup>

## 2 实际应用

我们选择梅特勒托利多公司SHB-0.5剪切梁式称重传感器。该称重传感器的主要技术指标:额定称量500kg,灵敏度2mV/V,非线性<0.02%R.C.,重复性<0.01%R.C.,精度等级C3。以盛装1000kg料液罐子为例,在罐子底部安装3个SHB-0.5称重传感器,称重传感器将测量得到的重量信号转换为电信号并输出到变送器。我们选用梅特勒托利多公司IND110重量变送器,电源要求20~28VDC,最多可接4只350Ω的电阻应变式称重传感器,量程范围1~15mV,输出4~20mA模拟量电信号,整体输出精度为0.03%的满量程。变送器输出4~20mA模拟信号,经AI模块转换后传输给上位机系统得到对应的数字量信号,也即是相应的数码值。

在上位机程序中写入重量计算公式:罐体内液体重量=(当前码值-零点码值)/31743×1058.1。由于称重传感器使用中存在零点漂移或者其他外部干扰等原因导致空罐时显示重量不为零。因此在上位机中编写回零程序,该程序是将空罐时的当前码值赋值给零点码值,即对原有零点码值进行修改。需要注意通过上位机程序修改零点码值后会在一定程度上使上位机显示重量的准确性降低,修改的零点码值越小,修改后计量精度影响越小。因此通过上位机程序修改零点码值只能在较小范围内进行。根据写入的重量计算公式可知,1kg重量的对应码值是30,在程序中将最初的零点码值1024能够被调整的范围限制在正负15个码值以内,即当前码值在1009~1039范围内,可以将当前码值赋值给零点码值。空罐时,上位机显示在正负0.5kg以内可以通过上位机程序回零。当超过范围后,只能通过变送器进行零位校准。

罐体盛装料液前首先对空罐进行零点校准。将变送器的ZERO拨到ON位置,通过转换按钮可以在粗调Hi和精调Li之间进行切换。“Hi”灯亮,每按

一次“+”或“-”变送器输出调整范围较大，“Li”灯亮，每按一次调整范围较小。按“+”或“-”调整变送器输出使上位机接收的码值显示为1024。同时通过上位机程序将当前码值赋值给零点码值，根据计算公式：罐体内液体重量= (1024-1024) /31743 × 1058.1，此时上位机显示重量为0kg。完成空罐校准后，将变送器ZERO 拨到OFF 位置，再进行满量程校准。对于日常盛装1000kg 料液的罐子，满量程校准时为了保证测量精度，可以倒入1000kg 的水或者至少700kg 的水，倒入水的重量越接近满量程，校准后测量精度越高。将1058.1kg 对应的码值设定为32767，1000kg 对应的码值应为31024。向罐子内倒入用电子台秤称量的1000kg 水，将变送器的LOAD 拨到ON 位置，按“+”或“-”使上位机接收的码值为30000。此时根据上位机程序计算公式，罐体内液体重量= (31024-1024) /31743 × 1058.1，上位机显示的重量为1000kg。完成满量程校准后，将变送器LOAD 拨到OFF 位置。空罐零位校准和满量程校准后罐体就可以投入日常使用。在日常使用中，当显示重量出现太大的误差或者超出上位机程序回零范围时，应通过变送器重新进行校准。

### 3 结语

与超声波、雷达和压力测量法相比，采用称重传感器直接对罐体内液体重量进行测量，不需要测量液体高度，再通过高度计算转换成体积或重量

时，不受液体密度影响，不受容器容积变化影响，不受搅拌器影响，测量精度较高，校准过程较为简便。

### 参考文献

- [1] 王庆磊. 超声波液位计在南水北调中线工程中的应用[J]. 水电站机电技术. 2021.
- [2] 刘超. 压力对西门子超声波液位计测量精度的影响[J]. 自动化仪表. 2019,40(04)
- [3] 邵旻. 雷达、导波雷达和超声波液位计的应用和选型分析[J]. 中国仪器仪表. 2015,2
- [4] 黄亮. 基于双压力传感器的液体重量测量方法[J]. 计量科学与技术. 2020,9
- [5] 理查德·富兰克林, 宋玉梅. 应变式称重传感器的设计与计算[C]. 称重科技暨称重技术研讨会. 2007
- [6] 韦普泰克. 称重传感器的分类[OL]. <https://www.wptec.com.cn/cn/new/new-20-670.html>
- [7] 北京力诺天晟. 剪切梁式传感器弹性体的设计和计算[OL]. <http://www.lenocn.com/weisheng/show58131.html>

### 作者简介

黄亮（1982年—），男，工学硕士研究生，工程师，从事设备管理工作。