

罐体内液体重量测量的应用

□四川中烟工业有限责任公司成都卷烟厂 黄亮

【摘要】本文介绍了使用称重传感器和压力传感器测量罐体内液体重量的相关方法，重点对压力传感器测量罐体内液体重量的几种情况进行了阐述，最后比较了称重传感器和压力传感器在测量液体重量时各自的优缺点和注意事项。

【关键词】液体重量测量；称重传感器；压力传感器

文献标识码：A

文章编号：1003-1870（2025）03-0032-03

Application of Liquid Weight Measurement in Tanks

【Abstract】In this paper, the methods for measuring the liquid weight in tanks using load cells and pressure sensors are introduced, with a focus on several measurement scenarios involving pressure sensors, finally, the advantages, disadvantages and precautions of load cells and pressure sensors in measuring liquid weight are compared.

【Keywords】liquid weight measurement; load cell; pressure sensor

引言

我厂制丝车间在生产现场、香精香料存放间使用罐体来存放香精香料，同时对罐体内香精香料的重量进行测量，测量所使用的仪器主要分为称重传感器和压力传感器两种。两种测量仪器在测量方式、计算过程方面各不相同，下面将做逐一介绍。

1 称重传感器测量罐体内液体重量

目前使用最广泛的称重传感器是应变片式称重传感器，其结构种类较多，都是基于电阻应变效应

测量外力。采用应变式称重传感器测量罐体内液体重量时，罐体通过支腿或者其他固定装置安装在称重传感器上（见图1）。称重传感器测量罐体与其内部液体的总重量，去掉罐体重量得到罐体内液体重量。例如采用称重传感器和称重仪表能够准确快速测量并显示罐内液体重量（见图2）。使用称重仪表对传感器进行校准也很方便，同时称重仪表配备的自动化接口能够将本地仪表显示的重量值传输到中控室显示。



图1 罐体的三个支腿安装于三个称重传感器上

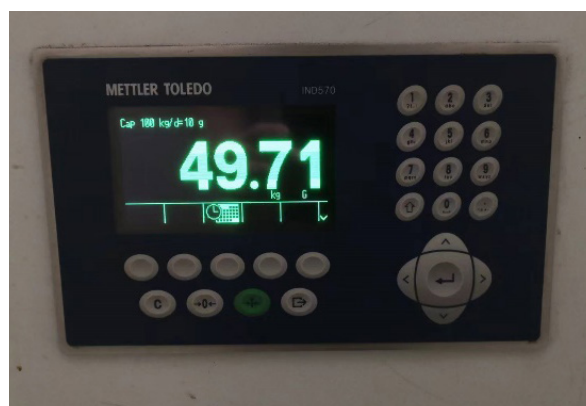


图2 称重仪表

除此之外，采用称重传感器和变送器将测量的液体重量值转换为模拟量输出，再经模数转换传输到上位机，通过在上位机中编写重量计算程序，也能实现罐体内液体重量测量^[1]。这种方式相较于使用称重传感器和称重仪表而言，在罐子数量较多的情况下更为经济，但后期的校准工作相对繁琐。

2 压力传感器测量罐体内液体重量

采用压力传感器测量罐体内液体重量是另一种常用的方法。将压力传感器安装在罐体底部，压力传感器的弹性膜片位于罐体内，弹性膜片接触罐体内液体，直接测量罐体内液体压力，再通过上位机程序编写计算公式，将压力值最终转换为重量值。采用压力传感器测量罐体液体重量时有以下几种情况。

2.1 罐体的体积和高度比值一定

当罐体的体积和高度比值一定，例如罐体为圆柱形或者矩形，根据液体压强公式 $P = \rho \times g \times H$ ，液体重量公式 $M = \rho \times V$ ，可知罐体内液体重量和压强关系 $M = P \times V / gH$ 。由于 V/H 为定值，因此罐体内液体的重量和压力成比例关系。为了获取重量与压力的对应关系，可以先使用一台电子台秤称量出液体的重量，然后将已知重量的液体倒入罐体内，通过压力传感器测量得到该重量下对应的压力，通过这种方法就得到了液体重量和压力的对应关系。在上位机中编写重量计算公式的程序就可以通过测量罐体内液体压力计算出液体重量。例如，我们使用X公司压力传感器测量罐体内液体重量时，测量前使用该压力传感器配套的智能终端BT200设备连接至压力传感器的输出端进行零位和最大量程的校准^[2]（见图3）。空罐0kg时，用BT200对压力传感器的零位进行校准，使压力传感器输出4mA，经模数模块转换后在上位机得到6553的数字量。将1000kg液体倒入罐体内作为最大量程，对压力传感器的最大量程进行校准，压力传感器输出20mA，上位机得到32767的数字量。这样就建立了0kg~1000kg对应6553~32767的线性关系，在上位机中编写重量计算公式

$$M = 1000 / (32767 - 6553) \times X - 6553 \times 1000 / (32767 - 6553)$$

X为压力传感器测量的压力值在上位机中对应的数字量，用该公式就可以通过测量罐体内液体的压力

计算出罐体内液体的重量。

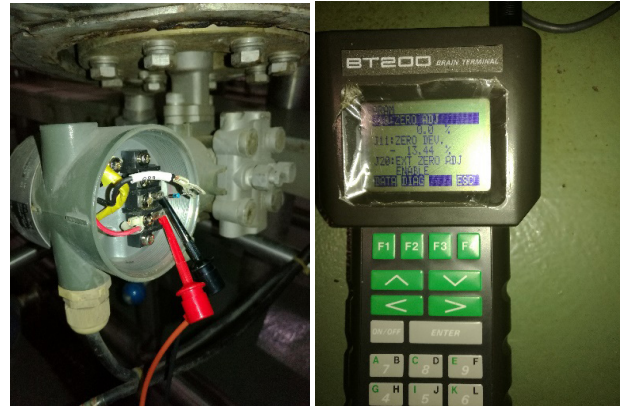


图3 使用智能终端对压力传感器进行校准

2.2 罐体的体积和高度比值不是固定值，罐体内存放固定密度的液体

当罐体的体积和高度的比值不是固定值，例如圆锥形罐或者罐体底部为圆锥形上部为圆柱形，并且该罐体只用于存放某一种特定密度的液体时，也可以采用与2.1所述的类似方法。区别在于要在测量范围内取多组重量和压力的关系值，其中线性段（罐体体积和高度比值固定）可以取两组，非线性段（罐体体积和高度比值不固定）取多组，且数组越多测量结果越准确，得到重量和压力关系后在上位机程序中编写计算公式即可。如2.1所述，使用压力传感器测量罐体内液体重量，若罐体底部为圆锥形、顶部为圆柱形时，将测量区域分为非线性和线性两段考虑，用电子台秤称量一定重量的液体倒入罐体内，使倒入的液体达到或稍超过圆锥形部分与圆柱形部分的交接面，例如倒入35kg液体后，液面位于罐体内圆锥形和圆柱形的交界面，此时用智能终端设备进行零位校准，使压力传感器的输出为4mA，上位机显示6553。再倒入1000kg液体进行最大量程校准，压力传感器输出20mA，上位机显示32767，这样就得到35kg~1000kg对应6553~32767的线性关系。再将罐体内液体放空，此时压力传感器的输出在上位机上显示的数字量为5200。如果在圆锥形区域对测量准确性要求不高，就取0kg~35kg对应5200~6553两组数据在上位机编写重量计算公式。如果在该区域对测量准确性要求较高，可以在该区域内取多组重量值和压力值编写重量计算公式。最终就在0kg~35kg和35kg~1000kg两段范围内用不同的公式计算重量

值。

这里需要特别注意的是，罐体的体积和高度比值不是固定值时，通过压力值（上位机中为数字量）和重量值的对应关系编写重量计算公式来计算罐体内液体重量时，实际使用中，罐体内的液体必须与编写重量计算公式时所使用的液体密度相同。如果编写重量计算公式时使用的液体与实际测量重量时的液体密度不同，测量计算出的液体重量就会有误差。

2.3 罐体的体积和高度比值不是固定值，且罐体每次存放的液体密度不同

对于罐体的体积和高度比值不是固定值，并且罐体内每次存放的液体密度不同时，这时就需要测量罐体的容积表以及液体密度来计算罐体内液体的重量^{[3][4]}。

2.3 所述方法作为压力传感器测量罐体内液体重量的通用方法，也适用于2.1 罐体的体积和高度比值一定和2.2 罐体的体积和高度比值不固定，罐体用于存放某种特定密度液体的情况。但罐体用于存放固定密度的液体，相较于2.3 所述的情况，2.1 和2.2 其实是两种特殊情况，在这两种情况下，不需要知道液体密度就能通过测量罐体内液体的压力计算出罐体内液体的重量。

3 称重传感器和压力传感器使用中的优缺点及注意事项

采用称重传感器和压力传感器测量罐体内液体重量时有各自的优缺点。

（1）称重传感器是直接测量罐体内液体重量，当使用称重仪表时不需要在上位机中编写计算公式，就能在称重仪表上显示液体重量。使用变送器时在上位机中编写的计算公式也较简单。同时测量准确性通常只与称重传感器自身准确度相关，测量罐体内液体重量与罐体形状无关，校准过程较简单。采用压力传感器测量罐体内液体重量是通过测量液体压力再通过计算得到重量，测量结果的准确性不仅与压力传感器自身的测量准确度有关，还与编写的重量计算公式是否正确有关，而计算公式又直接与获取压力和重量对应关系、液体密度、容器容积表等操作过程直接相关。因此，要保证压力传感器测量液体重量的准确性对相关操作过程要求较

高，操作过程比较繁琐。

（2）采用压力传感器测量罐体内液体重量时，当罐体内部有搅拌器对液体进行搅拌时，会直接造成液体压力变化，从而引起重量发生变化，显示的重量值与真实值会有较大误差。因此压力传感器适合在没有搅拌器或者搅拌器未工作时对罐体内液体重量进行测量。而称重传感器在测量罐体内液体重量时不受搅拌器工作的影响。

（3）有时候罐体内的液体需要在一定温度下进行存放，这时罐体的设计会采用双层结构，外层和内层之间安装盘管。在使用蒸汽给盘管加热时，盘管内的蒸汽以及冷凝水会产生额外的重量，采用称重传感器测量罐体内液体重量时，这部分重量也会被测量出来，从而影响罐体内液体重量测量的准确性。压力传感器是直接测量罐体内液体的压力，盘管内的蒸汽和冷凝水不会影响罐内液体压力值。由于给罐体内的液体加热时，液体蒸发会影响罐体内空气的压强，因此罐体顶部应有排气孔，使罐体与大气连通，消除罐内空气压强的变化，减小对测量液体压力的影响。

4 结语

称重传感器和压力传感器在罐体内液体重量测量方面都得到了实际应用，用户可根据使用工况、对测量准确性的要求，从经济性、实用性方面综合考虑，采用正确的测量方法达到较好的使用效果。

参考文献

- [1] 黄亮. 一种罐体内料液重量测量方法[J]. 衡器, 2024.
- [2] 横河川仪有限公司.BT200 智能终端用户手册. 2004.
- [3] 黄亮. 静压压力传感器在测量液体重量上的应用[J]. 计量技术, 2014.
- [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.

作者简介

黄亮（1982—），男，汉族，湖北省钟祥县，工程师，工学硕士，从事设备管理工作。