

doi: 10.7690/bgzdh.2021.06.018

一种利用空气测量容积的方法

万大奎, 张明明, 张斌宏, 欧腾达

(重庆红宇精密工业集团有限公司研究二所, 重庆 402760)

摘要: 针对使用水对壳体容积进行检测时存在操作过程复杂、壳体干燥时间长、不利于自动化生产等弊端, 建立一种直接利用空气测量壳体容积的快速检测方法。论述空气测量壳体容积的工作原理及实现模式, 对实现模式进行系统分析, 分析定体积测量系统的测量范围。结果表明: 在保证壳体容积相对测量误差或测量精度的情况下, 可以利用定体积的活塞缸对一定范围内的容积进行快速检测。

关键词: 容积; 容积测量; 空气测量; 系统分析

中图分类号: TJ303 **文献标志码:** A

Volume Measuring Method by Using Air

Wan Dakui, Zhang Mingming, Zhang Binhong, Ou Tengda

(No. 2 Research Institute, Chongqing Hongyu Precision Industry Group Co., Ltd., Chongqing 402760, China)

Abstract: A quick measuring method used to measure the case volume by air is established because when it is measured by water, the operation is complicated, the time to dry the case is long and it goes against with the automatic production. This paper explains the working principle and realization mode for measuring the case volume by air, and analyzes the realization mode systematically and analyzes the measuring range of the measuring system with certain volume. After analysis, piston cylinder with certain volume can be used to quickly measure the volume within certain range while ensuring the relative measuring error (or measuring accuracy) of the case volume.

Keywords: volume; volume measuring; air measuring; system analysis

0 引言

在生产过程中, 需要对壳体容积进行检测, 以便对装填密度进行计算。通常采用充水称重的方式进行壳体容积检测。在此过程中, 存在着壳体称重、充水、充水后壳体称重、倒水和壳体干燥等诸多工序。容积检测采用充水称重方式不仅工序多、费时长, 而且也不适用于某些内腔存在细微结构壳体的容积检测; 同时, 该方式也不适合于壳体容积的自动检测及数据自动采集, 不利于自动化生产。

容积测量方法通常有几何尺寸测量法^[1-2]、容积比较法^[3]、气体标定法^[4]、称重测量法和气体静态膨胀法^[5]等。称重法又可分为充液称重法^[6]和充气称重法^[7], 静态膨胀法又可分为定量充气膨胀法^[8]、定量分配法等。笔者采用定量分配法进行壳体容积测量, 其优势在于测试设备简单、测试成本低廉和操作简单。

1 工作原理

如图 1 所示, 在常压情况下, 壳体内部填充有空气 V_0 , 密封部分空气并抽出定体积 V_1 的空气,

再将抽出部分的空气 V_1 恢复至常压状态并确定体积 V_{10} , 根据理想气体状态方程即可计算出壳体容积 V_0 。

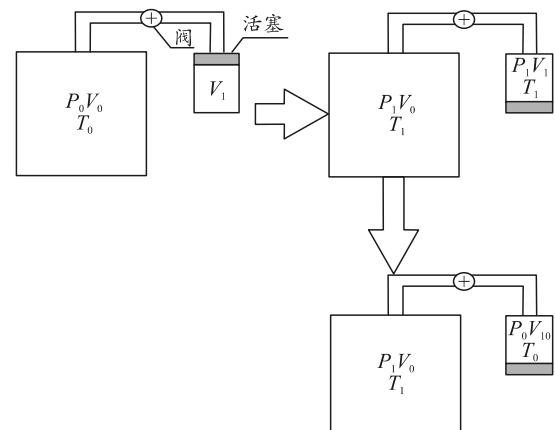


图 1 工作原理

由理想气体状态方程, 抽出定体积后的状态方程为:

$$P_0 V_0 / T_0 = P_1 (V_0 + V_1) / T_1 \quad (1)$$

抽出部分的空气恢复至常压状态后的方程为:

收稿日期: 2021-02-17; 修回日期: 2021-03-28

作者简介: 万大奎(1969—), 男, 重庆人, 高级工程师, 从事装药工艺设计及应用研究。E-mail: 498278776@qq.com。

$$P_1V_1/T_1 = P_0V_{10}/T_0 \quad (2)$$

由式(1)、式(2)即可计算出壳体的容积:

$$V_0 = V_1V_{10}/(V_1 - V_{10}) \quad (3)$$

2 实现模式

如图 2 所示, 使用定容活塞缸连接壳体内腔、管路上安装阀及排空阀。打开阀及排空阀, 运行活塞至零位(即无气体存留在活塞缸内), 关闭排空阀, 在活塞缸内抽入体积为 V_1 的空气, 关闭阀。活塞步进至活塞缸内气体温度和压力与外界大气相同(通过温度传感器和微压差计进行检测), 测算出活塞缸内气体体积, 按式(3)即可算出壳体容积。

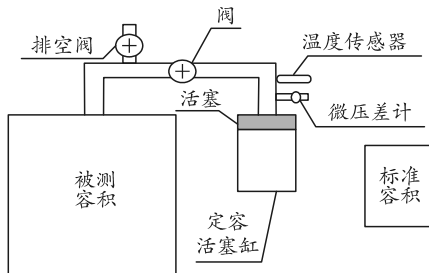


图 2 模式

为确保容积测量的准确性, 可通过测量标准容积对系统进行校正以消除管路及其他因素的影响。

3 系统分析

如图 3 所示, 考虑管路对容积测量的影响。假设阀两边管路的体积分别为 V_{01} 、 V_{02} , 抽出定体积后的状态方程为

$$P_0(V_0 + V_{01} + V_{02})/T_0 = P_1(V_0 + V_1 + V_{01} + V_{02})/T_1 \quad (4)$$

抽出部分的空气恢复至常压状态的方程为

$$P_1(V_1 + V_{02})/T_1 = P_0(V_{10} + V_{02})/T_0 \quad (5)$$

由式(4)、式(5)即可计算出壳体的容积

$$V_0 = (k_1V_{10} + k_2)/(V_1 - V_{10}) \quad (6)$$

式中: $k_1 = V_1 + V_{01} + V_{02}$, $k_2 = -V_1V_{01}$ 。 k_1 、 k_2 中, V_1 、 V_{01} 、 V_{02} 在同一系统中均为常数。通过对 2 个不同标准容积进行检测即可计算出 k_1 、 k_2 , 据此就可以对被测容积进行检测。

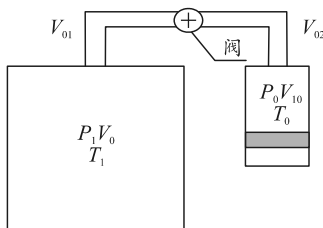


图 3 系统分析

在不考虑温度、压强的影响下(假定温度、压强

均恢复至初始值), 容积 V_0 测量准确性只与 V_{10} 测量准确性有关。 V_0 的相对测量误差 dV_0/V_0 与 V_{10} 的相对测量误差 dV_{10}/V_{10} 的关系为

$$\frac{dV_0}{V_0} = \frac{(k_1V_1 + k_2)V_{10}}{k_2V_1 + (k_1V_1 - k_2)V_{10} - k_1V_{10}^2} \cdot \frac{dV_{10}}{V_{10}} \quad (7)$$

为达到 V_0 的相对测量精度(dV_0/V_0)要求, 由式(7)可以估算出 V_{10} 需要满足的最小相对测量精度(dV_{10}/V_{10})。

由式(7)可知, 在 V_0 的相对测量误差或精度(dV_0/V_0)为定值情况下, V_{10} 越大、所测容积越大, 但 V_{10} 的相对测量误差(dV_{10}/V_{10})要求更小或精度更高; 因此, 在 V_0 的相对测量误差和活塞缸容积 V_1 不变的情况下, 被测容积 V_0 的最大值, 取决于 V_{10} 的相对测量误差或精度能够达到的程度。

如: 假定 $V_{01}=0.5$ L、 $V_{02}=0.3$ L、 $V_1=10$ L、 $dV_0/V_0=0.002$ 、 $V_{10}=9$ L, 则可测最大容积约为 92.2 L, 但需 $dV_{10}/V_{10} < 0.0002$ 。

同理, 在 V_0 的相对测量误差或精度(dV_0/V_0)为定值情况下, V_{10} 越小、所测容积越小, V_{10} 的相对测量误差(dV_{10}/V_{10})要求较大或精度更低。

如: 假定 $V_{01}=0.5$ L、 $V_{02}=0.3$ L、 $V_1=10$ L、 $dV_0/V_0=0.002$ 、 $V_{10}=1$ L, 则可测最小容积约为 0.64 L, 需 $dV_{10}/V_{10} \leq 0.001$ 。

总之, 在 V_0 的相对测量误差和活塞缸容积 V_1 不变的情况下, 所测容积越小, V_{10} 的相对测量误差(dV_{10}/V_{10})要求越大或测量精度越低; 所测容积越大, V_{10} 的相对测量误差(dV_{10}/V_{10})要求越小或测量精度越高。所测容积的最大值取决于 V_{10} 的相对测量误差或精度能够达到的程度, 所测容积的最小值取决于抽出部分的空气温度 T_1 恢复至常温状态的时间。被测体积越小, 在测试时体积膨胀越大, 温度 T_1 越低, T_1 恢复至常温状态的时间越长, 过长的时间影响测试效率, 需要综合考虑确定所测容积的最小值。

4 结论

笔者建立了一种利用空气快速测量容积的方法, 适合容积的自动检测。通过分析可知: 在保证 V_0 相对测量误差或测量精度的情况下, 可利用定体积的活塞缸对一定范围内的容积进行快速检测。

采用该方法的容积检测设备可实现小型化、自动化和数据采集, 为实现装备向数字化、智能化方向发展奠定基础。