

doi: 10.7690/bgzd.2016.02.015

## 成型药柱密度检测装置及技术方案

马宏亮

(安徽东风机电科技股份有限公司设备部, 合肥 230039)

**摘要:** 针对密度瓶法、液体静力称量法和标准量筒法等方法不足, 设计一种采用气体法对成型药柱进行密度检测的装置。采用氮气或氦气等惰性气体为中介, 渗入试样中极小的空隙和表面的不规则空陷, 通过快速精确地测定试样块体积, 来实现对成型药柱密度的精确测定。介绍气体法测密度原理, 分析装置的组成和功能, 给出其工艺流程和相关技术参数。结果表明: 该方法灵敏度高、操作方便, 可实现自动计算和校正, 大大提高工作效率。

**关键词:** 成型药柱; 气体法; 密度检测; 检测装置

**中图分类号:** TJ410.6 **文献标志码:** A

## Shaped Gunpowder Grain Density Detection Device and Technology Solutions

Ma Hongliang

(Equipment Department, Anhui Dongfeng Electromechanical Sciences Co., Ltd., Hefei 230039, China)

**Abstract:** In order to overcome the three detection methods defect of density bottle density detection method, hydrostatic weighing density detection method and standard measuring density detection method, design a sealing detection device for testing the shaped gunpowder grain density. Using inert gases such as nitrogen or helium as an intermediary, permeated into the sample in the tiny voids and surface of the irregular air trapping, fast and accurate determination of test piece volume to achieve an accurate determination of explosive forming density, analyze composition and function of the device, give the technological process and technical parameters. The results show that the method has high sensitivity and convenient operation, it can realize the automatic revision of original value, improve work efficiency greatly.

**Keywords:** whole missile; differential pressure; sealing test; detection device

## 0 引言

成型药柱的密度一直制约着各类弹种的爆破毁伤效果, 严重影响弹种的储存年限<sup>[1]</sup>, 为了保证各类弹种的发射成功率及提高存储年限, 必须在药柱装配前对成型药柱进行密度检测。

目前对于中小体积弹体密封性能检测较为有效的方法有密度瓶法、液体静力称量法、堆积密度法和标准量筒法等。密度瓶法是将用试样排开已知密度介质的质量来计算试样的密度, 先称出装满石蜡的密度瓶质量, 再倒出一部分石蜡, 将试样装入再缓慢滴滴石蜡, 然后称出此时密度瓶的质量, 此方法成本低廉, 但是不易操作, 在全手工的操作过程中很难保证温度的稳定, 效率和精度都极为低下; 液体静力称量法和其原理上相近, 虽然在一般情况下可以提高精度, 但局限是难以保证温度的精确稳定, 不适合对易潮或有孔物体进行密度测量; 堆积密度法和标准量筒法是指通过在规定的条件下自由落入并充满标准量筒的质量, 计算堆积的密度, 由于不确定因素太多, 此方法计算的精度很低; 因此, 笔者采用国际通用的气体法, 运用氮气或氦气等惰

性气体为中介, 渗入试样中极小的空隙和表面的不规则空陷, 通过快速精确地测定试样块体积, 来实现对成型药柱密度的精确测定。此方法灵敏度高、操作方便, 能实现高精度的密度检测, 并大大提升工作效率。

## 1 气体法测密度原理

如图 1 所示:  $v_1$  为试样室的体积;  $v_2$  为膨胀室的体积;  $v_x$  为试样的体积。根据气体状态方程有下式成立:

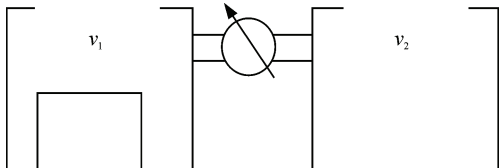
$$\left. \begin{aligned} p_1(v_1 - v_x) &= n_1RT \\ p_2v_2 &= n_2RT \end{aligned} \right\} \quad (1)$$


图 1 气体法示意图

当阀门打开后, 2 个气室的气体相混合, 混合气体压力平衡后的压力是  $p^3$ , 此时气体方程如下式:

$$p_1(v_1 - v_x) + p_2v_2 = p^3(v_1 + v_2 - v_x) \quad (2)$$

收稿日期: 2015-09-14; 修回日期: 2015-10-26

作者简介: 马宏亮(1979—), 男, 安徽人, 经济学学士, 工程师, 从事公司信息化管理、工艺与设备研究。

解式(2)可得式(3):

$$v_x = v_1 - \frac{p_2 - p_3}{p_3 - p_1} v_2 \quad (3)$$

通过压力传感器的值和系统已知参数  $v_1$  和  $v_2$ , 便可计算出试样的体积<sup>[2]</sup>, 再根据下式可算出试样的密度

$$\rho = \frac{m}{v_x} \quad (4)$$

## 2 装置组成与功能

### 2.1 装置组成

本装置由气源、测试箱和计算机3大部分组成。

1) 气源: 气源选用的是装有99%的纯氮气高压氮气瓶提供氮气作为气源。

2) 测试箱: 系统测试部分置于测试箱内, 测试箱的正面有指示灯, 用于指示用户测试操作情况, 并提示用户其是否进行了正确操作。测试箱内装有图2所示的真空泵, 2个气室和3个电磁阀门加上2个压力传感器单元, 各部分之间紧密相联。箱内的试样室内有一个内置托盘, 可方便操作者装取试样进行测试, 并且此托盘为内置的, 在校准时以将其计算在内, 对后续的密度测试毫无影响。

3) 计算机(计算与控制系统): 计算机主要用于提示操作的操作步骤和模式的选择, 并进行计算和处理传感器传来的数据, 在正确计算后并进行储存。在操作界面上提供了操作简单易行并十分人性化的按键, 用户只需通过鼠标点击按键便可以进行相应的操作。

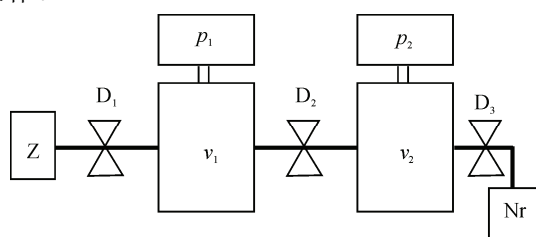


图2 气路连接示意图

图中: Z为真空泵; Nr为氮气瓶;  $D_1$ 为电磁阀1;  $D_2$ 为电磁阀2;  $D_3$ 为电磁阀3;  $v_1$ 为试样室的体积;  $v_2$ 为膨胀室的体积;  $p_1$ 为压力传感器1;  $p_2$ 为压力传感器2。

### 2.2 系统工作原理

气路连接如图2所示, 被测试样放置于试样室内, 气室之间设有电磁阀, 通过微型真空泵对气室进行清洗, 介质气体由装有纯氮的高压氮气瓶提供, 并由电磁阀控制气路, 在气室的上端设有压力传

器。同时由计算机系统控制各电磁阀的开启和关闭, 并实时地监测压力传感器所传来的压力数据。测试时, 通过控制电磁阀门、真空泵, 采集压力传感器的压力值, 计算试样块的体积, 并以此得出试样块的密度<sup>[3]</sup>。

### 2.3 功能和测试方法

电气连接图如图3所示, 测试时首先打开气源和空调, 并将室温稳定在25℃, 然后使用万分位分析天平测量试样的质量, 记录其值并输入PC机, 将试样和托盘一起放入试样室内, 拧上盖(至零刻度), 根据系统提示选择测试模式, 点击鼠标按开关开始进行测试, 系统自动显示检测结果, 人工取出试样, 进入下一检测周期。

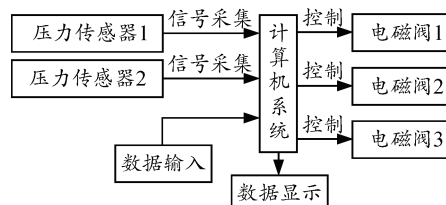


图3 电气连接示意图

为了准确得出试样块的体积, 防止人为因素的干扰, 比如杂质物掉入气室的情况, 笔者设计了校准过程, 即在测试之前将所匹配的标准块放入试样室内取代被测的试样块进行测试。将计算机的控制界面内的模式选择为校准, 按照显示器上的提示进行操作, 计算机便可计算出系统参数  $v_1$ ,  $v_2$ , 并自动修订原有值。在这些模式的基础上, 系统对每个测试试样进行测试的时候均自动进行多次体积测量, 通过计算其期望值得到试样块的体积而进行密度的计算。

系统具有测试记录功能, 测得数据的处理过程可按具体需要调整, 操作步骤有文字提示、有误操作纠正和系统故障报警功能。系统安全可靠, 操作简单, 提高工作效率。

如果操作者操作熟练, 则误操作可能性极小, 检测结束后显示结果只为绿色或红色图标。按操作规范, 操作者应提前打开空调调节室温至25℃, 之后再进行检测。如果有误操作情况发生, 即未放置试样就开始检测, 显示结果是为零。出现红色图标时, 为提高生产效率, 操作者可将其对应工件归入不合格产品一类, 在所有产品检测完毕之后, 对不合格产品复检, 也可以当即将红色图标对应的试样再通过“独立检测”模式对其进行检测。