

# 一种检测乳化炸药及其基质密度的简便方法<sup>\*</sup>

陈靖宇<sup>①</sup> 王万勇<sup>①</sup> 张宝山<sup>①</sup> 刘恒育<sup>①</sup> 刘玉华<sup>②</sup>

①高要市南虹化工有限公司(广东肇庆, 526114)

②长沙矿冶研究院(湖南长沙, 410012)

[摘 要] 文章在分析常用乳化炸药、乳化炸药基质密度测定方法的基础上,提出了一种基于阿基米德定律检测乳化炸药及其基质密度的方法及仪器。使用该方法及仪器可以大大缩短检测周期和提高检测结果的准确度。经测试和比较,乳化基质密度检测周期可由原来的 358 s 缩短至 20 s,检测结果的绝对误差和均方值由原来的  $0.0019 \text{ g/cm}^3$ 、 $6.50\text{E}^{-5}$  降低至  $0.0005 \text{ g/cm}^3$ 、 $3.82\text{E}^{-6}$ ,应用这种方法和仪器还可以提高工作效率、减少工作量和生产线工作定员。

[关键词] 乳化炸药 乳化炸药基质 密度 检测仪

[分类号] TD235.2<sup>+</sup>1 TJ510.6

## 引言

乳化炸药是一种应用乳化技术生产的外观呈乳胶状的硝铵炸药,产品制备过程中须检测乳化炸药密度以及乳化炸药敏化前的乳化基质密度,以保证乳化炸药产品性能和乳化炸药生产安全,因为检测乳化炸药基质密度可间接了解高速运转的乳化器中是否进入气体杂质。实践表明高速运转的乳化器中进入气体杂质是安全生产的重大隐患<sup>[1-2]</sup>,检测乳化炸药密度是为调整乳化炸药密度提供参考,保证乳化炸药综合性能处于最佳状态;研究还表明乳化炸药密度直接影响其爆炸性能<sup>[3-4]</sup>、压敏性<sup>[5]</sup>。通常测量乳化炸药基质密度和乳化炸药密度的方法有量筒排液法和密度杯法<sup>[6-7]</sup>,前者先用天平测出样品的质量,后将样品投入定体积的水中,测出样品体积,最后通过密度计算公式计算出样品密度;后者则直接将样品装入一定体积的容器内,测量出样品质量,计算出样品密度。

以上两种方法中,前者操作步骤繁琐,费时费力,精确度差,容易造成较大人为操作失误;后者虽然操作步骤少,但偶然误差相当大,特别不适用于检测粘度大的乳化炸药密度,同时密度杯法检测后清理工作较麻烦。因此,本文提出了一种新的检测方法和仪器。

## 1 基本原理

物理学中密度的定义为:物体单位体积的质量数。设待测物质质量为  $M$ ,体积为  $V$ ,密度为  $\rho$ ,则

$$\rho = \frac{M}{V}$$

若已知一种物质的密度,而这一物质的体积又与待测物相同,则待测物的密度可以通过已知物质的密度表达,设待测物质质量为  $M_1$ ,密度为  $\rho_1$ ,已知密度的物体质量为  $M_2$ ,密度为  $\rho_2$ ,两种物质的体积同为  $V_1$ ,则

$$\rho_1 = \frac{M_1}{V_1} \quad (1)$$

$$\rho_2 = \frac{M_2}{V_1} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \rho_1 &= \frac{M_1}{M_2} \cdot \rho_2 = \frac{M_1 - M_2 + M_2}{M_2} \cdot \rho_2 \\ &= \left(1 + \frac{M_1 - M_2}{M_2}\right) \cdot \rho_2 \end{aligned} \quad (3)$$

因此,只要直接测量出待测物质与已知密度物质的质量差和已知密度物质质量就可得出待测物质的密度。

## 2 检测仪设计原理及其结构

根据以上基本原理,若以水为已知密度物质并对量筒法加以改进,通过定量处理量筒内的液体,使量筒内的液面在排水前和排水后保持不变,再经过两次称重,可得出同体积的样品和水的的质量差值;水的质量可用另一容器收集后称量得出<sup>[8-10]</sup>。理论依据如下:

设投入样品前量筒、水的质量为  $m_1$ 、 $m_2$ ,总质量为  $m_3$ ;投入样品后量筒、水和样品的质量为  $m_1$ 、 $m_4$ 、 $m$ ,总质量为  $m_5$ ;投入样品后,排出的水的质量为  $m_6$ ,则有:

$$m_3 = m_1 + m_2 \quad (4)$$

\* 收稿日期:2012-03-21

作者简介:陈靖宇(1976~),男,工程师,主要从事工业炸药技术研究。E-mail:125259287@qq.com

$$m_5 = m_1 + m_4 + m$$

(5)

$$m_2 = m_4 + m_6$$

(6)

$$\begin{aligned} \text{则 } m_5 - m_3 &= m_1 + m_4 + m - (m_1 + m_2) \\ &= m - m_6 \end{aligned}$$

基于以上思路,笔者成功设计并应用了一种能够快速、连续、精确地检测出乳化炸药基质、乳化炸药密度的检测仪(该检测仪已获得国家专利授权<sup>[11]</sup>),检测仪主要由两个电子台秤和相应的操作面板构成,结构示意图如图 1。

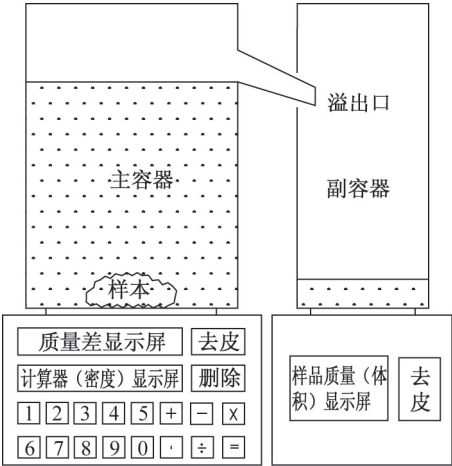


图 1 检测仪示意图

3 检测仪技术要求

目前国内的乳化炸药生产线均为先进的自动化生产线,具有产能大、连续化水平高、在线工作定员少的特点,行业政策也要求最大限度地减少在线工作定员,包括在线检测人员,甚至实现无人化生产。这就要求新的检测仪必须能够快速、连续地检测,同时又要尽可能地精确测量,因此应选择容积较大的容器和大量程超高精度电子秤,据统计,每个生产班次约检测乳化炸药基质或乳化炸药 20 次,每次抽取的样品量约 65 g,因此当班样品总量不超过 1500 g,考虑到一滴水的质量约 0.05 g,水和容器本身存在

一定的质量,所以主电子天平选择 0~6 kg 量程的超高精度电子天平;副电子秤因只称量排出水的质量,可以选择量程为 0~3 kg、精度为 0.05 g 的高精度电子天平。

4 检测方法步骤

主容器装满水后称其总质量,投入样品后,待液面高度保持不变,再次称其总质量,并计算出两次称量结果的差值;同时收集从主容器溢出的水的质量;按照式(3)计算出样品密度值,操作流程见图 2。

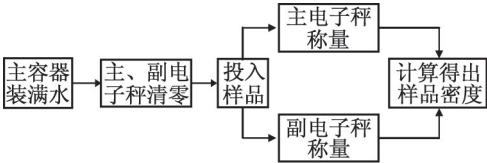


图 2 检测操作流程图

5 对比试验及结果分析

按照 GB18095—2000 规定的量筒法、量杯法和新方法对同一批乳化炸药基质和乳化炸药进行密度检测试验,在检测周期、检测精确度方面进行了对比,实验前先按密度杯法用 50 L 不锈钢桶测得乳化炸药基质和乳化炸药密度真实值。由表 1 可看出,检测乳化基质密度时,新方法较其他两种检测方法明显简化了操作步骤,缩短了检测周期,每次检测时间为 20 s,而量筒法和密度杯法的检测周期为 358 s 和 83 s。另外在试验中发现,用密度杯法检测时出现了 3 次操作失误,原因是抹平高出杯口的样品时手法较难掌握。

同样,在检测乳化炸药密度时,新方法较其他两种方法也节省了大量时间,不同之处在于用量筒法检测乳化炸药密度无需对其进行冷却,节省了一些时间,但操作过程不变,整个检测周期仍然较长。

表2为用3种方法检测乳化炸药基质密度的结果。由表2可见,新方法检测结果的绝对误差值和均

表 1 3 种方法平均检测周期 s

乳化基质 样品量/个	量 筒 法		密度杯法		新 方 法	
	步骤	时间	步骤	时间	步骤	时间
10	冷却乳化基质	310	向密度杯内装样品	45	校准液面高度	4
	称量样品及纸皮	6	称量样品及密度杯	6	投入样品至电子秤数值稳定时间	8
	校准及读取量筒液面	7	计算密度	8	计算密度	8
	投入样品并读取液面高度	15	擦拭密度杯	24	—	—
	称量粘有样品的纸皮	6	—	—	—	—
	取出量筒内的样品	6	—	—	—	—
	计算密度	8	—	—	—	—
	—	共 358	—	共 83	—	共 20

注:用新方法检测时,不立即清理容器底部的样品,直到连续操作若干次后才清理。

表2 3种方法检测乳化基质密度

序号	量筒法	g · cm <sup>-3</sup>	
		密度杯法	新方法
1	1.4456	1.4344	1.4429
2	1.4380	1.4436	1.4397
3	1.4366	1.4321	1.4416
4	1.4413	1.4378	1.4425
5	1.4536	1.4451	1.4451
6	1.4528	1.4386	1.4412
7	1.4417	1.4363	1.4437
8	1.4543	1.4256	1.4424
9	1.4318	1.4442	1.4398
10	1.4362	1.4337	1.4388
平均值	1.4432	1.4371	1.4418
真实值	—	1.4413	—
绝对误差	0.0019	0.0042	0.0005
最大偏差	0.0130	-0.0157	0.0038
均方值	6.50E <sup>-5</sup>	3.73E <sup>-5</sup>	3.82E <sup>-6</sup>

方值为 0.0005g/cm<sup>3</sup>、3.82E<sup>-6</sup>,较量筒法和密度杯法小,说明新方法的检测值更加接近真实值,检测值的精密度高;新方法检测值的最大偏差为 0.0038 g/cm<sup>3</sup>,远小于量筒法 0.013 g/cm<sup>3</sup> 和密度杯法 -0.0157 g/cm<sup>3</sup>,说明新方法的准确性好,偶然误差小。

从对比试验过程及实际应用中看出,量筒法检测误差较大的原因在于:1)样品冷却时温度不确定,使得测量出的密度值反映的是不同温度样品的密度;2)多次称量影响检测精度;3)检验员用肉眼观察和估读液面高度,偶然误差较大,甚至出现误读;4)从量筒中取出样品时带出一部分水,导致样品体积测量值与真实值误差较大。

密度杯法检测偶然误差较大的原因在于:1)装填样品时,需对密度杯中的样品压实,容易带入气泡,而气泡无法从样品中排出,导致测量误差;2)抹

去高出杯口的样品操作难度大,很难保证样品与杯口持平,造成较大人为误差。

6 结束语

密度检测新方法及检测仪器的应用,实现了有限次检测过程中连续快速检测乳化炸药基质、乳化炸药密度,降低了工作强度,减少了人为误差,提高了检测精度,同时也减少了在线工作定员,使得乳化炸药生产线安全状况得以本质性提高。

参 考 文 献

[1] 文勇. 乳化炸药乳化过程的物化作用及安全性分析 [C].//2009 年工业炸药及其生产工艺技术研讨会会议资料. 长沙:工业和信息化部安全生产司,2009:627-631.

[2] 李建红. 浅谈乳化炸药生产的安全性问题 [C].//2009 年工业炸药及其生产工艺技术研讨会会议资料. 长沙:工业和信息化部安全生产司,2009:648-654.

[3] 惠君明,陈天云. 炸药爆炸理论 [M]. 南京:江苏科学技术出版社,1995:211.

[4] 王自军,黄存建. 几种乳化炸药敏化方式的比较[J]. 煤矿爆破,1999(1):5-7.

[5] 王尹军,黄文尧,汪旭光. 乳化炸药压力减敏作用与敏化气泡含量的关系 [J]. 爆破器材,2005,34(6):13-16.

[6] 汪旭光. 乳化炸药 [M]. 第 2 版. 北京:冶金工业出版社,2008:786-788.

[7] 国营云南安宁化工厂. GB18095—2000 乳化炸药[S]. 北京:中国标准出版社,2004:804-806.

[8] 李志翀,钟鼎,唐学志,等. 不规则物体密度测定仪的研制[J]. 科学时代,2011(1):78-80.

[9] 刘希芳,王君,陈善,等. 岩(矿)石密度测定仪:中国,89206710.1[P]. 1989-05-04.

[10] 王锐,吴燕冈,王君. 岩矿石密度仪的设计[J]. 吉林大学学报,2006,24(6):672-676.

[11] 陈靖宇,郭列国,宋强,等. 一种乳化炸药密度检测仪:中国,201120275672.5[P]. 2011-07-29.

A Simple Testing Method for Emulsion Explosives and their Densities of Emulsion Matrix

CHEN Jingyu<sup>①</sup>, WANG Wanyong<sup>①</sup>, ZHANG Baoshan<sup>①</sup>, LIU Hengyu<sup>①</sup>, LIU Yuhua<sup>②</sup>

①Gaoyao South Rainbow Chemical Co., Ltd. (Guangdong Zhaoqing, 526114)

②Changsha Research Institute of Mining and Metallurgy (Hu'nan Changsha, 410012)

[ABSTRACT] By analyzing on normal testing methods, a new idea and equipment for testing emulsion explosive and density of emulsion matrix, which was based on Archimedes principle, was developed. It can shorten the testing cycle and improve the accuracy of the test results. Compared with other methods, the testing cycle of emulsion matrix's density was shortened from 358s to 20s, and the testing results of the absolute error and mean square value were reduced from 0.0019 g/cm<sup>3</sup>, 6.50E<sup>-5</sup> to 0.0005g/cm<sup>3</sup>, 3.82E<sup>-6</sup>. The new method and apparatus can also improve the work efficiency and reduce the workload and production-line workers.

[KEY WORDS] emulsion explosive, emulsion matrix, density, detector