

文章编号: 1006-9941(2010)04-0402-03

烟火药做功能力测试研究

李玉平,刘玉存,于雁武,郭嘉吻,郑常宏

(中北大学 化工与环境学院,山西 太原,030051)

摘要: 参照炸药做功能力试验,采用铅壘法对雷药、黑火药和红光剂3种粉状烟火药的做功能力进行了测试研究。从点火方式、铅壘温度、药剂类型三方面入手,分别研究了其对药剂做功能力的影响。研究表明:装药密度 $\leq 1.047 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 的情况下可用电雷管起爆来达到烟火药的稳定爆轰;铅壘温度必须严格修正以便于试验结果统一比较;被测药剂中,使铅壘扩孔值变化最大的是雷药,做功能力为113.29 mL,黑火药和红光剂相对较小,做功能力分别为51.20 mL和51.60 mL。

关键词: 军事化学与烟火技术;烟火药;做功能力;铅壘法;测试

中图分类号: TJ5; TJ06

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9941.2010.04.010

1 引言

烟火药及其制品在一般情况下以燃烧形式产生光、热、烟、色等效应,因此,长期以来对烟火药及其制品的燃烧性能进行了较多研究,但对其爆炸性能的研究却比较少。近年来,烟花爆竹生产发展很快,产销量大幅度增长,但是,烟花爆竹行业的生产安全事故也不断发生,使人民的生命财产受到巨大损失。烟火药的意外爆炸危及到生命财产的安全,因此,了解它的爆炸性质可以控制引起爆炸的条件,从而防止事故发生,确保烟火药的安全与使用^[1-4]。

烟火药的做功能力是烟火药的爆炸产物对周围介质做功的能力,是衡量烟火药爆炸性能的一个重要指标。目前关于炸药做功能力测试的标准较为完善,而关于烟火药做功能力的测试研究却甚少。研究烟火药的做功能力,不仅对认识烟火药的爆炸特性、拟定某种烟火药生产安全技术规范提供了参考依据,而且对于烟火药的安全生产、使用和贮存等更具有现实意义。本文参照炸药做功能力试验标准,采用铅壘法对常用的黑火药、雷药和红光剂3种粉状烟火药的做功能力进行了测试研究与比较。铅壘法是炸药做功能力测试方法中最简单最常用的方法,它是以一一定量的炸药在铅壘中爆炸时按爆炸气体产物膨胀所引起的铅壘扩孔容积大小来判断和比较炸药的做功能力^[5-6]。

收稿日期: 2009-10-22; **修回日期:** 2009-12-14

作者简介: 李玉平(1983-),女,在读硕士研究生,主要从事烟火药性能测试研究。e-mail: liyuping321@126.com

2 试验

实验参照 GB 12436-90^[7],试验装置见图1。电雷管用来起爆被测药剂,带孔圆纸板起到固定雷管及封闭被测药剂的双重作用。单发试验药量为10 g,为了提高装药过程安全性,装药时只需将带孔圆纸板轻轻向下压动,使药剂密度略高于散装密度即可。试验部件规格见表1,被测烟火药剂种类及组分见表2。

试验先称取烟火药(10.00 ± 0.01) g,装入纸筒中再放上带孔圆纸板。然后将纸筒放在内径为(24.5 ± 0.1) mm的专用铜模子中,用专用铜冲子(冲子中心有直径7.5 mm、高12 mm的突起部)将烟火药压成中心有孔的药柱。拔出冲子后,在中心孔内插入雷管壳,试验时再换上电雷管。以水作介质用容量瓶或滴定管测量铅壘孔的容积,擦干、备用。然后测量铅壘孔温度,将装配好的药柱放入铅壘孔内,并小心地用木棒将它送到孔的底部。铅壘孔内剩余的空间用石英砂填满(自由倒入,不准振动或捣固),刮平,起爆。试验所用的石英砂严格按照 GB12436-90 进行筛选,以减少烟火药产物向外飞散。爆炸后,用毛刷等清除孔内的残留物,再测量铅壘孔的容积。最后根据测量药剂爆炸前后铅壘孔的容积增量值来表征被测烟火药剂的做功能力,见表3。

在试验中使用电雷管引爆烟火药,电雷管参与了整个爆轰过程而做功。测试时选用的雷管和标定铅壘时的雷管为同一批,这样雷管参与爆轰所做功一样,其影响是系统性的,而且前后抵消,避免由于不同雷管的

差异而带进误差,保证所测结果的准确。为了提高试验结果的可比性,参考 GB8031-2005 工业电雷管,选用 8# 纸壳瞬发电雷管做空白试验进行比较。

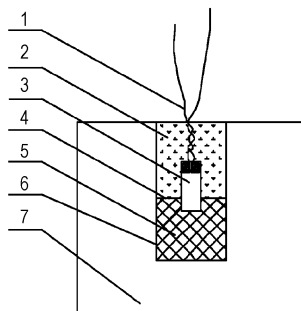


图 1 试验装置简图

1—雷管线, 2—石英砂, 3—电雷管, 4—带孔纸板, 5—烟火药包, 6—纸筒, 7—铅墙

Fig. 1 Scheme of test installing

1—electric arc lighting blasting cap wire, 2—quartz sand, 3—instantaneous electric detonator, 4—circle paperboard with a hole, 5—pyrotechnics, 6—paper tube, 7—lead block

表 1 试验部件规格

Table 1 Components of test facility

component	quality	specification
instantaneous electric detonator	-	8# instantaneous electric detonator with paper
circle paperboard with a hole	strawboard	outer diameter Φ 24.5 mm; pore diameter Φ 7.5 mm; thickness 1.75 mm
paper tube	sack paper	Φ 24.5 mm \times 55 mm
lead block	-	ZB G89 006

表 2 烟火药剂种类及组分

Table 2 Composition of three pyrotechnics

pyrotechnics	composition
black powder	KNO ₃ , sulfur, charcoal
fulminating powder	KClO ₄ , Al-Mg alloy powder, sulfur, Ba(NO ₃) ₂ , Al powder
red powder	KClO ₄ , Al-Mg alloy powder, sulfur, Sr(CO ₃) ₂ , PVC, PE

表 3 不同烟火药做功能力

Table 3 Power for pyrotechnics

name	charge density /g · cm ⁻³	the increment of volume of lead block hole/mL	T /°C	power /mL
8# electric detonator	-	3.40	15	3.40
black powder	0.706	54.50	19.2	51.20
fulminating powder	0.923	116.59	17.0	113.29
red powder	1.047	54.90	17.1	51.60

试验得出烟火药的做功能力按(1)式计算:

$$X = (V_2 - V_1)(1 + K) - 3.40 \quad (1)$$

式中, X 为烟火药的做功能力(以铅孔扩大值表示), mL; V_2 为爆炸后铅孔的容积, mL; V_1 为爆炸前铅孔的容积, mL; K 为温度修正系数(参考 GB12436-90); 3.40 为纸壳电雷管 15 °C 时的做功能力, mL。

每份试样平行做两次测定,取其平均值,精确至 1 mL,平行测定误差不超过 20 mL。如超过 20 mL,则补作一次试验,若其结果同前两个结果平行误差均未超过 20 mL,则可取相差较小的二者的平均值。

3 结果与讨论

3.1 点火方式对被测药剂做功能力的影响

试验选用两种点火方式对被测药剂进行引爆,即电点火头和电雷管。试验发现,采用电点火头只能使被测药剂发生燃烧或者爆燃,铅墙孔容积基本无变化。而采用电雷管则可使被测药剂发生爆炸,进而形成稳定爆轰,导致铅墙孔容积发生明显变化。

烟火药与炸药有不同的输出能量和起爆特性,与炸药相比,烟火药的反应速率及反应剧烈程度一般较低。高氯酸钾、硝酸钡和硝酸钾作组分中的氧化剂,其分解过程为吸热反应,所以烟火药发生爆炸所需点火能量较大。采用电雷管引爆能给烟火药提供较大的爆炸初始冲能,瞬间产生大量的气体,从而实现烟火药的稳定爆轰。

3.2 铅墙的温度对结果的影响

铅墙扩孔值的大小决定于铅的塑性变形,由于铅的塑性具有随温度改变而改变的特点,为了便于结果的统一比较,按 GB12436-90 规定铅墙温度以 15 °C 为基准,高于或低于此温度时都需要修正。在测量铅墙温度时,将符合要求的温度计放入铅墙孔中 10 min,等到温度稳定再读数。根据(1)式可看出,如果铅墙温度测量不准确,测试结果会产生较大的误差。

3.3 药剂种类对做功能力的影响

由表 3 显然可以看出,3 种粉状烟火药中,雷药所造成的铅墙孔容积增量值最大(116.59 mL),其次为红光剂(54.90 mL)和黑火药(54.50 mL)。

烟火药主要由可燃物和氧化剂组成,为了适应实际使用的需求,可以通过功能添加剂达到特殊效果,例如显色剂、音响剂及烟雾剂等。在被测 3 种烟火药的配方中,高氯酸钾、硝酸钡和硝酸钾作为氧化剂,木炭、硫磺、铝粉及镁铝合金粉作为可燃物质或显色物质。由于镁铝合金熔点为 460 °C,而 Mg 和 Al 的熔点均在

650 ℃左右,故镁铝合金金属可燃剂与氧化剂组成的混合物比单一的 Mg 或 Al 金属可燃剂与氧化剂组成的混合物稳定得多^[5]。雷药中不仅含有镁铝合金,而且含有一定比例的铝粉,这增加了雷药的爆热,从而使雷药的做功能力得到较大幅度提高。与雷药相比,红光剂中没有铝粉,而是添加了燃烧后发出红光的碳酸锶以及粘结剂聚氯乙烯和酚醛树脂,由于功能添加剂和粘结剂在很大程度上降低了药剂的燃速,从而降低了气体产生速率,导致铅壩孔容积增量相比雷药小很多。与雷药、红光剂相比,黑火药的成分中不含单一的或合金金属物质,而且作为氧化剂的硝酸钾含氧量比相应的高氯酸钾低,生成的气体较少,故其爆炸威力相对最小。

4 结 论

(1) 参照炸药做功能力测试标准制定的烟火药做功能力测试方法有一定的可行性。

(2) 被测药剂接近散装的情况下可以直接采用电雷管进行起爆。

(3) 按标准要求,烟火药做功能力是铅壩扩孔值减去电雷管做功能力后得到的,所以每种被测药剂的做功能力值应该是扩孔值减去电雷管做功能力 3.40 后得到的数值。

(4) 通过试验测得的铅壩孔容积增量值能够直观

反映 3 种被测烟火药的做功能力,其中,雷药做功能力相对较大,黑火药和红光剂相对较小。

参考文献:

- [1] 郝新红, 赵家玉, 赵志伟. 烟火药燃烧转爆轰的定性实验研究[J]. 兵工安全技术, 1999(2): 8-11.
HAO Xin-hong, ZHAO Jia-yu, ZHAO Zhi-wei. Study of the DDT process of pyrotechnic compositions[J]. *Ordnance Safety Technology*, 1999(2): 8-11.
- [2] 郝新红, 汪佩兰. 烟火药爆炸性能的数值模拟[J]. 北京理工大学学报, 1999, 19(S1): 56-60.
HAO Xinhong, WANG Pei-lan. Numerical simulation of the explosive property of pyrotechnical compositions[J]. *Journal of Beijing Institute of Technology*, 1999, 19(S1): 56-60.
- [3] 刘东辉. 摩擦烟花爆竹生产事故的主要根源[J]. 劳动保护, 2005, 11: 86-87.
LIU Dong-hui. Friction The main causes of the accidents in fire-work's production[J]. *Labor Protection*, 2005, 11: 86-87.
- [4] 潘功配. 烟火学[M]. 北京:北京理工大学出版社, 1997.
- [5] 董春梅. 铅铸法测试工业炸药作功能力探讨[J]. 爆破, 2003, 20: 120-121.
DONG Chun-mei. Discussion of lead-cast method to test the capability of industry explosive's making strength [J]. *Blasting*, 2003, 20:120-121.
- [6] 郝彩霞, 龚声武, 李夕兵. 烟火药生产过程中危险因素辨识及预防措施[J]. 安全与环境工程, 2008, 15(2): 107-111.
HAO Cai-xia, GONG Sheng-wu, LI Xi-bing. Identification and prevention of hazard in pyrotechnic composition production system[J]. *Safety and Environmental Engineering*, 2008, 15(2): 107-111.
- [7] GB 12436-90. 炸药作功能力试验 铅壩法[S].

Power Test of Pyrotechnics by Lead Black Method

LI Yu-ping, LIU Yu-cun, YU Yan-wu, GUO Jia-hu, ZHENG Chang-hong

(Chemical Industry and Ecology Institute of North University of China, Taiyuan 030051, China)

Abstract: According to explosive-determination of power-lead block method and the power of three powdery pyrotechnics such as fulminating powder, red powder and black powder were studied through the method of ignition, the temperature of lead block and the type of pyrotechnics. Results show that pyrotechnics can be detonated through electric detonator, when density of charge is less than or equal to $1.047\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$. The lead temperature needs to be corrected in order to compare the power of pyrotechnics. The power of fulminating powder is the maximum of 113.29mL, and the powers of red powder and black powder are 51.20 mL and 51.60 mL, respectively.

Key words: military chemistry and pyrotechnic technology; pyrotechnics; power; lead block method; test

CLC number: TJ5; TJ06

Document code: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9941.2010.04.010