

文章编号: 1003-1480 (2021) 03-0033-03

环境温度对云爆剂装药性能的影响研究

杜海文, 韩天一, 何 超, 王世英

(西安近代化学研究所, 陕西 西安, 710065)

摘 要: 为掌握环境温度对云爆剂装药性能的影响, 针对液固态云爆剂装药, 开展了高低温环境试验, 采用 CT 检测、DR 扫描方法, 获取了云爆剂装药特性数据。结果表明: 高温条件下, 云爆剂装药轴向发生膨胀, 线膨胀率达 2.99%, 同时云爆剂装药内部孔隙发生膨胀, 较常温下孔隙截面积扩大 8 倍; 低温条件下, 云爆剂装药发生轴向收缩, 线收缩率达 1.43%, 云爆剂装药内部孔隙发生收缩。需优化装药工艺, 以提高云爆战斗部高低温作用可靠性和环境适应性。

关键词: 云爆战斗部; 云爆剂; 环境温度; 装药; 孔隙

中图分类号: TJ413 文献标识码: A DOI: 10.3969/j.issn.1003-1480.2021.03.009

Study on the Effect of Ambient Temperature on FAE Charge Property

DU Hai-wen, HAN Tian-yi, HE Chao, WANG Shi-ying

(Xi'an Modern Chemistry Research Institute, Xi'an, 710065)

Abstract: To understand the effect of ambient temperature on the properties of FAE charge, for liquid-solid FAE charge, hightemperature and low temperature environmental tests were carried out. The CT detection and DR scan method were adopted to obtain FAE charge property. The results show that under high temperature, FAE charge expand along axial, linear expansion rate is about 2.99%, FAE charge inner pore is expanded and the pore cross-sectional area is 8 times larger than that at normal temperature, under low temperature, FAE charge contract along axial, linear contraction rate is about 1.43%, FAE charge inner pore is also contracted. The study show that consideration should be given to the optimization of charge process, so as to improve the adaptability and reliability of FAE warhead in high and low temperature environment.

Key words: FAE warhead; FAE; Ambient temperature; Charge; Pore

二次起爆型云爆弹是一种毁伤威力大、作用范围广、能量利用率高的面杀伤性武器, 其战斗部主要充填液态燃料与固态金属粉组成的液固态高能云爆剂, 在贮存和使用过程中, 由于受环境温度、湿度和载荷等因素的综合作用, 其性能会逐步发生变化。关于环境温度对云爆剂装药环境适应性的影响, 国内开展了很多研究工作。宣卫芳等^[1]通过贮存试验和高低温加速试验, 评定了云爆剂的贮存化学稳定性。徐森等^[2]采用微热量法和温度扫描法, 研究FAE混合燃料的内

相容性。王阵等^[3]系统分析了云爆火箭弹云爆剂发生质量变化的形式及其危害, 介绍了云爆剂质量变化的主要研究方法。赵方超等^[4]采用真空安定性试验, 研究了某固体云爆剂老化后的使用安全性。

本文针对液固态云爆剂装药, 开展高低温环境试验, 获得云爆剂装药在高低温状态下装药内部孔隙尺寸、轴向膨胀和收缩等数据, 研究环境温度条件对云爆剂装药性能的影响, 为云爆战斗部结构及装药工艺的优化完善提供支撑。

收稿日期: 2021-01-04

作者简介: 杜海文 (1986-), 男, 工程师, 从事爆炸力学及战斗部技术研究。

1 试验

1.1 试验装置

试验装置为外径 183mm、高度 418mm 圆柱形筒体,试验用云爆剂为液体燃料与固体金属粉混合而成的液固态混合物,为观测云爆剂在高温环境中的膨胀变化,试验装置中未装满云爆剂,上端面留有一定空隙,密封完好,如图 1 所示。



图 1 试验装置示意图
Fig.1 Test device diagram

1.2 试验方法

试验仪器:2m³快速高温温变箱,设备型号CH 2000C-10ESS;1m³低温交变湿热箱,设备型号CH1000 C;工业CT检测设备。试验装置数量:2,1[#]装置用于高温试验,2[#]装置用于低温试验。试验条件见表1。

表 1 高低温试验条件

Tab.1 High and low temperature test condition

试验项目	温度/℃	持续时间/h	升温/降温速率/(℃·min ⁻¹)
高温试验	70	24	2
低温试验	-50	24	2

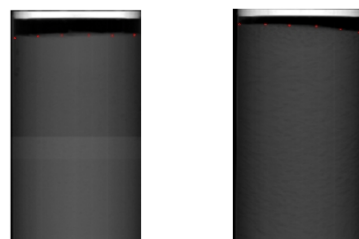
试验前首先对试验装置进行DR扫描,截面进行CT检测。试验时,检测试验装置外观,确认表面完好无损,所属部件连接正常,将试验装置放置在试验箱内,启动试验设备,将试验箱温度升到试验要求温度,保温时间为24h。然后对试验装置进行全面外观目视检查及紧固件连接检查,记录检查结果。试验完成后,对试验装置进行DR扫描,对截面进行CT检测。

2 结果与讨论

2.1 高低温条件下云爆剂的线膨胀率

云爆剂装药呈“果冻”状的液固态混合物,力学性能与固体材料差异较大,尤其在高低温环境温度影响下,其力学性能较常温发生极大变化。1[#]装置高温试验前后的DR扫描结果如图2所示,在云爆剂装药上端面选取6个点,获取了高温试验后装置内云爆剂装药

沿轴向的膨胀数据,如表2所示。由表2可知,在高温试验后,试验装置内云爆剂装药沿轴向发生膨胀,其线膨胀率平均值为2.99%。



(a) 高温试验前 (b) 高温试验后
图 2 高温试验后装置 DR 扫描图

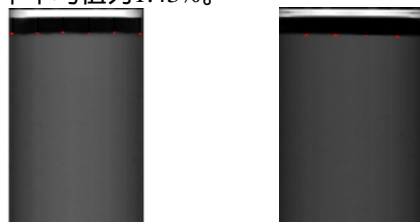
Fig.2 DR scanning diagram of device after high temperature test

表 2 高温试验后云爆剂装药线膨胀率

Tab.2 FAE charge expansion after high temperature test

点位	1	2	3	4	5	6
膨胀值/mm	13.3	14.1	10.9	11.1	8.3	8.0
线膨胀值/%	3.62	3.82	2.97	3.03	2.29	2.21
平均值/%	2.99					

2[#]装置低温实验前后的DR扫描结果如图3所示,在云爆剂装药上端面选取6个点,获取了低温试验后云爆剂装药沿轴向的收缩数据,如表3所示。由表3可知,在低温试验后,装置内云爆剂装药发生轴向收缩,其线收缩率平均值为1.43%。



(a) 低温试验前 (b) 低温试验后
图 3 低温试验后装置 DR 扫描图

Fig.3 DR scanning diagram of device after low temperature test

表 3 低温试验后云爆剂装药线收缩率

Tab.3 FAE charge constriction after low temperature test

点位	1	2	3	4	5	6
收缩值/mm	7.3	7.9	6.1	3.9	2.8	3.2
线收缩率/%	2.00	2.17	1.69	1.08	0.76	0.88
平均值/%	1.43					

高低温试验结果表明,环境温度对云爆剂装药力学稳定性有影响,会导致云爆剂装药发生轴向膨胀或收缩现象。其主要原因有两个:一是云爆剂自身材料特性,在环境温度变化时发生热胀冷缩现象;二是云爆剂装药孔隙的存在,在环境温度变化时,装药孔隙发生热胀冷缩导致云爆剂装药轴向膨胀或收缩。

2.2 环境温度对云爆剂装药内部孔隙的影响

云爆剂装药由液体燃料和小颗粒固体金属粉混合而成,在装药过程中,由于云爆剂自身流散特性和装药工艺等原因,会导致云爆剂装药内部由于空气未

排净而存在装药孔隙。高温试验前后云爆剂装药截面 CT 检测如图 4 所示。

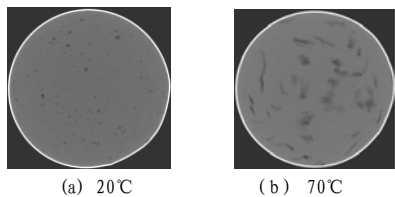


图 4 高温试验前后云爆剂装药截面 CT 检测
Fig.4 CT detection diagram of FAE charge section before and after high temperature test

由图 4 (a) 可见常温 20℃ 条件下云爆剂装药截面存在大量不同大小的近似圆形孔隙,通过计算可知其最大孔隙截面积达 0.275cm^2 , 其孔隙半径为 2.96 mm; 由图 4 (b) 可知, 高温 70℃ 条件下云爆剂装药截面孔隙形状由圆形发展为长条形, 孔隙数量较常温条件下减少, 孔隙大小较常温条件下明显增大, 通过计算可知, 其最大孔隙长度达 48mm, 宽度约 4.6mm, 截面面积约 2.21cm^2 , 是常温条件下孔隙截面面积的 8 倍。分析认为, 高温 70℃ 时孔隙尺寸增大, 同时相邻的孔隙在膨胀过程中发生融合, 进一步增大孔隙尺寸; 因孔隙融合, 高温 70℃ 下孔隙数量明显少于 20℃ 下的孔隙数量。

低温试验前后云爆剂装药截面 CT 检测结果如图 5 所示。

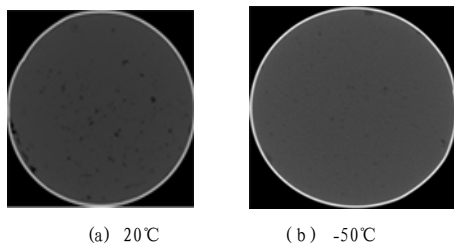


图 5 低温试验前后云爆剂装药截面 CT 检测
Fig.5 CT detection diagram of FAE charge section before and after low temperature test

由图 5 可知, 低温条件下云爆剂装药截面孔隙尺寸与孔隙数量较常温条件下明显减小, 这是由于装药孔隙内空气在低温下发生收缩。装药孔隙收缩后, 孔隙变得极小, 无法获取孔隙收缩后的尺寸数据。云爆剂装药孔隙尺寸的大小, 会影响云爆剂抛撒初始阶段是否发生蹿火现象。在炸药爆炸抛撒云爆剂过程中, 装药孔隙内的空气泡在炸药爆炸作用下发生绝热压缩而导致温度升高, 形成热点, 在合适条件下可能会致使云爆剂在抛撒过程中提前发生燃烧或爆燃 (“蹿火”现象), 而未形成理想的可爆轰燃料空气云团^[5],

极大降低了战斗部爆轰能量输出率, 导致战斗部失效。张奇等^[6]研究认为, 固液混合燃料介质内孔隙的尺度越小, 其压缩产生的温度越低。孔隙尺寸越大, 在爆炸加载绝热压缩过程中温度越高, 云爆剂抛撒发生蹿火的可能性越高, 因此, 高温条件下云爆剂装药孔隙增大, 不利于云爆战斗部正常作用, 低温条件下云爆剂装药孔隙尺寸减小, 有利于云爆战斗部正常作用。为减小装药孔隙大小和数量, 需优化装药工艺, 比如采用真空振动装药、搅拌装药等装药工艺, 尽量减小装药内部的孔隙, 从而提高云爆战斗部环境适应性, 进一步提升云爆战斗部作用可靠性。

3 结论

(1) 高温条件下, 云爆剂装药会发生轴向膨胀, 轴向线膨胀率达 2.99%, 装药内部孔隙变大, 较常温条件面积扩大 8 倍; 低温条件下, 云爆剂装药发生轴向收缩, 轴向线收缩率达 1.43%, 装药内部孔隙较常温条件变小。

(2) 云爆剂装药孔隙增大及装药膨胀和收缩, 对云爆战斗部抛撒作用过程有影响, 需优化装药工艺, 减小装药孔隙数量和尺寸, 降低环境温度对装药膨胀和收缩的影响, 提高云爆战斗部环境适应性。

参考文献:

- [1] 宣卫芳, 陈世英, 袁艺. 云爆剂贮存化学稳定性研究[J]. 装备环境工程, 2007, 4(3): 1-4.
- [2] 徐森, 刘大斌, 惠君明, 等. 燃料空气炸药中混合燃料的内相容性[J]. 火炸药学报, 2008, 31(4): 46-49, 53.
- [3] 王阵, 李海广, 贲旭东, 等. 储存条件下云爆火箭弹云爆剂质量变化研究[J]. 装备环境工程, 2012, 9(3): 82-85.
- [4] 赵方超, 黄文明, 李泽华, 等. 某固体云爆剂老化前后的安全性研究[J]. 装备环境工程, 2014, 11(4): 112-115.
- [5] 郭彦懿, 白春华, 张奇. FAE 燃料炸药抛撒蹿火失效的试验研究[J]. 火炸药学报, 2001(3): 37-38.
- [6] 张奇, 纪艳华, 白春华, 等. 发射过程中混合燃料介质内孔隙的绝热压缩[J]. 高压物理学报, 2004, 18(3): 237-244.