

# 可燃药筒吸水性研究

贾昊楠<sup>1</sup>, 路桂娥<sup>2</sup>, 江劲勇<sup>2</sup>

(1. 军械工程学院, 石家庄 050003; 2. 军械技术研究所, 石家庄 050003)

**摘要:** 采用称量法研究了某卷制结构可燃药筒干燥脱水特性和吸水特性, 筒壁材料的干燥失水率与干燥时间的关系, 平衡吸水量与环境湿度的关系以及试样厚度对吸水速率的影响。结果表明, 可燃药筒筒壁在烘干条件下失水达到恒定的时间以及在常温潮湿环境下达到湿度平衡的时间随试样厚度的增加而延长; 在潮湿环境中的平衡吸水量随环境的相对湿度增加而增加, 在环境相对湿度为90%左右时, 水分的含量接近4%(质量分数, 全文同); 相对于发射药具有较强干燥脱水特性和吸水特性, 可燃药筒厚度是影响吸水速率的重要因素。

**关键词:** 可燃药筒; 水分; 干燥; 吸水性

**中图分类号:** TJ55; O62      **文献标识码:** A

**文章编号:** 1672-9242(2011)04-0094-03

## Study of Moisture Absorption of Combustible Cartridge Case

JIA Hao-nan<sup>1</sup>, LU Gui-e<sup>2</sup>, JIANG Jin-yong<sup>2</sup>

(1. Ordnance Engineering College, Shijiazhuang 050003, China;

2. Ordnance Technology Research Institute, Shijiazhuang 050003, China)

**Abstract:** The desiccation features and hygroscopic properties of rolled combustible cartridge case were studied by weighing method. The relationship between drying rate and drying time, moisture absorption rate and humidification of time, the equilibrium moisture content and environmental humidity was analyzed. The results showed that the time to reach constant weight of the sample in dry and wet conditions at room temperature prolonged with thickness increased; the higher the relative humidity, the greater the equilibrium moisture content of the cylinder wall. When the relative humidity was about 90%, its absorption rate was closed to 4%. Compared with its inner propellants, has much stronger dehydration properties and moisture absorption properties. Thickness is the important factor influencing moisture absorption velocity of the combustible cartridge case.

**Key words:** combustible cartridge case; moisture; drying; hygroscopic

可燃药筒是以硝化纤维素为主,再辅加木质或纸质纤维、树脂及二苯胺等可燃材料制成的炮弹药

筒<sup>[1]</sup>。它本身是一种多孔性复合材料,具有氧平衡系数低,燃烧速度快,燃烧后期渐增性大等特点<sup>[2]</sup>。

收稿日期: 2011-02-26

作者简介: 贾昊楠(1987—),男,河北石家庄人,硕士研究生,主要研究方向为军用化学品安全技术。

由于水分子的横截面积很小,几乎能透过所有聚合物材料,环境中的潮湿空气可沿着聚合物网络空隙、聚合物界面或沿毛细管状的纤维渗入可燃药筒筒壁<sup>[1]</sup>。目前我国可燃药筒大多具有毡状多孔结构且富含亲水性纤维,所以吸水性较强<sup>[4-5]</sup>。在长期储存运输过程中,可燃药筒包装也会出现不同程度的破损,当密封包装失效后,药筒材料将会从外界吸收水分,导致可燃药筒燃烧性能改变,弹丸的内弹道性能不稳定甚至会产生残渣留膛等严重后果。我国并没有针对可燃药筒设立单独的温湿度标准,而且也没有严格的吸水量指标。可燃药筒存储环境与普通发射药一致,均为室温和相对湿度在40%~70%之间。

可燃药筒的储存环境的相对湿度、吸水特性以及燃烧完全性之间的关系还没有被广泛研究。笔者对某卷制型可燃药筒的吸水特性进行研究,并进一步研究了可燃药筒的水分含量与燃烧完全性的关系,提出了药筒储存环境的温湿度要求。

## 1 试验

### 1.1 研究对象

可燃药筒试样的尺寸分别为:3 mm × 3 mm × 0.2 mm, 5 mm × 5 mm × 2 mm,质量均为(2.000 0 ± 0.000 2)g。

参比发射药是与该可燃药筒配套使用的2种单基发射药:N1和N2。试样过双层圆孔筛,取2 mm的筛下物。试样质量均为(2.000 0 ± 0.000 2)g。

### 1.2 可燃药筒的干燥试验

将在室内环境中达到吸水平衡的被测试样分别放在称量瓶中,去掉盖,置于温度为55℃的烘箱中干燥,定期称量,监测其质量变化,至质量达到恒定为止。一般认为当前后2次质量变化率在0.01%范围内时,试样达到恒定。根据试样的质量损失量,计算可燃药筒干燥失水率。

$$Q_s = \frac{W_0 - W_1}{W_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中: $Q_s$ 为可燃药筒筒壁的失水率; $W_1$ 为试样的初始质量; $W_0$ 为试样经干燥后的质量。

### 1.3 吸水实验

采用HDS405高低温恒定湿热试验箱,将试样放在敞口的称量瓶内,暴露在湿热试验箱内潮湿的环境中,定时称取吸了水的可燃药筒试样质量,监测其质量变化,直到质量达到恒定<sup>[6]</sup>。根据试样的质量变化,可以按式(2)计算可燃药筒的吸水率。

$$Q_x = \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中: $Q_x$ 为可燃药筒的吸水率; $W_1$ 为试样烘干恒定后的质量; $W_2$ 为试样加湿后的质量。

吸水环境条件:常温25℃,环境相对湿度分别为37% ± 3%, 64.5% ± 3%, 71% ± 3%, 80% ± 4%和89% ± 4%。环境温湿度都是通过湿热试验箱来调节,并由温场测试系统CST4002来校准的。

## 2 结果与分析

### 2.1 可燃药筒的干燥失水分析

2种厚度的可燃药筒试样与参比发射药在相同干燥温度下的失水率与干燥时间的关系如图1所示。由图1可以知道烘干失水速率和平衡失水率,结果见表1。

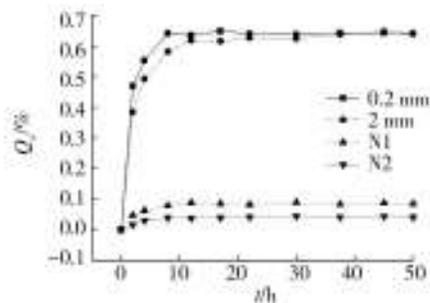


图1 55℃下可燃药筒及参比发射药烘干质量损失  
Fig. 1 The drying rate curves of the combustible cartridge case and the reference propellants at 55℃

表1 烘箱内的干燥结果  
Table 1 Drying results in oven

试样	开始时失水速率/(%·h <sup>-1</sup> )	平衡失水率/%
0.2 mm	0.23	0.64
2 mm	0.19	0.64
N1	0.02	0.08
N2	0.01	0.04

由图1和表1可知:1)可燃药筒试样越厚,前期失水速率越小,干燥达到质量恒定的时间就越长,但平衡失水率相同;2)可燃药筒0.2 mm试样及参比发射药干燥后质量损失变化主要集中在前8 h,并且可以较快达到平衡;3)对比发射药可知,在相同烘干条件下可燃药筒失水速率明显较快,且平衡失水率大,说明可燃药筒筒壁材料具有较强的失水特性。

### 2.2 可燃药筒的吸水试验

将经干燥后达到失水平衡的厚为0.2 mm的可燃药筒试样置于不同湿度环境中,其瞬态吸水率 $Q_t$ 与时间的关系如图2所示。在25℃,RH为89%的条件下,2种不同厚度可燃药筒试样吸水率的变化情况如图3所示。在25℃,RH为89%时,可燃药筒试样与参比发射药吸水率的变化情况如图4所示。由图2—图4可以得到吸水速率和平衡吸水率,结果见表2和表3。

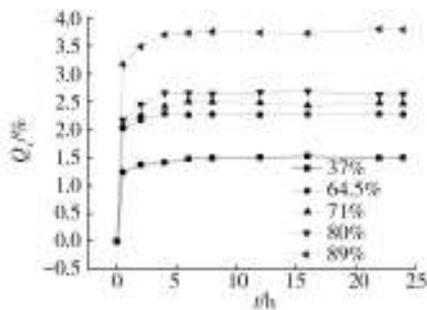


图2 厚度为0.2 mm的可燃药筒试样在25℃、不同相对湿度下的吸水曲线

Fig. 2 Hygroscopicity curves of combustible cartridge case samples of 0.2 mm thickness at 25 °C and different relative humidity

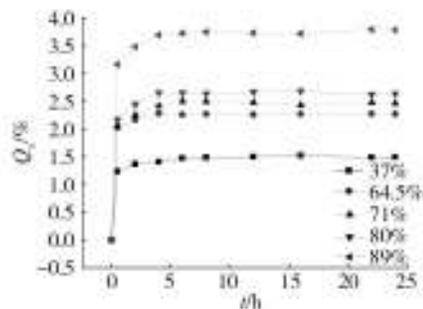


图3 可燃药筒与参比发射药在25℃,RH为89%时吸水性比较

Fig. 3 Hygroscopicity of combustible cartridge case with the reference of propellants under 25 °C with RH=89%

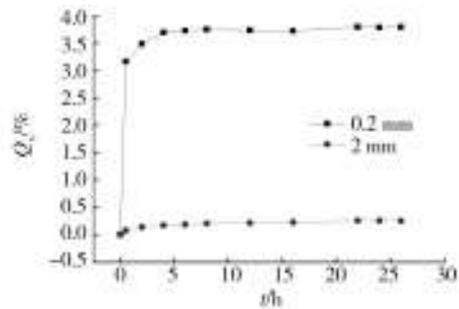


图4 2种不同厚度可燃药筒试样在25℃,RH为89%时的吸水性比较

Fig. 4 Hygroscopicity of two thickness of combustible cartridge case sample under 25 °C with RH=89%

表2 在不同相对湿度条件下可燃药筒的吸水结果

Table 2 Hygroscopicity result of combustible cartridge case under different relative humidity

RH/%	开始时失水速率/(%·h <sup>-1</sup> )	平衡失水率/%
37	2.46	1.50
64.5	4.04	2.27
71	4.12	2.46
80	4.33	2.63
89	6.33	3.79

表3 RH为89%时可燃药筒与参比发射药的吸水结果

Table 3 Hygroscopicity result of combustible cartridge case with the reference of propellants with RH=89%

试样	开始时失水速率/(%·h <sup>-1</sup> )	平衡失水率/%
0.2 mm	6.33	3.79
2 mm	0.15	0.25
N1	1.42	2.07
N2	1.59	2.23

从表2和表3可以看出:

1) 经干燥的可燃药筒在湿气环境中会快速吸收水分,并且可以迅速达到吸水平衡状态。随着环境湿度的增大,前期可燃药筒吸水速率也随之增大。

2) 环境气氛湿度越高,可燃药筒最大吸水率就越大。

3) 不同厚度的可燃药筒试样在相同湿度气氛下吸水,其吸水速率和达到平衡时的水分含量不同,前者是由相同质量下2种试样吸水表面积不同造成的,导致平衡吸水量不同的原因可能是可燃药筒表

(下转第103页)

阻尼效果)。由于加装后比加装前振动衰减超过40%,按照铝结构振动寿命的当量关系可以估计,加装阻尼层后蒙皮壁板振动疲劳寿命增加了约7.7倍。

### 3 结论

1) 某型飞机进气道蒙皮裂纹、铆钉松动故障是强噪声环境下的结构振动疲劳所致。

2) 进气道加装复合约束阻尼层,对抑制飞机蒙皮结构宽频振动效果显著,可有效解决蒙皮裂纹、铆钉松动问题,确保飞行安全。

### 参考文献:

- [1] 龚庆祥. 航空器振动故障实例分析汇编[M]. 北京:航空工业出版社,1996.
- [2] 姚起杭. 飞机结构声疲劳设计手册[M]. 北京:航空工业出版社,1998.
- [3] 姚起杭. 飞机结构声疲劳文集[M]. 北京:航空工业出版社,1991.
- [4] 张阿舟,诸德超,姚起杭,等. 实用振动工程[M]. 第二卷. 北京:航空工业出版社,1997.
- [5] 张阿舟,姚起杭. 振动制造工程[M]. 北京:航空工业出版社,1989.

(上接第96页)

面涂层有一定防水作用,内外层吸水能力不同。

4) 对比发射药的吸水性,0.2 mm厚可燃药筒试样明显具有较强的吸水能力。在相同环境湿度下,前期可燃药筒的水分增加速率明显快于参比发射药,且最大吸水率也高于2种发射药。这是由于可燃药筒的主要成分是硝化棉,硝化棉中存在未被取代的羟基、毛细管和很大的内表面,因而能吸附水分、凝结水分并与水分子形成氢键,具有较强的吸附能力<sup>[7]</sup>。由于可燃药筒与发射药在成分与吸水性能等方面具有很大差异,共同储存时可能会相互影响,因此在今后的吸水性研究中需要考虑药筒与筒内发射药一起放置时的情况。

### 3 结论

1) 可燃药筒材料的平衡吸水率与药筒所处的环境相对湿度有紧密关系,环境相对湿度越大,可燃药筒材料的最大吸水率就越大,当相对湿度接近90%时,最大吸水率增长快。常温条件下,0.2 mm的可燃药筒材料在较低湿度环境下的平衡吸水率约为1.5%~2.5%;在高湿度条件下,其水含量可接近4%。

2) 与筒内发射药相比,可燃药筒暴露在干燥环境中易失去水分,而在潮湿环境中易吸收水分。这是由于其主要成分硝化棉具有较强的吸水能力,说

明可燃药筒的水含量受外界环境湿度的影响较大。

3) 可燃药筒材料厚度降低为原来的1/10时,烘干速率和平衡失水率基本没有变化,但是吸水速率和平衡吸水率分别增加40倍和15倍。

### 参考文献:

- [1] 赵成文,周伟良,徐复铭. 新型可燃药筒的制备及性能研究[D]. 南京:南京理工大学,2008.
- [2] KURULKAR G R, SYAL R K, SINGH H. Combustible Cartridge Case Formulation and Evaluation[J]. Journal of Energetic Materials, 1996, 14(2): 127.
- [3] 张纲要. 固体火箭发动机绝热层材料的吸水性研究[C]//中国宇航学会固体火箭推进24届年会论文集. 中国宇航学会, 2007: 320—323.
- [4] HO C H, MONEYHUN J H, AGOURIDIS D C, et al. Detection of Nitroesters and Moisture in Combustible Cartridge Case Wall by Indicator Strips and Instruments, ORNL/TM-12286[R]. Oak Ridge: Oak Ridge National Laboratory, 1992.
- [5] SYAL R K, TALEGAONKAR S B, PESHAVE J R. Drying Characteristics of Combustible Cartridge Case[J]. Chemical Engineering World, 1995, 30(6): 119.
- [6] 王泽山,韩盘铭,张续柱. 火药实验[M]. 北京:中国科技出版社,1992.
- [7] 殷雅侠,徐赛龙,张续柱,等. 无壳弹发射药的吸水性和热安定性研究[J]. 含能材料, 2000, 8(1): 34—36.