

独立单元单基装药的外挥一致性调控 以及对初速的影响

杨登云, 侯尚清

(江阳化工厂军代室, 山西 太原 030008)

摘 要: 为确保某独立单元单基装药低温初速的一致性, 必须对外挥的一致性进行调控。通过外挥调整实验确定了平衡水分、吸湿控挥参数和外挥是否一致的判断方法, 同时就外挥对初速的影响进行了分析, 得出了无损检测外挥一致性的调控方法和外挥与装药初速的关系式。

关键词: 流体力学; 单基药; 外挥; 初速

中图分类号: TJ763

文献标识码: A

文章编号: 1007-7812(2005)03-0030-04

External Volatiles Consistency Regulation and Influence on Muzzle Velocity of Self-unit Single-base Propellant Charge

YANG Deng-yun, HOU Shang-qing

(Military office, Jiayang Chemistry Factory, Taiyuan 030008, China)

Abstract: To insure the uniformity of the initial velocity of self-unit single-base propellant charge at low temperature, it is necessary to control the consistency of external volatiles. A method to judge the consistency of equalizing water content, absorb moisture controlling volatiles parameters and external volatiles is experimentally determined by regulating the external volatiles. The non-destructive testing for consistency of external volatiles and the relationship of external volatiles and the flight muzzle velocity at low temperature are deduced by analyzing the influence of external volatiles on initial velocity.

Key words: fluid mechanics; single-base propellant; external volatiles; initial velocity

引 言

某火箭发动机装药采用高氮量单基发射药, 单基药具有较强的吸湿性, 单基药保持少量的水份主要表现为外挥。外挥的均匀一致性一般是靠对火药的混同来实现的。而某单基装药在成型后增加了固药工艺, 采用毛刷式装药结构, 每一发产品成为一个独立的单元, 因此成为独立单元单基装药。单发装药间外挥一致性的控制比较困难, 无法用常规的机械或人工混同的办法实现均匀一致性, 且高氮量单基药对外挥敏感, 外挥稍有变化会给初速带来很大变化, 这给装药的验收带来困难。发动机装药结构采用毛刷式在单兵火箭武器中广泛应用, 但都使用双基或改性双基推进剂, 不存在外挥对装药性能的影响^[1-3]。目前, 未见国内外对独立单元单基装药外挥

调控措施或外挥对初速影响的系统报道。本研究通过外挥调整试验得出了无损检测外挥一致性的调控方法和外挥与装药初速的关系式。

1 实 验

外挥调整是通过吸湿增加外挥或烘干减少外挥。某火箭发动机装药用单基发射药经固药胶(50±2)、48 h 固化后, 相当于经过了过烘干过程, 外挥值往往比较低(0.4%左右), 因此吸湿是调整外挥的主要方法。

吸湿方法有两种, 第一种是自然吸湿法, 该方法简单, 药与水分结合比较稳固, 外挥不易变化, 但时间太长, 不方便, 需要的工房面积也大, 由于受气候变化的影响, 使得每次控制的条件很难确定。第二种是人工吸湿法, 是将一定温度、湿度的空气通过药

收稿日期: 2004-10-26

作者简介: 杨登云(1974-), 男, 工程师, 在读工程硕士, 从事火炸药质量监造工作。

管, 使药管吸收水分, 吸湿时间除与空气温度、湿度有关外, 还与药管尺寸的大小、密度有关, 这种方法

方便且容易操作, 时间短。通过实验, 确定了装药吸湿控挥中的有关问题。外挥调整数据见表 1。

表 1 外挥调整有关数据

Table 1 Data on external volatiles regulation

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
时间/h	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
温度/	26.8	26.9	29.0	30.0	30.5	31.0	30.5	31.0	31.0	31.0	30.0
湿度/%	59	59	61	60	58	60	60	58	60	61	61
外挥/%	0.30	0.40	0.48	0.57	0.65	0.70	0.77	0.83	0.84	0.84	0.85

1.1 平衡水份的确定

吸湿是烘干的逆过程, 其实质是一种吸附作用。根据吸附的基本原理, 吸附量的大小与药管的性质、空气的温度和相对湿度有关。经过试验, 绘制了吸湿控挥曲线如图 1 所示。

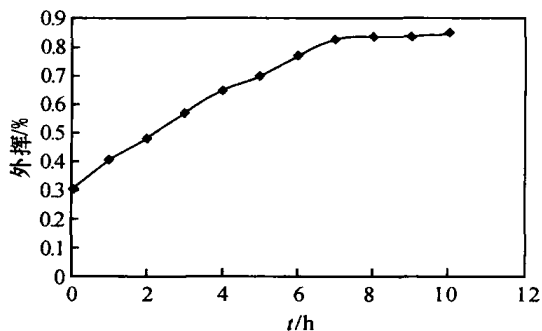


图 1 装药吸湿控挥曲线

Fig 1 A plot of moisture absorbing and volatile controlling of charge vs time

吸湿前药管外径 3.98 mm, 内径 2.2 mm, 弧厚 0.88 mm, 外挥 0.3%, 装药量 (325 ± 0.6) g。

由图 1 分析可知, 4 h 前外挥随时间呈线性关系, 4 h 后, 外挥变化减弱, 在 7 h 处, 出现明显拐点, 7 h 后, 外挥基本不变。达到拐点后的数值称为装药在该状态下的平衡水份值。

1.2 吸湿控挥工艺参数的确定

枪炮装药采用人工吸湿方法, 工艺参数如表 2 所示。

表 2 枪、炮装药外挥调整工艺参数

Table 2 Technological parameters for the external volatile adjustment of gun propellant

项目	枪药	炮药
吸湿温度/	35~45	36~42
吸湿湿度/%	> 78	> 95
吸湿时间/h	2~3	4~6
吸湿后外挥/%	1.0~1.2	1.1~1.3

对于独立单元单基装药, 经过实验确定的工艺

参数如下: 吸湿温度 (30 ± 2) , 吸湿相对湿度 $(60 \pm 2)\%$, 吸湿时间 5~8 h, 吸湿后外挥 $(0.8 \pm 0.1)\%$ 。

1.3 外挥一致性控制方法的确定

固化后, 每发装药的外挥基本一致, 但经人工吸湿之后外挥波动较大, 为了解决这一问题, 可采用以下方法: 由于装药内挥基本不变, 外挥的变化实际上表现为水份的增量变化, 通过称量计算吸湿前后装药重量的变化量, 确定外挥(水份)的变化是否一致, 对外挥增量过大及过小者, 再进行烘干或吸湿处理, 使之与预先确定的值接近, 从而实现每发装药之间外挥值的均匀一致性, 达到稳定弹道性能之目的。数学表达式为:

$$\Delta G = G_2 - G_1$$

式中, ΔG 为装药吸湿前后重量变化量, g; G_2 为装药吸湿后重量, g; G_1 为装药吸湿前重量, g。

1.4 初速测试

测速系统由测时仪器、区截装置组成。测时仪器时间显示分辨率应不低于 $1 \mu\text{s}$, 计时精度应不低于 $(2t \times 10^{-6} \pm 1) \mu\text{s}$, 其中 t 为弹丸飞经两靶间的时间。测速靶布置, I 靶距发射筒前端 10 m, II 靶距 I 靶 6 m。

平均初速 $(124 \pm 2) \text{ m/s}$, 初速中间误差 (1.7 m/s) 均在指标要求范围内, 则判定该批装药合格。若某项不符合要求, 采用调节外挥的办法来修整, 并进行复试。

2 结果与讨论

2.1 吸湿控挥工艺对外挥及内弹道性能的影响

研制初期, 装药固化后直接进行弹道试验, 其缺点一是由于外挥太小, 当装药与空气接触时容易吸湿, 致使性能不稳定; 二是如果药量偏低, 初速低于技术指标时, 装药无法调整。因此, 必须确定一条理想的装药吸湿调挥工艺路线。通过自然吸湿工艺与人工吸湿工艺对比, 选择了人工吸湿工艺。

表 3 外挥调整工艺情况对比

Table 3 Technological situation comparison for external volatile adjustment

批次	吸湿工艺	t/h	T/	湿度/ %	H/%				V ₀ /(m·s ⁻¹)				e _{v0} / (m·s ⁻¹)
					1	2	3	4	1	2	3	4	
1/03	人工	6	30~35	60~70	0.82	0.99	1.09	1.00	128.0	132.0	131.0	131.2	1.18
1/03	自然	168	24~30	60~83	1.16	1.14	1.12	1.13	121.8	121.8	120.0	118.6	1.05

自然吸湿的时间由空气湿度决定,时间太长,同时受外界环境条件影响较大,研制及批量生产都不允许,但外挥均匀性较好;人工吸湿的时间短,工艺条件好控制,但外挥均匀性不如自然法。对于均匀性控制,可通过其它办法解决。

2.2 重量法用于人工吸湿及外挥一致性的控制

3/2003 批发射药外挥调整使用重量法。发射药重(322±0.6)g,固药后有效药重(300.5±0.6)g,固药后外挥 0.45%;空气温度 31℃,相对湿度 65%~70%,吸湿时间 6.5~7h。试验结果见表 4。

表 4 装药外挥一致性试验数据

Table 4 Data obtained by external volatile identity test of charge

序号	G ₁ /g	G ₂ /g	G ₂ -G ₁ /g	H/%
1	365.2	367.0	1.8	1.05
2	365.8	367.8	2.0	1.05
3	366.2	368.0	1.8	1.06
4	364.8	366.8	2.0	1.06
5	365.0	366.6	1.6	1.03

注:G₁为吸湿前套重,G₂为吸湿后套重,H为外挥。

由表 4 可知,吸湿前后外挥变化约为 0.6%,单发药重增量为 1.8~2.0g,与理论计算但一致。用

表 6 外挥对装药初速的影响

Table 6 The effect of external volatile on initial velocity of charge

装药量/g	批次	H/%	V ₀ /(m·s ⁻¹)	ΔH/%	ΔV ₀ /(m·s ⁻¹)	ΔH/ΔV ₀ /(m·s ⁻¹)
325	1/2002	0.94	121.0	0	0	
325	6/2002	0.80	125.5	0.14	4.5	0.031
325	6/2002	0.77	124.7	0.17	3.7	0.045
325	6/2002	0.75	125.2	0.19	4.2	0.046
325	6/2002	0.71	126.8	0.23	5.8	0.040
320	3/2002	0.81	124.5	0	0	
320	4/2002	0.84	123.9	0.03	0.6	0.047
320	5/2002	0.77	125.6	0.04	1.1	0.036
328	2/2002	1.00	123.3	0	0	0.039
328	2/2002	1.13	120.0	0.13	3.3	0.030
328	2/2002	1.03	124.3	0.03	1.0	0.033
328	2/2002	0.90	126.3	0.10	3.0	
330	1/2003	1.04	127.0	0	0	
330	1/2003	1.07	126.2	0.03	0.8	0.038
330	1/2003	1.13	124.8	0.09	2.2	0.041
330	1/2003	0.92	130.5	0.12	3.5	0.034
330	1/2003	1.21	122.5	0.17	4.5	0.038

该方法对 3/2003 批装药进行全批(2536 发)调控,然后随机抽样进行内弹道试验,结果如表 5 所示。

表 5 3/2003 批内弹道试验情况

Table 5 Results obtained by interior ballistic test for 3/2003 batch

序号	ΔG/g	P _m 发动机/MPa	V ₀ /(m·s ⁻¹)	e _{v0} / (m·s ⁻¹)
		(+50)	(-40)	
1	1.8	55.20	124.8	
2	1.8	56.12	125.2	
3	1.9	54.44	123.8	
4	1.8	55.13	124.2	0.65
5	1.9	56.51	126.7	
6	2.0	55.66	124.6	
7	2.0	54.76	124.2	

可以看出,用重量法控制整批装药的外挥一致性较好,发动机工作压力稳定,初速完全满足技术指标要求,且中间误差较小,是一种控制装药外挥的理想工艺方法。

2.3 外挥对装药初速的影响

在给定装药量的情况下,就外挥对装药初速的影响进行了试验,结果如表 6 所示。

由表 6 可计算出, 药量为 320 g 时, $\Delta H / \Delta V_0 = K_1 = 0.0415$; 药量为 325 g 时, $\Delta H / \Delta V_0 = K_2 = 0.0405$; 药量为 328 g 时, $\Delta H / \Delta V_0 = K_3 = 0.0340$; 药量为 330 g 时, $\Delta H / \Delta V_0 = K_4 = 0.0377$ 。 $\Delta H / \Delta V_0$ 的平均值为 0.0384。

为此, 可归纳出 ΔV 随 ΔH 变化的关系式为:

$$\frac{\Delta V}{V_0} = \frac{1}{-0.0384} \Delta H = -26.04 \Delta H$$

式中, V_0 为初速, $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$; ΔH 为外挥变化量, %。

由于装药的药型尺寸、燃烧面积及密度等不同, 可得出不同状态下外挥对初速的影响情况, 如图 2 所示。

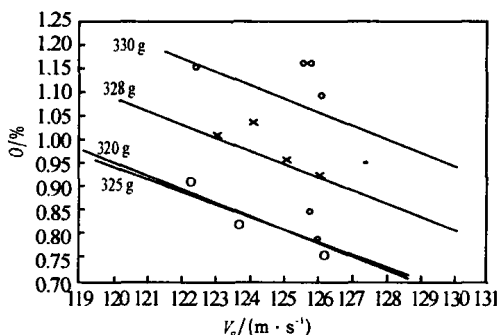


图 2 外挥对初速的影响曲线

Fig 2 A plot of external volatile vs initial velocity

由图 2 可知, 初速与外挥基本上呈线性关系。外挥增加, 初速下降; 装药量、药型尺寸、密度等不同, 外挥对初速的影响也不完全一致; 根据 $\omega \sim H - V$

图, 可确定出不同装药量情况下外挥的最佳控制范围。如装药量为 320 g 时, 外挥应控制在 0.8% ~ 0.9%, 这在 3/2002 ~ 5/2002 批的生产中已得到证实, 每批外挥分别为 0.8%, 0.8% 和 0.89%, 且内弹道试验结果比较理想。

3 结 论

(1) 对于独立单元单基装药结构的某发动机装药, 人工吸湿法外挥控制工艺比较理想。

(2) 外挥对装药初速的影响有关系式 $\Delta V / V_0 = -26.04 \Delta H$, 为实现外挥值的稳定一致, 平衡水份应根据装药量等因素进行控制;

(3) 重量法用于人工吸湿工艺对外挥一致性的控制是可行的, 可称之为对独立单元单基装药外挥监控的无损检测方法。

参考文献:

- [1] 胡国胜, 张丽华, 牛秉彝. 单基与多基火药[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1996
- [2] 邢寒伟, 杨登云. 外挥、装药量对弹丸初速度的影响[A]. 单兵云爆弹论文集[C]. 北京: 北京理工大学出版社, 2002
- [3] 黄裕龙, 杨登云. 某火箭弹发动机装药外挥对初速的影响[J]. 火炸药学报, 2001, 24(2): 52-53

(上接第 29 页)

能是碳黑与配方中的铅、铜盐复配燃烧催化剂协同作用的结果。

3 结 论

(1) AD 在推进剂配方中存在最佳含量 (Q_0), 适量 AD (约为 0.7%) 可将推进剂在 3 ~ 20 MPa 压力范围内的压强指数降至 0.45 以下。

(2) AD 在 12 ~ 18 MPa 压力范围内比等量 BC 对微烟 NEPE 推进剂燃烧性能的催化作用弱, 这可能与推进剂燃烧过程中 AD 所含铜元素在燃面的富集程度小于 BC 有关。

(3) 乙炔、中超和通用碳黑均能改变该类推进剂在 3 ~ 18 MPa 压力范围内的燃速。增加乙炔碳黑含量可使推进剂在 3 ~ 20 MPa 压力范围内的燃烧性

能有所改善。

参考文献:

- [1] 陆殿林, 樊学忠, 李旭利, 等. XLDB 推进剂燃烧性能研究[J]. 火炸药学报, 2001, 24(4): 50-51
- [2] Warren L. C. Minimum signature isocyanate cured propellants containing bismuth compounds as ballistic modifiers[P]. US: 6168677, 2001.
- [3] 樊学忠, 张伟, 李吉祯, 等. 铅盐对无烟 NEPE 推进剂燃烧性能的影响[J]. 火炸药学报, 2005, 28(1): 9-11.
- [4] 王伯羲, 冯增国, 杨荣杰. 火药燃烧理论[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 1997.
- [5] 赵凤起. 含非铅催化剂的微烟平台推进剂的研究[D]. 西安: 兵器工业第二〇四研究所, 1986.
- [6] 兵器工业部第二〇四研究所. 火炸药手册(第四分册)[M]. 西安: 兵器工业部第二〇四研究所, 1987.