

文章编号: 1006-9941(2006)01-0042-03

## 湿法压药对 B-BaCrO<sub>4</sub> 延期药延期精度的影响

李慧琴<sup>1,2</sup>, 成一<sup>1</sup>, 姜显光<sup>1</sup>, 朱绪强<sup>1</sup>, 吴寒杰<sup>1</sup>

(1. 南京理工大学化学工程学院, 江苏 南京 210094;

2. 盐城工学院应用化学系, 江苏 盐城 224003)

**摘要:** 针对延期药延期时间精度较低、长贮性能差的问题, 实验研究了湿法压药对 B-BaCrO<sub>4</sub> 延期药精度的影响。结果表明, 无论是在常温, 还是在高低温(-6℃、60℃)和长贮(70 d)条件下, 湿法压药的 B-BaCrO<sub>4</sub> 延期药均具有较好的精度。

**关键词:** 应用化学; 延期药; B-BaCrO<sub>4</sub> 延期药; 延期精度; 湿法压药

**中图分类号:** TJ4; O69

**文献标识码:** A

### 1 引言

延期药式延期元件的主要优点是结构简单、制造方便、体积小、成本低、原料丰富、耐温抗震、延期范围很宽(数毫秒至数十秒)、重量轻、且易被多种冲能(电、热、火焰、机械、激光等)所引燃、使用和生产安全、作用可靠性高<sup>[1]</sup>。延期药的这些优点使得延期药元件在兵器、航天、火箭、导弹以及民爆器材中得到广泛应用。但目前我国大多数的延期药的延期精度低、长贮性能差<sup>[2]</sup>。这些缺点严重影响了延期药在武器弹药中的应用。因此, 进一步研究提高延期药精度的技术十分必要。

目前, 我国在延期药的配方、延期体的结构、延期药的测试技术与国外延期药的技术水平基本相同, 但延期药的精度和长贮性能仍然与国外的先进水平有一定的差距, 其主要差别是延期药的制备工艺。

大多数研究认为含水延期药的延期精度很差<sup>[3-7]</sup>, 这主要是水会影响延期药的燃烧速度进而影响延期药的精度, 其次水会加速延期药中各个组分间的反应, 从而影响延期药的长贮性能。因此, 延期药主要采取干法制备技术, 即延期药制备过程中的原材料处理、混药、造粒、压药等工艺均是在干燥环境下进行。

湿法压药是将造粒后的延期药在一定的湿度条件和时间下进行一定程度的吸湿, 然后再进行压药。事实上, 湿法压药中水的存在, 一方面可以钝化延期药的表面从而稳定延期药的反应活性; 另一方面水也可作为一

种润滑剂, 增加延期药颗粒在压药过程中的流动性, 提高延期药的压药密度, 进而提高延期药的延期精度。

本研究利用湿法压药制备 B-BaCrO<sub>4</sub> 延期药体, 并对其进行了高低温实验和长贮实验, 结果表明湿法压药可以提高 B-BaCrO<sub>4</sub> 延期药的延期精度和长贮性能。

### 2 实验

#### 2.1 原材料

无定形硼: 一级品, 纯度 >90%, 营口化工厂; 聚乙烯醇缩丁醛: 一级品, 纯度为 45% ~ 50% (丁醛基), 上海振华染料厂; 铬酸钡: 分析纯, 纯度 >98%, 上海试剂二厂; 高氯酸钾: 化学纯, 99.0%, 上海试剂二厂。

#### 2.2 主要仪器

高压脉冲起爆器(南理工导爆管厂)(自制); 导爆管: 外径  $\Phi 3$  mm、 $\Phi 5$  mm, 爆速 1800 ~ 2000 m·s<sup>-1</sup> (南理工导爆管厂); 覆铜延期管: 外径  $\Phi 6.1$  mm, 内径  $\Phi 5.1$  mm, 长度 27.7 mm, 传火孔  $\Phi 2.4$  mm; 测时仪器: 瞬态时间记录仪(纵横 Jovian); 微机: 586 微型机; 行星式高速球磨机(南京南大天尊电子有限公司, ND4-4L)。

#### 2.3 样品制备

##### (1) B-BaCrO<sub>4</sub> 延期药的组成与配比

B-BaCrO<sub>4</sub> 延期药主要由 B, BaCrO<sub>4</sub> 和聚乙烯醇缩丁醛组成。当硼含量较低时, 往往容易产生断火现象, 因此在 B-BaCrO<sub>4</sub> 延期药中添加 KClO<sub>4</sub><sup>[2]</sup>, 可以增加 B-BaCrO<sub>4</sub> 延期药的燃烧热, 提高延期药的反应温度, 以避免断火现象。

本实验所采用的两组延期药的组成: 1<sup>#</sup>组分, B 为 3%, BaCrO<sub>4</sub> 为 97%, KClO<sub>4</sub> 为 5% (外加), 聚乙烯醇缩丁醛为 3% (外加); 2<sup>#</sup>组分, B 为 5%, BaCrO<sub>4</sub> 为

收稿日期: 2005-04-13; 修回日期: 2005-07-14

作者简介: 李慧琴(1979-), 女, 助教, 硕士, 从事应用化学教学与研究  
工作。通讯联系人: 成一(1952-), 男, 研究员, 从事火工品教学与研究  
工作。e-mail: chengyi20@yahoo.com.cn

95%, 聚乙烯醇缩丁醛为 3% (外加)。

### (2) B-BaCrO<sub>4</sub> 延期药的制备

将上述两组配方组成的 30 g 延期药用无水乙醇做溶剂在行星式高速球磨机(球径  $\Phi 10$  mm 为 10 粒,  $\Phi 5$  mm 为 30 粒, 转速为  $250 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$ , 交替旋转各 5 min) 进行混和, 共 30 min。然后, 再进行捏合、造粒、烘药。1<sup>#</sup>和 2<sup>#</sup>平行各做三批, 分别记为 1<sup>#</sup>-1, 1<sup>#</sup>-2, 1<sup>#</sup>-3 和 2<sup>#</sup>-1, 2<sup>#</sup>-2, 2<sup>#</sup>-3。

## 3 结果与讨论

### 3.1 湿法压药与干法压药比较

将 B-BaCrO<sub>4</sub> 延期药放入一个含水的密闭容器中(相对湿度为 100%), 然后在 50 °C 下进行吸湿。两组试样的吸湿时间分别为: 1<sup>#</sup>组分 0, 20, 40, 60 min; 2<sup>#</sup>组分 0, 20 min。

分别将烘干和吸湿过的 300 mg B-BaCrO<sub>4</sub> 延期药

装压在覆铜延期管中, 且上下各压 50 mg 的点火药(点火药: B 为 16%, BaCrO<sub>4</sub> 为 84%), 压药压力为 180 MPa。相关实验结果见表 1。

从表 1 中可看出, 湿压延期药与干压延期药的燃速相差不大, 即湿压对延期药燃速的影响不大; 但其延期精度相差较大, 湿法压药较干法压药的延期精度较好。

### 3.2 高低温实验

一般情况下, 环境温度较高时, 延期药的燃速稍有增加; 环境温度较低时, 燃速稍有降低<sup>[8,9]</sup>。为此, 我们进行了一个简单的高低温实验, 考察延期药在高低温时延期精度的变化。

将干法压药制作的延期体和在 50 °C、相对湿度 100% 条件下吸湿 20 min 的延期药制作的延期体, 分别在高温(60 °C)、室温(25 °C)和低温(-6 °C)下保温 8 h 后测试其延期时间。实验结果见表 2。

表 1 两组延期药的干法和湿法压药实验结果比较

Table 1 Comparison of test results pressed by dry and wet methods

No.	time of moisture absorption/min	test numbers	average water content/%	average charge height/mm	average delay time/s	average burning rate/mm · s <sup>-1</sup>	range for delay time/ms	standard deviation
1 <sup>#</sup> -1	0 (dry method)	10	0.04	6.4	3411	1.89	420	156
	20	10	0.11	6.4	3502	1.83	211	78
	40	10	0.12	6.3	3518	1.82	181	65
	60	10	0.15	6.4	3541	1.81	141	52
2 <sup>#</sup> -1	0 (dry method)	20	0.04	7.1	1150	6.17	120	52
	20	20	0.11	7.1	1136	6.25	100	41

表 2 B-BaCrO<sub>4</sub> 延期药的高低温实验结果比较

Table 2 Comparison of test results of B-BaCrO<sub>4</sub> pressed by dry and wet methods at high and low temperature

No.	method	surrounding temperature /°C	test numbers	average charge height/mm	average delay time /ms	average burning rate /mm · s <sup>-1</sup>	range for delay time /ms	standard deviation
1 <sup>#</sup> -2	dry method	-6	9	7.0	3371	2.08	433	161
		room temperature	10	7.0	3436	2.04	451	169
		60	10	7.0	3215	2.18	371	137
	wet method	-6	10	6.8	3575	1.90	298	99
		room temperature	10	6.8	3459	1.97	259	86
		60	10	6.8	3351	2.03	311	102
2 <sup>#</sup> -2	dry method	-6	9	6.7	1375	4.9	110	41
		room temperature	10	6.5	1415	4.6	100	44
		60	10	6.6	1325	5.0	130	48
	wet method	-6	10	7.4	1050	7.1	46	18
		room temperature	10	7.3	1080	6.4	44	18
		60	10	7.4	985	7.5	42	16

从表 2 可以看出, 经高低温实验后, 1<sup>#</sup> B-BaCrO<sub>4</sub> 延期药湿法压药与干法压药相比燃速变化不大; 2<sup>#</sup> B-BaCrO<sub>4</sub>

延期药湿法压药与干法压药相比燃速则有明显变化, 但两种延期药湿法压药后延期精度均有所提高。

### 3.3 长贮性能的初步考核实验

若延期药的稳定性差,在高温贮存下更容易表现出来。因此,为了考核 B-BaCrO<sub>4</sub> 延期药的长贮性能,对湿法压制的延期体进行了温度循环实验。首先将湿

法压制的同一批延期体中的一部分在常温条件下测试;然后将另一部分进行温度循环实验(室温,16 h,高温 50 ℃,8 h)总计 70 天后进行测试。实验结果如表 3 所示。

表 3 B-BaCrO<sub>4</sub> 延期药的长贮实验结果  
Table 3 Test results of B-BaCrO<sub>4</sub> delay composition for long-storage test

No.	test condition	test numbers	average charge height/mm	average delay time/ms	average burning rate/mm · s <sup>-1</sup>	range for delay time/ms	standard deviation
1 <sup>#</sup> -3	before storage	10	6.6	3502	1.88	230	79
	after storage for 70 d	10	6.6	3584	1.84	200	66
2 <sup>#</sup> -3	before storage	9	6.4	1280	5.00	90	28
	after storage for 70 d	10	6.5	1298	5.01	100	37

从表 3 可以发现,70 天贮存的延期药和贮存前的延期药的燃速和误差都没有太大的变化。这说明,湿法压药的延期药的稳定性较好,即长贮性能较好。

## 4 结 论

通过对 B-BaCrO<sub>4</sub> 延期药湿法与干法压药在常温、高低温和长贮条件下的精度研究,可以发现湿法压药可以提高延期药的精度。研究表明,在常温,高低温(-6 ℃,60 ℃)和长贮(70 d)的条件下,当湿法压药的条件为相对湿度 100%,温度 50 ℃,吸湿时间 20~60 min 时,1<sup>#</sup>延期药的延期时间约为 3500 ms,最大极差为 311 ms;2<sup>#</sup>延期药的延期时间约为 1100 ms,最大极差为 100 ms。但是,干法压药的 1<sup>#</sup>延期药的最大极差为 451 ms,2<sup>#</sup>延期药的最大极差为 130 ms。显然,湿法压药可以提供延期药的延期精度。

### 参考文献:

- [1] 蔡瑞娇. 火工品设计原理[M]. 北京:北京理工大学出版社,1999.  
[2] 吴幼成,宋敬埔. 延期药技术综述[J]. 爆破器材,2000,29(2):

23-27.

WU You-cheng, SONG Jing-pu. Technology of delay compositions - A review[J]. *Explosive Materials*, 2000, 29(2): 23-27.

- [3] Mike Williams, Matthew Wingrave. The effect of humidity on the friction sensitivity of RDX [J]. *Propellants, Explosives, Pyrotechnics*, 2002, 27(4): 241-243.  
[4] 陈福梅. 火工品原理与设计[M]. 北京:兵器工业出版社,1990.  
[5] 徐振相,谢大铭. 火工品设计原理[M]. 南京:华东工学院,1987.  
[6] 赵文虎. 毫秒级 Si-CuO-PbO<sub>2</sub> 延期药[J]. 火工品,2001(1): 25-28.  
ZHAO Wen-hu. Millisecond Si-CuO-PbO<sub>2</sub> type delay composition [J]. *Initiators & Pyrotechnics*, 2001(1): 25-28.  
[7] 赵文虎,王端,张丽萍,等. 毫秒级 Si-CuO-Cu<sub>2</sub>O 延期药研究[J]. 火工品,2003(3): 27-30.  
ZHAO Wen-hu, WANG Duan, ZHANG Li-ping. Study on millisecond Si-CuO-Cu<sub>2</sub>O type delay composition [J]. *Initiators & Pyrotechnics*, 2003(3): 27-30.  
[8] 傅献彩,陈瑞华. 物理化学[M]. 南京:人民教育出版社,1979.  
[9] 郑险光. 环境温度对工业电雷管延期时间的影响[J]. 爆破器材, 1997, 26(2): 14-16.  
ZHENG Xian-guang. Influence of environmental temperature on the delay time of electric detonator [J]. *Explosive Materials*, 1997, 26(2): 14-16.

## Delay-time Precision of B-BaCrO<sub>4</sub> Delay Composition by Press Charge in Wet State

LI Hui-qin<sup>1,2</sup>, CHENG Yi<sup>1</sup>, JIANG Xian-guang<sup>1</sup>, ZHU Xu-qiang<sup>1</sup>, WU Han-jie<sup>1</sup>

(1. School of Chemical Engineering, Nanjing University of Science and Technology, Nanjing 210094, China;

2. Department of Applied Chemistry, Yancheng Institute of Technology, Yancheng 224003, China)

**Abstract:** In order to solve the low precision of delay-time and bad long-storage property of delay composition, the delay-time precisions of B-BaCrO<sub>4</sub> delay composition pressed by wet method and dry method were studied with high-low temperature test and long-storage test. The results show that the delay-time precision of B-BaCrO<sub>4</sub> delay composition pressed by wet method is better than that by dry method at the room temperature, high or low temperature (-6 ℃, 60 ℃) or in long-storage test (70 d).

**Key words:** applied chemistry; delay composition; B-BaCrO<sub>4</sub> delay composition; delay-time precision; press charge in wet state