

doi: 10.7690/bgzd.2018.01.018

## 某型高聚物粘结炸药制备工艺研究

孙晓乐, 万力伦, 刘海伦, 谭彦威

(重庆红宇精密工业有限责任公司, 重庆 402760)

**摘要:** 为了系统研究不同工艺条件对炸药包覆效果的影响, 以 HMX 为单质炸药, 采用“溶液水悬浮”法工艺制备某新型高聚物粘结炸药(PBX), 分析了分散剂、搅拌速度、温度和蒸馏时间等工艺条件对 HMX 单质炸药包覆效果的影响。试验结果表明: 影响包覆效果与包覆药感度的主要因素为分散剂、搅拌速度、温度及钝感剂的加入方式。制备某新型高聚物粘结炸药较佳的工艺条件为: 加入分散剂、造粒温度 65 ℃、搅拌速度 300 r/min、蒸馏时间 30 min、钝感剂外包覆。

**关键词:** 水悬浮法; 工艺; 高聚物粘结炸药

**中图分类号:** TJ450.6 **文献标志码:** A

## Study on Certain Type PBX Technique

Sun Xiaole, Wan Lilun, Liu Hailun, Tan Yanwei

(Chongqing Hongyu Precision Industrial Co., Ltd., Chongqing 402760, China)

**Abstract:** In order to study the effects of different craft conditions on explosive cladding, take HMX as single compound explosive, adopt water suspension method to make new PBX. Analyze the influence of technique conditions, such as dispersant, agitating rate, temperature and distil time, on HMX single compound explosive coating. The test results show that dispersant, agitating rate, temperature, distil time and desensitizer add methods were the main factors affecting the preparation quality and sensitivity of the molding powder. The optimal technique conditions for PBX: add dispersant, reaction temperature is 65 ℃, agitating rate is 300r/min, distil time is 30 minute, and enwrap desensitizer outside layer.

**Keywords:** water suspension method; technique; PBX

### 0 引言

高分子粘结炸药是以高聚物为粘结剂的混合炸药(也称塑料粘结炸药), 以单质炸药为主体, 加入粘结剂、增塑剂及钝感剂等组成。常用的单质炸药为奥克托今(high melting point explosive, HMX)、黑索今、太安等。PBX 炸药具有较高的能量密度, 较低的机械感度, 良好的安定性、力学性能和成型性能, 处理安全可靠, 并能按使用要求制成具有特种功能的炸药<sup>[1-2]</sup>。

笔者以某种配方为基础, 采用水悬浮法对 HMX 进行包覆造粒, 初步分析了分散剂、搅拌速度、温度和蒸馏时间等工艺条件对炸药包覆效果的影响。

### 1 试验

#### 1.1 设备仪器

恒温水域、调速电动搅拌机、高型烧杯、温度计、量筒、粘结液配制槽。

#### 1.2 试验原理

利用表面化学相关技术, 加入分散剂, 通过改变所用 HMX 炸药的界面(表面)性质以及工艺中的动力学因素, 靠高分子的相变(液态-固态), 以及分子间

范德华力的物理作用使炸药晶体表面形成连续、均匀的聚合物粘结剂包覆层的过程。即用溶剂将高分子溶解后与水悬浮炸药混合, 而后逐步驱除溶剂, 使已经分散于水体系中的高分子粘结剂均匀地包覆于已经润湿的 HMX 炸药微粒表面, 在一定的搅拌速度下, 经过一定时间, 便可制成表面光滑的具有一定粒度的包覆药<sup>[3-4]</sup>。

#### 1.3 试验工艺过程

将高型烧杯置于水浴内并加入蒸馏水、HMX、分散剂, 开动搅拌; 加热水浴, 待物料温度达到指定值后, 恒定水温, 加入溶解的高分子粘结剂溶液; 加完粘结剂溶液后包覆造粒, 保温 20 min; 继续升温, 蒸馏驱除溶剂, 待物料温度达到最高温度后, 保温 10 min, 降温、出料、过滤、洗涤、干燥<sup>[5]</sup>。

#### 1.4 制备工艺流程

炸药制备工艺流程如图 1 所示。

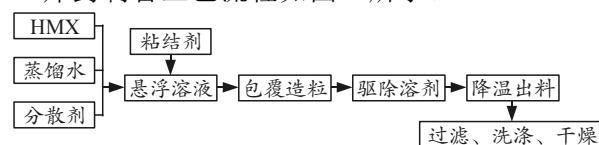


图 1 炸药制备工艺流程

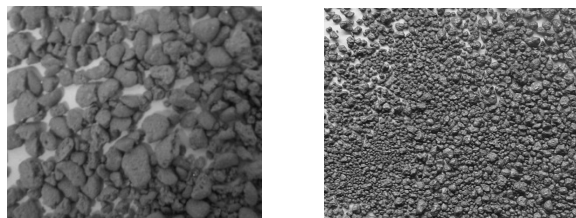
收稿日期: 2017-10-22; 修回日期: 2017-11-17

作者简介: 孙晓乐(1985—), 男, 陕西人, 硕士, 工程师, 从事混合炸药配方研究。

## 2 结果与讨论

### 2.1 分散剂对粒度的影响

在 PBX 炸药制备中,通过加或不加分散剂来研究分散剂对包覆药粒度的影响,试验结果见图 2。



(a) 不加分散剂

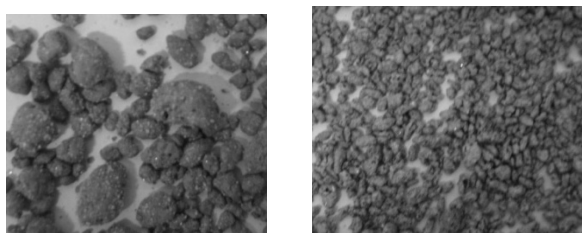
(b) 加入分散剂

图 2 分散剂对粒度的影响

对比图 2 可以发现:当不加分散剂时,制备出的产品颗粒粒度较大,形状呈片状或粒状。分析原因主要是因为分散剂对硝胺类炸药是通过氢键、色散等作用对炸药表面进行改性。合适的分散剂能极大地降低水的表面张力,使炸药与水的亲和性增大,改善了润湿性。同时,分散剂降低了粒子之间的吸引能,形成了有效的空间位阻,使粒子之间的排斥能上升,故大大提高了粒子之间的分散性<sup>[6]</sup>;因此,分散剂对包覆药颗粒的粒度及形状至关重要。

### 2.2 温度对颗粒的影响

水悬浮法制备 PBX 炸药工艺是通过加热蒸发溶剂来包覆造粒的。包覆造粒时温度的高低决定了溶剂蒸发速率的大小,温度越接近水和溶剂的共沸点,溶剂蒸发速度越快,粘结剂的析出速度也越快,反之则越慢。温度对颗粒的影响如图 3 和图 4 所示。



(a) 70 °C 温度下包覆造粒

(b) 45 °C 温度下包覆造粒

图 3 温度对颗粒的影响

图 3(a)为 70 °C 条件下的包覆造粒,包覆出的颗粒粒度较大,表面有裸露的 HMX,分析原因主要是包覆造粒时的温度过高,粘结剂在水中未得到及时的分散就析出包覆在 HMX 的表面,导致颗粒粒度变大,且部分 HMX 裸露在颗粒表面。图 3(b)包覆造粒温度为 45 °C,试验完成后发现颗粒粒度偏小,形状呈不规则状,有未包覆的 HMX 粉末存在。包覆造粒时温度低,就会使得粘结剂的析出速度较

慢,加上分散剂的分散作用,包覆出的颗粒粒度容易偏小,有些 HMX 颗粒甚至未被包覆上。

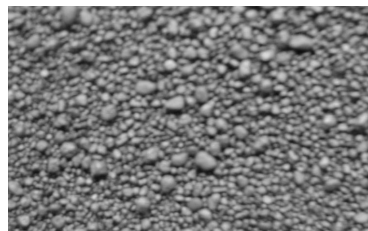
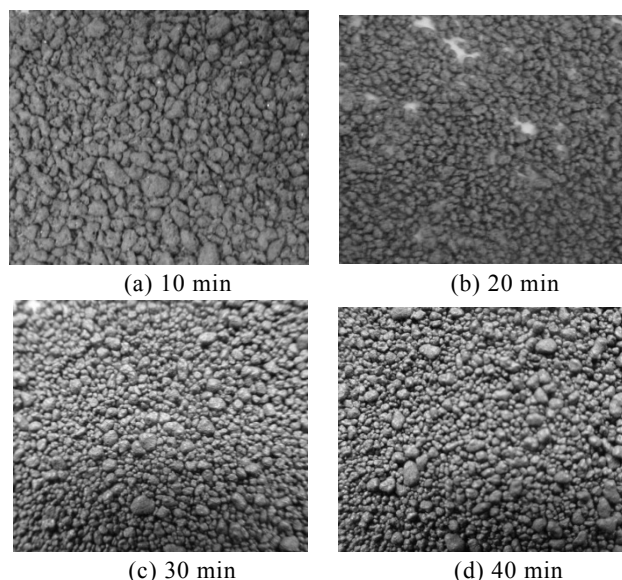


图 4 65 °C 包覆造粒

由图 4 可以发现:当包覆造粒温度为 65 °C 时,制备出的颗粒粒度分布均匀,粒子呈圆球状,而且没有未包覆的 HMX 粉末存在;因此,包覆造粒时温度设为 65 °C 较合适。

### 2.3 蒸馏时间对包覆效果的影响

当包覆造粒完成后,研究了不同的蒸馏时间对包覆效果的影响,如图 5 所示。



(a) 10 min

(b) 20 min

(c) 30 min

(d) 40 min

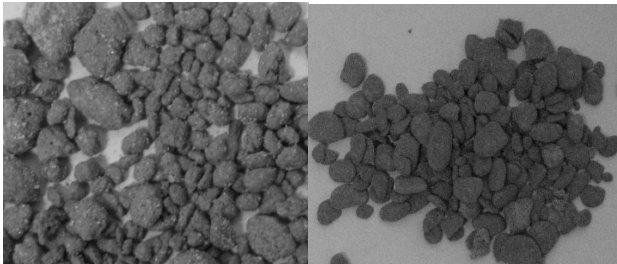
图 5 蒸馏时间对包覆效果的影响

由图 5 可见,在不同驱溶时间的影响下颗粒表面的成膜情况以及表面孔洞不同。当驱溶时间为 30 min 时,包覆层表面光滑,无明显气孔,且颗粒密实;当驱溶时间大于 30 min 时,颗粒的大小及外观相比于 30 min 时无明显变化;当驱溶时间为 10 min 或 20 min 时,包覆层表面粗糙,甚至有空穴形成。因为随着蒸馏过程的进行,较快的驱溶速度使溶剂在炸药表面迅速排出,从而导致不能完全包覆或产生内应力而形成孔洞或空隙,使造粒初期在炸药晶体表面刚形成的包覆层破碎,形成粗糙的包覆表面。因此,驱溶时间以 30 min 为宜,在该条件下包覆效果与 40 min 时的相似。

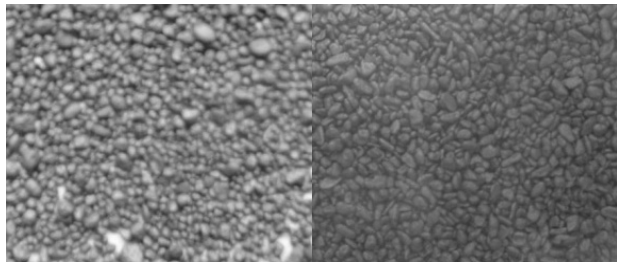
### 2.4 搅拌速度对粒度的影响

在 PBX 炸药的制备过程中,搅拌速度的快慢对颗粒的大小与颗粒的堆积密度有很大的影响。搅拌速度增加,搅拌强度变大,剪切力增大,包覆出的粒子颗粒小,如果搅拌速度过大,就会造成粒子呈扁平状;搅拌速度降低,颗粒变大,但搅拌速度过低,颗粒容易粘结在一起。所以选择适当的搅拌速度就会得到粒子分布均匀、堆积密度大的产品<sup>[7]</sup>。

由图 6(a)—(d)可以看出,搅拌速度对颗粒粒度的影响较明显。当搅拌速度为 400 r/min 时,包覆后样品颗粒粒度适中,但由于搅拌速度过快,颗粒呈扁平状;搅拌速度为 300 r/min 时,颗粒粒度分布均匀,粒子呈圆球状,而且没有粉末存在;当搅拌速度为 200 r/min 以下时,搅拌强度不够,造成粒子偏大;因此造粒的搅拌速度设为 300 r/min 较合适。



(a) 100 r/min 下包覆造粒 (b) 200 r/min 下包覆造粒



(c) 300 r/min 下包覆造粒 (d) 400 r/min 下包覆造粒

图 6 搅拌速度对粒度的影响

### 2.5 包覆工艺对包覆效果的影响

在 PBX 炸药制备过程中,有 2 种不同的制造工艺:一种在包覆 HMX 的同时加入钝感剂;另一种为进行完单质炸药 HMX 的包覆后,再外包覆一层钝感剂。表 1 给出了不同包覆工艺条件下制备的包

覆药感度测试结果(测试按照 GJB772A—1997 601.1 和 601.2 方法进行)。由表 1 可见,2 种工艺条件所制备包覆样品的钝感效果差别较大。由此可见,包覆工艺影响包覆质量,进而影响配方的安全性;因此,必须采用合理的工艺过程,才能充分发挥包覆钝感功能,提高炸药的安全性。

表 1 包覆工艺对感度的影响 %

机械感度	钝感剂内包覆	钝感剂外包覆
撞击感度(试验条件:10 kg 落锤, 25 cm 落高, 50 mg 药量)	100	12
摩擦感度(试验条件: 90°摆角, 3.92 MPa 表压)	92	24

### 3 结论

1) 笔者采用水悬浮法,通过试验分别研究了分散剂、搅拌速度、温度和蒸馏时间等工艺条件对 HMX 包覆效果的影响。

2) 最终确立的水悬浮法制备某新型 PBX 炸药的较佳工艺为:加入分散剂、包覆造粒温度 65 °C、搅拌速度 300 r/min、蒸馏时间 30 min、钝感剂外包覆。以此工艺制备的包覆药颗粒粒度适中,包覆质量好,颗粒表面光滑,且能显著降低单质 HMX 炸药的感度。

### 参考文献:

- [1] 陆明. 炸药的分子与配方设计[M]. 北京: 兵器工业出版社, 2006: 227-230.
- [2] 欧育湘. 炸药学[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2003: 350-351.
- [3] 徐庆兰. 高聚物粘结炸药包覆过程及粘结机理的初步探讨[J]. 含能材料, 1993, 1(2): 1-5.
- [4] 孙业斌. 军用混合炸药[M]. 北京: 国防工业出版社, 1995: 255-262.
- [5] 童卓, 熊长江. 微量药剂称量技术的应用及研究[J]. 兵工自动化, 2016, 35(2): 79-81.
- [6] 孙业斌. 猛炸药的化学与工艺学[M]. 北京: 国防工业出版社, 1983: 171-176.
- [7] 鲁彦玲, 赵然, 高欣宝, 等. 高能混合炸药用铝粉的硅烷偶联剂表面改性研究[J]. 兵器装备工程学报, 2016(6):57-60.