

doi: 10.3969/j.issn.1006-1576.2011.05.022

不同粘结剂制备的分步压装用炸药对撞击感度的影响

董军, 赵省向, 王淑萍, 徐洪涛, 陈松, 李文祥, 方伟
(西安近代化学研究所 第二研究部, 西安 710065)

摘要: 为研究粘结剂对分步压装装药过程产生热量的影响, 设计了以高聚物和石蜡为粘结剂的 2 种分步压装炸药, 分别测试了高聚物和石蜡的粘度, 并对这 2 种炸药造型粉及药柱的撞击感度进行了研究。研究表明, 采用高聚物做粘结剂制备的分步压装炸药在装药过程中产生的热量明显大于石蜡做粘结剂制备的分步压装炸药, 即粘结剂类型对分步压装装药工艺的安全性具有重要影响。

关键词: 材料科学; 分步压装; 炸药造型粉; 粘结剂

中图分类号: TJ410.6 **文献标志码:** A

Influence of Different Binders on Impact Sensitivity of Step-Press-Loading Charge Explosives

Dong Jun, Zhao Shengxiang, Wang Shuping, Xu Hongtao, Chen Song, Li Wenxiang, Fang Wei
(The Second Research Department, Xi'an Modern Chemistry Research Institute, Xi'an 710065, China)

Abstract: In order to research the effect of binders produced heat in process of step-press-loading charge, designed two kinds of step-press-loading charge explosives used high polymer and wax as respective binder. Tested the viscosity of the high polymer and wax, and the impact sensitivities of the explosive molding powder and poles were studied. The results show that, the step-press-loading charge explosive which used high polymer as binder produced more heat than the step-press-loading charge explosive used wax as binder, so, the kinds of the binder to the step-press-loading charge has an important influence.

Keywords: materials science; step-press-loading charge; explosive molding powders; binder

0 引言

分步压装工艺采用连续输药、高速冲压的方式将炸药装填在“口小肚大”榴弹或其它内腔为直筒形战斗部中, 这种装药技术集中了普通压装和螺旋压装的优点^[1-3], 是目前较为公认的先进装药技术之一。为了保证装药过程安全可靠, 对所装填的炸药也具有特殊要求。

分步压装工艺用炸药一般由单质炸药、铝粉和粘结剂体系组成, 其中, 粘结剂主要包覆在炸药颗粒表面, 一方面用来降低炸药感度, 另一方面用来使炸药成型。在每一次炸药压实过程中, 压机冲头的机械能主要转化为炸药颗粒之间的势能, 从而使炸药颗粒由低势能的松散堆积状态变为高势能的密实堆积状态; 同时, 在能量转化过程中还有一部分机械能用来克服摩擦力做功并最终热的形式使炸药升温。在微观上就是粘结剂在压药过程中发生粘弹变形, 造成炸药升温并产生热点。因此, 从装药安全性上考虑, 在使用分步压装工艺进行装药时, 必须严格控制产生这种热量。笔者为此设计了 2 种分步压装用炸药, 并对其在机械撞击作用下热响应

情况进行了研究探讨。

1 实验部分

1.1 实验原料

环三亚甲基三硝胺, 黑索今 (RDX), 甘肃银光化工集团有限公司; 聚异丁烯 (PIB), 数均分子量 10~20 万; 石蜡 (W), 熔点为 58 ℃; 片状铝粉, 粒径范围 4.5~5.5 μm; 增塑剂, 以上均为工业品。

1.2 炸药试样制备

本研究选用的 2 种分步压装炸药之间的差异见表 1。

表 1 2 种种炸药在制备与组成上的区别

编号	主炸药和铝粉的含量及类型	制备工艺	粘结剂
炸药 1	RDX 与铝粉的比例含量与类型均相同	相同	石蜡
炸药 2			PIB+增塑剂

1.3 试验方法

1) 粘度测试试验: 使用美国 BROOK FIELD 公司制造, 型号: CAP2000+VISCOMETER 的锥板粘度计。转子测试时间为 20 s, 当扭矩比为 20%~30% 时读取测得的粘度值。

收稿日期: 2011-01-19; 修回日期: 2011-02-24

作者简介: 董军 (1982—), 男, 山西人, 硕士, 工程师, 从事混合炸药及装药技术研究。

2) 造型粉撞击感度试验。采用 GJB772A-97 的方法 602.1 进行测试, 落锤质量: (5.000 ± 0.005) kg, 测试药量 (50 ± 1) mg。通过观察爆炸声、发光、冒烟、试样变色、与试样接触的击柱表面有痕迹、有分解或爆炸气体产物的气味等现象来判定炸药试样是否发生爆炸^[4]。

3) 小型落锤撞击药柱感度试验。落锤质量: 30 kg, 落锤有效落高 180 cm, 试验药柱: $\Phi 20$ mm \times 5 mm, 为了使试验结果易于区别, 在药柱与底部击座之间放置 120 目砂纸作为预制间隙。通过气体分析传感器将试验采得的数据转化为电压与时间的曲线图, 通过观察曲线是否生成拐点来判断药柱在撞击条件下是否发生反应。

2 结果与讨论

2.1 粘度测试结果

2 种对比炸药的主要区别是所用的粘结剂不同, 其中石蜡的相对分子质量较低, PIB 的相对分子质量很高。用粘度计测试了这 2 种粘结剂的粘度大小, 测试结果如表 2。

表 2 2 种类型粘结剂的粘度值

粘结剂类型	试验温度/℃	扭矩比/%	粘度/P
石蜡	65	—	粘度很小测不出
PIB+增塑剂	65	24.7	11.75

2.2 粘结剂对炸药造型粉在压药中的生热分析

粘结剂压药过程中发生粘弹性变形, 首先是分子依靠内部键长和键角的变化发生的, 这种变形是很小的, 称为普弹形变, 用 ε_1 表示。

$$\varepsilon_1 = \sigma / E_1 \quad (1)$$

其中 σ 是应力, E_1 是普弹形变模量。这个过程分子内部完全没有因为摩擦而出现内耗, 所以产生的热量很小。接下来是分子依靠链段运动逐渐收缩来的变化发生的, 这个形变比普弹形变要大很多, 称为高弹形变, 用 ε_2 表示。

$$\varepsilon_2 = \sigma(1 - e^{-t/\tau}) / E_2 \quad (2)$$

式中 ε_2 是高弹形变, τ 是松弛时间, E_2 是高弹模量。这个过程分子内部也是因为没有摩擦而产生的热量也不大。最后是分子依靠链段之间相互滑动产生的, 这种形变是聚合物在压力之下的主要形变, 主要依靠这种形变而缩小空间占有面积, 这种形变称为粘性流动, 用 ε_3 表示。

$$\varepsilon_3 = \sigma t / \eta_3 \quad (3)$$

这个过程分子之间相互摩擦, 从而产生热量,

是粘结剂在压药过程中的主要生热原因。由表 2 可以看出, 2 种粘结剂中石蜡的粘度值 (ε_3) 很小 (CAP2000+VISCOMETER 型粘度计无法测出), PIB 的粘度值 (ε_3) 明显高于石蜡。虽然, 用 PIB 做粘结剂有利于炸药成型, 并且较低分子量粘结剂具有更好的力学性能, 但是 PIB 自身长的高分子链在发生运动时所克服的内摩擦阻力大, 宏观表现就是所测的粘度值高, 虽然在 PIB 中加入增塑剂, 混合均匀后增塑剂能够扩散至高聚物内部起到润滑剂的作用, 但是其粘度仍然远远大于石蜡。所以, 配方比例和制备工艺相同, 用 PIB 做粘结剂的炸药造型粉在压药过程中产生的热量高于用石蜡做粘结剂的炸药造型粉。

2.3 特性落高结果与讨论

采用 GJB772A-97 方法中规定炸药撞击感度测试仪器对 2 种炸药造型粉进行测试, 测试结果见表 3。

表 3 特性落高结果

编号	特性落高 H_{50} /cm	标准偏差 (对数值)
炸药 1	≥ 100.0	—
炸药 2	89.1	0.05

从表 3 的测试结果可以看出, 采用低相对分子质量的石蜡做粘结剂的炸药 1 的机械撞击感度低于用增塑剂增塑的 PIB 做粘结剂的炸药 2。这是因为炸药造型粉撞击过程中, 包覆在炸药颗粒表面的粘结剂要克服内摩擦阻力而发生剪切变形, 造型粉的粘度越大其变形所受到的内摩擦阻力就越大, 由能量守恒定律可知, 相应的由阻力所产生的内能越大, 表现在宏观上就是使炸药造型粉产生热量, 并使炸药造型粉温度升高, 当温度达到临界热点温度时, 炸药造型粉便发生燃烧或爆炸反应。因此, 表 3 的测试结果与表 2 的测试结果相互印证。

2.4 小落锤撞击试验结果与讨论

空气中 CO 气体的含量极低, 而炸药发生化学反应后所放出的 CO 气体远远高于空气中 CO 气体的浓度, 因此, 本试验装置^[5]将 CO 气体分析传感器安装在药柱撞击小型密闭空间内, 由此来记录药柱撞击前后 CO 气体浓度的变化, 判断药柱是否发生化学反应。

从图 1 可见, 当传感器采集到 CO 气体后, 其电压值会明显增加, 表现在图上即 CO 气体浓度曲线出现拐点, 表明药柱在该撞击条件下发生了分解反应。