

文章编号: 1006-9941(2005)03-0155-03

## 油墨炸药的粒度对其传爆性能的影响

于 江, 杨振英, 安 瑛

(中国兵器工业 213 研究所, 陕西 西安 710061)

**摘要:** 研究了油墨炸药的粒度大小、粒度分布对爆炸逻辑网络临界传爆性能的影响。结果表明, 炸药粒度及分布、组分混合均匀性对爆炸逻辑网络的传爆性能有很大的影响。

**关键词:** 爆炸力学; 油墨炸药; 传爆性能; 粒度; 爆炸逻辑网络

中图分类号: TJ55

文献标识码: A

### 1 引 言

爆炸逻辑网络技术是定向战斗部实现定向起爆途径之一<sup>[1,2]</sup>。它是靠爆炸逻辑元件来完成选择定向起爆的, 爆炸逻辑元件制作的质量好坏会影响完成其功能的可靠性。采用丝网印刷技术, 将油墨炸药印制成具有逻辑功能的炸药线条, 是制作爆炸逻辑网络的一种新工艺<sup>[3]</sup>。油墨炸药传爆性能的稳定性是爆炸逻辑网络参数设计和实现可靠逻辑传爆的基础。油墨炸药由细化炸药、粘合剂及溶剂和其他添加剂混合而成, 用丝网印刷的方式可印制成任意形状。当炸药和粘接剂等组分的配比确定之后, 炸药的粒度、分布以及与油墨混合的均匀程度等因素, 影响着爆炸逻辑元件的爆轰感和临界传爆参数<sup>[4,5]</sup>, 同时也决定着爆炸逻辑网络传爆的可靠性。本文通过传爆试验对影响油墨炸药传爆性能的关键因素进行了研究。

### 2 传爆性能试验

#### 2.1 油墨炸药线的临界传爆尺寸的测试方法

在爆炸网络起爆中, 爆轰是靠油墨炸药线条传播的, 炸药线条的截面的大小决定爆轰能否稳定传播。根据爆轰理论, 存在着能维持爆轰传播的临界尺寸  $S_c$ 。设油墨炸药线条的截面积  $S$ ,

当  $S \geq S_c$  时, 爆轰波能稳定传播下去;

当  $S < S_c$  时, 爆轰波不能稳定传播。

利用丝网印刷技术按一定的工艺要求印制长度为 100 mm, 厚度  $H$ , 宽度  $W$  各不相同的 9 条油墨炸药传爆线试验网络, 进行传爆性能试验。为确定油墨炸药

线爆轰尺寸, 印制 7 条长度为 100 mm, 厚度  $H$  以 0.05 mm 的间隔等间距变化, 宽度  $W$  由 1.3 mm 连续变至 0.3 mm 的连续变宽的楔形炸药线传爆试验网络, 然后进行临界传爆尺寸测试。

#### 2.2 炸药粒度对传爆性能的影响

影响油墨炸药传爆性能的因素有很多, 其中炸药的粒度及其分布是关键因素之一。在试验中, 用 3 批不同粒度的太安炸药与粘合剂按同样的配比及工艺均匀混合, 用丝网印刷技术将油墨炸药印制成能稳定传爆爆轰的炸药线条, 固化后进行传爆试验, 不同批的油墨炸药临界传爆尺寸试验结果如表 1 所示。

表 1 粒度对油墨炸药传爆性能的影响

Table 1 Effects of the particle size on the explosion transfer performance of ink explosive

ink explosive lot	average particle (PETN)/ $\mu\text{m}$ $D(4.3)$	critical transfer value for ink explosive line $(W \times H)/(mm \times mm)$
U-31	2.19	0.75 × 0.45
U-27	3.22	1.00 × 0.54
U-29	3.31	1.06 × 0.70

表 1 中的炸药平均粒度是采用激光粒度仪测定的, 它是以体积(重量)为权的平均径, 用  $D(4.3)$  表示<sup>[6]</sup>。同时对油墨炸药 U-29 和 U-31 的颗粒形态用扫描电镜进行了显微形貌观察, 观察结果如图 1 所示。

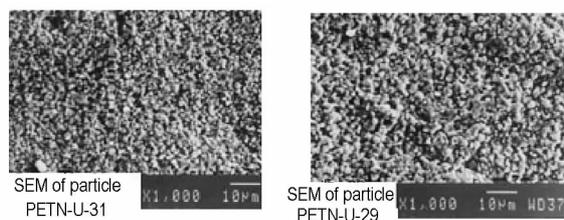


图 1 U-29、U-31 炸药扫描电镜照片

Fig. 1 SEM of U-29 and U-31 ink explosives

收稿日期: 2004-09-09; 修回日期: 2005-01-31

作者简介: 于江(1959-), 男, 高级工程师, 从事爆炸逻辑网络及多点起爆技术研究。

e-mail: anyum75@hotmail.com

### 2.3 炸药粒度分布对传爆性能的影响

用激光粒度仪测定筛选出不同粒度分布的4批油墨炸药,进行传爆性能试验,它们的粒度分布类型是体积(重量)分布。其中,炸药细化采用研磨加工工艺;U-36和U-38~U-40的炸药细化采用不同的研磨添加剂;而U-39是在U-38制备工艺的基础上再研磨了

0.5 h以减小炸药粒度,其它的制备工艺基本相同。把这4批不同粒度分布的炸药油墨印制成炸药线试验网络,进行临界传爆尺寸性能试验,试验结果如表2所示,其中 $D(v,0.1)$ 是粒度累积为10%时的平均径; $D(v,0.5)$ 是粒度累积为50%时的平均径,即中位径; $D(v,0.9)$ 是粒度累积为90%时的平均径。

表2 不同粒度分布对油墨炸药传爆性能的影响

Table 2 Effects of the particle distribution on the explosion transfer performance of ink explosive

ink explosive lot	particle distribution(PETN)/ $\mu\text{m}$			critical transfer value (equal width)/(mm $\times$ mm)	distribution status	test result
	$D(v,0.1)$	$D(v,0.5)$	$D(v,0.9)$			
U-36	0.1	0.30	1.51	0.9 $\times$ 0.40	narrow distribution (single peak)	stable transfer
U-38	0.28	0.81	4.94	0.9 $\times$ 0.58	wide distribution (double peak)	90° not transfer
U-39	0.12	0.40	1.81	0.9 $\times$ 0.36	narrow distribution (double peak)	diode reverse breakdown
U-40	0.11	0.34	1.62	0.8 $\times$ 0.42	narrow distribution (double peak)	part diode forward transfer

对油墨炸药U-36及U-40的混合均匀性进行了扫描电镜观察,其照片如图2所示。

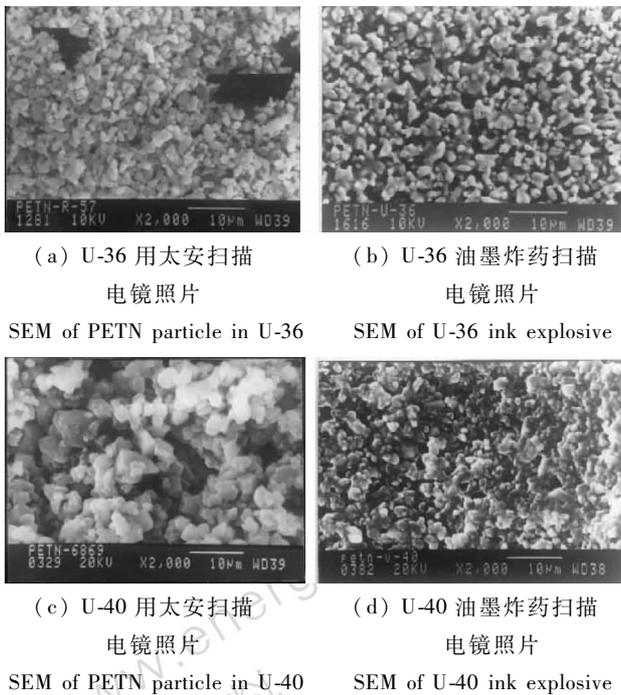


图2 U-36、U-40 油墨炸药扫描电镜照片

Fig.2 SEM of U-36 and U-40 ink explosive

### 3 讨论

由表1可以看出,炸药粒度变化对油墨炸药传爆性能有较大影响。粒度越小,油墨炸药稳定传爆尺寸

越小,爆轰感度也越高。在设计爆炸逻辑网络时,可依据由上述试验结果,选择油墨炸药线传爆尺寸。根据炸药理论的研究,炸药晶体尺体和颗粒度影响炸药的爆轰传播,炸药的晶体颗粒度愈小,其爆轰感度愈高。这是因为炸药的颗粒度越小,比表面就越大,所接受爆轰产物的能量也越大,形成活化中心的数目越多,因而容易引起爆炸反应,且有利于爆轰的传播。从表1可看出,试样U-31的炸药粒度小于试样U-27、U-29的粒度,它的爆轰感度则高于后两者,其临界传爆尺寸也小于后两者,图1的扫描电镜显微形貌像也直观地显示出U-31的粒度小于U-29的粒度,即炸药粒度减小,爆轰感度提高,临界传爆尺寸降低。

由表2可以看出:U-36炸药的中位径 $D(v,0.5)$ 小,粒度分布为单峰,窄分布,其80%的颗粒度落在0.1~1.51 $\mu\text{m}$ 范围内,它的爆轰感度高,临界传爆尺寸小,炸药线传爆稳定;U-38炸药的中位径 $D(v,0.5)$ 大,粒度分布为双峰,分布较宽,其80%的颗粒度落在0.28~4.94 $\mu\text{m}$ 的范围内,它的临界传爆尺寸大,爆轰感度低,炸药线不能拐90°的弯而稳定传爆;U-39、U-40中炸药的中位径 $D(v,0.5)$ 与U-36相似,但分布却为双峰,因此它的炸药线也不能可靠实现正、反方向的作用,其传爆性能不稳定,炸药线传爆的可靠度降低。表2中U-40的粒度大于U-36的粒度,但它的临界传爆尺寸却小于后者,有悖于上述结论,这可能因为U-40原始炸药粒度偏大(见图2c),且有结团现象,用

