

文章编号: 1006-9941(2010)01-0076-04

一种高能起爆具制备工艺研究

燕吉胜

(甘肃银光化学工业集团有限公司, 甘肃 白银 730900)

摘要: 对起爆具中高能固相炸药 PETN 加入量、粒度级配、以及 PETN 与载体炸药 TNT 熔融混合温度、浇铸温度等制备工艺条件进行了研究, 制备了能够被 $3.6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ 导爆索直接起爆、与低能导爆索配套的高能起爆具, 其密度大于 $1.60 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, 爆速大于 $7000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, 可击穿 25 mm 厚低碳钢板, 温度和水中压力实验均符合要求。

关键词: 民爆器材; 起爆具; 高能固相炸药; 载体炸药; 起爆感度

中图分类号: TJ55; TQ560

文献标识码: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9941.2010.01.019

1 引言

工程爆破中钝感工业炸药作为主装药, 雷管和导爆索难以直接、完全起爆。因此, 一般先用雷管和导爆索起爆预先制备的起爆药包, 引爆主装药。国内目前仍采用此法^[1]。起爆药包是将雷管装入药包内, 然后装入木箱中。因此加工药包不仅危险, 而且影响到主装药的装药。但采用起爆具不仅可以替代起爆药包, 而且可以直接用于深孔爆破。

高能起爆具用于起爆主装药时, 在爆炸序列中起着承上启下的能量传递和放大作用, 能够在雷管、导爆索或其它初始能量的作用下可靠起爆、可靠引爆主装药, 因而高能起爆具的起爆感度需要低于起爆器材, 高于主装药; 能量输出既高于起爆器材, 又高于主装药。只有起爆具的爆速大于或等于主装药的爆速, 才可以使主装药的爆轰成长期接近于零, 发挥最大威力^[2]。此外起爆具的起爆感度适宜, 5 mm 通道对 $5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$, $3.6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ 导爆索敏感, 10 mm 通道对 $10 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ 导爆索敏感或 8 号雷管敏感。用于深孔爆破的起爆具能量输出高, 能够取得较好的爆破效果; 能够与低能导爆索配套, 可以实现爆破作业时的安全装药。目前, 国内主要采用加爆敏元件^[3-6]的方法解决起爆具起爆感度, 所制备的起爆具能够被 $5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ 导爆索起爆。本研究通过对高能固相炸药 PETN 在载体炸药 TNT 中

的加入量及其粒度级配, 以及相关工艺条件研究, 制备了能够直接被 $3.6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ 导爆索起爆的高能起爆具产品。

2 实验

2.1 原理与方法

熔化载体炸药 TNT 后, 加入高能固相炸药 PETN, 均匀混合为稳定的悬浮液, 制成熔融混合炸药, 按一定的规格浇铸成起爆具。

在喷特里特和熔黑梯混合炸药中, 固相炸药的含量可以从 0~100%。根据文献资料[7], 当固相炸药粒度一定时, 熔融混合炸药的运动粘度, 也随固相炸药在悬体系中的质量分数 (m) 的增加而增大。当 $m < 20\%$ 时, 熔融混合炸药的粘度与 m 成线性关系, 当 $m \geq 40\%$, 粘度增加加快, 当 $m > 60\%$, 粘度剧增, 因此, 在熔融炸药的注装中, 当 $m \leq 60\%$ 时, 注装操作比较容易, 当 $m > 60\%$ 后, 粘度剧增, 为注装工艺带来困难, 因此, 固相炸药加入量应控制在 60% 以下。

根据熔融混合炸药组成悬浮体系的特性, 固相炸药加入量在 40%~60% 之间时, 可以得到较好的悬浮体系, 且其粘度适中, 易于浇铸。因此, 固相炸药加入量应在 40%~60% 范围选定。初步选定 PETN/TNT = 40/60, 50/50, 60/40 三种配方。

2.2 设备与原材料

所用设备主要有格栅熔化器、熔化釜、振荡器、模具等。

所用原材料主要为 TNT, 符合 GJB338A-2005;

收稿日期: 2009-04-04; 修回日期: 2009-10-08

作者简介: 燕吉胜(1965-), 男, 高级工程师, 从事炸药及其爆炸性能研究。e-mail: Byyjs079@163.com

PETN,符合 GJB552A-2005。

美军标 MIL-P-387C 将 PETN 分为四类,根据四类 PETN 的用途,分别采用第二类,第三类,第四类 PETN 制成不同配比的高能起爆具,进行感度试验。并对三类、四类 PETN 进行了级配,初步选定三类 PETN/四类 PETN = 60/40,50/50,40/60。

2.3 实验方法

密度测试:取掉高能起爆具外壳,称其质量,然后放入加好蒸馏水的测量筒中,用已称量的烧杯接溢出的水,计算试样密度。

起爆感度:将导爆索插入高能起爆具通道中,接好雷管及连接导线,起爆后观察爆炸药现场有无残药,是否爆炸完全,爆炸完全为起爆。

爆速:将起爆具浇铸成一定长度的药柱,装好信号导线,用爆速仪测定爆速。

猛度:将起爆具置于一定厚度的钢板上,用雷管起爆,爆炸后观察试样是否击穿钢板,以击穿钢板的厚度表示猛度。

温度实验:将高能起爆具放入 55 °C 的烘箱内,持续加热 8 h,取出后观察试样通道直径变化,通道直径无变化为合格。

水中压力实验:将高能起爆具在水浴中加压到 0.45 MPa,持续 24 h,取出后立即试验,能够被 $5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ 导爆索起爆为合格。

3 结果与讨论

3.1 高能固相炸药加入量

在 TNT 中加入 PETN 旨在提高能量输出,对 PETN/TNT = 40/60,50/50,60/40 三种配方的高能起爆具,进行密度和爆速实验。

表 1 主体炸药与载体炸药不同配比的高能起爆具的密度和爆速试验结果

Table 1 Density and velocity of detonation test of the boosters with different ratios of main and carrier explosives

PETN/TNT ¹⁾	density/ $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	velocity of detonation/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
40/60	1.56	7056 ± 23
50/50	1.62	7324 ± 32
60/40	1.65	7553 ± 23

Note: 1) it is weight percent.

从表 1 结果看出,随着 PETN 加入量的增大,密度和爆速也随之提高。由于载体炸药与高能固相炸药

PETN 等混合制成了熔融混合炸药,成型后,大幅度提高了载体炸药的能量;并且由于高能固相炸药加入量与混合炸药的能量成正比,即高能固相炸药加入量大,混合炸药能量高。

3.2 固相炸药粒度级配

分别采用第二类,第三类,第四类 PETN 制成不同配比的高能起爆具,并对三类、四类 PETN 进行了级配,进行感度试验。

表 2 三种类型 PETN 不同配比的高能起爆具起爆感度试验结果

booster	PETN/TNT	sensitivity of initiation
type 2	40/60	-
	50/50	-
	60/40	-
type 3	40/60	-
	50/50	-
	60/40	-
type 4	40/60	-
	50/50	-
	60/40	-
booster	type 3 PETN/type 4 PETN	sensitivity of initiation
I	60/40	-
	60/40	-
	60/40	+

Note: -, 5 mm passage is not sensitive to $3.6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ detonating cord; +, 5 mm passage is sensitive to $3.6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ detonating cord. booster I is prepared with different ratio of type 3 PETN and type 4 PETN.

试验结果表明,采用二类、三类和四类 PETN 制备的产品都不能被 $3.6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ 导爆索起爆。采用三类和四类 PETN 进行粒度级配,当三类 PETN/四类 PETN = 40/60 时,试制的产品能够被 $3.6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ 导爆索起爆。这是因为根据非均质炸药的热点起爆机理^[2],高能固相炸药达到一定的含量,并进行粒度级配,可以使较多的高能固相炸药颗粒均匀的分散在熔化的载体炸药中,高能固相炸药颗粒与载体炸药形成较多的界面,增加了热点形成的机率;同时粒度级配增大了炸药颗粒的比表面积,有利于爆轰成长,提高了炸药的感度,起爆具达到了感度要求。

3.3 载体炸药的熔化温度

选用的载体炸药 TNT 熔点为 80.2 °C,因此,熔化温度应在 80 ~ 100 °C 之间选择较为合理。分别在 (86 ± 3) °C 和 (95 ± 3) °C 两种条件下制备了高能起

爆具,并进行了密度,感度试验。

表3试验结果表明,载体炸药的熔化温度控制在92~98℃之间时,尽管制得的起爆密度较高,但感度达不到要求;载体炸药的熔化温度控制在83~89℃之间时,制备的起爆具密度及感度才能达到性能指标要求。由于熔融混合炸药的粘度受温度的影响较大:粘度值随温度的增加而减少。温度升高后,增加了熔态TNT分子的动能,使分子间引力减弱,降低了内摩擦,使熔融混合炸药悬浮液的粘度下降。因此,载体炸药的熔化温度应控制在固相炸药能在熔态载体炸药中形成分散均匀,较为稳定,粘度适中悬浮液为好。载体炸药的熔化温度太高,制得的起爆具虽然密度较高,但内部形成热点的机率却减少了,感度也下降了。

表3 两种温度条件下制备的高能起爆具的试验结果

Table 3 Density and sensitivity of initiation test at different temperatures

(86 ± 3) °C		(95 ± 3) °C	
density /g · cm ⁻³	sensitivity of initiation	density /g · cm ⁻³	sensitivity of initiation
1.64	+	1.69	-
1.66	+	1.70	-

3.4 浇铸温度

根据使用要求,起爆具有454 g,150 g,110 g,250 g,390 g,120 g等多种规格。由于试验条件确定后,不同的规格,其性能一致。因此本项目研究的高能

表4 高能起爆具密度,感度,爆速,猛度,温度,水中压力试验结果

Table 4 Results of density, sensitivity of initiation, velocity of detonation, brisance, temperature test and under water pressure test of the booster

mass /g	density /g · cm ⁻³	sensitivity of initiation	velocity of detonation /m · s ⁻¹	brisance	temperature test	under water pressure test
150	1.66	5 mm passage is sensitive to 3.6 g · m ⁻¹ detonating cord, 8 mm passage is sensitive to 10 g · m ⁻¹ detonating cord and No. 8 detonators.	7492 ± 27	puncture steel plate of 10 mm thickness	the diameter of the passage has no change while heated 8 hours at 55 °C	sensitive to 5 g · m ⁻¹ detonating cord while lasting 24 hours at 0.45 MPa under water
454	1.67	5 mm passage is sensitive to 3.6 g · m ⁻¹ detonating cord, 8 mm passage is sensitive to 10 g · m ⁻¹ detonating cord and No. 8 detonators.	7435 ± 28	puncture steel plate of 25 mm thickness	the diameter of the passage has no change while heated 8 hours at 55 °C	sensitive to 5 g · m ⁻¹ detonating cord while lasting 24 hours at 0.45 MPa under water

起爆具以454 g,150 g两种规格作为研究对象。根据研究确定的工艺条件,在PETN/TNT = 60/40,三类PETN/四类PETN = 60/40,熔化温度为83~89℃,浇铸温度为80~83℃的条件下,分别制成454 g和150 g两种规格的高能起爆具,对样品进行密度,感度,爆速,猛度,温度,水中压力实验。

表4结果表明,制备的起爆具密度、起爆感度、猛度、温度实验、水中压力实验都符合要求。

熔融混合炸药混合铸装后的凝固伴随三个变化过程:即物态变化、热量变化、体积变化,因此,在铸装时要选取适合的温度,控制熔融炸药的相变,热量变化和体积变化过程,保证药柱的质量。浇铸温度选择不仅与熔融混合程度有较大的关系,而且与药柱体积也有关。454 g规格的起爆具药柱选择的浇铸温度为80~83℃,而150 g规格的起爆具由于体积较小,冷却较快,浇铸温度最好控制在80℃左右,以保证浇铸质量。

4 结论

(1) 当高能固相炸药PETN在载体炸药TNT中加入量达到50%以上时,制备的起爆具能够达到能量输出要求。

(2) 对高能固相炸药PETN三类与四类按40/60进行粒度级配,制备的起爆具能够直接被3.6 g · m⁻¹导爆索起爆。

(3) 研究确定了能够被 $3.6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ 导爆索直接起爆、与低能导爆索配套,密度大于 $1.60 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,爆速大于 $7000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,击穿 25 mm 厚低碳钢板,温度和水中压力实验符合要求的高能起爆具制备工艺条件为熔化温度 $83 \sim 89 \text{ }^\circ\text{C}$,浇铸温度 $80 \sim 83 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

参考文献:

- [1] 武奋胜,郑晓华,郜玲,等. 民用爆炸物品安全管理与应用技术[M]. 北京:兵器工业出版社,1997.
WU Fen-sheng,ZHENG Xiao-hua,GAO Ling,et al. Safety Management and Application Technology of Civil Explosives[M]. Beijing: Ordnance Industry Press,1997.
- [2] 张俊秀,刘光烈,刘桂涛,等. 爆炸及其应用技术[M]. 北京:兵器工业出版社,1884.
ZHANG Jun-xiu,LIU Guang-lie,LIU Gui-tao,et al. Explosion and Application Technology[M]. Beijing: Ordnance Industry Press,1995.
- [3] 齐向前,刘俊湖. 三孔式高性能起爆具: 中国,2230911[P]. 1996.
QI Xiang-qian,LIU Jun-hu. Three-hole-type high performance booster: China,2230911[P]. 1996.
- [4] 杨斌林,曹晓宏. 与低能导爆索配套的起爆具: 中国,2347975[P]. 1999.
YANG Bin-lin,CAO Xiao-hong. Booster is mated with low energy detonating cord,Patent Bulletin No. 2347975[P]. 1999.
- [5] 李维刚,李锡润. 中深孔孔底起爆具: 中国,2242189[P]. 1993.
LI Wei-gang,LI Xi-run. Booster used on the medium and deep hole bottom: China,2242189[P]. 1993.
- [6] 茹古功,王征和,杨树田,等. 起爆具: 中国,87206809[P]. 1988.
RU Gu-gong,WANG Zheng-he,YANG Shu-tian,et al. Booster. China,87506809[P]. 1988.
- [7] 孙业斌,惠君明,曹欣茂,等. 军用混合炸药[M]. 北京:兵器工业出版社,1995.
SUN Ye-bin,HUI Jun-ming,CAO Xin-mao,et al. Military Explosive Composition[M]. Beijing: Ordnance Industry Press,1995.

Preparation of a High Energy Boosters

YAN Ji-Sheng

(Gansu Yinguang Chemical Industrial Complex, Baiyin 730900, China)

Abstract: The technology of the booster preparation including particle size distribution and content of the main explosive PETN, mixing and casting temperatures of the PETN and carrier explosive were studied. A new high energy booster was prepared in the study and was initiated by $3.6 \text{ g} \cdot \text{m}^{-1}$ detonating cord. Its density is greater than $1.60 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$, detonation velocity is greater than $7000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. It could breakdown 25 mm thick low carbon steel plate. Temperature test and under water pressure test results show that it meets the requirements.

Key words: civil explosive; booster; main explosive; carrier explosive; sensitivity of initiation

CLC number: TJ55; TQ560

Document code: A

DOI: 10.3969/j.issn.1006-9941.2010.01.019