

文章编号: 1006-9941(2004)04-0231-04

含发射药的粉状低爆速炸药研制

蔡昇, 魏晓安, 王泽山

(南京理工大学化学工学院, 江苏 南京 210094)

摘要: 制备了含单基发射药的粉状低爆速炸药, 并对其工艺进行了研究。讨论了该炸药的爆速产生机理, 研究了单基发射药的粒径、包覆剂和钝感剂的含量、炸药的密度对炸药性能的影响。测试了该炸药的低温性能、体积威力、机械感度和不同装填直径的爆速。并对该炸药在油田地质勘探中的应用效果进行了分析。结果表明, 该低爆速炸药制备简单, 能量和密度较高, 用作震源炸药能有效地提高地震勘探的分辨率。

关键词: 爆炸力学; 单基发射药; 低爆速; 粉状炸药

中图分类号: TQ560

文献标识码: A

1 引言

低爆速炸药的爆速通常在 $1500 \sim 2100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。随着爆破技术的发展, 低爆速炸药已越来越多应用到工农业生产的各个领域^[1-7], 并且已成为工业炸药一个新的重要分支。制备低爆速炸药的传统方法是在高爆速炸药中加入一种广义的、与其相容的稀释剂, 以此降低炸药的爆速^[8]。

在高爆速炸药中加入惰性物质虽然可以制成低爆速炸药, 但威力较低, 用铅壘法测试一般不超过 250 mL。某些领域如石油勘探需要爆速低、能量高的低爆速炸药, 爆速约在 $1700 \sim 2100 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 之间、威力大于 300 mL, 但符合该性能要求的低爆速炸药至今未见相关文献报导。

单基发射药经过特殊工艺处理后可制备成粉状低爆速炸药, 具有爆速低、能量高的特点。因为该低爆速炸药的主要原料可以采用退役的军用发射药, 所以其制造成本也比较低廉, 既可大量回收再利用废弃发射药, 有利环境保护, 又可实现较高的经济效益。本文对该低爆速炸药的生产工艺以及性能进行了分析讨论。

2 实验部分

2.1 低爆速炸药的制备

能量附加物粉碎至 $350 \mu\text{m}$ 以下, 备用; 废弃单基

发射药在水中粉碎后, 按要求筛选出一定粒径范围内的火药颗粒, 自然通风晾干后使用自配的包覆剂包覆后, 加入自制的钝感剂并搅拌均匀。然后将粉碎后的能量附加物, 包覆、钝感后的单基药颗粒根据粒度的粗、细按一定的配比在轮碾机中混合加工 $10 \sim 15 \text{ min}$ 即得成品。

2.2 低爆速炸药的性能测试

采用靶线测试法测定炸药的爆速, 靶线之间的距离为 10 cm, 同时测定其殉爆距离, 并进行高、低温时的爆炸及传爆试验; 使用铅壘法测定炸药的威力; 撞击感度的测试采用 2 kg 落锤; 摩擦感度的测试采用的摆锤质量为 1.5 kg, 摆臂长度为 760 mm。

3 结果与讨论

3.1 含发射药低爆速炸药低爆速产生机理

含单基发射药的粉状低爆速炸药主要是通过调节能量附加物的粒度、发射药的粒度、钝感剂和包覆剂的含量以及炸药的整体密度来实现其低爆速。发射药颗粒被包覆剂和钝感剂隔离在能量附加物颗粒中, 形成一个所谓的“热点”。通过对它们的粒度调节, 使之在起爆药爆轰波所形成的高速化学反应区中不完全反应, 因而用来支持爆轰传播的能量只是化学反应一部分的能量, 剩余的相当一部分能量在爆轰的 C-J 面之后的后效燃烧^[10]阶段释放出来。由于炸药的反应是以爆轰与燃烧并存的形式进行的, 所以产生的爆速并不高, 大约在 $2000 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 左右。

后效燃烧所放出的能量对爆轰波的传播没有贡献, 低爆速爆轰的传播机理可以通过表面反应机理得

收稿日期: 2003-11-26; 修回日期: 2004-03-10

作者简介: 蔡昇(1969-), 男, 博士研究生, 从事含能材料的研究。

e-mail: chemphil@sina.com

到解释。用单基发射药制备的低爆速炸药是粉状混合炸药,通过对炸药密度的调节,使药体中含有一定量的空隙,粉碎、晾干后的发射药还会残留少量的水分,它们在爆炸反应时形成了一定量的水蒸气。在受到冲击波的作用时空气和水蒸气会产生绝热压缩,形成第二“热点”并产生相当高的温度,导致其周围的能量附加物有一部分被加热而参与反应,将其看作是活性物质并在C-J面以前的爆轰反应区内一直进行反应,使低爆速爆轰能稳定地传播下去。

3.2 发射药粒径对炸药性能的影响

将粉碎后的单基发射药过筛并自然晾干,与粉碎后的能量附加物按特定的比例混合后,制成 $\Phi 32$ mm药卷,测试其爆炸性能,结果见表1。

表1 发射药的粒径与炸药性能的关系
Table 1 The relationship between the grain size of propellants and performance of explosives

grainsize of single-base propellants/ μm	density/ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$	detonation velocity/ $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$	sympathetic detonation distance/cm
> 350	0.98	can not be initiated by detonator	-
246 ~ 350	0.94	2267	3
198 ~ 246	0.95	2789	4
165 ~ 198	0.95	3125	7
R < 165	0.89	3650	8

表1中的数据是在发射药未包覆、钝感的情况下测定的。由表中可以看出,发射药颗粒的粒径越小,所制成的炸药爆速、殉爆距离越大。这是由于炸药的爆炸反应可以认为是在界面上进行的,发射药的粒径越小,在相同质量的条件下颗粒数越多,与能量附加物的接触就越充分,导致其爆速和殉爆距离增加。

火药的粒径同时影响炸药的爆速和感度。作为低爆速炸药,当然爆速越低越好,但其感度应达到一定的要求,否则就会影响到炸药的传爆性能。在低爆速炸药的制备过程中,选用的发射药粒径范围是246 ~ 833 μm ,在实验过程中确定该粒径范围内发射药颗粒的具体粒径分布,既可保证炸药的低速爆轰,又能保证其传爆性能。

3.3 炸药中包覆、钝感剂对爆速的影响

包覆剂和钝感剂均能使炸药的爆速降低。实验发现,包覆剂对炸药的传爆性能影响不大;钝感剂对炸药的传爆性能影响较大,对小粒径火药处理后降爆速的效果较为明显。本文选用包覆剂和钝感剂两次包覆火药颗粒,目的是保证制备炸药的爆速性能和传爆性能。

单基发射药分别包覆一定量的包覆剂和钝感剂后,制备成低爆速炸药,将其装入 $\Phi 32$ mm药卷测其爆速,结果见图1。由图可见,发射药经包覆剂和钝感剂包覆后,所制成的炸药爆速明显下降,可见对发射药颗粒的有效包覆是制造粉状低爆速炸药的关键。在实验中发现,包覆剂量为钝感剂量4倍且它们的总量为发射药总量的3%时,能使炸药达到较好的工艺性能和低爆速性能。

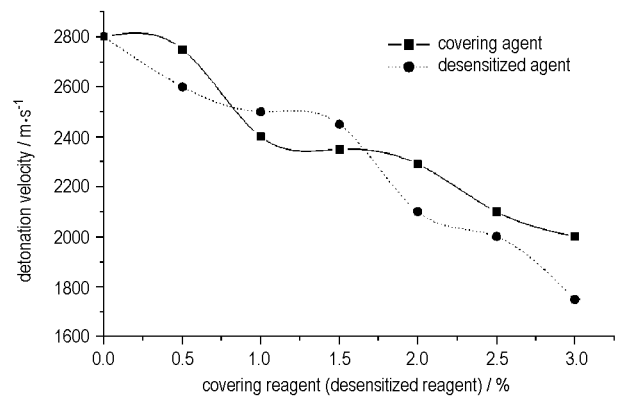


图1 炸药中包覆剂和钝感剂对爆速的影响
Fig. 1 Effects of the coating reagent and desensitizer on the detonation velocity

3.4 密度对炸药性能的影响

3.4.1 炸药密度对爆速的影响

将粉碎、晾干后的单基火药过筛,选出246 ~ 350 μm , 350 ~ 833 μm 两种粒径范围内的火药颗粒,按一定比例混合后用占发射药总量3%的钝感剂、包覆剂分别包覆(1: 4),按本文2.1下的方法制备出粉状低爆速炸药。将该粉状炸药装入 $\Phi 32$ mm药卷中,分别调节不同的装药密度,然后测定它们的爆速,结果见图2。

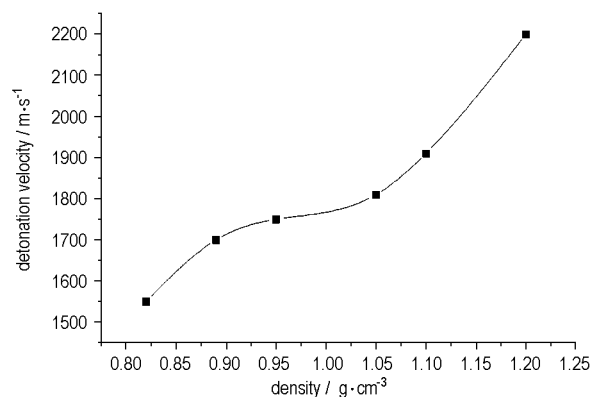


图2 炸药密度与爆速的关系
Fig. 2 Relationship between the density and detonation velocity of the explosive

图2中清楚地反映出,随着装药密度的增加,爆速增加。装药密度太低,炸药的威力不够,达不到用户的使用要求。实验中发现,当装药密度超过 $1.2 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 或低于 $0.8 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 时,该炸药可能不能被雷管起爆。由图2可见,在 $0.95 \sim 1.05 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 密度变化范围内,曲线呈现出较平缓的变化趋势,为稳定工艺条件且保证炸药威力,将炸药的密度控制在该范围内。

3.4.2 炸药密度对殉爆距离的影响

按文中3.4.1下的步骤制备出低爆速粉状炸药,在 $\Phi 32 \text{ mm}$ 药卷中调节装药密度分别为 $1.15, 1.05, 0.95, 0.80, 0.70 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,进行殉爆实验。结果表明,随着装药密度的降低,殉爆距离减小。在该项实验中,当装药密度为 $1.15, 1.05, 0.95 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 时,殉爆距离分别为 $6, 5, 3 \text{ cm}$ 。当装药密度小于或等于 $0.80 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 时,该低爆速炸药不能殉爆。这就意味着在低密度装填状态下,如果炸药在运输过程中由于颠簸,使药体中间出现较大的空隙,有可能导致炸药传爆不完全。

因此,可确定该低爆速炸药的装填密度为 $0.95 \sim 1.05 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。

3.5 低爆速炸药的低温性能

在 $-40 \text{ }^{\circ}\text{C} \sim 35 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度范围内对该低爆速炸药进行了传爆试验,并进行了部分爆速测试。试验中炸药装填在 $\Phi 60 \text{ mm}$ 的药卷中,将装填密度控制在 $1.0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$ 。结果显示,温度降低对炸药爆速的影响并不大,低爆速炸药在高温到低温的范围内均能可靠起爆并稳定传爆。这可能是由于发射药颗粒在低温条件下表现出较好的脆性,受到冲击应力的作用易分裂从而形成更多的热点,弥补低温时有效热点的减少,使爆轰反应得以维持。

该低爆速炸药装填在 $\Phi 60 \text{ mm}$ 药卷中于 $35, 25, 40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 温度条件下测得的爆速分别是 $2\,545, 2\,450, 2\,003 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 。

3.6 低爆速炸药的爆速和体积威力

将所制备的低爆速炸药分别装填在不同直径的药卷中,在常温($25 \text{ }^{\circ}\text{C}$)条件下测定其爆速,结果如表2所示。由表2可知,随着药卷直径的增加,炸药的爆速也大幅度增加。

本实验制备的低爆速炸药经铅壘法测试其体积威力为 350 mL ,与含 20% TNT的铵梯炸药(密度为 $1.19 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$,爆速为 $5\,496 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$,体积威力为 350 mL)体积威力相当,而传统低爆速炸药的体积威力一般小于 250 mL 。与此相比,本实验制备的低爆速炸药优点明显,在保证

低爆速性能的同时,大大提高了炸药的威力。

表2 不同直径的炸药爆速

Table 2 The detonation velocity of explosives in different diameter

diameter/mm	detonation velocity/ $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
$\Phi 32$	1802
$\Phi 45$	1910
$\Phi 50$	2100
$\Phi 60$	2450

3.7 低爆速炸药的机械感度

取所制备的低爆速炸药 20 mg ,用 2 kg 的落锤实验,测得其撞击感度 $h_{50} \geq 780 \text{ mm}$;在摆角为 96 ° ,摆锤重量为 1.5 kg 时, 20 mg 该炸药的摩擦感度 $\leq 80\%$,符合炸药的安全贮存、运输要求。

3.8 低爆速炸药在石油勘探中的应用效果

根据李庆忠院士提出的理论,低爆速炸药作为震源弹可以大幅度地提高地震勘探的分辨率^[9]。本研究小组联合华东石油局第六物探大队,在黄桥一如皋地区开展了地震勘探适用的炸药类型分析的研究,试验结果如图3所示。结果表明,该低爆速炸药的能与普通震源炸药差别不大,低爆速炸药能量略强。而该低爆速炸药爆炸后所激发的有效频率范围比普通震源炸药有较大幅度的增加,反馈波的信噪比也有较明显的提高。说明该低爆速炸药作震源使用确实有助于提高地震勘探的效率。

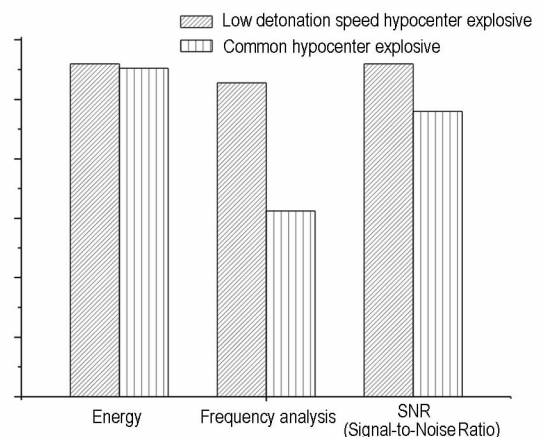


图3 低爆速炸药震源弹与普通震源弹的对比

Fig. 3 Comparison between the low detonation velocity explosive and common explosive applied to the oil exploration

4 结 论

(1) 含单基发射药的粉状低爆速炸药制备的关键

是火药粒粒径的筛选和火药粒的包覆技术,炸药的密度对该炸药的爆速和殉爆距离也有较大的影响。

(2) 该低爆速炸药制备简单,密度较大,能量较高,其能量性能已达到或超过普通震源弹炸药。

(3) 该低爆速炸药用作地震勘探的震源弹,能有效地提高地震勘探效率。

参考文献:

- [1] 唐朝雄,孙星儒. 洞室爆破在满拉水利枢纽工程中的应用[J]. 水利水电技术, 2000, 31(12): 29.
TANG Chao-xiong, SUN Xing-nuo. Applying cave explosion in Manla irrigation project[J]. *Technology of irrigation and electricity*, 2000, 31(12): 29.
- [2] 赵峰. 高精度平面波发生器设计分析[J]. 爆轰波与冲击波, 2000, 6(2): 89-92.
ZHAO Feng. Design and analyze the precision flat wave creator [J]. *Detonation and shock wave*, 2000, 6(2): 89-92.
- [3] 高力. 花岗岩整体爆裂分离时的炸药效能试验[J]. 非金属矿, 1999, 22(3): 21-22.
GAO Li. Test of explosives performance on granite exposed apart [J]. *Nonmetal mine*, 1999, 22(3): 21-22.
- [4] 华向汉. 李家峡工程用低爆速炸药减震的试验研究[J]. 陕西水力发电, 1994, 10(4): 53-55.
HUA Xiang-han. Research on vibration reduction by low speed explosive [J]. *Shaanxi shui li fa dian*, 1994, 10(4): 53-55.
- [5] 王汉军,蓝成仁,傅跃升. 煤矿低爆速炸药的实验研究[J]. 河北煤炭, 2001(2): 26-27.
WANG Han-jun, LAN Chen-ren, FU Yue-sheng. Experimental investigation on mining explosive of low detonation velocity [J]. *Hebei coal*, 2001(2): 26-27.
- [6] 姚克音. 小直径低爆速管状炸药及其在石材开采中的应用[J]. 爆破, 1991(1): 40-45.
YAO Ke-yin. Small-diameter, cannulation charge explosives and their application to rocks exploitation [J]. *Blasting*, 1991(1): 40-45.
- [7] 姚克音,张永哲. 小直径低爆速炸药及其对岩体的爆破作用[J]. 工程爆破, 1997, 3(1): 24-28.
YAO Ke-yin, ZHANG Yong-zhe. Small-diameter, low-explosion-speed charge and effects of blasting on rocks [J]. *Engineering Blasting*, 1997, 3(1): 24-28.
- [8] 王为,吴腾芳,倪荣福. 我国低爆速炸药的现状[J]. 工程爆破, 1998, 4(3): 80-82.
WANG Wei, WU Teng-fang, NI Rong-fu. Present situation of low detonation velocity explosives in China [J]. *Engineering Blasting*, 1998, 4(3): 80-82.
- [9] 李庆忠. 地震高分辨率勘探中的误区与对策[J]. 工程爆破, 1998, 4(3): 80-82.
LI Qing-zhong. Some mistaken concepts in high resolution seismic exploration and the corresponding countermeasures [J]. *Engineering Blasting*, 1997, 32(6): 751-783.
- [10] Johansson C H. 猛炸药爆轰学[M]. 北京: 国防工业出版社, 1970.

Development of Powdery Low Detonation Velocity Explosives from Propellants

CAI Sheng, WEI Xiao-an, WANG Ze-shan

(Chemical Engineering School, Nanjing University of Science and Technology Nanjing, Nanjing 210094, China)

Abstract: A powdery low detonation velocity explosive containing single base propellants has been prepared and its technology has been studied. The mechanism of low detonation velocity for the explosive is discussed. Some factors, such as the grain size of single base propellants, the content of coating reagent and desensitizer, the density of the explosive, which may influence the performance of the explosive are also studied. The low temperature performance of explosives, the voluminal power, the mechanical sensitivity and the detonation velocity of explosives in different diameters are tested. The applied effect of the low detonation velocity explosives for oil field exploration is also analyzed. The results show that the low detonation velocity explosive has the properties of easy-preparing, high energy and high density, and it can greatly improve the resolution of the earth-shock prospecting.

Key words: explosion mechanics; single base propellant; low detonation velocity; powdery explosive