

DNTF 基含硼和含铝炸药的水下能量

王 浩, 王亲会, 金大勇, 黄文斌

(西安近代化学研究所, 陕西 西安 710065)

摘要: 理论计算了DNTF基含硼和含铝炸药的爆炸性能参数, 通过水下能量及爆热测试研究了它们的能量特性。结果表明, 含硼质量分数15%的DNTF基炸药水下能量可达到2.1倍TNT当量, 并出现最大值。含铝质量分数10%~50%的DNTF基炸药的水下能量随铝含量的增加呈上升趋势, 其最大值可达到2.67倍TNT当量。当铝或硼的质量分数低于18%时, 含硼DNTF炸药的的能量高于含铝炸药。硼铝联用, 也可获得较好的能量特性。

关键词: 爆炸力学; DNTF; 硼; 铝; 水下能量

中图分类号: TJ55; O382+.1

文献标志码: A

文章编号: 1007-7812(2007)06-0038-03

Underwater Energy of DNTF Based Boron-contained and Aluminum-contained Explosive

WANG Hao, WANG Qin-hui, JIN Da-yong, HUANG Wen-bin
(Xi'an Modern Chemistry Research Institute, Xi'an 710065, China)

Abstract: The explosion performance of DNTF based boron-contained and aluminum-contained explosive is calculated theoretically, and their energy characteristics are studied through determining the underwater energy and explosion heat. The results show that when the mass fraction of boron in the DNTF based boron-contained explosive is 15%, the underwater energy of this explosive arrive to 2.1 TNT-equivalent, revealing the maximum peak in the content of boron vs. TNT equivalent curve. With increasing the mass fraction of aluminum from 10% to 50%, the underwater energy of DNTF based aluminum-contained explosive raises. The maximum energy corresponding to the mass fraction of aluminum of 50% is 2.67 TNT-equivalent. When the content of comburant is less than 18%, the energy of boron-contained explosive is better than that of aluminum-contained explosive. If boron and aluminum are used together, better energy characteristics can be obtained.

Key words: explosion mechanics; DNTF; boron; aluminum; underwater energy

引 言

从热力学角度看, 铝粉并不是金属可燃剂中热值最高的材料, 硼和铍的热值都高于铝, 但铍是一种剧毒物质, 限制了其在炸药中的应用。硼具有很高的质量单位热值, 在炸药中加入少量的硼粉就可以使其药爆热明显提高。在含氢物质(如水)存在下, 硼的氧化效率很低, 极易生成低能中间体 HOB(O) (HBO₂)^[1]。目前, 国内外对于含硼推进剂的研究成为一个热点^[2-3], 并取得了一定的成果, 对于含硼炸药的研究具有很好的借鉴作用。

炸药在水下爆炸时, 首先是冲击波在水中迅速传播, 然后是高压气态产物向四周扩散膨胀达到气泡的最大半径, 此时气泡内的压力低于周围水的静压, 因此周围的水再反向中心聚合, 压缩气泡形成气泡脉动。炸药的能量分为两部分——冲击波能和气泡能, 前者表征炸药爆炸的动作用, 后者表征炸药爆炸的静作用。水下爆炸试验就是通过测定冲击波能和气泡能求出炸药的作功能力^[4]。

3,4-二硝基咪唑基氧化咪唑(DNTF)是一种新型高能熔铸载体炸药, 具有密度高、生成焓高、爆速高、分子中不含氢等特点, 近年来对其进行了广泛的研究^[5-8]。为了充分了解DNTF基炸药的这些特性,

以及与其他可燃剂之间的反应情况和作用效果,本研究对其水下能量进行了测试。

1 试验

1.1 试验样品制备

将DNTF 融化后,加入铝粉或硼粉,搅拌均匀,浇铸入直径30mm 的模具中,冷却成型后加工成25~35g 的药柱备用。本试验样品包括含铝粉和硼粉的药柱,样品代号及配方见表1。

表1 DNTF 基含铝和含硼炸药配方及爆轰性能的计算值

Table 1 The formulation and calculated values of detonation performance for DNTF based boron-contained and aluminum-contained explosive

代号	$w(\text{Al})/\%$	$w(\text{B})/\%$	$\rho_T/(\text{g}\cdot\text{cm}^{-3})$	$D/(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})$	$Q/(\text{kJ}\cdot\text{kg}^{-1})$	V/L	A	p/GPa
DL01	10		1.993	8869	6862	646	140.5	38.02
DL02	20		2.053	8685	9258	388	124.9	37.55
DL03	30		2.116	8490	10925	223	103.5	37.00
DLMax	31.58		2.127	8458	11188	196	99.2	36.90
DL04	40		2.184	8283	9811	172	89.8	36.33
DBL01	10	10	2.028	8564	10780	248	107.9	37.24
DB01		5	1.953	8860	7519	565	137.2	37.76
DB02		10	1.969	8746	9113	413	128.1	37.10
DB03		15	1.986	8629	10708	261	110.1	36.42
DBMax		15.6	1.988	8615	10897	242	107.0	36.34
DB04		17	1.993	8583	10716	238	106.0	36.14
DB05		20	2.003	8577	10329	230	102.0	35.73
DB06		25	2.020	8456	9684	215	97.0	35.02

2 结果与分析

2.1 爆炸性能的理论计算

采用Urizar 公式计算含铝炸药的爆速(D),采用Kamlet 公式计算含硼炸药的爆速(D),采用盖斯定律计算爆热(Q)和爆容(V),采用Brethelot 公式计算作功能力(A , TNT 以100 计算),采用C-J 理论简化公式计算爆压(p)^[9],结果见表1。表1 中的配方DLMax 和DBMax 为按全氧化法计算出来的最佳可燃剂含量。从表1 可以看出,可燃剂含量(不超过其全氧化法计算的可燃剂含量)相同时,含硼炸药的爆热比含铝炸药的大,但爆速有所降低,而爆容和威力降低较多。

2.2 水下性能

测量了含硼炸药、含铝炸药以及标准药TNT 的冲击波能和气泡能,两种能量之和作为总能量。含硼或含铝炸药的总能量与TNT 的总能量相比得到它们的TNT 当量。这两种炸药的TNT 当量与可燃剂

1.2 水下试验

采用PCB138A 自由场传感器,灵敏度为6.937MPa/V,压力测量范围为0~69MPa。每个样品至少做两发试验,每发药柱取两组数据,得到炸药的冲击波能、气泡能和总能量。

1.3 爆热测试

爆热按照GJB772A-1997 方法701.1 进行测试。在爆热弹内无氧环境中引爆试样,以蒸馏水为测温介质,测定水温的升高量。根据量热计的热容量及温升值,求出单位质量的试样在给定条件下的爆热。

含量之间的关系如图1 所示。

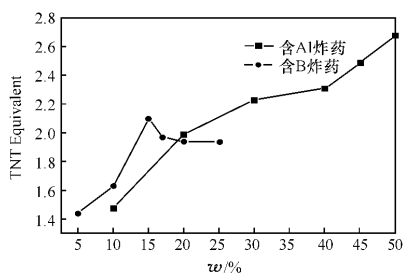


图1 硼粉和铝粉含量与炸药水下能量之间的关系
Fig. 1 The content of boron and Al vs underwater energy relation aluminum

从图1 可看出,对于含硼炸药,当硼的质量分数为15%左右时,其水下能量达到最大,为TNT 当量的2.1 倍;对于含铝炸药,当铝的质量分数为50%时还看不出能量的最大值,此时为TNT 当量的2.67 倍。当DNTF 炸药中硼和铝的质量分数为18%左右时,TNT 当量基本相同;当质量分数小于18%时,含硼炸药的能量高于含铝炸药。

从含铝炸药的水下能量曲线可看出,当铝粉质量分数低于50%时,无法判断水下能量达到最大时的铝粉含量,与铝粉最佳含量的计算值相差甚远。含铝炸药在达到最佳铝粉含量的情况下还能够持续做功的原因可能是当炸药在水下爆炸后,在气泡边界处会形成大量的水蒸汽(由周围水介质产生),爆炸产物中过量的铝粉将与水蒸汽反应,从而提高混合炸药整体的能量。含铝DNTF炸药 TNT 当量达到2.67,远高于其他水下炸药(TNT 当量一般在2左右)。

图1显示当硼粉质量分数为15%左右时,炸药的水下能量最高,与全氧化法计算的硼粉最佳含量十分接近,比相同铝粉含量的含铝炸药的能量还高。分析认为,在与不含氢的DNTF反应时,硼粉能够充分反应生成 B_2O_3 ,而当超过硼粉的最佳含量时,过量的硼粉与水蒸汽反应生成反应热较低的 HBO_2 ,能量降低很快,在硼粉质量分数为20%~25%时,水下能量反而降低为一定值。

在相同金属粉含量时,如配方DB05、DBL01和DL02,其水下能量(TNT 当量)分别为1.94,2.17,1.99。DB05炸药由于其硼粉含量(20%)已超过全氧化法得出的最大值,因此,其TNT 当量随硼粉含量的增加而降低,DBL01的能量比DL02和DB03(此时硼粉含量基本上为全氧化法最高含量)高,说明在DNTF基炸药中,同时加入一定量的硼粉和铝粉,可以提高炸药的总能量。另外,由于铝粉在水下炸药中有很好的持续做功能力,因此,可以加入过量的铝粉,以提高炸药的水下能量。

2.3 含硼炸药爆热研究

测试了含质量分数5%和10%硼粉的DNTF基炸药的爆热,分别为6497和6924kJ/kg。当铝粉的质量分数为10%时,爆热为6341kJ/kg。表明含硼炸药的实测爆热比相同含量含铝粉炸药的能量高。

3 结 论

(1) 与无氢炸药配合,硼能够比较充分发挥其性能。

(2) 当金属粉的质量分数小于18%时,含硼DNTF基炸药的水下能量比含铝DNTF基炸药的高。

(3) 含铝DNTF炸药有很高的水下能量,可达到2.7倍以上的TNT 当量。

(4) 硼粉和铝粉联用,可望提高相同质量分数

下单组分可燃剂DNTF 炸药的水下能量。

参考文献:

- [1] 王晓锋,赵省向. 战术战斗部用炸药[M]. 西安:西安近代化学研究所,2003.
- [2] 庞维强,张教强,胡松启,等. 团聚硼对富燃料推进剂燃速的影响[J]. 火炸药学报,2006,29(3):20-22. PANG Wei-qiang, ZHANG Jiao-qiang, HU Song-qi, et al. The influence of agglomerated boron on burning rate of fuel-rich solid propellant[J]. Chinese Journal of Explosives and Propellants, 2006,29(3):20-22.
- [3] 裴明敬,毛根旺,郑开伟,等. 含硼温压型燃料的爆炸性能[J]. 火炸药学报,2006,29(4):1-5. PEI Ming-jing, MAO Gen-wang, ZHENG Kai-wei. Explosion performance of thermobaric fuel containing boron [J]. Chinese Journal of Explosives and Propellants, 2006,29(4):1-5.
- [4] 惠君明,陈天云. 炸药爆炸理论[M]. 江苏:江苏科学技术出版社,1995.
- [5] 王亲会. DNTF基熔铸炸药的性能研究[J]. 火炸药学报,2003,26(3):57-59. WANG Qin-hui. Properties of DNTF-based melt-cast explosives [J]. Chinese Journal of Explosives and Propellants, 2003,26(3):57-59.
- [6] 王亲会,张亦安,金大勇. DNTF炸药的能量及可熔铸性[J]. 火炸药学报,2004,27(4):14-16. WANG Qin-hui, ZHANG Yi-an, JIN Da-yong. Energy and castibility of DNTF explosive[J]. Chinese Journal of Explosives and Propellants, 2004,27(4):14-16.
- [7] 赵省向,戴致鑫,张成伟,等. DNTF及其低共熔物对PBX可压性的影响[J]. 火炸药学报,2006,29(3):39-42. ZHAO Sheng-xiang, DAI Zhi-xin, ZHANG Cheng-wei, et al. The effect of DNTF and its eutectics on the mouldability of PBX [J]. Chinese Journal of Explosives and Propellants, 2006,29(3):39-42.
- [8] 赵凤起,陈沛,罗阳,等. 含3,4-二硝基咪唑基氧化咪唑(DNTF)的改性双基推进剂[J]. 推进技术,2004,25(6):570-572. ZHAO Feng-qi, CHEN Pei, LUO Yang, et al. Study on the composite modified double base propellant containing 3,4-dinitrofarazanfuroxan (DNTF) [J]. Journal of Propulsion Technology, 2004,25(6):570-572.
- [9] 孙业斌,惠君明. 军用混合炸药[M]. 北京:兵器工业出版社,1995.