

doi:10.3969/j.issn.1001-8352.2017.02.010

氧化剂对炸药水中爆炸能量输出结构的影响^{*}

范士锋

海军驻西安地区军事代表局(陕西西安,710065)

[摘 要] 为了研究氧化剂对炸药爆炸能量输出结构的影响,采用水中爆炸试验方法研究了高氯酸铵(AP)对炸药水中爆炸冲击波的影响。试验结果表明,在炸药中添加AP,可以调整炸药爆炸能量输出结构,降低炸药水中爆炸冲击波的压力衰减速度,提高炸药水中爆炸冲击波冲量。通过等质量替换试验发现,AP在试验所用的炸药体系中释放的能量高于黑索今(RDX),试验结果可为炸药配方精细化设计及水中兵器毁伤设计提供指导。

[关键词] 高氯酸铵(AP);水中爆炸;能量输出结构

[分类号] TJ55

Influence of Oxidant on the Energy Output Configuration of Underwater Explosion

FAN Shifeng

Naval Representatives Office in Xi'an (Shaanxi Xi'an, 710065)

[ABSTRACT] An underwater explosion was conducted to test the effect of ammonium perchlorate (AP) on explosion wave in water to better understand its influence on energy output configuration. Results show that AP can change the shock wave configuration of underwater explosion. The shock wave pressure will reduce slowly when the composite explosives contain AP. In the meantime, AP can also enhance impulse of shock wave. Explosive containing AP could release more energy than RDX in equal mass replacement test. These results can be used in the composite explosion design.

[KEYWORDS] ammonium perchlorate (AP); underwater explosion; energy output configuration

引言

高氯酸铵(AP)是火炸药产品中常用的一种氧化剂^[1-4],添加AP可以提高炸药的爆热和水中爆炸能量,因此,大量应用于炸药配方中。有大量的文章报道了添加AP可提高炸药水中爆炸总能量^[5-6]。然而,不同目标对炸药水中爆炸能量的需求不同,对于舰船等大型慢速目标而言,增加气泡能有助于提高毁伤威力;但对于水下机动性能更好的鱼雷、蛙人等目标,气泡作用已经无法对目标产生毁伤效果。提高弹药毁伤威力的方法除了提高炸药的总能量外,根据目标毁伤特性,调整炸药能量输出结构,使炸药爆炸能量输出结构与目标毁伤特性匹配,是实现弹药对目标高效毁伤的另外一个重要途径^[7]。因此,对于炸药设计者而言,仅仅了解AP加入后带来的宏观效应是远远不够的。深入研究炸药能量输

出结构与组分之间的关系是实现能量输出结构调整的重要途径。笔者通过水中爆炸试验方法,研究AP对复合炸药体系中炸药能量结构的调整作用。

1 试验

1.1 试验材料与器材

3,4-二硝基呋咱基氧化呋咱(DNTF),纯度大于99%,甘肃银光化学工业有限公司;Al,安钢铝粉厂,粒径为13 μm。

Genesis51型数据采集仪,德国HBM公司;压电式电气石水下激波传感器,美国PCB公司;测压范围为0~34.5 MPa。

1.2 样品

样品采用熔铸工艺制备,样品所用起爆炸药为JH-14,质量为3.5 g,配装状态为内嵌式。所用的两种DNTF基炸药的配方如表1所示。

^{*} 收稿日期:2016-10-24
作者简介:范士锋(1978-),男,硕士,高级工程师,研究方向:水中兵器毁伤效果。E-mail:452840194@qq.com

表 1 试样数据
Tab. 1 Test data

样品	组分质量分数/%					样品质量/g	JH-14 质量/g
	DNTF	RDX	Al	AP	钝感剂		
D01	26	43	27	0	4	238.0	3.5
D02	26	0	27	43	4	238.0	3.5

1.3 水下试验

爆炸水池直径为 12.0 m,水深 9.5 m,试验时试样布置位置距离水池中心线、池壁各 2.0 m,试样入水深度为 4.7 m;传感器也布置在水池中心线上,距爆心距离依次为 4.0、5.0、6.0、7.0、8.0、9.0 m,保持传感器入水深度也为 4.7 m。试验时,采用 8#雷管由端面中心引爆传爆药 JH-14,JH-14 爆炸起爆试样。每组测试两个平行试样。

2 试验结果与分析

试验中得到的冲击波超压和冲量结果如表 2。
表 2 两种炸药冲击波数据
Tab. 2 Shock wave parameters of two kinds of explosives

测距/ m	超压/MPa		冲量/(kpa · s)		冲量 增量/%
	D01	D02	D01	D02	
4.0	7.35	7.33	0.81	1.00	10.4
5.0	5.61	5.76	0.69	0.91	13.4
6.0	4.03	4.20	0.32	0.44	16.2
7.0	3.43	3.54	0.16	0.23	17.4
8.0	3.03	3.11	0.11	0.17	20.7
9.0	2.97	3.04	0.06	0.10	22.3

两种炸药的爆炸冲击波超压和冲量与距离的关系如图 1 和图 2 所示。
从表2的试验结果可以看出,添加AP的D02

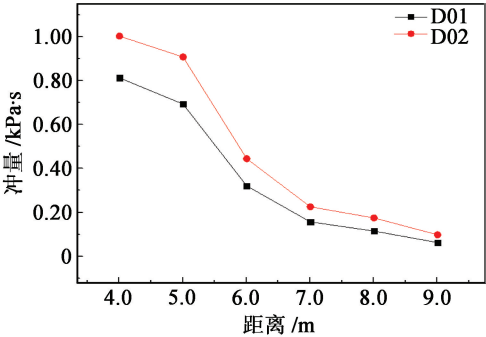


图 2 冲量与距离的关系
Fig. 2 Relationship between impulse and distance

炸药的爆炸超压峰值和冲量均比换成同比例 RDX 的配方高。在前者配方体系中,超压峰值高说明 AP 在炸药爆轰反应区参加了爆轰化学反应,一部分能量输出提高了炸药的冲击波压力;另外,冲量的提高说明 AP 有一部分能量使炸药爆炸冲击波的输出形式发生了改变。总体来看,AP 释放的总能量高于 RDX 释放的总能量。

为了分析 AP 在爆炸中对能量输出的贡献,不同测距处获得的冲击波超压-时间曲线见图 3。从图 3 中可以明显地看出,含有 AP 的 D02 炸药的超压曲线衰减的速度低于不含 AP 的 D01 炸药。

对表 2 中的冲量增量和测距作图,得到图 4。
从图 4 中可以明显看出,随着距离的增加,含有 AP 的炸药相对于不含 AP 炸药水中爆炸冲击波的冲量衰减较慢。这主要是因为 AP 在炸药爆轰反应中的反应速率低于主炸药的反应速率,在主炸药反应完后,AP 继续反应释放能量,使炸药爆轰反应持续时间更长,使炸药爆炸产生的冲击波脉冲宽度增加,从而使水中爆炸冲击波冲量显著增加。

3 讨论

通常情况下,Al 和 AP 的加入会增加炸药的能量^[8],其中,Al 在炸药中如何增加炸药能量讨论得很多^[6,9],但关于 AP 是如何增加炸药能量、增加了炸药反应过程中的哪部分能量的探讨很少。
在 DNTF 基炸药配方中添加 AP 后,从表 2 可以看出,水中爆炸的冲击波超压有所增加,尤其是在远距离时,压力增加更为显著。这两种配方的区别在于一种含 RDX,另一种含 AP。RDX 是一种单质炸药,在炸药爆轰过程中可完全反应释放能量。而 AP 是一种氧化剂,在爆轰过程中是否能够完全释放能量还未见报道。从试验中的冲击波超压结果可以看

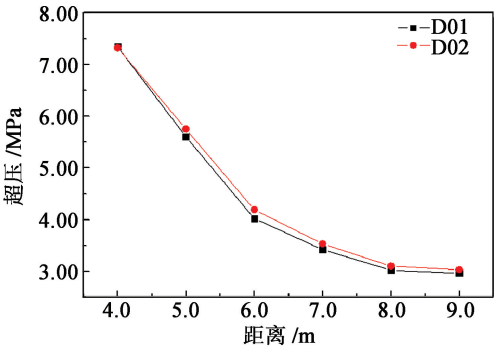


图 1 超压与距离的关系
Fig. 1 Relationship between overpressure and distance

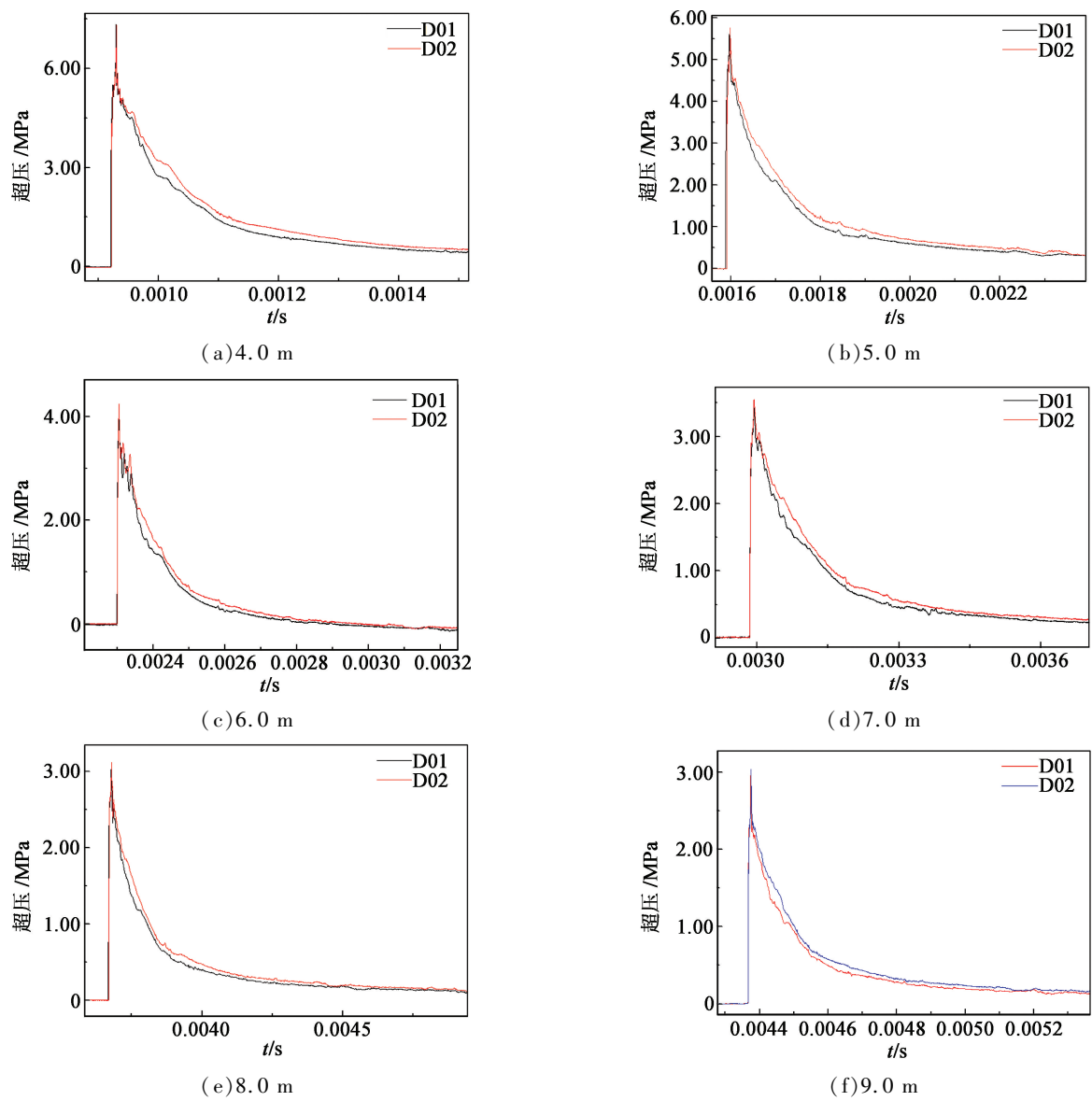


图 3 不同距离处两种炸药爆炸的冲击波超压-时间曲线

Fig. 3 Overpressure-time curves of two explosives at different distances

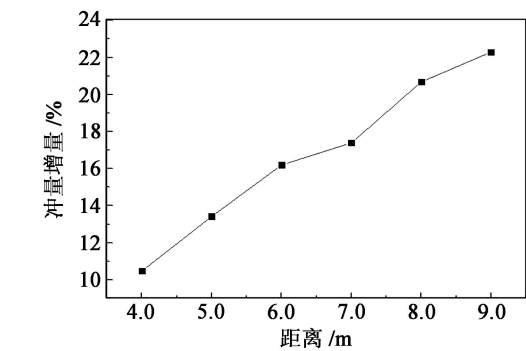


图 4 不同测点处冲量的增量

Fig. 4 Impulse increment at different points

出,在 DNTF 基炸药中,用同质量的 AP 替换 RDX 后,提高了水中爆炸冲击波超压,因此,可以推断,

AP 在 DNTF 基炸药爆轰反应过程中释放的能量高于同质量的 RDX。

同时,从图 3 的曲线中可以看出,相同测点处,含有 AP 的 DNTF 基炸药水中爆炸冲击波超压衰减速度均低于含 RDX 的 DNTF 基炸药,这说明 AP 不但参与了 DNTF 基炸药的爆轰反应,其后续反应释放的能量仍然能够贡献给水中爆炸冲击波,降低了冲击波在水中的衰减速度,因此,含有 AP 的 DNTF 基炸药水中爆炸冲击波冲量才会显著增加。

4 结论

1) 在 DNTF 基炸药配方中,AP 参与了炸药的爆

轰反应,且同质量的 AP 在炸药爆轰反应过程中释放的能量高于 RDX,可以有效提高 DNTF 炸药的水中爆炸冲击波超压。

2)在 DNTF 基炸药配方中,AP 在爆轰反应后期释放的能量依然能够贡献给冲击波,使含有 AP 的 DNTF 基炸药水中爆炸冲击波压力衰减速度降低,这与温压炸药中 Al 的反应历程有相似之处^[10-11]。

综上所述,在 DNTF 基炸药配方中增加 AP,可有效改变炸药水中爆炸冲击波超压及超压衰减过程,是增加该类炸药爆炸冲击波有效毁伤范围的一种可行的途径。

参 考 文 献

- [1] 宋娟,郭效德,李凤生. 超细球形高氯酸铵的制备与性能表征[J]. 固体火箭技术,2014,37(4):521-524.
SONG J, GUO X D, LI F S. Preparation and property characterization of superfine spherical ammonium perchlorate[J]. Journal of Solid Rocket Technology, 2014,37(4):521-524.
- [2] 朱艳丽,焦清介,黄浩,等. 铝粉粒度对高氯酸铵热分解动力学的影响[J]. 高等学校化学学报,2013,34(3):662-667.
ZHU Y L, JIAO Q J, HUANG H, et al. Effect of aluminum particle size on thermal decomposition of AP[J]. Chemical Journal of Chinese Universities, 2013,34(3):662-667.
- [3] 谢中元,周霖,王浩,等. 高氯酸铵包覆层对硼粉燃烧性能的影响[J]. 兵工学报,2014,35(2):194-199.
XIE Z Y, ZHOU L, WANG H, et al. Combustion performance of boron coated with AP[J]. Acta Armamentarii, 2014,35(2):194-199.
- [4] 郝嘎子,刘杰,肖磊,等. 机械粉碎法制备纳米CuCr₂O₄及其对高氯酸铵热分解性能的影响[J]. 兵工学报,2015,36(9):1654-1659.
HAO G Z, LIU J, XIAO L, et al. Preparation of nano-sized copper chromite via a mechanical grinding method and its effect on thermal decomposition of ammonium perchlorate[J]. Acta Armamentarii, 2015,36(9):1654-1659.
- [5] 周霖,杨启先. 铝氧比对含铝炸药水中爆炸冲击波的影响[J]. 兵工学报,2008,29(8):916-919.
ZHOU L, YANG Q X. The effect of Al/O ratio on underwater explosion shock wave of aluminium-containing explosives[J]. Acta Armamentarii, 2008,29(8):916-919.
- [6] 冯晓军,韦国平,徐洪涛,等. Al/AP 对 RDX 基复合炸药水中爆炸参数的影响[J]. 火炸药学报,2012,35(4):10-14,36.
FENG X J, WEI G P, XU H T, et al. Influence of Al/AP on the underwater explosion parameters of RDX-based composite explosives[J]. Chinese Journal of Explosives & Propellants, 2012,35(4):10-14,36.
- [7] 王晓峰. 军用混合炸药的发展趋势[J]. 火炸药学报,2011,34(4):1-4.
WANG X F. Developmental trends in military composite explosive[J]. Chinese Journal of Explosives & Propellants, 2011,34(4):1-4.
- [8] 杨斐,王建灵,罗一鸣,等. DNTF/AP/Al 体系炸药的能量特性分析[J]. 爆破器材,2014,43(5):11-14.
YANG F, WANG J L, LUO Y M, et al. Explosion energy characteristics of DNTF/AP/Al explosive[J]. Explosive Materials, 2014,43(5):11-14.
- [9] 裴红波,焦清介,覃剑峰. 基于圆筒实验的 RDX/Al 炸药反应进程[J]. 爆炸与冲击,2014,34(5):636-640.
PEI H B, JIAO Q J, QIN J F. Reaction process of aluminized RDX-based explosives based on cylinder test[J]. Explosion and Shock Waves, 2014,34(5):636-640.
- [10] 金朋刚,郭炜,王建灵,等. 不同粒度铝粉在 HMX 基炸药中的能量释放特性[J]. 含能材料,2015,23(10):989-993.
JIN P G, GUO W, WANG J L, et al. Energy releasing characteristics of aluminum powder in HMX-based explosives[J]. Chinese Journal of Energetic Materials, 2015,23(10):989-993.
- [11] 金朋刚,王晓峰,郭炜,等. 温压炸药爆炸释热特性研究[J]. 爆破器材,2014,43(3):1-4.
JIN P G, WANG X F, GUO W, et al. Research on the heat release characters of TBX explosion[J]. Explosive Materials, 2014,43(3):1-4.