

文章编号: 1006-9941(2004)05-0318-03

铝粉对炸药性能的影响

殷海权¹, 潘清¹, 张建亮², 王国柱³, 杨前生¹

(1. 西安近代化学研究所, 陕西 西安 710065;

2. 山东潍坊龙海民爆有限公司, 山东 潍坊 262409;

3. 山东七六一有限责任公司, 山东 招远 265418)

摘要: 简述了铝粉对混合炸药爆热、金属加速能力、超压和冲量, 及对爆燃转为爆轰等性能的影响, 提出了含铝炸药性能研究尚需进一步探索的问题。

关键词: 爆炸力学; 铝粉; 含铝炸药; 爆热; 爆轰

中图分类号: TQ560.71

文献标识码: A

1 引言

由于加入铝粉的炸药, 具有高爆热、高爆温、释放化学能时间较长、后燃烧效应突出等特性, 所以自1897年含铝炸药首先被德国 Deissler^[1] 发现后, 就广泛应用于许多领域: 水中兵器^[2]、航空武器弹丸装药^[3,4]、矿山爆破、地质勘察震源^[5,6]; 乃至用于“阿波罗”宇航武器和月球开发装药^[7]; 还可用于高比冲推进剂^[8]。国内外始终很重视铝粉对炸药性能影响的研究, 并取得了新的进展。

2 铝粉加入量及颗粒度对炸药爆热的影响

铝粉加入炸药的主要作用是与爆轰产物二氧化碳和水产生“二次反应”, 生成放热量很大的三氧化二铝。

放热反应使含铝炸药具有高爆热和高爆温, 提高了含铝炸药弹丸的爆破杀伤燃烧效应。作者^[9]曾系统地研究了黑索今中含不同质量铝粉的爆热, 采用量热计测定了黑索今/铝粉二元混合物的爆热和爆炸产物的组成、比例, 由反应方程计算了爆热值, 并将计算值与实测值作了比较。结果发现: 爆热随铝粉含量增大而增大, 在铝粉加入量为40%时, 爆热有极大值, 而爆容始终随铝粉加入量增加而减少。含铝炸药爆炸产物的气体主要是氮气、一氧化碳和氢气, 当铝粉加入量超过20%时, 二氧化碳和水等气态产物极少。

美、法、苏等国研究了铝粉颗粒度对炸药爆热的

影响^[10-12], 结果表明: 混合物的热效应随铝粉粒度减小而增加。国外研制了高爆热、高能量 Al-X 炸药(奥克托今/氟橡胶/铝粉 51/9/40), 爆热为 $8\ 368\ \text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$, 能量密度达到 $18.4\ \text{kJ} \cdot \text{cm}^{-3}$ ^[7]。

3 铝粉含量对炸药加速金属能力的影响

70年代初 Finger^[13]研究了铝粉对高聚物粘结炸药加速金属能力的影响, 将 $5\ \mu\text{m}$ 铝粉加入到奥克托今/维通(Viton)高聚物粘结炸药中配制成代号为 RX-25-AA 的含铝炸药, 并用标准圆筒试验测定了膨胀速度。探讨了铝粉含量对金属加速能力的影响, 得出加入奥克托今/维通(Viton)系统中铝粉含量为7%~12%(体积)时, 混合物具有最佳加速金属能力。

1976年瑞典 Jarnholt 在“铝和氟化锂粉末对 B 炸药加速金属能力的影响”^[14]中, 介绍用条纹照相机记录内径为25 mm, 壁厚为2.25 mm, 内装炸药铜管的径向运动, 测量了掺15%铝粉或15%氟化锂(LiF) B 炸药的加速金属能力, 得到了如下结论。

(1) 由圆筒试验得出: 爆轰后 $4\ \mu\text{s}$, 由于 B 炸药中加入铝粉而引起的反应, 致使压力明显提高, 与芬格等人得到的在 $3\ \mu\text{s}$ 后压力提高的结论相近。

(2) 在圆筒壁膨胀 $4\ \mu\text{s}$ 后, 加铝粉的炸药要比加氟化锂的炸药更有利于加速金属。

(3) 加铝粉后混合炸药对金属加速作用的实际贡献, 比用 BKW 状态方程的预算值要低35%。这是由于用 BKW 状态方程计算时, 假定气相和固相产物间有一个热力学平衡, 而且在 C-J 面完成反应, 不符合含铝炸药的实际情况。

收稿日期: 2004-01-30; 修回日期: 2004-03-25

作者简介: 殷海权(1937-), 男, 研究员, 从事用于防空武器装药的含铝炸药研究。

4 铝粉对炸药超压和冲量的影响^[15,16]

超压和冲量是评判榴弹等弹丸爆破杀伤效应大小的重要判据,近年来国内外学者对如何提高炸药爆炸后在空气中产生的超压和冲量进行了深入的研究。发现加铝炸药释放出来的热量,虽然对爆速没有贡献,但这部分能量可参与完成爆炸功,能增强在周围介质中的超压和冲量。研究发现:(1)金属铝粉和锆粉(Zr)起正催化作用,而硼粉(B)由于反应太慢,不能提高超压和冲量值,参见图 1。(2)在黑索今和奥克托今炸药中加入 32% 铝粉(质量百分含量),超压一般增加 10%~15%,冲量增加 20%~30%。因此,含铝炸药能广泛应用于水下武器和航空武器弹丸装药。

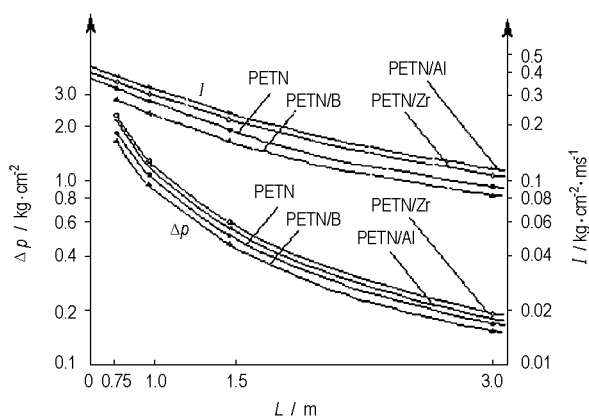


图 1 金属粉对炸药爆炸超压和冲量的影响

Fig. 1 The influence of metal powder on overpressure and impulse of explosives

5 铝粉对奥克托今爆燃转爆轰性能的影响^[17,18]

炸药由爆燃转变为爆轰的过程(DDT 性能)常用预爆轰装药长度(L)、相对爆轰时间(Δt_D)、压缩阵面和爆轰形成时间间隔(Δt_E)三个参数来评价。Price 等人^[17]采用离子探针和应变压力计测量了含铝奥克托今的 DDT 参数,结果见表 1。

由此得到以下几点规律:

(1) 奥克托今炸药中铝粉的存在,并不改变炸药 DDT 的基本反应机理。

(2) 铝粉加入到奥克托今中,当装药密度为 90% 理论密度(TMD)时,三个 DDT 参数值均增加,表示铝粉减慢了奥托今由爆燃转变为爆轰过程的反应速率,铝粉含量愈大,对这种过程影响愈显著。

(3) 认为三个 DDT 参数互相依赖存在, $\Delta t_E \sim L$ 之间存在近似线性关系。

表 1 铝粉对奥克托今炸药 DDT 性能影响

Table 1 Effect of Al powder on DDT properties of HMX/Al (TMD 90%)

No.	Al /%	density ρ_0 / $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$	grain size / μm	L /mm	Δt_D / μs	Δt_E / μs
1	0		1.32	41	2	12
2	10	1.77	95	47.8	8.5	9.5
3	20	1.82	95	56.6	9.4	9.4
4	30	1.86	95	78.2	25.3	26.1
5	10	1.78	5	56.2	10.8	16.0
6	20	1.83	5	92.2	31.0	35.8
7	25	1.85	5	149.4	74.0	60.5
8	30	1.89	5	260	120.0	106.5

6 结 论

影响含铝炸药膨胀作功能力有三个因素:即铝粉长时间燃烧、气固相产物之间的不平衡、转变为膨胀功时的低效率。开展含铝炸药性能的研究工作,需从以下基础课题着手:

(1) 探索含铝炸药中铝粉究竟何时燃烧或反应,在爆轰反应区内铝粉是纯粹为“热稀释剂”^[19],还是部分反应,该观点目前尚有较大分歧,有待进一步探索研究。

(2) 研究如何加速或控制含铝炸药爆轰时的反应速度。

(3) 建立含铝炸药爆轰时能量释放动力学模型。对 Cheung^[20]提出的两个假想动力学模型(即反应第一阶段的颗粒燃烧动力学模型和第二阶段决定性的扩散动力学模型)必须进一步验证。

(4) 在含铝炸药爆轰反应速率计算中,除了要注意混合物各组分颗粒度大小与反应速率的关系外,还应解决反应中扩散系数的理论计算问题。

参考文献:

- [1] Othmer K. Metalized explosives [A]. Encyclopedia of chemical technology [M]. New York: A Wiley-Interscience, 1979, 8: 629 - 631.
- [2] Walton S R. High-explosive filler for naval underwater munitions [P]. USP 2981618, 1961.
- [3] Bofors A. Explosive for antiaircraft shells [P]. Ger 957370, 1957.
- [4] Samuel J P. High-blast metal-oxygen explosives [P]. USP 2992086, 1961.
- [5] Walker F E. Performance of nonideal HE [R]. UCID-16439, 1973.

- [6] Bridgforth R M. Hydrazine and aluminum-containing explosives composition[P]. USP 3523047,1970.
- [7] Mattes W R. Study of explosives for lunar application [R]. AD 724646,1972.
- [8] Johnson O H. Plasticized high explosive and propellant composition[P]. USP 3389026,1968.
- [9] 殷海权. 含铝炸药设计中若干问题探讨[J]. 爆破器材,1984,(2): 4-5.
- [10] Brunaner S. High explosive mixture[P]. USP 3111439, 1963.
- [11] Konrat J P. Metal-containing explosive composition[P]. Fr 2031677,1970.
- [12] Apia A Y. The effect of density and composition of explosives on the explosive impulse[J]. *Vzryvnoe Delo*, 1963,52(9): 80-102.
- [13] Finger M,Horring H C. Metal acceleration by composite explosives[R]. AD 712081,1970.
- [14] Jarnoholt G B. Effects of aluminum and lithium flouride admixtures on metal acceleration ability of Comp. B [R]. AD/A-059120,1976.
- [15] Lidt H H,Frobese M. The influence of additive on pressure and momentum of the air shock from detonating charges[J]. *Propellant and Explosive*,1976,1(2): 25-26.
- [16] YIN Hai-quan. Numerical computation of overpressure from miniature detonating cord exploding[A]. 1st proceeding of ISPE[C]. Beijing: China Academic,1987. 976-981.
- [17] Price D,Bernecker R R. Sensitivity of porous explosives to transition from deflagration to detonation[J]. *Combustion and Flame*,1975,25: 91-100.
- [18] YIN Hai-quan,DU Feng-pei. Investigations on projectile explosive with high ignitability and low detonation velocity[A]. 2nd proceeding of ISPE[C]. Beijing: Beijing Institute of Technology,1991. 876-881.
- [19] 孙业斌,惠召明,曹欣茂. 军用混合炸药[M]. 北京: 兵器工业出版社,1995.
- [20] Cheung H. Kinetics of energy release of heterogeneous high explosives[R]. UCID-15962,1971.

The Influence of Aluminum Power on Explosive Performance

YIN Hai-quan¹, PAN Qing¹, ZHANG Jian-liang², WANG Guo-zhu³, YANG Qian-sheng¹

(1. Xi'an Modern Chemistry Research Institute, Xi'an 710065, China;

2. Shandong Weifang Longhai Civil Explosive Co.,Ltd., Weifang 262409, China;

3. Shandong 761 Co.,Ltd., Zhaoyuan 265418, China)

Abstract: The influence of aluminum powder on explosion heat, metal accelerating ability, overpressure and impulse, and DDT (deflagration to detonation transition) properties is reviewed.

Key words: explosion mechanics; aluminum powder; aluminum-containing explosive; explosion heat; detonation



《含能材料》关于2005年出版纳米含能材料专辑的征稿启事

纳米科学与纳米技术被认为是21世纪最热门的三大科技之一。随着纳米科学与技术的发展,纳米材料在火、炸药及推进剂领域的应用已开始引起含能材料工作者的广泛关注。为使有关研究成果得到更好的交流,促进纳米科技在该领域的发展,本刊拟于2005年10月组织出版一期专辑,内容主要是:纳米材料的性能、制备方法及相关技术、在含能材料中的应用、今后的发展方向。

请各位作者积极撰稿,于2005年8月1日前投至本刊,同时请在来稿上注明“纳米含能材料专辑”。