

第二次全国爆轰学术讨论会

论文集

(3)

中国力学学会爆炸力学委员会

一九八三年十一月 南京

1222/253 03-5/13.3
第二次全国爆轰学术讨论会论文合订本

第三册 目录

1. 高能炸药及其成型技术的研究与发展 周怀德
2. 非均相复合炸药的实验研究 国迂贤、彭国林、王爱琴
宋家良、邹清泉、曾 民
3. 正氧炸药与负氧炸药非均相复合体系的
爆轰反应 同上
4. 非均相复合炸药对金属加速能力的初步研究 同上
5. 铝粉燃料空气炸药的爆炸威力 张有辉
6. FAE 含铝燃料配方爆轰管内试验探索 孟天才、刘光烈
7. 对云爆弹防止爆燃的初步探讨 胡 刚
8. 在癸烷喷雾中爆炸引爆的两种模型 <英文> 汤明钧
9. 癸烷喷雾的直接引爆 <英文> 汤明钧
10. 塑料导爆管起爆过程的研究 高跃林、范钦文、陈嘉琨
11. 对塑料导爆管爆轰过程的探讨 高荣庆
12. 从“云爆弹”冲击波超压值看其作为航
弹的可能性 张宗运
13. RDX/TNT 混合物的流变学性质 徐更光、王义德、徐军培、张锦云
14. 线型粘结炸药 <SNZ> 初步研究。
配方工艺与性能 庞春茂、潘邦金、肖登达
15. U型电磁速度计测量炸药的爆轰参数 陈玉琪、王圣平
16. 非均匀炸药未反应冲击雨贡纽关系的
压力对比测量技术 池家春

- | | |
|-------------------------------------|--------------------|
| 17. 一种新的爆压测试方法—二碘甲烷法 | 于德洋、曾雄飞、徐 康 |
| 18. H型压阻传感器的电磁法校验 | 黄正平、赵衡阳 |
| 19. 电磁速度传感器测量中的波形信息 | 赵衡阳、黄正平 |
| 20. 在冲击载荷作用下锰钢压力传感器的
压阻特征 | 王诚洪 |
| 21. 应用 SHPB 装置测定压电石英在冲击
载荷下的压电系数 | 马剑吟、李风兰
孙琦清、张 珂 |
| 22. 用光学反射面激光测速仪研究炸药抛
掷问题 | 田清政、夏安良 |
| 23. 多相爆轰管中气化环氧丙烷爆轰速度
测量研究 | 张春云 |
| 24. 激波在透明介质中传播过程的纹影术 | 韩立石 |
| 25. 工业导爆索爆轰性能的研究 | 吴国栋 |
| 26. 几种炸药的静电火花感度 | 姜兴贤 |
| 27. 炸药多孔隙装药燃烧转爆轰性能的测定 | 黄九华、刘培德、孔令凡
官德利 |

高能炸药及其成型技术的研究与发展

摘 要 903所 周怀德

一、高能炸药研究发展概况：

高能炸药部件，是武器系统的关键性部件。在常规武器中，对杀伤威力大小起决定性作用，在尖端武器中，是作为初始起爆能源应用。现代化武器发展的需要，战术技术指标在能量、安全可靠、生存能力和贮存寿命等性能方面，提出了更高的要求。而高能炸药部件，往往是影响武器性能最薄弱的环节，所以为了提高武器系统战术技术性能，首当其冲的问题是研究改善高能炸药部件的性能。

在五十年代，曾经出现单纯追求高爆速炸药的倾向，经过二十多年来炸药研究人员的努力，探索和制备了数以百计的有机炸药，但因这些化合物，均存在程度不同的缺陷，用作主体炸药无实用价值。七十年代开始，高能炸药研究工作的重点，将由大幅度提高能量的单一指标，向包括能量、安全性能、力学性能、热稳定性、成型性能和环境适应性等方面综合评价的方向发展。

当前国内外得到最广泛实际应用的高能炸药，仍然是TNT、RDX、HMX炸药。在常规武器方面，美国用TNT/RDX混合炸药装填各种榴弹和迫击炮弹，用RDX或HMX为主体的塑料粘结炸药装填破甲弹、高射炮弹和反坦克导弹及防空导弹。在尖端武器方面，早在五十年代，就采用以HMX为基的塑料粘结炸药9404，装备了第一代核武器。六十和七十年代，武器更新换代时，劳伦斯利物莫尔研究所研制了LX-04和LX-9炸药，装备战略武器民兵-Ⅱ、

海神 ϕ -3和战术核武器长矛导弹。但仍是以HMX为基的塑料粘结炸药系列。这类炸药用于战略武器，能量尚嫌不足，而用于战术核武器又不够安全。多年来国内外希望得到一种能量高于HMX，感度类似TATB而综合性能良好的新炸药，至今没有成功。但在近年来，充分利用高分子科学的成就，不断改善炸药的综合性能方面，研制了LX-14-0和X-0298炸药，在重视TATB的应用研究，把TATB杰出的安全性和HMX的高能量结合起来，研究HMX-TATB系列炸药方面均取得了良好效果。目前国内高能炸药的研究工作，也是按照这个目标和途径向前发展。

下文主要讨论TNT/RDX炸药和以HMX、RDX为基的塑料粘结炸药的精密成型技术。

三 TNT/RDX混合炸药精密铸装技术

T/R炸药可用精密铸装方法成型外形复杂的部件。T/R的配比可采用40/60或35/65，提高RDX含量1%，可提高爆速5 M/S左右；提高密度0.01克/厘米³，爆速相应提高32~34 M/S左右。但固相含量增大至大于65%时，悬停体流动性很差，浇注困难。

(1) 大型药柱精密铸装方法：

球装常压排液法工艺介绍和产品质量情况。

真空熔药一次浇注法工艺介绍和质量情况。

真空熔药分层浇注法工艺介绍和质量情况。

(2) 复杂形状炸药部件精密注装方法：

真空熔药常压浇注工艺方法和质量情况。

(3) 精密铸装成型的质量控制技术

气孔消除的方法，颗粒级配方法，防止淀积和裂纹的方法，浇注件理化均匀性和尺寸精度的控制方法等等。

铸装技术待解决的课题和发展动态：

1. 铸—压成型技术；
2. 铸装部件不可逆长大和密度衰减问题的解决方法讨论。
3. 铸装部件力学性能的改善方法探讨；
4. 铸装工艺线的自动化、连续化问题。

三 热固性炸药真空吸注成型技术：

热固性炸药即是以热固性树脂为粘结剂，以高能炸药为基的混合炸药简称，这类炸药强度高，尺寸稳定性好，并具有相当的能量和良好的环境适应性。

热固性炸药的成型工艺方法介绍：

配料的方法和配比的选择；

捏合工艺介绍；

真空吸注技术讨论；

固化和正常化处理，

产品质量情况介绍。

四 塑料粘结炸药的压装和精密加工技术：

塑料粘结炸药是以高熔点的HMX、RDX为主体炸药，以高聚物作粘结剂，并附加少量的钝感剂所组成的混合炸药。由于主炸药含量可高达95%左右，故具有高能量的特点。压制成型的塑料粘结炸

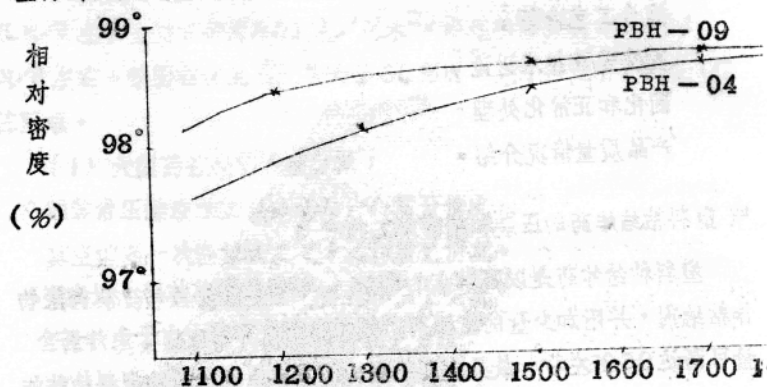
药药柱，成份密度均匀性好，机械强度高，并且有良好的尺寸稳定性和环境适应性。由于它具有这些优点，在尖端武器和常规武器上，都已得到了广泛的应用。

塑料粘结炸药的大型部件是在重型压机上压制成平面药柱，用高分子胶粘剂胶接成部件毛坯，然后在专用机床上精密加工成型各种复杂形状的炸药部件。

(1) 压装工艺的讨论：

将颗粒状的造型粉，加热到一定温度，装入事先予热的模具内，在油压机上加压而使造型粉颗粒蠕动产生相对位移，致使压实到规定密度并具有一定强度的整体药柱。

压制过程的压强、药温和保压时间等工艺参数，与药柱密度和理化均匀性等质量要求有密切关系，通过实验确定压制比压，压药温度和保压时间的最佳条件。应用一种新的复压法工艺可使产品质量得到改善和生产效率的提高。



• 4 • 比压与相对密度的关系 (药温 70℃, 保压 60分钟)

(2) 胶结工艺的试验方法和配方研究。

(3) 精密机械加工：炸药部位精密的外形尺寸，是在专用机床上加工成型，重点讨论加工精度的控制方法和切削安全性试验。

(4) 等静压成型技术是将造型粉在真空振动条件下预先装入塑料模具内，放置在高压容器中，用泵将容器中的油介质逐渐加压到所需压力，高压油均匀压缩模具中的造型粉而呈现一定形状的压制件。其优点是可直接制得复杂外形的炸药部件，节省造型粉，炸药利用率高，理化均匀性好，加工余量小等等。

静液压成型工艺介绍；

静液压操作的安全论证；

静液压容器设备介绍。

非匀相复合炸药的实验研究

兵器工业部 214 研究所

1983年9月

国遇贤 彭国树 宋家良 邹泉清 王爱琴 徐来斌 曾民

一、前言

从得到高爆轰参数的炸药体系,探索碳氢氧氮以外的元素引入炸药对性能的贡献和寻找高的对近距离介质短时间作功能力的炸药等几方面的考虑,⁽¹⁾ 我们较系统地研究了正氧炸药与负氧炸药和燃料组成的非匀相复合体系。

正氧炸药我们选择了重三硝基乙基氮硝酸胺, (6号); 负氧炸药有 HMX、TNT 和 TATB, 燃料有铝粉和石墨。

本文介绍了这些体系的制备方法、测试方法和性能。

二、超细炸药的制备

我们发展了一种制备超细炸药的方法,^{(2) (3)} 其特点是粒度分布较集中、颗粒形状规整, 简便和安全, 平均粒度为 $0.5 \sim 1.0 \mu$

三、粒度测定

建立了两种测定平均粒度和粒度分布的方法——显微镜法

(4)

(5) (6)

和园盘离心仪法。

显微镜法直观并可观察颗

粒形状,在实际测定时只能读有限数量的粒子,代表性不够,尤其测定 1μ 左右的粒子,误差较大。园盘离心仪法测定的粒子足够多,代表性好,测定范围宽,可详细分级,对规则的粒子测定的准确度高重复性好,测定不规则的粒子,误差较大。

三、超细体系的聚集、分散和混合均匀性的测定

1μ 左右的粒子之间的粘附力很强⁽⁷⁾。我们制备的体系在显微镜下观察呈网状;在液体介质中,当液体与固体粒子的重量比约为 $5\sim 10:1$ 时即不再沉降,长期稳定。这些现象说明我们制备的体系是严重聚集的。体系各组份自聚集成大的粒子集团再混合在一起,还是各组份均匀混合再聚集呢?这个问题影响我们对结果的正确地判断,是必须确定的。为此,我们使用了多种水溶性和油溶性的分散剂和不同的分散方法研究了所制备的体系,⁽⁸⁾均匀分散的体系和未经处理的体系的爆轰参数表明我们制备的体系的混合均匀性是好的。

四、主要结果

表一、复合体系的粒度 (一) 显微镜法测定

体系代号	组 成	平均粒度 μ	粒 度 分 布 %				
			<0.5	0.5~1.0	1.0~1.5	1.5~2.0	
FH-1	6号/HMX 57/43	0.82	13	61	25	1	
FH-2	6号/TATB 77/23	1.1	8	33	41	18	
FH-3	6号/TNT 81.8/18.2	0.97	9	44	40	7	
FH-4	" "	51×5					
FH-5	" "	109×36					

表二 复合体系的粒度(二) 园盘离心仪法

体系代号:	FH—3	组成:	6号/HMX	57/43	平均粒度:	0.71 μ
分 级	0.33—0.48	0.43—0.75	0.75—1.00	1.00—1.41	1.41—1.88	1.88—3.26
	33.67	34.65	15.01	10.77	4.28	1.50
						0.03

体系代号:	FH—10	组成:	6号/TATB	77/23	平均粒度:	0.42 μ
分 级	0.14—0.19	0.19—0.30	0.30—0.50	0.50—1.06	1.06—1.43	1.43—2.08
	18.2	29.0	23.3	19.2	2.8	1.5
%						0.4

表四、复合炸药的爆轰参数

体系代号	组成	平均 粒度	爆速		爆压	
			$\rho_0 g/cm^3$	Dm/s	$\rho_0 g/cm^3$	PGPa
EH-2	6号/HMX 57/43	0.82	1.883	9012	1.879	33.5
EH-3	6号/TATB 77/23	1.1	1.914	8659	1.919	37.3
EH-4	6号/TNT 81.8/18.2	0.97	1.792	8432	1.792	30.6
EH-5	"	51x5	1.792	8098	1.785	28.6
EH-6	"	10x80	1.792	8105		
EH-9	6号/HMX 57/43	0.71	1.868	9243		
EH-10	6号/TATB 77/23	0.42	1.861	8633		
EH-11	63/A1 54/16	2.5	1.979	8483	1.961	30.4
EH-12	" 82/18	1.3	2.008	8420		
EH-13	63/C 74-3/58	0.8	1.928	8386		
EH-14	63/5 94.8/5.2		1.89	8581		32.2

从6号/TNT体系可以看到细颗粒较粗颗粒的爆速高约330米/秒，爆压高2 GPa；6号/HMX体系细颗粒的爆速也较资料(8)所测高约300米/秒。

五、参考文献(略)

正氧炸药与负氧炸药非匀相复合体系的爆轰反应

兵器工业部 214 研究所

国遇贤 彭国树 王爱琴 宋家良 邹景清 徐来斌 曾民

1983年9月

一、前言

我们已经测定了重三硝基乙基氮 硝酸 (6号) 与 HMX、TNT 和 TATB 复合体系的爆轰参数, (1) 数据表明平均粒度 1μ 左右超细体系的爆速较粗颗粒高约 300 米/秒, 爆压值也高。显然, 细颗粒的体系中的 6 号与负氧炸药发生了化学反应。

本文介绍了计算正氧炸药与负氧炸药爆轰区反应率的方法和计算结果, 提出了此体系的爆轰反应历程, 并根据扩散控制的观点做了试验, 验证计算了爆轰区内扩散层的厚度。

二、爆轰区反应率的计算

对几种计算方法做了比较后, 我们选择了以实测单质爆速校正的氮当量公式计算爆轰区的反应率 (2)。氮当量公式比较简便对单质炸药和混合炸药的爆速计算都有一定的准确度; (3) 由于这个公式没有考虑炸药的生成能和结构的影响, 对某些化合物计算值和实测值的差别较大, 这种误差值计算反应百分率时也带来较大的误差。我们在复合炸药中使用的成份的爆速是经

过精确测定的，以实测的爆速，按氮当量公式求出 ΣN 测，与原公式计算的 ΣN 比较进行校正，就可以消除原公式没有考虑生成能和结构带来的影响，因此具有较好的准确度。另外，用经校正的氮当量公式不但可以计算复合体系未发生反应的爆速和完全反应的爆速，且可以计算部分反应的爆速。

三、非匀相正氧炸药和负氧炸药爆轰反应历程

直径为 1μ 的粒子中仍有大量的分子。如 IFMX 有 2.1×10^{11} 个分子，3号有 1.6×10^{11} 个分子。这样大的分子集团混合在一起，在爆轰反应的几十毫微秒时间内能够有 40% 发生反应。其反应历程是值得研究的。

我们认为 (4)：

1. 在爆轰波作用下，体系各组份首先按各自的爆轰过程进行反应；

2. 各组份的反应产物通过扩散过程相互混合。正氧炸药中多余的氧与负氧炸药中未反应完全的燃料相遇，迅速进行化学反应并达到爆轰条件下的化学平衡状态；

3. 我们认为上述化学反应是瞬间完成的。爆轰区反应量的多少主要决定于扩散过程的快慢，即扩散过程是反应的控制步骤。

根据上述观点，我们计算了几个体系扩散层厚度。

四、扩散过程控制的实验验证

根据扩散过程控制的观点,如果体系的组份一种多另一种少,显然在爆轰区内含量多的组份扩散的多,含量少的组份扩散的少,反应量决定于含量少的组份而不决定于含量多的组份;如果体系内两种组份的粒度不同,在爆轰区大粒子组份扩散的少,小粒子组份扩散的多,此时反应量决定于大粒子而不是小粒子。实验结果正如上所述,证明扩散过程控制的观点是合理的。

应该指出国外文献上(5)(6)也提到过,非匀相体系的反应是扩散过程控制的,但未详细叙述反应历程,也未用实验证明。

五、实验和计算结果

表一、非匀相体系的爆轰反应率和扩散层厚度

体 系	平均粒 度 μ	实测爆速 D/ρ_0	反应率 %	扩散层厚 μ
6号/HMX 57/43	0.82	9012/1.883	44.7	0.096
"	0.71	9046/1.883	50.8	0.
6号/TATB 77/23	1.1	8659/1.914	26.2	0.075
"	0.42	8686/1.881	41.0	
6号/TNT 818/182	0.97	8432/1.792	41.3	0.10
"	51×5	8098/1.792	0.0	/
"	100×33	8105/1.792	1.7	/

表二 粒度与反应率的关系

(设扩散层厚度=0.07 μ)

粒度 μ	0.2	0.4	1.0	3.0	10.0	30.0	50.0
反应%	97.3	72.5	36.4	13.4	4.1	1.4	0.8

表三、实验验证

体 系	氧平 衡	平均 粒度 μ	爆速 D/po	爆压 P/po	反应 率%
6号TNT 81.8/18.2	零	0.978	432/1.792	30.6/170	41.3
" 60/40	负	0.978	150/1.768	30.5/1751	43.8
" 94/6	正	0.978	470/1.840	32.7/1808	36.2

* 6号的反应率 ** TNT的反应率

六、参考资料 (略)