

# 绝热型爆轰热量计的建立和 高能炸药的爆热测定

俞统昌 严孟超 王建灵

(西安近代化学研究所)

**摘要** 设计了一种大型绝热型爆轰热量计。最大试验药量为 50g 带外壳的高能炸药, 试样在真空中爆炸, 也可在充氮环境中爆炸。测定了 20 余种高能炸药的爆热 ( $\Delta H_m$ ), 实验结果表明, 混合炸药爆热的组分之间存在线性加和关系, 可以根据其组分计算混合炸药的爆热。

**关键词** 炸药 爆热 绝热型爆轰热量计

## 1 引言

爆热是衡量炸药能量的一项重要参数, 实验测定炸药的爆热有重要意义。目前美、英、俄、加等国都相继建立了爆热测试装置<sup>[1-3]</sup>, 大多都是等温型爆轰热量计。美国 Livemore 国家实验室 (LLNL) 的 Ornelas 等人设计的等温型爆轰热量计采用不锈钢球形爆热弹, 利用弹体在水中的上下振荡进行搅拌。为了避免爆炸产物与试样外壳起反应, 采用壁厚为 12.7mm 的金圆筒作试样的外壳, 并用专用的金丝外壳雷管引爆, 试验精度可达 0.3% 左右。但若采用恒温型热量计, 试验操作及数据处理都很繁琐, 为此我们采用大型绝热型爆轰热量计进行试验, 测定了二十多种高能炸药的爆热, 还研究了组分对爆热的影响。

## 2 试验装置

我们采用的绝热型爆轰热量计示意图如图 1 所示。

热量计由量热桶及外桶组成, 全部用厚 2mm 不锈钢板加工。量热桶内径 320mm, 盛精确称量的蒸馏水约 14kg。为了减少加入的蒸馏水量以提高温升, 要尽量减小量热桶与量热弹之间的间隙, 我们设计的量热桶与弹壁之间的间隙只有 20mm, 因而不能采用一般的棒式螺旋桨式搅拌装置。我们利用悬挂在弹体上方的一台潜水泵进行搅拌, 用分辨率为  $10^{-4}$ K 的石英温度计测定温升。外桶及盖均为夹层, 直径 500mm, 内盛约 50kg 加有一定电解质的蒸馏水, 用泵使水在外桶及盖的夹层中循环。外桶中装有电加热极板及冷却蛇管, 利用外套中水的导电性进行加热以减小热惯性。

爆热弹直径 280mm, 高 400mm, 由优质合金钢加工而成, 质量约 130kg, 内腔容积 5.8L, 可进行 50g 带厚外壳的高能炸药爆炸试验。

采用大功率自动跟踪温度控制仪控制外桶温度,紧密跟踪量热桶水温的变化而变化。温控仪采用分别插入量热桶及外桶的两支铂电阻作感温元件,采用比例型温控线路,温控仪的主要技术指标为:

- (1) 平衡点控温精度: 0.001K;
- (2) 平衡点稳定性: 达到平衡时量热桶温度变化不大于 0.003K/15min;
- (3) 最大温升速率: 0.6K/min;
- (4) 最大加热电流: 50A。

### 3 试样

梯恩梯(TNT)、黑索今(RDX)、奥克托今(HMX)、太安(PETN)、海萨尔(hexol)、H-6、C-4、HVG-16、钝化黑索今均为工业产品,符合相应军用标准或有关标准的要求;二氨基三硝基苯(DATB)系实验室样品,经纯化、烘干后使用。

PBXN-5、LX-07、LX-04、LX-11 及 O/F 60/40 系氟橡胶粘结 HMX,氟橡胶含量分别为 5%、10%、15%、20% 及 40%,所用氟橡胶为 F<sub>2641</sub>,系偏二氟乙烯与全氟丙烯的共聚物。样品系实验室生产的产品,压制成型。梯黑、梯太炸药系 TNT 与 RDX 或 PETN 的机械混合物,压制成型。热固性炸药是 HMX 与尼龙的混合物,质量比为 86:14,固化成型。橡皮炸药是由聚异丁烯与 HMX 组成的有弹性的炸药,聚异丁烯的含量为 14%,HVG-16 的组成与 LX-07 接近,内含 1% 的石墨。H-6 为注装含铝炸药,组成为 TNT/RDX/Al/钝感剂 = 30/45/20/5。叠氮硝酸胺为液体炸药,分实验室精制品及工业品两种。

### 4 试验方法

固体试样一般压成直径 25mm 的药柱,上端有一直径 7mm,深 15mm 的雷管孔,精确称量后放入直径 25mm、壁厚 8mm 的陶瓷外壳中,悬挂在弹盖下方;接好铜壳电雷管;盖好弹盖;抽真空后充入高纯氮至 1.5MPa,将氮放空后再抽真空,然后进行试验。

对于液体炸药,为了防止抽真空时液体挥发及液体中夹杂的气泡被抽出而导致爆轰感度降低,不抽真空;将液体炸药置于厚壁陶瓷外壳或玻璃容器中悬挂在弹盖下,盖好弹盖后充入高纯氮至 1.5MPa,然后放空,再重复此操作一次。

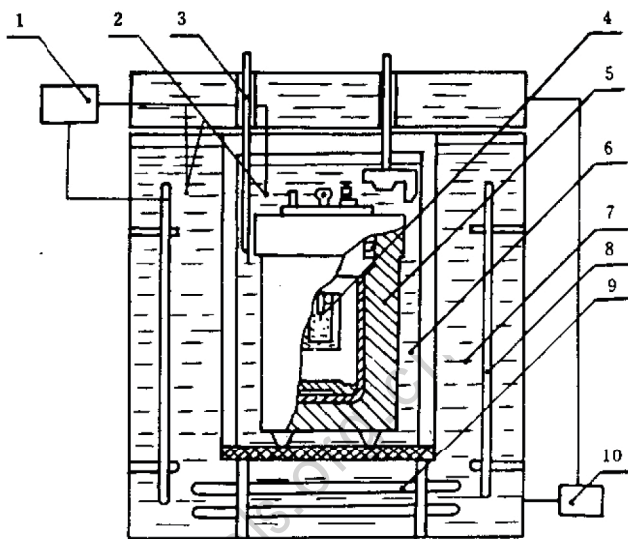


图1 绝热型爆轰热量计

- 1—温控仪; 2—铂电阻; 3—测温仪探头;  
4—炸药试样; 5—爆热弹; 6—量热桶; 7—外桶;  
8—加热极板; 9—冷却蛇管; 10—泵。

Fig. 1 The adiabatic detonation calorimeter

- 1—Temperature controller; 2—Platinum resistance;  
3—Probe of thermometer; 4—Explosion sample;  
5—Bomb; 6—Bucket; 7—Jacket;  
8—Heating plate; 9—Snake cooler; 10—Pump.

将弹用吊车吊入量热桶内, 倒入称量好的蒸馏水至淹没全弹, 水的质量称准至 1g, 盖好热量计盖, 启动内外循环泵, 1h 后启动自动跟踪温度控制仪, 调节平衡旋钮, 控制量热桶与外桶间的温差, 使量热桶内水温在 15min 内变化不大于 0.003K, 记录量热桶内水温  $T_1$ 。引爆炸药试样, 30min 后观察量热桶内水温变化, 至 15min 内变化不大于 0.003K, 记录量热桶内水温  $T_2$ , 由试样质量、热量计热容量、雷管放热量及  $T_1$ 、 $T_2$  即可求出炸药试样的爆热。

## 5 结果与讨论

### 5.1 试验方法可靠性验证

为了实验验证仪器的可靠性, 测定了太安的爆热并和 LLNL 的试验结果进行了比较, 试验结果见表 1。

表 1 太安爆热测定结果  
Table 1 Results of PETN detonation heat

	本 文	LLNL <sup>[1]</sup>
装药直径/(mm)	25	12.7
药柱密度/(g/cm <sup>3</sup> )	1.57	1.73~1.74
外壳材料	陶瓷	金
外壳厚度/(mm)	8	12.7
爆热 $\Delta H_{det}$ /(J/g) (液态水)	6283±40	6220±13

由表 1 数据可以看出, 虽然我们采用的外壳与 LLNL 的不同, 其爆热值仍符合得较好, 说明试验方法是可靠的。

### 5.2 高能炸药的爆热

在建立了试验装置后, 我们研究了药柱密度、试样直径、药量及起爆位置对试验结果的影响, 确定了合适的试验条件, 制定了测试方法的国家军用标准。在此基础上测定了二十多种高能炸药的爆热, 试验结果见表 2。表 2 中还列举了能收集到的文献值以供比较。每个样品进行两发试验, 取平均值。

由表 2 的数据可以看出, 我们测得的多种炸药的爆热和文献值符合得很好, 说明我们采用的仪器和试验方法是可靠的。

### 5.3 混合炸药爆热与组分的关系

表 2 中列举了两类常用混合炸药的爆热, 一类是由梯恩梯及黑索今组成的混合炸药, 另一类是由奥克托今和氟橡胶组成的混合炸药, 从这两类炸药的爆热测定结果可以看出, 其爆热值与组分之间存在简单的线性加和关系(参见图 2 和图 3)。我们曾研究过一系列混合炸药的爆热与组分的关系, 这些混合炸药包括炸药与炸药的混合物及炸药与惰性附加物(如高聚物、石墨等的混合物), 发现都存在这种加和关系。因而可以根据混合炸药的组分计算其爆热。

表2 高能炸药的爆热

Table 2 Detonation heats of some high explosives

炸药名称	密度 (g/cm <sup>3</sup> )	爆热 $\Delta H_{det}/(J/g)$			文献值 <sup>1)</sup>
		实验值			
		1	2	平均	
TNT	1.59	4377	4427	4402	4560
RDX	1.65	4778	4846	5812	
HMX	1.81	5981	6061	6021	6190
PETN	1.57	6198	6278	6238	6230
DATB	—	—	—	4163	4100
PBXN-5	1.76	5715	5723	5719	
LX-07	1.80	5548	5648	5598	
LX-04	1.74	5451	5459	5455	5490
LX-11	1.69	5138	5246	5192	5150
O/F 60/40	1.40	4404	4446	4425	
梯太 50/50	1.65	5346	5414	5380	5150
梯黑 25/75	1.65	5388	5388	5388	
梯黑 50/50	1.63	4974	5050	5012	
梯黑 80/20	1.61	4585	4593	4589	
C-4	—	5117	5272	5195	
橡皮炸药	1.27	4626	4634	4630	
hexal	1.88	7400	7619	7510	
H-6	—	5449	4531	5490	
HVG-16	1.78	5424	5398	5411	
热固性炸药	1.66	5292	5360	5326	
钝化黑索今	1.65	5773	5841	5807	
叠氮 硝 胺	实验室制品	1.32	3561	3435	3498
	实验室制品 <sup>2)</sup>	1.32	3458	3545	3502
	工业一批	1.32	3527	3571	3549
	工业二批	1.32	3566	3514	3540
	工业三批	1.32	3479	3573	3526

注: 1) 引自文献[4], 系用厚 12.7mm 的金外壳得到的结果。

2) 充氩气。

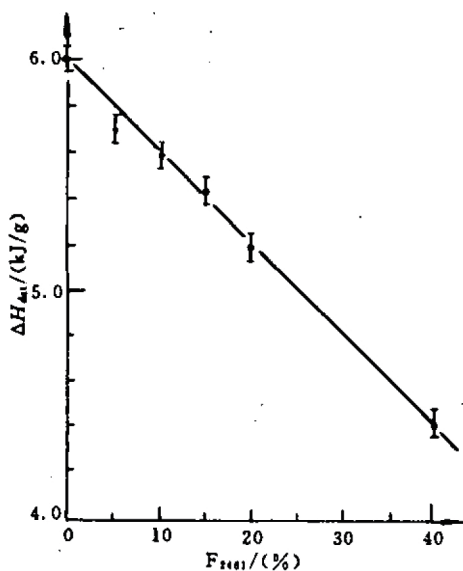


图2 HMX 氟橡胶混合炸药爆热与氟橡胶含量的关系

Fig. 2 Detonation heat of HMX/fluorinated rubber vs content of fluorinated rubber.

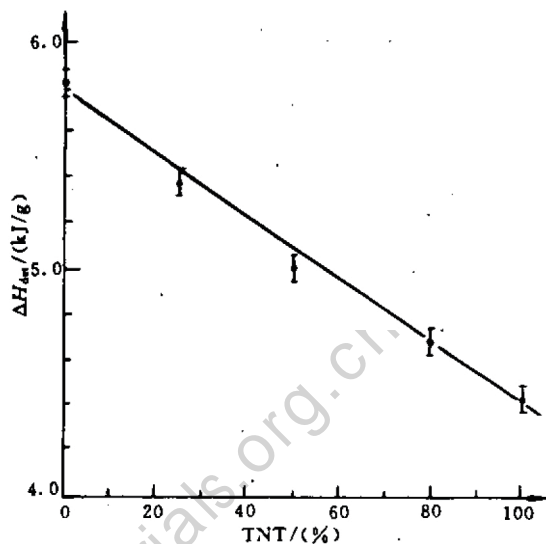


图3 梯/黑混合炸药爆热与梯恩梯含量的关系

Fig. 3 Detonation heat of TNT/RDX vs content of TNT

## 6 结论

- 6.1 采用大型绝热型爆轰热量计测定了高能炸药的爆热,其结果和文献值一致。
- 6.2 对于混合炸药,爆热与组分之间存在线性加和关系。

## 参 考 文 献

- 1 Lebedev Yu A, Lipanin G G, Pepekin V I, A. Ya. Vzryvnoe Delo, Nauchn-Tekhn, Gorn, Obschestro, Su, № 52/9 1963 (in Russ)
- 2 Ornellas D L. UCRL-52821, 1982.
- 3 Katsabnin P D, Liu Q. Proceedings of the Ninth Annual Symp. on Explosives and Blasting Research 1993. 31~40
- 4 Dobtratz B M. UCRL-51319, 1974.

## AN ADIABATIC DETONATION CALORIMETER AND DETERMINATION OF DETONATION HEAT FOR HIGH EXPLOSIVES

Yu Tongchang Yin Mengchao Wang Jianling

(Xian Modern Chemistry Research Institute)

**ABSTRACT** A large adiabatic detonation calorimeter has been designed to determine detonation heat of explosives. The maximum tested sample is 50g with shell, which can be detonated in vacuum or in nitrogen atmosphere. The detonation heat ( $\Delta H_{det}$ ) of more than 20 high explosives was determined. The results indicated that for composite explosives, there was a linear accumulative relationship between heat of detonation and its composition, and the former could be calculated from the latter.

**KEY WORDS** explosive, heat of detonation, calorimeter, adiabatic detonation calorimeter.

www.energetic-materials.com.cn  
含能材料