

# 炸药性能测试

郑孟菊 主编

北京工业学院六系

1982, 11

## 内 容 简 介

本书叙述了炸药性能测试的原理，使用的仪器，实验程序及操作方法，数据分析处理以及技术安全等。本书编入了二十四四个实验，实验方法实用可靠，同时收集了国内外比较先进而科学的实验方法。

本书适用于高等院校有关专业的实验教材，也可供从事炸药测试的工程技术人员和科技人员参考使用。

## 前 言

炸药性能测试是炸药专业教学计划中必修的实验课，通过此实验课使学生受到基本实验技能和爆炸作业技能的训练；培养学生理论联系实际和实事求是的科学作风；使学生深刻认识炸药的各种性能和各种爆炸现象，巩固所学的专业理论知识。

无论国防事业或和平建设广泛应用炸药。实际要求炸药爆炸时能释放较大的能量，能做各种形式的功，还要求在生产、运输、使用、贮存炸药等过程中安全。炸药是否符合这些要求，必须通过测试，根据测试的结果表明炸药的各种性能。

本教材中实验二由安志兰同志编写，其他实验全部由郑孟菊同志编写。由于编者水平所限，难免有不妥之处，希读者批评指正。

## 目 录

§ 1.	炸药的热分解	1
§ 2	真空安定性实验和相容性实验	5
§ 3	五秒钟延滞期爆发点的测定	13
§ 4	一分钟(或五分钟)延滞期爆发点的测定	18
§ 5	炸药火焰感度的测定	19
§ 6	钢管法测定热感度	21
§ 7	粉状炸药的撞击感度	27
§ 8	液体炸药的撞击感度	37
§ 9	炸药的摩擦感度	38
§10	炸药的爆轰感度	46
§11	冲击波感度	49
§12	道特立斯法测爆速	53
§13	示波器法测爆速	56
§14	铅棒扩孔实验	59
§15	钨棒扩孔实验	63
§16	弹道白炮法测定炸药的作功能力	65
§17	铅柱压缩法测猛度	69
§18	铜柱压缩法测猛度	71
§19	弹道弹测炸药的比冲量	74
§20	爆轰气体产物的测定	77
§21	炸药的爆热	81
§22	炸药的静电感度	87
§23	燃烧向爆轰的转变	90
§24	殉爆	92

## § 1 炸药的热分解

### 薄膜压力计法实验炸药的热分解

薄膜压力计(玻璃布氏计,以后简称布氏计)用来研究炸药的热分解,其优点是:(1)反应空间密闭、等温,不会发生样品的升华和挥发产物冷凝等情况,而反应器内压力变化只和样品热分解有关。(2)可以研究不同条件下的热分解,如不同的装填密度,附加物等对热分解的影响。

#### 一、仪器装置

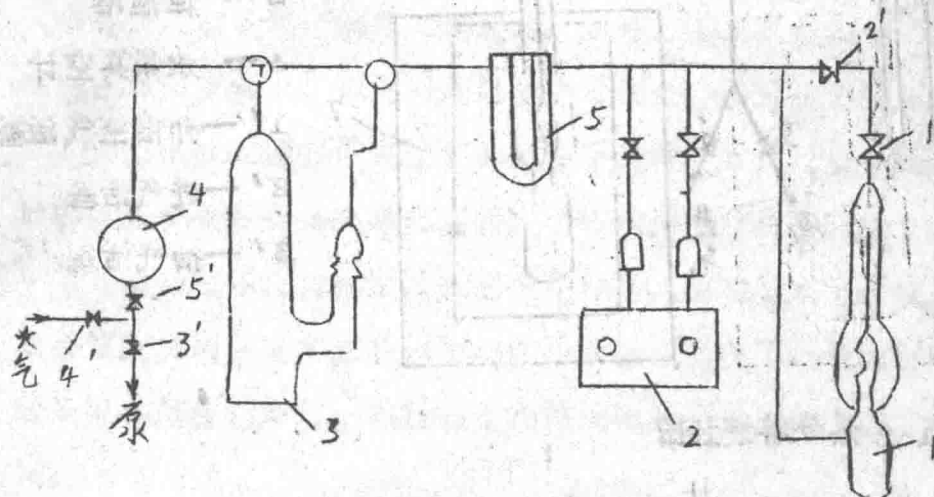


图 1-1 高真空系统装置图

- |         |            |
|---------|------------|
| 1—布氏计   | 1'—布氏计上方活塞 |
| 2—电离真空计 | 3'—抽空活塞    |
| 3—油扩散泵  | 4'—放气活塞    |
| 4—前真空室  |            |
| 5—冷凝阱   |            |

关于布氏计工作情况,如图所示布氏计是玻璃制成,当有压力稍微变化时,弯月薄腔则发生变形,指针偏转原平衡位置,由位置偏移

大小表示压力的变化大小。当补偿腔内和反应器内压力平衡时指针指示零点，当反应器内试样分解，放出气体造成比补偿腔内压力大，薄腔变形，指针偏转。当向补偿腔内慢慢进入气体，使薄腔恢复原来形状，记录下补偿腔联通的压力计上压力值，即代表反应器内压力值。

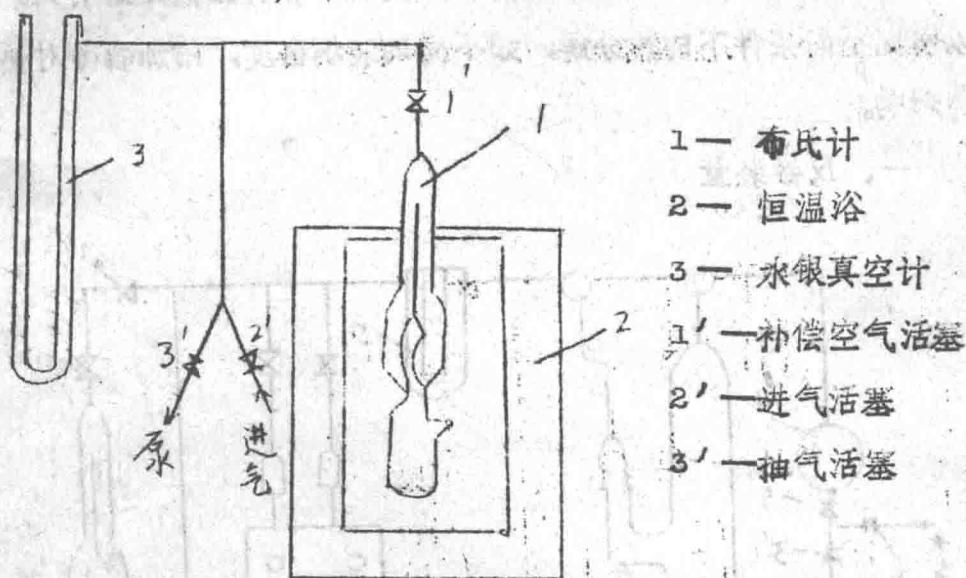


图 1-2 热分解装置图

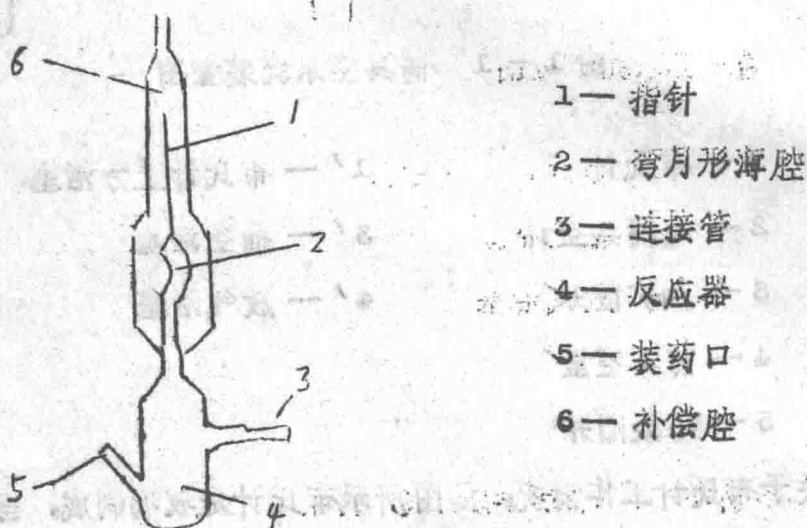


图 1-3 布氏计工作原理图

同时记录时间这样连续记录下反应器内压力和相对应的时间，就可以测出一定温度下，一定装填密度条件下，压力和时间关系，了解炸药热分解性质。

## 二、实验程序

第一。试样和仪器准备阶段：预测反应器的容积，利用蒸馏水测定布氏计容积，预测后再用蒸馏水冲洗反应器2—3次，送入干燥箱干燥。

干燥的布氏计，经过检查为完好，方可使用。用万分之一精度的天平称药，借长颈小漏斗之助装药，试样应装到反应器底部，绝对不准粘在加药支管上，以免封接时受热不安全，而且也影响试验精度。

抽空试验：为保证实验在高真空下进行，布氏计应抽空。将布氏计的连接管3与高真空系统连接。小心地用喷灯封接支管5。封接完后开动真空泵进行抽空。抽空半小时后，应检查系统真空度，在系统真空度达到1毫米汞柱以下，在不断抽空情况下，用微弱火焰将支管3处的细颈处封结。然后将布氏计通向真空系统的上方活塞全部关闭。

第二。热分解试验，其装置如图1-2。根据实验所需要的温度来恒定恒温浴的温度范围当达到所要求的温度，把已准备好的布氏计打开补偿空间活塞，即将布氏计放入恒温浴。实验一开始应记录时间，压力，特别注意开始分解，加速分解，加速结束，分解終了。

## 三、数据处理

为了比较各种温度时的分解速度，必须将各个温度下的压力换算成标准状况时的压力，容积换算成标准容积（指一克试样在760毫米汞柱273°K时由分解生成的气体容积）。

设  $V_{\text{标}}$  表示标准容积。

$$\text{则 } \frac{760 \cdot V_{\text{标}}}{273} = \frac{PV}{Tm}$$

$$\text{所以 } V_{\text{标}} = \frac{273}{760} \frac{PV}{Tm}$$

$m$ —炸药的质量(克)

$V$ —布氏计的容积(药室)(厘米<sup>3</sup>)

$T$ —实验温度(°K)

$P$ —气体分解产物的压力(毫米汞柱)

(1) 做  $V_{\text{标}}$  与时间  $\tau$  的图

(2) 做  $V_{\text{标}}$  与  $\tau$  曲线的图解微分图, 求出分解速度与时间的关系。

若以  $W$  表示分解速度, 单位厘米<sup>3</sup>/克·分, 并绘制  $W$  与  $\tau$  关系图。可

找出初始速度  $W_0$ , 分解极大速度  $W_{\text{max}}$ , 到达极大速度的时间

$\tau_{W_{\text{max}}}$ 。

(3) 将  $\tau - W$  图与  $V_{\text{标}} \sim \tau$  图相比, 可以找出  $\tau_{W_{\text{max}}}$  时对应的分解量  $V_{\text{标}} \tau_{W_{\text{max}}}$ , 把  $V_{\text{标}} \tau_{W_{\text{max}}}$  与  $V_{\infty}$  (全分解产气量) 相比, 以百分数表示, 叫做加速阶段长度。

(4) 将数据列表如下

(温度 °K)  $W_0$   $W_{\text{max}}$   $W_{\text{max}}/W_0$   $\tau_{W_{\text{max}}}$   $V_{\text{标}}/V_{\infty}$

$T_1$

$T_2$

$\vdots$

$T_n$

(5) 由上面所得的数据, 按照阿累尼乌斯关系式推出关系式



$\log A \sim \frac{1}{T}$ ，即可用所得数据做图，A 可以表示  $W_0$ ， $W_{\max}$ ，

$\tau_{W_{\max}}$  或  $\tau_{\frac{1}{2}}$ 。利用作图求出活化能 E 值。例如  $\log W_0$  与  $\frac{1}{T}$  的关系图。

#### 四. 技安注意

(1) 封套装药支管时应应用石棉布包住反应器，封支管 3 的细颈处同样处理。

(2) 必须对所有真空系统通路及活塞十分清楚。

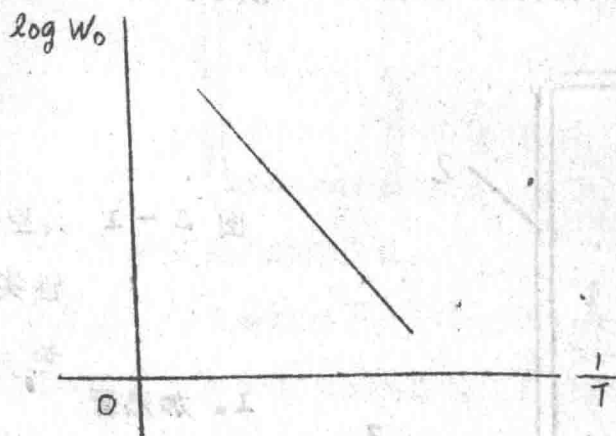


图 1-4 样品分解初速度与温度的关系

### § 2. 真空安定性实验和相容性实验

#### 一、真空安定性实验

真空安定性实验是研究炸药安定性和相容性的一种常用的方法。它是将一定量的炸药在恒温、真空、定时条件下进行热分解，利用毛细管压力计测定气体产物压力的变化，再根据气体定律换算成标准状态下的气体体积  $V_0$ 。

真空安定性实验的特点是：1. 设备简单，操作容易；2. 因为抽空，排除了空气中水分、氧、潮湿二氧化碳等对热分解的影响。缺

点是：1. 反应空间不等温，存在蒸发和冷凝现象；2. 利用汞压力计，某些反应产物与汞有作用，同时汞有毒，大量应用对人体有害。

### (一) 仪器装置

真空安定性实验仪器装置由四部分组成：

1. 恒温浴：选用超级恒温油浴。浴内盛有甘油水溶液。

2. 大气压力计。

3. 抽真空系统：它由真空泵、真空表，真空三通旋塞和橡皮管等组成。

4. 真空安定性实验仪器，如图 2-1 所示。

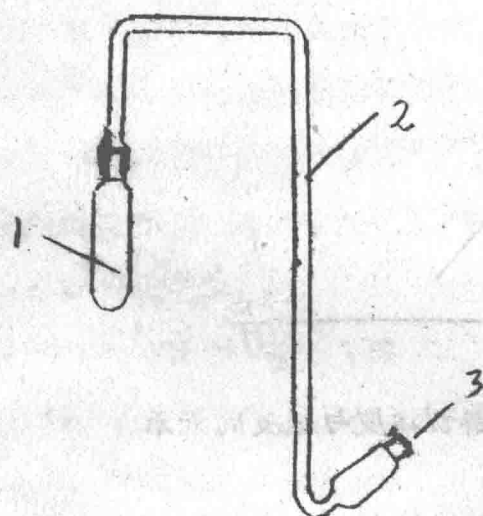


图 2-1 真空安定性实验仪器

- 1. 加热管
- 2. 毛细管
- 3. 毛细管下的小杯

### (二) 仪器标定：

1. 加热管体积  $V_1$  的标定。

用酸式滴定管将蒸馏水滴入加热管，水面达到加热管磨口下沿为止。滴定管的读数即为加热管的体积  $V_1$  (毫升)。

2. 毛细管与对应磨口塞喇叭口水平位置的体积  $V_2$  的标定。

将毛细管如图 2-2 所示放置，用滴定管将蒸馏水从喇叭口滴入

毛细管内，毛细管内水的高度与喇叭口保持水平，记下毛细管中水面的位置（用胶布作标志）。滴定管的读数即为  $V_2$  的体积。然后量出毛细管从标记处到小杯底部的长度  $L$ 。（毫米）

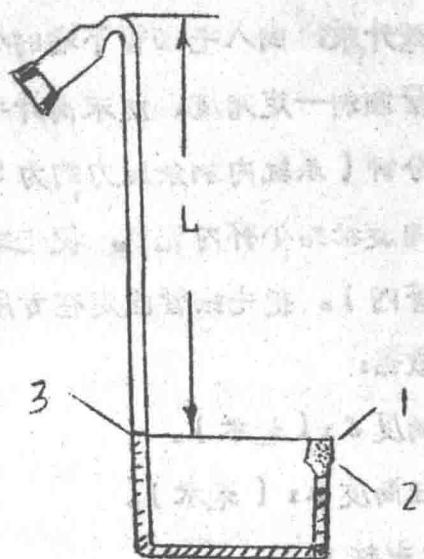


图 2-2

标定毛细管  
示意图

1. 水
2. 毛细管喇叭口
3. 标志

3. 毛细管单位长度的体积  $0$ 。

称 10 克汞注入毛细管的下杯中（注意使汞柱保持连续）。将毛细管水平放置，分 3 或 4 段测量汞柱长度（ $l_1, l_2, \dots$ ），若各段数值相差不大，则可认为毛细管是均匀的。故可取其平均值。计算公式为：

$$0 = \frac{W}{\bar{l} d} \quad (\text{毫升/毫米})$$

$W$ ：汞的质量（克）。

$d$ ：汞的密度（13.59 克/厘米<sup>3</sup>）。

$\bar{l}$ ：各段汞柱长度的平均值。（毫米）。

(三) 实验程序：

1. 将炸药样品在 65℃ 下烘干 2 小时备用。

2. 称取炸药  $5 \pm 0.05$  克放入加热管内 (严禁将药粉撒在磨口上)。

3. 在毛细管磨口塞上涂一层耐热真空密封脂, 扭转毛细管使其同加热管密封联接。取 7 毫升汞, 倒入毛细管下端的小杯子内, 然后同抽空系统联接, 将毛细管倾斜一定角度, 使汞离开毛细管的孔以便进行抽空。抽空约 3 到 5 分钟 (系统内剩余压力约为 5 mm 汞柱), 再将毛细管复原, 利用三通旋塞给小杯内充气, 使毛细管中的汞柱慢慢上升 (防止汞冲入加热管内)。把毛细管固定在专用支架上。

4. 测量并记录下列数据:

(1) 测量毛细管内汞柱高度  $l_1$  (毫米)。

(2) 测毛细管下杯内汞柱高度  $h_1$  (毫米)。

(3) 读大气压  $P_a$  (毫米汞柱)。

(4) 读室温  $t_1$  ( $^{\circ}\text{C}$ )

5. 将加热管放入已调好的恒温油浴中, (注意加热管和毛细管联接处不要松动)。浴温控制在  $100 \pm 0.5$   $^{\circ}\text{C}$ , 比较安定的炸药为  $120$   $^{\circ}\text{C}$ 。连续加热时间 4.0 或 4.8 小时。然后取出加热管冷却至室温。(最少冷却两个小时)。

6. 测量并记录加热后下列数据:

(1) 测毛细管内汞柱高度  $l_2$  (毫米)。

(2) 测毛细管下杯内汞柱高度  $h_2$  (毫米)。

(3) 读大气压  $P_{a1}$  (毫米汞柱)。

(4) 读室内温度  $t_2$  ( $^{\circ}\text{C}$ )

(四) 数据处理

炸药放出气体体积按下式计算:

$$V_0 = \left\{ [A + C(B_2 - H_2)] \frac{273(P_{a_2} - H_2)}{760(273 + t_2)} \right\} - \left\{ [A + C(B_1 - H_1)] \frac{273(P_{a_1} - H_1)}{760(273 + t_1)} \right\} \quad (2-1)$$

公式中符号为：

$$A = V_1 + V_2 - V_3$$

$V_1$ —加热管的体积(毫升)。

$V_2$ —毛细管与对应磨口塞喇叭口水平位置的体积(毫升)。

$V_3 = \frac{m}{\rho}$  (毫升)，样品所占体积。

$m$ —样品质量(克)；

$\rho$ —样品密度(克/厘米<sup>3</sup>)

$B_1$ —从毛细管标记处到小杯底部的高度 $L$ 减去小杯内汞柱高度 $h_1$ (毫米)。

$l_1$ —抽空后毛细管内汞柱高度(毫米)。

$H_1$ —抽空后毛细管内汞柱高度 $l_1$ 减去下杯内汞柱高度 $h_1$ 。(毫米)。

$h_1$ —毛细管下杯内汞柱高度(毫米)。

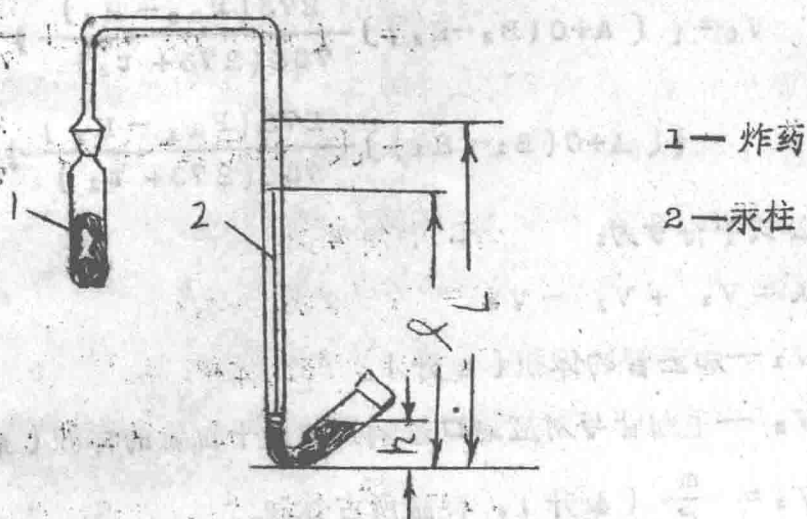


图 2-3 毛细管压力计装置

注1: 因为  $B_1 = L - h_1$ ;  $H_1 = l_1 - h_1$ , 所以公式中的,

$$B_1 - H_1 = L - h_1 - (l_1 - h_1) = L - l_1。$$

$B_2$  — 从毛细管标记到小杯底部的高度  $L$  减去加热后下杯中汞柱高度 (毫米)。

$l_2$  — 加热后毛细管内汞柱高度 (毫米)。

$h_2$  — 加热后小杯内汞柱的高度 (毫米)。

$H_2$  — 加热后毛细管内汞柱高度  $l_2$  减去小杯内汞柱高度  $h_2$  (毫米)。

$P_{a1}, P_{a2}$  加热前, 后大气压力 (毫米汞柱)。

$t_1, t_2$ , 加热前、后室温 ( $^{\circ}\text{C}$ )。

某些炸药真空安定性的实验数据列在表 2-1 中。

表 2-1 炸药真空安定性的数据

炸药	药量 (克)	100°C		120°C		150°C	
		放气量 (毫升)	加热时间 (小时)	放气量 (毫升)	加热时间 (小时)	放气量 (毫升)	加热时间 (小时)
硝酸铵	5.0	—	—	0.3	40	0.3	40
太安	5.0	0.5	40	11	40	—	—
黑索今	5.0	0.7	40	0.9	40	—	—
奥克托今	5.0	—	—	0.4	40	0.6	40
梯恩梯	5.0	0.1	40	0.4	40	0.7	40
硝化甘油	1.0	11	16	—	—	—	—
硝化棉	5.0	0.9	24	11	16	—	—
奥克托今*	5.0	0.28	40	—	—	0.53	40
苦味酸钾*	5.0	0.24	40	—	—	—	—
黑索今*	5.0	0.52	40	—	—	—	—

\* 不同仪器实验结果。

(五) 技 安：

1. 用汞要小心，不要撒落在容器外边。
2. 加热期间 1—2 个小时查着一次加热温度和毛细管内压力的

变化。

## 二、相容性实验

利用真空安定性试验方法测定炸药同接触材料的相容性。

### (一) 样品:

1. 炸药同材料的比例为 50/50, 即炸药 2.5 克接触炸药的材料 2.5 克均匀混合。如炸药比较敏感, 比例不变用量为各一克。

2. 材料同炸药的比例也可为 1/20, 即接触炸药的材料为 0.25 克, 炸药为 4.75 克均匀混合。

3. 材料进行干燥(空气干燥)除去溶剂等。金属材料磨成薄片或细粉。膜, 布, 纸等则切成边长为 3.2 毫米的正方形小片。

### (二) 仪器装置及标定:

本实验所用仪器及标定方法与真空安定性实验相同。

### (三) 实验程序:

称取 2.5 克炸药放入第一个加热管内, 2.5 克接触炸药的材料放入第二个加热管中, 第三个加热管放 2.5 克炸药和 2.5 克接触材料的混合物。其它程序与真空安定性实验相同。

### (四) 数据处理:

接触材料同炸药混合物所产生的气体增量由下式计算:

$$V_m = V_A - (V_B + V_C) \quad (\text{毫升}) \quad (2-2)$$

$V_m$ ——接触材料同炸药混合物所产生气体的增量。

$V_B$ ——炸药所产生的气体量(毫升/2.5克)。

$V_C$ ——接触材料所产生的气体量(毫升/2.5克)。

$V_A$ ——接触材料和炸药(50/50)混合物所产生的气体量(毫升/5克)。

由实验结果同相容性标准相比, 判断相容性的等级。



表 2-2 相容性等级

$V_m$ (毫升)	相容性等级
小于 0.0	没有反应
0.0 ~ 1.0	反应可忽略
1.0 ~ 2.0	反应非常轻
2.0 ~ 3.0	反应轻
3.0 ~ 4.0	反应中等
4.0 ~ 5.0	反应严重

註：1. 炸药密度  $\rho$  米用结晶密度。

2. 材料与炸药混合物的密度利用下述公式计算

$$\rho_{混} = \frac{\sum m_i}{\sum \frac{m_i}{\rho_i}}$$

$m_i$  ——  $i$  组分的质量 (克)

$\rho_i$  ——  $i$  组分的密度 (克/厘米<sup>3</sup>)

3. 从大气压力计所读取的压力的单位为毫巴, 利用 760 毫米柱 = 1.01325 巴 = 1013.25 毫巴 关系进行换算。

### § 3. 五秒钟延滞期爆发点的测定

爆发点是衡量炸药对热作用的敏感度。炸药的爆发点是与炸药的物理化学性质 (如熔点, 挥发性, 导热性, 热容性等) 及测定条件 (仪器的构造, 装药量, 加热方式等) 有关, 因此爆发点不是一个严格不变的数值, 并非炸药的物理化学常数。

炸药在热作用下, 从开始受热到发生爆炸有一段时间, 这段时间