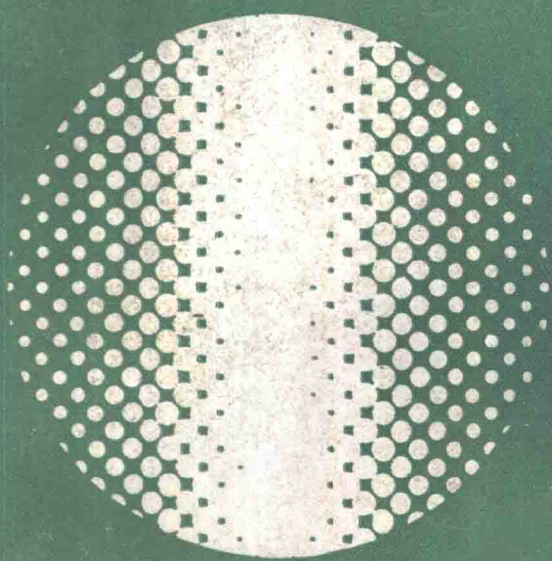


兵器工业出版社



炸药的性能 及测试技术

郑孟菊 俞统昌 张银亮 编著

炸药的性能及测试技术

郑孟菊 俞统昌 张银亮 编著

兵器工业出版社

内 容 简 介

本书涉及的炸药性能是炸药的安定性、相容性、安全性、起爆和爆轰性能及药柱的力学性能。全书共八章,第一章炸药的热分解、安定性及相容性;第二章炸药的感度和引爆;第三章炸药的爆速;第四章炸药的爆压;第五章炸药的爆热、爆温及爆炸产物;第六章炸药的作功能力与猛度;第七章炸药爆轰对金属加速的能力;第八章炸药柱的力学性能。

本书反映了建国以来国内炸药性能的科研和测试技术的成就,也反映了国外炸药性能测试的新技术和新水平。

本书可供炸药科技工作者使用,也可作为高等院校有关专业师生的参考书。

炸药的性能及测试技术

郑孟菊 俞统昌 张银亮 编著

兵器工业出版社 出版发行

(北京市海淀区车道沟10号)

各地新华书店经销

北京市农林科学院科技情报所印刷厂印刷

开本: 787×1092 1/16 印张: 19.5 字数: 480千字

1990年6月第1版 1990年6月第1次印装

印数: 1~1000 定价: 12.80元

ISBN 7-80038-102-1/TQ·4

前 言

炸药是一种特殊的能源,在某些场合下其功效是其他能源所不能取代的。众所周知,炸药不仅用于军事技术,而且在工业、农业和科学技术发展中的应用愈来愈广泛。由于实际应用炸药的情况不同,所以对炸药性能的要求也不同,这就必然要涉及到炸药的性能与测试技术的问题。

本书的内容包括炸药的安定性、炸药与接触材料的相容性、起爆和感度、爆轰性能与药柱的力学性能及它们的测试技术。在编写中简明扼要地阐述了与炸药性能有关的理论,详细地总结了军用炸药、工业炸药国内外现行的和已标准化的各种测试方法。编写中着重指出各种测试方法的优缺点、实用范围、试验成败的关键,并提供了大量可靠的性能数据。本书试图对军用炸药、工业炸药性能测试技术的更新和标准化起到促进作用,对检测科研产品、生产成品的性能提供可靠的方法和判断准则。

本书绪言、第一章、第二章的大部分由郑孟菊撰写,俞统昌撰写第三、五、六章和第二章 §2.1至 §2.5,张银亮撰写第四、七、八章和第二章 §3至 §3.1、§4.2至 §4.3。全书由郑孟菊主编,云主惠主审。吕平、陆庆武、孙名振参加审定,松全才提出了书面意见。在编著过程中有关研究所、院校和工厂的许多同志给予了很大支持,提供了他们多年来的科研成果,对此我们表示衷心的感谢。

由于我们的水平所限,书中难免有不妥之处或错误,恳请读者批评指正。

编著者

1986年11月

绪 言

炸药是一种能发生高速化学反应、释放巨大能量并生成气体的物质。其特点是能量密度大，功率大。在军事上及国民经济建设中是一种重要的特殊能源，用于装填各种弹药、各种工程爆破和矿山爆破（如地面、水下、地下和岩石、矿石、煤炭等的爆破）、宇航、地下勘探和金属爆炸加工等方面，甚至在医疗上也得到了应用。因此，随着国民经济的发展，炸药的用途日益广泛，不仅消耗量逐年增加，而且对炸药的性能提出了新的要求。在改进炸药品种的过程中，必须进行性能的研究与测试。只有通过性能的研究和测试，才能提供充分的数据，说明该炸药的引爆和爆轰性能是否满足使用要求；说明在生产、运输、储存和使用过程中是否安全可靠。由此可见，研究炸药的性能和测试技术，对推动炸药品种和使用的发展，起着非常重要的作用，同样，对发展炸药的理论也是个重要基础。

炸药性能的研究和测试技术的发展是建立在科学技术发展的基础上的。较早建立的一些测试方法，多数比较简单、直观、精度低。例如，早期测定爆速的道特里什法，其精度就比较低，随着电子技术、光学技术的发展，采用计时仪或高速摄影法测定爆速时，不仅试验精度高，而且还可研究爆轰过程的变化。长期以来，测试爆温、爆热、爆压比较困难，近来，已经利用光纤测定爆温；用射线照相和激光干涉技术测定爆压；爆热的测量也基本得到解决，这些对衡量炸药的爆轰性能是很有价值的。又如应用热分析、微量量热和化学发光等技术测定炸药的微量分解，对评价炸药的安定性和相容性将会有新的进展。

炸药性能的研究和测试技术的发展是在实践中不断充实和提高的。例如，较早衡量炸药热感度的方法是测定爆点，以后逐渐认识到炸药受热发生爆炸与药量、形状、尺寸以及传热条件等有关，从而设计了用大量试样测定炸药热感度的钢管法，以及测定热爆炸的临界温度。这些试验的结果能更加真实、科学地反映炸药的热感度。较早衡量炸药做功能力的是用铅堵扩孔值，衡量炸药功率的大小是用爆速和铅柱压缩值。但是，人们逐渐认识到炸药的做功能力和功率不仅与炸药本身的能量大小有关，而且还与周围的介质和装药条件有关。所以应当有多种测试方法，即能测定炸药的总功，也能区分作用于不同目标时的能量分配。所以目前有铅堵扩孔法、弹道臼炮法、铅柱压缩法、铜柱压缩法、板痕法、弹道摆测比冲、圆筒膨胀试验、飞片试验以及水下爆炸试验等。

为了确保生产、运输和使用过程中的可靠性与安全性，必须测试炸药对各种外界作用的敏感度。外界作用的种类很多，如热、机械、冲击波、爆轰波、光和电等。就机械作用而论，又有亚音速撞击、超音速撞击、摩擦、撞击-摩擦等等。因此，就有相应的测试方法。

近来，炸药性能测试发展的趋势是：

1. 重视测试方法的标准化，使测定的结果具有可比性，在欧洲已经建立了国际炸药试验标准化委员会，定期研究和制定炸药试验的标准。该委员会已经通过的试验标准有（1）测定爆轰气体能量的各种测试法、弹道臼炮和铅堵扩孔法；（2）测定猛度的改进卡斯特法；（3）测定爆速的道特里什法；（4）测定爆轰传播能力的试验方法；（5）非电和电雷管的起爆威力试验，（6）抛射体射击试验等。今后还要定期召开会议，准备通过新的测试方法，如密闭臼炮的爆燃试验和水下爆炸试验等。

2. 提高炸药性能测试技术的适用性和经济性。要有简便、易行、试验周期短、消耗费用低的适用于产品研究和验收的测试方法外，同时应有采用先进技术、试验精度高、能为发展理论提供重要依据的方法，还要有特定用途的模拟试验方法。既要有适用于爆轰临界直径小、起爆感度大的炸药性能测试，也要有适用于爆轰临界直径大、起爆感度小的炸药性能测试，还要有适应不同品种、物态和使用目的的各种测试方法。

3. 提高炸药性能测试技术的科学性，根据正确的理论设计试验方法和衡量试验的结果，采用计算机和数字技术来分析研究数据等，提高测试方法的科学性。

4. 加强基础理论的研究。如各种外界作用的起爆机理、爆燃、爆燃向爆轰的转变以及爆轰反应区结构等的研究。

目 录

绪言

第一章 炸药的热分解、安定性及相容性

§1 炸药的热分解	(1)
§1.1 炸药热分解的一般规律	(1)
§1.2 炸药热分解的加速历程	(2)
§1.3 炸药热分解的影响因素	(3)
§2 炸药的安定性	(4)
§3 炸药与材料的相容性	(5)
§4 炸药热分解、安定性和相容性的测试方法	(5)
§4.1 真空热安定性试验	(6)
§4.2 阿贝尔试验	(10)
§4.3 薄腔压力计法	(11)
§4.4 热分析	(14)
§4.5 微量量热	(22)
§4.6 化学发光法	(24)
§4.7 失重法	(26)

第二章 炸药的感度

§1 炸药的热感度	(30)
§1.1 炸药在热作用下发生爆炸的机理	(30)
§1.2 炸药热感度的测试	(36)
§2 炸药的机械感度	(51)
§2.1 机械作用下炸药发生爆炸的机理	(51)
§2.2 撞击感度	(52)
§2.3 摩擦感度	(74)
§2.4 索桑试验	(79)
§2.5 滑道试验	(79)
§2.6 炸药对抛射体射击的感度	(80)
§3 炸药的冲击波感度	(83)
§3.1 隔板试验	(84)
§3.2 楔形试验	(89)
§4 炸药的殉爆	(91)
§4.1 殉爆距离	(93)
§4.2 影响殉爆距离的各种因素	(95)
§4.3 殉爆安全距离的计算	(95)

§5	炸药的爆轰感度	(97)
§5.1	雷管中猛炸药爆轰感度的测试	(97)
§5.2	最小传爆药量的测试	(99)
§6	炸药摩擦带电量和静电火花感度	(100)
§6.1	炸药摩擦带电量的测试	(101)
§6.2	静电火花感度	(103)
§7	炸药对激光的感度	(105)

第三章 炸药的爆速

§1	炸药的爆轰过程	(109)
§2	影响炸药爆速的因素	(110)
§2.1	装药直径对爆速的影响	(110)
§2.2	影响炸药临界直径和极限直径的因素	(114)
§2.3	装药密度对爆速的影响	(120)
§2.4	惰性附加物对爆速的影响	(127)
§2.5	炸药的低速爆轰	(129)
§2.6	如何正确比较和评定不同炸药的爆速	(132)
§3	炸药爆速的经验计算	(133)
§3.1	卡姆利特公式 [20-22]	(133)
§3.2	氮当量和修正氮当量公式	(136)
§3.3	计算混合炸药爆速的体积加和公式和修正的体积加和公式	(139)
§3.4	余容公式	(142)
§4	炸药爆速的实验测定	(144)
§4.1	试样准备	(144)
§4.2	药柱直径及不稳定爆轰区长度对测试结果的影响	(145)
§4.3	道特里什Dautriche法测定爆速	(147)
§4.4	测时仪法测定爆速	(148)
§4.5	高速摄影法测定爆速	(151)
§4.6	连续示波法测定爆速	(152)
§4.7	埋入式压力探针法测定爆速	(154)

第四章 炸药的爆轰压

§1	爆轰理论概述	(155)
§2	爆轰压的简单计算方法	(157)
§2.1	取多方指数 $k=3$ 的计算法	(157)
§2.2	卡姆利特(kamlet)经验公式法 [3, 4, 5, 6]	(158)
§2.3	佩佩金Пепекин经验公式法	(158)
§3	炸药爆压的试验测定	(159)
§3.1	黑度法测爆压	(159)
§3.2	自由表面速度法测爆压	(162)
§3.3	水箱法测爆压	(172)

§3.4	阻抗匹配法测爆压	(175)
§3.5	空气冲击波法测爆压	(178)
§3.6	电磁法测爆压	(181)
§3.7	锰铜压阻法测爆压	(185)
§4	多方指数 k 值的试验测定	(190)
§4.1	爆轰产物侧向飞散角法	(191)
§4.2	界面质点速度法	(193)
§5	影响炸药爆压测量的因素	(195)
§5.1	试验方法的影响	(195)
§5.2	装药密度的影响	(196)
§5.3	装药长度的影响	(197)
§5.4	爆轰波形的影响	(198)
第五章 炸药的爆炸化学反应、爆热和爆温		
§1	炸药的爆炸化学反应	(201)
§1.1	炸药的氧平衡和氧系数	(201)
§1.2	炸药爆炸化学反应式的确定	(201)
§1.3	炸药爆炸产物体积和成分的确定	(205)
§2	炸药的爆热	(208)
§2.1	炸药爆热的实验测定	(208)
§2.2	影响炸药爆热的因素	(220)
§2.3	炸药爆热的计算	(224)
§3	炸药的爆温	(229)
§3.1	炸药爆温的实验测定	(229)
§3.2	炸药爆温的理论计算	(233)
第六章 炸药的作功能力和猛度		
§1	炸药的作功能力	(237)
§1.1	炸药作功能力的一般概念	(237)
§1.2	炸药作功能力的理论表达式	(237)
§1.3	炸药作功能力的经验计算	(240)
§1.4	炸药作功能力的实验测定	(243)
§2	炸药的猛度	(258)
§2.1	炸药猛度的理论表达式	(258)
§2.2	炸药猛度的实验测定	(260)
§2.3	影响炸药猛度的因素	(274)
第七章 炸药爆轰对金属的加速能力		
§1	概述	(278)
§2	圆筒试验	(279)
§3	飞片试验	(287)
第八章 炸药柱的力学性能		

§1	概述.....	(292)
§2	炸药柱的抗压强度.....	(292)
§3	炸药柱的抗拉强度.....	(293)
§3.1	直拉法测药柱的抗拉强度.....	(293)
§3.2	劈裂法测药柱的抗拉强度.....	(295)
§4	炸药柱的抗剪强度.....	(296)
§5	炸药柱的机械加工性能.....	(297)
§6	炸药柱尺寸的稳定性.....	(297)
§6.1	药柱高低温环境试验.....	(298)
§6.2	药柱线胀系数测定试验.....	(298)

附录1 物质名称及符号

附录2 混合炸药的组分

第一章 炸药的热分解、安定性及相容性

§1 炸药的热分解

炸药的热分解是炸药缓慢化学变化的重要形式。研究炸药的热分解机理对研究炸药的安定性、热爆炸以及爆燃等有重要意义，例如在自然环境的条件下贮存炸药，炸药可能发生分解，尤其是气候比较炎热时，炸药的热分解会激烈，这种分解就决定着炸药的安定性。如果炸药的贮存量很大，贮存的时间又长，由于炸药热分解放出的热量不易散失而产生热积累的加速反应，或者产生自动催化加速反应、链锁反应等而导致爆燃以致爆轰。

§1.1 炸药热分解的一般规律

炸药在室温下，活化分子数目相对的少，用精密仪器很难测出其分解现象。当温度升高时，活化分子数目增多，分解速度增大，分解现象很明显。通常把炸药的热分解分为三个时期。炸药热分解初期，热分解很缓慢，几乎觉察不出反应的存在，生成的产物也极少，这个时期称为热分解延滞期或感应期。随着分解的进行，往往出现反应速度增大，这个时期称为热分解的加速期。当炸药量较少时，反应速度达到某一最大值之后而发生下降，直到分解完毕，这个时期称为热分解的降速期。当炸药量较多时，反应速度可以一直增长到爆炸。

一般化学反应过程中，随着原始物质的浓度下降，反应速度下降，但是炸药分解过程中，尽管原始物质不断的减少，由于炸药热分解是放热反应，则使反应温度升高而反应加速。实验结果表明，大多数炸药热分解初始阶段反应速度常数与温度之间的关系可以写作：

$$k = Ae^{-E/RT} \quad (1-1)$$

式中 k ——反应速度常数 ($1/s$)；

A ——指前因子 (频率因子) ($1/s$)；

E ——分解反应的活化能 (J/mol)；

R ——通用气体常数 ($J/mol \cdot K$)；

T ——温度 (K)。

对公式 (1-1) 微分，得：

$$\frac{d \ln k}{dT} = \frac{E}{RT^2} \quad (1-2)$$

由公式 (1-2) 看到 $\ln k$ 随温度的变化率与 E 值成正比。炸药热分解反应的活化能比一般物质反应的活化能大几倍，因此，当温度升高时，炸药热分解反应速度增长率比一般物质反应速度增长率大得多。

下面再以实际数字代入公式 (1-1) 中，取指前因子 A 值相近的，比较炸药与一般物质的热分解，见表 1-1。

由表 1-1 看到，当温度由 400K，增高到 600K 时，活化能 $E = 83.7 kJ/mol$ 时函数 $e^{-E/RT}$ 增加四千多倍，而活化能 $E = 167.4 kJ/mol$ 时，则增加约二千万倍。另外还可看出， E 值大的在常温下反应还是缓慢的，但当温度升高时，由于 E 值大，使得 $e^{-E/RT}$ 增加的倍数很大，则说明这种反应在高温下是很剧烈的。下面列出几种炸药的反应速度常数 k 与温度

表1-1 活化能对反应速度随温度变化的影响

温度 (K)	$k/A = e^{-E/RT}$			
	炸药 $E=167.4$ (kJ/mol)		一般物质 $E=83.7$ (kJ/mol)	
400	1.39×10^{-22}	1	1.18×10^{-11}	1
500	3.27×10^{-18}	2.35×10^4	1.80×10^{-9}	1.53×10^2
600	2.68×10^{-15}	1.92×10^7	5.18×10^{-8}	4.42×10^5

的关系式:

硝基甲烷在305~440℃压强20kPa条件下分解,

$$k = 10^{14.1} e^{-230.9/RT} \quad (1/s)$$

黑索今在213℃以下分解,

$$k = 10^{18.5} e^{-198.7/RT} \quad (1/s)$$

硝化甘油在90~120℃范围分解,

$$k = 10^{18.64} e^{-182.8/RT} \quad (1/s)$$

下面列出几种炸药的活化能 E 、指前因子 A 和半分解期^[1], 见表1-2。

表1-2 各种炸药的活化能、指前因子和半分解期①

炸 药	温度 (℃)	E (kJ/mol)	$\lg A$	120℃时半 分解期(h)
硝酸甲酯	212~239	165.3	14.4	7120
硝酸乙酯	161~181	172.5	16.25	922
硝化乙二醇	85~105	163.2	15.9	119
硝化甘油	75~105	168.6	17.1	40
太 安	75~95	152.3	15.3	17
二乙二醇二硝酸酯	171~238	165.3	16.1	142
吉 纳	60~150	177.8	16.5	2400
乙二胺二硝酸酯	100~160	157.7	16.5	1400
硝酸铵	230~357	167.4	13.1	27×10^4
硝化棉N12.3%	70~100	165.3	15.35	770
梯恩梯(液)	220~270	223.8	19.0	5.8×10^6
黑索今	150~197	213.4	18.6	1.1×10^6
奥克托今	176~230	152.7	10.7	7.2×10^5
特屈儿(液)	211~260	160.7	15.4	174

注: ①摘自参考文献[1]

§ 1.2 炸药热分解的加速历程

炸药热分解的过程中, 由于反应放热或反应产物的积累, 促进反应自动加速的因素增

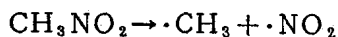
加, 这种现象是炸药热分解的重要特征。自动加速反应的历程是比较复杂的, 基本类型如下:

1. 热积累的自动加速反应 由于反应放热, 升高炸药的温度, 使反应加速, 即热爆炸理论, 详见炸药的热感度。

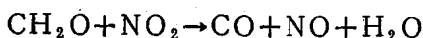
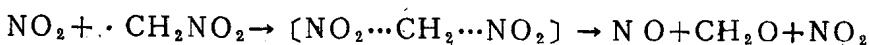
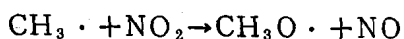
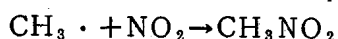
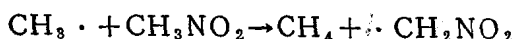
2. 自由基链锁反应的自动加速 由于链锁的分支大于中断, 使反应自动加速。

以液体硝基甲烷在低压下的热分解为例, 首先是 C-N 键断裂, 生成甲基自由基和 NO₂ 气体, 甲基自由基与硝基甲烷或 NO₂ 继续发生自由基反应, 反应历程如下:

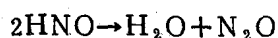
首先是 C-N 键断裂, 生成甲基自由基和 NO₂



随后加速反应是



另外还发生



3. 自动催化加速反应 由于反应产物有催化作用, 随着反应产物的不断积累而使分解反应加速。这种自动催化反应的加速往往在分解反应经过一段时间之后才发生, 因为加速所需要的催化剂要经过一段产生和积累的过程, 当具有催化作用的产物不断积累时, 分解反应则自动加速。当反应过程中放热, 同时出现热积累时, 由于热积累的自动催化加速反应而发生爆炸。

试验证明^[2], 梯恩梯、硝化甘油在一定条件下受热分解时, 都表现出自动催化加速反应。

4. 局部化学反应 固体炸药热分解时, 如果在晶体局部表面上瞬间生成反应初核, 而这种反应初核又迅速向晶体内部增长, 这种快速反应被称为局部化学反应。有人认为局部化学反应是链锁反应的特例, 可以视为链锁分支作用仅存在于反应初核表面上的链锁反应。

§1.3 炸药热分解的影响因素

炸药热分解的历程是比较复杂的, 首先应该考虑化学结构对分解历程的影响。由于化学结构不同, 所产生的热分解动力学极不相同, 如大多数硝酸酯类炸药比硝基类炸药反应速度常数大得多。大多数硝酸酯类炸药为自动催化加速历程, 因此, 硝酸酯类炸药即使在较低的温度下, 其加速反应的速度值很大。

同一炸药, 当其物理化学性质变化时, 如晶型转变、相态变化等都影响热分解的过程。如高氯酸铵在 240℃ 时发生转晶, 由斜方晶型向立方晶型转变, 出现分解速度下降^[1], 如图 1-1 所示。

试验条件不同, 如温度、装填密度、有无附加物等都影响热分解的规律和产物组成。硝

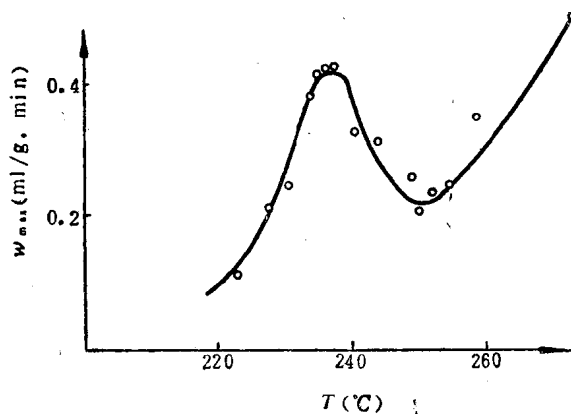


图1-1 高氯酸铵热分解极大速度值的变化

酸铵在100℃左右分解产物主要是 NH_3 和 HNO_3 ；在200℃左右分解产物主要是 N_2O 和 H_2O ；当温度更高时，其分解产物主要是 NO_2 、 N_2 和 H_2O 。硝化甘油中含有水或硝酸时，其分解速率要比纯硝化甘油的分解速度大很多。附加物对黑索今热分解的影响见图1-2。试验温度195℃。

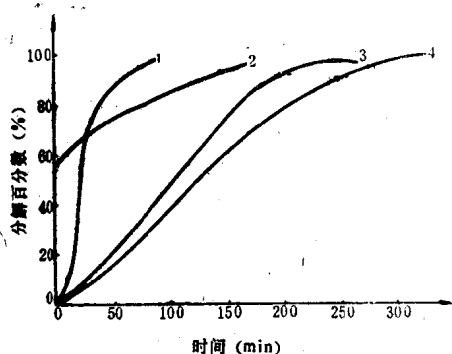


图1-2 附加物对黑索今热分解的影响

1—吡唑； 2—硫酸铜； 3—无附加物； 4—氯化钾。

学性质不发生明显变化的能力。

物理安定性主要指炸药的吸湿性、挥发性、塑性、机械强度等一系列的物理性质而言。如粉状硝铵混合炸药常常因硝酸铵吸湿和结块而使炸药失去爆轰能力。代那买特出现收缩、渗油、老化、冻结等变质现象，使用时不安全。黑火药颗粒的机械强度不够时，容易破裂，在燃烧时由于燃烧表面大大增加，不易控制燃速。液氧炸药因易挥发，给存放及使用带来许多困难。乳化炸药出现胶粒大量聚结，比表面减小，界面膜破裂，水相从油相中渗出，或分层、晶析等破乳时，则完全失去爆轰能力。浆状炸药、水胶炸药出现破胶时，敏化气泡不稳定、溶解成分出现晶析等，也会失去爆轰能力。各种炸药的物理安定性好或差，其表现形式不完全相同，影响因素也不一样。

化学安定性主要决定于炸药的分子结构、化学性质以及在常温下炸药热分解动力学参

§2 炸药的安定性

炸药的安定性是指一定条件下，炸药保持其物理、化学、爆炸性质不发生明显变化的能力。研究炸药的安定性，对于炸药的制造、贮存和使用具有十分重要的意义。实际上要求炸药具有较大的安定性。

炸药的安定性一般分为物理安定性和化学安定性。物理安定性是指一定条件下，炸药保持其物理性质不发生明显变化的能力。化学安定性是指一定条件下，炸药保持其化

数。大多数情况下,化合键为 $\begin{array}{c} | \\ -\text{C}-\text{NO}_2 \\ | \end{array}$ 的要比 $\begin{array}{c} | \\ -\text{C}-\text{NNO}_2 \\ | \end{array}$ 的安定性好,而 $\begin{array}{c} | \\ -\text{C}-\text{NNO}_2 \\ | \end{array}$ 要比 $\begin{array}{c} | \\ -\text{C}-\text{ONO}_2 \\ | \end{array}$ 的安定性好。另外,不稳定原子团的数目、位置对炸药的安定性也有影响,例如硝化甘油比丁四醇四硝酸酯的安定性好,这是因为硝化甘油比丁四醇四硝酸酯的不稳定原子团数目少;硝化甘油比季戊四醇四硝酸酯的安定性差,这是因为季戊四醇四硝酸酯中的 $\begin{array}{c} | \\ -\text{C}-\text{ONO}_2 \\ | \end{array}$ 不是相邻排列,而是被中心的碳原子隔开,即不稳定原子团的位置也对安定性有影响。

炸药的化学安定性也受外界条件的影响。某些杂质存在时,可能影响安定性。硝化甘油中有残酸和水分存在时,其安定性大大下降,其原因可以从研究热分解历程中清楚地看到。氮氧化物对许多硝酸酯或硝基化合物起正催化作用,促进加速分解,使安定性下降。某些杂质能起负催化作用或阻碍,减慢炸药的分解速度。温度对炸药的安定性很有影响。

§3 炸药与材料的相容性

炸药与材料的相容性是指炸药与材料(包括其它炸药)相混合或相接触后,保持它们的物理性质、化学性质和爆炸性质不发生明显变化的能力。相容性通常指两个方面,即材料对炸药的影响和炸药对材料的影响。通常把混合炸药中药剂之间的相容性称为内相容性;炸药与包装材料之间的相容性称为外相容性。

炸药与材料不相容时,主要表现在以下几个方面:炸药的安定性下降,爆发点下降,机械感度增大,起爆感度改变,包装物或接触物被腐蚀。

炸药与材料不相容的机理比较复杂。目前认为有两种原因,一种是炸药与材料之间发生物理变化,另一种是炸药与材料之间发生化学变化。

物理变化引起不相容的实例:梯恩梯、黑索今都是热安定性比较好的炸药,但是梯恩梯与黑索今混合后,它们组成低共熔物,在远比梯恩梯或黑索今的熔点低的温度下开始分解^[8],而且分解速度比单纯梯恩梯或单纯黑索今的分解速度快。

混合炸药中高分子材料的增塑剂若与其它组分互相溶解时,会使增塑剂从高分子材料中分离出来,使高分子材料中的增塑剂减少,引起高分子材料的物理性质改变,表现为高分子材料老化加快。

化学变化引起不相容的实例:梯恩梯与奥克托今的混合物热分解时,奥克托今的分解产物催化梯恩梯的分解。

许多金属能催化炸药的热分解,即这些金属与炸药不相容,如锌催化硝酸铵分解;伍德合金催化某些硝胺类炸药的分解;在常温下铜与重(三硝基乙醇)、缩甲醛不相容。

§4 炸药热分解、安定性和相容性的测试方法

炸药发生分解或安定性下降时,炸药与接触材料不相容时,会出现放热、放出气体或失

重等现象。因此,通常用测量气体、测热、测失重和热分析等方法来测试炸药的热分解、安定性及炸药与材料的相容性。下面分别叙述常用的测试方法。

§4.1 真空热安定性试验

原理

一定量的炸药在恒温(100℃、120℃或150℃)、真空的条件下进行热分解,经过一定的时间(40h或48h),测量其分解气体的压强。再根据气体定律换算成标准状态下的气体体积 V_0 ,用 V_0 值表示炸药的安定性好或差,表示相容或不相容。

仪器设备

仪器由三部分组成,即恒温浴、抽真空系统和玻璃仪器,玻璃仪器包括试样管、毛细管等,如图1-3所示。毛细管的内径1.5~2mm,外径6~6.5mm,其它各部分的尺寸见图, x 表示根据恒温浴的尺寸来确定。

试验方法

标定仪器 试样管的体积标定:用注入水的方法标定试样管的体积。将滴定管中的蒸馏水滴入试样管内,水面达到试样管的内磨口下沿为止,读出滴定管内水的体积变化,即可求出试样管的体积 V_1 。

毛细管U形部分的体积标定:将不带试样管的毛细管倒置安放在架子上,使磨口塞的下沿朝上,如图1-4所示。将滴定管内的蒸馏水。由磨口塞处滴入毛细管内,使水面达到磨口

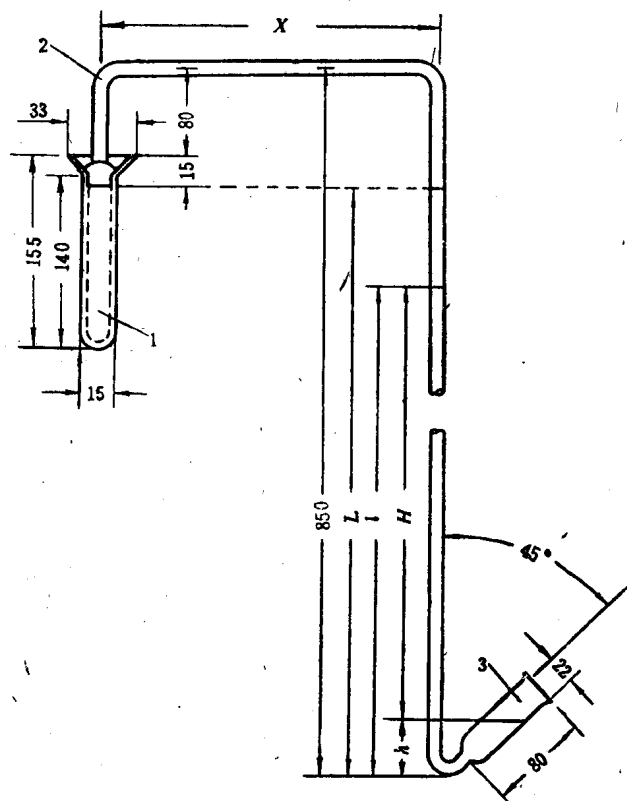


图1-3 真空热安定性试验的玻璃仪器

1—试样管; 2—毛细管; 3—小杯。

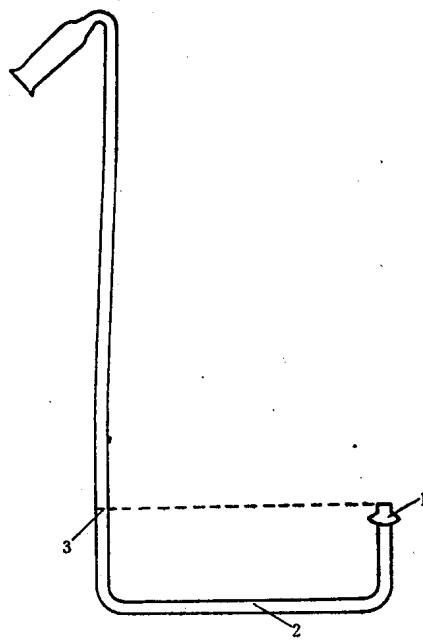


图1-4 毛细管U形部分的标定

1—磨口塞; 2—毛细管; 3—标记线。

塞的端部，记下此时毛细管水平面的位置，并作标记线，见图中的标记线。由滴定管内水的体积变化，即可求出毛细管U形部分的体积 V_1 。

毛细管单位长度体积的标定：称取10g汞注入小杯中，再将毛细管长管部位安放成水平位置，汞则由小杯中流入毛细管内，注意汞柱必须是连续的，使10g汞在毛细管内的不同部位停留，并测量相应的汞柱长度。若各段的汞柱长度值相差不大，则可认为毛细管的管径是比较均匀的。取其平均值，计算出毛细管单位长度的体积 C 。

$$C = m / \bar{L} \rho \quad (\text{ml/mm}) \quad (1-3)$$

式中 m ——汞的质量(g)；

ρ ——汞在测量温度下的密度(g/cm^3)；

$\bar{L}$ ——各段汞柱长度的平均值(mm)。

试样准备：将试样在60~65℃干燥2h，再放在干燥器内与室温平衡2h

测量炸药的安定性时，称量起爆药 $20 \pm 1\text{mg}$ ，猛炸药 $5 \pm 0.5\text{g}$ 。

测量炸药与材料的内相容性时，炸药与材料之比通常为50:50，即炸药 $2.5 \pm 0.1\text{g}$ ，材料 $2.5 \pm 0.1\text{g}$ 。如果炸药比较敏感，炸药与材料量各为1g。炸药与材料应该均匀混合。

测量炸药与材料的外相容性时，材料与炸药之比为1:19，即接触材料为0.25g，炸药为4.75g，两者均匀混合。接触材料应该是清洁的，否则，应清除材料上的污垢、溶剂等，还应经过干燥。金属材料应磨成薄片或细粉。塑料膜、布、纸等则切成边长为3.2mm的正方形小片。

将试样装入试样管内，再在毛细管的磨口塞上涂一薄层耐热真空密封脂，轻轻旋转试样管，使试样管与磨口塞密封联接。

测量炸药与材料的相容性时，在同一恒温浴内同时试验三个试样管，三个试样管内分别装炸药、接触炸药的材料、按规定量混合的炸药与接触材料。

抽真空及测量主要数据：取7ml汞，倒入小杯内，然后将毛细管倾斜一定的角度，使汞面离开毛细管的孔，再将小杯与抽空系统连接，进行抽空，抽至系统内的压强约665Pa（约5mmHg柱）时，即可停止。将毛细管位置复原，并固定在架子上。打开三通旋塞，向小杯内充气，使毛细管中的汞柱慢慢上升。

测量标记线至小杯底的高度 L_1 ，毛细管内汞柱高度 l_1 ，小杯内汞柱高度 h_1 ，记录实验室的大气压 p_1 和温度 t_1 ℃。

加热试验：调节恒温浴的温度，使之恒定在试验所要求的温度范围内。浴温通常控制在 100 ± 0.5 ℃。试验比较安定的炸药，浴温控制在 120 ± 0.5 ℃。试样连续加热40h或48h为一个周期。取出试样管冷却至室温。然后测量毛细管内汞柱高度 l_2 、小杯内汞柱高度 h_2 ，记录实验室的大气压 p_2 和温度 t_2 ℃。

数据处理

根据气体定律推导出下式，计算炸药放出的气体在标准状况下的体积 V_0 ，以便统一衡量和比较。

$$V_0 = \left\{ [A + C(B_2 - H_2)] \frac{273(p_2 - H_2)}{760(273 + t_2)} \right\} - \left\{ [A + C(B_1 - H_1)] \frac{273(p_1 - H_1)}{760(273 + t_1)} \right\} \quad (1-4)$$