



国防特色教材·职业教育

# 火炸药生产技术

HUOZHAYAO SHENGCHAN JISHU

刘耀鹏 主编

 北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

北京航空航天大学出版社 哈尔滨工程大学出版社  
哈尔滨工业大学出版社 西北工业大学出版社



国防特色教材·职业教育

# 火炸药生产技术

刘耀鹏 主编



**北京理工大学出版社**

北京航空航天大学出版社 哈尔滨工程大学出版社  
哈尔滨工业大学出版社 西北工业大学出版社

## 内容简介

本教材共分八章,对军、民用炸药和火药的生产技术进行了全面介绍。第1章介绍了火炸药共同具有的性质及参数;第2~4章介绍了典型军用单质炸药(梯恩梯、黑索金、太安)的生产技术;第5章介绍了工业炸药的生产技术;第6章介绍了单、双基火药(发射药)的生产技术;第7章介绍了复合火药(推进剂)的生产技术;第8章介绍了火炸药生产中的三废处理及安全通则。为开阔学生视野,对一些新型高能量密度化合物也做了介绍,以反映火炸药技术的发展水平。

本教材内容丰富翔实,通俗易懂,注重生产技术和操作过程,具有军工行业特色和高职教育特点。适合作为火炸药技术和民用爆破器材专业的职业教育教材,也可用作火炸药生产、民爆器材生产及其相关企业生产一线人员的培训教材。

## 图书在版编目(CIP)数据

火炸药生产技术/刘耀鹏主编. —北京:北京理工大学出版社,2009.8  
国防特色教材. 职业教育  
ISBN 978-7-5640-2352-2

I. 火… II. 刘… III. ①发射药-生产工艺-高等学校:技术学校-教材②炸药-生产工艺-高等学校:技术学校-教材 IV. TQ560.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 101478 号

## 火炸药生产技术

刘耀鹏 主编  
责任编辑 王玲玲

\*

北京理工大学出版社出版发行

北京市海淀区中关村南大街5号(100081) 发行部电话:010-68944990 传真:010-68944450

<http://www.bitpress.com.cn>

北京地质印刷厂印刷 全国各地新华书店经销

\*

开本:787毫米×960毫米 1/16 印张:23.75 字数:486千字  
2009年8月第1版 2009年8月第1次印刷 印数:1~3000册  
ISBN 978-7-5640-2352-2 定价:50.00元

# 前 言

火炸药,一种高能材料,无论在军事上和民用上都越来越被人们所重视,它也是兵器行业的代表产品之一。由于受读者范围的限制和该专业的特殊性,目前公开出版的火炸药生产技术方面的教材很少,为适应国防工业生产和职业教育的需要,特编写《火炸药生产技术》这本具有国防特色的职业教育教材。

本书的特点是兼顾高职教育的特点和军工行业特色,为适应基于工作过程的项目教学法,以产品的生产技术为项目单元,重点介绍成熟且广泛应用的生产技术。全书内容丰富翔实,通俗易懂,注重生产操作。为开阔学生视野,对一些新型高能量密度化合物也做了介绍,以反映火炸药技术的发展水平。全书内容包括火炸药的通性;各类典型单质炸药(硝基化合物、硝胺、硝酸酯类炸药)、工业炸药、单双基火药及复合火药的生产技术;火炸药生产中的三废处理及安全通则等。因篇幅有限,起爆药的生产技术未编入本教材。本教材可作为火炸药技术和民用爆破器材专业的职业教育教材,也可用作火炸药生产、民爆器材生产及其相关企业生产一线人员的培训教材。

本书由陕西国防工业职业技术学院刘耀鹏主编,其中第5章由云南国防工业职业技术学院刘丽梅和云南民爆集团有限责任公司龙德权撰写,第6章由中国北方惠安化学工业有限公司吴波撰写,其余各章均由刘耀鹏撰写,全书由刘耀鹏统一定稿。

北京理工大学陈树森教授对本书进行了精心的审定、中肯的指导和认真的修改,编者在此对他表示衷心的感谢;陕西国防工业职业技术学院杜刚同志在绘制和校核插图方面付出了很多劳动,为本书增色不少;本行业专家学者的大量文献资料的引用有助于本书如期付梓,编者对他们深表谢意。

由于时间仓促,且编者的水平有限,书中难免有错误和不妥之处,恳请各位读者批评指正。

编 者

# 目 录

绪论	1
0.1 爆炸现象及基本概念	1
0.2 火炸药的分类及用途	3
0.3 火炸药技术发展趋势	6
第1章 火炸药的通性	9
1.1 能量性能	9
1.1.1 炸药的能量性能	9
1.1.2 发射药的能量性能	10
1.1.3 推进剂的能量性能	11
1.2 燃烧与爆炸性能	11
1.2.1 炸药的爆炸性能	11
1.2.2 发射药的燃烧性能	16
1.2.3 推进剂的燃烧性能	17
1.3 安定性能	18
1.3.1 火炸药的化学安定性	18
1.3.2 火炸药的物理安定性	21
1.3.3 火炸药的相容性	23
1.3.4 炸药的热爆炸	23
1.4 安全性能	24
1.4.1 热感度	24
1.4.2 机械感度	26
1.4.3 静电感度	28
1.4.4 爆轰及冲击波感度	29
1.4.5 枪击感度	30
1.4.6 影响感度的因素	31
1.5 炸药爆炸变化方程及产物组成	33
1.5.1 炸药的氧平衡	34
1.5.2 爆炸方程式的确定	35

<b>第 2 章 硝基化合物炸药生产技术</b> .....	37
2.1 主要原材料及其规格 .....	37
2.1.1 甲苯 .....	37
2.1.2 硫酸 .....	38
2.1.3 硝酸 .....	39
2.1.4 亚硫酸钠 .....	40
2.2 硝化用混酸计算 .....	40
2.2.1 配酸计算 .....	40
2.2.2 硝化能力表示法 .....	41
2.3 一硝基甲苯的制造 .....	43
2.3.1 一段硝化的动力学特点及异构体分布 .....	43
2.3.2 一段硝化易出现的问题及处理办法 .....	48
2.3.3 一段硝化工艺条件及质量要求 .....	50
2.4 二硝基甲苯的制造 .....	52
2.4.1 二段硝化的动力学特点及异构体分布 .....	53
2.4.2 二段硝化易出现的问题及处理办法 .....	53
2.4.3 二段硝化工艺条件及质量要求 .....	55
2.5 三硝基甲苯的制造 .....	57
2.5.1 梯恩梯的性质 .....	58
2.5.2 三段硝化动力学特点及影响硝化速度的因素 .....	60
2.5.3 三段硝化易出现的问题及处理办法 .....	61
2.5.4 三段硝化工艺条件及质量要求 .....	63
2.6 粗制三硝基甲苯的精制 .....	66
2.6.1 $\text{Na}_2\text{SO}_3$ 精制的原理 .....	66
2.6.2 精制易出现的问题及处理办法 .....	68
2.6.3 精制工艺条件及质量要求 .....	68
2.7 精制 TNT 的干燥、制片及包装 .....	70
2.7.1 干燥工艺条件 .....	70
2.7.2 干燥、制片工艺过程及主要设备 .....	71
2.7.3 干燥、制片工房应注意事项及 TNT 的质量要求 .....	73
2.8 TNT 生产主要工序流程及说明 .....	73
2.8.1 原料准备 .....	73
2.8.2 硝化工序 .....	74

2.8.3 精制工序	75
2.9 TNT生产工艺的改进	76
2.10 TNT生产的安全与防护	77
2.10.1 安全技术	77
2.10.2 防护措施	83
2.11 其他硝基化合物类炸药简介	85
<b>第3章 硝胺炸药生产技术</b>	<b>87</b>
3.1 黑索金的性质及用途	87
3.1.1 黑索金的性质	87
3.1.2 黑索金的用途及其质量要求	89
3.2 直接硝解法生产黑索金工艺	90
3.2.1 原材料及其性质	90
3.2.2 直接硝解法原理	93
3.2.3 工艺过程及工艺条件	96
3.2.4 直接法工艺过程评价	102
3.3 直接法生产的安全与防护	103
3.3.1 乌洛托品的粉碎、干燥、输送安全技术	103
3.3.2 乌洛托品硝解、结晶的安全技术	104
3.3.3 黑索金干燥、筛选、包装的安全技术	108
3.4 黑索金的其他生产方法简介	109
3.4.1 硝酸-硝酸铵法	109
3.4.2 甲醛-硝酸铵法	110
3.4.3 醋酐法	111
3.5 奥克托金生产技术	112
3.5.1 奥克托金的性质	112
3.5.2 奥克托金制造方法	113
3.5.3 醋酐法制造奥克托金工艺	114
3.6 其他硝基胺类炸药简介	117
<b>第4章 硝酸酯炸药生产技术</b>	<b>120</b>
4.1 太安的性质及用途	120
4.1.1 太安的性质	120
4.1.2 太安的用途及其质量要求	121

4.2	直接酯化法生产太安工艺 .....	122
4.2.1	原材料及其性质 .....	122
4.2.2	制造原理 .....	125
4.2.3	工艺过程及工艺条件 .....	126
4.3	季戊四醇其他硝酸酯 .....	131
4.4	太安生产的安全与防护 .....	132
4.4.1	硝化工序 .....	132
4.4.2	精制工序 .....	133
4.4.3	丙酮回收工序 .....	133
4.4.4	钝化工序 .....	133
4.4.5	干燥工序 .....	134
4.4.6	包装工序 .....	134
4.5	硝化甘油生产技术 .....	134
4.5.1	硝化甘油的性质 .....	134
4.5.2	主要原材料及规格 .....	136
4.5.3	生产工艺及操作 .....	137
4.5.4	硝化甘油生产的安全技术 .....	142
4.6	其他硝酸酯类炸药 .....	144
<b>第5章</b>	<b>工业炸药生产技术</b> .....	<b>147</b>
5.1	工业炸药概述 .....	147
5.1.1	工业炸药的用途、分类以及要求 .....	147
5.1.2	工业炸药的原材料及其性质 .....	148
5.2	铵梯类炸药 .....	156
5.2.1	工业粉状铵梯炸药的品种及性能 .....	156
5.2.2	工业粉状铵梯炸药的性质 .....	160
5.2.3	工业粉状铵梯炸药的生产工艺 .....	163
5.2.4	工业粉状铵梯炸药的制造及设备 .....	168
5.3	铵梯油炸药 .....	178
5.4	铵油炸药 .....	180
5.4.1	铵油炸药的常见品种 .....	181
5.4.2	铵油炸药的制造 .....	182
5.4.3	改性铵油炸药 .....	185
5.5	膨化硝铵炸药 .....	188



5.5.1 膨化硝酸铵及膨化硝酸铵炸药的主要性能 .....	189
5.5.2 膨化硝酸铵炸药的生产工艺 .....	191
5.5.3 膨化硝酸铵炸药的提高和发展 .....	195
5.6 浆状炸药 .....	199
5.6.1 浆状炸药的组成 .....	199
5.6.2 浆状炸药的分类与主要品种 .....	202
5.6.3 浆状炸药的性能以及优缺点 .....	203
5.7 水胶炸药 .....	204
5.8 乳化炸药 .....	206
5.8.1 乳化炸药的组成 .....	207
5.8.2 乳化炸药的品种 .....	211
5.8.3 乳化炸药的性能 .....	211
5.8.4 乳化设备与技术 .....	214
5.8.5 乳化炸药的生产工艺 .....	215
5.8.6 乳化炸药与浆状炸药、水胶炸药的共性与区别 .....	218
5.9 粉状乳化炸药 .....	219
5.9.1 粉状乳化炸药的性能 .....	220
5.9.2 粉状乳化炸药的生产工艺 .....	221
5.9.3 粉状乳化炸药的提高与发展 .....	222
5.10 其他工业炸药 .....	223
5.11 现场混装炸药 .....	226
5.12 工业炸药制造安全技术 .....	228
5.12.1 工业炸药制造安全技术概述 .....	228
5.12.2 工业粉状硝酸铵炸药生产中的安全技术 .....	229
5.12.3 膨化硝酸铵炸药生产中的安全技术 .....	233
5.12.4 乳化炸药的安全性 .....	235
<b>第6章 单双基火药生产技术 .....</b>	<b>239</b>
6.1 单基火药 .....	239
6.1.1 单基发射药概述 .....	239
6.1.2 单基发射药的物理、化学性能 .....	242
6.1.3 单基发射药组成和对原材料的质量要求 .....	245
6.1.4 单基发射药制造工艺 .....	250
6.1.5 单基发射药制造生产安全技术 .....	267

6.2 双基发射药 .....	270
6.2.1 双基发射药概述 .....	270
6.2.2 双基发射药组成及性能 .....	271
6.2.3 双基火药制造工艺 .....	279
<b>第7章 复合火药生产技术</b> .....	<b>294</b>
7.1 复合火药的种类和组成 .....	294
7.1.1 复合火药的种类 .....	294
7.1.2 复合火药的配方组成 .....	294
7.2 复合火药的原材料 .....	295
7.2.1 氧化剂 .....	295
7.2.2 黏合剂 .....	299
7.2.3 金属和金属氢化物燃烧剂 .....	301
7.2.4 燃烧催化剂 .....	304
7.2.5 固化剂、稀释剂、增塑剂和防老剂 .....	304
7.3 典型复合火药的制造 .....	307
7.3.1 几种典型的复合火药 .....	307
7.3.2 复合火药的制造工艺 .....	311
7.4 复合火药的制造安全技术 .....	319
7.4.1 复合火药的爆炸特性 .....	320
7.4.2 复合火药生产的技安措施 .....	320
<b>第8章 三废处理及安全通则</b> .....	<b>324</b>
8.1 梯恩梯与硝化甘油废酸处理 .....	324
8.1.1 梯恩梯废酸处理 .....	324
8.1.2 硝化甘油废酸处理 .....	329
8.2 黑索金与太安废酸处理 .....	330
8.2.1 黑索金废酸处理 .....	330
8.2.2 太安废酸处理 .....	333
8.3 奥克托金(醋酐法)废酸处理 .....	334
8.3.1 醋酸的分离回收 .....	334
8.3.2 由醋酸制备醋酸酐 .....	338
8.4 废水处理 .....	339
8.4.1 TNT 废水处理 .....	339

---

---

8.4.2 硝化甘油废水 .....	340
8.5 硝烟吸收 .....	342
8.6 废酸处理的安全与防护 .....	343
8.6.1 安全技术 .....	343
8.6.2 防护措施 .....	346
8.7 火炸药生产安全通则 .....	347
8.7.1 火炸药安全问题的基本特征 .....	347
8.7.2 事故原因及其安全防护措施 .....	350
8.7.3 火炸药建厂安全技术 .....	352
8.7.4 安全管理规范 .....	356
参考文献 .....	368

# 绪 论

火炸药是处于亚稳定状态的一类物质,现有火炸药大多数是由碳、氢、氧、氮(C、H、O、N)等元素组成的物质,具有下面几个重要特征。

(1) 化合物分子中有含能基团或含有氧化剂、可燃物的混合物。这些含能基团可能是: $\equiv\text{C}-\text{NO}_2$ 、 $=\text{N}-\text{NO}_2$ 、 $-\text{O}-\text{NO}_2$ 、 $-\text{ClO}_4$ 、 $-\text{N}_3$ 、 $-\text{N}=\text{N}-$ 等。

(2) 主要化学反应是燃烧和爆炸,具有高速、高压、高温反应特征和瞬间一次效应的特点,并释放大量的热和气体。

(3) 化学反应不需要外界供氧,可以在隔绝大气的条件下进行。

因此,火炸药是一类含有爆炸性基团或含有氧化剂和可燃物,能独立地进行化学反应并释放能量的化合物或混合物。

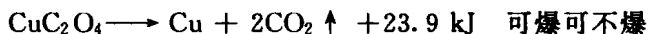
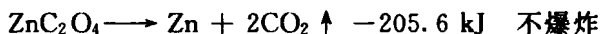
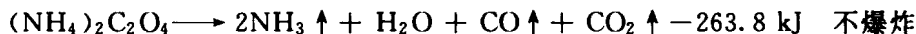
## 0.1 爆炸现象及基本概念

爆炸是物系进行的一种非常剧烈的物理、化学变化,在该变化过程中,物系的内能迅速转化为强大的热能并放出大量的气体,从而进一步将热能转化为压缩能或机械能,对周围物体产生不寻常的破坏作用。物系发生爆炸的能力,取决于以下三个基本要素,即反应的放热性、快速性及产物的气体性。

### 一、反应的放热性

物系发生爆炸变化的必要条件是反应的放热性。因为要使炸药发生分解反应,必须首先供给一定的能量,使其分子活化或破坏原来的结构,重新组合成新的产物分子,只有在爆炸反应时能释放热量,其已爆炸部分所放出的热量作为激发未爆炸部分的能源,爆炸过程(反应)才能自行传播下去。否则,如果反应不具有放热性,反应就不能自动传播下去,显然,这样的物质就不能成为炸药。

此外,爆炸反应的放热性还应当强烈,因为炸药爆炸是将化学能转化为热能,热能再转化为对周围介质所做的机械功,不放热或放热很少的反应是不能提供做功的能量的。例如:





应当特别注意的是：炸药(指固态和液态炸药)在爆炸时放出的热量并不是特别高。如按单位质量计算，并不比一般的燃料高，那为什么炸药能够发生猛烈的爆炸呢？这是因为按单位容积计算，炸药的含能量比一般的燃料要大得多，从而有很高的能量密度。因此，炸药也称高能量密度材料。表 0-1 列出了炸药和普通燃料的含能量比较。

表 0-1 炸药与普通燃料的含能量

物质	燃烧热或爆热/kJ		
	每千克物质	每千克燃料-空气混合物	每升燃料-空气混合物
木柴	18 841.5	7 955.3	19.7
无烟煤	33 496	9 211.4	18.0
梯恩梯	4 187	4 187	6 489.8
硝化甘油	6 280.5	6 280.5	10 048.8

注：燃料-空气混合物是指燃料完全氧化所需的空气和燃料的混合物。

由表 0-1 可见，以单位质量物质来比较，炸药爆炸放出的热量比普通燃料燃烧的低得多，就单位质量的燃料和空气混合物来看，炸药的能量也只相当于燃料和空气混合物能量的一部分。但是由于空气的密度小，空气混合物占的体积相当大，所以，就单位体积的含能量(即含能密度)来看，炸药的含能量可以达到燃料-空气混合物的一百倍甚至几百倍。

## 二、反应的快速性

快速的反应也是炸药发生爆炸的必要条件，是爆炸过程区别于一般化学反应的最重要的标志。例如，每千克无烟煤与空气混合物燃烧反应的放热量为 9 211.4 kJ，而每千克硝化甘油(NG)爆炸放出热量为 6 280.5 kJ，但前者需反应数分钟到数十分钟，而后者则可以在百分之几到百万分之几秒的时间内完成。也就是说，炸药爆炸反应速度要比普通燃料燃烧快千百万倍。虽然两者都会放出大量的热、生成大量的气体，但前者由于反应缓慢，气体产物可以扩散开而不致于形成高压；后者则由于反应速度极快，产物气体来不及膨胀，所放出的热量集中在炸药原来占有的容积内，而维持很高的能量密度，因此形成了高温、高压气体，使炸药具有巨大的功率和强烈的破坏作用。

以煤的燃烧为例来说明反应快速性的作用：



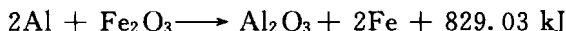
煤块在空气中燃烧可放出大量的热和气体，但并不爆炸，其原因是只有氧扩散到煤的表面才能起反应，而反应进行得较缓慢，反应放出的热量和气体逐渐扩散到周围大气中，不会形成高温、高压，因而也不能对外界产生激烈的机械作用，即爆炸作用。若将煤块粉碎成极细的粉末，并均匀地悬浮在空气中，则点火后就有可能产生爆炸，这是由于煤和氧气充分接触，反应十

分迅速。由此可知,面粉厂、亚麻厂等长期生产中产生的粉尘应及时清除,否则当其质量分数达到一定值时,受明火作用即可发生爆炸作用。20世纪80年代我国黑龙江省某亚麻厂发生的爆炸事件主要就是亚麻粉尘在空气中氧化反应速度的快速性所致。

### 三、产物的气体性

反应产物中有大量气体,是爆炸反应的热能转化为机械功的重要介质。因为爆炸产生的高温、高压气体迅速膨胀是要对外做功的。

有些物质,虽然在反应时放出大量的热,反应也很快,但不生成气体产物,没有做功的介质,就不可能自身将热能转化为功,故它不具有爆炸性。如铝热剂的反应:



此反应放出的热足以将产物加热到3 000℃,反应速度快,但产物在3 000℃时仍为液态,没有生成气体,所以不爆炸。

综上所述,反应的放热性、快速性及产物的气体性是决定爆炸过程的重要的三要素。放热给爆炸变化提供了能源,而快速性则是使有限的能量集中在较小容积内产生大功率的必要条件,反应生成的气体产物则是能量转换的工作介质,它们都与炸药的做功能力密切相关。三要素又是互相联系的,反应放出的热量将炸药加热到高温,从而使化学反应速度大大增加,即增大了反应的快速性。此外,由于放热可以将产物加热到很高的温度,这就能使更多的产物处于气体状态。

炸药的爆炸与火药的燃烧有许多相似的地方,如都具有反应的放热性及产生大量的气体,而不同之处主要是进行的速度不同,也就是说两者在反应时放出能量的速度上有“缓和”与“猛烈”的区别。火药的燃烧,根据武器的要求和所装药品的不同,燃烧时间可以从万分之一秒至几十秒,范围较宽,而炸药的爆炸是在几十万分之一秒或更短的时间内完成。再者火药是靠热传导导热而进行燃烧的,因而表现为有规律的一层一层地稳定燃烧,而炸药是靠爆轰波传递能量而进行爆炸的。因此,火药主要用作各种武器发射弹丸或推动火箭导弹前进的能源,而炸药则用于对特定目标的爆破。

由以上分析可知,受外界作用后,具有爆炸三要素的物系,即称为炸药。

## 0.2 火炸药的分类及用途

### 一、炸药的分类

#### 1. 按用途分类

根据火炸药的用途,可分为以下三大类。

(1) 起爆药(Primary explosives)。起爆药是一种对外界作用十分敏感的炸药。它不但在

比较小的外界作用(机械作用或热作用等)下,就能发生爆炸变化,而且变化速度可以在很短的时间内增至最大值。因此可用来引起其他炸药(如猛炸药)发生爆炸变化,用其装填各种起爆器材,如火帽、雷管(用以点燃火药和起爆猛炸药)等。有时亦称其为初级炸药、主发炸药或第一炸药。

常见的起爆药有:叠氮化铅 $[\text{Pb}(\text{N}_3)_2]$ 、雷汞 $[\text{Hg}(\text{ONC})_2]$ 、斯蒂酚酸铅 $[\text{C}_6\text{H}(\text{NO}_2)_3\text{O}_2\text{Pb}]$ 、特屈拉辛 $[\text{C}_2\text{H}_8\text{ON}_{10}]$ 等。

(2) 猛炸药(High explosives 或 Secondary explosives)。猛炸药爆炸时对周围介质有强烈的机械作用,能粉碎附近的固体介质,故猛炸药可作为爆炸装药装填各种弹丸及爆破器材。它需要较大的外界作用或一定量的起爆药作用才能引起爆炸变化。故有时称其为次发炸药、高级炸药或第二炸药。

常用的猛炸药有梯恩梯 $[\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{CH}_3]$ 、特屈儿 $[\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_4\text{NCH}_3]$ 、黑索金 $[(\text{CH}_2\text{N}-\text{NO}_2)_3]$ 、奥克托金 $[(\text{CH}_2\text{N}-\text{NO}_2)_4]$ 、太安 $[\text{C}_5\text{H}_8(\text{ONO}_2)_4]$ 等。

(3) 发射药(Propellant 或 Powder)。发射药又称为火药或推进剂。它能在无外界助燃剂参与下,进行有规律的快速燃烧,产生高温高压气体对弹丸或被发射物做抛射功。因此,火药装在炮弹的药筒、追击炮弹的尾部以及火箭发动机内作为发射药或推进剂。

常用的发射药有硝化棉火药和硝化甘油火药等。

以上三种药之间并无绝对界限,某些火药在特定条件就可作为猛炸药(如硝化棉和硝化甘油),而一些典型的猛炸药(如奥克托金、黑索金等)也能用作推进剂的组分以改善推进剂的性质。本教材主要叙述火药及猛炸药(简称炸药)的生产技术。

## 2. 按组分分类

按组分分类的方法很多,在此介绍一种简单方法,火炸药可分为单组分体系和混合组分体系两大类。

(1) 单组分体系。单组分体系火炸药又称爆炸化合物,它本身是一种均一的相对稳定的化合物。在一定的外界作用下,能导致它分子内键的断裂,使其发生迅速的爆炸变化,生成热力学稳定的化合物。这类炸药多数是含氧有机物,能进行分子内燃烧,放出大量的热。其中最重要的有以C—NO<sub>2</sub>、N—NO<sub>2</sub>及O—NO<sub>2</sub>三种基团分别构成三种类型的单质炸药:硝基化合物炸药(如梯恩梯)、硝胺炸药(如黑索金、奥克托金)、硝酸酯炸药(如硝化甘油、硝化棉、太安等)。

(2) 混合组分体系。混合组分体系又称燃爆混合物,是由两种以上化学性质不同的组分组成的能发生燃烧、爆炸反应的混合物系。如混合炸药、发射药、固体推进剂等,其中的主要组分是含有氧化元素和可燃元素的爆炸性化合物。

军用混合炸药一般按物理状态可分为固体炸药、液体炸药、气体爆炸混合物等;按形状可分为塑性炸药、挠性炸药、弹性炸药及黏性炸药等;按性能特点可分为高爆速炸药、高威力炸药、耐热炸药、特种炸药及不敏感炸药;按装药方法可分为压装型炸药、熔铸型炸药、浇铸固化

型炸药及塑态挤注型炸药等。

工业炸药按组成可分为胶质炸药、铵梯炸药、铵油炸药、浆状炸药、水胶炸药、乳化炸药等。发射药和推进剂均属于混合组分体系。

由此看来,混合组分体系种类繁多,并且组成可以依用途不同而调整,是火炸药行业中很有发展前途的一类。

### 3. 按照结构体系分类

按照结构体系分类,可分为单相均质体系和多相异质体系两类。如发射药可分为单基药、双基药、三基药;推进剂可分为双基推进剂和复合推进剂等。

## 二、火炸药的用途

由于火炸药作为能源的特殊性,它无论在军事上还是民用方面都广泛地使用,在国防建设中具有相当重要的地位,甚至可以认为武器离开了火炸药将是无用的。

### 1. 在军事领域的应用

火炸药是各类武器火力系统完成弹丸发射,实现火箭、导弹运载的动力能源,也是战斗部进行毁伤的能源和各种驱动、爆炸装置的动力;是武器装备实现远程发射、精确打击、高效毁伤的重要保障。因此,火炸药是海、陆、空各类武器系统不可缺少的重要组成部分,是国家的重要战略物资。火炸药直接影响并决定着武器装备的性能和军队战斗力的发挥,是赢得战争胜利的保障。

### 2. 在民用领域的应用

#### (1) 利用炸药能源进行机械加工和工程施工。

如用于爆炸拆除、爆炸包覆、爆炸切割、爆炸成型、粉末压实、爆炸铆接和焊接等。

特种炸药如塑性炸药、黏性炸药、橡皮炸药和耐热炸药等,分别适用于外形复杂的、运动中的、水中和水上的和矿井下的等多种环境的爆破。

由于工农业的需要,发展和使用了如硝酸铵炸药、铵油炸药、乳化油炸药等多种民用炸药品种,应用于露天、井下、水中以及高温等特殊环境的大规模的采矿和爆破。

工业炸药在地质勘探中也有重要的作用,如被应用于产生地质震动波的震源弹药。

#### (2) 利用火药的化学能做推进功。

如用来发射人工降雨火箭、打开或关闭宇航装置的舱盖、打开安全通道、将重要的部件或人员推送到安全位置等(如飞机上的弹射座椅)。另一种是通过抛射器远距离运送物质,如在人员受阻或者机械难以到达之处,进行山地架线、海上抛缆、森林和高层建筑灭火、发射麻醉弹等。

火药产生的高压气体可以直接做功,能把推动力作用于载荷的深处和内部,作用的范围大,特别适合对大批量物质进行分割和松动。如以火药为能源的油井岩石压裂装置,可明显地增加石油的产量。



(3) 作为气源应用于气体发生器。

火药燃烧时释放出大量的热和气体,它的反应速度非常快,是一般气体发生剂所不能代替的。用它制造的气体发生器,在出气口处不发生冻结现象,充气的时间短,适合于在紧急条件下以及人员不易接近的场所使用。如用于汽车安全气囊、海上自动充气救生装置等。

(4) 利用火炸药热能和声、光、烟效应。

火炸药化学反应的热效应是每千克数兆焦耳,其反应启动快、放热快,方便于在特殊的场所应用。如作为燃烧剂,纵火烧毁难以燃烧的废弃物料;用于电力装置的自动熔断器;作为发声剂、发光剂、发烟剂应用于运动界和影视界等。

因此,火炸药技术的发展不仅对常规兵器乃至整个国防工业和国民经济的发展都具有十分重要的作用;火炸药作为民用爆破的主要能源,应用面广、量大,无论现在和将来都会在矿业、冶金、建筑、石油等行业发挥重要作用,是一种特殊而又重要的化工产品。

## 0.3 火炸药技术发展趋势

### 一、炸药的发展趋势

#### 1. 单质炸药

梯恩梯、黑索金、奥克托金仍然是 21 世纪初战术武器应用的三大单质炸药,是未来武器装备的基础。

据统计,梯恩梯、黑索金、奥克托金为基的炸药品种占混合炸药品种的 95%,在需要提高战斗部杀伤威力的装药中改性 B 炸药将得到推广。黑索金和奥克托金的应用日趋广泛,它们仍然是 21 世纪战术武器应用的主炸药。

#### 2. 燃料-空气炸药

燃料-空气炸药作为一种有效的爆炸能源而引起极大的关注,并得到迅速的发展。进入 21 世纪将积极进行第三代燃料-空气炸药武器的研制,其关键技术是一次起爆技术,它不仅决定了云雾能否爆轰,而且对爆轰性能也有一定的影响。

#### 3. 不敏感炸药

不敏感炸药主要用于机载、舰载、车载武器弹药的战斗部装药,要求它在高温和火焰中不易烤燃,不殉爆,且一旦发生意外点火时,只燃烧而不易转为爆轰,在破片冲击、枪弹冲击或其他机械冲击作用下,不易引起事故性的意外爆炸。

#### 4. 高能量密度材料

高能量密度材料的技术发展应是 21 世纪的主攻方向,因为高能量密度材料直接影响火炸药技术的发展。如 20 世纪 80 年代末合成的六硝基六氮杂异伍尔兹烷(HNIW)能量比奥克托金高 6%~9%,作为组分加入发射药、推进剂和混合炸药中可显著提高产品的能量密度,提高