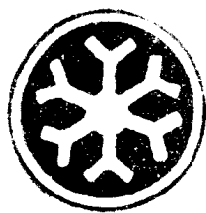


火药设计基础

黄人骏 宋洪昌 编著



北京理工大学出版社

971414

火药设计基础

黄人骏 宋洪昌 编著

北京理工大学出版社

内 容 简 介

本书是“火药”专业系列教材之一,内容着重阐述了火药的能量、燃烧、力学、安定性、工艺性质与火药配方的关系。

为火药专业的本科生、研究生及从事火药科研、设计、生产的科技人员提供有关火药的基本概念、基本理论、基本数据及配方设计的基本方法。教材内容除了一部分基本理论以外,均取材于国内外最近出版的教材、杂志、专题报告与论文集,每一章后面均附有参考文献,以便读者深入研究时查阅。

图书在版编目(CIP)数据

火药设计基础/黄人骏、宋洪昌编著. —北京:北京理工大学出版社, 1997. 4
兵工统编教材
ISBN 7-81045-240-1

I. 火… II. 黄… III. 发射药-设计-教材 IV. TQ562

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 00400 号

北京理工大学出版社出版发行

(北京市海淀区白石桥路 7 号)

邮政编码 100081 电话 68422683

各地新华书店经售

国防科工委印刷厂印刷

*

787×1092 毫米 16 开本 14.5 印张 368 千字

1997 年 4 月第一版 1997 年 4 月第一次印刷

印数: 1—800 册 定价: 18.50 元



※图书印装有误,可随时与我社退换※

出版说明

遵照国务院国发〔1978〕23号文件精神,中国兵器工业总公司承担全国高等学校兵工类专业教材的规划、编审、出版的组织工作。自1983年兵总教材编审室成立以来,在广大教师的积极支持和努力下,在国防工业出版社、兵器工业出版社和北京理工大学出版社的积极配合下,已完成两轮兵工类专业教材的规划、编审、出版任务,共出版教材211种。这批教材出版对解决兵工专业教材有无问题、稳定教学秩序、促进教学改革及提高教学质量都起到了积极作用。

为了使兵工类专业教材更好地适应社会主义现代化建设需要,特别是国防现代化培养人才的需要,反映国防科技的先进水平,达到打好基础、精选内容、逐步更新及利于提高教学质量的要求,我们以提高教材质量为主线,完善编审制度、制定质量标准及明确岗位责任,制定了由主审人审查、责任编委复审和教编室审定等5个文件。根据兵工类专业的特点,成立了十个专业教学指导委员会,以更好地编制兵工类专业教材建设规划,加强对教材的评审和研究工作。

为贯彻国家教委提出的“抓好重点教材,全面提高质量,适当发展品种,力争系列配套,完善管理制度,加强组织领导”的“八五”教材建设方针。兵总教材编审室在总结前两轮教材编审出版工作的基础上,于1991年制订了1991~1995年兵工类专业教材编写出版规划,共列入教材220种。这些教材都是从学校使用两遍以上、实践证明是比较好的讲义中遴选的,专业教学指导委员会从兵工专业教材建设的整体考虑对编写大纲进行了审查,认为符合兵工专业培养人才要求,符合国家出版方针。这批教材的出版必将对兵工专业教材的系列配套,对提高教学质量和培养国防现代化人才,对促进兵工类专业科学技术的发展,起到积极的作用。

本教材由王泽山教授主审,经中国兵器工业总公司火炸药专业教学指导委员会复查,兵总教材编审室孙业斌教授审定。

限于水平和经验,这批教材的编审出版难免有缺点和不足之处,希望使用本教材的单位 and 广大读者批评指正。

中国兵器工业总公司教材编审室

1994年11月

火药系列教材

火 药 设 计 基 础

火药系列教材编审委员会

主任委员：王泽山

常务副主任委员：孙业斌

副主任委员：牛秉彝 戴健吾 刘继华

委员：（按姓氏笔划）

王泽山	牛秉彝	白木兰	刘继华	孙业斌
肖学忠	罗秉和	陆安舫	赵子立	张端庆
徐复铭	徐德平	谭惠民	戴健吾	

火药系列教材总序

“火药系列教材”就要问世了，我们谨以这套教材献给我国火药行业的全体同仁，希望它为发展我国火药科学技术、为培养火药专业后继人才做出贡献。

常期以来，火药不仅在军事上用于枪炮弹丸的发射和火箭导弹的推进，而且在民用方面也有着广泛的用途。火药（后来叫黑火药）是我国古代四大发明之一，公元3世纪我国古代劳动人民就发现了火药的燃烧性质，公元10世纪火药用于军事，此后中国出现了多种火药兵器。公元13世纪，火药才传入阿拉伯国家，进而传入欧洲，得到了广泛的应用。恩格斯曾提到中国的黑火药打破了欧洲16世纪的城堡。直到19世纪末，黑火药一直是各种枪炮和火箭的唯一发射能源，它对军事技术、人类文明及社会进步都产生了深远的影响。近代火药的制造始于19世纪初，1833年法国人布拉科诺(Braconnot)首先制出了硝化纤维素，为火药的革新打开了大门。1865年英国化学家阿贝尔F. A. (Abel F. A.)用细断法制得了安定的硝化纤维素，直到1884年法国化学家维也里P. (Vieille P.)用醇醚混合溶剂处理硝化纤维素，解决了它的密实成型问题，发明了单基火药。由于它燃烧时无烟且威力比黑火药大，从而取代了黑火药作为发射药的地位。1847年意大利人索布雷罗(Sobrero)制造出硝化甘油。1862年瑞典化学家诺贝尔A. B. (Nobel A. B.)开设了第一个硝化甘油工厂，1888年他用低氮量硝化纤维素和硝化甘油发明了巴力斯太型双基火药，为近代火药增加了新品种。第二次世界大战期间，为了满足大口径炮弹、大型火箭及形状复杂的发射装药要求，1937年在德国出现了三基药。1942年美国又研制出了一系列的复合火药，本世纪60年代又出现了高能量、高燃速以及力学性能和工艺性能良好的火药，明显地提高了推进火箭用的火药性能，与此同时，又加强了用于推进弹丸的装药研究。近年来，世界各国继续进行新火药和火药装药研究，也开展了改善单项性能指标的研究，研制适应不同武器要求的特种性能火药。例如研制高能低烧蚀发射药、高能高强度发射药、高能无烟推进剂、高能平台推进剂、高燃速推进剂及低燃速推进剂等，并以提高火药生存能力为重点，发展低易损性火药。

解放前，我国的火药工业发展缓慢，自1895年上海建立第一所单基无烟药厂后，到1945年才建立第一所双基火药厂。

建国以来，我国的火药工业与火药科学技术随着国民经济的迅猛发展，从仿制到自行设计，有了长足发展。我国研制的火药已有很多品种接近或赶上世界先进水平。但就火药学科总体而言，我国还落后于经济发达国家。为了使我国火药科学技术进一步发展，尽快缩小与先进国家的差距，达到国际水平，我们非常需要培养一支掌握现代火药知识且结构合理的技术队伍。这是振兴我国火炸药行业的百年大计，这套火药系列教材就是为了实现这一目的而编写的。另外，我国有一大批在火药园地上辛勤耕耘了几十年的专家，他们在长期的教学、科研和生产中，取得了丰硕的成果并积累了极其丰富的经验，这是我国火药行业非常宝贵的财富。现在这些专家大多年事已高，非常希望把他们多年积累的知识传给后人，进而发扬光大。这套“火药系列教材”也是为了实现专家们的这一心愿及为祖国留下这一宝贵财富而编写的。

“火药系列教材”共10本，包括火药原材料、设计理论、燃烧理论、生产工艺、应用技

术、实验与性能以及安全技术等各个方面内容，取材适当、重点突出、符合专业教学大纲要求。既反映现代火药科学技术水平及最新成果，又结合我国火药科研、生产现状及编著者本人多年积累的教学、科研经验。与国内已出版的同类专著和教材相比，内容有较大幅度的翻新，有一部分教材则系国内首次公开出版。本系列教材全面采用国家法定计量单位，贯彻执行国家现行标准，读后将令人有耳目一新之感。

本系列各门教材均聘请实验经验丰富、学术造诣较深的教授和副教授担任主编，编写大纲于1988年5月经专家审定后，教材的初稿又通过火药系列教材编审委员会初审和专家主审，最后由“兵总”教材编审室审定定稿。

“火药系列教材”的出版，归功于各编者数年来锲而不舍的辛勤劳动，归功于编审委员会各位专家的热情指导，归功于“兵总”教材编审室的积极倡导与卓有成效的努力工作，归功于中国兵器工业总公司教育局及有关领导的关心和支持，还归功于北京理工大学出版社和有关印刷厂的鼎力协助，我们对此深表感谢！

为了国防科学技术的现代化，我们期待所有的火药工作者，努力贡献自己的劳动和智慧，攀登火药科学的新高峰！

在我国编写“火药系列教材”尚属首次，限于水平，教材中的缺点、错误或不尽人意之处在所难免，我们热切希望读者不吝赐教。

“火药系列教材”编审委员会

王泽山 孙业斌

1993.2

前 言

火药是我国古代的四大发明之一。它在历史上对推动武器与科学技术的发展,促进人类文明与社会进步曾经作出过巨大的贡献。现代火药是现代常规兵器与中、远程火箭及导弹的重要组成部分。它对保卫国防与发展航空、航天事业具有重大的实际意义。在一些民用工业部门中,某些特殊作业工具(如石油开采的压裂弹、某些合金材料大型零件的压力加工、海上救生工具的快速充气等)也使用现代火药。它们能在特殊条件下,起着其他能源难以发挥的作用。

然而,由于火药应用范围广泛,武器对火药的性能要求复杂多样,且有些要求之间还互相制约。另外,火药成分复杂,又在高温、高压下燃烧,这些情况都给火药性能研究带来一定的困难,以致在一个相当长的时期内,人们对下列问题仍缺乏足够的了解:①火药燃烧的化学反应过程与火药成分之间的对应定量关系;②高速冲击下火药动态力学性能与火药成分之间的定量关系(特别是火药动态力学性能与火炮内弹道性能间的关系);③火药工艺性能(特别是具有化学反应的工艺过程)与火药成分之间的变化规律等。所有这些问题都给火药配方设计造成了一定的困难,除了火药能量性质与火药成分的关系能够根据热力学原理进行定量计算以外,火药的其他性能均需要靠实验确定。这就使火药配方设计长期处于经验与半经验阶段,未能建立起系统的理论。

近年来,随着高分子、燃烧、高速冲击力学、计算机等科学的发展,火药工作者正在不断地吸收上述学科的科研成果来改进与提高火药配方设计。正是在这一思想的指导下,作者在多年的教学与科研工作中,搜集了有关火药配方设计的一些基本理论、基本数据与基本方法,经过综合分析编写了这本教材,目的是抛砖引玉,以期引起广大读者都来关心与发展火药配方设计原理,繁荣我国的火药事业。

本书由黄人骏主编,宋洪昌编写他创建的火药燃烧一维气相反应流燃烧模型及燃速计算部分,杨栋编写火药燃烧一维气相反应流燃速计算机计算程序。

本书承火药系列教材编审委员会王泽山教授主审,孙业斌、刘继华、牛秉彝教授审阅,提出很多宝贵意见,特此表示衷心感谢。

火药设计基础一书单独编写成册,还是一次初步尝试。书中存在的缺点与错误,敬请读者批评指正。

编著者

1996.9

火药系列教材目录

序 号	教 材 名 称	主 编 人
1	火炮与火箭内弹道原理	张柏生
2	火药装药设计原理	王泽山
3	火药用原材料性能与制备	张端庆
4	火药实验方法	谢文心
5	火药设计基础	黄人骏
6	火药物理化学性能	刘继华
7	单基与多基火药	牛秉彝
8	双基火药	张续柱
9	复合火药	马庆云
10	火药燃烧理论	王伯羲

目 录

第1章 绪 论	(1)
参考文献	(7)
第2章 火药能量性质与配方的关系	(8)
2.1 火药能量与武器弹道性能的关系	(8)
2.2 火药的能量示性数	(9)
2.3 火药成分及其燃烧产物的热化学性质	(11)
2.4 火药能量示性数计算方法	(15)
2.5 以火药能量为主的配方设计	(36)
参考文献	(37)
第3章 火药的燃烧性质与配方的关系	(38)
3.1 火药燃烧时的火焰结构	(39)
3.2 火药燃速与配方及外部条件的关系	(50)
3.3 火药燃速的理论计算	(72)
参考文献	(106)
第4章 火药力学性能与火药配方设计的关系	(108)
4.1 火药在火炮发射时遭受的外力破坏作用及受损火药燃烧时对火炮内弹道性能的影响	(108)
4.2 火炮火药动态力学性能及其试验方法	(113)
4.3 火炮火药力学性能与火药组分的关系	(135)
4.4 火箭火药力学性能的特点	(142)
参考文献	(152)
第5章 火药物理化学安定性及感度与配方的关系	(155)
5.1 均质火药的物理安定性与配方的关系	(155)
5.2 均质火药化学安定性与配方的关系	(159)
5.3 复合火药的安定性特点	(169)
5.4 火药感度与配方的关系	(170)
参考文献	(173)
第6章 火药加工性质与配方的关系	(174)
6.1 聚合物材料成型加工方法与聚合物聚集态的关系	(175)
6.2 聚合物熔体与增塑体的流变性质	(177)
6.3 均质火药的加工性质	(179)
6.4 复合火药加工性质的特点	(185)
参考文献	(189)
第7章 火药配方设计、试制与性能综合试验	(190)
7.1 火药配方设计任务分析	(190)
7.2 火炮火药配方设计方法	(191)
7.3 火箭火药配方设计方法简介	(198)
7.4 专家系统在火药配方设计中的应用简介	(203)

7.5 火药基础配方的试制与性能综合试验.....	(210)
参考文献	(211)
附录	(212)

第1章 绪 论

火药是我国古代四大发明之一，它对武器与科学技术的发展，对人类文明与社会进步都曾经作出过巨大的贡献。

早在公元前6世纪，我国即已有配制黑火药原料（木炭、硝石、硫黄）的记述。并且当时已有一些炼丹家企图利用这些原料来炼制仙丹（理想中的长生不老药），而一些医学家则希望用这种“药”来避瘟疫，然而，这种药在炼制过程中却极易着火燃烧，很难“驯服”。直至公元3世纪人们才开始掌握这种“药”的炼制规律，终于发明了“火药”——黑火药。由于“黑火药”具有易着火、燃烧的特殊功能，最终它没有成为仙丹，却成为军事家将其用于革新战斗武器的能源。

火药出现以前，人们在战争中长期使用的是刀、枪、弓箭、戟等，这些兵器，只能靠人力进行面对面地搏斗，不仅杀伤力小而且不能进行远距离战斗。火药的发明，促使战斗工具发生了一次革命性的变化。公元10世纪，我国北宋时期，以黑火药为发射能源的“火器”（火铳、火箭等）大量出现，这些新兵器的出现极大地提高了人们的战斗力，改变了战场的面貌，使武器的发展产生了一次飞跃。

13世纪以后，随着东西方文化与商业的交流，火药也逐渐通过阿拉伯各国传入西方，并且在欧洲得到了进一步的发展。

18世纪中期，黑火药也作为炸药在欧洲用于矿山爆破，显著地提高了采矿效率，推动了冶金工业的发展。19世纪后期，矿山采掘工业要求使用性能更好、威力更大的炸药，正在这时，瑞典科学家诺贝尔(Alfred Nobel)将当时已经出现的硝化纤维素(1883年法国化学家Braconnot 首先制得)吸收硝化甘油(1847年意大利的Sobrero 首先制得)并与木粉混合制得一种新的混合炸药——爆胶。爆胶是一种威力很大的炸药，它的问世不仅改变了矿山采掘工业的面貌，而且为诺贝尔在1888年发明了又一种新的火药——硝化甘油火药奠定了基础，同时也开创了现代火炸药与爆破器材工业。诺贝尔并因此成为举世闻名的科学家与企业家。自1901年以来，以诺贝尔的名字命名的科学技术界的最高奖赏——“诺贝尔奖金”，对世界科学、技术的发明与创造，一直起着极大的鼓励与推动作用。

火药是现代武器的一种发射能源。19世纪70年代以前，世界上所有的枪、炮与火箭都使用黑火药。但是，黑火药的能量低，易吸湿，且发射时会产生大量的烟。1884年法国化学家维也里(Vielle)将硝化纤维素以醇、醚混合溶剂处理制得了一种新火药——单基火药。随后(1888年)诺贝尔又发明了硝化甘油火药(亦称双基火药)，这些火药不仅作功能力比黑火药大，而且发射时产生的烟很少，故当时人们称它们为无烟火药，并很快取代了黑火药。无烟火药

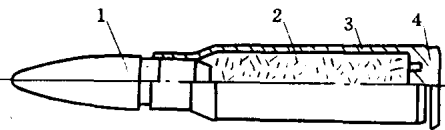


图1-1 火药在枪弹中的应用

1—子弹头；2—粒状火药；3—弹壳；4—火帽

在武器上的应用，又一次极大地推动了武器的发展。在这以后，各类身管武器大量涌现，武器的射程与射击精度也大为提高。现在经过改进与合理设计的单、双基火药已经成为现代各

类身管武器及火箭的主要发射能源（图 1-1 至图 1-14）。

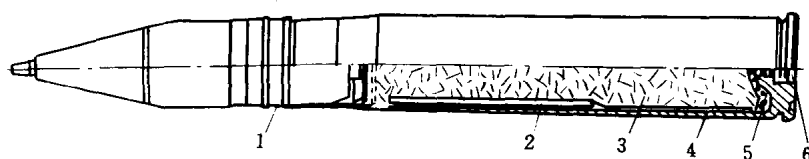


图 1-2 火药在 37mm 高炮榴弹中的应用

1—弹丸；2—钝感衬纸；3—粒状火药；4—药筒；5—底部点火药包；6—底火

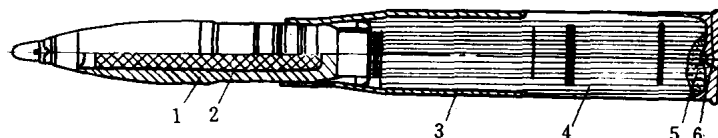


图 1-3 火药在 100mm 高炮榴弹中的应用

1—弹丸；2—炸药；3—药筒；4—管状火药束；5—底部点火药包；6—底火

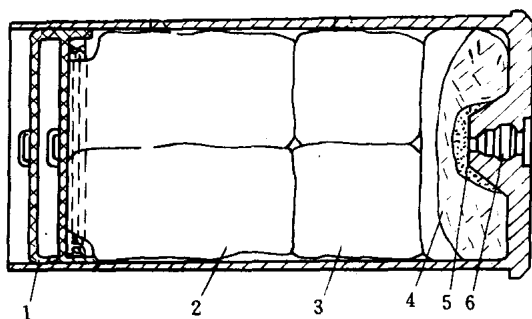


图 1-4 火药在 122mm 火炮榴弹药筒中的应用

1—密封盖；2—粒状上药包；3—粒状下药包；
4—基本药包；5—底部点火药包；6—底火

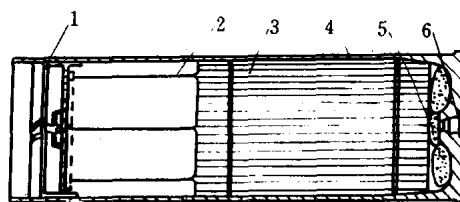


图 1-5 火药在 152mm 加榴弹药筒中的应用

1—密封盖；2—粒状火药包；3—管状火药束；
4—药筒；5—底部点火药包；6—底火

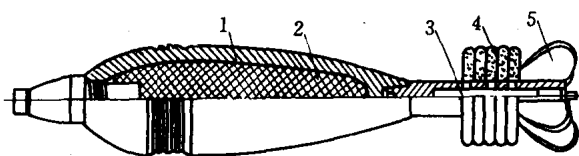


图 1-6 火药在 100mm 迫击炮弹中的应用

1—弹体；2—炸药；3—尾管中的
基本装药；4—附加药包；5—尾翅

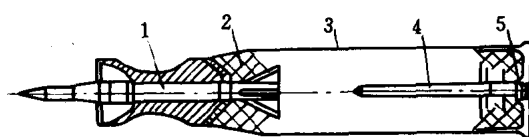


图 1-7 火药在 120mm 高压滑膛炮
脱壳穿甲弹中的应用

1—脱壳穿甲弹；2—火药；3—药筒；
4—传火管中的传火药；5—底火

第二次世界大战期间及战后，现代火箭与导弹武器的蓬勃发展，要求进一步提高火药的能量与增大火药药柱的尺寸，于是高能均质火药与复合火药又应运而生。复合火药的出现，反过来又促进了火箭与导弹技术的提高，现在世界各国 80% 以上的火箭与导弹都采用固体火药（均质型火药与复合型火药）。

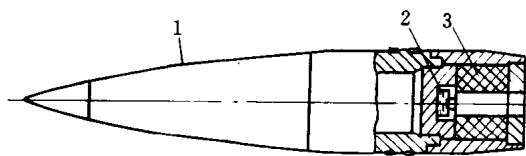


图 1-8 火药在 155mm 火炮底部
排气弹中的应用
1—弹丸；2—点火药；3—火药

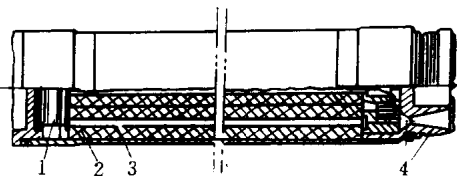
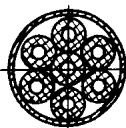


图 1-9 火药在野战火箭弹发动机中的应用
1—点火药；2—管状火药；3—燃烧室壳体；4—喷管

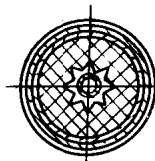
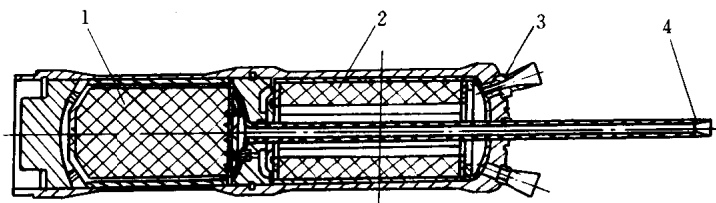


图 1-10 火药在反坦克导弹中的应用

1—续航发动机中的火药柱；2—起飞发动机中的火药柱；3—起飞发动机喷管；4—续航发动机喷管

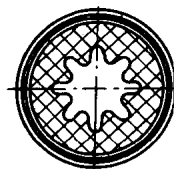
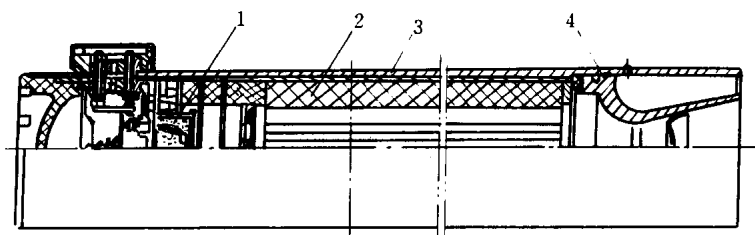


图 1-11 火药在空空导弹发动机中的应用

1—点火药；2—星形火药柱；3—发动机壳体；4—喷管

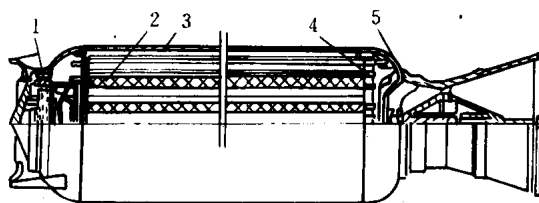
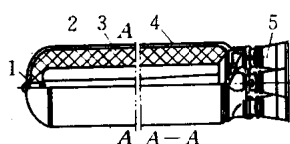
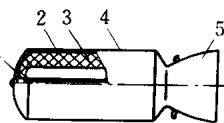


图 1-12 火药在防空导弹助推器中的应用

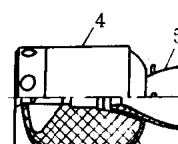
1—点火药；2—管状火药；3—燃烧室；4—挡药板；5—喷管



(a)



(b)



(c)

图 1-13 火药在弹道式导弹（民兵 IV）第一、二、三级发动机中的应用

1—点火器；2—内绝热层；3—内孔燃烧星形、十字形管火药柱；4—发动机壳体；5—喷管

火药是一种自身含有氧化剂（主要是有机及高分子炸药与含有有效氧元素的无机含氧酸盐）及可燃物（主要是有机高分子化合物及其增塑剂等及某些轻金属元素），具有致密的物理结构与规定的形状、尺寸，在适当的外界激发能的作用下，能够迅速而规律地燃烧，并放出大量热与气体的物质。这种火药在火炮药室与火箭燃烧室中燃烧时产生的高温、高压气体能够迅速膨胀作功，推动弹丸与火箭飞行。所以，火药是武器的发射能源。在某些动力装置中火药也可以产生驱动力。

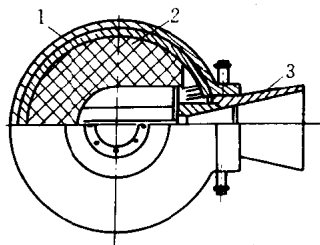


图 1-14 火药在球形（姿控）火箭发动机中的应用
1—发动机壳体；2—火药；3—喷管

常见的炮用火药及火箭火药的端面形状如图 1-17、图 1-18 所示。

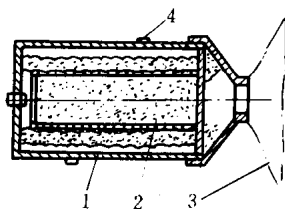


图 1-15 火药在水上救生装置中的应用
1—气体发生器壳体；2—火药；3—气囊

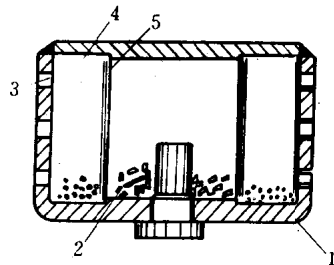


图 1-16 火药在汽车驾乘人员安全防撞装置中的应用
1—壳体；2—火药；3—排气孔；4—气体冷却与过滤室；5—过滤网

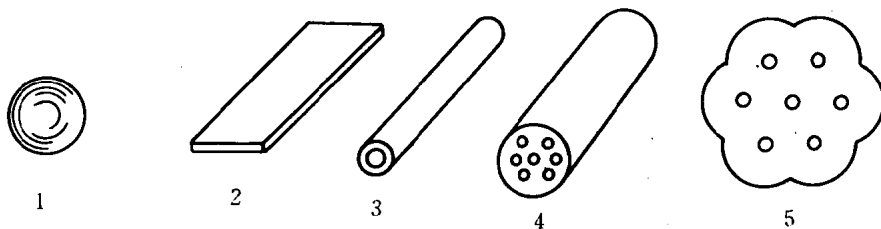


图 1-17 几种常用炮用火药的端面形状
1—球形；2—带状；3—管状；4—多孔粒状；5—多孔花边状

目前，常用的火药有下列几类：

(1) 以高、低分子有机炸药为基础组成的溶塑火药。这类火药中的高分子炸药主要是硝化纤维素。以乙醇、乙醚、丙酮、乙酸乙酯等有机溶剂溶塑硝化纤维素可以制得单基火药（其配方见表 1-1）。以硝化甘油、硝化二乙二醇等具有爆炸性的增塑剂增塑硝化纤维素可以制得双基火药或混合酯火药（表 1-2~1-3）。以双基火药药料为基体，添加适量的低分子固体炸药（硝基胍-NQ、黑索今-RDX 等）可以制得三基火药与硝胺火药（表 1-4）。

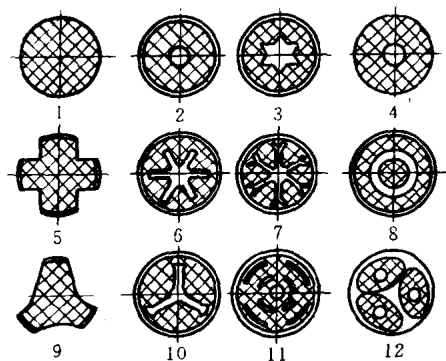


图 1-18 某些火箭火药柱的端面形状

1—实心圆柱；2—内燃管状；3—内燃星形；4—管状；5—十字形；6—车轮形；7—树枝形；8—套管型；9—三臂形；10—狗骨型；11—多槽形孔；12—椭圆形

表 1-1 单基火药配方举例

火 药 成 分	枪 药	炮 药
	$w_i \times 100$	
硝化纤维素(NC)($w_N \times 100 \geq 13.0$)	94~96	—
($w_N \times 100 = 12.8 \sim 13.0$)	—	94~96
二苯胺(DPA)	1.2~2.0	1.2~2.0
樟 脑	0.9~1.8	—
石 墨	0.2~0.4	—
剩余溶剂及水	1.7~3.4	1.8~3.3

表 1-2 双基炮用火药配方举例

火 药 成 分	线膛炮用双基火药	迫击炮用双基火药
	$w_i \times 100$	
硝化纤维素($w_N \times 100 = 12.0$)	56.0	58.6
硝化甘油(NG)	26.5	40.0
二硝基甲苯(DNT)	9.0	—
苯二甲酸二丁酯(DBP)	4.5	—
中定剂(Centralite, 简称 C)	3.0	0.8
凡士林(Vaseline, 简称 V)	1.0	0.5
水	0.3	0.3

表 1-3 火箭用双基火药配方举例

火 药 成 分	JPN(美)	PCH-12M(苏)
	$w_i \times 100$	
硝化纤维素($w_N \times 100 = 13.25$)	51.4	—
($w_N \times 100 = 12.0$)	—	54.5
硝化甘油	42.9	26.5
二硝基甲苯	—	12.0
苯二甲酸二丁酯	3.23	—
中定剂	1.0	3.0
凡士林	—	1.0
硫酸钾	1.25	—
蜡	0.2	1.8
炭 黑(CB)	(0.2)	—
氧化铅	—	1.2

表 1-4 炮用三基火药与硝酸火药配方举例

火 药 成 分	三基火药	硝酸火药
硝化纤维素($w_N \times 100 = 12.6$)	28.0	29.3
硝化甘油	22.5	22.7
硝基胍	47.7	5
黑索今(RDX)	—	36.5
乙基中定剂(C_1)	1.5	1.5
苯二甲酸二辛酯(DOP)	—	5.0
冰晶石	0.3	—

溶塑火药中的氧化元素与可燃元素均寓于火药主成分的同一分子中。单、双基火药由于是硝化纤维素分别以低分子有机溶剂溶胀与具有爆炸性增塑剂增塑制成的高分子化合物增塑体系,它们相互之间虽然不是以分子状态分散,但是,它们能够比较均匀地分散于火药中。因此,这类火药也称为均质火药。

(2) 以无机含氧酸盐为氧化剂与非爆炸性高聚物及增塑剂等为基础组成的复合火药(表 1-5)。这类火药中的氧化元素与可燃元素分别寓于不同的化合物中。氧化剂主要为高氯酸盐(高氯酸铵-AP、高氯酸钾-KP)与硝酸盐(硝酸钾、硝酸铵等)。而非爆炸性高聚物主要有聚硫橡胶-PS、聚氨酯-PU、端羟基(或端羧基)聚丁二烯-(HTPB、CTPB)等。它们兼具可燃物与粘结剂双重功能。由于这类火药中的氧化剂与可燃物在火药中分成明显的两相,因此,也称它们为异质火药或者复合火药。

表 1-5 复合火药配方举例

火 药 成 分	$w_i \times 100$
HTPB 及其固化剂等	11.0
AP	70.0
Al 粉	15.75
Fe_2O_3	0.75
Al_2O_3	0.5
己二酸二辛酯(DOA)	2.0

火药是武器与某些动力装置的发射(驱动)能源,它必须装于武器(或动力装置)的某些部件(如火炮药室、火箭燃烧室等)中才能发挥有效的作用。因此,火药是武器的重要组成部分,或者可以说是武器某些部件的一组元件,对于某些动力装置(如壳体粘结式火箭发动机),火药甚至还起着结构元件的作用。

作为武器的发射能源,武器对火药有一系列基本要求:

- (1) 火药必须具有足够的作功能力;
- (2) 火药在武器发射时应该能够正常燃烧,且具有武器所要求的燃速,并应尽量避免产