

火药化学与工艺学

任玉立 陈少镇 编著

国防工业出版社

TQ562
8

火药化学与工艺学

本书是根据作者在多年从事火药化学与工艺学教学和科研工作的经验编写而成的。全书共分八章，主要介绍火药化学与工艺学的基本理论、基本知识和基本技能。本书可作为高等院校化学工程与工艺专业及相关专业的教材，也可供从事火药化学与工艺工作的工程技术人员参考。

任玉立 陈少镇 编著

62334

国防工业出版社

内 容 简 介

本书重点对以硝化纤维素为基础的均质火药的化学与工艺学进行了比较全面的介绍。书中着重从均质火药（包括单基和双基火药）的工艺理论，如药料的溶解性能，药料加工成型的理论基础，影响这些性能的参数和各种因素以及药料在加工过程中发生的物理化学现象等进行了比较全面和系统的论述。

本书为高等院校火药专业的教科书，亦可供有关此专业的工程技术、科研人员工作中参考。

火药化学与工艺学

任玉立 陈少镇 编著

国防工业出版社 出版

廊坊日报印刷厂印刷

内部发行

787×1092¹/₁₆ 印张 18 415 千字

1981年8月第一版 1981年8月第一次印刷 印数：0,001—2,000册

统一书号：N15034·2234 定价：1.85元

7-212

目 录

本书比较全面地介绍了以硝化纤维素为基础的均质火药，其中包括单基火药(共七章)和双基火药(共十章)两大部分。

长期以来，无论是单基火药，还是双基火药，在很大程度上，特别是制造工艺上取决于感性认识，难以从基本理论出发来认识和分析火药所处状态。因此，迫切需要能用理论来指导认识和分析火药制造工艺和火药的基本性能。

为此，本书着重从火药加工工艺过程中所发生的物理化学现象；高分子物理近代概念和理论基础；并以近来高分子物理化学的新成就和有关这方面的科研成果等；结合火药化学工艺学的要求进行编写。

本书还对影响火药药料主要工艺性能——溶解性能、加工成型理论基础流变性的各种合理参数和影响因素等进行了论述。

此外，本书在单基火药和双基火药的基础上，还介绍了含有其它硝酸酯和硝酸胺爆炸物的火药。在工艺方面，除了重点介绍挤压(压伸)成型外，还对浇铸工艺、水介质造粒等工艺理论做了比较全面的介绍。

全书由任玉立主编，任玉立、陈少镇同志统一执笔编写，其中任玉立同志编写绪论和以第二篇为主，陈少镇同志以第一篇为主，钟希圣同志参加第二篇第六章中一部分的编写工作。最后由牛秉彝同志负责审校工作，在此表示感谢。

限于编者水平，书中不妥和错误之处在所难免，恳请读者给予批评指正。

编 者

第一章 绪论

第一节 火药的定义和分类

第二节 火药的发展概况

第三节 火药的基本性能

第四节 火药的制造工艺

第五节 火药的贮存和运输

第六节 火药的安全

第七节 火药的销毁

第八节 火药的回收利用

第九节 火药的其它应用

第十节 火药的展望

参考文献

附录

第一章 绪论	1
第一节 火药的定义和分类	1
第二节 火药的发展概况	2
第三节 火药的基本性能	3
第四节 火药的制造工艺	4
第五节 火药的贮存和运输	5
第六节 火药的安全	6
第七节 火药的销毁	7
第八节 火药的回收利用	8
第九节 火药的其它应用	9
第十节 火药的展望	10
参考文献	11
附录	12
参考文献	13
附录	14
参考文献	15
附录	16
参考文献	17
附录	18
参考文献	19
附录	20
参考文献	21
附录	22
参考文献	23
附录	24
参考文献	25
附录	26
参考文献	27
附录	28
参考文献	29
附录	30
参考文献	31
附录	32
参考文献	33
附录	34
参考文献	35
附录	36
参考文献	37
附录	38
参考文献	39
附录	40
参考文献	41
附录	42
参考文献	43
附录	44
参考文献	45
附录	46
参考文献	47
附录	48
参考文献	49
附录	50
参考文献	51
附录	52
参考文献	53
附录	54
参考文献	55
附录	56
参考文献	57
附录	58
参考文献	59
附录	60
参考文献	61
附录	62
参考文献	63
附录	64
参考文献	65
附录	66
参考文献	67
附录	68
参考文献	69
附录	70
参考文献	71
附录	72
参考文献	73
附录	74
参考文献	75
附录	76
参考文献	77
附录	78
参考文献	79
附录	80
参考文献	81
附录	82
参考文献	83
附录	84
参考文献	85
附录	86
参考文献	87
附录	88
参考文献	89
附录	90
参考文献	91
附录	92
参考文献	93
附录	94
参考文献	95
附录	96
参考文献	97
附录	98
参考文献	99
附录	100

目 录

绪论	1	一、单基火药的生产工艺流程	26
§1 火药发展简史	1	二、单基火药生产各工序的目的和作用	29
§2 火药的战术和技术要求	3	第三章 单基火药的塑化成型	31
§3 火药的燃烧及其在武器中的作用	4	§1 硝化纤维素的酒精驱水	31
一、火药的燃烧	4	一、驱水的目的和方法	31
二、火药在武器中的作用	5	二、驱水原理	32
§4 火药的分类	6	三、驱水设备	32
一、机械混合火药	7	四、影响酒精驱水的因素	33
二、均质火药	7	五、硝化纤维素的连续驱水	35
三、改性双基药	8	§2 硝化纤维素的塑化	37
四、以其它高分子化合物为粘结剂的复合火药	8	一、塑化的意义	37
§5 火药的标志	8	二、塑化和胶化概念	38
第一篇 单基火药		三、关于溶解理论	38
第一章 火药的质量与武器弹道性能的关系	13	四、影响塑化的因素	40
§1 火药的几何燃烧定律	13	五、塑化设备	46
§2 火药燃烧时的气体生成速率	14	六、二苯胺乙醚溶液的配制和返工品的处理	50
§3 膛内火药气体压力和弹丸速度变化规律	15	§3 压伸(挤压)成型	51
§4 火药的质量对武器弹道性能的影响	17	一、压伸成型的目的	51
一、火药形状的影响	17	二、压伸成型设备	51
二、火药尺寸的影响	18	三、影响压伸成型的因素	60
三、火药密度的影响	18	§4 晾药和切药	61
四、火药挥发份含量的影响	18	一、晾药	61
五、火药中硝化纤维素氮量的影响	19	二、切药	62
第二章 单基火药的组成及生产工艺流程	20	§5 筛选	64
§1 单基火药的组成及原材料的技术要求	20	一、筛选的目的	64
一、单基火药的组成	20	二、筛选设备	65
二、单基火药原材料的性质和技术要求	20	第四章 单基火药的驱除溶剂和挥发份控制	68
§2 单基火药的生产工艺流程	26	§1 驱除溶剂和控制挥发份的意义和方法	68
		一、驱除溶剂和控制挥发份的意义	68
		二、挥发份的基本概念	68
		三、挥发份与火药理化性能和弹道性能的关系	69
		四、驱除溶剂和控制挥发份的方法	71
		五、单基火药外挥和内挥的控制范围	72
		§2 单基火药的预烘	73
		一、预烘的目的	73
		二、预烘的机理和规律	73
		三、预烘设备	76
		四、影响预烘的因素	79

§3 单基火药的浸水	80	二、双基火药制造工艺的基本环节	136
一、浸水的目的	80	三、双基火药浇铸工艺	137
二、单基火药的浸水原理	81	§3 双基火药工艺理论基础	138
三、汽浸新工艺的出现	81	一、双基火药 NC-NG体系的特点	139
四、浸水设备	82	二、NC-NG 体系浓溶液	140
五、影响浸水的因素	83	三、双基火药的物理状态	151
§4 单基火药的烘干和吸湿	87	本章参考文献	154
一、单基火药的烘干	87	第二章 双基火药的原材料	156
二、单基火药的吸湿	91	§1 粘结剂——硝化纤维素	156
§5 粒状炮药的连续驱溶控挥	92	一、硝化纤维素的含氮量	157
一、工艺流程	92	二、溶解度和粘度	157
二、第二联动机的构造	93	三、安定度	157
三、第二联动机的工艺条件	94	四、碱度	157
第五章 单基火药的混同和包装	95	五、硝化纤维素的表面状态	158
§1 混同	95	六、硝化纤维素中水分、灰分、杂质等	158
一、混同的意义和要求	95	§2 溶剂	158
二、混同设备	95	一、主要溶剂硝化甘油	159
§2 包装	98	二、辅助溶剂二硝基甲苯	161
第六章 其它类型的单基火药	99	三、苯二甲酸二丁酯	162
§1 速燃火药	99	§3 安定剂	163
一、多气孔火药	99	§4 其它组份	164
二、薄片速燃火药	100	一、燃烧催化剂	164
三、松质散状硝化纤维素火药	101	二、燃烧稳定剂	166
§2 钝感火药	101	三、其它附加物	167
一、钝感火药的应用原理	101	本章参考文献	167
二、钝感剂	102	第三章 吸收药制造的基本原理	168
三、钝感火药的制造工艺	103	§1 吸收药制造工艺	168
§3 聚乙烯醇硝酸酯火药	104	一、基本概念	168
第七章 溶剂回收	107	二、吸收药制造方法	170
§1 溶剂回收的方法	107	§2 吸收药制造的物理化学过程	174
§2 吸附法——溶剂回收	108	一、在水中吸收的意义	174
一、吸附剂	108	二、吸收时的物理化学过程	175
二、吸附工艺（活性炭法）	109	§3 固体物料的表面处理	179
三、溶剂回收系统的主要设备	112	一、固体物料表面处理的基本原理	179
四、混合液的分离	115	二、表面处理——以氧化镁为例	180
五、溶剂回收率	116	§4 影响吸收过程的因素	181
本章参考文献	117	一、吸收温度	181
第二篇 双基火药		二、吸收系数	181
前言	118	三、硝化纤维素的性能	181
第一章 双基火药工艺理论基础	120	四、其它影响因素	182
§1 双基火药的组分与药型	120	§5 喷射吸收	182
一、双基火药的组成	120	一、喷射吸收的基本原理	182
二、双基火药的药型	131	二、喷射吸收器和喷射吸收工艺	184
§2 双基火药制造工艺	133	§6 混同和熟化	185
一、双基火药的挤压工艺	134	§7 吸收药的质量	185
		本章参考文献	189
		第四章 双基火药药料的塑化	190

§1 药料塑化工艺.....190	§6 螺压成型过程中的问题.....240
一、间断法.....190	一、打滑.....240
二、连续法.....190	二、剪力环被剪断.....240
§2 药料塑化(压延)的基本原理.....194	三、产品质量问题.....241
一、药料塑化.....194	本章参考文献.....242
二、药料在两辊筒间的流动.....194	第七章 成型药柱的处理.....243
三、压延时药料受力的分析.....194	§1 切药、晾药与选药.....243
§3 压延时药料内发生的物理化学过程.....196	一、切药.....243
一、干燥过程.....196	二、晾药.....243
二、药料的塑化过程.....196	三、选药.....244
三、压延过程中药料的挥发与热分解.....198	§2 药柱的探伤与包覆.....244
§4 影响双基火药药料塑化的因素.....199	一、探伤.....244
一、药料中主要组分的溶解性.....199	二、双基火药药柱的包覆.....245
二、药料中硝化纤维素的性质.....199	§3 混同、配套与装箱.....254
三、固体物质的加入.....200	本章参考文献.....254
四、外界加工条件.....200	第八章 双基火药的其它成型工艺.....255
§5 压延过程中出现的问题及解决的办法.....201	§1 片状火药.....255
本章参考文献.....203	§2 球形火药.....255
第五章 双基火药药料的干燥.....204	一、球形火药的制造工艺.....256
本章参考文献.....206	二、制造球形火药的基本原理.....257
第六章 双基火药的成型.....207	§3 浇铸双基火药.....260
§1 双基火药药料的成型.....207	一、浇铸双基火药的组分.....260
§2 双基火药的流变特性.....209	二、浇铸工艺.....264
一、流体流动的基本概念.....209	三、关于浇铸双基火药的物理力学性质.....269
二、粘性流体的流动曲线和流动方程.....211	本章参考文献.....271
三、双基火药的流变特性.....214	第九章 其它火药的简介.....272
§3 双基火药的摩擦特性.....217	§1 柯达火药.....272
一、摩擦在螺压成型中的作用.....217	§2 含其它硝酸酯化合物的火药.....272
二、滑动摩擦的基本概念.....218	一、硝化二乙二醇(DEGN)火药.....272
三、双基火药的外摩擦特性.....219	二、含混合硝酸酯的火药.....273
§4 螺压成型过程中药料的流动.....220	§3 含硝胺类爆炸物的火药.....275
一、药料在螺压机中的运动.....220	§4 液体发射药.....277
二、药料在过渡段的塑化.....221	本章参考文献.....278
三、药料在均化段的流动.....227	第十章 关于双基火药制造的安全技术.....279
四、药料在模具内的流动.....232	一、火焰和热量的聚集.....279
§5 螺压成型工艺.....235	二、摩擦和冲击.....279
一、螺压成型设备.....235	三、关于静电.....280
二、螺压成型工艺的控制.....238	

绪 论

§1 火药发展简史

火药是我国古代伟大的四大科学发明之一，它为人类做出卓越贡献。

古代战争中使用武器主要靠弓箭，其发射力量很小，后来，发明了火药，就用火药作为抛射力的能源。当时火药也可说是炸药的一种，它与炸药不同之处是它的爆发分解速度进行得比较缓和，因此能用做武器的能源将弹丸射出而不炸毁武器。

最初的火药是黑火药，诸葛亮著《火龙经》曾记载有含硝的火药和烟火药的制造方法，并曾用以火攻或轰炸手段。可以推断在公元 200 年左右发明的火药。隋、唐两代把火药曾用于娱乐方面，公元 682 年唐高宗时孙思邈制造了“伏火硫磺法”，即火药的初期配方。历史上在唐、宋两代还屡有飞火攻城的记载，“飞火”就是以火药发射燃烧物质至敌人的城池进行纵火。

10 世纪以后，火药在黄河流域已发达起来，品种也较多，有火箭、火珠、火蒺藜等，是以松香等易燃物燃烧抛掷，并在《武经总要》一书中，记载有火药为硝、硫、木炭等混合物的制造方法。

13 世纪火药在我国军事上的应用已十分发达。它装填于生铁铸成的外壳中，用抛石机发射出去。子弹在敌人阵地燃烧或爆炸。后来，逐渐出现火箭发射的方式。大约在公元 1367 年（元朝末年）出现铜炮及铁炮（近代火炮的雏形）。

我国发明的火药，早已流传到国外。首先是传至印度，而后又传给阿拉伯人及希腊人。著名的“希腊火”就是在叙利亚的希腊人加里尼克，他在 671 年从亚洲带回去的含硝石的火药。

由上可见，大约在 13 世纪以前，黑火药主要用于燃烧或爆炸破坏之用。13 世纪以后，随金属管状炮的出现，大量的应用作为发射药，同时也是唯一的炸药。

显然，18 世纪以前是由于火药促进了武器的发展。但在 18 世纪末 19 世纪初，科学技术逐渐发达，炼钢工业兴起，撞针炮臼或钢制线膛火炮出现，黑火药已不能满足枪炮的弹道性能要求。因此，人们急待改善黑火药和寻求新火药。此时期，化学也相当发达，逐渐摆脱经院哲学的范畴，而走向独立的科学领域。许多有机化合物逐渐被发现，为寻找新的火药创造了条件。

1832 年法国人布拉可诺用浓硝酸木材及棉花相互作用而制得易燃物—低氮量硝化纤维素。这是硝化纤维素研究的开始，也是发明新型火药的开端。

1846 年雄拜因等，用硝-硫混酸制成了硝化纤维素（即俗称硝化棉），并对其性能进行了详细的研究。得出结论是，硝化纤维素的威力要比黑火药大 2~3 倍，有作军事用途的可能。因为硝化纤维素燃烧太快易引起炸膛，所以当时硝化纤维素只用做炸药。由于硝化纤维素当时安定性没能解决，以致不断发生爆炸事故，于是研究工作几经中断。

此后，在若干年内大都集中研究制造安定性好的硝化纤维素，并设法使其密实和燃烧

速度慢。

1865年英国化学家阿贝尔成功地使用造纸工业的细断机将硝化纤维素切碎的办法制得安定的硝化纤维素。他也曾将硝化纤维素压实至密度为1.2，企图用做火炮发射药，但未达到目的，仍只能做爆破用。

法国的舒尔兹用木材进行硝化，然后浸以硝酸钾压成药粒，用做猎枪发射药。1882年英国火药公司制出E.C火药，与舒尔兹火药制造相似，只是硝化棉代替硝化木材而已。此种火药仍燃烧迅速，只能在猎枪中用。

在此前后许多化学家都致力于研究硝化纤维素的密实和燃烧速度降低等工作。

1884年法国化学家维也里成功地解决了硝化纤维素的密实问题。他是用醇-醚溶剂处理硝化纤维素再经滚压成型，驱除溶剂而得到能缓慢燃烧的火药——即单基药。他命名为B火药(Powder B)。维也里对这种火药的性能进行了研究，发现了火药的几何燃烧规律；且其燃烧速度可以调整，比黑火药威力要大2~3倍，燃烧时无烟，在炮膛中燃烧后无残渣等特点。

1888年著名的瑞典化学家诺贝尔成功地使用液体猛炸药——硝化甘油将疏松状态的硝化纤维素溶解塑化制成为所谓的巴利斯太型火药——即双基药。

单基药和双基药在发射时都不产生烟，因而得名“无烟药”，这也是与黑火药发射时产生大量的烟对比而得名。它的发明为用于火炮无烟药时代奠定了基础。从而推动了火炮武器更进一步地向前发展。黑火药逐渐为无烟药所代替，而黑火药则用做部分的猎用枪药，工业爆破药，炮弹用点火药和传火药等。

我国的无烟药工业创始于18世纪末(1895年)，在上海龙华兵工厂筹设火药厂。1901年有汉阳兵工厂的火药厂。1922年山西火药厂和1924年当时的奉天(即现在沈阳)兵工厂属的火药厂等。

火药的出现，除了用于军事外同时也给人类带来很大的利益。例如打猎，气象探空火箭和宇宙飞行器等民用和平事业等，都给人类的科学事业做出了贡献，而造福于人类。

随着科学技术的发展，枪、炮和火箭等武器的发展，对火药也就提出愈来愈高的要求。

火药和武器的发展是分不开的，它们相互促进。火药和武器也是无法分开的，一支没有火药的枪或炮和火箭就等于一块废钢铁。

火箭武器的出现虽然是在火炮出现之前，但由于火炮的射程和密集度的迅速提高，火箭曾一度不被重视。然而由于其高度机动性的优点，在第二次世界大战中各种口径的火箭又复兴而起，做为特种炮兵应用。

至于大型火箭或导弹所用推进剂，除了固体火药外，还有液体推进剂(如液氧、酒精、浓硝酸和煤油等)和固液混合推进系统。固体和液体推进剂都各自有其独特的优缺点和其相适应的领域。火药是属固体推进剂，固体推进剂发动机具有结构简单、地面发射设备简单，造价低廉，瞬时发射等特点。而液体推进剂发动机结构和地面发射设备较为复杂，造价昂贵，但液体推进剂由于可利用调整控制喷出液体推进剂流量的优点，从而达到改变推力以及适用于远距离航程。当前无论是固体推进剂，还是液体推进剂都占有相当重要地位。

至于核推进剂、光子和离子推进剂等近代都有一定的进展，但它已不属于化学推进剂的范畴之内。

从 20 世纪初到现在，火药制造工艺和生产都有飞快的发展，并向全面自动化迈进，同时进一步开展了火药性能的提高和改进的研究并在这些方面也都取得了很大地进展。

§ 2 火药的战术和技术要求

由于武器飞速发展，对火药的要求愈来愈高。对火药提出的一系列技术和战术要求，归纳如下：

1. 火药的能量高

对枪、炮或火箭武器来讲，其弹体初速都与火药能量有关。能量大的火药会在装药量相同时，具有大的初速和远的射程。在考虑到烧蚀性允许的条件下，应选取最大能量的火药。

2. 火药应具有良好的燃烧规律性和稳定性，以保证武器的弹道性能及其射击精度。特别是对火箭发动机来讲，火药应在较低的压力下正常燃烧，以保证壳体重量尽量减轻。此外，应要求压力和初温对火药的燃烧速度影响较小。火炮火药是在近于 3000 公斤/厘米^2 或更高的压力下进行燃烧，而火箭火药在一般情况下要求在 $70 \sim 80 \text{ 公斤/厘米}^2$ 下进行燃烧。此压力再加上一个保险数字就是设计燃烧壁厚的依据。

3. 火药应具有足够的机械强度，以适应火炮发射时或火箭和导弹在发射和飞行时所受复杂的力，而保证火药不破裂。如果因机械强度不够而发生破裂将导致燃烧面突增，而引起燃烧室内压力升高而破坏弹道性能，甚至引起燃烧室破裂或爆炸。

4. 火药的物理安定性和化学安定性应良好。这是为了避免火药在使用前弹道性能发生变化，要保证经过若干年后性能不变。

5. 火药对冲击、摩擦等机械感度要小，以保证火药在使用、生产、搬运和保管过程中的安全。

6. 要求火药生产工艺能制造出各种形状和尺寸的火药，且生产过程安全。

应该指出，对同一个火药产品来讲，能够完全满足上述要求是难以实现的。因为有时各种要求之间是互有矛盾的。例如，能量大则可能使火药本身的机械感度提高，从而使生产过程不安全；又如能量大，火药力高，膛压可能提高，对武器的烧蚀性也会增加，甚至需要加厚燃烧室的壁厚。所以，在尽量满足全面要求时，必然要有取舍，针对武器的要求做到矛盾尽量统一。

做为火药研究者，除了严格认真实现火药应具备的条件外，必须还要根据这些要求研究火药制造的基本环节，要研究每一个环节的物理、化学过程和其性能的关系。为此，从生产工艺角度出发，应从下面几个基本方面来掌握，以满足要求：

1. 要保证制造出的火药在物理、化学和弹道性能上的均匀性。对任何武器来讲，都要求有高度的射击准确性。因为火药的物理、化学性能的不均匀，会导致完不成预定的弹道性能和射击目标。对炮用火药可以用大批混合的方式来平均每小批火药的物理、化学和弹道性能。对火箭用火药来讲，由于火箭装药经常是少量药柱组成，有时甚至是一个巨大尺寸的药柱，因此不能用混合的方式来达到其性能的均匀性。所以，要非常精确地控制保

证火药本身具有比较高的均匀性。提高原材料和未经加工药料的均匀性是保证火药均匀性的重要关键。为此,要严加控制硝化纤维素的规格,要正确地选择合理的火药药料(未经压延和压伸的吸收药)制造工艺,以保证药料的均匀性。此外,还应设立完整的检验方法,充分保证火药成品尽量均匀。

2. 火药的全部生产过程应该是安全的。

火药生产过程是危险的,加工的组分皆为易爆炸物,随时都有着火和爆炸的危险,应采用各种安全措施。自动化和连续化制造火药是合于理想的,既可实现现代化,又保证生产的安全性。

3. 生产周期应短且可灵活的生产多样化的火药产品,如不同形状、尺寸、不同成分等。

§ 3 火药的燃烧及其在武器中的作用

一、火药的燃烧

凡物质在外力的影响下,能发生急剧的化学变化,瞬间能生成大量的热和气体,此高热气体做功起破坏作用或推进作用,这种物质称为爆炸物。

由于爆炸物的性质和物理结构不同,其爆炸变化的速度不同。爆炸变化有三种不同的方式,即燃烧、爆炸和爆轰。

燃烧的特点是:化学变化速度为每秒毫米或数十和数百毫米者。燃烧如发生在开阔的空间,则不会产生破坏性或使邻近物移位,亦不具声响。如果燃烧是在密闭空间内进行(例如,枪、炮弹的药室内)则燃烧进行得很快,气体压力迅速增高,并向抗力最小的一方发生物体(如弹体)的位移或做抛射功,此即发射作用。但是,物体并不被这种作用所破坏。燃烧时气体的压力逐渐迅速增加,不能猛然一下突增为其特征。

爆炸的特点是:化学变化以每秒百米(有的为每秒千米),其特点是速度不稳定容易改变。爆炸时有声响效应,并且在爆发处产生物体(如周围介质)的分裂做破碎功。爆炸与燃烧的区别是化学变化处的压力强烈地升高。

爆轰的特点是:化学变化速度是以每秒数千米级进行,并且它的速度是恒定的。其特点是爆发变化处压力猛然突跃,发生剧烈的破坏作用。

可见,按照爆炸物的爆发分解速度的不同,可将其分为:具有燃烧特点——为火药所特有;爆炸和爆轰的特点——为炸药所特有。用来发射炮弹(包括火箭弹)的火药,绝不允许爆炸或爆轰,而将火炮、重和轻型枪类武器自身毁掉。

按照上述观点,爆炸物可分为三类:

第一类——火药;

第二类——猛炸药,即炸药;

第三类——起爆药。

火药是爆发反应速度较慢只进行燃烧而不变为爆炸或爆轰。火药是用来发射弹丸或推进火箭至敌人阵地。此外,它与炸药不同之处是具有平行层燃烧规律的特点。

猛炸药亦即炸药,是具有爆轰作用的爆炸物,需经起爆药而爆轰,用于弹药装药和

工程爆破上。起爆药 是很容易爆轰的爆炸物，它稍受简单的冲击（火焰、冲击、针击、摩擦、电热和电火花）即行爆轰，它用做火工品（火帽、雷管）装药。

火药在枪或炮膛内的“燃烧”与日常生活中的燃烧不同。因为火药本身既包含燃料，又包含了燃料燃烧时所需的氧。

二、火药在武器中的作用

火药广泛地用做各种武器的发射装药。从其作用原理来看，有枪、火炮和火箭（包括导弹）之别。

在枪、炮武器中，火药是填于药室之中，如图 1 所示。

弹体在击发机构的作用下，引燃黑火药，黑火药在药室内燃烧压力升至 $20 \sim 50$ 公斤/厘米²，把火药点燃。火药迅速地发生爆发分解，产生大量的热和气体。燃烧时的温度可达 $2500 \sim 3500^\circ\text{K}$ 。燃烧时间约千分之一秒左右，燃烧时产生的

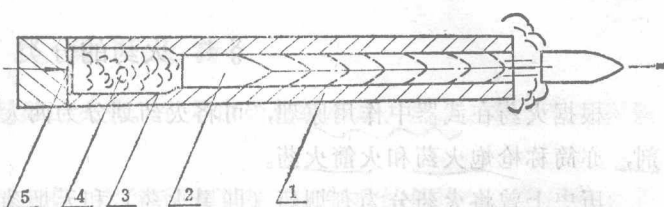


图 1 枪、炮装药发射示意图

1—炮管；2—弹丸；3—装药壳体；4—火药；5—底火。

大量气体，在炮膛内有限的空间里形成高压气体，压力可达 $2000 \sim 4000$ 公斤/厘米²，此巨大压力可以一定的速度推动弹丸前进。弹丸飞出炮管时的速度可大于 1000 米/秒，最大加速度一般为 $15000 \sim 20000$ 倍重力加速度。

发射时，火药装药初期可认为是在密闭定容下燃烧，通常用火药力表示火药做功能力的大小。

火箭或导弹中火药装药如图 2 所示：

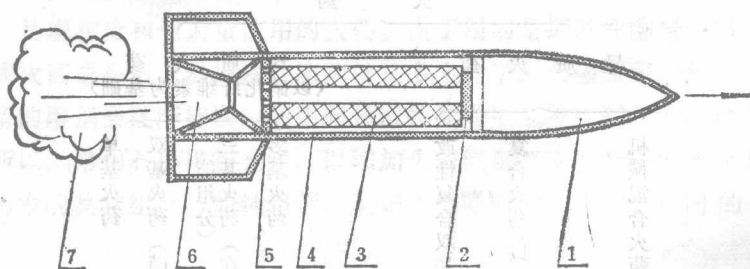


图 2 火箭弹装药示意图

1—战斗部；2—点火药；3—火药；4—燃烧室；5—挡药板；6—喷管；7—燃烧后气体。

火箭弹中燃烧室内点火药经点火机构点燃，点火药再将火药点燃，火药燃烧产生大量高热气体由喷管高速喷出，火箭弹体获冲量被推进到预定的目标。

火箭弹内火药在燃烧室内的燃烧过程比火炮炮膛内火药燃烧得要缓和。火箭燃烧室内正常工作压力在几十或几百公斤/厘米²，工作压力要视要求而定。燃烧过程的延续时间为百分之一秒到几十秒或更多些，最大加速度为 $10 \sim 20$ 倍重力加速度。

火箭火药的能量通常用推力或比冲表示。

火箭火药和火炮（包括枪药）火药都应具备火药的基本要求。但是，由于火箭与火炮

的作用原理不同,故两种火药在基本雷同的条件下也有其不同之处。其最主要的是火箭火药在火箭燃烧室内工作压力为几十到几百公斤/厘米²;而火炮火药在炮膛内压力为2000~4000公斤/厘米²(或更大)。两者相比一为高压,一为低压。因此,要求火箭火药要在低压下燃烧稳定和具有预期的燃烧性能;而火炮火药则要在高压下燃烧稳定和具有预期的燃烧性能。所以,相应的两种火药组分应有所不同。例如,火箭火药常含有燃烧催化剂和稳定剂以保证火药在低压下的燃烧性能;而火炮火药常含有消焰剂以解决火炮发射炮弹时产生炮口焰而暴露火炮的方位。总之,可以通过调节火药的组分来改变其性能。此外,还可以采用不同的火药形状来满足各种武器的要求。通常火箭药的尺寸要比火炮药的大得多。为满足火箭火药的某些弹道性能的需要,要在火药药柱的端面或侧面等部位进行包覆阻燃剂(或称包覆层),以便控制火药的燃烧速度掌握其燃烧规律。

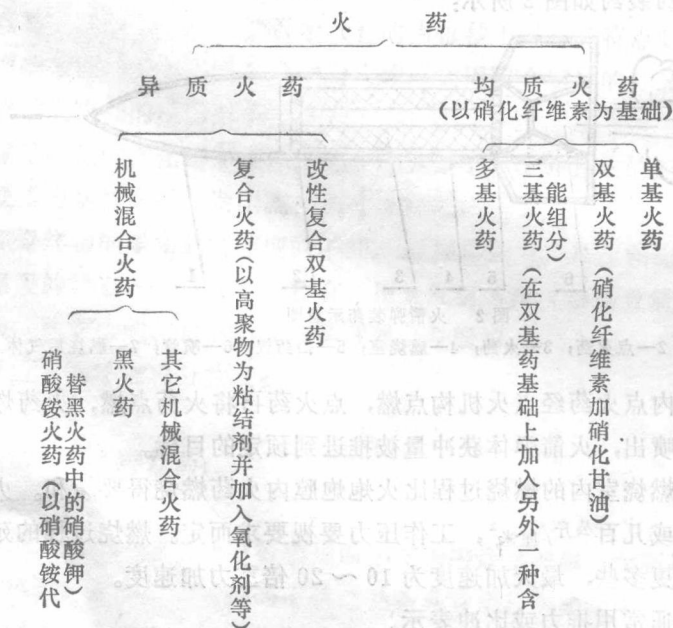
§ 4 火药的分类

根据火药在武器中作用原理,可将火药划分为两大类:枪和炮发射药、固体火箭推进剂,亦简称枪炮火药和火箭火药。

历史上曾将火药分为有烟药(即黑火药)和无烟药。无烟药又分为硝化纤维素无烟药和硝化甘油无烟药,然后再以制造时所使用的溶剂加以区别。显然这种分法不够全面。有烟药是指含硝、硫和炭的混合物。如果在无烟药中加入一定量的惰性物,也会有烟产生。另一方面,如将黑火药中的硝酸钾用硝酸铵代替,则同样可以制成无烟的火药。

至于无烟药以所用挥发性、难挥发性和不挥发性溶剂加以区分,则显紊乱。而且对于新出现的某些火药,如含黑索今、奥克托金、以及某些硝酸酯基化合物(如硝化二乙二醇、硝基异丁基甘油三硝酸酯等),就无法划归分类。

按照火药结构分类较为合理,如下表所示:



一、机械混合火药

这一类火药是指由无机低分子化合物所组成的火药。

黑火药是由硝酸钾、硫和炭三者所组成的混合火药。由于它的能量低，燃烧后产生大量的残渣，以及具有较低的机械强度，故早已不用做以发射为目的火药。但是，黑火药在火工品中，作为点火药且有独挡一面之功。

硝酸铵火药是用硝酸铵代替黑火药中的硝酸钾而得名。硝酸铵火药最突出的特点是吸湿性大。但发射炮弹时硝酸铵火药燃烧后产生烟并不多，而且能减少射击时的火焰。加入一些降低其吸湿性的物质，在战时可广泛使用。其它混合火药，如，苦味酸铵加上某些易燃物质等。

二、均质火药

这一类火药是以硝化纤维素为基础的火药。它是由硝化纤维素、溶剂、化学安定剂等主要成分所组成。

硝化纤维素与溶剂作用，经溶解塑化、压实和成型等工艺制成结构均匀、密度较大并具有一定燃烧规律特性的火药。成品中只含硝化纤维素一种能量成分的称为单基药；以硝化纤维素和硝化甘油两种能量成分的火药称为双基药；以硝化纤维素、硝化甘油或再加上另一种能量组分（如，硝基胍、吉纳等）的火药，称为三基药或多基药。

硝化纤维素通常指的是硝化棉，亦即棉纤维素经硝化而得到棉纤维硝酸酯。此外，也有用木纤维素硝酸酯做火药的。

1. 单基火药

单基火药简称单基药。单基药中含有硝化纤维素（1号和2号混合硝化棉）90%以上，故俗称硝化纤维素火药。是用醇-醚混合溶剂塑化硝化纤维素而制得。使硝化纤维素质量均匀，结构致密，是现在枪和炮大量使用的火药。由于用的是挥发性溶剂，亦称为易挥发性溶剂火药。制成火药成品后，易挥发性溶剂就是多余的了，必须驱除。单基药的缺点是在贮存过程中残留的溶剂会逐渐挥发，易引起弹道性能发生变化。制出的药粒收缩率大，药粒不易规则，所以，常用石墨进行光泽，以增加火药的假密度、光滑性和导电性。

关于单基药中的其它组分，如钝感剂、消焰剂和降温剂等 都依不同的要求而具体规定。

制造单基药的周期较长。单基药在炮膛内燃烧时腐蚀性较低。

2. 双基火药

双基火药简称双基药。它主要是由硝化纤维素、硝化甘油等组成。硝化纤维素经硝化甘油溶解塑化而制造结构均匀的火药。硝化甘油是能量成分，同时它又是难于挥发的溶剂，故亦称为难挥发性溶剂火药。

如果使用氮量高的硝化纤维素（俗称强棉）与硝化甘油做双基药，需要借助挥发性溶剂完成制造过程，此药称为柯达型火药。

氮量低的硝化纤维素（俗称弱棉）与硝化甘油制成的火药称为巴利斯太型火药。这种火药制造简单且制造周期短，能量较大，药粒较规整，弹道性能变化小，但对炮膛烧蚀性

大。它广泛地应用于各种枪和炮以及火箭、导弹装药中。

3. 三基或多基药

硝化二乙二醇是最早加入到双基药中，它部分地或全部代替硝化甘油，以改善双基药对火炮的烧蚀性。所谓“G”火药就是这类火药，它的燃烧速度和热量均低。此外，还可将硝基胍加入到双基药中。所谓硝基胍火药（亦称顾多火药）就是含有硝基胍的双基药，这种火药随硝基胍含量增多而机械性也逐渐变坏。

三、改性双基药

改性双基药是以双基药为主体（做为粘结剂）加上无机盐（如，过氯酸铵）、金属粉（铝、镁、铍）、高能炸药（黑索今、奥克托金）等，称为复合改性双基药，亦称改性双基药。

改性双基药比双基药能量高。由于含大量的无机氧化剂和金属粉，从结构上看，更接近于异质火药。

四、以其它高分子化合物为粘结剂的复合火药

广泛使用的高分子化合物有聚氨酯、聚丁二烯、聚硫橡胶、聚氯乙烯等等。它们既起粘结剂作用，也起燃料的作用。常用的氧化剂是过氯酸铵。这种火药为火药的原料扩大了来源。

高能添加剂以铝粉最为普遍。

复合火药日益得到发展。它和均质火药相比各有相适应的范围，各有优劣。它正在广泛地应用于各种类型的火箭或导弹的装药中。

§ 5 火药的标志

火药在每个国家是按照它们的使用目的来命名的。因此，各个国家的火药标志不同。

苏联的火药标志：

ПЛ—片状。例如，ПЛ-12-10——方片状火药，第一个数字表示火药燃烧层厚度，以百分之几毫米计，即0.12毫米；第二个数字表示边长，以十分之几毫米计，即1毫米。

Л——带状。例如：Л-35表示带状火药，厚度为0.35毫米。

粒状火药以分数表示，分子表示药粒的燃烧层厚度，以十分之几毫米计，而分母则代表药粒孔数。如4/1；7/1；7/7；9/7；12/7等等。

有的注有特别标志：如TP 22/1表示管状药单孔，厚度为2.2毫米；BT表示重弹枪药，П表示多孔药，例如，П-45即表示100份硝化纤维素中加入45份硝酸钾所制成的多孔药；BJ表示轻弹枪药。

有的用H或H后跟上一个字母，如HΦ，表示硝化甘油火药，其中含苯二甲酸二丁酯。对硝化纤维素火药，则直接以形状标志代表。

苏联火药的全标志为：

13/1 HΦ 2/42——单孔管状硝化甘油火药，含有苯二甲酸二丁酯，燃烧层厚为1.3

毫米, 1942 年第二批。

英国火药标志:

英国火药是以火药类型及尺寸; 制造年月; 工厂号码及批号; 火药重量; 箱号及空箱重量为记。

NCT——代表管状硝化纤维素火药。

MD 和 MC——含 30% 硝化甘油的柯达药, 主要用做步兵武器。

W 和 WM——含 29~30% 硝化甘油的柯达药, 此药还含有 6% 的安定剂和惰性物, 为英国军队用火药。

英国火药的尺寸是以英寸表示。

英国火药的全标志为:

WM 130/305

BS 4907; 313, July. 1942; Net 75 lbs, Tare 17 lbs 12 Ozs..

以上所表示意义为: 杆状 WM 型柯达火药, 燃烧层厚度以直径代表为 0.130 英寸, 长度为 30.5 英寸。制造工厂为 BS, 批号为 4907, 箱号 313, 制造日期为 1942 年 7 月, 火药净重 75 磅, 空箱重 17 磅 12 英两。

法国火药标志:

过去法国曾使用 B 火药代表纯硝化纤维素火药。BF 和 BNF、BFP 指步枪药。BC 指炮药, BSP 指主要用于 75 毫米野战炮的榴弹炮药。BG 代表大口径的炮药。炮药字母下标表示口径, 如 BGC₄、BGC₅ 等。

海军炮药标志如下:

BM₅ 到 BM₇ 用于 100 和 138.6 毫米口径炮

BM₅ 到 BM₆ 用于 164.7 毫米口径炮

BM₉ 到 BM₁₀ 用于 194 毫米口径炮

BM₇ 到 BM₁₃ 用于 240 和 274.4 毫米口径炮

BM₁₃ 到 BM₁₇ 用于 305 毫米口径炮

BM₁₇ 到 BM₁₉ 用于 340 毫米口径炮

法国火药全标志如下:

BM₇ · D₂ · 37 · SM · B · 2 · 38

以上意义为: BM₇ 型火药, 二苯胺含量 2%, 1937 年 SM 工厂出品, 1938 年 2 月装入弹药。

显然, 法国在它的字母下标表示所使用的安定剂和用量。如 BSPD_{1.5} 指加入 1.5% 二苯胺的榴弹炮药。

德国火药标志:

SP——用于步枪的片状药。

BL.P——片状药, 尺寸注于缩写字之后, 写法为长×宽×厚, 例如 BL.P 4×4×1。

RP——短管状药, 尺寸注于缩写字之后, 写法为管长×外径/内径, 如 RP 150×2/1。

Rg.P.——是环状火药, 数字表示尺寸 (厚度、外径/内径), 例如 Rg.P. (3·25/5)。

PL. P. 是片状药或盘状药，直径和厚度由数字表示，例如：PL. P. (50, 0.2)。

N. P. 为圆柱形药，其长度和直径由后面括号内的数字表示，例如：N. P. (1.5, 1.5)。

所有的硝化纤维素火药德国都用 N₂ 标记，它后面表示药粒形状尺寸，如：N₂. R. P (135×5.5/2) 表示硝化纤维素火药，短管状火药，长度为 135 毫米，外径 5.5 毫米，内径 2 毫米（这些尺寸是压药模的尺寸，其实际尺寸要比符号注明的小）。

德国有时还把热量记入标志，它是写在药名缩写和尺寸之间，用横线隔开。例如：

NgL. B. P—125—(4×4×1)

表示硝化甘油方片药，热量 1250 千卡/公斤，尺寸为 4×4×1 毫米。

硝化二乙二醇火药，缩写为 DigL，但不标明热量 (690±10 千卡/公斤)。

Gu. P. 标志为加入硝基胍制成的顾多火药。

德国火药全标志为：

DigL. R. P—840(66.5 6.25/3)
Rdf 1936/13

以上表示管状硝化二乙二醇火药，爆热为 840 千卡/公斤，外径为 6.25 毫米，内径为 3 毫米，长度为 66.5 毫米，1936 年制造第十三批，莱茵区内工厂出品。

美国某些火药标志：

未见美国的系统规定，在火药箱上标法为：火药型式，对何种炮、何种弹及何种引信，火药批号、工厂、年份、箱号、药重等。

NH——无吸湿性，含二硝基甲苯 10% 和苯二甲酸二丁酯 5%；

FNH——无焰，无吸湿性。

以上为炮药。火箭炮药标号有：

JPN——双基药；

JP——双基药，与 JPN 不同之处含有二苯胺 0.6 和硝酸钾 1.2%。

还有许多其它各种品号火药标记可见于有关双基药记载的书籍，此处不多例举。

我国火药标志：

我国通常是按单基药、双基药、多基药、特种成分药来划分标记。

单基药

第一类 单孔或多孔粒状药

以 $\frac{\text{燃烧层厚度}}{\text{孔数}}$ 药柱长度为标记，采用文字表示增加的成分。燃烧层厚度以 1/10 毫米

为单位。药柱长度以厘米为单位。

辅助标记为：

高：表示高氮量硝化纤维素；

低：表示低氮量硝化纤维素；

松：含有松香；

钾：含有硫酸钾；

松钾：含有松香及硫酸钾；

苯钾：含有苯二甲酸二丁酯；