

推进剂和炸药

〔美〕 Ronald W. 詹姆士 著

李洪耀 等译

国防工业出版社

推进剂和炸药

〔美〕 Ronald W. 詹姆士 著

李洪耀 等译

国防工业出版社

内 容 提 要

本书为一火炸药工艺方面论文集，共收集近年来发表的有关火炸药配方和工艺方面的美国专利数百篇，包含固体推进剂、液体推进剂和炸药等三部分。所含内容，在一定程度上反映了美国等国家对于火炸药产品研制的动向和成果。可供从事火炸药产品研究、生产及使用的人员参考，也可作为高等及中等专业学校火炸药专业的教学参考书。

Propellants and Explosives

Ronald W. James

Noyes Data Corporation

1974

*

推 进 剂 和 炸 药

李洪耀 等译

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

850×1168 $1/32$ 印张17 $3/8$ 439千字

1981年12月第一版 1981年12月第一次印刷 印数：0,001—1,300册

统一书号：15034·2267 定价：2.15元

译者说明

本书为一火炸药专利文集。共收集固体及液体推进剂和炸药的专利数百篇。它反映了美国及其它国家近年来在火炸药产品性能及工艺方面的研究动向和成果，题材广泛，内容丰富，文字简练，实用价值较大。

当提到推进剂和炸药时，人们便会很自然地想到它对国防现代化的作用。过去的武器只能把弹丸发射到几公里到几十公里，而现代的导弹能把弹头推送到几千公里到上万公里，其中的一个重要原因，就是推进剂的工艺有了很大发展，产品性能有了很大提高。要想提高武器的射程，减轻武器的重量，增加武器的威力，都必须在推进剂和炸药的研制上下功夫。

但是，推进剂和炸药的用途远非仅限于国防方面，它对工农业及科学技术现代化，也起着一定作用。如载人宇宙飞船能遨游太空并把人送到其它星球上去，如没有推进剂作动力，那是很难想像的。探空火箭、消雹降雨火箭、通讯卫星、山河间绳索抛射火箭、铆钉枪、高压电器及消防燃气驱动开关，也都以推进剂为能源。炸药在民用方面的用途就更广泛。如开矿、建筑、开渠、修路都离不开炸药，甚至在胆结石的清除；冶炼炉的开炉；高亮度光源的制造；爆炸加工；地震勘探；高速冲击仪的制造等方面，都在越来越多的使用炸药。

本书对从事推进剂和炸药生产制造、使用的工程技术人员和研究人员以及对本专业感兴趣想要了解火炸药在工艺和配方方面知识的科技人员都是值得一读的。

由于本书收集的文章来自不同部门、甚至不同国家和不同资历的人编写的，再加沿用不同规格和标度的仪器，所以计量单位

Ⅳ

比较混乱。为尊重原著和原作者的习惯及保持版面清晰，在译文中未作单位换算。为便于读者进行单位换算，特把该书中最常用的主要单位整理出一个换算表，作为附录，以供参考。

参加本书译校工作的还有吴浩然、李中坤、柳青梅、鲁汉等同志。在译校过程中，曾得到陈仁敏、侯竹林、李淑珍等很多同志的热情帮助和大力支持，恕不一一提名，在此一并感谢。

由于译者水平有限，学识浅薄，错误之处在所难免，欢迎读者批评指正。

目 录

绪论	1
----------	---

第一篇 固体推进剂

第一章 硝化棉	3
---------------	---

第一节 一般加工	3
----------------	---

一、小粒硝化棉的连续生产	3
二、球形浇铸药粒	6
三、球药	8
四、球药的酶处理	10
五、水分的共沸除去	13
六、用甲醛进行安定处理	14
七、高剪力乳化	14
八、冷燃混合棉	15
九、含硝酸醚的冷燃药	16
十、乙撑二甲基丙烯酸酯包覆层	16
十一、聚酯燃速抑制剂包覆层	17

第二节 双基药	19
---------------	----

一、酚封闭二异氰酸酯的交联	19
二、分步交联技术	21
三、两步热固化法	24
四、二茂铁固化剂	24
五、含塑溶胶硝化棉的配方	26
六、硝酸三氨基胍氧化剂	32
七、硝酸钾和不饱和酯	36
八、氮硝基化合物增塑剂	39
九、聚乙二醇增塑剂	40
十、小粒度铝粉	42
十一、增强的卷式药柱	42
十二、安定处理的低能配方	44
十三、 β -二酮安定剂	45
十四、带孔的分隔板的模具设计	46

十五、硝基胍和钝感剂	51
十六、轻武器用级配装药	53
十七、硝化棉和铝粉包覆	56
第三节 无壳药	58
一、含硝化棉的泡沫火药	58
二、含低氮量硝化棉的火药	59
三、聚丙烯酸和有机氧化剂包覆层	61
四、聚醋酸乙烯包覆层	61
五、热固性粘合剂	61
六、纤维状硝化棉和增塑剂	63
七、无溶剂模制法	64
八、带气孔的无壳药	65
第四节 点火药	68
一、含有橡胶类粘合剂的点火药	68
二、含四氮烯的击发药	74
三、电点火具	75
第二章 氧化剂和金属燃烧剂	79
第一节 过氯酸铵	79
一、偏磷酸盐安定剂	79
二、热安定的过氯酸铵和过氯酸钾的混合物	80
三、与间苯二酚共晶	82
四、控制粒度的结晶	83
五、离子交换处理	84
六、过氯酸硝酸溶液处理剂	86
七、氧化剂包覆燃烧剂颗粒	88
八、指定粒度的过氯酸铵-硫酸铵混合物	90
九、过氯酸铵与硝酸混合物	92
十、烷氧亚氨基碳酸酯化物	94
十一、氨基二胍基三唑及三氨基胍	97
十二、装填粉末作为推进剂	99
十三、分散技术	99
十四、固体二元推进剂	100
第二节 二过氯酸胍	104
一、安定的配方	104
二、聚乙撑亚胺反应物	107
第三节 过氯酸硝酸酯	109
一、安定处理	109
二、用氮包覆	111

第四节 其它过氯酸盐	115
一、二水合过氯酸	115
二、过氯酸钾和氯铁酸钾	117
三、烃基过氯酸酯	118
四、有机过氯酸胺	120
五、铈和锂的过氯酸盐	121
六、铈和锂的过氯酸盐低共熔物	124
七、甲撑二氧胺及其酸式盐	125
八、甲撑-O, O'-双(乙羟膦酸乙酯)	127
九、过氯酸二银氨基四唑	128
第五节 含卤素的化合物	129
一、2, 2, 4, 4-四个二氟氨基戊烷	129
二、氟化过程	131
三、碳酸 2, 3-二(二氟氨基)丙 2, 2-二硝基丙酯	132
四、1-三(二氟氨基)甲氧基-2, 2, 2-三硝基乙烷	135
五、1, 4-二(三(二氟氨基)甲氧基)-2, 3-二硝酸酯基丁烷	137
六、二氟胺-亚胺反应产物	139
七、三(二氟氨基)乙酰胺	143
八、三氟胺基化合物	143
九、四氯硼酸二氟溴	145
十、2-氟-2, 2-二硝基乙缩水甘油醚	146
十一、五氟化氯和氟化过卤酰	147
十二、2-硝基-2-氯代烷基酯	148
十三、多氯多硝基烷	152
第六节 含氮化合物	152
一、硝酸 5-氨基四唑	152
二、用硝基胍安定处理的硝仿肼	153
三、脂肪族二硝亚胺	155
四、硝酰化合物	157
五、硝酸和四甲醛三嗪	160
第七节 金属燃烧剂	162
一、细碎的铝粉	162
二、三氯化铝	165
三、聚氨基硼氢化铝	166
四、氢化锂	168
五、聚乙烯包覆的锂	169
六、镁	173
第三章 粘合剂	175

VI

第一节 改性聚丁二烯	175
一、端羟甲基聚二烯	175
二、羧基-羟基共轭二烯	178
三、端羧基聚丁二烯和聚异丁烯的混合物	181
四、聚丁二烯丙烯腈	183
五、乙烯二茂铁-丁二烯共聚物	185
六、工艺附加物	187
第二节 用于聚丁二烯树脂的固化剂	189
一、丙啶基膦化氧	189
二、金属螯合物作为丙啶基聚合反应的催化剂	192
三、二官能团和三官能团丙啶基化合物	194
四、多元胺	197
五、聚丁二烯亚胺	201
六、聚亚甲基聚苯基异氰酸酯	203
七、碳酸特丁基过氧异丙酯	205
八、硅氧烷	207
九、三聚酸	208
十、有机铁盐	211
第三节 聚丙烯酸酯	212
一、含二氟氨基(-NF ₂)的聚丙烯酸酯的辐射固化	212
二、对含二氟氨基的聚丙烯酸酯进行固化的过氧化碳酸酯	214
三、交联丙烯酸四(二氟氨基)戊酯	217
四、丙烯酸 2,2-双(二氟氨基)-5-氟-5,5-二硝基-1-戊酯	219
五、硝化丙烯酸酯共聚物	219
六、2-甲基-5-乙烯基四唑-丙烯酸酯-丙烯酸三聚物	222
七、丙烯酸乙酯和丙烯酸共聚物	225
八、季戊四醇三硝酸丙烯酸酯	226
九、丙烯酸碳硼烷基甲酯共聚物	228
十、丙烯酸碳硼烷基甲酯-丁二烯共聚物	230
十一、烷撑二胍增塑剂	230
第四节 聚氨酯	232
一、水解聚乙烯酯	232
二、燃气发生器所用的配方	237
三、高比例的固体对粘合剂之比	239
四、原甲酸异杂酯作为驱水剂	241
五、1,2-聚氧丁二醇	241
六、用聚苯基异氰酸酯固化聚(二氟氨基醚)醇	243
第五节 聚酯	248

一、5-羧基-间苯二乙酸	248
二、含硝基的二醇和酸	250
第六节 氟碳聚合物	252
一、偏二氟乙烯-全氟丙烯共聚物	252
二、端羟甲基氟碳聚合物	257
三、二硝基氟烷基环氧化物	258
四、固化的亚硝基氟碳橡胶	260
五、亚硝基三聚物	261
六、半固态聚合物	263
七、可挤压的树脂混合物	265
八、可挤压的配方	268
九、含重金属的配方	271
十、玻璃纤维带缠包的阻燃层	273
第七节 其它粘合剂	274
一、乙烯-丙烯共聚物	274
二、安定的聚乙烯硝酸酯	278
三、聚乙烯醇	282
四、聚乙烯亚胺-端环氧基聚环氧丙烷	283
五、硅烷聚合物	285
六、硅-碳硼烷共共聚物	286
七、粘合剂的表面处理	287
八、双(2-氟-2,2-二硝基乙基)甲基增塑剂	288
九、用环氧树脂加工水湿的高能化合物	290
十、处理未固化的弹性体以改进对壳体的粘结性	292
第四章 燃速改良剂	294
第一节 附加物	294
一、磁场定向的金属丝	294
二、短金属丝	297
三、四吡啶重铬酸钾	299
四、金属氮化物	303
五、锂、锌和铁的硝酸盐	304
六、双(水杨基-1,5-醛酰胺)的铁盐	306
七、高分子量的醛和酮	307
八、2,2-二苯基三硝基苯基胍基	308
九、氟硼酸铵	309
十、二氟氨基-烷基碳硼烷	311
十一、1-异丙基碳硼烷的双二氟氨基衍生物	312
十二、1-硝基-2-碳硼烷基丙烯	312

X

十三、1-异丙烯基-2-二茂铁酰基碳硼烷	314
十四、1-吡咯烧基-甲基二茂铁	315
第二节 粘合剂性固化剂	316
一、含羟基官能团的二茂铁衍生物	316
二、二茂铁基丁二烯	317
三、环氧树脂脂肪族碳硼烷	318
第三节 其它方法	319
一、交联聚乙烯丁醛-咪胺甲醛	319
二、壳内浇铸端面燃烧药柱	320

第二篇 液体推进剂

第一章 燃料	324
第一节 肼——一般系统	324
一、降低冰点的烷基肼	324
二、不生成碳的肼-氢混合物	325
三、四氟肼	326
四、油酰替肌氨酸乳化剂	327
第二节 肼——胶凝系统	328
一、羟乙基纤维	328
二、羟乙基纤维和二氧化硅	329
三、硝酸肼和细碎的金属	330
四、用聚氨基脲包覆的三氯化铝	330
五、过氯酸肼	332
第三节 肼——分解催化剂	333
一、金属碳酸盐	333
二、钼-钴	335
三、铝粉	336
四、含四氧化二氮的热层	337
第四节 金属系统	338
一、液体铍-硼化合物	338
二、氢化二环戊二烯基铍	339
三、四氢化(二碱金属)铍	341
四、金属燃料乳油液	342
五、含细碎的空金属球的浆液	344
六、玻璃纤维悬浮质	345
第五节 其它的胶凝配方	346

一、膦酸有机铝	346
二、含有硼酸的胶体醇	347
三、覆盖有硅土的 β 型碳化硅纤维	348
四、过氯酸羟胺	349
第六节 其它系统	351
一、羟胺	351
二、四甲醛三嗪	353
三、金属-氧化剂-氢系统	354
四、加入聚乙烯以改进海绵态推进剂强度	358
五、起泡剂和泡沫橡胶	360
六、载人宇宙飞船上人的废物的利用	363
第二章 氧化剂	364
第一节 含氟化合物	364
一、氟氧化剂气体发生器	364
二、四(二氟氨基)甲烷	366
三、三氟化氧氯和四氟化氯	368
四、三氟氧氯	369
五、双(二氟氨基氧)二氟甲烷	370
六、高氟化氨基甲基化物	370
七、氟化有机异氰酸酯化合物	375
八、氟磺酸三(二氟氨基)甲酯	376
九、二氟氨基腈衍生物	376
十、三(二氟氨基)烷	378
十一、离子型卤素互化物	379
第二节 其它氧化剂系统	381
一、乙基十硼烷和五氟化氯	381
二、六氟铋酸二氟氯	382
三、过氯酸二氟氨基烷	383
四、含水过氯酸羟胺氧化剂	384
五、增强的含二氟氨基的液体氧化剂	388
六、钼络合氟化物胶凝剂	390

第三篇 炸 药

第一章 含水配方	395
第一节 增塑剂和胶凝剂	395
一、古尔胶氰乙醚	395
二、交联的黄梦茄亲水胶体	396

三、交联古尔胶	398
四、醋酸铬	400
五、铬酸钠和酒石酸锑钾	402
六、用硼酸控制胶凝	406
七、就地制造胶凝悬浮液	408
八、聚丙烯腈和聚丙烯酰胺	409
九、在硝酸铵溶液中丙烯酰胺的交联	412
十、含聚丙烯酰胺的可变密度炸药	415
十一、硝化棉-硝化甘油预胶化	418
十二、含硬沥青的硬质炸药	419
十三、含生物高分子胶的不混溶的液烃分散体系	420
十四、充气炸药	424
十五、尿素稳定剂	426
十六、增稠的含硝酸酯配方	425
第二节 敏化剂	427
一、金属离子	427
二、乙二醇-硝酸酯	429
三、硝酸戊酯	430
第三节 起泡法	432
一、含蛋白质炸药的机械起泡	432
二、化学起泡剂	433
第四节 分散剂	436
一、乙二醇	436
二、长链叔胺	438
三、在亲脂剂中进行共晶	442
四、含有气泡的油包水乳液	442
第五节 其它含水配方	443
一、可逆流动-非流动性质	443
二、低温流动性和结晶性	446
三、氧化钙-聚甲醛反应产物	451
四、在宽的温度范围内具有恒定爆速	452
五、控制低温下的高感度	455
六、氢氧化钠的中和热作为制造过程中的热源	458
七、泡沫热塑性球	460
八、硝酸铵-铝粉浆液	465
九、含铝粉的高能系统	467
十、热塑性薄膜药包	473

第二章 硝酸铵和其它炸药配方476

第一节 铵-油炸药	476
一、活化球	476
二、球的水化和熟化处理	477
三、不同孔率的硝酸铵球	479
四、防结块剂	479
五、尿素改性硝酸铵	480
六、硝酸钙	481
七、用于高密度配方的表面活性剂	485
第二节 硝酸铵	486
一、可溶于二甲基甲酰胺中的敏化剂	486
二、乙烯叉氯胶乳	487
三、含沉淀盐混合物的可浇铸配方	488
四、氨基甲醛树脂和玻璃泡	492
五、降烟剂	493
第三节 含硝基甲烷的液体炸药	497
一、增稠的配方	497
二、带孔颗粒和含气体成分	498
三、低温配方	499
四、被包裹的敏化剂	500
第四节 塑料粘结炸药	501
一、聚氨酯	501
二、增塑的丙烯酸酯	504
三、氟碳-硅酮树脂粘合剂	506
四、聚丙烯酸乙酯橡胶	507
五、氟碳包覆层	509
第五节 一般炸药配方	512
一、空心树脂状塑料球	512
二、用微球的可逆敏化	514
三、水溶性离子染料包覆层	514
四、硅酮包覆太安	516
五、溶于硝基石蜡系中的硝胺	518
六、有机硅包覆的压力敏感炸药	519
七、有机硅包覆	519
八、可熔配方	521
九、可铸梯恩梯配方	521
十、钕镁合金及无机过氧化物组成的起爆药	526
十一、二醇和古尔胶醚增稠剂	527
十二、古尔胶的氯乙醚增稠剂	530

第六节 工艺	537
一、 β 型奥克托今的直接生产	537
二、二氨基三硝基苯的重结晶	538
三、六硝基均二苯乙烯的重结晶	538
四、2,6-双(苦氨基)-3,5-二硝基吡啶	539
〔附录〕 书中常用单位公英制换算表	540

绪 论

随着第二次世界大战末期德国 V-2 火箭的出现、冷战期间洲际导弹的发展以及载人宇宙飞船成功地登上月球进行探险，大家对“推进剂”、“液氧”、“助推器”、“载荷”等等，已不陌生。推进剂主要用以发射各种口径的枪炮弹丸及推动火箭和导弹，在其它需要将迅猛的力在短时间内高度控制地释放出来的场合，也得到了有效的应用。虽然推进剂的大部分最初的发展是为了适应军事和空间探索的需要，但由于其在使用上的简单、安全，它们也日益增多地应用于一般工业方面。

一般，在各类炮和长短枪中所使用的固体发射药，是以作为主要氧化剂的惯用硝化棉为基。为改进弹道和其它性能，许多氧化性和具有燃烧剂性的增塑剂及活泼氮化物，也加进配方中。随着高能火箭系统的迅速发展，在过去二十多年中，研制出了许多复合推进剂。过氯酸盐，特别是它们的铵盐和钾盐，广泛地和线型或交联聚合物粘合剂，例如羧基改性丁二烯、聚氨酯和聚硫等，结合起来使用。为了制造出非常高能的推进剂，在氟碳橡胶技术方面所获得的进展，应用到了推进剂的粘合剂工艺中。此外，为增加能量，铝、硼和其它金属及增塑剂，也加进复合固体推进剂中。

液体推进剂，大部分应用在高推力导弹系统中。在这种系统中，通过采用特殊的阀门技术，使能够正常使用这些反应性强、挥发性高的化合物。单元推进剂，由氧化剂和还原剂寓于同一体的单一物质组成，主要有肼、过氧化氢、硝基甲烷及硝酸甲酯和乙醇混合物等。二元推进剂（其中的氧化剂和燃烧剂在点火前是分开），在火箭发动机系统中是需要的，它较单元推进剂能产生

高得多的推力。典型的氧化剂有液氧、发烟硝酸、氟和含有氮的氧化物的某些酸等。用于二元推进剂的燃烧剂（或称为燃料）有汽油和煤油类的烃类燃烧剂、醇、肼、苯胺、氨等。为了增加比冲，可以加入氢、硼氢化物及轻金属，如硼、铍等。

火炸药的历史，应追溯到中国，远在 1000 年左右使用黑药制造火器的早期发展。在十九世纪中期，硝化棉的发明及诺贝尔（Nobel）发明了硝化甘油和代拿迈特，促使近代战争的面貌发生了很大变化。这些技术，最初好象仅是为了灭绝人性地战争，随着它们的高度发展，也产生了许多对工业社会有价值的产品。许多炸药，在工业上用于爆破、开凿、金属成型、金属焊接和地震勘探中。在炮弹、炸弹、爆轰炸药和推进剂所使用的炸药中，硝酸铵是最为广泛使用的成分。近年来，对于水胶（或称为含水凝胶）和浆液炸药，也进行了积极地研制。这些炸药，主要用在炮眼中，一般含有有机增稠剂，例如古尔胶、多糖物和明胶等。

在火炸药领域中的专利文献是很多的，关于它们的新工艺方面的专利，每年就有几百篇。本书包含了几百种发表在近期美国专利文献上的配方及工艺方法。由于在这一领域中研究工作的军事保密性和专利性，因而许多发展，特别是关于推进剂的发展，仅在登月球热达到高潮并在全中国居于优先位置的六十年代的早期和中期，才发表出来。

由于这门科学的复杂性及炸药和推进剂间的相互关系，所研制的一些基本物质可在多方面得到应用。本书分为三大部分：一、固体推进剂；二、液体推进剂；三、炸药。在本书篇幅可能的情况下，对有重要用途的那些专利，介绍了工艺方法，以便使许多炸药系统和成分能够配制出来，以满足各方面的需要。