

高分子混合炸药

孙 国 祥 编著

国防工业出版社

高分子混合炸药

孙国祥 编著

国防工业出版社

1984

内 容 简 介

本书介绍了新型的高分子混合炸药，其组成含有高级炸药、高分子及有关助剂。全书分九章：第一章介绍这类炸药的发展概况，设计配方的原则和炸药定型所需的技术文件；第二章介绍混合炸药的组份，重点介绍高分子和增塑剂；第三到第七章介绍这类炸药的主要类型、特点、制造工艺和典型配方；第八章介绍炸药与接触材料的相容性；第九章介绍性能测试和某些参数的计算方法。

本书可作为从事炸药研究工作、炸药生产和使用的技术人员及高等院校有关专业师生的参考书，对从事发射药、烟火药和火工品等方面的技术人员也有参考价值。

高分子混合炸药

孙国祥 编著

责任编辑 赵锡正

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

850×1168¹/₃₂ 印张16 417千字

1985年3月第一版 1985年3月第一次印刷 印数：0,001—1,400册

统一书号：15034·2744 定价：3.20元

前 言

第二次世界大战后,随着高分子和炸药两种学科的迅速发展,人们广泛采用高分子及其助剂作为炸药的粘结剂和钝感剂,制成高分子混合炸药。

本书主要内容是论述高分子混合炸药的发展概况、配方组成和制造工艺。书中介绍了这类炸药的五种主要类型、常用于炸药的高分子和增塑剂、各种爆炸组份和添加剂,全书共收集了九百多个混合炸药配方、五十多种生产和成型工艺。至于爆轰和高分子化学方面的理论,由于不属于本书范畴,故叙述的内容较少。

根据制造工艺和产品的物理状态,本书把高分子混合炸药加以分类。因为有些产品的物理状态恰好介于两类之间,又因某些产品的物理状态还与成型工艺和环境温度有关,所以分类较难。

文献中论述了很多制造工艺,有的文献只介绍具体操作,不进行命名;有的文献虽对所述工艺加以命名,但不够确切。为了区别不同的工艺和方法,本书按操作过程的特点对制造工艺进行命名,供读者参考。

本书正文列出许多混合炸药配方,为查找方便,把有代号(如PBX、LX和RX等)的配方统一列入附录五。为了书写方便,本书的表格使用了大量的略语和商品名,附录三和四列出它们的化学名或组成。在表格中,许多数据用简化方法表示,即附录三的略语有单位时,一般表中就省去单位,如D8000表示爆速值为8000米/秒、 ΔH_{det} 1000表示爆热为1000卡/克,威力和猛度用梯恩梯当量表示。

由于此书脱稿后,最近国外又发表了许多资料,虽经编者补充一些较重要的资料,但仍不完全,预计今后还会发表新资料,所以书中留下一些空格,以备读者自行填补一些配方、代号和数

据。本书第八和第九两章列出了相容性和炸药参数的计算公式,具有一定参考价值。

在整理文献资料时,发现一些资料互相矛盾,例如 Estane 5740、Exon 461 和 Kel-F 等商品名的化学组成,文献中介绍的不一致,因此,本书加注进行更正。

在书稿初步完成后,著者得到于峰、李福平、刘忠良、刘钺和郭锐等领导同志的大力支持,又承徐更光、包昌火、张金根、胡焕性、杨培进和孙富根等同志审阅原稿,特此表示深切的感谢。由于著者专业水平有限,资料收集的不全、文字表达能力和编写经验均不够,本书出版后缺点和错误在所难免,恳请读者给予批评和指正。

编著者

序 言

高分子化学是近代发展最快的学科之一，高分子的制品广泛应用于国民经济的各个部门和人们的衣食住行等方面。有人预料到2000年，高分子材料不但在体积上，而且在重量上要超过极其重要的冶金材料。现在，高分子材料的品种在不断增加，为了满足工农业和国防事业的发展，出现了许多具有特殊性能的高分子，如耐高温、高强度、耐老化、耐腐蚀和耐摩擦的高分子相继问世。因此可以说，全世界现在已进入高分子时代，高分子材料的产量和质量是衡量一个国家现代化程度的重要标志之一。

炸药是近代发展较快的学科，炸药广泛用于装填各种武器和工业爆破。虽然炸药的品种很多，但是能量高和产量较大的高级炸药品种并不多，它们的典型品种是黑索今、奥托今和太安。因为这些炸药的机械感度高和粘结性差，所以难于单独压装；又因为它们的熔点高，所以也不能象梯恩梯那样进行注装。

早在第二次世界大战后期，人们就开始研究塑料粘结炸药。因为高分子材料具有容易生产、成型和加工等优点，又可以容纳大量的填料，如可以加入木粉、石棉、碳黑、纤维及其制品，所以使炸药工作者能够采用炸药代替上述的惰性填料，用高分子及其助剂作为粘结剂和钝感剂，利用高分子的成型和加工方法，从而制成“高分子混合炸药”。这类炸药既具有高级炸药的爆炸特性，又具有高分子制品的优良的物理和机械性能，生产和使用既安全又方便。因为高分子材料的品种很多，不同品种的高分子的性能差异甚大，所以高分子混合炸药也有多种类型，如压装炸药、高强度热固性炸药、挠性炸药、塑性炸药、低密度炸药和耐热混合炸药等。炸药制品的外观有的象硬质或泡沫塑料，有的像皮革、橡皮和软质塑料制品，有的象生面团和腻子，有的象绳索，有的

象小米和砂糖。高分子材料使炸药领域发生了巨大的变化，使炸药事业得到迅速的发展。同时，炸药研究工作对高分子材料的性质也提出一些新的要求，因此也促进了高分子化学和物理学的发展。高分子混合炸药正是高分子和炸药两种学科迅速发展和互相渗透的产物。

本书介绍了高分子混合炸药的发展概况，重点介绍这类炸药的几种主要类型，各个类型的特点、组成、制造方法和典型配方。因为炸药的许多参数和相容性是较重要的内容，为此本书列出一些计算它们的方程式。

本书主要依据国外资料和编者的实际工作体会写成的，为了扩大发行范围，没有引用国内资料。

目 录

第一章 概论	1
§ 1 早期的炸药	1
1-1 黑火药	1
1-2 代那买特炸药	1
1-3 梯恩梯注装炸药	1
1-4 钝感炸药	2
§ 2 高分子混合炸药	2
2-1 高分子化合物的特点	2
2-2 高分子混合炸药的产生和发展	3
2-3 高分子混合炸药的类型	4
2-4 高分子混合炸药的应用	5
§ 3 高分子混合炸药的设计	6
3-1 能量	6
3-2 感度	10
3-3 安定性	16
3-4 机械性能和物理性能	19
3-5 安全技术、劳动保护和环境保护	20
3-6 工艺性和经济性	22
3-7 检验分析	22
3-8 小结	23
§ 4 高分子混合炸药的定型	24
4-1 测试项目的评价标准	24
4-2 能量测试项目的选择	25
4-3 技术文件	26
第二章 高分子混合炸药的组分	27
§ 1 爆炸组分	27
1-1 品种	27
1-2 爆炸组分的粒度和颗粒级配	28
§ 2 高分子化合物	30
2-1 天然高分子	31
2-2 纤维素衍生物	31
2-3 聚丙烯酸酯	32

2-4	聚乙烯醇及其衍生物	34
2-5	其它乙烯基高分子	35
2-6	聚醚	36
2-7	含氟高分子	37
2-8	其它热塑性高分子	38
2-9	有机硅高分子	38
2-10	橡胶和弹性体	40
2-11	环氧树脂	44
2-12	聚酯树脂	46
2-13	聚氨酯	48
2-14	其它树脂	50
2-15	硝化棉	51
2-16	活性聚丙烯酸酯	52
2-17	其它活性高分子	54
2-18	小结	56
§ 3	增塑剂	60
3-1	活性增塑剂	61
3-2	酯类增塑剂	65
3-3	烃类增塑剂	70
3-4	其它增塑剂	72
3-5	小结	72
§ 4	高分子的其它助剂	74
4-1	引发剂和固化剂	75
4-2	硫化剂	77
4-3	催化剂	78
4-4	稳定剂	80
4-5	发泡剂	82
§ 5	钝感剂	82
5-1	钝感机理	82
5-2	钝感剂的条件	84
5-3	钝感剂的品种	85
5-4	小结	88
§ 6	表面活性剂	89
6-1	表面活性剂的主要作用	89
6-2	品种	90
6-3	表面活性剂在炸药中的用途	95
6-4	表面活性剂的条件和选择	95
§ 7	其它元素	95
7-1	品种	96

7-2 作用	97
§ 8 氧化剂	99
§ 9 其它添加剂	100
9-1 增强剂	100
9-2 染色剂	100
9-3 气味剂	101
9-4 防水剂	101
9-5 减速剂	102
9-6 增速剂	102
第三章 压装炸药	103
§ 1 产生和发展	103
1-1 蜡类钝感剂	103
1-2 高分子粘结剂	104
1-3 粘结剂的条件	106
§ 2 造型粉的要求	107
2-1 外观	107
2-2 假密度	107
2-3 感度	107
2-4 工艺性	107
2-5 成份均匀性	107
2-6 粒度	108
§ 3 造型粉的应用	110
§ 4 造型粉的制造方法	111
4-1 溶液混合-蒸馏法	112
4-2 溶液-水悬浮-蒸馏法	114
4-3 水悬浮-溶解-蒸馏法	117
4-4 溶液高温滴加法	119
4-5 溶液悬浮-沉淀法	121
4-6 糊状物过筛法	123
4-7 共沉淀法	124
4-8 破乳法	125
4-9 湿混合法	127
4-10 干混合法	129
4-11 熔融混合法	130
4-12 水悬浮-熔融包覆法	131
4-13 悬浮液连续造粒法	133
4-14 化学沉淀法	134
4-15 化学聚合法	136
4-16 化学交联法	138

4-17 其它方法	139
§ 5 造型粉的成型	140
5-1 模压法	140
5-2 静液压制法	141
§ 6 压装炸药的配方	142
6-1 黑索今压装炸药	143
6-2 奥托今压装炸药	147
6-3 耐热压装混合炸药	149
6-4 其它配方	153
6-5 小结	154
第四章 热固性炸药	155
§ 1 产生和发展	155
1-1 传统的浇注炸药	155
1-2 浇注炸药的改性	156
1-3 热固性炸药	161
§ 2 特点	164
2-1 爆炸性能	164
2-2 机械性能	164
2-3 工艺性	164
§ 3 制造方法	165
3-1 挥发法	165
3-2 混合-浇注-熟化法	165
3-3 浇注法	166
3-4 钝感浇注法	168
3-5 挤压或注射成型法	169
3-6 压制法	171
3-7 真空浸渍法	173
3-8 分散液混合法	174
3-9 溶液混合法	175
3-10 小结	177
§ 4 配方	177
4-1 含不饱和聚酯树脂的配方	178
4-2 含聚氨酯的配方	181
4-3 含环氧树脂的配方	186
4-4 含端羧基高分子的配方	187
4-5 其它配方	188
4-6 传统的浇注炸药的改性配方	190
4-7 小结	194
第五章 挠性炸药	195

§ 1 产生和发展	195
1-1 导爆索的演变	195
1-2 金属加工所用炸药的演变	197
1-3 挠性炸药的发展	199
§ 2 特点和用途	203
§ 3 挠性炸药的设计	204
§ 4 制造方法	206
4-1 混合造粒-机械成型法	206
4-2 湿混合造粒-机械成型法	207
4-3 造型粉机械成型法	208
4-4 挥发法	210
4-5 浇注-胶化法	210
4-6 混合-机械成型法	211
4-7 混合-压延-烧结法	213
4-8 造型粉成型硫化法	214
4-9 混合成型固化法	215
4-10 制造方法小结	217
§ 5 配方	217
5-1 含普通橡胶的配方	217
5-2 含特种橡胶的配方	219
5-3 含活性高分子的配方	224
5-4 其它配方	228
5-5 小结	230
第六章 塑性炸药	231
§ 1 产生和发展	231
1-1 代那买特	231
1-2 代那买特的改性	232
1-3 含水的塑性炸药	232
1-4 阿斯特洛莱特炸药	233
1-5 糊状炸药	234
1-6 含油的塑性炸药	234
1-7 含活性高分子的塑性炸药	234
1-8 含惰性高分子的塑性炸药	235
§ 2 优点和用途	235
§ 3 塑性炸药的设计	236
§ 4 制造方法	236
4-1 造型粉捏合法	236
4-2 造型粉塑化法	238
4-3 湿混合-轧制-混炼法	239

4-4 挥发法	240
4-5 混合胶化法	240
4-6 捏合法	243
4-7 制造方法小结	245
§ 5 配方	245
5-1 代那买特配方	246
5-2 含水塑性炸药	246
5-3 阿斯特洛莱特炸药	247
5-4 糊状炸药	248
5-5 含油的塑性炸药	248
5-6 含活性高分子的塑性炸药	249
5-7 含惰性高分子的塑性炸药	250
5-8 小结	252
第七章 低密度炸药	253
§ 1 产生和发展	253
1-1 早期的低密度炸药	253
1-2 新型的低密度炸药	254
§ 2 用途	256
§ 3 低密度炸药的设计	260
3-1 要求条件	260
3-2 高分子添加剂	260
§ 4 制造方法	261
4-1 混合法	261
4-2 浸渍-沉淀法	261
4-3 热膨胀法	262
4-4 鼓气法	263
4-5 鼓气固化法	264
4-6 化学发泡法	266
4-7 化学发泡-固化法	267
4-8 浸溶法	268
4-9 蒸发法	269
4-10 小结	270
§ 5 配方	271
第八章 相容性	273
§ 1 相容性的种类和定义	273
1-1 物理相容性	273
1-2 化学相容性	275
1-3 相容性的定义	275
§ 2 相容性研究的历史	275

2-1 相容性问题的产生	275
2-2 相容性研究的发展	277
2-3 研究相容性的意义	279
§ 3 文献中的结论和看法	279
3-1 研究现有的相容性资料	279
3-2 炸药与金属的相容性	280
3-3 炸药与高聚物的相容性	282
3-4 其它材料同炸药的相容性	287
§ 4 测试方法	289
4-1 炸药安定性的试验方法	289
4-2 高分子性能的测试方法	304
§ 5 讨论和建议	305
5-1 混合炸药各组分之间的相容性	305
5-2 炸药与接触材料的相容性	306
5-3 炸药与金属的作用	306
5-4 水份的影响	306
5-5 酸性或碱性物质的影响	307
5-6 含炸药的部件的相容性	307
第九章 性能和测试	308
§ 1 配方及其主要参数的计算	308
1-1 组成计算	308
1-2 密度计算	308
1-3 分子量、分子式和元素组成的计算	309
1-4 氧平衡的计算	310
§ 2 爆炸性能	313
2-1 测试方法	313
2-2 能量参数的计算	319
§ 3 感度	333
3-1 撞击感度	333
3-2 药柱撞击试验	335
3-3 枪击试验	338
3-4 射弹撞击试验	340
3-5 发射试验	341
3-6 摩擦试验	341
3-7 殉爆试验	342
3-8 起爆试验	344
3-9 静电试验	346
3-10 火焰试验	347
§ 4 安定性	348

4-1 真空安定性	348
4-2 加热试验	350
4-3 爆发点和分解温度	351
4-4 碘化钾试验	351
4-5 大型炸药装药的热安定性试验	352
4-6 加速贮存试验	352
4-7 其它安定性试验	355
§ 5 机械力学性能和物理性能	357
5-1 机械性能	357
5-2 物理性能	363
§ 6 环境适应性	364
6-1 耐水性和耐湿性	364
6-2 高低温试验	365
6-3 膨胀和渗油试验	367
6-4 挥发性	368
§ 7 工艺性	368
7-1 成份分析	369
7-2 毒性	369
7-3 生产和装药的测试分析	369
附录	371
一 常用高分子化合物的性质	371
二 增塑剂的性质	378
三 略语和代号索引	398
四 商品名索引	423
五 炸药代号的组成和性能	453
六 单位换算和各国筛孔	482
参考文献	486

第一章 概 论

本章简要介绍了高分子混合炸药的产生和发展概况，设计配方的原则，配方定型应当完成的工作。

§ 1 早期的炸药

1-1 黑 火 药

黑火药是最古老的炸药，它是我国的四大发明之一。它由硝酸钾或硝酸钠、木炭和硫磺机械混合而成。长期以来，它一直是一种多用途的炸药⁽¹⁾，广泛用于火炮、各种榴弹、导火索和工业爆破。黑火药的缺点是能量低和安全性较差。现在，它已不再作为炸药使用，主要用于制造导火索、点火药、花炮和礼炮等产品。

1-2 代那买特炸药

代那买特 (Dynamite) 炸药是现代炸药的奠基人—诺贝尔发明的。这类炸药一般含有硝化甘油、硅藻土、硝酸盐、硝化棉和燃料。它的品种很多，其中胶质炸药和半胶质炸药是最早的塑性炸药。因为硝化甘油的安定性不好且毒性大，所以现在代那买特炸药的产量正逐渐减少，在工业炸药中正逐渐被新型硝酸铵爆破炸药、浆状炸药、水胶炸药和乳液炸药所取代^(1,2,3)。

1-3 梯恩梯注装炸药

十八世纪末，苦味酸及其混合物曾是当时的主要军用炸药。本世纪初，梯恩梯开始取代苦味酸⁽¹⁾，广泛用于多种武器。梯恩梯可以单独注装，为了改善能量和降低成本，常常加入其它高级

炸药、金属粉和氧化剂。在两次世界大战中，这类炸药都是最重要的军用炸药。因为这类炸药具有装药简便，成本较低和容易制造大型产品的优点，所以现在仍是重要的军用炸药。但是它们的注件机械性能较差，产品可能出现裂纹，渗油，缩孔和气泡，密度不够均匀和能量不高，因此已不能满足某些现代武器发展的需要^[4,5,6]。

1-4 钝感炸药

结晶高级炸药的种类很多，其中最重要的品种是黑索今、奥托今和太安。这三种炸药具有较高的爆速、爆压和爆热，较大的威力和猛度，较好的氧平衡和安定性，因此它们都是良好的军用炸药。但是，它们的机械感度和熔点较高，既不适于单独压装，也不适于单独注装。显然，要想使用这些炸药，必须首先解决安全装药问题。后来，人们加入少量蜡和脂肪酸作钝感剂，于是出现一类较重要的军用炸药，如美国的A炸药和苏联的A-Ⅸ-1。这类炸药的优点是生产简便、钝感效果较好、成本低廉，但是它们的耐热性能差，压制件的机械性能差，并难于压制大型产品，因此，它们也不能满足某些现代武器的需要^[7,8,9]。

§ 2 高分子混合炸药

因为早期的混合炸药存在一些缺点，为了适应各种现代武器装药的需要，所以人们研制和发展了高分子混合炸药。

2-1 高分子化合物的特点

高分子的主要特点是分子量，一般分子量应大于一万。高分子的另一特点是种类繁多，大致可分为塑料、涂料、橡胶和纤维四大类，广泛用于国民经济的各个部门。高分子化合物又有原料丰富和易于加工等优点。高分子化学这门学科也发展很快，合成方法日益增多，加工工艺不断完善，基础理论也发展的十分迅速。可以预料，随着工农业和国防事业的发展，新型的高分子化