

炸药与爆破

国防工业出版社

目 录

第一章 炸药的概念	7
§ 1-1 炸药与一般燃料的区别	7
§ 1-2 炸药的定义	9
§ 1-3 炸药的组成	10
§ 1-4 炸药的分类	14
第二章 炸药的反应	16
§ 2-1 概论	16
§ 2-2 燃烧和爆轰	16
§ 2-3 炸药的氧平衡	17
§ 2-4 爆炸能	19
§ 2-5 爆炸压力	22
练习题	24
第三章 冲击波和爆轰波	26
§ 3-1 概论	26
§ 3-2 冲击波的性质	26
§ 3-3 线性冲击波	27
§ 3-4 黑格纽特 (Hugoniot) 曲线	29
§ 3-5 物质速度、稀疏波 (膨胀波)	31
§ 3-6 固体中的冲击波	32
§ 3-7 爆轰波的结构	36
§ 3-8 爆轰理论	37
§ 3-9 爆轰压力	39
§ 3-10 稳定爆速、理想爆速	41
练习题	43
第四章 试验方法	44
§ 4-1 火药	44
§ 4-2 猛炸药	49

§ 4-3 煤矿炸药	64
§ 4-4 火工品	66
练习题	71
第五章 猛炸药	73
§ 5-1 黑火药	73
§ 5-2 液氧炸药	79
§ 5-3 高氯酸盐炸药 (卡里特炸药)	81
§ 5-4 氯酸盐炸药	84
§ 5-5 铵油炸药	85
§ 5-6 浆状炸药	87
§ 5-7 工业炸药的原料和爆炸性物质	90
§ 5-8 起爆药	106
§ 5-9 单质炸药作为爆炸中心的工业用混合炸药	111
第六章 发射药、推进剂及火工品	131
§ 6-1 发射药及推进剂	131
§ 6-2 火工品	134
练习题	150
第七章 爆破	151
§ 7-1 爆破概论	151
§ 7-2 巷道掘进	165
§ 7-3 扩底爆破 (药壶式爆破)	171
§ 7-4 阶梯爆破	171
§ 7-5 巷道式大爆破	173
§ 7-6 扇形打眼大爆破	174
§ 7-7 二次爆破	175
§ 7-8 拔根爆破	176
§ 7-9 混凝土墙的切断	177
§ 7-10 钢材的切断	177
§ 7-11 城市爆破	178
§ 7-12 水下爆破	178
第八章 爆破作业	181
§ 8-1 必需的器材	181
§ 8-2 猛炸药的选择	185
§ 8-3 火工品的选择	186

介 簡 容 內

炸 药 与 爆 破

〔日〕须藤秀治、大久保正八郎、田中一三 著

丁瑞生、黄世衡 译

陆庆武、张金城 校

编 译：丁 瑞 生

校 对：黄 世 衡

普 升：酒 八 五 级 大 大

三 一 中 国

國防工業出版社

内 容 简 介

本书是把有关工业炸药的基本知识和有关工程爆破的基本知识结合起来的书。书的前半部分介绍了炸药的爆炸原理、爆轰波的性质、炸药试验方法，以及工业炸药及有关起爆器材（如工程雷管、导火索、导爆索等）的品种、性能和制造方法。书的后半部分介绍了常用的工程爆破方法、爆破公害及其有关问题。

本书可供从事爆破器材生产和使用的部门的广大工人和技术人员参考，也可供有关院校的师生参阅。

火 薬 と 爆 破

須 藤 秀 治

大久保正八郎 共著

田 中 一 三

オーム 社 1971.11.

*

炸 药 与 爆 破

丁瑞生、黄世衡 译

陆庆武、张金城 校

*

国防工业出版社 出版

北京市书刊出版业营业许可出字第074号

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

*

787×1092¹/₃₂ 印张7 147千字

1976年7月第一版 1976年7月第一次印刷 印数：00,001—12,000册

统一书号：15034·1455 定价：0.74元

译校说明

本书是丁瑞生同志和黄世衡同志根据须藤秀治等人著的“火薬と発破”一书翻译的，由陆庆武同志和张金城同志校对整理。

在译校过程中对已发现的原书中的技术错误做了改正，并对原书中参考价值不大的内容进行了删节。

由于译校者的水平所限，难免有错误和不足之处，请读者批评指正。

目 录

第一章 炸药的概念	7
§ 1-1 炸药与一般燃料的区别	7
§ 1-2 炸药的定义	9
§ 1-3 炸药的组成	10
§ 1-4 炸药的分类	14
第二章 炸药的反应	16
§ 2-1 概论	16
§ 2-2 燃烧和爆轰	16
§ 2-3 炸药的氧平衡	17
§ 2-4 爆炸能	19
§ 2-5 爆炸压力	22
练习题	24
第三章 冲击波和爆轰波	26
§ 3-1 概论	26
§ 3-2 冲击波的性质	26
§ 3-3 线性冲击波	27
§ 3-4 黑格纽特 (Hugoniot) 曲线	29
§ 3-5 物质速度、稀疏波 (膨胀波)	31
§ 3-6 固体中的冲击波	32
§ 3-7 爆轰波的结构	36
§ 3-8 爆轰理论	37
§ 3-9 爆轰压力	39
§ 3-10 稳定爆速、理想爆速	41
练习题	43
第四章 试验方法	44
§ 4-1 火药	44
§ 4-2 猛炸药	49

§ 4-3 煤矿炸药	64
§ 4-4 火工品	66
练习题	71
第五章 猛炸药	73
§ 5-1 黑火药	73
§ 5-2 液氧炸药	79
§ 5-3 高氯酸盐炸药 (卡里特炸药)	81
§ 5-4 氯酸盐炸药	84
§ 5-5 铵油炸药	85
§ 5-6 浆状炸药	87
§ 5-7 工业炸药的原料和爆炸性物质	90
§ 5-8 起爆药	106
§ 5-9 单质炸药作为爆炸中心的工业用混合炸药	111
第六章 发射药、推进剂及火工品	131
§ 6-1 发射药及推进剂	131
§ 6-2 火工品	134
练习题	150
第七章 爆破	151
§ 7-1 爆破概论	151
§ 7-2 巷道掘进	165
§ 7-3 扩底爆破 (药壶式爆破)	171
§ 7-4 阶梯爆破	171
§ 7-5 巷道式大爆破	173
§ 7-6 扇形打眼大爆破	174
§ 7-7 二次爆破	175
§ 7-8 拔根爆破	176
§ 7-9 混凝土墙的切断	177
§ 7-10 钢材的切断	177
§ 7-11 城市爆破	178
§ 7-12 水下爆破	178
第八章 爆破作业	181
§ 8-1 必需的器材	181
§ 8-2 猛炸药的选择	185
§ 8-3 火工品的选择	186

§ 8-4	爆破作业	188
第九章 爆炸公害		200
§ 9-1	概论	200
§ 9-2	爆炸气浪的影响	200
§ 9-3	相似法则	202
§ 9-4	爆炸气浪压力的计算	203
§ 9-5	爆炸气浪造成的灾害	206
§ 9-6	爆破的地震效应	209
练习题		211
第十章 炸药的利用		212
§ 10-1	概论	212
§ 10-2	发射药	212
§ 10-3	推进剂	214
§ 10-4	爆炸加工	216
§ 10-5	聚能效应(诺尔曼效应)、平面爆轰波	219
练习题		222
习题解答		222

第一章 炸药[●]的概念

§ 1-1 炸药与一般燃料的区别

从炸药发展的历史来看，炸药的始祖是燃料。现在让我们来研究一下燃料与炸药的区别。一般使用的大部分燃料，是由碳、氢元素为主的成分构成的。在燃烧时，这两种元素被氧化，生成二氧化碳和水蒸汽，并产生热量。这种热量是燃料所以具有威力的原因。炸药爆炸时，也同样生成二氧化碳和水蒸汽，并产生热量。少量炸药破碎岩石时，这种热量就成为使岩石飞散的那种巨大威力的因素之一。

煤作为燃料已被使用了 500 年，作为动力能源已有 200 年；石油被作为内燃机的燃料，已有 100 年。埋藏于地球中的煤和石油已被大量地开采了大约有 200 年的时间，其热量被用于工业和家庭，而同样能发生热量的炸药，虽已有两千年的漫长历史，但却没有作为工业燃料来使用。

物质发生化学反应时产生的热能用热量（单位是卡、千卡）来表示。将 1 公斤具有代表性的燃料和炸药所产生的热能进行比较，如表 1-1 的 A 栏所示。由此看出，炸药的能量只有氢的二十分之一。但是炸药在即使没有氧的条件下也可以燃烧，并放出热量，而一般燃料如果没有氧就不能燃烧。往燃料中加入所需要量的氧，求其热量时，得出 B 栏的值。

● 日文中火药有时可译作炸药或火药，本书根据书中含义分别译为炸药或火药。——译注

表1-1 燃料和炸药产生的热能

物 质	A		B		C	
	千卡/ 公斤	比	千卡/ (物质 + 需要的氧) 公斤	比	千卡/ (物质 + 需要的氧) 升	比
氢	9100	1	3230	1	1.6	1
汽油	13000	0.45	2900	0.90	4.7	2.93
碳	7900	0.28	2100	0.65	4.1	2.56
碳 (用液 氧燃烧 时)	7900	0.28	2100	0.65	2700	1690
炸 硝化甘 油	1520	0.05	1520	0.47	2430	1620
药 梯恩梯	950	0.03	950	0.29	1570	950

与A栏相比，所产生的热量虽然较小，而比炸药所产生的热量要大两倍以上。由于燃料燃烧所需要的氧是从空气中取得的，如不考虑压力通风机的折旧和电费的话，是非常经济的。

炸药中所含的氧并非空气中的氧，而是用一定的手续把它制成化合物。所以炸药与一般燃料相比，由于热能小、成本高，而不能当作工业燃料来使用。

现以采石场的爆破为例来看。点燃伸入细长炮眼底部的导火索，使其中装填的炸药爆炸，此时炮眼内装药空间的容积很小，一公斤硝化甘油所占容积只有0.63升，而如果用一公斤氢氧混合气体来代替炸药，则它的容积却非常大，达1860升。一升燃料和完全燃烧所需要的氧共存时，其燃烧热与一升炸药所发生的热量比较，可在C栏中看出，炸药的热量非常大。

这一事实说明：对于燃料，必须把完全燃烧所需要气体

氧的容积计算在内，而炸药中所需要的氧可认为是固体或液体炸药本身所含有的。如将液体氧用于碳的燃烧，就成为液氧炸药，它如表 1-1 所示，一公斤当量的热量虽然没有不同，而一升当量的热量就非常大，比硝化甘油还大。

使燃料与氧以液体或固体状态形成一体的硝化甘油、梯恩梯或液氧炸药，它们在分解时都能以惊人的速度放出能量。例如一升的球形液氧炸药，如果从中心开始分解，则在十万分之一秒的时间内就能产生 2700 千卡的热量。换一句话说来讲，为产生表 1-1 A 栏中所列出的能量，氢和氧需要 16800 升，碳和氧需要 2000 升，但是反应前后的容积却没有多大变化；而炸药的体积大约只有 0.6 升，但在爆炸后气体产物就能成为原容积的 1000 倍左右。这种现象就是炸药与一般燃料的区别。

§ 1-2 炸药的定义

炸药的定义虽有各种说法，但一般可说成：

“炸药是稍受外力就容易引起高速化学反应，并且产生大量气体和热量的物质”。

这个定义的前半部分，说明炸药在本质上是不稳定的物质。然而这种不稳定性也有各种各样的，如从用鸟的羽毛扫集时就可引起爆炸的起爆药，到比较钝感的梯恩梯等，更进一步的还有用普通雷管起爆时也不爆炸的铵油炸药。近代的炸药研究，特别是对猛炸药的研究，可以说价廉可靠起爆方法的应用、怎样制造不敏感的炸药、怎样使原有的炸药钝化等，要算是最重要的课题了。

因此，今天一般实际应用的炸药，要求是比较稳定的和

处理上是安全的。对一些特别不稳定的炸药，则根据其特征，多用于其它炸药的点火或起爆。这种炸药叫做初级炸药，或起爆药，而被起爆的炸药叫做次级炸药，或猛炸药。

炸药定义的后半部，说明由于反应而放出热量和气体。然而化学反应的结果，放出热量和气体的，也不一定只限于炸药，如前节所说明的燃料就是如此。

其次，炸药的反应不一定是氧化反应。在一些起爆药中还有不含氧的物质。但就一般次级炸药而言，有机化合物的氧化反应是主要反应。

§ 1-3 炸药的组成

炸药的定义如前节所述，但可再进一步补充说成：“炸药是一种能把它所集中的能量在瞬间释放出来的物质”。

炸药的能量，主要是由其中所含的碳、氢等可燃物与助燃物质氧相化合而产生的。为了产生集中能，这些炸药的状态必须是液体或固体。而其组成是：

(1) 由可燃元素和氧以及其它物质所组成，而且是易于分解的化合物；

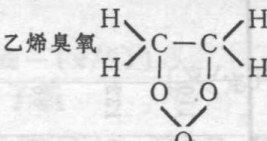
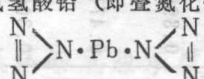
(2) 必须是可燃物与容易释放大量的氧化剂的混合物。

也就是说，炸药有单质炸药和混合炸药两种。

单质炸药的分子内含有容易释放氧的特殊基如 $\text{O}-\text{O}$ 、 $\text{N}-\text{O}$ 等。

在所有爆炸性化合物中不一定都含有氧。在这种情况下，一般认为在原子结构中要有表 1-2 那样的特殊基才具有爆炸性。

表1-2 爆炸性化合物的特殊基

特殊基	种	类	爆 炸 性 化 合 物 举 例
O-O	臭氧化合物		乙烯臭氧 
	过氧化物		过氧化二苯 $\text{H}_5\text{C}_6 \cdot \text{C}(=\text{O})-\text{O}-\text{O}-\text{C}(=\text{O}) \cdot \text{C}_6\text{H}_5$
N-O	硝酸酯		硝化乙二醇 CH_2ONO_2 CH_2ONO_2
N = C	硝基化合物		苦味酸 $\text{HO} \cdot \text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3$
N ≡ C	雷酸盐		雷酸银 $\text{Ag} \cdot \text{O} \cdot \text{N} = \text{C}$
	氰化物		氰 $(\text{C} \equiv \text{N})_2$ 氰氧化汞 $\text{Hg}(\text{CN})_2$ HgO
N = N	重氮化合物		硝酸重氮苯 $\text{H}_5\text{C}_6 \cdot \text{N} = \text{NONO}_2$
	氮氢酸盐		氮氢酸铅 (即叠氮化铅——译注) 
N-Cl	氮化物		氯化氮 NCl_3
N-I			碘化氮 NI_3 或 $\text{I}_3\text{N} \cdot \text{NH}_3$
N-S			硫化氮 S_4N_4
N-金属			氮化银 Ag_3N 或 AgNH_2
			氮化汞 Hg_3N_2
		雷金 $\text{Au}(\text{NH})\text{NH}_2$	
C ≡ C	乙炔化物		乙炔银 $\text{AgC} \equiv \text{CAg}$

混合炸药中采用的氧化剂有表 1-3 中所示的那些物质。
现在使用较多的两类工业炸药是：

(1) 前述含义的混合炸药；

(2) 可燃物与氧化剂的混合物，其中包括含有作为爆炸中心使用的单质炸药的混合炸药 (化合混合炸药)。

当炸药中可燃物完全燃烧时，爆炸生成的能量最大。

表1-3 氧化剂

氧化剂	分解反应式	生成物的重量〔克/克〕			生成物的容积〔厘米 ³ /克〕			
		氧	氮	其它气体	固体	氧	氮	其它气体
硝酸钾	$4\text{KNO}_3 = 2\text{K}_2\text{O} + 2\text{N}_2 + 5\text{O}_2$	0.396	0.138		0.466	227	110	
硝酸钠	$4\text{NaNO}_3 = 2\text{Na}_2\text{O} + 2\text{N}_2 + 5\text{O}_2$	0.471	0.165		0.365	330	132	
硝酸钡	$2\text{Ba}(\text{NO}_3)_2 = 2\text{BaO} + 2\text{N}_2 + 5\text{O}_2$	0.306	0.107		0.587	214	86	
硝酸铵	$2\text{NH}_4\text{NO}_3 = 4\text{H}_2\text{O} + 2\text{N}_2 + \text{O}_2$	0.200	0.350	水蒸汽 0.450	0.0	140	280	水蒸汽 560
氯酸钾	$2\text{KClO}_3 = 2\text{KCl} + 3\text{O}_2$	0.392			0.608	274		
高氯酸钾	$\text{KClO}_4 = \text{KCl} + 2\text{O}_2$	0.463			0.537	324		
高氯酸铵	$4\text{NH}_4\text{ClO}_4 = 6\text{H}_2\text{O} + 4\text{HCl} + 2\text{N}_2 + 5\text{O}_2$	0.341	0.119	水蒸汽 0.230 氯化氢 0.310	0.0	239	95	水蒸汽 286 氯化氢 190
液氧	O_2	1.000			0.0	700		

1 克组成为 $C_uH_xN_yO_z$ 的炸药分解时，如碳、氢完全氧化，而氮不氧化，氧的过剩与不足量（叫做氧平衡 O. B.）用下式表示：

$$O. B. = \frac{16[z - 2w - (x/2)]}{\text{分子量}} [\text{克/克}] \bullet$$

O. B. 值越接近于零，爆炸力就越大。O. B. 值到 -1 左右时虽可发生爆炸，但其威力变弱。O. B. 值成负数时，产生非常有毒的一氧化碳。然而如氧过剩太多，则氮被氧化而产生有害的 NO_2 。一般将工业炸药的 O. B. 值配合成零的左右。关于氧平衡，将在第二章中详细讲述。

炸药在爆炸时所产生的气体称为爆炸气体。爆炸气体中，由于炸药的组成、爆炸条件等不同有的含有有毒气体。有毒气体的危险浓度见表 1-4。

表1-4 有毒气体的危险浓度

气体的种类	吸入 5~10分钟 的致死浓度 [%]	吸入0.5~1小时 的致死浓度 [百万分之一]	吸入0.5~1小时 的致重病浓度 [百万分之一]
二氧化碳 CO_2	20	50000~67000	33500~26000
一氧化碳 CO	0.5	1800~2600	1800~2600
二氧化氮 NO_2	0.05	320~530	105~210
二氧化硫 SO_2	0.05	530~650	150~190
硫化氢 H_2S	0.08~0.1	420~600	360~500
氨 NH_3	0.5	2150~3900	3600~6500
氯化氢 HCl	0.3	1250~1750	100~1350
氯气 Cl_2	0.09	35~50	14~21
氢氰酸 HCN	0.027	110~135	100

● 氧平衡的单位应为[克/克]，或用%表示。原书此处为[克]，是不对的。——译者

§ 1-4 炸药的分类

根据性能区分炸药时，可视其反应形式是燃烧还是爆轰分为火药和猛炸药两大类：

1. 火药（也叫低级炸药）：利用其燃烧，主要目的是起推进作用。

2. 猛炸药（也叫高级炸药）：利用其爆轰（爆震），主要目的是起破坏作用。

这里所说的爆轰，可以简单理解为爆炸的意思。

炸药按组成分类，可归纳成表 1-5。

表 1-5 炸药按组成分类

单质炸药类	硝酸的衍生物	硝基化合物（梯恩梯，黑索金，苦味酸）
		硝酸酯（硝化甘油，硝化纤维素，泰安）
		其它（雷汞，叠氮化铅，二硝基重氮酚）
混合炸药类	混合火药	硝化纤维素类（无烟火药，推进剂）
		高氯酸盐（复合推进剂）
		硝酸盐类（黑火药，火工品）
		其它（烟火剂，火工品）
		硝化甘油类（代那迈特炸药）
	混合猛炸药	高氯酸盐类（卡里特炸药）
		硝酸铵类（硝酸铵炸药，铵油炸药，浆状炸药）
		军用猛炸药〔喷特里特（泰安、梯恩梯的混合炸药）、阿莫拿尔炸药（含铝猛炸药）〕
		爆粉（各种起爆药）
		其它（液氧炸药）