

81.291
K H Q

(日)火药取締研究会

火药基础 知识

群众出版社

火药基础知识

(日)火药取缔研究会 编
汪纪民 邱学信 贾荣炽 译

(内部发行)

群众出版社

一九八四年·北京

火药基础知识

(日)火药取缔研究会 编

汪纪民 邱学信 贾荣炽 译

群众出版社出版 新华书店北京发行所发行
贵州新华印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 5.75印张 121千字
1984年7月第1版 1984年7月贵州第1次印刷

统一书号：13067·84 定价：0.65元

(内部发行)

译者的话

本书系统地介绍了火药与炸药的基本知识，可供公安干警和从事保卫工作的人员参考。

本书是日本警察厅对警察进行火炸药基础知识教育的教材，由日本警察时报社于1980年出版。翻译过程中对个别不适合我国情况的内容作了删节。

译者水平有限，错误之处，敬请读者批评指正。

1983年3月

目 录

一 火炸药总论	(1)
1.1 火炸药事故与安全	(1)
1.2 爆炸反应	(2)
1.3 火炸药的定义	(5)
1.4 火炸药的分类	(7)
1.5 火药力	(13)
1.6 爆炸强度	(14)
1.7 氧平衡	(15)
1.8 火炸药的形状	(17)
1.9 一些国家的火炸药产量	(18)
二 火药	(19)
2.1 以硝酸盐为基的火药——黑火药	(19)
2.2 以硝酸酯为基的火药	(23)
2.3 以高氯酸盐为基的火药	(27)
2.4 以氧化铅、过氧化钡、溴酸盐或铬酸铅为基 的火药	(29)
三 炸药	(33)
3.1 单质炸药	(33)
3.2 混合炸药	(49)
四 火工品	(63)
4.1 火雷管、电雷管、枪用雷管及信号雷管	(63)

4.2	实弹、空包弹、传火管及引信	(74)
4.3	导火索、电导火索和导爆索	(77)
4.4	信号烟火管及信号火箭	(84)
4.5	其它火工品	(84)
五	火炸药性能的试验方法	(98)
5.1	安定度试验	(98)
5.2	安全性试验	(102)
5.3	感度试验	(107)
5.4	炸药的爆炸效应试验	(118)
5.5	火工品的性能试验	(126)
六	爆破	(131)
6.1	爆破的基础和爆破公式	(131)
6.2	巷道掘进	(138)
6.3	阶梯爆破法	(141)
6.4	巷道式爆破	(143)
6.5	二次爆破	(145)
6.6	土地爆破	(148)
6.7	其它各种爆破	(150)
6.8	爆炸气体	(154)
6.9	爆炸公害	(156)
附录		
	火炸药的历史	(161)
	附表	(171)

一 火 炸 药 总 论

1.1 火炸药事故与安全

前几年，南朝鲜发生过一起运输炸药的列车，由于火灾引起的爆炸事故，死伤者甚多。这件事至今使人们记忆犹新。据当时的新闻报导，约有30吨代拿买特炸药爆炸，炸出一个长40米，宽10米，深10米的大坑，周围数百米内民房倒塌。关于这起事故的原因虽未详细报导，但是，它确实告诉人们，对火炸药处理不慎，将酿成严重事故。

火炸药通常是用木箱或厚纸板箱包装的。天天和火炸药打交道的人，如果对火炸药的危险性没有充分的认识，在处理上漫不经心，那么一旦发生事故，将会造成不可低估的损失。因此应当让处理火炸药的人了解，对火炸药放置、处理得当，火炸药是安全的；如果放置条件不适宜或处理失当，火炸药就很容易爆炸。所以一定要严格注意，必须妥善处理火炸药。这些处理措施就是火炸药的技术安全措施。

长年从事制造和使用火炸药的人，对各种各样的事故是有经验的。在无烟火药工厂里，每隔一周或三天左右，就要把在生产过程中产生的药屑和废药收集起来烧掉。由于一次不能烧得太多，一天要分几次烧。这样经反复燃烧，地面和石块都被烧热了，有时连附近的木屑也会燃烧起来。后来对这种状况习以为常了，就更加满不在乎，认为是由于把其后

的废药排列起来，才发生了把木屑引燃的事故。其实，这种情况下火炸药本身决没有引燃木屑，也没有发生爆燃，而是由于某些人的粗心或无知，违章操作造成的事故。也就是说，因为把火炸药放在有余烬的地方，或者放在灼热的石块上引燃了火药。象这样的事故是人为发生的，如果将火炸药静置起来是不应当发生事故的。

火炸药在静置时不发生事故，即火炸药的安全性。这个问题，从发明火药起至今，一直是技术革新的中心问题。火炸药必须在紧急、必要的时候能够通过爆炸等手段，发挥其特性，完成预定的使命，而在此之前的贮运过程中，还必须是安全的。虽然厂商在火炸药生产中一再努力，可是无论如何，火炸药毕竟还是易燃的危险品。在处理由于火炸药而发生的各种事故时，彻底查明原因，研究对策，注意积累点滴的经验，这对于安全技术的不断提高是非常必要的。

1.2 爆炸反应

(1) 火炸药和氧

爆炸是指压力在瞬间急剧产生并释放出来，造成剧烈地炸裂和急剧膨胀的现象。爆炸现象不只限于火炸药类，例如象锅炉爆炸和丙烷气爆炸，由于压力急剧产生并释放出来，结果也会造成器具炸裂，房屋毁坏。

可是，锅炉爆炸和火炸药爆炸虽然都用了同一个词——“爆炸”，但它们的性质却有明显的不同。锅炉爆炸是物理现象，被压缩的水蒸汽在瞬间冲出，是不伴随化学变化的物理状态变化，而火炸药的爆炸是由于发生了化学反应引起

的。发生化学反应是火炸药爆炸的特征之一。

下面我们再看一看丙烷气爆炸的事例。丙烷气虽然能和空气中的氧进行化学反应，并同时燃烧和发生爆炸，但丙烷却不是火炸药。能起这种化学爆炸反应的物质有甲烷和氢气等可燃性气体，和煤尘等可燃性固体粉末，但这些都不是火炸药。象这类并非火炸药的物质，是靠外界供氧才发生燃烧的。火炸药燃烧所需要的氧，却是包含在它自身之中，所以即使外界不供给空气，也能反应爆炸。例如在月球上，或者在隔绝空气的真空中也能进行爆炸。此外，在水下不供氧的条件下也能爆炸。因此，可以说自身就具有“可燃剂”和“供氧剂”是火炸药的一个重要特征。

在经常遇到的爆炸事故中，还有煤尘爆炸和粉尘爆炸。这是由于悬浮于空气中的煤尘、粉尘、瓦斯等可燃剂，因电火花或机械摩擦等热源引燃而发生爆炸。在煤矿爆炸事故中，也有因爆破的冲击和火焰构成引爆原因的。

(2) 燃烧和爆炸

燃烧和爆炸虽然都是化学反应，但有区别。下面我们对这两种不同的现象进行研究。

燃烧，例如煤炭的燃烧现象是煤炭和空气中的氧反应而发生的，因此是静态燃烧。但是火炸药自身含氧，反应极易进行。这种反应非常激烈，与煤炭和纸张的燃烧现象完全不同。

由于大部分火炸药本身同时含有可燃剂和供氧剂，不必接受外界供氧，也一样能引起爆炸反应。根据反应传递速度不同，爆炸反应可分为爆燃和爆轰。

炸药，如代拿买特炸药，本来具有爆炸的性质，但是，

如果用某种方法点火的话，它也能象焰火和花炮那样燃烧。这就是炸药的燃烧。不过，就炸药本身的性质来说，使代拿买特炸药安全地燃烧是不切实际的。这很容易发生事故。听说有这样的事，一些人在把废弃的代拿买特炸药烧掉时，由于冬季天气寒冷，他们就象烧柴那样，在火堆周围干活，后来突然发生爆炸，造成了死亡。如果破例要烧掉代拿买特炸药时，在着火时要离开燃烧现场，一定要注意随时可能发生爆炸。

(3) 爆燃和爆轰

火炸药大体上可以分为火药和炸药两类。火药不能象炸药那样，发生破坏性的激烈爆炸，燃烧才是它本身的特性，因而把它用于爆炸是不行的。可是火药的燃烧反应逐渐加剧而快速爆炸的现象叫做爆燃。用于岩石爆破的黑火药和火炮发射药等，都是利用了火药爆燃的特性。

通常所说的“爆炸”就包含了爆燃和爆轰。爆燃是比爆轰更缓慢的爆炸，是急速燃烧而呈现的爆炸现象，是介于燃烧和爆轰之间的现象。举例来说，火炮和步枪在药室装弹（弹内装有火药和点火用的雷管），击发后射出弹头。这是由于点火后火药急速燃烧，燃烧气体膨胀而发射弹丸。这种情况下，火药的燃烧就是爆燃。如果往弹壳里装入代拿买特炸药来代替无烟火药，那么，由于代拿买特炸药不发生爆燃，而发生爆轰，所以在弹头飞出的同时，炮身会发生膛炸。若使用无烟火药，弹头飞出，炮身还能反复使用。爆燃与爆轰所以有这样大的区别，是由于两者的燃烧速度不同。

燃烧，例如无烟火药的燃烧，开始时如同在空气中纸张燃烧一样，只以每秒几米的速度燃烧，而后增大压力，燃烧

速度加快，每秒可达300—800米。不增加压力，象火箭推进剂那样燃烧速度缓慢的情况下，仅以每秒几厘米，甚至几毫米的慢速燃烧。但是，一旦增加压力，燃烧速度便立刻加快。

与此相反，在爆轰时，其速度相差一个数量级，大约是每秒3000—8000米，和爆燃相比多一个零。因为进行了这样急速的反应，所以压力骤然增高，便具备了破坏力。

爆燃和爆轰在燃烧速度上有本质的区别，并且由于燃烧速度不同，单位时间里生成气体的量也相差甚大，因而后者起破坏作用，前者起推进作用。

(4) 高速爆轰(HVD)与低速爆轰(LVD)

高速爆轰(HVD)是指每秒速度3000—8000米的一般的爆轰，而低速爆轰(LVD)是最近才被发现的秒速为2000—2500米的爆轰现象。

举例来说，在某座山上进行爆破，轰的一声，我们看到爆破顺利地进行了，可是到近前一看，发现岩石完全没有裂开。再仔细查看一番，炸药确实爆炸了，而岩石没有裂开，即所谓无效爆破。对这种情况研究的结果表明，在进行爆破时，若爆速低到每秒2000米以下，那么普通的岩石就不能被爆轰。虽然代拿买特炸药的爆速一般是每秒6000米，可是也有象上述例子中不能破坏岩石的爆轰现象，我们称之为低速爆轰(LVD)。

1.3 火炸药的定义

如前所述，除火炸药外，能爆炸的物品有很多。锅炉能

爆炸，丙烷也能爆炸。但是火炸药本身成份中含有氧，具有在隔绝空气的情况下也能进行化学反应发生爆炸的特征。从这一点来确定火炸药在学术上的定义：火炸药是有使用价值的爆炸物。在对它的某部分加热或冲击时，会引起化学变化，释放出热量，同时产生大量气体，引起局部压力骤增，由于高温气体中活性分子的作用，对其它部分能引起连锁反应，急剧地分解。这个定义是日本兵器学会火炸药用语标准化委员会在1929年确定的。此后，日本火炸药管理法又确定“火炸药是火药、炸药和火工品的总称”，把火炸药分成火药、炸药和火工品三部分。

有时，所说的火药，是指包含炸药在内的广义的火药。可是也有把广义的火药称为“火炸药”的，以此来区别于狭义的火药。

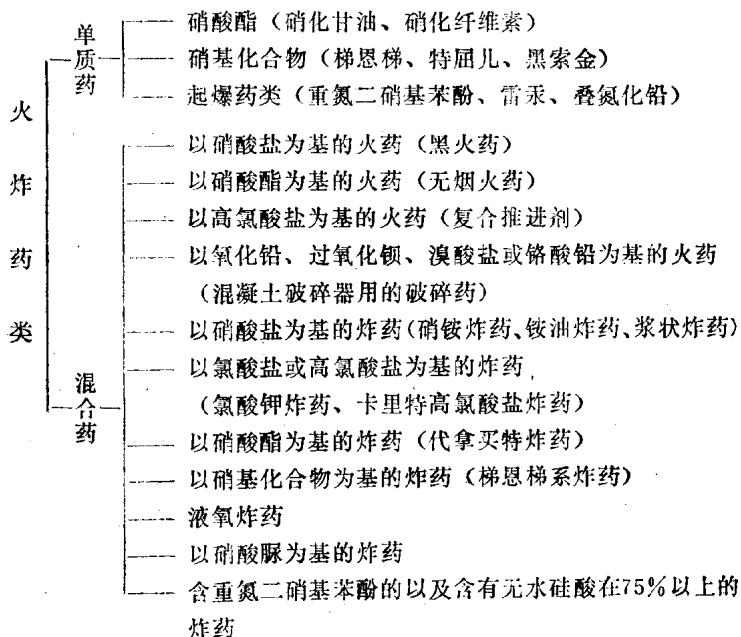
就使用角度说，火药是能够利用其爆燃提供推进力的物品；炸药是能够利用其爆炸提供破坏力的物品；火工品是为了使用火药、炸药来达到某种目的而加工制造而成的，如电雷管、火雷管、引信、导火索、导爆索等。需要说明的是，有些被称为火药或炸药的物品，还有用于爆炸以外的其它用途。如苦味酸，虽然是硝基化合物炸药，可是也当作黄色染料使用。再如氯酸盐可用作除草剂。此外，无烟火药的原料硝化纤维素，可用作赛璐珞或喷漆的原料。这些并不是利用它们的爆燃或爆轰的性能，可是，当客观上人们认识到这种物质有爆炸性能时，就应将它们归入火炸药类。但是，如果其水份和溶剂的含量超过规定的许可量而呈湿润状态，并且能采取一定措施来维持这种湿润状态的话，这些物质这时则不应列入火炸药类。

1.4 火炸药的分类

火炸药类可以按照其组成、性能、用途或火炸药管理法的规定进行分类。

(1) 按组成分类

根据火炸药的组成，可以分为单质*药和混合药。



所谓单质炸药，是用化学的方法得到的单质化合物；而混合炸药是把两种以上物质相混合后才具有爆炸性的炸

* 这里的“单质”与化学上的“单质”是两个概念，应注意区分。

药。

举个火炸药以外的例子来说明。在各种各样的肥料中，有把含有氮、磷、钾（即肥料三要素）的各种原料按一定比例制成的混合肥料，也有硫酸铵、硝酸钠、过磷酸钙等单一品种的肥料。与此相似，单质炸药是单一化合物的炸药。

单质药

硝酸酯是单质炸药的一种，硝化甘油可以作为其中一例。它是单质化合物。所谓酯是用化学方法使酸和醇发生化学反应，再除去生成物中的水之后得到的化合物。硝酸酯是单质炸药的代 表，例如硝化甘油、硝化纤维素等。

甘油 $[C_3H_5(OH)_3]$ 是三元醇，它和硝酸反应， $-NO_2$ （硝基）替换了 $-OH$ （羟基）里的 H ，在 H 的位置上引入了 $-NO_2$ ，成为 $C_3H_5(ONO_2)_3$ 。^{*}醇羟基的氢和硝基互换后生成的产物叫做酯。在醇分子中有两个羟基的叫二元醇，乙二醇（甘醇）是二元醇，它的硝酸酯就是硝化乙二醇，分子式为 $C_2H_4(ONO_2)_2$ 。甘油是三元醇。季戊四醇是四元醇，它的硝酸酯是季戊炸药 $[C_5H_8(ONO_2)_4]$ （缩写名称为PETN）。人们互相敬酒的酒是一元醇中的乙烷基醇，即乙醇。比它碳原子数少的甲醇是有毒的。烷基的碳原子数多的叫高级醇。

硝酸酯是醇和硝酸发生脱水反应而结合生成的。反之，由于遇水能够自然分解而有起火的危险。

象火药这样安定性差的物质已让人们感到难办，然而化学稳定性差却是硝酸酯类的特点。不过，同样属于单质炸药的硝基化合物的安定性就好。

象火药这样安定性差的物质已让人们感到难办，然而化学稳定性差却是硝酸酯类的特点。不过，同样属于单质炸药的硝基化合物的安定性就好。

^{*} 原书在这里是说 $-NO_3$ 和 $-OH$ 发生替换生成 $C_3H_5(NO_3)_3$ ，从化学上说这样讲是错的，翻译时予以订正。

有代表性的硝基化合物是三硝基甲苯（梯恩梯，即TNT），它是把甲苯进行硝化，甲苯的三个氢原子被三个硝基（ $-\text{NO}_2$ ）取代而成。硝酸酯是引入了 $-\text{ONO}_2$ ，硝基化合物是引入了 $-\text{NO}_2$ 。只是引入基团的原子数目有差别，其安定性就有显著不同。这是由于化学反应中形成化学键的结构不同所致。

其它硝基化合物还有特屈儿（2, 4, 6-三硝基苯替甲酰胺，用作雷管的装填药和炸药的导爆药等军用炸药）、黑索金（三甲撑三硝基胺，又称环三次甲基三硝胺，以军用为主）。

其次，属于起爆药（受到针刺就容易爆炸的炸药）类的也是单质炸药。如重氮二硝基苯酚（DDNP）、雷汞、叠氮化铅等。雷汞和叠氮化铅在工业上不常用。

混合药

混合药种类很多。根据其成份往往用“以 $\times\times$ 为基的 \times 药”这种表现方法来分类。

单质炸药是单质化合物组成的炸药，其性能就是其本身作为火炸药所表现的性能，所以可以用单质化合物直接命名。混合药是多种物质混合而成的，故不能象单质炸药那样命名。可以提出其中的基本成份的名称，例如用以硝化甘油为基的炸药或以硝铵为基的炸药等名称来命名混合炸药。

这里所谓为基的成份，意思不是指它在总量中所含的百分比最高。所谓为基或为主要成份，是指在火炸药中，它是性质上所不可缺少的成份，不是含量多少的问题。某组分的性质对它所组成的火炸药起决定性作用时，则可称作以某组分为基的火炸药。

以硝酸盐为基的火炸药是以硝酸铵、硝酸钾（硝石）、硝酸钠（智利硝石）和硝酸钡等硝酸盐为氧化剂的炸药。硝酸盐一般用硝酸铵、硝酸钾，也有用硝酸钡、硝酸钙的。由于硝酸钙是吸湿性物质，过去一般不大使用，不过近来已被用于浆状炸药。

以硝酸盐为基的火炸药有黑火药。黑火药由硝酸钾、硫磺和木炭混合而成。

另外还有以硝酸酯为基的火炸药。这里所说的硝酸酯是硝化纤维素时，以它为基的火药就是无烟火药。

最后还有以高氯酸盐为基的火炸药。高氯酸的酸根是由一个氯原子和四个氧原子结合而成的(ClO_4^-)。高氯酸盐有高氯酸铵(NH_4ClO_4)、高氯酸钾(KClO_4)等。高氯酸盐系复合推进剂就是以高氯酸盐为基的推进剂。以高氯酸铵为基的火药已被用作火箭的推进剂。

ClO_4^- 为高氯酸根， ClO_3^- 为氯酸根。 ClO_2^- 为次氯酸根，但它不能用作火药。亚氯酸根(ClO_2^-)不常听到，但一变成为氯酸根就能做火药用了。能够做火药的，其氧原子数要在3个以上。这是由于 ClO_3^- 非常敏感。高氯酸盐含氧虽多，可是它比氯酸盐钝感，用它做火药固然好，因为它有吸湿性，用它制作焰火的话，焰火的色调也不好，所以还是氯酸盐在火药制造中用得较多。

由于氯酸盐作为除草剂在市场上出售，所以曾有人用它来制造爆炸事端，这一点已经是众所周知的事了。

火炸药是通过化学反应能发生爆炸的物质，所以最好是了解它的分子式。在这里说明一下火药的基本化学性质。

火炸药本身含氧。氧的分子式是 O_2 。其次是碳，碳元素用

C表示，在火药中作为可燃剂。在燃烧中氧是无论如何不能少的，碳燃烧生成二氧化碳(CO_2)和一氧化碳(CO)。所谓碳化物是与碳不同而又相近的化合物。氢用H表示。

可燃剂有碳化物、氢化物或碳氢化合物，例如象淀粉、木炭、石油、醇等。乃至铝、镁等金属也可以作为可燃剂，它们燃烧生成金属氧化物。总之，可燃剂是与氧结合能够燃烧的物质。其中，由于金属可燃剂和氧结合时产生的热量大，所以它们的利用价值也较高。

(2) 根据性能分类

火炸药类根据其性能可以分为如下两种：

火药（缓燃火药），可利用其缓慢的爆燃反应产生推进作用。如无烟火药和黑火药。

炸药（猛炸药），其爆炸反应极为迅速，可利用其产生破坏作用。如代拿买特炸药、卡里特高氯酸盐炸药。

(3) 根据用途分类

根据用途，可以把火炸药分为以下几类。

(a) 发射药：无烟火药、黑火药。

(b) 破坏药：a、爆破药，如代拿买特炸药；b、开裂药，如梯恩梯(TNT)、苦味酸等。

(c) 点火起爆药：重氮二硝基苯酚(DDNP)、雷汞、叠氮化铅、雷管、导火索、导爆索等。

(d) 其它：焰火、弹药类等。

发射药是发射弹丸用的，也称推进剂。爆破药用于矿业、土木工程、军事等方面的岩石和土壤等爆破。开裂药（炸药）是为了使炮弹和炸弹炸裂而装入弹壳的爆炸药。点火起爆药是使火药、炸药发火或起爆用的起爆药及雷管等火