

起爆药

和火工品

张世胜 史成军 合编

国防工业出版社

起爆药和火工品

张世胜 史成军 合编

国防工业出版社

内 容 简 介

本书通俗扼要地介绍了火工品和起爆药的生产安全技术知识。炸药的化学结构和性质；爆炸的基本原理；火工品和起爆药制造、运输、贮存中应注意的安全问题等。书中讲述了废火工品、废药以及生产废液的销毁处理中的技术安全。在附录中还对防止殉爆的安全距离的确定作了概要的介绍。

本书供从事火工生产的工人和技安人员阅读，也可供火工厂管理人员和技术人员参考。

起爆药和火工品

张世胜 史成军 合编

*

国防工业出版社 出版

国防工业出版社印刷厂印装 内部发行

*

787×1092¹/₃₂ 印张6⁰/₁₆ 137千字

1983年2月第一版 1983年2月第一次印刷 印数：0,001—3,000册

统一书号：N15034·2115 定价：0.55元

前 言

火工品和起爆药生产是危险作业，因为生产中使用的材料大都是具有燃烧、爆炸危险的物质，有些还有毒。产品设计不合理，生产管理混乱，工艺操作方法不当，都会引起燃烧、爆炸或中毒事故，而给国家造成不应有的损失。因此，搞好火工品、起爆药生产的安全，具有重要的意义。

为了改善火工品厂安全生产管理，加强生产安全技术基础教育，上级领导机关责成我们编写出这本书。在编写过程中，我们到一些火工厂作了调查研究，认真研究了建国三十年来所发生的事故的教训。在这个基础上编写的初稿，曾在主管部门举办的安全技术训练班上当作讲义使用过。此后，对初稿作了修改和补充，才形成这本书。在编写、修改时，我们力求做到理论联系实际，围绕安全技术问题来讲产品设计结构、工艺操作原理、设备和工装选择，以及对工装设备和工房建筑的要求等。

这本书是供火工品和起爆药生产工人、安全技术管理干部和一般技术人员阅读参考的，不能当作生产安全规程来看待。由于编者水平所限，书中缺点错误在所难免，敬希读者批评指正。

编 者

目 录

第一章 炸药及爆炸原理	1
§ 1-1 爆炸现象和炸药爆炸的特征	1
1-1-1 爆炸现象	1
1-1-2 炸药爆炸的特征	2
§ 1-2 炸药化学变化的基本形式	5
1-2-1 炸药的缓慢化学变化	5
1-2-2 炸药的燃烧和爆轰	6
1-2-3 炸药缓慢分解转化成燃烧和爆轰的条件	8
1-2-4 炸药的燃烧转化成爆轰的条件	9
§ 1-3 炸药的分类及对炸药的基本要求	12
1-3-1 分类	12
1-3-2 对炸药的基本要求	13
§ 1-4 炸药的敏感度.....	14
1-4-1 炸药的理化性质与感度的关系	16
1-4-2 炸药物理状态及装药条件对感度的影响	19
1-4-3 感度测定的相对性	21
§ 1-5 热感度测定和热爆炸机理	21
1-5-1 爆发点的测定	22
1-5-2 热爆炸机理	23
§ 1-6 机械作用激发炸药爆炸的机理和机械感度	26
1-6-1 冲击感度	26

1-6-2	摩擦感度	30
1-6-3	机械作用下的爆炸机理——热点学说	32
§ 1-7	炸药的静电电火花感度	34
1-7-1	炸药产生静电的难易程度及静电测量	35
1-7-2	影响静电产生的因素	37
1-7-3	静电火花感度的测定	39
§ 1-8	炸药的爆轰感度和冲击波感度	43
1-8-1	爆轰感度	43
1-8-2	冲击波感度	44
§ 1-9	炸药的爆炸作用	45
1-9-1	炸药的爆热	46
1-9-2	炸药的威力	47
1-9-3	炸药的猛度	48
1-9-4	空气冲击波的破坏作用	49
§ 1-10	炸药的殉爆	55
1-10-1	发生殉爆的原因	56
1-10-2	影响殉爆的因素	56
1-10-3	防止殉爆的安全措施	59
§ 1-11	常用起爆药的性质	62
1-11-1	雷汞	62
1-11-2	氮化铅	65
1-11-3	三硝基间苯二酚	68
1-11-4	二硝基重氮酚	71
1-11-5	特屈拉辛	75
第二章	起爆药生产安全技术	77
§ 2-1	起爆药生产一般安全知识	77

§ 2-2	雷汞制造安全技术	80
2-2-1	配稀硝酸	82
2-2-2	硝酸汞溶液制备	82
2-2-3	雷汞的化合	83
2-2-4	过滤洗涤	85
2-2-5	筛选	85
2-2-6	抽滤干燥	86
2-2-7	晾药和装盒	87
2-2-8	雷汞的销毁及生产废水处理	88
§ 2-3	氯化铝制造安全技术	90
2-3-1	原料及其溶液配制	91
2-3-2	化合	94
2-3-3	过滤洗涤	98
2-3-4	干燥	99
2-3-5	母液和洗涤液的销毁处理	99
§ 2-4	二硝基重氮酚制造安全技术	100
2-4-1	中和反应	103
2-4-2	还原	103
2-4-3	重氮化	103
2-4-4	脱水和抽滤	104
2-4-5	干燥	105
2-4-6	二硝基重氮酚及废液的销毁	106
§ 2-5	三硝基间苯二酚铅制造安全技术	107
2-5-1	原料配制	111
2-5-2	化合	112
2-5-3	过滤、洗涤、钝化、造粒、干燥、筛选	113

2-5-4	浮药和废水的销毁处理	115
§ 2-6	四氮烯制造安全技术	115
2-6-1	配制亚硝酸钠溶液	117
2-6-2	配制氨基胍硝酸盐溶液	118
2-6-3	化合	118
2-6-4	洗涤抽滤	119
2-6-5	干燥	119
2-6-6	四氮烯的销毁	120
§ 2-7	混合起爆药制造安全技术	120
2-7-1	原材料准备	122
2-7-2	称量	122
2-7-3	混合	123
§ 2-8	起爆药运输和贮存中的安全	125
2-8-1	起爆药的运输安全	125
2-8-2	起爆药的贮存安全	126
第三章	火工品生产安全技术	128
§ 3-1	概述	128
3-1-1	火工品分类及应用	128
3-1-2	火工品生产一般安全常识	129
§ 3-2	火帽制造安全技术	130
3-2-1	火帽构造和作用	130
3-2-2	工艺流程和工房布置	132
3-2-3	火帽壳入模	135
3-2-4	装击发药	135
3-2-5	压击发药	139
3-2-6	成品退出和清理	140

3-2-7	外观检验和试验	142
§ 3-3	雷管制造的安全技术	143
3-3-1	雷管的一般知识	143
3-3-2	雷管的结构和作用	144
3-3-3	雷管工艺的选择	150
3-3-4	管壳入模和猛炸药的装药压药	155
3-3-5	装起爆药	159
3-3-6	压合	163
3-3-7	退模和浮药的清理	166
3-3-8	工序间的传递	167
3-3-9	雷管验收的安全	169
§ 3-4	火工品的包装	170
3-4-1	包装的作用和要求	170
3-4-2	包装操作的安全	171
§ 3-5	火工品和起爆药车间安全检修常识	171
§ 3-6	火工品贮存与运输	172
3-6-1	贮存和保管	172
3-6-2	运输安全	176
第四章	销毁废火工品、废药的安全问题	180
§ 4-1	化学销毁的安全	180
§ 4-2	燃烧销毁的安全	183
§ 4-3	爆炸销毁的安全	185
附录一	常用猛炸药性能表	187
附录二	火帽雷管汇总表	190
附录三	安全距离的确定	194

第一章 炸药及爆炸原理

§ 1-1 爆炸现象和炸药爆炸的特征

1-1-1 爆炸现象

爆炸是在自然中经常发生的一种物理变化过程，或物理化学变化过程。广义地讲，爆炸系指一种物理或化学的能量极为迅速地释放过程，在此过程中，系统的内在势能转变为机械功及光和热的辐射等等。爆炸做功的基本原因在于原有高压气体或爆炸瞬间形成的高温高压气体或蒸气骤然膨胀，使爆炸点周围介质中发生急剧的压力突跃，而形成冲击波。

爆炸可由各种不同的物理现象或化学现象所引起。就引起爆炸过程的性质来看，爆炸现象大致可分为物理爆炸、化学爆炸和核子爆炸三类。

一、物理爆炸

由物质发生急剧的物理变化所引起的爆炸现象称为物理爆炸。最常见的蒸气锅炉或高压气瓶的爆炸，属于物理爆炸现象。它们或是由于热水迅速变为过热蒸气，形成高压，冲破容器束缚而引起的；或是由于充气压力过高，超过气瓶强度，发生破裂而引起的。地壳弹性压缩引起的地壳运动（地震）是一种强烈的物理爆炸现象。雷电和高压电流通过细金属丝所引起的爆炸现象也是一种物理爆炸现象。

二、化学爆炸

由物质化学结构发生急剧变化而引起的爆炸现象，称为化学爆炸。例如，细煤粉悬浮于空气中的爆燃，甲烷、乙炔等可燃气体与空气混合达到一定比例所发生的爆炸，以及炸药的爆炸等，都属于化学爆炸现象。

三、核子爆炸

核爆炸的能源是原子核的裂变（如 U^{235} 的裂变），或核的聚变（如氘、氚、锂核的聚变）所释放出的核能。

火工品和起爆药生产中经常发生的爆炸事故多是炸药的化学爆炸，也有少量的物理爆炸事故。

爆炸可以为人类服务，在军事、工业和农业上都有应用。但如果出乎人们意料地发生爆炸，又会破坏国家财产，威胁人民生命安全。为了搞好安全生产，火工品和起爆药生产工人、技术人员和管理干部必须掌握各类炸药性质，掌握炸药爆炸的发生、传播和作用规律。

1-1-2 炸药爆炸的特征

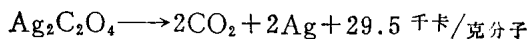
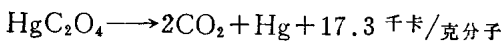
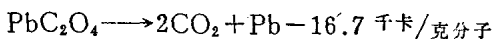
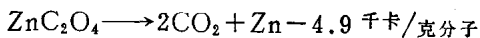
仔细观察炸药包用雷管引爆而爆炸的过程，我们可以看到瞬时产生一团火光，随即烟雾弥漫，然后听到一声巨响，爆炸点附近形成爆炸风（冲击波），建筑物或被破坏，或受到强烈震动。这是观察到的现象。一团火光表明炸药爆炸过程是放热的，因而形成高温而发光；爆炸瞬间完成，说明爆炸过程的速度极快；烟雾表明炸药爆炸过程中有大量气体产生，而气体迅速膨胀则是产生声响、冲击波和建筑物受到破坏或发生震动的根本原因。

综上所述，炸药爆炸过程有如下三个基本特征：**极快的**

变化速度（并能自行传播）；变化过程的放热性；形成气体产物。这三个因素构成了炸药爆炸的最显著的特征。物质的化学反应过程具备这三个条件，就是爆炸过程。这三个因素缺一不可，化学变化过程缺少上述任一个因素，都不算是爆炸反应。

即使是放热性反应，也形成了气体生成物，但变化速度并不极快，那么此过程也不是爆炸过程。例如，一公斤煤块燃烧产生的热量是 2130 千卡，一公斤苯燃烧所放出的热量是 2330 千卡，煤和苯燃烧又都产生气体生成物，可是反应过程需要数十分钟才完成。这就不是爆炸过程。而一公斤的雷汞爆炸反应所放出的热量为 413 千卡，一公斤的梯恩梯的爆炸所放出的热量为 1010 千卡，但是它们反应所需的时间仅为十几到几十个微秒（1 微秒 = 10^{-6} 秒），比煤和苯燃烧反应时间相差数千万倍。这两者又都产生大量气体，所以是爆炸过程。爆炸过程进行的速度，一般是指爆轰波在炸药装药中传播的直线速度，这个速度称为炸药的爆速，以 V 表示，单位是米/秒。

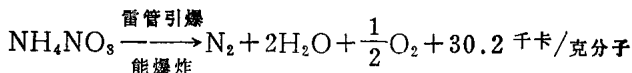
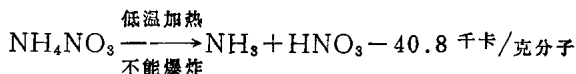
变化速度虽然快，也有气体生成物产生，但反应不放热，反而在吸热条件下才能进行，这时爆炸过程根本不会发生。很明显，没有热量放出，哪有能量释放，没有热量放出，反应也不能自行延续，因此也就不可能出现爆炸过程的自动传播。例如，草酸盐的分解反应：



草酸锌和草酸铅是吸热反应，不能发生爆炸；草酸汞和草酸

银的分解反应是放热反应，就可能发生爆炸。

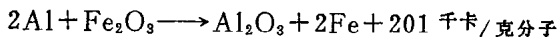
硝酸铵在低温下加热分解，反应吸热，不能发生爆炸，而在雷管的引爆下，就能发生爆炸



上述例子表明，物质能否爆炸，不只决定于物质的属性，而且也取决于外界作用的条件。

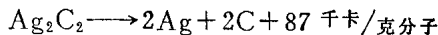
爆炸反应过程所放出的热，称爆炸热；一公斤炸药的爆炸所产生的全部爆炸热称为爆热。它是衡量炸药做功能力的标志，是炸药的一个极为重要的特性数据。爆热用 Q_b 表示，单位为千卡/公斤。

物质变化速度虽然很快，并放出大量热量，但不产生气体生成物，这也不是爆炸反应。我们大家比较熟知的铝热反应就是一个例子：



此反应的热效应很强，足以使产物加热到 3000°C 的高温，而且反应也相当快，但由于不形成气体产物，而不具有爆炸性质。

需要指出的是，有一些物质虽然在其分解时，形成正常条件下处于固态的产物，但是却具有爆炸性。典型的例子是乙炔银



反应形成的都是固态产物，但是由于在爆炸反应温度下，银

发生气化，同时反应使附近的空气层迅速灼热，因而是爆炸反应。

由上面的讨论可以得出结论：炸药的爆炸现象是一种以高速进行的、能自动传播的化学反应过程，在此过程中放出大量的热，并生成大量的气体产物。

§ 1-2 炸药化学变化的基本形式

随着引起炸药发生化学反应的外界供给能量方式的不同和炸药进行化学反应的环境条件的不同，炸药化学变化是能够以不同形式进行的，而在性质上也有重大差别。按反应的速度及传播的性质，炸药化学变化过程有三种基本形式，即缓慢的化学变化、燃烧和爆轰。

1-2-1 炸药的缓慢化学变化

在常温常压下不受其它任何外界的作用时，单质炸药往往以缓慢的速度进行分解反应，而混合炸药的每种组份不仅自身以缓慢的速度进行分解，而且还相互缓慢地进行化学作用。这两种缓慢的作用的情况，统称为炸药的缓慢化学反应。这种缓慢的化学反应是在整个炸药内同时展开的。影响这种反应的速度的因素有温度、湿度、压力和密度等主要影响因素是当时的环境温度。温度增高，反应速度加快，温度低时，反应进行的比较缓慢，不易察觉。炸药长期贮存中发生变色、减量、变质等现象，这都说明这种缓慢反应的存在。

这种炸药的缓慢化学反应是一种放热性分解反应，如散热条件不好，炸药分解所放出的热量来不及向周围环境散失，

而使炸药温度升高。结果，炸药分解作用加速。在一定条件下，炸药缓慢的化学反应有转化成自燃、自爆的可能。

1-2-2 炸药的燃烧和爆轰

炸药的燃烧和爆轰与缓慢化学变化主要的区别在于：炸药的缓慢化学反应是在整个炸药中同时进行的；燃烧和爆轰不是在全体炸药内同时发生的，而是在炸药的某一局部开始的。二者都以化学反应波的形式在炸药中按一定的速度，一层一层地自动传播。化学反应波的波阵面（称为化学反应区，见图1-1）比较窄，化学反应就在此很窄的波阵面内进行。

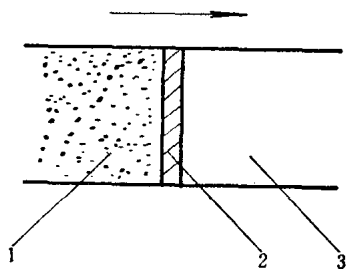


图1-1 化学反应波阵面沿炸药的传播示意图

1—反应产物；2—反应波阵面，
3—未反应炸药。

燃烧和爆轰是性质不同的两种化学变化过程。实验与理论研究表明，它们在基本特性上有如下区别：

1. 从传播过程的机理上看，炸药的燃烧传播是化学反应区的能量通过热传导、热辐射及燃烧气体产物的扩散作用而传给未反应的炸药的。炸药的爆轰传播则是借助于冲击波对未反应的炸药强烈地冲击压缩作用。

2. 从化学波的传播速度上看，燃烧传播速度通常约每秒数毫米到每秒数米，最大的传播速度也只有每秒数百米（如黑火药的最大燃速约为400米/秒左右），即比原始炸药的声速要低得多。相反，爆轰过程的传播速度总是大于原始炸药内

的声速，一般爆轰传播速度可达每秒数千米到一万米之间。如黑索今在结晶密度下，爆速达到 8800 米/秒左右。

3. 从环境的影响看，燃烧过程的传播速度受外界条件的影响，特别是环境压力条件的影响，变化显著。如在大气中燃烧进行的很慢，但炸药在密闭和半密闭的容器中燃烧过程的传播速度急剧加快，燃烧产生气态的产物压力高达数千个大气压。而爆轰过程由于传播速度极快，几乎不受外界条件的影响。对于一定的炸药来说，在一定装药条件下，爆轰速度是一个常数。

4. 从反应区内产物质点运动的方向来看，炸药燃烧过程中反应区内产物质点运动的方向与燃烧波传播方向相反，因此燃烧波波阵面内的压力较低。而炸药爆轰波反应区内的产物质点运动的方向是与爆轰波传播方向相同，因此爆轰反应区的压力高，可达数十万个大气压。

有人将炸药爆炸过程分为燃烧、爆炸、爆轰三类形式。其实，爆炸与爆轰在基本特性上并没有本质的区别，只不过爆炸的传播速度是可变的，而爆轰的传播速度是恒定的。爆炸可看作是不稳定的爆轰。

炸药化学变化过程的三种形式（缓慢化学反应、燃烧、爆轰）在性质上虽然各不相同，但它们之间却有着紧密的内在联系。炸药的缓慢化学反应，在一定条件下可以转变为燃烧，而燃烧在一定条件下又能转变为爆轰。研究它们的相互转变条件，对于炸药及火工品的贮存安全和事故的补救参考价值。

1-2-3 炸药缓慢分解转化成燃烧和爆轰的条件

一、温度对炸药分解速度的影响

我们知道，温度对化学反应速度影响很大，生产中就常用提高温度的方法来提高反应速度。为什么温度对反应速度有很大的影响呢？一般说，反应物要发生化学反应，其分子必须发生碰撞。温度增高，分子运动速度加快，碰撞次数增加，反应速度就要加快。但是，这不是主要原因。在 0°C 、一个大气压下，一分子和其它分子在一秒钟内碰撞的次数可达 10^{10} 左右。既然碰撞次数如此之多，反应似乎瞬时即可完成。实际上并非如此。例如，氢气和氧气在常温（ 20°C ）下，几乎不发生反应，在 400°C 下完全化合成水时，需要80天。可见，气体分子碰撞次数虽多，却不是每次碰撞都能发生反应。事实上，只有反应物中少数具有较高能量的、被称为活化分子的碰撞才能发生反应。这种活化分子的碰撞，称为有效碰撞。活化分子就是能量比普通分子高一定数量质的分子。这个高于普通分子的能量叫活化能。普通的分子得到活化能后，可以变为活化分子。

温度升高时，活化分子数目迅速增加，结果使分子间的有效碰撞次数迅速增加，因而反应速度也就迅速加快。这是温度对几种分子的液相和气相的化合反应速度的影响。对于凝固相单分子的物质来说，晶体中的原子在不断地振动，温度增高，振动增大；振动过大，键就会发生断裂，发生分解，温度升得越高，键断裂得就越多，分解速度就越快。

所以，炸药的缓慢化学反应是随着温度的升高而加快的。