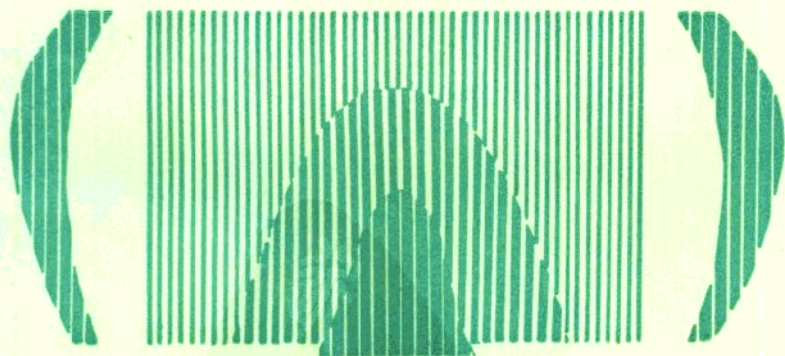


爆炸动力学

高尔新 编著



中国矿业大学出版社

PDG

目 录

第一章 爆炸基础知识	(1)
第一节 爆炸现象及条件	(1)
第二节 炸药化学变化的基本形式	(2)
第二章 常用炸药的性质	(6)
第一节 常用起爆药性质	(6)
第二节 常用单质炸药性质	(8)
第三节 常用混合炸药性质	(9)
第三章 炸药的有关性能及参数	(16)
第一节 炸药的氧平衡	(16)
第二节 炸药的起爆机理和感度	(19)
第三节 炸药爆炸反应方程式	(27)
第四节 炸药的爆温	(31)
第五节 炸药的爆热	(37)
第六节 炸药的爆容、威力、猛度和殉爆	(43)
第四章 流体力学基础知识	(45)
第一节 流体的物理性质和状态方程	(45)
第二节 热力学基础	(47)
第三节 描述流体运动的方法	(51)
第五章 爆轰波的流体力学理论	(55)
第一节 冲击波的基本知识	(55)
第二节 爆轰波的基本关系式	(60)
第三节 多方气体中的爆轰理论	(62)
第六章 爆轰波参数	(69)
第一节 气相爆轰参数	(69)
第二节 凝聚炸药的爆轰参数	(73)

第七章 爆轰产物流场分析	(76)
第一节 一维非定常连续流动基本方程组	(76)
第二节 特征线理论	(80)
第三节 几种爆轰产物流场的解	(84)
第四节 爆轰产物对孔侧壁的冲量	(92)
第五节 爆轰产物对刚体的一维抛掷	(94)
第八章 爆轰波对可压缩介质界面的作用	(99)
第一节 接触爆炸时产物中反射波的判定	(99)
第二节 爆轰波垂直作用界面时介质中冲击波初始参数	(101)
第三节 某些介质中爆炸冲击波初始参数计算	(105)
第四节 爆轰波作用下可压缩介质界面运动规律	(108)
第九章 爆炸实验测试技术	(113)
第一节 转镜式高速摄影技术	(113)
第二节 动光弹测试技术	(122)
第三节 动云纹测试的原理与技术	(127)
第四节 脉冲 X 射线高速摄影测试技术	(136)
第五节 拉格朗日测试分析技术	(149)
参考文献	(154)

第一章 爆炸基础知识

第一节 爆炸现象及条件

一、爆炸现象及其分类

爆炸是物质系统的一种极为迅速的物理或化学的能量释放和转化,它能在极短时间内,释放出大量能量,产生高温,并放出大量气体,在周围介质中造成高压。

按照爆炸过程的性质,可将爆炸现象分为如下三类:

(1)物理爆炸。凡是爆炸物质的形态发生变化而化学成分没有改变的,称为物理爆炸。例如强脉冲放电、锅炉爆炸、火山爆发等等。

(2)化学爆炸。凡是爆炸物质的化学成分发生变化的,称为化学爆炸。例如煤尘爆炸、瓦斯爆炸、炸药爆炸等等。

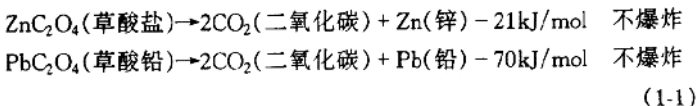
(3)核爆炸。凡是由于核裂变或聚变反应,释放出核能所形成的爆炸,称为核爆炸。例如原子弹和氢弹的爆炸。

二、炸药化学爆炸的条件

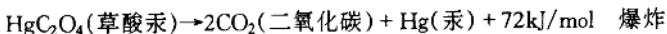
如前所述,炸药爆炸是一个化学变化过程,它具有三个基本特征,即过程的放热性、过程的高速度和产生大量气体产物。这三个条件称为炸药爆炸的三要素,三者互相联系,缺一不可。下面分别讨论如下:

1. 反应过程的放热性

爆炸过程的放热性是爆炸反应能自动进行下去的根本保证。例如草酸盐的分解反应



(1-1)



$\text{Ag}_2\text{C}_2\text{O}_4$ (草酸银) $\rightarrow 2\text{CO}_2$ (二氧化碳) + 2Ag (银) + 123kJ/mol 爆炸

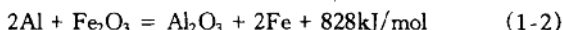
上述公式表明,虽然都是草酸盐,但在分解时的热效应不同,只有发生放热反应的才发生爆炸。因此,一个反应是否具有爆炸性,与反应过程能否放出热量密切相关。

2. 反应过程的快速性

爆炸过程的快速性保证了在爆炸反应完成后,爆炸产物来不及膨胀,放出的能量集中在原来炸药所占有的容积内,维持很高的能量密度,因此形成了高温高压气体。正是这一点使炸药的爆炸具有巨大的功率和强烈的破坏作用。例如 1kg 煤完全燃烧需要 30min ,而 1kg 黑索金爆炸只需要 10^{-6}s 。由于在煤燃烧过程中,燃烧产生的热量通过热传导、热辐射不断散失,所以燃烧产物所能达到的能量密度就很低,不会发生爆炸。

3. 产生大量气体产物

炸药在爆炸时周围介质做功是通过高温高压气体的迅速膨胀实现的。有些物质反应的放热性大于一般炸药,反应的速度也很快,但不能生成大量的气体,所以不具有爆炸性。例如铅热剂反应。



该反应的热效应足以把反应产物加热到 3000°C ,而且反应速度也很快,但是产物在 3000°C 下仍处于液态,没有气体生成,所以不会发生爆炸。

第二节 炸药化学变化的基本形式

炸药化学变化的基本形式可以分为热分解、燃烧和爆轰。三者在性质上各不相同,但它们有着紧密联系,炸药的热分解在一定条件下可以转变为炸药的燃烧,而炸药的燃烧在一定条件下又能转变为炸药的爆轰。

一、炸药的热分解

炸药的热分解又称为缓慢的化学变化,它主要取决于环境的温度。炸药的热分解是一个很复杂的反应过程,分解时一般要放出热

量,失去重量,生成气体和固体、液体产物。因此,根据炸药分解的特性,可以用测热、测气体压力和测凝聚相失重等方法来确定炸药的热分解情况。这也是测定炸药安全性的一种途径。

炸药的热分解是在整个物质内部展开的,这一点与燃烧和爆轰反应不同,炸药的燃烧和爆轰是在炸药中按一定的速度一层一层地自动进行传播的,由于炸药和火药的储存环境可以直接影响火药、炸药的热分解性能,所以应根据炸药、火药的热分解性能来决定火药和炸药的储存环境。

二、炸药的燃烧

炸药的燃烧与一般燃料的燃烧有着本质的区别,一般燃料的燃烧需要外界供氧或其它气体,而且助燃气体的供给过程对燃烧的进行起着决定性的影响,而炸药的燃烧是依靠自身所含的氧进行反应的。因此,炸药的燃烧被广泛地应用到各种火箭、火工、导火索等技术中。

炸药的燃烧与炸药的爆轰又有着本质的区别,它们的基本特征见表 1-1。

表 1-1 燃烧与爆轰的特征

变化过程	燃 烧	爆 轰
传播速度	每秒几毫米至几米(低于炸药中的音速)受外界压力影响大	每秒几百米至几千米(高于炸药中的音速)受外界压力影响小
传播的性质	热传导、扩散、辐射	冲击波
对外界的作用	燃烧点压力升高不大,在一定条件下才对周围介质产生爆破作用	爆炸点有剧烈的压力突跃,无需封闭系统便能对周围介质产生强烈的爆炸作用
产生运动方向	与波阵面的运动方向相反	与波阵面的运动方向一致

燃烧机理大致可分为如图 1-1 所示的三个阶段。

第一阶段如图中区域 1 所示,燃烧波前面未燃炸药受热发生微弱的分解反应,并形成不稳定的中间产物,如黑火药中 KNO_3 分解出 K_2O , NO_2 或 NO 及 O_2 。

第二阶段为图中区域 2 所示,第一阶段产物与气相可燃物和固

相可燃物发生放热反应,使温度升高,反应速度加快,并进一步促进分解反应加快。

第三阶段为图中区域3所示,在高温下发生强烈的放热反应,使NO还原成 N_2 ,并出现火焰。

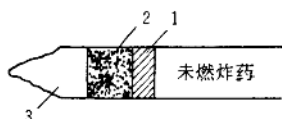


图 1-1 燃烧反应分区

1—炸药凝聚相分解反应区;

2—气体与凝聚相物质同时存在的反应区;3—火焰反应区

根据燃烧过程中燃烧速度的变化,炸药的燃烧可分为稳定燃烧和不稳定燃烧。不稳定燃烧会出现两种结果,一是燃速不断增加而导致爆轰,二是燃速不断减小导致熄灭。影响燃烧速度变化的主要有以下几个因素。

(1)压力。一般来说,凝聚炸药的燃烧速度随压力增加而加快。但在相同条件下,起爆药的燃烧速度大大超过猛炸药,而且起爆药在一个大气压以上时,一般不能进行稳定燃烧,而猛炸药则仍能进行稳定燃烧,这也是判别起爆药和炸药的一个标准。大多数炸药都有稳定燃烧(不转为爆轰)的最高压力,稳定燃烧的压力下限为炸药能保持稳定燃烧(不熄灭)的最低压力。高于上限时,燃烧转为爆轰,低于下限时,燃烧熄灭。

(2)炸药密度。炸药的燃速一般随着装药密度增加而减小,有时炸药的密度还可能影响到燃烧的可能性,有的炸药存在密度的下限,有的存在上限,装药密度如超过其下限或上限时,炸药则不能燃烧或燃烧熄灭。

(3)炸药燃烧的临界直径。当炸药直径小于某一数值时,便不能维持稳定燃烧,当管径大于临界直径时,燃烧是稳定的,并在一定的直径范围内,燃速不随直径的增大而增加,但当直径增到很大时,燃速也随之增加。

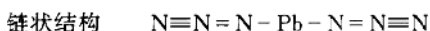
当凝聚炸药在封闭的条件下燃烧时,由于产生的温度和压力较高而又无法排除,这样就要升高火焰阵面的压力,使炸药的燃烧产物和气体中间产物受到压缩,压力升高,使得燃速加快,从而又加速了这种压缩过程。由于炸药表面气体生成量加速增长,大于气体流出去的量,因而,先前生成的气体不断地受到挤压,便形成冲击波。当冲击波强度达到一定数值,这些气体便发生爆轰,而后再冲击凝聚炸药,使其爆轰。

第二章 常用炸药的性质

第一节 常用起爆药性质

一、叠氮化铅

叠氮化铅可简称为氮化铅,分子式 $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$, 分子量为 291, 结构式为



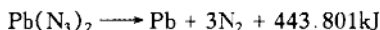
叠氮化铅是氮氢酸的铅盐,它是由硝酸铅与氮化钠相互作用而制得,其反应方程式为



叠氮化铅纯品为白色,它的吸湿性小,微溶于水,在水中能爆炸。叠氮化铅不与铝、铅、镍作用,与铜、铁等金属接触会发生化学反应,而且在有水、二氧化碳存在时作用稍快,与铜作用后,生成叠氮化亚铜,如果进一步氧化,则生成叠氮化铜,这种生成物感度高于叠氮化铅,容易引起爆炸。所以一般装有叠氮化铅的雷管多采用铝制品。叠氮化铅对热作用比较安定,在 50°C 时,存放 3~5 年,其性质无显著变化。

叠氮化铅能在短时间内加速到稳定爆轰,因而,起爆能力高于雷汞和二硝基重氮酚,它也是能量较大的一种起爆药。

叠氮化铅的爆炸反应方程为

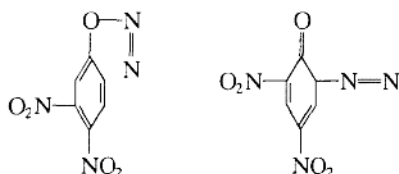


叠氮化铅的撞击感度,摩擦感度均低于雷汞,但稍高于二硝基重氮酚。叠氮化铅的爆热为 1523.99kJ/kg ,爆温 3050°C ,爆速 $3000\sim$

5000m/s, 极限起爆能力对梯恩梯为 0.16g, 爆发点为 305~312℃/5s。

二、二硝基重氮酚(DDNP)

二硝基重氮酚分子为 $C_6H_2(NO_2)_2H_2O$, 分子量 210, 结构式为



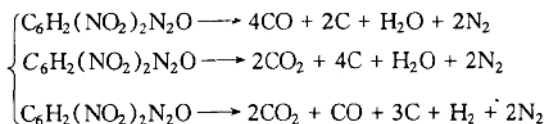
重氮氧化物结构 二氮醌式结构

纯净的二硝基重氮酚为黄色针状结晶, 工业品为棕色。二硝基重氮酚的密度为 $1.71g/cm^3$, 微溶于水, 它的吸湿性小, 吸湿后, 二硝基重氮酚的起爆能力无大的变化。

干燥的二硝基重氮酚与铁、铜、锌、镁、锡、铝等金属均无作用, 但在潮湿的情况下, 对上述金属均有一定的腐蚀作用, 并且得到不同的颜色。二硝基重氮酚的热安定性较好, 在 60℃ 时长时间无分解现象。

二硝基重氮酚的撞击感度和摩擦感度低于雷汞, 叠氮化铅, 但火焰感度较敏感, 与雷汞近似。二硝基重氮酚是起爆药中比较安定的一种, 起爆能力大于雷汞。

二硝基重氮酚的爆炸反应方程式有三种形式。



二硝基重氮酚的爆热为 5861.52kJ/kg, 爆温为 4950℃, 爆容为 600~700L/kg, 爆速为 $D = 6500m/s$ ($\rho = 1.12g/cm^3$), $D = 5700m/s$ ($\rho = 0.9g/cm^3$), 起爆能力对梯恩梯极限起爆药量为 0.163g, 爆发点 170~173℃/5s, 撞击感度上限 252mm, 下限 80mm(弧形落锤仪, 锤重 500g), 摩擦感度的爆炸百分数为 25% (药量 $0.01 \pm 0.001g$, 表压

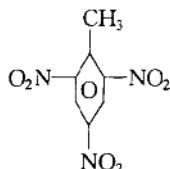
6kgf/cm², 摆角为 80°)。

二硝基重氮酚对人的皮肤具有腐蚀作用, 接触后会使皮肤变成棕红色。

第二节 常用单质炸药性质

一、梯恩梯(TNT)

梯恩梯学名 2·4·6-三硝基甲苯, 分子式 C₆H₂(NO₂)₃CH₃, 分子量 227, 结构式为



梯恩梯是淡黄色针状晶体, 它的压装密度可达到 1.6g/cm³, 熔铸密度为 1.55~1.59g/cm³, 它的凝固点介于 80.6~80.85℃ 之间。梯恩梯中如果含有较多的杂质, 就会变得结构疏松、强度下降、安全性降低、撞击感度升高, 很容易引起爆炸。梯恩梯几乎不吸湿, 在水中的溶解度很小。梯恩梯在 0~35℃ 时是脆性物质; 在 35~40℃ 时, 由脆性向塑性过渡; 超过 55℃ 时, 感度增加; 达到 70~80℃ 时, 极为敏感; 超过 80℃ 后梯恩梯完全熔化, 感度又有所下降, 但在高温液态下, 梯恩梯比其它猛炸药更为敏感。

梯恩梯一般不与金属及其氧化物作用。它对酸是稳定的, 但对碱很敏感, 与碱反应生成深色物质。这类物质对于热和机械作用敏感, 容易发生爆炸。

梯恩梯的热安定性很好, 在 130℃ 加热 100h, 不发生任何分解, 梯恩梯可长期储存而不变质。梯恩梯受阳光照射后, 颜色变深或为暗褐色, 光化作用后的梯恩梯爆发点为 230℃, 撞击感度提高, 与特屈儿接近。

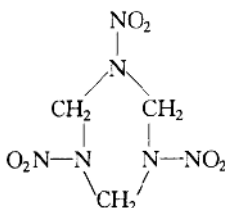
梯恩梯可以点燃, 当大量堆积或在密闭容器中燃烧, 就可能由燃

烧转变为爆轰。梯恩梯的爆热 $Q = 4564 \text{ kJ/kg}$ ($\rho = 1.53 \text{ g/cm}^3$), 爆温 3350°C , 爆速 $D = 6856 \text{ m/s}$ ($\rho = 1.595 \text{ g/cm}^3$), 威力 285 mL , 猛度 19.9 mm 。

梯恩梯不导电, 在粉碎时易产生静电, 所以在加工时应注意导除静电。梯恩梯有毒, 味苦, 它的粉尘能刺激粘膜, 而引起咳嗽, 长期接触和过多地吸入梯恩梯蒸气或粉尘时, 会引起黄疸病。

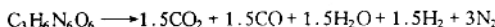
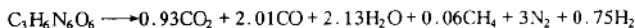
二、黑索金(RDX)

黑索金别名硝字, 学名为环三亚甲基三硝胺, 分子式为 $\text{C}(\text{CH}_2\text{NNO}_2)_3$, 分子量 222, 结构式为



黑索金是由六亚基四胺(乌洛托品)经硝酸硝化而制成。黑索金为无味的白色粉状结晶, 纯黑索金的熔点为 $204.5 \sim 205^\circ\text{C}$, 黑索金的松装密度为 $0.8 \sim 0.9 \text{ g/cm}^3$ 。黑索金不吸湿, 几乎不溶于水, 在水中钝感, 可存于水中, 黑索金的热安定性很好, 在 50°C 时, 可长时间储存而不变质, 也不发生分解。

黑索金的爆炸反应方程为



黑索金的爆热 5443 kJ/kg , 爆温 4150°C , 爆速 $D = 8712 \text{ m/s}$ ($\rho = 1.786 \text{ g/cm}^3$), $D = 8741 \text{ m/s}$ ($\rho = 1.796 \text{ g/cm}^3$), 威力 475 mL , 猛度 24.9 mm , 爆发点 $230^\circ\text{C}/5\text{s}$, 撞击感度 $80 \pm 8\%$, 摩擦感度 $76 \pm 8\%$ 。

常用黑索金是经过用石蜡钝化处理的, 外观呈桔红色。

第三节 常用混合炸药性质

一、混合炸药的组成

混合炸药主要由氧化剂、还原剂以及添加剂组成。

(1)氧化剂。在爆炸过程中提供氧元素的为氧化剂,常用的氧化剂有硝酸铵 NH_4NO_3 , 硝酸钾 KNO_3 , 氯酸钾 KClO_3 等。

(2)还原剂。在爆炸过程中,与氧化剂分解放出的氧元素进行反应的为还原剂。木粉、木炭、油类和铝粉等都是还原剂。

表 2-1 铵梯炸药的组成和性能

成分与性能 炸药名称	成分及配比, %						密度 g/cm ³	爆速 m/s	威力 mL	猛度 mm	水分 (%) 不大于	殉爆距离 cm		炸药有效期 (月)	
	硝酸铵	梯恩梯	木粉	食盐	沥青	石蜡						于水前	于水后		
煤矿铵梯	1号	68±1.5	15±0.5	2±0.5	15±1.0		0.95~1.1	3500	200	12	0.3	6		3 0.5 4	
	2号	71±1.5	10±0.5	4±0.5	15±1.0		0.95~1.1	3000	250	10	0.3	5		3 0.5 4	
	3号	67±1.5	10±0.5	3±0.5	20±1.0		0.95~1.1	3262	240	10	0.3	4		2 0.5 4	
岩石铵梯	1号抗水	68.6±1.5	15±0.5	1±0.5	15±1.0	0.2±0.05	0.2±0.05	0.95~1.1	3675	290	12	0.3	6	4	3 0.5 4
	1号	82±1.5	14±1.0	4±0.5				0.95~1.0	3947	350	13	0.3	6		3 0.5 6
	2号	85±1.5	11±1.0	4±0.5				0.95~1.1	3286	320	12	0.3	5		3 0.5 6
	1号抗水	82±1.5	13±1.0	4±0.5	0.5±0.1	0.5±0.1	0.5±0.1	0.95~1.1	3949	350	13	0.3		9	6
	2号抗水	84±1.5	11±0.1	4.2±0.5	0.4±1.0	0.4±0.1	0.4±0.1	0.95~1.1	3937	320	12	0.3		8	6
	3号抗水	86±1.5	7±1.0	6±0.5	0.5±0.1	0.5±0.1	0.5±0.1	0.95~1.0	3849	390	10	0.3		4	6
	1号	82±2.0	10±1.0	8±1.0				0.85~1.1	3840	300	11	0.5	4		2 4
露天铵梯	2号	86±2.0	5±1.0	9±1.0				0.85~1.1	3770	280	8	0.5	3		2 1.0 4
	3号	88±2.0	3±1.0	9±1.0				0.85~1.1	3640	250	5	0.5	2		1 1.0 4
	4号	88±2.0	0	12±1.0				0.85~1.1	3718	280	8	0.5	3		1.0 3
	1号抗水	84±2.0	10±1.0	5±1.0		0.5±0.1	0.5±0.1	0.85~1.1	3900	300	11	0.5	4		4

表 2-2 常用铵油、铵松蜡、铵沥青炸药的组分和性能

组成、性能、爆炸参数		1号铵油	露天铵油	2号煤矿铵油	1号铵松蜡	岩石铵沥青	1号煤矿铵沥青
组分 %	硝酸铵	92	89.5	78.2	91	90	81
	水粉	4	8.5	3.4	6.5	8	7.2
	沥青					1	0.9
	石蜡				0.8	1	0.9
	松香				1.7		
	柴油	4	2	3.4			
	食盐			15			10
性能	水分(%)不大于		0.7	0.3			
	密度, g/cm ³	0.90~1.0	0.8~0.95	0.85~0.95	0.95~1.0	0.85~1.0	0.85~1.00
	威力(mL)不小于	300	240	230	310~320	240	230
	猛度(mm)不小于	12	8	8	12.5~14.5	9	8
	殉爆 (cm)	浸水后不小于		2	5~7		
		浸水前不小于		3	7~9	1	1
	爆速, m/s			2	5~7	1	1
爆炸参数	爆热, kJ/kg		885	759	5~7		
	爆温, °C		2443	2092			
	爆压, kgf/cm ²		25200	27261			
	氧平衡, %		-0.67	-0.68	+1.758		
	比容, L/kg		958	812			

(3) 添加剂, 添加剂是用来调整和改善炸药性能, 使之适应某一方面要求的物质。常用的添加剂有: 用以提高炸药起爆感度的敏化剂(某种单质炸药或气泡等); 用以降低炸药起爆感度的钝感剂(石蜡、沥青、松香等); 用以粘结炸药各组分的粘结剂(高分子聚合物等); 用以增加混合炸药塑性和柔性的增塑剂(马达油等); 用以抑制瓦斯和粉尘爆炸的消焰剂(食盐、大理石粉等)。其它还有抗水剂、胶结剂、表面活性剂等。

二、铵梯炸药

铵梯炸药是以硝酸铵为主要成分的混合炸药, 它的成分和性能见表 2-1。铵梯炸药具有很强的吸湿性, 主要是由硝酸铵的吸湿性

引起的,铵梯炸药吸湿后,起爆困难,爆炸性能降低,甚至拒爆。

铵梯炸药随温度升高,安定性会变得愈来愈差,当它与铜、镍等金属接触时,能发生氧化反应,生成高感度物质。铵梯炸药的火焰感度和机械感度都很低,它对人体的危害主要是由梯恩梯引起的。

三、铵油、铵松蜡、铵沥蜡炸药

铵油炸药是用硝酸铵和油类混合不含敏化剂的硝酸铵类混合炸药。铵松蜡、铵沥蜡炸药则是在克服了一般铵梯炸药和铵油炸药某些不足后的改进型炸药。常用铵油、铵松蜡、铵沥蜡炸药的组成和性能见表 2-2。

四、浆状炸药

浆状炸药是指含有氧化剂、可燃剂、敏化剂及其添加剂,其中的固化组分均匀地分散于胶化了的可溶性组分水溶液中的一种混合炸药。即浆状炸药中的水溶性组分溶于水,不溶的固体、气体悬浮分散在溶液中而溶液被包覆在胶凝剂的网状结构中(见图 2-1),所以浆状炸药具有良好的抗水性,能用于潮湿环境和水下爆破。

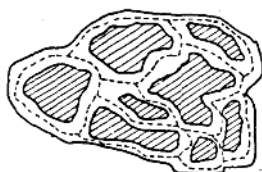


图 2-1 浆状炸药的结构

浆状炸药的物理安定性不太稳定,表现为易受外界温度、光照、细菌、硝酸铵析晶等影响,温度低时,因水结冰而失去塑性,严重时失去爆炸性能。浆状炸药的化学安定性也不稳定,存放中生成氢和氨等气体,会造成药体膨胀及活性成分降低。浆状炸药比较钝感,不易被雷管直接起爆,需要用起爆药柱起爆,常用浆状炸药的组分和性能见表 2-3。

表 2-3 常用浆状炸药的组成和性能

炸药名称 成分与性能		4号	5号	6号	7号	白银寨 -2号	鞍山鞍 2号	含铝	N10号
氧化剂和敏化剂 %	硝酸铵	60.2	70.2~ 71.5	73~ 75	47.6~ 44.4	64.2	67.6	56.5	59
	硝酸钠				15				9
	水	16	15	15	11~ 14	12.5	11.2	15~ 17	11.7
	梯恩梯	17.5	5		10	17.5	11.8		10
	梯恩梯副产品				15				
	铝镁合金粉							10	
可燃物 %	硫黄							木粉 6.5 2	2
	柴油		3~4	4~5.5			2		3
胶凝剂 %	白芨	2	2.4~ 2.6	2.4~ 2.6					
	田菁				1.2		1.0		0.7
	槐豆粉								
	聚丙烯酰胺					0.6~ 0.8			
交联剂 %	硼砂	1.3	1.4	1.4	0.2~ 0.25		0.07	2	
	重铬酸钾						0.05		
	三氯化铁					0.03			
	明矾					0.03			
稳定剂 %	尿素	3				3~5	3	3	
	乙醇								
	乙二醇								
	十二烷基苯磺酸钠						2		
其它 %	亚硝酸钠		0.5~ 1.0	0.5~ 1.0	0~0.2	0.04	0.05	1.0	
	表面活性剂		1	1				3	交联发 泡 1.0 3
性能	密度, g/cm ³	1.4~ 1.55	1.24~ 1.55	1.1~ 1.2	1.14~ 1.22	1.2~ 1.23	1.1~ 1.25	1.1~ 1.2	1.15~ 1.25
	爆速, m/s	4400~ 5600	4500~ 5600	5100	4000~ 5000	3570~ 3600	---	4046	4500~ 5500
	临界直径, mm	96 (钢管)	<45	<45	---	100	100		
	使用温度, °C	20~ 40	20~40	20~40	20~40	-20	冬季 可用	常温	常温
	贮存期, d					15	15		

五、水胶炸药

表 2-4 常用几种水胶炸药的组分与性能

型 号		SHJ-K 型	W 20 型	1 ^号	3 ^号
组 分 %	硝酸铵(钠)	53~58	71~75	55~75	48~63
	水	11~12	5~6.5	8~12	8~12
	硝酸甲胺	25~30	12.9~13.5	30~40	25~30
	铝粉或柴油	铝粉 4~3	柴油 2.5~3		
	胶 凝 剂	2	0.6~0.7		0.8~1.2
	交 联 剂	2	0.03~0.09		0.05~0.1
	密度控制剂		0.3~0.5	0.4~0.8	0.1~0.2
	氟 酸 钾		3~4		
	延 时 剂				0.02~0.06
	稳定剂				0.1~0.4
性 能	爆速, m/s	3500~3900	4100~4600	3500~4600	3600~4400
		Φ32mm			Φ40mm
	猛度, mm	>15	16~18	14~15	12~20
	殉爆距离, cm	>8	6~9	7	12~25
	临界直径, mm		12~16	12	
	爆力, mL	>340	350		330
	爆热, J/g	1100	1192	1121	
	储存期, 月	6	3	12	12

表 2-5 部分国产乳化炸药的组分与性能

项 目		炸 药 型 号				
		RL-2	EL-103	RJ-1	MRY-3	CLH
组 成 成 分 %	硝酸铵	65	53~63	50~70	60~65	50~70
	硝酸钠	15	10~15	5~15	10~15	15~30
	尿 素	2.5	1.0~2.5	-	-	-
	水	10	9~11	8~15	10~15	4~12
	乳化剂	3	0.5~1.3	0.5~1.5	1~2.5	0.5~2.5
	石 蜡	2	1.8~3.5	2~4	(蜡-油)3~6	(蜡-油)2~8
	燃料油	2.5	1~2	1~3		
	铝 粉	-	3~6	-	3~5	-
	亚硝酸钠	-	0.1~0.3	0.1~0.7	0.1~0.5	-
	甲胺硝酸盐	-	-	5~20	-	-
	添加剂	-	-	0.1~0.3	0.4~1.0	0~4; 3~15