

三

主审：朱瑞赓 董振华 刘清荣

湖北省爆破学会

前 言

爆破历来是国防和国民经济建设中的一门重要学科。爆炸后释放出巨大的能量、产生冲击波，强应力波，强大的脉冲电流和脉冲磁场。掌握爆破理论，爆破技术，计算方法和测试技巧，使炸药爆炸的能量在祖国四化建设中发挥巨大的作用。

国内外虽已陆续出版了一些适用于不同对象的各种版本有关爆破的教材、专著和刊物，但迄今为止尚无一本与之相适应的既有一定理论基础，又有丰富工程实例爆破习题集及题解。因此，编著者根据自己多年的教学、科研和生产实践中所积累的大量经验和问题，并广泛收集国内外教材和刊物上的例题，习题和工程实例，以及高等院校爆破研究生试题编著了这本《爆破习题集及题解》。

全书共分九章，内容如下：第一章，工业炸药；第二章，炸药的起爆和传爆；第三章，起爆方法及器材；第四章，岩石性质及分级；第五章，岩石爆破机理；第六章，露天药室爆破；第七章，炮眼和深孔爆破；第八章，控制爆破技术；第九章，爆破测试技术。各章均包括基本内容，典型例题详解和习题三节。全书选题约500道。本书为从事矿山、水电、铁道和国防工程等方面的科技人员学习和巩固所学的炸药和爆破知识，并提供理论联系实际解题技巧而编著的专用书，可作为高等院校《爆破》课程的习题集和自学参考书。

本书由张汉兴、周浩然主编，朱瑞虞、董振华、刘清荣主审。参加本书编写的同志：第一章由刘强执笔；第二章由毛静民执笔；第三章由周浩然执笔；第四章、第八章由张汉兴执笔；第五章、第七章由陈运轩执笔；第六章由刘毅执笔；第九章由孟吉复执笔。许多同志关心本书的出版，在此，谨向协助编写本书的同志致以谢意。

由于我们水平有限，又缺乏编写经验，缺点和错误在所难免，殷切地期望读者批评指正。

编 者

1987年7月

目 录

前言

第一章 工业炸药	(1)
§ 1—1 基本内容	(1)
§ 1—2 典型例题详解	(5)
§ 1—3 习题	(12)
第二章 炸药的起爆与传爆	(14)
§ 2—1 基本内容	(14)
§ 2—2 典型例题详解	(23)
§ 2—3 习题	(51)
第三章 起爆方法及器材	(56)
§ 3—1 基本内容	(56)
§ 3—2 典型例题详解	(61)
§ 3—3 习题	(81)
第四章 岩石性质及其分级	(85)
§ 4—1 基本内容	(85)
§ 4—2 典型例题详解	(91)
§ 4—3 习题	(98)
第五章 岩石爆破机理	(100)
§ 5—1 基本内容	(100)
§ 5—2 典型例题详解	(105)
§ 5—3 习题	(118)
第六章 露天药室爆破	(121)
6—1 基本内容	(121)
6—2 典型例题详解	(129)
6—3 习题	(138)

2.1.1	第七章 炮眼和深孔爆破.....	(141)
	§ 7—1 基本内容.....	(141)
	§ 7—2 典型例题详解.....	(149)
	§ 7—3 习题.....	(162)
	第八章 控制爆破技术.....	(164)
	§ 8—1 基本内容.....	(164)
	§ 8—2 典型例题详解.....	(174)
	§ 8—3 习题.....	(188)
	第九章 爆破测试技术.....	(190)
	§ 9—1 基本内容.....	(190)
	§ 9—2 典型例题详解.....	(203)
	§ 9—3 习题.....	(210)
	附录：研究生爆破试题中概念题及问答题	

第一章 工业炸药

§ 1—1 基 本 内 容

工业炸药指用于铁道、矿业、水电等工业部门的民用炸药。

一、炸药的基本概念

(一) 爆炸现象

自然界存在各种爆炸现象。根据它产生的原因和特性，归纳为三类。

1、物理爆炸 爆炸前后，仅发生物态的急剧转化，而物质的分子组成并未改变。

2、化学爆炸 爆炸前后，不仅发生物态的急剧变化，而且产生化学反应，使物质的分子组成发生变化。

3、核爆炸 原子核的裂变或聚变的链锁反应。

爆炸是能量的瞬时转化过程，在该过程中物质的潜能瞬时转化为作用于周围介质的机械功，伴随有声、光和热效应。

(二) 炸药爆炸的三要素

炸药爆炸的三要素是：放热反应、反应速度快、生成气体。

1、放热反应 是对周围介质作机械功的物质基础，也是能使反应独立地高速进行的首要因素。

2、反应速度快 是使有限的能量集中在较小容积内产生大功率的必要条件。

3、生成大量气体 气体产物是炸药内能对周围介质作机械功的直接媒介。

(三) 炸药化学反应的形式

1、热分解：炸药在一定的温度时会发生热分解，这种分解是在整个炸药内全面发生。

2、燃烧：炸药因温度、压力环境的不同可进行缓慢的燃烧或速燃甚至爆燃。

3、爆炸：炸药以每秒数百米至数千米高速度进行的反应过程。

4、爆轰：炸药以每秒数千米的最大稳定速度进行的反应过程。

(四) 工业炸药分类

按常用炸药的应用范围和成分组成，分类如下（见图 1—1）。

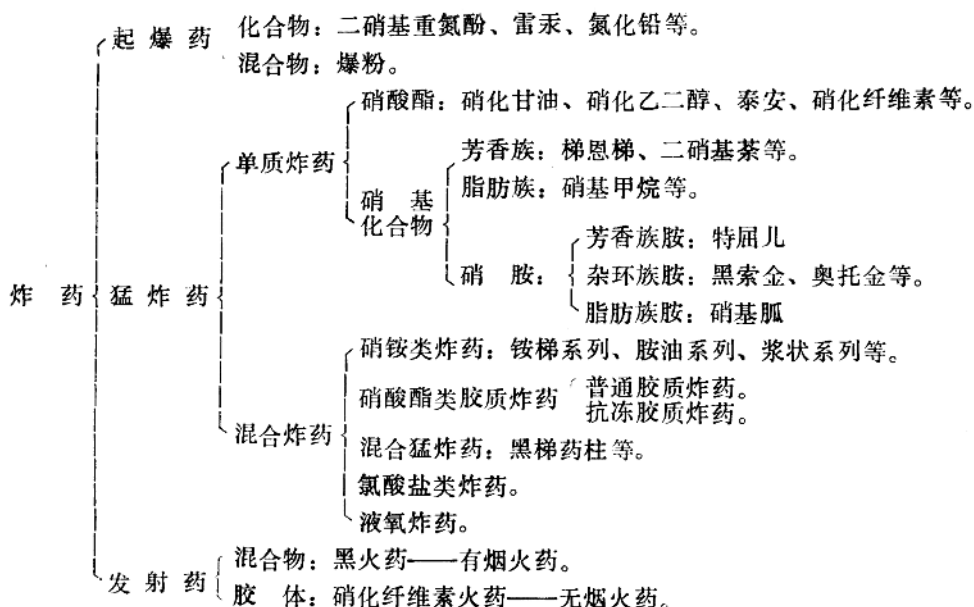
二、发射药

发射药的特点是对火焰的感度极高，在密闭条件下可转为爆炸。适用于发射炮弹和火箭等。矿山发射药为黑火药，用于制造导火索和矿用火箭弹。

三、起爆药

起爆药是一种对外界作用十分敏感的炸药不但在较小的外界作用下，能发生爆炸变化，而且变化速度在很短的时间内增到最大值。起爆药用来引起其它炸药爆炸。

按常用的炸药的应用范围和成分组成，分类如下。



工业上起爆药有雷汞、氯化铅和二硝基重氮酚等。

四、单体猛炸药

单体猛炸药又称爆炸化合物，指化学成分为单一化合物的猛性炸药。它的感度较低，爆炸威力大，破碎岩石效果好。单体猛炸药有梯恩梯、黑索金、特屈儿和太安等。

(一) 梯恩梯：即三硝基甲苯 $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{CH}_3$ ，是甲苯经三段硝化而制成。爆发点为 $290\sim 295^\circ\text{C}$ ，爆速为 7000米/秒 ，爆热为 4222千焦/公斤 ，梯恩梯吸湿性很小，不溶于水；热安定性好，常温下不自行分解；机械感度较低，如混入硬质掺合物易爆。

(二) 黑索金：即环三次甲基三硝胺 $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_3(\text{NO}_2)_3$ ，由乌洛托平经硝化制得。爆热为 5810千焦/公斤 ，爆力 600毫升 ，猛度 25毫米 ，机械感度比梯恩梯高；威力大。

(三) 特屈儿 即三硝基苯甲硝胺 $\text{C}_6\text{H}(\text{NO}_2)_3\text{N}$ ，由二甲基苯胺磺化和硝化制成。

难溶于水，热感度及机械感度均高，爆炸性能好，爆力 475毫升 ，猛度 22毫米 。

(四) 太安：即季戊四醇四硝酸酯 $\text{C}(\text{CH}_2\text{ONO}_2)_4$ ，是由季戊四醇经硝酸硝化制得。太安不溶于水，爆炸威力高，爆速 $8000\sim 8200\text{米/秒}$ ，猛度 25毫米 ，对撞击和摩擦敏感。

(五) 硝化甘油 即丙三醇三硝酸酯 $\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3$ ，由丙醇经硝化制成。在 50°C 时开始挥发，爆发点为 200°C 。机械感度和爆炸感度都很高，受撞击和震动易引爆。爆炸威力大，爆力 500毫升 ，猛度 $22\sim 23.5\text{毫米}$ 。

五、混合猛性炸药

是由爆炸性成分和非爆炸性成分按照一定配比混合制成。感度较起爆药低，爆轰激起的过程较起爆药长。但爆轰后释放的能量较起爆药大。

混合猛性炸药是爆破中用量最大的炸药。常用有：铵梯炸药，铵松蜡炸药，浆状炸药和

硝化甘油类炸药等。

(一) 铵梯炸药

由下列成份组成:

1、硝酸铵(NH_4NO_3)是氧化剂,也是主要成分。通常由氨与硝酸反应制成。本身是一种感度很低的弱性炸药,经强起爆后,爆速可达2000~2500米/秒,爆力为165—230毫升。容易吸潮变硬。

2、梯恩梯是敏化剂,兼起还原剂作用,以提高炸药的感度和威力。

3、石蜡和沥青是抗水剂,以阻滞硝酸铵的吸潮。

4、木粉:是由碳、氧、氢等元素组成。它既是松散剂,又是还原剂,且有助于延缓炸药的结块倾向。

5、食盐是消焰剂,不参加爆炸反应,作用是降低炸药的爆炸温度。

(二) 铵油炸药

由硝酸铵、柴油、木粉组成有时添加少量其它成分。

硝酸铵为氧化剂,为弱性炸药,密闭条件下加热到300°C或强力起爆时,将发生爆炸反应。

柴油是可燃剂,又是还原剂。

木粉除作疏松及可燃剂外,且能调节炸药密度,减少结块性。

(三) 铵松蜡炸药

成分由硝酸铵、木粉、石蜡和松香组成有时添加少量柴油。

硝酸铵、木粉的作用同铵油炸药中叙述的一样。

石蜡为还原剂,又是憎水性防潮剂,用以阻滞硝酸铵吸潮。

松香为抗水剂,它是松脂蒸馏出松节油后的剩余物,内含90%的松香酸 $\text{C}_{19}\text{H}_{39}\text{COOH}$ 以及约10%的松香烃 $\text{C}_{19}\text{H}_{40}$,以提高炸药的抗水和防结块性能。

(四) 浆状炸药

由氧化剂水溶液,敏化剂和胶结剂为主要成分的抗水性硝铵类炸药。外观上呈浆糊状,故称浆状炸药。

浆状炸药的组分及其性质:

氧化剂水溶液 主要采用硝酸铵,溶解或悬浮于水相中。水的作用使硝酸铵等固体组分溶解或悬浮,增加密度,且使炸药成为连续体。

敏化剂及可燃剂 敏化剂有梯恩梯和铝,镁金属粉。前者既是敏化剂,又是可燃剂。用化学发泡剂和机械方法产生的气泡,也可作浆状炸药的敏化剂。可燃物有:柴油、煤粉,硫磺和木粉等。因其热值较高,可增加威力,降低成本。

胶结剂 胶结剂起增稠作用,使炸药中固体颗粒呈悬浮状态,并将氧化剂水溶液,不溶的敏化剂颗粒及其它组分胶结在一起。胶结剂有白芨、玉竹、槐豆胶,田菁胶、皂角、胡里仁粉以及聚丙烯酰胺等。

交联剂 促使胶结剂分子中的基因互相键合,进一步联接成为巨型结构,提高炸药的胶凝效果和稠化程度,增强抗水能力。交联剂有硼砂或硼砂与重铬酸钠的混合水溶液。

表面活性剂 常用十二烷基苯磺酸铵,它在浆状炸药中起乳化和增塑作用。

安定剂 可用尿素 $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$,用以防止浆状炸药的变质。

(五) 硝化甘油炸药

以硝化甘油为主要成分，另加硝酸钾、硝酸钠或硝酸铵作氧化剂，硝化棉作吸收剂与增塑剂以及少量木粉作疏松剂。

该炸药抗水性强、密度高和威力大。撞击摩擦感度高，安全性差。具有渗油和干结性。

(六) 水胶炸药

水胶炸药是由水、氧化剂、可燃剂、敏化剂，交联剂和固体添加成分所组成，通过胶化和交联作用制成胶状的水胶炸药。

1、氧化剂 用硝酸铵和硝酸钠。

2、可燃剂 用甲基胺硝酸盐 $\text{CH}_3\text{NH}_2\cdot\text{HNO}_3$ 。由甲胺制取，比硝酸铵更易吸湿，易溶于水。在水胶炸药中既是可燃剂，又是敏化剂。

3、粘胶剂 用占尔胶。它是一种豆科植物种籽的内胚乳，其化学成分为甘露半乳糖。起吸附和胶结作用。

(七) 乳化炸药

是以含氧酸无机盐水溶液作分散相，不溶于水可液化的碳质燃料作连续相，借助乳化剂的乳化，和敏化剂或敏化气泡的敏化作用，而制成的一种油包水型（W/D）的乳脂状混合炸药。主要组分有：

1、乳化剂 能在氧化剂水溶液中形成油包水型乳状体系。常用司班80。

2、氧化剂 乳化炸药的主体部分。氧化剂有硝酸铵，通常用硝酸铵、硝酸钠混合氧化剂。

3、水 水和氧化剂组成了分散相又称水相和内相。然后，通过乳化剂使内外相紧密结合形成油包水型结构使其具有抗水性。

4、油相材料 是一类非水溶性的有机物，作为连续相又称外相。油相材料为油和石蜡。

5、密度控制剂 其密度是通过调节发泡剂量进行控制。而发泡剂在炸药内部产生大量微小敏气泡，以提高爆轰敏感度。

6、少量添加剂 是乳化促进剂、晶形改性剂和稳定剂之类的物质。

六、炸药的检验

炸药的检验项目包括外部检验和爆炸性能检验。

(一) 硝酸铵类炸药的水份测定 可采用烘箱干燥法和水份测定器法。

1、烘箱干燥法 适用于不含挥发性油类的硝铵炸药的水分测定。

$$S = \frac{G_1 - G_2}{G} \times 100\% \quad (1-1)$$

式中 S——炸药的水份（以百分数计，取两次平均值）

G_1 ——烘干前炸药和瓷皿的重量，克； G_2 ——烘干后炸药和瓷皿的重量，克；G——炸药试样的重量，克。

2、水份测定器法 适用于含有柴油的铵油炸药的水份测定。

$$S = \frac{V}{G} \times 100\% \quad (1-2)$$

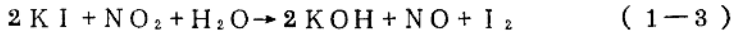
式中 S——炸药的水分，以百分数计，取两次测定平均值，其误差不超过0.01%；G——炸药重量，克；V——刻度管中水的体积，毫升。

通过上述方法检验，若测得硝铵类炸药的水分超过安全规程规定的值时，必须按照安全规程进行干燥处理。

(二) 硝化甘油炸药安定性及渗油检验

~ 4 ~

1、硝化甘油炸药安定性检验 根据硝化甘油受热分解,生成二氧化氮,与碘化钾淀粉试纸产生如下的反应:



再根据析出的碘在淀粉纸上的染色情况,可判断炸药的安定性。若在十分钟内淀粉纸出现褐色线条则不安定;反之则安定。

2、硝化甘油炸药的渗油检验 主要是通过外观检查来确定。若打开药卷纸,在接缝处油线宽度达6毫米或药包纸内外发现油珠或油斑时,即有渗油现象。此时,应根据爆破安全规程进行处理。

§ 1—2 典型例题详解

1、什么叫炸药?

答:炸药是一种在一定外界作用下,能发生高速化学反应,生成较稳定的新物质,放出大量的热和生成大量的气体的物质。即炸药是一种能把它所集中的能量在瞬间释放出来的物质。

一定外界作用是指给炸药加热、撞击、振动或冲击波的作用等。即凡能引起炸药高速化学反应的作用。

2、炸药自身有什么特点?

答:炸药自身是一种相对稳定平衡的化学体系,没有一定的外界作用不会自行爆炸。这种体系象放在陡峭山顶的一辆雪橇。如无外力推动,可在原地长时静置,但稍加碰击即从山上滑落。因此,炸药可安全地由人们生产、贮存、运输和使用。

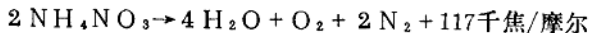
3、什么叫爆炸?自然界中,存在着哪些爆炸现象?各自特点如何?

答:爆炸是能量瞬时转化过程,在该过程中,物质的潜能瞬时转化为作用于周围介质的机械功,并伴随有声、光等效应。

自然界中依据爆炸现象产生的原因和特性,可归纳为三类,其特点如下:

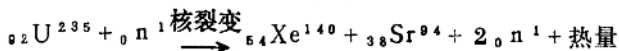
1、物理爆炸 爆炸前后,仅发生物态急剧转化,而物质的分子组成未改变。并且爆炸是从高压状态转到低压状态,气体温度由高到低,不产生热量。如热水瓶胆破裂。

2、化学爆炸 爆炸前后,不仅发展物态急剧转化,而且发生化学反应,使物质的分子组成发生变化。如,硝酸铵在密闭条件下加热至300°C以上时产生爆炸反应:



在此反应中产生大量气体,释放热量,并对周围介质作机械功。起爆药和炸药爆炸属于化学爆炸。

3、核爆炸 原子核裂变或聚变连锁反应。核爆炸在瞬时内放出巨大能量,使裂变或聚变产物形成高温,高压气体而迅速膨胀作功,造成巨大的破坏作用。如:



重核裂变和轻核聚变的反应过程均属于核爆炸。

4、爆炸现象的共同点是什么?

答:(1)爆炸作用都是在压力特别大,超过了外部抵抗力的条件下发生的。

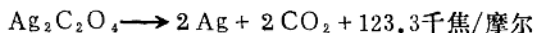
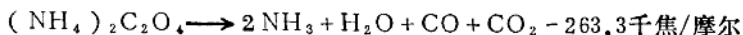
(2) 爆炸是在一瞬间突然地迅速发生的。

(3) 爆炸多少要破坏约束它的东西，即使完全是在空气中爆炸，也会产生气浪，发出很大声响，引起地面房屋和树木等震动摇晃。

5、炸药爆炸必须具备哪三个基本要素？为什么？

答：必须具备三个基本要素是放热反应、反应速度快、生成气体。

(1) 放热反应 是炸药爆炸最基本特征。放热有两方面的意义：其一，由于放热才有能量使反应过程自行传播。否则就不能形成爆炸。如草酸铵在吸热反应条件下不爆炸，而草酸银在放热反应条件下则爆炸，即：

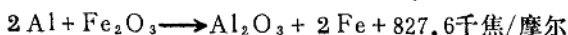


其二，热是作功的能源。爆炸时放出热量是炸药作功能力的基本标志，常以此作为比较炸药能量的指标。一公斤常用炸药爆炸时放出的热量为2500~5500千焦，瞬时它能把爆炸产物加热到2000~5000℃高温。

(2) 反应速度快 是炸药爆炸区别一般化学反应的标志。一般化学反应需由外部供应大量的氧，故反应速度慢。虽能生成大量的热，但因燃速慢，生成热量不断扩散于大气中，能量密度很低，故不能形成爆炸。

炸药爆炸由于自身供应氧而反应速度极快，瞬息间放出的热量大，能量密度高。如TNT爆热为4182千焦/公斤，能量密度高达6479千焦/升。这种高温、高压和高能量密度气体迅速膨胀，易导致爆炸。

(3) 生成大量气体 是炸药爆炸时对外界作功的媒介，是充分必要的条件。有些化学反应尽管迅速地放出巨大热量，但因没生成大量气体而不产生爆炸现象。如铝热剂反应温度高达3000℃，因为只有固体产物而不产生爆炸即：



由于气体具有很大的可缩性和膨胀系数，在爆炸瞬间处于强烈压缩状态，能够贮存极大的压缩能，因而在气体膨胀过程中可将炸药内能迅速变为机械功。

6、炸药是由哪些元素组成的？常用工业炸药的爆热、爆温、爆速、爆压和生成气体量各为多少？

答：炸药通常是由碳、氢、氧、氮等元素组成。常用的工业炸药的爆热为2500~5500千焦/公斤，爆温为1000~4500℃，爆速2000~7000米/秒，爆压4000~40000大气压，生成气体量600~1000升/公斤。

7、在不同条件下，炸药化学反应的基本形式有几种？其关系如何？

答：不同条件下，炸药化学反应有四种形式：热分解、燃烧、爆炸和爆轰。

(1) 热分解 通常在一定的炸药体积内发生，反应热与散热达到平衡的分解反应，其速率维持不变。当热平衡破坏时，炸药的热分解加速并产生局部燃烧区，进而变为燃烧或爆炸。

(2) 燃烧 炸药燃烧的传播是通过燃烧时的反应区向未反应区的热传递来实现。在一定条件下可维持稳定的传播速度。如果在约束条件下或同时燃烧的药量较多，燃烧将加速并转为爆炸。

(3) 爆炸 与燃烧既有量的差别，也有质的区别。爆炸时，反应区的高温高压气体

冲击未反应的炸药并使之迅速产生化学变化。爆炸传播速度大于该炸药的声速，达每秒数千米，但不太稳定。达到最大稳定值时转为爆轰。

(4) 爆轰 是以稳定的、最大的速度传播的爆炸。一定的炸药爆轰速度是一个常数。

热分解、燃烧和爆炸的反应过程和产物都不同，释放能量的形式和大小也有很大差异，而达到爆轰的炸药具有最大的破坏效应。

8、炸药按用途分为哪几类？每类主要用途和基本的化学变化形式是什么？

答：炸药按用途可以分为三类。

(1) 起爆药 主要用于制造起爆器材。

(2) 猛炸药 用来作起爆器材的加强药和主药包。

(3) 发射药 用来制造起爆器材。

化学变化形式是：猛炸药的基本形式是爆轰，起爆药是燃烧和爆轰；发射药则是燃烧。不过它们都具有爆炸性质，在一定条件下，都能产生爆炸以至爆轰。

9、对工业炸药有哪些基本要求？

答：对工业炸药基本要求：(1) 爆炸性能良好，具有一定的爆力和猛度，能破坏爆破对象，能被普通工业雷管所起爆。(2) 保证制造、运输、保管和使用过程中的安全。物理、化学的安全性良好，在贮存期间不致变质或自动爆炸。有毒气体少。(3) 原料来源丰富、制造简单、成本低廉。

10、什么是起爆药？常用的起爆药有哪些？特性和用途如何？

答：用来诱发其它炸药爆炸的敏感性炸药叫起爆药。常用的起爆药有雷汞 $\text{Hg}(\text{CNO})_2$ 、氮化铅 $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ 、二硝基重氮酚 $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_2\text{N}_2\text{O}$ 等。其特点是：都是单质炸药，对外界作用非常敏感，在很小的外能激发下发生爆炸。其主要用来制造雷管、火帽、引信等起爆器材。

11、什么是猛炸药？常用的猛炸药有哪些？特性和用途如何？

答：依靠起爆药爆炸的冲击作用来引爆的炸药叫猛炸药，又称次发炸药、高效炸药和第三炸药。

常用的猛炸药有(单体猛炸药)梯恩梯(三硝基甲苯) $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{CH}_3$ 、黑索金

(环三次甲基三硝胺) $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_3(\text{NO}_2)_3$ 、特屈儿(三硝基苯甲硝胺) $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{N}$ 、
 $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \\ | \\ \text{N} \\ | \\ \text{NO}_2 \end{array}$

太安(季戊四醇四硝酸酯) $\text{C}(\text{CH}_2\text{ONO}_2)_4$ 、硝化甘油(丙三醇三硝酸酯) $\text{C}_3\text{H}_5(\text{ONO}_2)_3$ 、(混合猛炸药)铵梯炸药、铵油炸药、铵松蜡炸药、浆状炸药、水胶炸药、乳化炸药和硝化甘油类炸药等。其特点是：与起爆药相比，这类炸药要稳定得多，实际使用中要依靠雷管的起爆力才能发生爆炸，一经爆炸、其威力、爆速、作功能力比起爆药大得多。其用途是：作各种装弹药；工程爆破装药；金属材料爆炸加工；架空电力线路爆炸接压；雷管药柱和导爆索药芯等。

12、起爆药与猛炸药有哪些本质区别？

答：两者的本质区别是：(1) 起爆药爆炸变化有较快的加速度和较高的起爆能力；(2) 对较小的起爆初始能量较为敏感；(3) 大多数起爆药属于生成热为负值的吸热化合物。

13、为什么雷汞雷管用铜壳而不用铝壳，而氮化铅雷管用铝壳而不用铜壳？

答：这是因为湿雷汞易与铝起作用生成极易爆炸的雷酸盐，而氮化铅在有 CO_2 存在的潮湿环境中易与铜发生作用而生成极敏感的氯化铜。故雷汞雷管都用铜壳或纸壳而氮化铅雷管都用铝壳或纸壳。

14、梯恩梯的主要性质和用途如何？

答：梯恩梯（三硝基甲苯） $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{CH}_3$ 黄色晶体，吸湿性弱，几乎不溶于水；热安定性好，常温下不分解，温度达到 180°C 以上时才显著分解；遇火能燃烧，在密闭条件下或大量燃烧时转为爆炸。其机械感度较低，如混入细砂一类硬质掺合物时则容易引爆。爆力300毫升，猛度18毫米，爆速700米/秒，爆热4222千焦/公斤。其主要用途是：装填军事弹药，民用小孔爆破。还可用作生产染料或照象药品等原料。

用作爆炸时，可单独使用，也可与其它炸药或物质（氧化剂、可燃剂）混合使用，以调节爆炸性能，适合多种用途的要求。

15、工业上常用的炸药为什么要做成混合炸药？

答：这是因为：（1）有些单体炸药对外界作用太敏感，单独使用极不安全。如硝化甘油对冲击摩擦极为敏感，容易引爆，需混入别的成分，提高其安全性。（2）有些成分单独爆炸时化学反应不够合理。如梯恩梯爆炸反应生成游离的碳，使其能量不能得到充分发挥和利用，影响威力，故常和其它成分配合以改善其爆炸性能。（3）有些单质炸药威力虽高，但价贵。如奥克托金 $\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_4(\text{NO}_2)_4$ ，爆速高达9100米/秒，爆压39300大气压，爆热5588~6182千焦/公斤，爆容908升/公斤，爆力486毫升。生产时成本高，产量低，故常加其它价廉和来源广的成分，提高其实用价值。总之，多种成分配合使用，制成不同的混合猛炸药，可取长补短，收到好的技术经济效果。

16、什么叫混合炸药？它具有哪些基本成分？这些成分各起什么作用？

答：所谓混合炸药，是指具有两种以上成分混合而成的炸药。它具有下列基本成分：氧化剂、敏化剂、可燃剂、防潮剂、松散剂、等。氧化剂为炸药的整个爆炸反应提供足够的氧。敏化剂用以提高炸药的感度和威力。可燃剂用以提高炸药的爆力。防潮剂用以阻滞炸药的吸潮趋势。松散剂用以延缓炸药的结块倾向。除基本成分外，有些混合炸药还加入表面适性剂、耐冻剂、安定剂和消焰剂等。

17、硝酸铵有何性质？防止吸湿结块可采取哪些措施？

答：硝酸铵是一种具有爆炸性的成分，经强力起爆后，爆速可达2000~2500米/秒，爆力165~239毫升。若同适宜的还原剂相配合，制成零氧平衡或接近零氧平衡的混合炸药，则因爆热和爆容都增大，爆速可提高到3000~4000米/秒，爆力增大到3000毫升左右。熔点为 169.6°C ，温度为 300°C 时发生燃烧，高于 400°C 时转为爆炸。常温为白色晶体，具有多种晶形，晶形随温度不同而变化。在晶形改变时颗粒体积也随着改变；当温度在 32°C 左右时，其晶形由 α 菱形变成 β 菱形，体积增大3%左右。具有强烈的吸湿作用，最易结块硬化。干燥时与金属的化学作用极缓慢，有水时其作用速度加快。熔融时与铜、铅、锌都能起作用而形成极不稳定的亚硝酸盐，与铝、锡不起化学作用。

防止硝酸铵吸湿结块的措施：加入适量的防潮剂如石蜡、松香和沥青等。硬脂酸锌、硬脂酸钙等活性物质是另一类防潮剂。防潮剂的药膜均匀地包覆在硝酸铵颗粒表面，在一定时间内有隔潮作用。加入松散剂以延缓硝酸铵结块倾向。

18、铵梯炸药有什么性质？我国目前生产的铵梯炸药主要品种有哪些？

答：铵梯炸药对撞击、摩擦等比较钝感，遇到火焰和火星也不易引燃，但受到强烈撞击、摩擦和铁具的敲打，也能引起爆炸。在大气中裸露的少量铵梯炸药，不致由燃烧转为爆炸，但放在封闭的容器中，遇火源就容易由燃烧转为爆炸。容易从空气中吸潮，转而结块。无论是吸潮还是结块的铵梯炸药，其爆炸性能会降低，有时拒爆。

国产铵梯炸药有以下几种主要品种：

露天炸药：露天爆破用的铵梯炸药；岩石炸药：在无瓦斯或矿尘爆炸危险的矿井中应用的铵梯炸药；煤矿炸药：在有瓦斯或矿尘爆炸危险的矿井中应用的铵梯炸药。

19、木粉在硝铵类的粉状炸药中所起的炸用如何？

答：木粉就是锯末，是一种固体的碳氢化合物，在混合炸药中起四个方面的作用：（1）用作可燃剂，参加爆炸反应；（2）用作松散剂，使炸药保持松散状态，起调节炸药密度、防止结块的作用；（3）在一定程度上可提高炸药的敏感度；（4）减少炸药受水分的不良影响。

20、铵油炸药由哪些成分组成，其优缺点如何？

答：铵油炸药是用硝酸铵为氧化剂，柴油为可燃剂，木粉为疏松剂，也添加少量其它成分。主要优点是：硝酸铵及柴油比较容易获取，原料比较丰富；炸药加工简单易行；在工业炸药中成本最低；对冲击、火焰等作用都比较钝感，使用安全。主要缺点是：易吸湿结块，不抗水；耐压性较低；爆炸威力不够高。

21、柴油为什么可用来作炸药？用它制作的铵油炸药为什么发展快？

答：因柴油是热值很高的多种烃类混合物，其分子式常以 $C_{16}H_{32}$ 和 $C_{13}H_{20}$ 为代表。能与硝酸铵均匀混合，易渗透到硝酸铵颗粒内部，使颗粒内部的氧平衡值一致，保证爆炸反应完全，有利于提高炸药的爆炸威力。故用于制造炸药。又因制造工艺简单，原料丰富，成本低廉，故铵油炸药发展快。目前世界各国工业使用铵油炸药达到炸药总用量的60%。

22、影响铵油炸药质量的因素有哪些？

答：影响铵油炸药质量的因素主要是物质组成、含水率、粒度和装药密度等。当柴油和木粉的含量各为4%时，爆速和猛度最高。随铵油炸药含水率升高，爆炸反应产生的热量一部分消耗于水分汽化，使爆热和爆速下降；其二，还使硝酸铵的吸油能力降低，阻碍柴油与硝酸铵颗粒的紧密接触，不利于爆炸反应进行。硝酸铵的碎度愈小，它和还原剂的接触面积就愈大，使爆炸反应速度增加，有助于提高炸药感度和爆炸性能。装药密度对爆速和猛度均有影响，其最优密度随硝酸铵粒度的大小而异。细粉状铵油炸药的最优密度为 $0.95 \sim 1.0$ 克/厘米³，粒状铵油炸药为 $0.9 \sim 0.95$ 克/厘米³。

23、分述铵松蜡炸药组成和性能？

答：铵松蜡炸药由硝酸铵、木粉、松香和石蜡组成，有时可添加少量柴油。

铵松蜡炸药属于硝铵类炸药，它克服了铵梯炸药采用梯恩梯、铵油炸药吸湿性强和保证期短等缺点。其突出优点是有良好的抗水性能。同时保持铵油炸药材料来源广、易加工、成本低和安全等特点，爆炸性能与2号岩石铵梯炸药相当。

24、松香为何物？为什么能提高铵松蜡炸药的抗水性能？

答：松香是松脂蒸馏出松节油后剩余物。内含90%的松香酸 $C_{10}H_{16}COOH$ 以及约10%的松香烃 $C_{10}H_{16}$ 。松香性脆，比重 $1.1 \sim 1.5$ ，熔点 $172.5^\circ C$ 。由于其分子结构的一端是强

极性的一COOH基，另一端是非极性的一CH(CH₃)₂基，因而使松香与水或油接触时，在界面上有定向吸附作用。同时，松香粉末粘附在硝酸铵颗粒表面可起憎水层的作用，使铵蜡炸药的抗水性增强。

25、水在浆状炸药中起何作用？

答：水是浆状炸药的特有基本成分，常占炸药总量的15~20%，其作用是：（1）使硝酸铵等固体组分溶解或悬浮，增加炸药密度；（2）使硝酸铵等易溶物成饱和溶液，不再吸水，起到“以水抗水”的作用；（3）使炸药成为连续介质，便于爆轰波传播；（4）使炸药比重提高，便于机械化操作和密实地填满炮孔空间。

但水是钝感物质，水加入导致炸药感度下降。因此，为使浆状炸药能顺利起爆，需加敏化剂和采取适当地加大起爆能与药径等措施。

✓ 26、浆状炸药有哪些优缺点？

答：主要优点是：炸药密度高，较好的可塑性，可沉入水孔底并填满炮孔；爆炸威力大，其威力为铵油炸药的1.5~2.5倍；抗水性强，有些品种在6米深的水下浸泡24小时，也不失去爆炸性能；安全性好，对冲击、火花、摩擦均不敏感；生产工艺简单，便于机械化加工，使用时可用泵输送。其缺点是成本常高于铵油炸药，工艺要求严格，容易影响炸药的性能；炸药钝感，一般临界直径大于70毫米，起爆要用熔铸梯恩梯或黑梯药柱（黑索金56%、梯恩梯41%、石蜡3%）作中间传爆药包。

27、什么是水胶炸药？它由哪些基本成分组成？性能如何？

答：它是七十年代在原有浆状炸药基础上发展起来的一种新型抗水硝铵类炸药。由水、氧化剂、粘胶剂、敏化剂以及一些添加物组成。其优点：生产工艺简单、自动化程度高，生产使用安全，有毒气体生成量少，威力高，抗水性强，并可通过调节炸药密度和爆炸性能来适应不同爆破条件的需要。缺点是价格较贵，介于浆状炸药和硝化甘油炸药之间。

28、水胶炸药与浆状炸药有什么不同？

答：水胶炸药与浆状炸药在性质上没有严格区别，不同点主要在于水胶炸药使用水溶性的硝酸甲胺CH₃NH₂·HNO₃作敏化剂代替浆状炸药中作敏化剂的梯恩梯之类的猛性炸药。这不但使炸药基本无毒，而且使其结构更为均一，氧化剂同还原剂的耦合状况改善，获得更好的爆炸性能。

29、什么是乳化炸药？具有哪些特点？

答：乳化炸药是以含氧酸无机盐水溶液作分散相，不溶于水可液化的碳质燃料作连续相，借助乳化剂的乳化，和敏化剂或敏化气泡的敏化作用，制成一种油包水型的乳脂状混合炸药。其特点是：爆炸性能好，32毫米小直径药卷的爆速可达4000~5200米/秒，猛度可达15~19毫米，殉爆距离70~120毫米，临界直径为12~16毫米，一支8号普通雷管可引爆。抗水性能强；安全性能好；污染小；原料来源广，加工工艺较简单；爆破效率高，生产成本低。

30、炸药为什么要进行检验？包括哪些内容？

答：炸药因受温度、湿度和其它因素的影响而发生变质，致使炸药爆炸性能降低，直至拒爆失效。因此贮存和使用时，必须对炸药进行相应的检验，以便及时掌握炸药质量。

检验项目一般包括：（1）外部检验：如包装有无损伤、封缄是否完整有无浸湿或渗油痕迹等。（2）爆炸性能检验：如爆力、猛度，殉爆距离与爆速等。（3）基本性质测定检

验：如闪点、发火点、最小发火能量、安定性等。

31、什么叫炸药的安定性？安定性有几种？意义如何？

答：炸药的安定性是指在实际存放条件下能保持原有理化性质的能力，分为物理安定性和化学安定性两种。物理安定性是指炸药在不同条件下物理性质变化的速度或在贮存过程中，对自身成分状态的变化与成分间重新分布的抵抗能力。如吸湿、成分的挥发、晶体析出、老化、结块、冻结和渗油等。化学安定性是指炸药化学性质变化的速度。如在生产过程和长期贮存过程中，无外因影响下抵抗自然分解的能力以及炸药与其它物质发生反应的能力。化学安定性以热稳定性为主。常是指受热后在低于爆发点的温度下，发生缓慢热分解的性质。

炸药的安定性，关系到炸药制造，贮存、运输和使用的安全。

32、密度 1.6克/厘米^3 ，重量1公斤，并制成半径为5.3厘米的球体的梯恩梯炸药，当爆速为6700米/秒时，试计算：（1）问在球心起爆完成爆炸所需的时间？（2）问爆炸时的功率是多少？

解：（1）假定在球心起爆，则整块炸药完成爆炸所需的时间为：

$$t = \frac{S}{V} = \frac{5.3}{6700 \times 100} = 7.9 \times 10^{-6} \text{秒}$$

（2）已知1公斤梯恩梯炸药爆炸时放出的热量约为4222千焦，爆炸时的功率为：

$$W = \frac{Q}{t} = \frac{4222}{7.9 \times 10^{-6}} = 5.34 \times 10^8 \text{千瓦}$$

如此巨大的功率，除原子能以外，迄今世界上还没有任何物质和任何巨型机械能与之相匹敌。然而以上所计算的功率值仅仅指在爆炸瞬间的功率。实际上爆炸的气体产物迅速膨胀后，其能量急剧衰减，并不能全部利用。据研究，即使爆炸生成物是绝热膨胀，有效作用系数最大不过等于0.1。

33、设在一个炮眼内装5卷长200毫米，重200克的2号岩石硝铵炸药，若爆炸反应速度为3600米/秒，爆炸产生的热量为3900千焦/公斤，试证，爆炸产生的理论功率相当于 1.4×10^7 瓩。

解：依题意知炮眼内所装药量为：

$$q = 5 \times 200 = 1000 \text{克} = 1 \text{公斤}$$

炮眼内2号岩石硝铵炸药完成爆炸反应所需的时间 t 为：

$$t = \frac{S}{V} = \frac{5 \times 200}{3600 \times 1000} = 2.78 \times 10^{-4} \text{秒}$$

爆炸产生的功率 W 为：

$$W = \frac{Q}{t} = \frac{3900}{2.78 \times 10^{-4}} = 1.4 \times 10^7 \text{瓩}$$

故爆炸产生的理论功率相当于 1.4×10^7 瓩。

34、取10克不含挥发性油类的硝铵炸药，盛入已烘干的瓷皿，置于 $60 \sim 70^\circ\text{C}$ 烘箱中。烘4小时取出放在干燥器冷却，称其重量，炸药和瓷皿在烘干前后的差值为0.14克。问炸药能在露天爆破中使用吗？

解：由题意：按公式（1—1）式得：

$$S = \frac{G_1 - G_2}{G} \times 100\% = \frac{0.14}{10} \times 100\% = 1.4\%$$

根据安全规程规定，硝酸铵类炸药在露天爆破中允许含水率为1.5%，而上述计算结果为1.4%，故炸药能在露天爆破中使用。

35、取50克含有柴油的铵油炸药装入水分测定器内，按照用水分测定器法测定其水分。通过两次测定，读得刻度管中水的体积为0.3毫升（克）。试问该炸药能否在井下爆破中使用？

解：依题意：按公式（1—2）式得：

$$S = \frac{V}{G} \times 100\% = \frac{0.3}{50} \times 100\% = 0.6\%$$

根据安全规程规定，硝酸铵类炸药在井下爆破中允许含水率为0.5%，而上述计算结果为0.6%故该炸药不能在井下爆破中使用。若要使用，则需干燥处理后才能使用。

§ 1—3 习 题

- 1 爆炸和燃烧有什么区别？炸药和燃料又有什么区别？它们之间有什么联系？
- 2 爆炸做功的根本原因是什么？爆炸最重要的特征是什么？
- 3 根据爆炸现象产生的原因和特性，爆炸现象归纳为几类？各有何特点？
- 4 指出下列各种爆炸现象属哪种爆炸。自行车胎“放炮”、节日放鞭炮、沼气和氧气混合而发生爆炸、瓦斯爆炸、炸药爆炸和原子弹爆炸。
- 5 化学爆炸需具备哪些要素？为什么？
- 6 工业炸药一般可分为哪些类型？对于矿用猛炸药有什么要求？
- 7 能否用黑火药爆炸岩石？为什么？
- 8 起爆药分为哪几种？试举例分述之。
- 9 起爆药有哪些特点？
- 10 单质猛炸药和混合猛炸药的爆炸性能是否完全相同？为什么？
- 11 为什么硝酸铵类炸药总配制成混合炸药使用？有那些成份？各在炸药中起何作用？
- 12、硝酸铵具有那些主要性能？提高硝酸铵类炸药的抗水性有何途径？
- 13、作为硝酸铵类炸药主要成分硝酸铵受潮后使炸药性能产生哪些不良后果？如何防潮？
- 14、铵油炸药含水率达到多高停止使用？为什么含水炸药的水含量百分率高还不失其爆炸性能？
- 15、铵油炸药不含爆炸物敏化剂，应当比较安全，但为什么还会发生事故？如何避免这些事故发生？
- 16、硝化甘油炸药的特点是什么？使用时需要特别注意哪些事项？
- 17、浆状炸药主要成分是哪些？各起什么作用？
- 18、水胶炸药有哪些主要组成？它们的性能和作用是什么？
- 19、乳化炸药主要成分有哪些？其主要性能怎样？
- 20、铵油炸药和浆状炸药加工工艺有何异同？

21、浆状炸药、水胶炸药和乳化炸药的特性有何异同？

22、密度为 1.6克/厘米^3 ，重量1公斤，并制成半径为5.5厘米球体的黑索金炸药，当爆速为8100米/秒，试计算爆炸时的功率。

23、在一个炮眼内装5卷长200毫米，重150克的2号岩石硝铵炸药，若爆炸反应速度为3600米/秒，爆炸产生的热量为3710千焦/公斤。试证：爆炸产生的理论功率相当于 10^7 瓦？

24、取10克不含挥发性油类的硝铵炸药，用烘箱干燥法测定其水分。通过两次测定，得炸药和瓷皿在烘干前后的差值为0.12克。问该炸药还能在露天矿爆破中使用吗？

25、取50克含有柴油的铵油炸药装入水分测定器内，用水分测定器法测其水分。两次测定读得刻度管中水的体积为0.2毫升（克）。试问该炸药能否在井下爆破中使用？