



爆破员培训教材

普永发等 编

86.1812

8705853

爆破员培训教材

普永发 陈怀宇 李香灿

胡国文 邓建 编写

冶金部安全教育中心

1985年9月

内 容 提 要

这是一本宣传中华人民共和国《爆破安全规程》的通俗读物，是根据规程附录《爆破员培训大纲》编写的。

本书系统地介绍了各种爆破器材及其保管和运输；各种起爆方法和工程爆破的方法及其安全技术。可用作爆破员培训教材。也可供从事工程爆破的技术人员、基层管理干部、运输业务人员、爆破器材保管人员，以及有关公安人员和物资经销管理部门的人员参考。

爆破员培训教材

普永发 陈怀宇 李香楠

胡国文 邓 建 编写

※

冶金部安全教育中心（内部发行）

冶金部安全技术研究所印刷厂印刷

1985年9月

前 言

为了宣传、贯彻即将颁布的中华人民共和国《爆破安全规程》，我们根据规程附录（爆破员培训大纲）编写了《爆破员培训教材》。本书系统地介绍了爆破器材的基本知识及其性能；爆破器材在储存、运输、销毁等过程中的安全注意事项；露天爆破、水下爆破、拆除爆破和其他爆破方法。对新发展起来的爆破器材和爆破技术也作了介绍。这是一本通俗读物，可用作厂矿企业爆破员的培训教材，也可供各类爆破人员、有关部门的干部和工人在学习爆破技术和掌握爆破器材的管理、运输等知识和技能时参考。但不能当作管理和操作的规范或守则，应以国家的政策和法令或正式颁布的规范、案例、守则为准。

本书由下列同志分工编写：第一章及第四章普永发；第二章、第三章陈怀宇；第五章胡国文；第六章邓建；第七章李香灿；第八章普永发、李香灿、邓建。全书由冶金部安全技术研究所普永发工程师审定。

由于时间短，水平有限，错误遗漏之处在所难免，欢迎广大读者批评指正。

冶金工业部安全教育中心

1985年9月

目 录

第一章 绪论	(1)
第二章 炸药	(4)
第一节 工业炸药发展概述.....	(4)
第二节 爆炸现象与炸药的概念.....	(7)
第三节 炸药的分类.....	(8)
第四节 硝铵类混合炸药.....	(14)
第五节 煤矿安全炸药.....	(29)
第六节 黑火药.....	(34)
第七节 燃烧剂与膨胀剂.....	(37)
第八节 烟火剂、烟花、爆竹和礼花弹.....	(45)
第九节 炸药的基本性能及其检测.....	(48)
第十节 炸药的氧平衡.....	(72)
第三章 起爆器材	(74)
第一节 概述.....	(74)
第二节 雷管.....	(77)
第三节 导爆管起爆系统.....	(100)
第四节 导火索.....	(106)
第五节 导爆索.....	(109)
第六节 继爆管.....	(115)
第七节 其他起爆器材.....	(120)
第四章 起爆方法	(125)
第一节 电力起爆法.....	(125)

第二节	非电起爆法·····	(169)
第五章	爆破器材的保管与销毁·····	(196)
第一节	爆破器材库·····	(196)
第二节	爆破器材的管理与加工·····	(222)
第三节	爆破器材的检验·····	(227)
第四节	爆破器材的销毁·····	(240)
第六章	爆破器材的运输·····	(244)
第一节	运输爆破器材的一般规定·····	(244)
第二节	装卸工作的一般安全要求·····	(246)
第三节	运输方法和运输工具·····	(247)
第七章	爆破作用原理和爆破作业的一般要求·····	(252)
第一节	爆破作用原理·····	(252)
第二节	爆破作业的一般要求·····	(273)
第八章	爆破方法·····	(302)
第一节	地下爆破·····	(302)
第二节	露天爆破·····	(333)
第三节	水下爆破·····	(360)
第四节	拆除爆破·····	(370)
第五节	其它爆破·····	(393)

第一章 绪 论

工程爆破是经济建设中重要的不可缺少的一个环节，它广泛用于矿山开采、水电建设、地质勘探、公路和铁路建设、开发森林、疏浚航道、油井开采、金属爆破、焊接与加工等各个方面，近年来还用以炸碎人体内的膀胱结石等。众多的爆破作业，一次爆破的炸药量少到几克，多则千吨甚至万吨以上。

对于矿山开采中的井巷掘进、矿石回采、岩石剥离以及土石方工程，爆破作业是必不可少的主要工序之一。1971年，我国西南某矿，在较短时间内，用爆破方法完成了1140.05万米³的岩石工程量，加快了矿山建设速度，缩短了建设周期，节约了建设资金。金属、非金属矿和煤矿的开采，每年消耗的雷管、炸药占全国年消耗总量的绝大部分。

铁路和公路建设中，用爆破方法开挖路堑，修筑路堤，开凿溢洪道，每年有上千万米³的土石方也是用爆破方法来完成的。

我国是世界上定向筑坝最多的国家，水利建设中，用定向爆破筑坝，经过广泛的研究和实践，在中国已形成了一套较先进的爆破计算方法——抛掷堆积体的算法，包括体积平衡法和弹道法两种。许多成功的经验证明，这两种方法在理论上是成熟的。

深孔爆破成了露天和地下采矿、开拓铁路和公路堑、开

挖水电站基坑、开辟工业场地的主要方法。

用爆破方法拆除城镇的建筑物和构筑物，是一种安全、经济的施工技术。近几年来，用爆破方法成功地拆除了大量的工、民用建筑、烟囱、水塔、桥梁、碉堡和各种废旧基础设施。

河道疏浚、港口建设和地下管道坑开挖等水下作业，也常用爆破方法来完成。

爆破技术不但广泛地用于土石方工程，而且在工业生产中已直接利用爆破技术进行加工成型和爆破焊接。近年还开始利用爆破能量来合成金刚石。显然，随着科学技术的发展和经济建设的需要，爆破技术将会在我国“四化”建设中作出更大的贡献。

我国是火药的发明国。发明火药后的一段较长时间里，人们仅仅用它来作火箭和火枪的发射药。到了十六世纪，黑火药才被用于某些工程爆破；1632年德国人首次将黑火药用于采矿爆破。到了十八世纪和十九世纪初，由于化学工业的发展和伟大科学家诺贝尔等人的功绩，世界上才出现了雷汞、硝化棉、胶质炸药以及硝基化合物的梯恩梯等与黑火药成份不同的新型炸药以及导火索、雷管等爆破器材，从而使工程爆破迅速发展起来。特别是十九世纪末，成本低廉、并且能够大量安全生产和使用的硝酸铵类炸药问世，对工程爆破的发展起了巨大的推动作用。

本世纪以来，许多新型的爆破器材，诸如廉价且原料来源广的铵油炸药、浆状炸药、水胶炸药、乳化油炸药、液体炸药，以及毫秒电雷管、导爆管、继爆管等等不断问世，预

裂爆破、光面爆破、定向爆破以及各种控制爆破等新的爆破技术的相继得到发展和应用，推动了爆破技术与爆破安全工作迅速发展。同时，意外爆破事故的预防，爆炸有害效应的测量都取得了显著的成绩，爆破事故发生频率已大幅度地下降了。

爆破员是爆破工作的实施者。爆破安全工作的好坏，与爆破员有直接的关系。因此，培训爆破员是十分重要的。

爆破员担负着爆破器材的领取、搬运、加工、装填、起爆和爆后检查处理的责任。这些工作是完成一项爆破工程的重要环节。

爆破员按照爆破工程设计和爆破领导人的指令，从炸药库领取爆破器材并搬运到作业地点，遵照爆破安全规程和安全操作细则进行装填、起爆。在整个过程中，不得将爆破器材转让、丢失、销毁或挪用。爆破后对爆破现场进行检查，发现有瞎炮和其他不安全因素时，应及时处理和上报，并将用剩的爆破器材如数及时退回爆破器材库。

爆破员负有重要责任，他们不但要有强健的体魄，对工作认真负责，而且必须具有一定的文化程度，经过一定的训练，熟悉各种爆破器材的基本性能，懂得爆破规程的有关要求，掌握操作细则，经过考核取得《爆破作业证》后，才能进行爆破工作。

第二章 炸 药

第一节 工业炸药发展概述

炸药是我国的重大发明之一。早在汉代已开始利用硝石、硫磺和木炭制造黑火药，作为火工武器。

黑火药的发明，对人类社会的文明发展有着划时代的促进作用。黑火药作为唯一炸药的时代，一直延续到1865年诺贝尔用硝化甘油发明胶质炸药、1867年瑞典制成了由硝酸铵、煤和碳氢化合物组成的硝铵炸药为止，才进入一个新的时代——工业炸药时代，给以后发展硝铵炸药生产奠定了基础。

五十年代中期，硝化甘油炸药和铵油炸药同时得到了发展。欧美和日本等国，偏重于使用硝化甘油炸药，苏联和东欧各国从第二次世界大战以后，着重发展硝铵类炸药。我国解放以来，在工业炸药方面也坚持发展和使用硝铵类炸药，近几年来，使用硝铵类炸药的量已占炸药总量的80%以上，其中以铵油炸药用量最大。后来在铵油炸药的基础上发展了铵沥蜡、铵松蜡等防水硝铵炸药。

六十年代以后，铵油炸药在世界各国用量不断增加，如1960年，美国使用铵油炸药的量占炸药总量的16%，1961年增加到60%；而在露天矿山，用量竟高达90%以上。地下矿开采中，1961年加拿大用量只占40%，1962年猛增到70%以

上。据统计，1968年美国所消耗的全部工业炸药中，铵油炸药占70%。目前世界上已发展的几种炸药类型如图2—1，图中只统计了七十年代水胶炸药与乳化炸药。

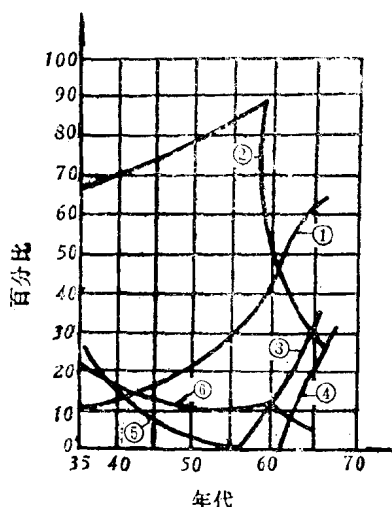


图2—1 各种主要工业炸药的发展与变化

1—硝酸铵总量；2—硝化甘油炸药；3—铵油炸药；4—浆状炸药；5—黑火药；6—安全硝化甘油炸药

在工业炸药发展成现代炸药的进程中，无论是发展的速度和规模，以及工业炸药年总消耗量，我国都已居世界的前列。1957年开始研制和应用的铵油炸药，1959年开始研制和应用的浆状炸药，比世界上最早应用这两种炸药的国家，只晚1~2年时间。

由于浆状炸药在爆炸性能方面不十分理想，而且成本较

高，所以用量的增加远不如铵油炸药。

到了六十年代末七十年代初，世界各国研究和发展了种类繁多的含水炸药品种。水胶炸药也出现了。紧接着美国阿特拉斯公司的布鲁母在1969年公布了乳化油炸药的第一个专利。除美国外，英国、加拿大、澳大利亚、瑞典、南斯拉夫等国相继有产品投放市场。

我国于1979年开始研制，仅用两年时间，就研究出系列乳化炸药，并用于爆破工程。

从炸药的生产、运输、使用，以及使用的安全性、经济性、可靠性三个方面综合衡量，铵油炸药和含水炸药已成为现代工业炸药的主体。生产工艺的机械化、连续化，含水炸药有很高的体积威力、良好的抗水性和由于敏化气泡引入炸药生产而提高了炸药的感度，所有这些使这两种炸药获得了最好的综合经济效益，具有强大的生命力。

纵观工业炸药的整个发展过程，有如下规律：

(1) 工业炸药的类型经历了一个简单(黑火药)→复杂(硝化甘油类炸药、氯酸盐类炸药、硝酸盐类炸药、液氧炸药、其他猛炸药)→简单(铵油炸药、含水炸药，少量粉状硝铵炸药)的螺旋式上升的发展过程。

(2) 工业炸药的生产方式由制造者与使用者统一的手工业生产方式→制造者与使用者严格分开的工厂机械化生产方式→制造者与使用者统一的生产现场机械化生产方式，同样也经历了由低级向高级发展的过程。

(3) 工业炸药的质量——效果评价方式显示了以下的变化过程：技术经济指标和效果的综合评价→分开评价，而

且制造者和使用者分开考虑效果→综合评价。由简单、低级、凭经验向复杂、高级、观测计算发展。

(4) 原材料的选择应用由非爆炸性组份→至少采用一种以上的单体炸药作为混合炸药的组份→非爆炸性组份(现代爆炸剂)。

第二节 爆炸现象与炸药的概念

一、爆炸现象

我们日常生活中经常遇到的爆炸现象，如锅炉爆炸，轮胎爆炸，鞭爆爆炸，炸药爆炸等，它们的共同特征是：①在发生爆炸处，周围压力突然升高，附近物质受到冲击或破坏；②有或大或小的声响效应。

根据产生原因及特征，爆炸现象可分为三类：

1. 物理爆炸 其特点是爆炸前后，物质的性质及化学成份没有改变(仅发生压力增大)如轮胎、锅炉、高压气瓶等爆炸均属物理爆炸。

2. 化学爆炸 物态变化时发生极迅速的放热化学反应，生成高温高压的反应物，由此而引起的爆炸称为化学爆炸。其特点是爆炸前后物质的性质及化学成份发生改变，如炸药、瓦斯、鞭爆等的爆炸。

3. 核爆炸 某些物质的原子核发生裂变或聚变的连锁反应时，瞬间放出巨大能量，如原子弹和氢弹爆炸。

二、炸药爆炸三要素

炸药在发生化学性爆炸时应具备三个同时并存、相辅相成、缺一不可的条件，称为炸药爆炸的三要素。

1. 化学反应过程大量放热 放热是化学爆炸反应得以自动高速进行的首要条件，也是炸药爆炸对外做功的动力。例如，1 公斤TNT爆炸时能产生1183千卡的热量。

2. 反应过程高速完成 这是区别于一般化学反应的显著特点，爆炸可在瞬间完成。例如，1 公斤TNT完全爆炸只需十万分之一秒的时间。而1 公斤煤燃烧虽能放热2140 千卡，比TNT约多一倍，但其反应时间达几十分钟，故煤不具备爆炸的条件。

3. 生成大量气体 一个化学反应，即使具备了前面两个条件，而不具备本条时，仍不属爆炸。

第三节 炸药的分类

被称之为炸药的物质很多，国内外目前尚没有统一的分类方法，只有各自根据本国的生产和使用情况确定分类标准。常见的归纳如图 2—2。

比较合理的分类方法有两种：

一、按用途或特性分类

1. 起爆药 这是一种对外界作用特别敏感的炸药，常用来引爆其他炸药。特点是受较小的外界能作用（如机械、热、火焰）均易激发爆轰，而且反应速度极快。常用的有叠氮化铅 $Pb(N_3)_2$ 、雷汞 $Hg(ONC)_2$ 、二硝基重氮酚 $C_7H_2(NO_2)_2ONC_2$ 等。

2. 猛炸药 与起爆药相比，它比较稳定，通常要在一定的起爆源（如雷管）作用下才能爆轰。它是用于爆破作业的主要材料之一。猛炸药能对周围介质产生强烈的破坏作

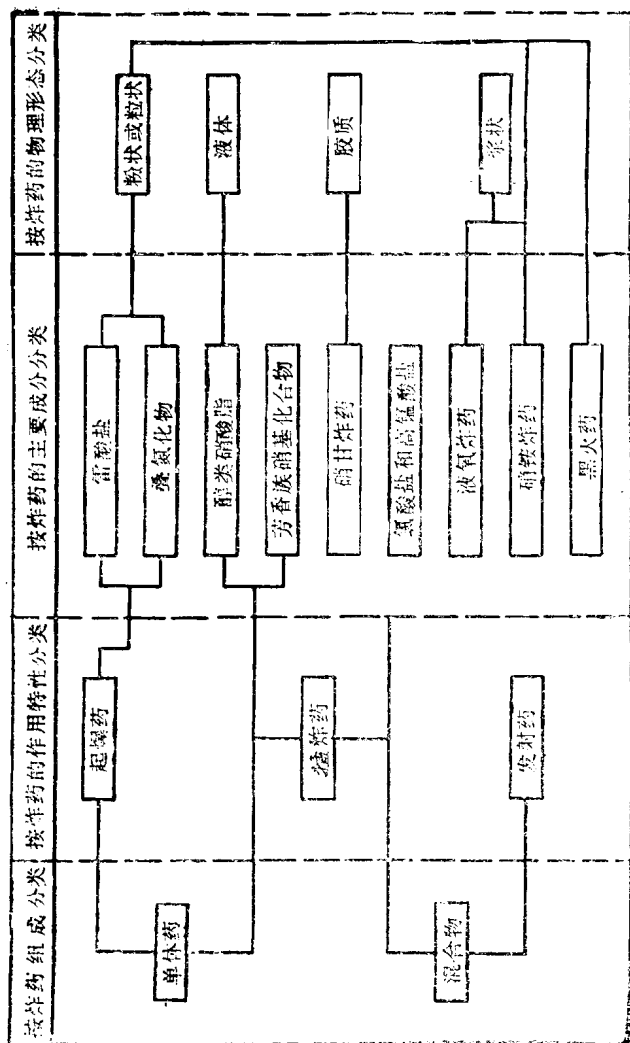


图 2—2 工业炸药的分类

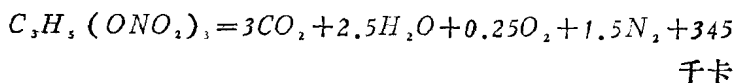
用，又称高级炸药。常用的猛炸药有梯恩梯、黑索金、奥克托金、泰安，以及混合型工业炸药等。

3. 火药 能在没有外界助燃剂（如氧）的参与下，进行有规律的快速燃烧，产生高温、高压气体对外界做功。如枪、炮弹筒内的发射药和火箭发动机的推进剂。主要有黑火药、无烟火药（硝化纤维火药）。

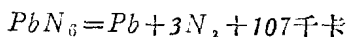
4. 烟火剂 包括照明剂（用于照明弹的含硝酸钡和镁的混合物）、信号剂（用于信号弹），曳光剂（用于曳光弹）、燃烧剂（如铝热剂）及烟幕剂等。总的是用于产生烟火效应的燃烧反应。

二、按炸药的组成分类

1. 单体炸药 这种炸药是由单一的化合物组成的，多数是分子内部含有氧的有机化合物，在一定的外界条件作用下，能导致分子内键断裂，发生高速的化学反应，进行分子内的燃烧和爆轰。例如，硝化甘油的爆炸分解是按下式进行的：



还有一部分是不含氧的化合物，如叠氮化铅，其爆炸反应式如下：



单体炸药分子的化学不稳定性，是与其内部具有的特殊爆炸性的基团有关。如叠氮化铅之类叠氮和偶氮化合物中的 $N=N$ 基，梯恩梯等硝基化合物和泰安等硝酸酯中的 $-N \begin{smallmatrix} \nearrow O \\ \searrow O \end{smallmatrix}$ 基，氯酸钾和过氯酸钾等氯酸盐和过氯酸盐中的

--O—Cl基。

(1) 梯恩梯(TNT) 梯恩梯即三硝基甲苯 $C_6H_2(NO_2)_3CH_3$ ，为有苦味和毒性的淡黄色晶体，工业品有粉末状和鳞片状两种，凝固点为 $76\sim 80^\circ\text{C}$ ，吸湿性很小，几乎不溶于水，可用于水中爆炸。梯恩梯的热安定性好，常温下不会自行分解； 35°C 以下较脆，易粉碎；而在 $35\sim 50^\circ\text{C}$ 时逐渐过渡到可塑体； 50°C 以上具有塑性； 180°C 以上时才显著分解。梯恩梯遇火能燃烧，在密闭条件下或量大时可由燃烧转为爆轰。爆发点为 295°C ；熔点为 80.9°C ；当密度 $\rho = 1.59\text{克/厘米}^3$ 时（直径为20毫米），爆速为6850米/秒，爆压为 168.7 ± 1.84 千巴，冲击感度为8%，摩擦感度为4~6%，威力为285毫升；当 $\rho = 1.0\text{克/厘米}^3$ 时，猛度为19.9毫米（铅柱压缩值）。

梯恩梯可用作雷管中的加强药、硝铵类炸药中的敏化剂、低感度炸药的起爆体。

(2) 黑索金(RDX) 黑索金即环三次甲基三硝胺 $(CH_2)_3N_3(NO_2)_3$ ，由乌洛托品经硝化制成，为白色粉状晶体，有毒，不吸湿，不挥发，难溶于水，在常温下化学安定性好，不与金属发生作用，可长期贮存不分解，熔点为 203.5°C ，爆发点 260°C 。这种机械感度高的炸药，对火焰也敏感，所以加工时应采取钝化措施。黑索金是一种高威力炸药，其氧平衡为-21.6%，爆热1390千卡/公斤，爆速为8380米/秒，威力600毫升，猛度25毫米。

黑索金主要用作雷管中的加强药，低感度混合炸药的敏化剂，起爆体及导爆索，导爆管的芯药。