

T0235
4
3

高等学校教学用书

爆 破 工 程

中南矿冶学院 陶颂霖 主编



冶金工业出版社

 668059

前 言

《爆破工程》是根据冶金工业部高等学校金属矿床开采专业教学计划和“爆破工程”课程教学大纲编写的。本书的主要内容是：矿用炸药、起爆器材和起爆方法以及起爆传爆机理；岩石性质及分级；岩石爆破破坏机理；浅眼和深孔爆破法以及药室爆破法；光面爆破技术；爆破参数的测试技术。

本书可作冶金部高等学校和七·二一大学金属矿床开采专业的教材，也可供冶金矿山、科研设计单位工程技术人员参考使用。

本书由中南矿冶学院陶颂霖主编，由东北工学院林德余、北京钢铁学院于亚伦、中南矿冶学院杨祖光、西安冶金建筑学院高金石、昆明工学院黄明权和江西冶金学院刘清荣共同编写。

在编写过程中有关矿山、设计院、科研单位以及矿冶院校许多同志曾提供了宝贵意见。初稿完成后，承武汉钢铁学院喻家源、周浩然及长沙冶金工业学校伍汉等同志参加审稿讨论。在此谨向协助编写本书的单位和同志致以衷心感谢。

由于我们水平有限，又缺乏编写经验，缺点错误在所难免。殷切期望广大读者提出批评指正。

编 者

一九七九年四月

目 录

前言

第一章 矿用炸药	1
第一节 炸药的基本概念	1
第二节 起爆药与单体猛性炸药	4
第三节 混合猛性炸药	7
第四节 炸药的检验	26
第二章 炸药的起爆与传爆	29
第一节 炸药起爆机理	29
第二节 炸药敏感度	32
第三节 炸药爆轰及稳定传爆	39
第四节 炸药爆轰产物及氧平衡	63
第五节 爆热	72
第六节 爆炸功	79
第三章 起爆方法及器材	86
第一节 火雷管起爆法	86
第二节 电雷管起爆法	92
第三节 导爆索起爆法	124
第四章 岩石性质及其分级	133
第一节 爆炸应力波的基本知识	133
第二节 岩石的物理性质	140
第三节 岩石的力学性质	144
第四节 岩石分级	149
第五章 岩石爆破机理	157
第一节 岩石爆破破坏原因的几种假说	157
第二节 单个药包爆破作用的分析	162
第三节 成组药包爆破时岩石破坏的特征	171
第四节 装药量计算原理	175

第五节	影响爆破作用的因素	178
第六章	控制爆破技术	187
第一节	微差爆破	188
第二节	挤压爆破	194
第三节	光面爆破	206
第七章	炮眼和深孔爆破	226
第一节	炮眼爆破	226
第二节	井下深孔爆破	237
第三节	露天深孔爆破	266
第四节	深孔爆破成井	272
第八章	露天药室爆破	275
第一节	爆破抛掷方向与堆积的基本原理	276
第二节	布药设计	283
第三节	施工设计要点	292
第四节	安全距离的确定	295
第五节	爆堆尺寸估算	297
第九章	爆破作用的测试技术	305
第一节	爆破地震效应的观测	305
第二节	空气冲击波的测试	322
第三节	爆破作用过程的高速摄影观测	342
第四节	岩体动态应力应变及破坏范围的观测	348
第五节	爆破作用的模型实验	363

第一章 矿用炸药

在当前冶金矿山采掘工程中，炸药是破碎岩石的主要能源。早在公元七世纪，我国最先发明了硝石、硫和木炭三种成分配制成的炸药，直至十一世纪才经阿拉伯传入欧洲，这是我国劳动人民对于人类做出的伟大贡献之一。

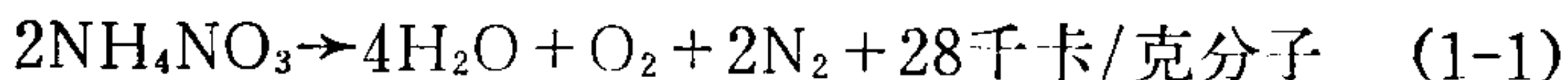
第一节 炸药的基本概念

一、爆炸现象

自然界当中，存在着各种爆炸现象。根据爆炸现象产生的原因和特性，基本上可归纳为以下三类：

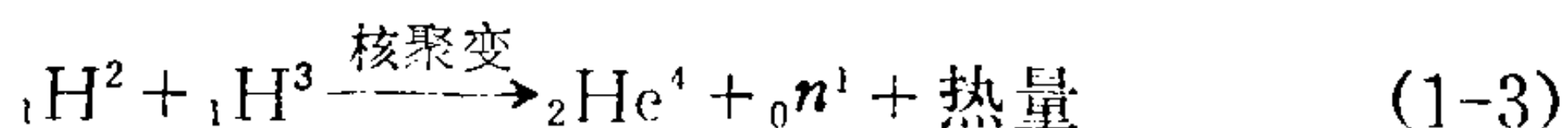
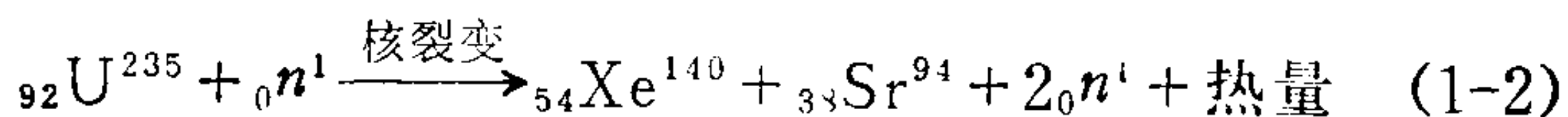
1. 物理爆炸 液态二氧化碳制成的无烟爆破筒以及锅炉、高压罐爆炸等均属于物理爆炸。物理爆炸的实质是仅发生物态的急剧转化，而物质的分子组成在爆炸前后并未改变。

2. 化学爆炸 在爆炸前后，物质的分子组成发生了变化的反应过程，称为化学爆炸。例如，硝酸铵在密闭条件下加热至300°C以上时，产生爆炸反应如下：



在此反应中产生了大量气体，释放出热量，并对周围介质作机械功。起爆药和炸药的爆炸属于化学爆炸。

3. 核爆炸 重核裂变和轻核聚变的反应过程均属于核爆炸。核爆炸在瞬时内放出巨大的能量，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。例如：

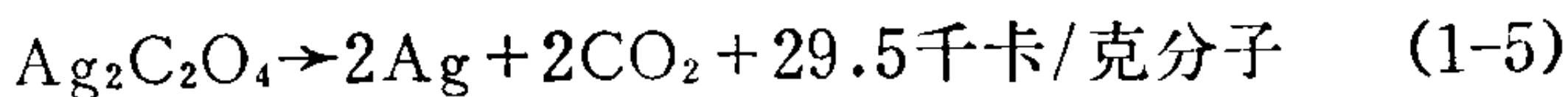


可以认为，爆炸实质上就是能量的瞬时转化过程。在该过程

中，物质的潜能瞬时转化为作用于周围介质的机械功，并伴随有声、光等效应。

二、炸药爆炸的三要素

1. 放热反应 炸药在爆炸瞬间释放出相当大的能量，是它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。显而易见，假如是吸热反应，则必须从外部补充能量才能维持反应的继续进行，故不具备爆炸的特征。例如，草酸铵在吸热反应公式（1-4）的条件下不爆炸；而草酸银在放热反应公式（1-5）的条件下则爆炸，即：

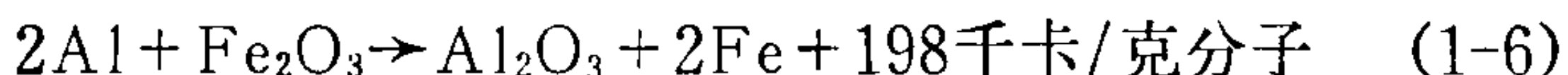


2. 反应速度快 由于反应速度快，反应的气体产物尚未来得及膨胀就被反应生成的热量加热到 $2000 \sim 3000^\circ\text{C}$ ，并且这种高温气体几乎全部聚集在炸药爆炸前所占据的体积内，压力可达数十万大气压力，这就使反应产物具有很高的能量密度。煤在空气中燃烧虽能生成2140千卡/公斤的热量，然而因燃速慢，生成热量不断扩散于大气之中，能量密度仅达4.1千卡/升，故不能形成爆炸。梯恩梯（三硝基甲苯）的爆热值虽然只有1010千卡/公斤，但一个普通梯恩梯药包的反应时间仅仅是几万分之一秒，气体产物来不及扩散就被加热至 3000°C 以上，能量密度高达1626千卡/升。这种高温、高压和高能量密度的气体迅速膨胀，就形成了爆炸现象。

通过计算得出，在一个炮眼内装5卷长200毫米、重200克的二号岩石硝铵炸药时，爆炸产生的理论功率相当于 14×10^6 千瓦，这比一个大型水电站的功率还大得多。由此可见，矿山爆破的重要任务之一，就是要通过实践和理论研究使炸药能量得到充分地、更有效地利用。

3. 生成大量气体 高速的放热反应虽然是爆炸的必要条件，但还不是充分条件。有些化学反应尽管能迅速地放出巨大热量，但因没有生成大量气体而不产生爆炸现象。例如，铝热剂反

应温度高达3000°C，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值，在爆炸瞬间处于强烈的压缩状态，能够贮存极大的压缩能，因而在气体的膨胀过程中可将炸药内能迅速地转变为机械功。由此可见，气体产物是炸药内能对周围介质作机械功的直接媒介。

炸药就是具备上述三要素的物质，通常由碳、氢、氧、氮等元素组成。一般冶金矿山所用炸药的爆热为600~1300千卡/公斤，爆温1000~4500°C，爆速2000~7000米/秒，生成气体量600~1000升/公斤。

三、炸药分类

冶金矿山爆破工程中一般使用的炸药，按其作用特点和应用范围，可分以下三种类型：

1. 起爆药 起爆药的共同特点是感度高，加热、摩擦或撞击均易引起爆炸。在爆破工程中，起爆药主要用于制作起爆器材（火雷管和电雷管等）。属于此类炸药的有二硝基重氮酚、雷汞和氮化铅等。

2. 猛性炸药 同起爆药相比，猛性炸药的感度较低，在使用时须用起爆药来起爆。猛性炸药的爆炸威力大，破碎岩石的效果好，它是冶金矿山爆破工程中最基本的常用的炸药类型。

猛性炸药还可分为单体猛性炸药（例如梯恩梯、黑索金、硝化甘油等）以及混合猛性炸药（例如铵梯炸药、铵松蜡炸药、浆状炸药等）两类。

3. 发射药 发射药的特点是它对火焰的感度极高，遇火能迅速燃烧，在密闭条件下可转为爆炸。此类炸药适用于军事上发射炮弹和火箭等。冶金矿山常用的发射药为黑火药，用以制造导火索和矿用火箭弹。后者又用于处理溜井或漏斗卡塞及悬顶事故。

此外，炸药还可按化学成分、物理状态或应用范围等进行分类。

四、对矿用炸药的要求

炸药的质量和性能对于爆破效果与安全均有很大的影响，因此，矿用炸药通常应符合下列要求：

1. 爆炸性能良好，具有足够的威力；
2. 制造、运输和使用时的安全性可靠，加工简易；
3. 接近于零氧平衡，爆后生成的有毒气体少；
4. 理化性能较稳定，在规定的贮存期限内不变质失效；
5. 原料来源广泛，成本低。

我国冶金矿山一直以使用硝铵类炸药为主。过去广泛应用铵梯炸药。近年来，许多矿山自备炸药厂生产铵油炸药、铵松蜡炸药及浆状炸药等，基本上满足了地下矿和露天矿的生产需要。

第二节 起爆药与单体猛性炸药

一、起爆药

工业用的雷管中起爆药有雷汞、氮化铅和二硝基重氮酚等。

1. 雷汞 雷汞 $\text{Hg}(\text{CNO}_2)$ 系由汞、乙醇和硝酸化合而成。雷汞为白色或灰白色的微细晶体，加热到 50°C 以上时即行分解，当温度升至 $160\sim 165^\circ\text{C}$ 时爆炸。干燥的雷汞对撞击、摩擦和火花极为敏感。潮湿和压制后的雷汞，其感度降低。湿的雷汞易与铝作用而生成极危险的雷酸盐，故雷汞不允许装入铝壳之中。工业上用的雷汞雷管皆用铜壳或纸壳，制成后应注意防潮。

雷汞曾长期地、广泛地用于雷管中，作起爆药，但近年来已逐渐被二硝基重氮酚或氮化铅所代替。

2. 氮化铅 氮化铅 $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ 通常为白色针状晶体，是由叠氮化钠与稀醋酸铅或硝酸铅反应制得。与雷汞和二硝基重氮酚比较，氮化铅的热感度较低，但起爆能力大。氮化铅不因潮湿而失去爆炸能力，可用于水下起爆。由于氮化铅在潮湿和有 CO_2 的环境中，易与铜发生作用，生成极敏感的叠氮化铜，因此，氮化铅雷管不可以用铜质管壳而必须用铝壳或纸壳。

3. 二硝基重氮酚 二硝基重氮酚 $\text{C}_6\text{H}_2\text{O}_5\text{N}_4$ (简写为DDN

P) 为黄色或黄褐色的晶体，系以氨基苦味酸（或其钠盐、铵盐）为原料，经重氮化而制成。二硝基重氮酚的安定性好，在常温下长期贮存于水中仍不降低其爆炸性能。干燥的二硝基重氮酚在75℃时开始分解，温度升高到170~173℃时爆炸。

二硝基重氮酚对撞击、摩擦的感度均比雷汞和氯化铅低，热感度介于后两者之间。从表1-1所列出的极限起爆药量值可以看出，二硝基重氮酚的起爆能力较高，与氯化铅近似，比雷汞大两倍以上。

几种炸药所需的极限起爆药量 表 1-1

炸 药 名 称	药 量 (克)	极 限 起 爆 药 量 (克)		
		雷 汞	二硝基重氮酚	氯 化 铅
梯 恩 梯	0.5	0.240	0.163	0.16
苦 味 酸	0.5	0.225	0.115	0.12
特 屈 儿	0.5	0.165	0.075	0.03

由于二硝基重氮酚的原料来源广，生产工艺简便、安全，成本低，并且具有良好的起爆性能，所以，国产工业雷管中目前主要是用它来做起爆药。

二、单体猛性炸药

单体猛性炸药是指其化学成分为单一化合物的猛性炸药。工业爆破中常用的单体猛性炸药主要有梯恩梯、黑索金、特屈儿和太安等。

1. 梯恩梯 即三硝基甲苯 $C_6H_2(NO_2)_3CH_3$ ，它是甲苯经三段硝化而制成。梯恩梯为黄色晶体，凝固点为76~80℃，吸湿性很小，几乎不溶于水，可用于有水炮孔中的装药。梯恩梯的热安定性好，常温下不自行分解，在180℃以上时才显著分解；但遇火能燃烧，若在密闭条件下或大量燃烧时，可转为爆炸。梯恩梯的机械感度较低，但如果混入细砂一类硬质掺合物时易引爆，故在制造、运输和使用时，必须加以注意。

梯恩梯的爆发点为290~295℃，爆速 7000米/秒，爆热1010

千卡/公斤。梯恩梯主要用于军事装药。我国许多炸药厂都采用精制的梯恩梯作为雷管中的加强药或作为硝铵类炸药中的敏化剂。

2. 黑索金 即环三次甲基三硝胺 $C_3H_6N_3(NO_2)_3$ ，系由乌洛托平经硝化制得。黑索金为白色晶体，熔点 $203.5^{\circ}C$ ，含水不失去其爆炸作用，不与金属作用。

黑索金的热安定性较好，其机械感度比梯恩梯高，所以当加工黑索金时，应采取钝化措施。黑索金是一种高威力炸药，爆热为1390千卡/公斤，爆力600毫升，猛度25毫米。由于黑索金的制造成本高，所以在采掘爆破工程中，只用来作导爆索的药芯以及雷管中的加强药；在必要时，亦可作硝铵类炸药的敏化剂。

3. 特屈儿 即三硝基苯甲硝胺 $C_6H_2(NO_2)_3N$ ，它是由二

$$\begin{array}{c} CH_3 \\ | \\ NO_2 \end{array}$$

甲基苯胺经磺化和硝化而制成。特屈儿为淡黄色晶体，熔点 $129.45^{\circ}C$ 。

特屈儿难溶于水，其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。特屈儿容易与硝酸铵强烈作用而释放出热量，能导致自燃，故严禁使特屈儿和硝酸铵相混合。

特屈儿主要应用于军事装药，也可作为工业雷管的加强药。

4. 太安 即季戊四醇四硝酸酯 $C(CH_2ONO_2)_4$ ，它是由季戊四醇经硝酸硝化制得。太安是白色晶体，几乎不溶于水，熔点 $141^{\circ}C$ ，遇火不易燃烧，少量太安燃烧时也不易转为爆炸。太安的爆炸威力高，爆速8000~8200米/秒，猛度25毫米，而且对撞击和摩擦很敏感，因此在加工过程中应进行钝化处理。

在矿山爆破工程中，太安主要用作雷管中的加强药和导爆索的药芯。

5. 硝化甘油 即丙三醇三硝酸酯 $C_3H_5(ONO_2)_3$ ，系由丙三醇经硝化制成。硝化甘油是无色或微黄色的油状液体，在 $20^{\circ}C$ 时的比重为1.59，不溶于水，在水中不失去其爆炸性能。

硝化甘油有毒，应避免皮肤与其直接接触。硝化甘油在50°C时开始挥发，爆发点为200°C。它的机械感度和爆炸感度都很高，受撞击和震动易引爆，因此很少单独使用，通常将其吸收在多孔物质（粘土、锯末等）中以降低感度。硝化甘油的爆炸威力大，爆力600毫升，猛度22~23.5毫米。

纯硝化甘油在13.2°C时凝固，此时极为敏感。为提高使用安全性，硝化甘油常与乙二醇二硝酸酯 $C_2H_4(ONO_2)_2$ 混合使用，后者的凝固点为-22.8°C。

硝化甘油是胶质硝化甘油类炸药的主要成分，因该类炸药的安全性差，故我国采掘工程中应用甚少，只在涌水量大的竖井掘进时用之。

第三节 混合猛性炸药

混合猛性炸药是由爆炸性成分和非爆炸性成分（一般为可燃物），按一定配比混合制成的炸药。例如，由硝酸铵与梯恩梯两种爆炸性成分和木粉混合制成的铵梯炸药，就是其中的一种。

混合猛性炸药是采掘爆破工程中用量最大、最基本的一类炸药。目前常用者有：铵梯炸药、铵油炸药、铵松蜡炸药、浆状炸药和硝化甘油类炸药等。

一、铵梯炸药

铵梯炸药由硝酸铵、梯恩梯和木粉三种成分组成。硝酸铵是主要成分兼起氧化剂作用；梯恩梯为敏化剂兼起还原剂作用；木粉为疏松剂。

1. 硝酸铵 通常由氨与硝酸反应制成。氨与硝酸均以空气、水、煤或重油为原料制取，故其来源甚广，成本低。硝酸铵是一种爆炸性成分，感度低，经强力起爆后，爆速可达2000~2500米/秒，爆力为165~230毫升。

纯硝酸铵为白色晶体，其晶形有正方形、菱形、斜六面体和正六面体等多种，随温度变化而异。硝酸铵的熔点为169.6°C，温度达300°C时发火，高于400°C时可转为爆炸。

硝酸铵的主要缺点是具有较强的吸湿性和结块性。吸湿现象的产生是由于硝酸铵对空气中的水蒸气有吸附作用，并且通过毛细管作用，在硝酸铵颗粒的表面形成薄薄的一层水膜。硝酸铵易溶于水，因而水膜会逐渐变成饱和溶液；只要空气中的水蒸气压力大于硝酸铵饱和溶液水蒸气压力，硝酸铵就会继续吸收水分，一直到两者的压力相等时为止。

为了提高硝酸铵的抗水性，可加入防潮剂。在爆破工程中，常见的防潮剂有两类：一类是憎水性物质，如松香、石蜡、沥青和凡士林等，它们覆盖在硝酸铵颗粒表面上，使其与空气隔离，

从而起到防潮作用；另一类是活性物质（例如硬脂酸钙、硬脂酸锌等），它们的分子结构一端为体积较大的憎水性基团（硬脂酸根），另一端为体积较小的亲水性基团（金属离子）。这些活性物质加入硝酸铵中以后，它们的亲水性基团将朝向硝酸铵的颗粒

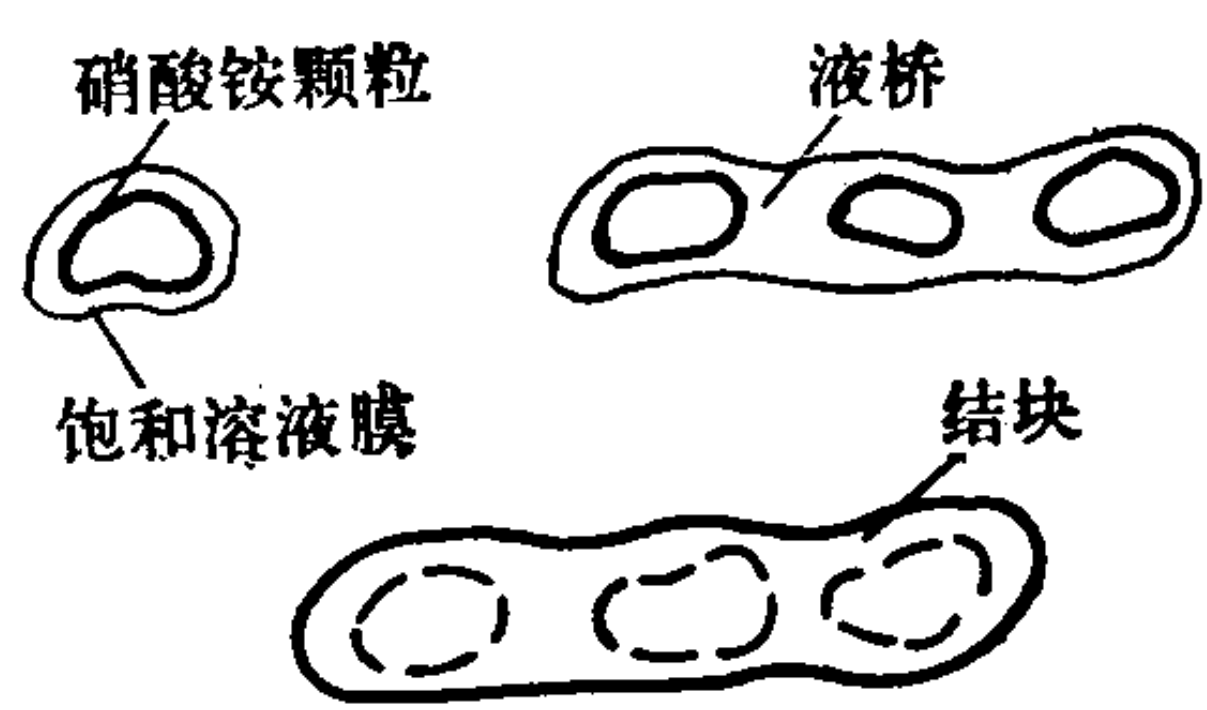


图 1-1 硝酸铵结块过程简图

表面，而憎水性基团则朝向外外部，因而能起到防潮作用。

实践证明，硝酸铵的结块性与其吸湿性有密切关系。当硝酸铵颗粒吸湿以后，在颗粒表面逐渐形成饱和溶液膜（图1-1），通过表面张力和毛细管作用，使饱和溶液膜在颗粒之间搭成“液桥”。随着温度的下降，从“液桥”中析出坚硬致密的晶粒，并将硝酸铵颗粒牢固地粘结成块状。

硝酸铵晶形的互变性质，对其结块性也有较大的影响。通常，硝酸铵有正方形、 α 菱形、 β 菱形、斜六面体和正六面体五种晶形，每一种晶形均在一定的温度下才能稳定。当温度上升到 32.3°C 时， α 菱形晶体的体积增加3%，同时分裂成为 β 菱形晶体，该晶体象水泥吸水一样，甚易结成硬块。

由此可见，为了防止硝酸铵的结块，应在防潮的前提下，加入适量的疏松剂（如木粉等）或晶形改变剂（如十八烷胺等）。

干燥的硝酸铵与金属作用极缓慢，有水时其作用速度加快。熔化的硝酸铵与铜、铅和锌均起作用，形成极不稳定的亚硝酸盐。然而硝酸铵不与铝、锡作用，故在生产硝铵类炸药时，应当采用铝制工具。

2. 木粉 木粉是由碳、氧、氢等元素组成的物质。在铵梯炸药中，木粉既是疏松剂，又是还原剂，并且有助于防止炸药的结块。

木粉通常由锯末辗碎而成，其质量标准列入表1-2中。

成品木粉的质量标准 表 1-2

项 目	质 量 标 准
外 观	无肉眼可见的杂质和腐朽现象
水 份	不大于 4 %
灰 份	不大于1.8%
细 度	全部通过20目筛，70%通过60目筛

3. 梯恩梯 在铵梯炸药中，梯恩梯的含量占 3~15%。它是一种敏化剂，既可提高炸药感度，又能增强炸药的威力。

铵梯炸药的品种，根据冶金矿山爆破的应用条件，国产铵梯炸药有以下几种主要品种：

1. 露天爆破用的铵梯炸药，简称露天炸药。由于露天爆破的炸药用量大，而且允许产生一定量的有毒气体，故对此类炸药的成分配比的氧平衡值要求较低。

2. 在无瓦斯或矿尘爆炸危险的矿井中应用的铵梯炸药，简称岩石炸药。井下爆破必须严格地限制有毒气体的生成量，要求炸药具有零氧平衡或接近于零氧平衡。

3. 在有瓦斯或矿尘爆炸危险的矿井中应用的铵梯炸药，简称煤矿炸药。对于该炸药除要求有毒气体生成量符合规定标准（以CO计不允许超过100升/公斤；1升NO₂按6.5升的CO换算）而外，还必须保证它在爆炸时不引爆瓦斯或矿尘。因此，在这一

类炸药中还加有15~20%的消焰剂，后者通常采用氯化钠。

在表1-3中列出了冶金矿山常用的国产铵梯炸药成分及其爆炸性能。

几种铵梯炸药的成分和性能 表 1-3

成分与性能		岩石硝铵炸药		露天硝铵炸药		
		1号	2号	1号	2号	3号
成分(%)	硝酸铵	82±1.5	85±1.5	82±2	86±2	88±2
	梯恩梯	14±1.0	11±1.0	10±1	5±1	3±1
	木粉	4±0.5	4±0.5	8±1	9±1	9±1
性能	水分(%), 不大于	0.3	0.3	0.5	0.5	0.5
	爆力(毫升)	350	320	300	250	230
	猛度(毫米)	13	12	11	8	5
	殉爆距离(厘米)	6	5	4	3	2

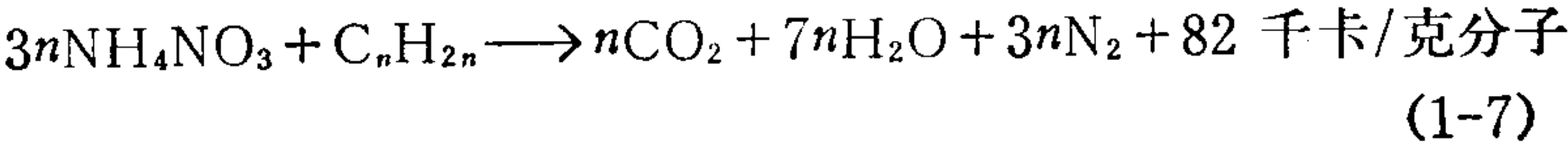
铵梯炸药的安全性好，威力较高，过去曾在冶金矿山爆破工程中大量使用。铵梯炸药的主要缺点是具有吸湿性和结块性，不能用于涌水量大的爆破工作面。特别是铵梯炸药中含有一定量的军工原料梯恩梯，为了避免与军工争原料，近年来铵梯炸药的用量大为减小，而逐渐被铵油炸药、铵松蜡炸药等所代替。

二、铵油炸药

近十余年来，铵油炸药的品种发展很快，已经成为我国冶金矿山采掘爆破工程中用量最大的一种炸药。

1. 铵油炸药的成分 主要成分是硝酸铵和柴油。为了减少炸药的结块性，可加入适量的木粉。

如前所述，硝酸铵是一种弱性炸药，在密闭条件下加热到300°C以上或者强力起爆时，将发生爆炸反应。从公式(1-1)可以看出，其爆热值为28千卡/克分子，而若在此反应中加入柴油C_nH_{2n}一类的碳氢化合物，则既可增加放热量，又能够提供零氧平衡的可能性，达到如下的反应：



铵油炸药就是根据这一原理制成的。目前，国内冶金矿山均采用轻柴油来配制铵油炸药，而很少用其他种油类。这是因为柴油是热值很高（约10000千卡/公斤）的多种烃类的混合物（其分子式以 $C_{16}H_{32}$ 和 $C_{13}H_{20}$ 为代表），而轻柴油则具有比较适合的粘性。在铵油炸药中，柴油为强还原剂。柴油不仅热值比木粉大（因柴油的碳氢元素占99.5%，木粉只占55.8%），而且能与硝酸铵均匀混合，易渗透到硝酸铵颗粒的内部，使颗粒内外的氧平衡值一致，保证爆炸反应完全，有利于提高炸药的爆炸威力。

柴油牌号和质量标准表 1-4

质 量 标 准	轻 柴 油 牌 号					
	0 号	10 号	20 号	-10号	-20号	-35号
十六烷值不小于（%）	50	50	40	50	45	43
灰分不大于（%）	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025	0.025
机械杂质	无	无	无	无	无	无
水分不大于（%）	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	痕迹	无
闪点不低于（℃）	65	65	65	65	65	50
凝固点不低于（℃）	0	+10	+20	-10	-20	-35

柴油牌号及其质量标准列入表 1-4 中。柴油的牌号可根据其粘性、闪点和凝固点来选择。粘性表示被硝酸铵颗粒吸收和保存的能力；闪点表示制备和使用铵油炸药时，引起火灾的危险程度；凝固点则表明制备和使用该炸药的温度限制。通常采用 0 号、-10号或-20号的轻柴油；低温的生产条件宜选用低牌号柴油，以防其凝固。

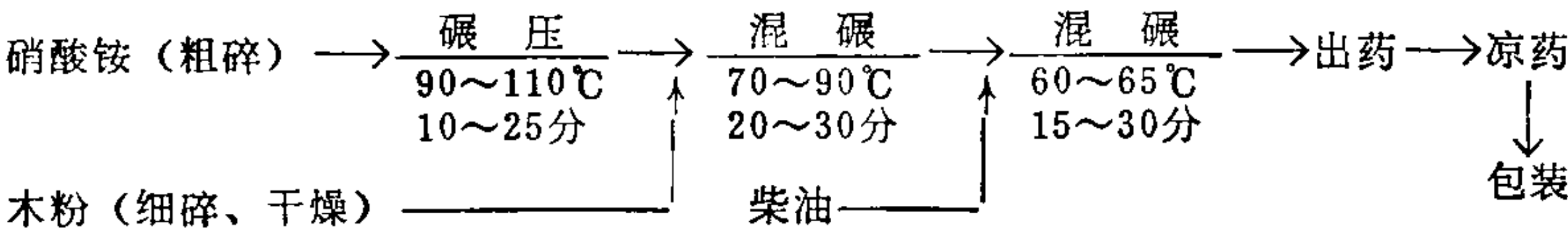
铵油炸药的配比是以零氧平衡为计算根据的。在表 1-5 中列出冶金矿山常用的几种铵油炸药的成分配比及其性能。

2. 铵油炸药的生产工艺 生产铵油炸药应当力求做到“干、细、匀”，即炸药的水分低、粒度小和混合均匀，以保证质量。根据所用原料以及加工条件之不同，各冶金矿山的铵油炸药生产工艺流程亦异。现以细粉状铵油炸药为例，通常采用的生产工艺流程如下：

几种铵油炸药的成分配比与性能

表 1-5

成分与性能		92-4-4细粉 状铵油炸药	100-2-7粗粉 状铵油炸药	露天细粉状 铵油炸药	露天粗粉状 铵油炸药
成分(%)	硝酸铵	92	91.7	89.5±1.5	94.2
	柴油	4	1.9	2.0±0.2	5.8
	木粉	4	6.4	8.5±1.0	—
性能	水分(%)	0.3	0.3	0.5	0.5
	爆力(毫升)	280~310	—	240~280	—
	猛度(毫米)	9~13	8~11	8~10	≥7
	殉爆距离(厘米)	4~7	3~6	≥3	≥2



生产规模大的炸药厂可采用气流式混合工艺，即先将硝酸铵经破碎机破碎后输送到风速25~30米/秒和风温 100~120℃ 的热风管道内进行干燥，再经旋风分离器使干燥的硝酸铵与热风分离，最后在立式混药机中混入定量的木粉和柴油即制成铵油炸药。

生产铵油炸药过程中，必须注意加强防火措施。气流干燥管路应敷设灭火雨淋器，并采用光敏电阻或热敏电阻等来实现对温度的自动控制。生产工房的供热管路及散热器应表面光滑，其上药尘必须及时清扫，切勿堆放杂物，以免蓄积药尘，引起药粉自燃。

3. 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。

(1) 柴油和木粉的含量 实验得出，当柴油和木粉的含量各为4%时，爆速（图1-2）和猛度最高。可见，采用92-4-4配比的铵油炸药是合理的。在轮碾过程和贮存期间，应尽量防止铵油炸药的失油，以保持其最优的含油率。

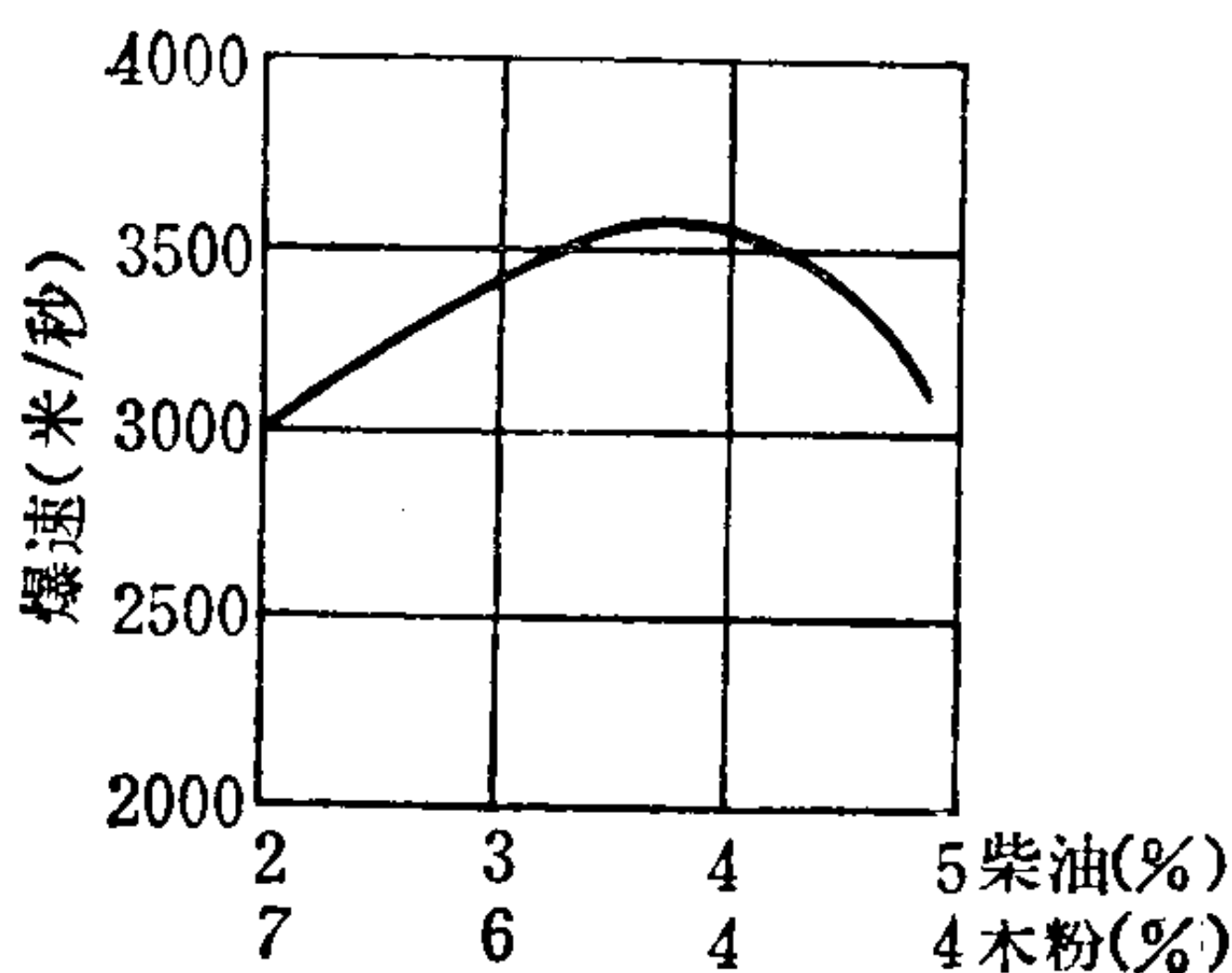


图 1-2 柴油、木粉含量与爆速的关系

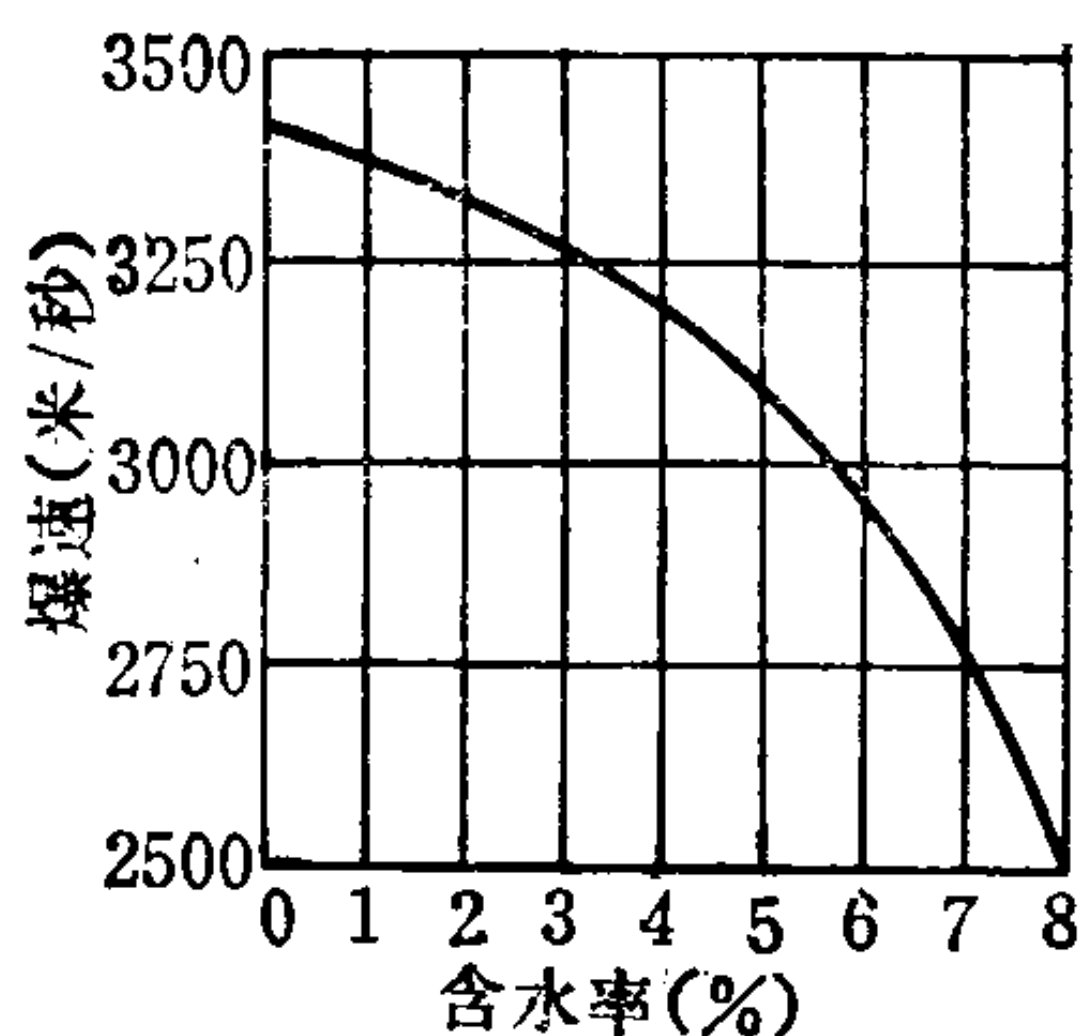


图 1-3 含水率与爆速的关系

(2) 炸药的含水率 随着铵油炸药含水率的升高，爆炸反应产生的热量必然有一部分消耗在水分的汽化上，从而使爆热和爆速下降（图1-3）；另一方面，还使硝酸铵的吸油能力降低（图1-4），并且阻碍柴油与硝酸铵颗粒的紧密接触，不利于爆炸反应的进行。

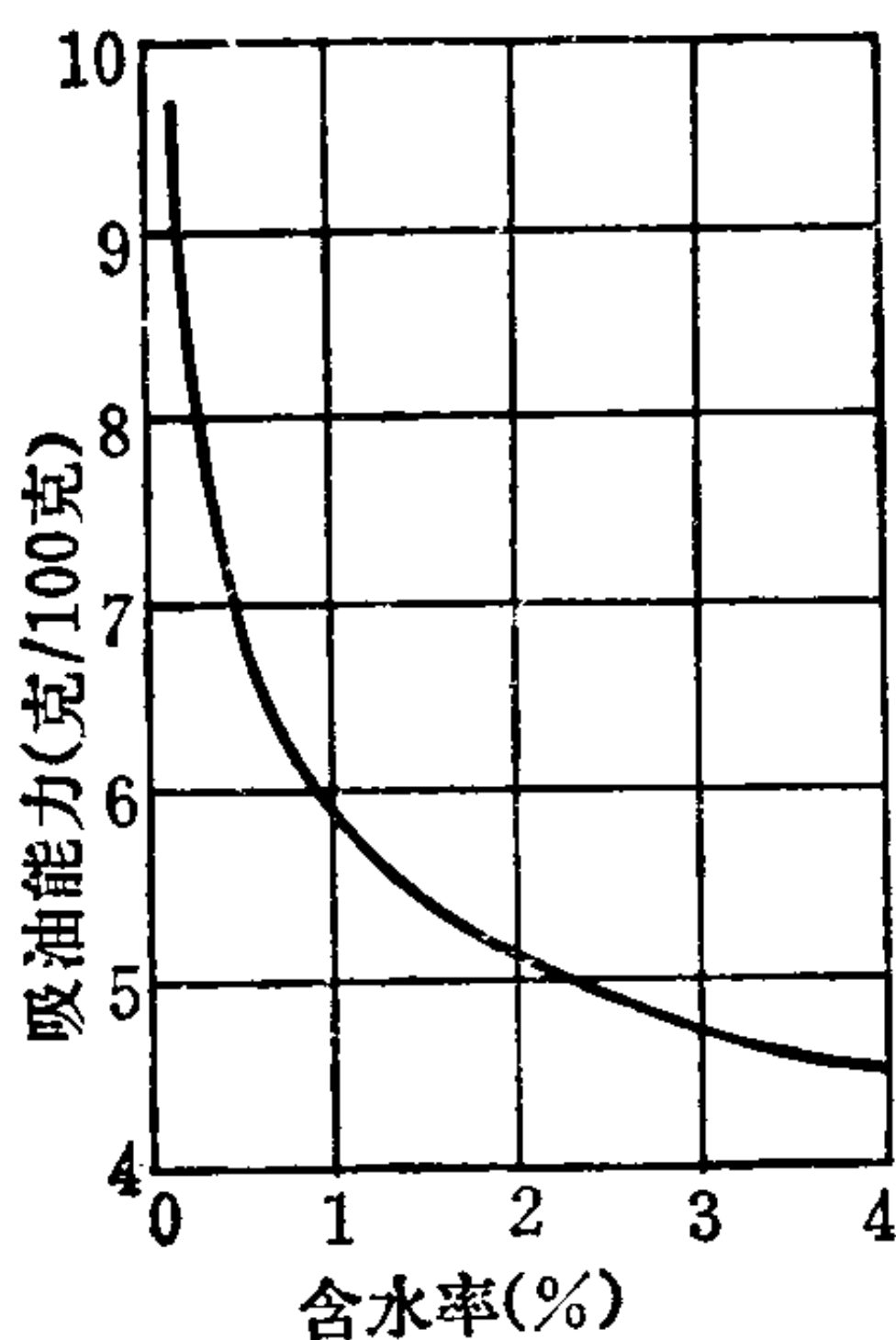


图 1-4 含水率与吸油能力的关系

(3) 硝酸铵的粒度 实验证明，硝酸铵的粒度愈小，它和还原剂的接触面积就愈大，因而使爆炸反应速度增加，有助于提高炸药感度和爆炸性能。铵油炸药粒度对爆速的影响关系如图1-