

The Science  
of  
Industrial Explosives

Melvin A. Cook

工业炸药学

(美) M. A. 库克 著

陈正衡 孙校花 译

冶金工业出版社



# 工业炸药学

〔美〕 M. A. 库克 著

陈正衡 孙姣花 译

煤炭工业出版社

## 内 容 提 要

本书全面总结了当代工业炸药领域的新知识，共十一章。着重介绍了爆生等离子体、爆轰过程及其效应、起爆机理、炸药的感度等方面的最新研究成果；深入阐述了超速撞击、应力波在固、液介质中的行为和破岩机理；还论及地下爆破中炮烟的生成和控制。全书贯穿作者对浆状爆破剂和铵油爆破剂的深入研究。本书取材广泛，图表丰富，立论明晰，实验新颖，被公认为当代工业炸药和工程爆破理论和实践的权威著作，对提高本专业工程技术人员和教师的理论水平和科研素质很有指导作用。

本书可供从事民用、军用爆破器材和爆破工程科研、教学、生产作业和检测的工程技术人员、教师、研究生和大专学生阅读。

责任编辑：王 闻 升

Melvin A. Cook

THE SCIENCE OF INDUSTRIAL EXPLOSIVES

GRAPHIC SERVICE & SUPPLY, INC.

Utah 1974

\* \* \*

工 业 炸 药 学

[美]M.A.库克 著

陈正衡 孙姣花 译

\*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

\*

开本787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub> 印张24

字数564千字 印数1—1,760

1987年6月第1版 1987年6月第1次印刷

书号15035·2818 定价6.40元



## 译者前言

本书作者梅尔文·A·库克教授是含水炸药的发明人，是近代工业炸药领域中最著名的发明家、理论家和实验家之一，曾先后在Du Pont公司和犹他州大学的专业研究室长期从事炸药的基础研究和近代爆破剂的研究，库克一生论著甚丰，成果卓著，他所领导的炸药研究组(ERG)也完成过军事部门诸多研究合同，在炸药理论和应用领域屡有建树。

本书出版于1974年，那时浆状炸药和浆状爆破剂在北美已经进入商业阶段，铵油爆破剂已经占领了大部分炸药市场，由此而产生的现场混装技术正在崛起，露天爆破技术大为改观，破岩机理的研究臻于深化，与此同时，作者领导的炸药研究组，在爆生等离子体、起爆机理和实验技术等方面都取得了重要成果。本书正是这个时代工业炸药理论和实践的全面概括，它与作者1958年出版的《猛炸药学》一起，成了近代炸药书库中两本最权威的著作，举凡此后该领域的重要著述、手册、百科全书和论文的参考文献目录，几乎都有这两本书的位置。

当前，我国工业炸药领域正处在一个新时期的开端，传统的铵梯炸药正逐步让位给含水炸药和铵油爆破剂；由于新起爆器材的出现，露天、井下爆破和控制爆破以令人瞩目的效果出现在爆破现场，但是，由于基础理论研究和检测技术没有跟上，这个技术革命进程的锐气往往受到阻滞。

基于这样的认识，我们竭诚把这本书的汉译本呈献给这个领域的同行，希望能对他们令人钦佩的工作有所助益。

在阅读本书时，请读者注意以下几点：

1. 我国长期将“*high explosives*”译为“猛炸药”，后者原是俄文“*Бризантные взрывчатые вещества*”的汉译。这个俄文术语是英文“*secondary explosives*”（次发炸药）的对等词，是指由起爆药（*primary explosives*）的爆轰而激起爆轰并获得爆破效果的炸药，在迄今我国专业书文中，“猛炸药”一词的概念范围也仅限于此。而英文“*high explosives*”则是指爆炸反应速度超过该爆炸介质中声速的物质，其同义词是“*detonating explosives*”，按这个定义，显然既包括次发炸药，也包括起爆药，它所覆盖的范围比俄文“*Бризантные В.В.*”和当前汉译的“猛炸药”要广，因而将“*high explosives*”也译为“猛炸药”是不确切的，准确的译名应该是“爆轰炸药”或“高速炸药”。

与“*high explosives*”对应的另一大类炸药是“*low explosives*”，亦称“*deflagrating explosives*”，是指爆炸反应以低于该爆炸介质声速的速度传播的炸药，推进剂（包括黑火药，枪炮发射药和火箭推进剂）属于此类，其准确译名应是“爆燃炸药”或“低速炸药”。

不过，在没有正式统一译名之前，在本书中我们只好仍按惯例将“*high explosives*”译作“猛炸药”，但请注意，这个汉译词在本书中使用时所覆盖的范围包括起爆药和次发炸药（当然也包括次发炸药中的工业炸药和爆破剂），即一切以爆轰形式起反应的炸药。

2. 北美和欧洲许多国家，主要从经济角度考虑，为了便于分级管理，目前都把工业炸药按其冲击波起爆感度的高低分为爆破炸药（*blasting explosives*）和爆破剂（*blasting*

agents)两大类。在无约束的条件下,用一个8号试验雷管能起爆而用于爆破者,属于爆破炸药,按炸药对待;在无约束条件下,用一个8号试验雷管不能起爆,而要借助起爆冲量大得多的起爆器(*primer*)或助爆器(*booster*)才能爆轰的含有燃料和氧化剂的混合物,则称为“爆破剂”。本书作者在行文中也采用了这两个有区别的概念。但至今我国仍未明确作此划分,一律以“炸药”名之,因而一向将硝酸铵和燃料油的混合物称为“铵油炸药”,把含水爆炸混合物统称为“浆状炸药”或“乳化炸药”。这是不科学的。本书译文采纳国外和作者的概念,故将ANFO译作“铵油爆破剂”或“铵油”,但在本书中,作者把浆状爆炸混合物又细分为三种:以固体或液体炸药作敏化剂的,称为“*slurry explosives*”,译作“浆状炸药”,凡燃料并非炸药者,称“*slurry blasting agents*”,译作“浆状爆破剂”,而雷管能直接起爆者,称为“*slurry high explosives*”,译为“浆状猛炸药”,泛指时仅用“*Slurry*”一词,相应译作“浆状药”。这种区分法,与爆破剂的严格定义又略有出入,因为含水炸药的进一步发展表明,有些燃料并非炸药的含水爆炸混合物也能被8号雷管起爆。不过作者成书时,行业机构尚未给*blasting agents*明确下定义。为了在译文中作相应的区别,我们也按作者所定的名称(及其内涵和外延)对译。

3. 关于炮烟,英语国家和本书有两个概念,一个是“*fume*”,是炸药爆炸后产生的有毒气体和有害气体的总称,另一个是“*smoke*”,指炸药爆炸后产生的烟尘,即爆炸反应形成的固体产物微粒在空气中的悬浮状态。本书译文将“*fume*”译为“炮烟”,因而是指有毒气体和有害气体的总称,而不是平时肉眼可见的感性认识的放炮后的烟尘。*smoke*在研究炸药时并不重要,在行文中出现频率极低,用“放炮后的烟尘”这样的解说性短语译出。

4. “*strength*”一词在炸药学中是指炸药爆炸时所作理论最大有效功,以往译作“威力”,后来在一些书文中又译为“作功能力”。我们认为,一个检索频率这样高的词总是采用一种释义性的译法,不甚方便,故仍译作“威力”。

5. 本书的人名,除以人名命名的公式、常数,并且已有通译名称外,一律不译;地名除州和已有固定译名的城市外,一般也不译;炸药和其它物品的商品名称或代号也不译,都用原名称写入译文中,目的是便于读者作进一步检索。为简明起见,行文中有时采用极少数英文符号,以代替某一物质、概念或过程。

6. 本书的注释都用序码注出,作者注和译者注都用同形圆码,但后者在注文之末有“译者注”字样。在一些物理量的右上角有\*号不是注释,而是指该变量的临界状态和某种特定状态。

这是一本内容和文笔都相当艰深的学术专著,由于我们水平有限,时间又不很充裕,原书排版错误之处较多,译文中不妥和谬误之处,殷切期待同行专家和广大读者指正。

借此机会,我们向支持和帮助过本书翻译、编辑和出版的同志表示深切的感谢。

译者

1985年7月

## 作者前言

本书着重介绍作者的《猛炸药学》(美国化学学会专题论文单行本第139号)出版以来在猛炸药即爆轰炸药领域里的新知识。虽然当今两种最重要的炸药“铵油”和“浆状药”在那本书里已经介绍过,但那时它们才刚开始进入北美的工业炸药市场。从那以后,这两种炸药不仅在世界市场上,而且在质量、品种和生产使用的简易性方面都取得长足的进展,因而它们在工业炸药最重要的品种中,无论在经济、安全、效能以及生产效率和装孔效率方面都占有巨大的优势。

在这场工业炸药的革命中,作者和他在IRECO公司的同事起了关键的作用。本书着重介绍这方面的贡献。这并不是说,在这期间,其他人在猛炸药科学和工业炸药工艺学方面没有作出大量的贡献,但是,说IRECO公司的科学家领导了这个潮流,看来还是公正的,尤其是在工艺方面。事实上,他们对猛炸药科学的贡献也是重要的,特别要指出的有:爆生等离子体技术已被认为是爆轰机理研究的主要部分;“水槽法”的诞生使得爆轰压力和冲击波压力的准确测量第一次成为可能;还有对起爆机理和猛炸药技术的其他基本领域的贡献。

在某些方面,本书补充了美国化学学会那本专题论文单行本,不过主要是补充我1958年出版那本书以前如果不一无所知也是知之甚少的内容,只是为了进行重要的引伸而保持连续性才作一些必要的重复。尽管这两本书都论及猛炸药技术的广大范围,但远不是全面的。事实上,要全面论述猛炸药技术的所有方面,还得写几本同样篇幅的著作,更不用说要论及气体炸药、蒸汽炸药和粉尘炸药的爆轰和爆炸这个庞大的知识领域了(“猛炸药”这个专门术语仅指凝聚液相和固相的爆轰炸药)。

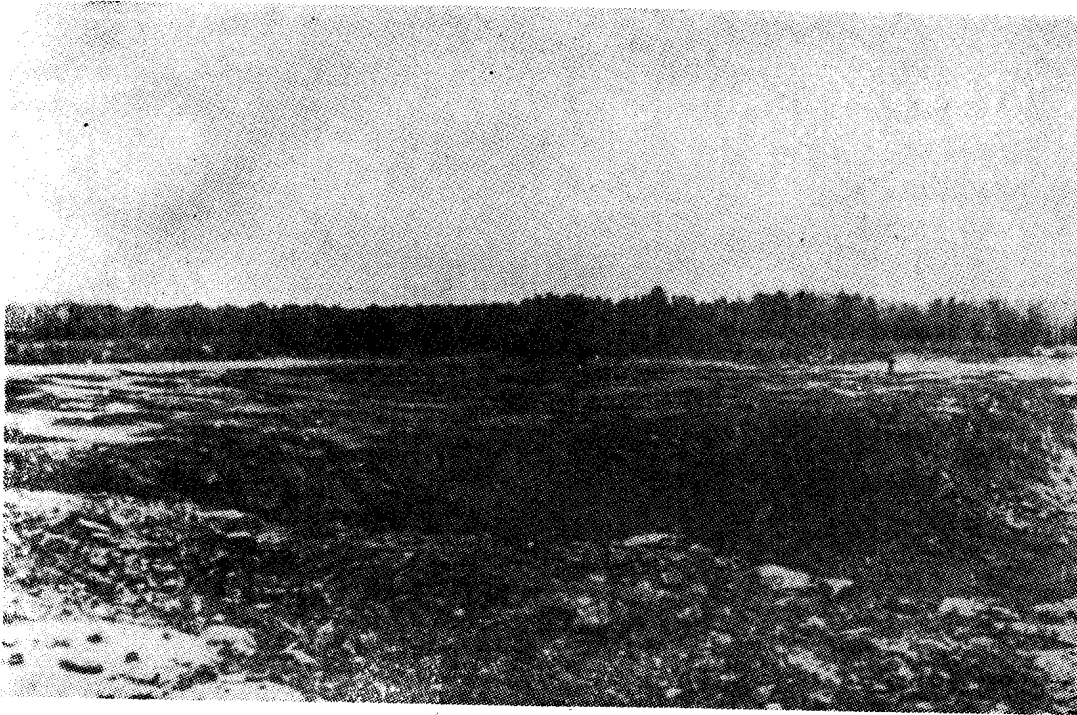
第一章的基本目的是从历史背景的角度把现代工业炸药放在恰当的位置,并根据较早的类型加以分级。随后四章讨论作者和他的同事的主要贡献,这些贡献使人们对于猛炸药,它们的特征、性质和强度(威力和压力)有了更深的理解。这些研究成果,大多数是新颖的,有些则是对爆轰的物理化学的补充。第六章广泛阐述炸药感度的重要内容,目的是希望把这个问题放在更重要的基础上,以便从科学上对付各种危险并使炸药取得最佳的效能。第七章分别介绍浆状炸药和浆状爆破剂的胶体化学,这是工业炸药新纪元中重要的基本理论知识,在此之前在猛炸药技术领域并没有发现这种知识的必要性。

第二章到第七章以浆状药和铵油为重点,论述了猛炸药的物理化学性质,而第八章到第十章则主要讲岩石爆破科学。第八章论述固体的压缩性、撞击负荷、射流和单粒射体的侵彻以及在冲击波和其他极高压力负荷下的有关材料特性。在这一点上,最明显地对1958年那本著作补充了较广泛的内容;本卷增补了猛炸药技术的这些特殊方面的最新内容,同时仍留有一些重要的空白有待于将来的研究去填补。岩石力学和破岩机理分别是第九章和第十章的主题。这些科学才刚开始诞生,几乎所有的进展都是在过去二十年取得的,但还要开拓更多必要的知识领域。幸而,在这个领域里现有的知识,除了纯理论的有效性之外,至少已经将岩石爆破科学置于实用的地位。

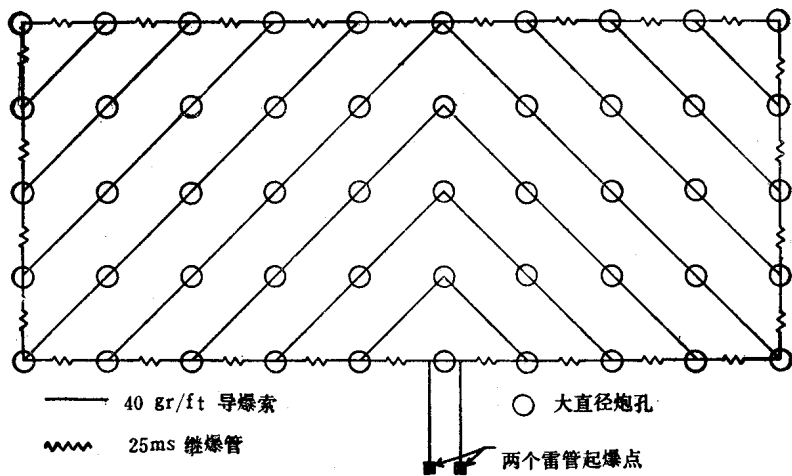
最后，第十一章论及地下爆破中炮烟的重要问题。关于炮烟的理论内容，已纳入1958年那本书的体系，为简明起见，不作重复。本章着重介绍，在科学配制的浆状炸药中，尤其是专为地下爆破使用而设计的雷管能直接起爆的浆状猛炸药中在炮烟方面的根本性改善。事实上，当浆状猛炸药按第十一章所说的原则配制时，其炮烟已近乎完美的程度，即，实际上为零。

——Melvin A. Cook

在MESABI地区用含铝浆状爆破剂进行大爆破

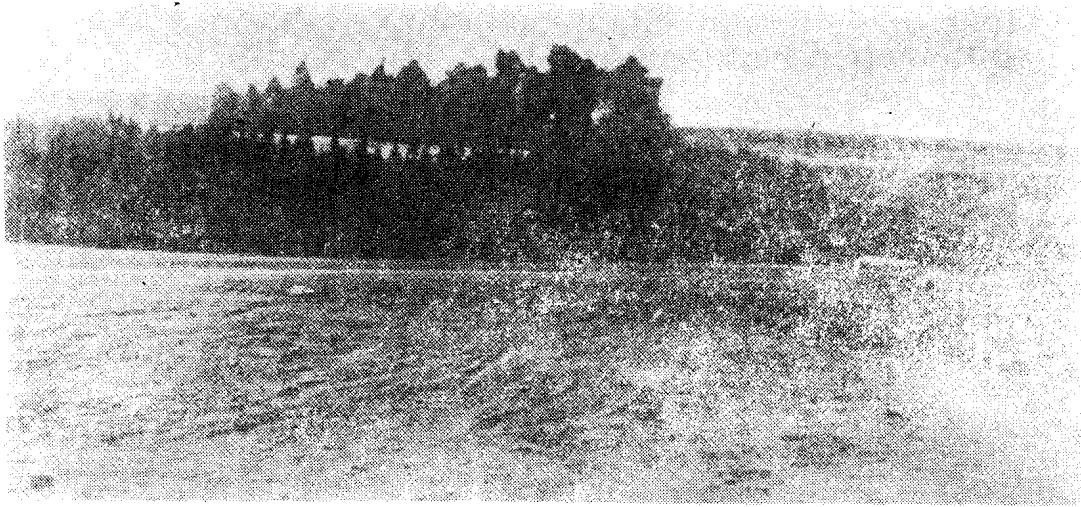


爆破前已装好药的区段  
(每个炮孔可从白袋辨认)

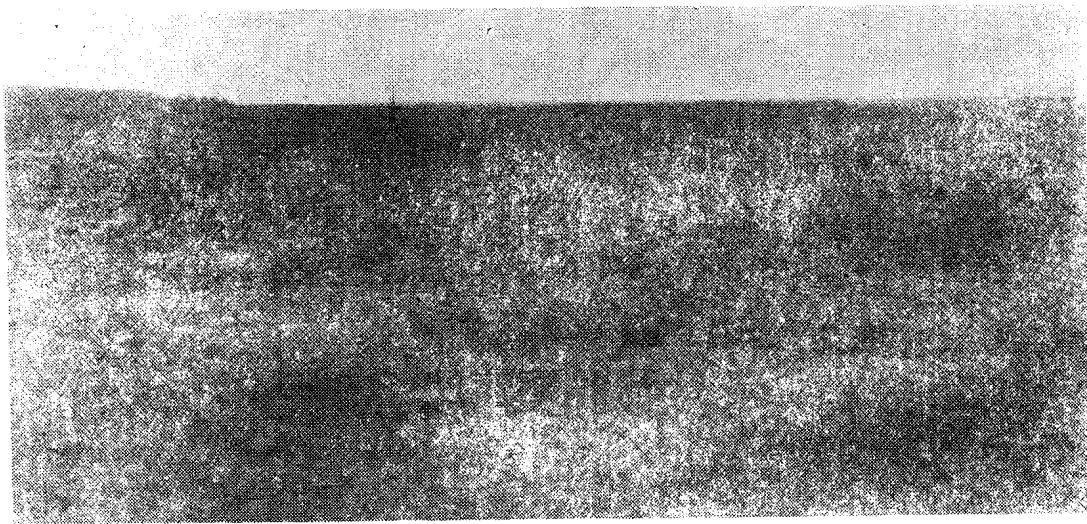


有代表性的延期爆破炮孔布置图

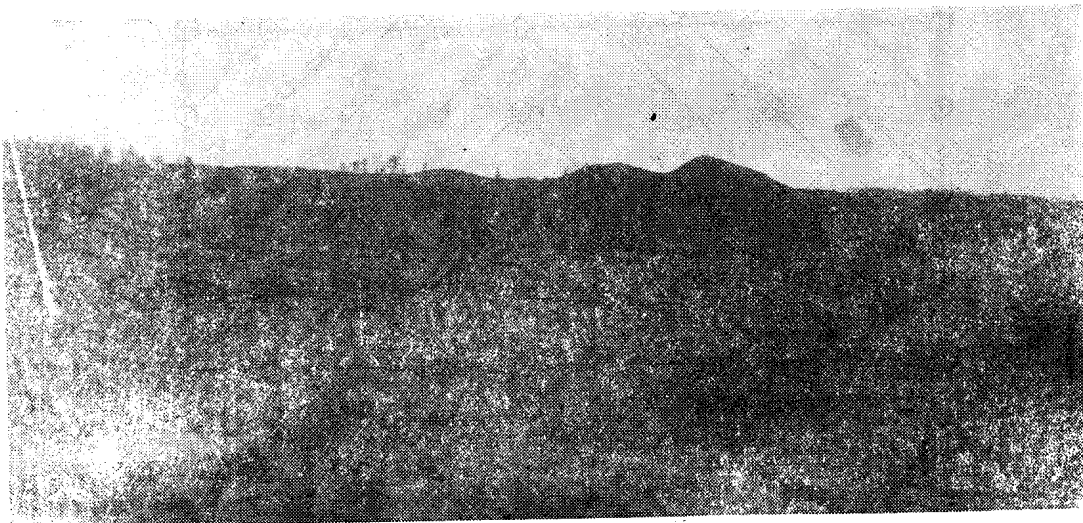




放炮



来自上台阶的被爆落的岩石（“爆堆”）



来自下台阶的被爆落的岩石（“爆堆”）

# 目 录

译者前言

作者前言

第一章 工业猛炸药的新纪元	1
第一节 推向新纪元的发现	1
第二节 工业炸药历史概况	4
第三节 黑火药时代	6
第四节 代那迈特时代	8
第五节 现代爆破剂时代	11
第六节 现代爆破方法	16
第七节 爆破剂用的助爆器	17
第八节 爆破剂散装加工的自动化	17
第二章 等离子体和爆轰机理	23
第一节 爆轰的流体动力学理论	23
第二节 “能量密度”或“化学压力”	25
第三节 爆轰波的电离(等离子体)性质	28
第四节 爆轰时反应区的等离子体特征	44
第五节 爆生等离子体的模式	61
第六节 从爆燃转为爆轰和从冲击转为爆轰	63
第七节 “被捕集的”爆轰-起始波	68
第八节 冲击波作用下水的电离	71
第九节 在气体爆轰中的电离作用	71
第十节 外爆生等离子体压力的测量	71
第三章 起爆的机理	76
第一节 光电导性	76
第二节 叠氮化铅的光电导性	79
第三节 叠氮化铅的电子显微分析	87
第四节 经热处理和化学处理的叠氮化铅的感度	107
第五节 叠氮化铅光电导性、电子显微照相和感度研究的总结	108
第六节 重金属二硝基苯并咪唑	109
第七节 起爆机理	111
第四章 球形爆轰, 球形、圆柱形、片形和夹层形结构的大负荷以及“强大气冲击波”	114
第一节 球形装药中的“爆轰头”	114
第二节 在近距离内的爆炸波特征	116
第三节 大气冲击波中的压力与在空气中传播的等离子体的关系	128
第四节 “强”大气冲击波研究的复核	131
第五节 大气冲击波压力与距离的关系	135

第六节	“强”大气冲击波的正统理论 .....	138
第七节	防爆墙中的爆炸压力和邻近建筑构件的影响 .....	140
第八节	混合的低温浆状药的爆轰压力 .....	142
<b>第五章</b>	<b>猛炸药的爆轰压力、冲击波压力和“威力”的测量</b> .....	<b>152</b>
第一节	能量密度(即压力)及其测量 .....	152
第二节	爆轰波阵面压力( $p_f$ )实测值和爆轰压力( $p_2$ )计算值的关系 .....	157
第三节	借助平板和平面波方法得到的 $p_f/p_2$ “测量值” .....	163
第四节	铵油、铵铝、浆状炸药和浆状爆破剂的最大有效能量即“威力” .....	167
第五节	反应速度对威力的影响 .....	173
第六节	浆状爆破剂的密度控制与威力 .....	176
第七节	含铝浆状爆破剂和含铝铵油的关系 .....	179
第八节	导爆索引索对浆状爆破剂和铵油威力的影响 .....	186
第九节	炮泥对爆破剂威力的影响 .....	193
<b>第六章</b>	<b>猛炸药的感度、敏感性和不安定性</b> .....	<b>197</b>
第一节	敏感性 .....	198
第二节	最小助爆器敏感性与助爆器爆轰压的关系 .....	203
第三节	不安定性 .....	204
第四节	过冲击滤热(SPHF)板感度试验——装备了仪表和经改进的卡片间隙试验 .....	211
第五节	其它感度 .....	220
第六节	硝酸-燃料干混合物的感度、敏感性和不安定性 .....	223
第七节	浆状药的感度和不安定性 .....	225
<b>第七章</b>	<b>浆状炸药的物理化学和胶体化学</b> .....	<b>234</b>
第一节	未增稠的-增稠的-交联的浆状药 .....	234
第二节	浆状炸药和浆状爆破剂的密度控制 .....	243
第三节	液体炸药的爆轰机理——浆状药技术的先决条件 .....	246
第四节	浆状炸药和浆状爆破剂爆轰的化学反应机理 .....	255
<b>第八章</b>	<b>超速撞击和侵彻</b> .....	<b>258</b>
第一节	在透明材料中侵彻的分幅摄影研究 .....	258
第二节	在金属和透明液体中的侵彻和“漏斗”膨胀速度 .....	258
第三节	在粒状材料中形成撞击漏斗 .....	266
第四节	高速撞击在金属靶时的蒸发 .....	270
第五节	在高压下固体和液体的可压缩性 .....	279
<b>第九章</b>	<b>在液体和固体中应力波的形成、传播和行为</b> .....	<b>289</b>
第一节	在液体和固体中应力波的传播 .....	290
第二节	固体的经验性质 .....	295
第三节	对透明固体施加撞击负荷的研究 .....	299
<b>第十章</b>	<b>硬岩爆破机理</b> .....	<b>316</b>
第一节	在岩石中爆炸波的性质 .....	316
第二节	爆破问题的几个因素和现有的理论 .....	321
第三节	冲击波模式(即漏斗模式) .....	322
第四节	在自由表面观测到的阶梯速度作用 .....	328
第五节	最大应变与炸药能量的关系 .....	329

第六节	岩石破碎的径向破裂理论 .....	330
第七节	岩石爆破的能量理论 .....	336
第八节	岩石预裂 .....	346
<b>第十一章</b>	<b>地下爆破的炮烟 .....</b>	<b>350</b>
第一节	作为“炮烟”的一氧化碳和氮氧化物的相对重要性 .....	350
第二节	铵油炮烟的性质 .....	354
第三节	浆状炸药和浆状爆破剂的炮烟性质 .....	357
<b>附录</b>	<b>本书使用的符号、代号、缩写汇总 .....</b>	<b>367</b>



# 第一章 工业猛炸药的新纪元

## 第一节 推向新纪元的发现

最近有两类称为爆破剂的工业猛炸药，即干爆破剂和浆状爆破剂，在特性、使用方式和经济效果方面都给工业炸药带来了革命。浆状爆破剂的用途较广，但干爆破剂铵油的价格较低廉，虽然未必更经济。两者都适于用前所未有的生产速度和安全性连续地、高容量地进行机械化散装混制和输送。

### 一、多孔粒状硝酸铵

干爆破剂铵油虽有独特之处，但性能不易改变。其最大优点是成本低，易于制造和使用；缺点是抗水性差，密度、“容积威力”、爆速和爆压都低。但其优点足以抵偿其缺陷，所以当前铵油的用量比其他工业炸药的总和还要大。

铵油是粒状硝酸铵和燃料油的简单混合物，混合比为94/6，接近氧平衡。单是粒状硝酸铵的爆炸热为0.35kcal/g，而氧平衡的铵油则为0.89kcal/g，这都是6%燃料油所起的重要作用。

铵油并不是什么新东西，早在十九世纪六十年代，当猛炸药开始登上工业爆破舞台时，人们就认识了这种爆破剂。在本世纪三十年代初，则以罐装爆破剂“Nitramon”广为应用。铵油的新颖和独特之处，在于它的主要成分多孔粒状硝酸铵。铵油的独特性和巨大的工业重要性是由于这些粒子的物理特性产生的，粒子的有效孔隙率约0.07cm<sup>3</sup>/g，无效孔隙率则两倍于此数<sup>①</sup>。前者正好用于准确吸收达到最佳威力（即接近零氧平衡）所需的燃料油，而后者则使铵油有足够低的密度，使其在适当起爆时，以理想的效果爆轰。有趣的是，正是致力于降低作肥料用的粒状硝酸铵的制造成本，导致了它在铵油中的巨大优越性。大约1945年以前，用硝酸铵分散塔从分布板分散出水含量降到最低限度的粒子，生产出无孔隙高密度的粒子。为了降低成本，增加生产能力，改进粒子的流散性，将粒子水分的容许量提高，这样，通过分散喷嘴形成颗粒以后，更确切地说在形成颗粒期间，粒子失去其水分，形成了具有高孔隙率的粒子。一开始，炸药专家还是宁愿用无孔的干粒子做炸药，而不愿用多孔粒子，因为后者的水含量高于规格要求，而且密度低。但是，大约十年以后，作为优良爆破剂的主要成分，多孔粒状硝酸铵的优点就得到了公认。1947年4月得克萨斯城的大事故是造成这项重大发现的真正原因，但专家们却没有受到什么启发，而是炸药使用者利用了得克萨斯城的惨痛经验。随着专家们认识了燃料对硝酸铵的敏化作用和大量积累了铵油的制造经验，他们才慢慢承认了这种爆破剂的独特性，然而在炸药使用者的心目中，却念念不忘得克萨斯城的故事导致了一种新爆破剂的诞生，其生产率和廉价是前所未有的。因而，由于炸药专家的冷漠和自产自用户的热情，使得后者在一位学院教授无偿

<sup>①</sup>有效孔隙率是指不溶解硝酸铵的流体可以贯穿的孔隙率；无效孔隙率是将空气捕集封锁在粒子内部，不溶性流体无法贯穿的孔隙率。

的帮助下，跃居炸药工业的行列之中，专家们只是坐等和满心期待这些炸药自产自用者的铵油企业会很快失败，待到他们最后认识到这些企业并没有失败的时候，他们已经无所作为，因为为时已晚。

铵油取得成功的关键，是在1956年末当那位学院教授向自产自用者解释了氧平衡对威力和感度的重要性的时候。早先他们甚至试过不加油的粒子，但由于偶然的差错把油弄到粒子上而发现了它的好处，尽管当时他们不大注意该给粒子加多少油。突然间，在懂得了94/6是合适的组成之后，铵油就全面登上专搞自产自用炸药的舞台。

## 二、浆状药的发明

大约在自产自用者懂得了氧平衡对威力和感度的关系的基本原理的同时，有人决定更深地“撬开学院教授的脑袋”，以期把自产自用的范围扩展到铵油无法应用的湿炮孔和有水炮孔中，在这次“集思广益”的会议上，提出三项基本的具有工业重要意义的概念：

1. “假如你不能克服它，就把它结合进来”。
2. 以形成浆液所需的最少数量把“它”（即水）结合进去，更多水进入炸药的额外驱动力就会很小或不存在，从而得到良好的抗水性。
3. 由于铝和水的反应是强放热反应，用铝敏化的硝铵浆液，只要其水不过量，硝铵仍然是其中的主要组分和供氧者，这种浆液也许是可以爆轰的。

Cook和Farnam关于浆状药的概念被证明是十分成功的，归纳为两项基本的专利：美国专利2930685号（1960年3月）和 国专利3121036号（1964年2月），后者于同年末再次公布（重新颁布专利25695号，1964年12月）。这两项专利还披露了另外两种使人觉得新奇的现象，而这是在附带的实验研究发现的，其一（包含在685号专利中），粗粒梯恩梯的敏化效果比粉状梯恩梯好得多（图1-1）；其二（包含在695号专利中），硝铵-铝-水混合物

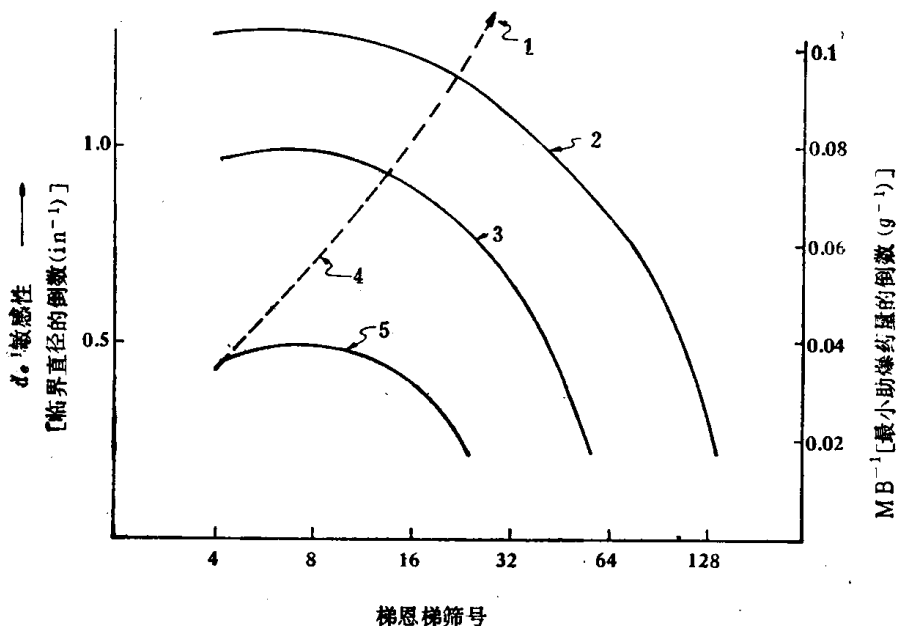


图 1-1 硝铵/梯恩梯/水（15%）浆状药中敏感性和梯恩梯颗粒大小的关系（近似标度）

1—在64目达到 $d_0^{-1} = 4$ ；2—含50%梯恩梯的浆状炸药；3—含30%梯恩梯的浆状炸药；4—干梯恩梯；5—含20%梯恩梯的浆状炸药

(无须成浆状)，只要水含量保持在大约10~12%以下，则比相同数量的硝酸铵和铝组成的干混合物更敏感(图1-2)。这两项附带的发现都与以前的经验和概念相矛盾。提到粗粒梯恩梯的效果，以往都认为，感度随着固体敏化剂的表面积的增加而提高，或者说随着颗粒尺寸的增大而降低。至于说到水的敏化作用，这种建议不过是对“保持火药干燥”这句格言粗暴的故意冒犯。

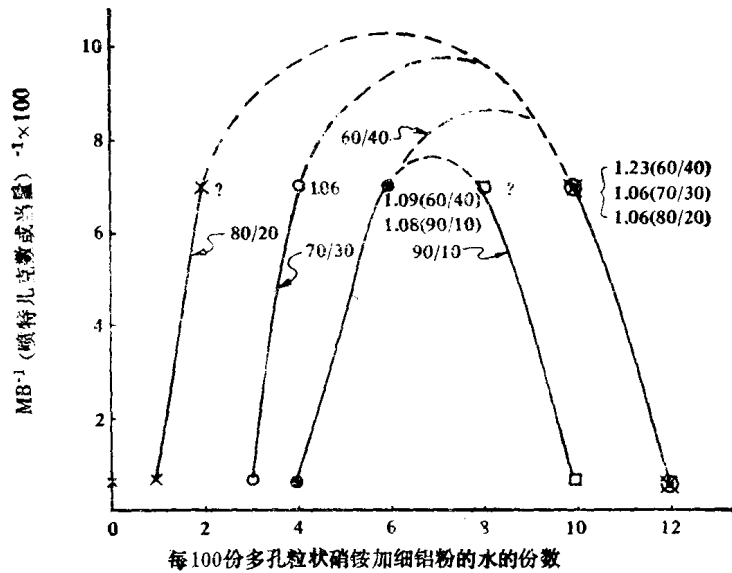


图 1-2 最小助爆器敏感性(4in直径)和水含量的关系(据Cook和Farnam的重新颁布专利25695号表1推测)。图中每一点的数字表示密度(g/cm<sup>3</sup>)，问号“?”表示没有给出密度

这两项重要发现的理论基础尽管有一段时间还搞不大清楚，而且相当复杂，但却立即成功地予以应用。

### 三、浆状爆破剂的助爆

爆破剂的特点是感度低，需要很强的助爆。在浆状药取得成功的过程中，在优选助爆器的效能时，认识到高压(或高“猛度”)的重要性，这个因素几乎同别的因素一样重要，正是由于这个原因，发明者研究铸装 Pentolite 助爆器和其他高压助爆器，从而避免了采用效能较低的助爆器时无疑会产生的大量问题。事实上，有的人用不够强的助爆，就失败了，例如Hradel和Staad<sup>[9]</sup>用成型装药射流去起爆AN-Al-H<sub>2</sub>O混合物[他们还用了非敏化级的铝(R12120)]，只得出否定这种混合物的结果，但他们用所谓“实际能量减缩比”(图1-3)的诡辩却把鉴定人说服了，其实这位鉴定人就不明白所谓“实际能量减缩比”根本就什么问题也说明不了。97/3的硝酸铵/水之所以比他们的任何AN-Al-H<sub>2</sub>O混合物都要强，还因为后者没有一种是均质的浆状药，除了是低密度的粒状混合物，就是硝酸铵水溶液浮在上边、浆状药混在下边的不均质混合物。

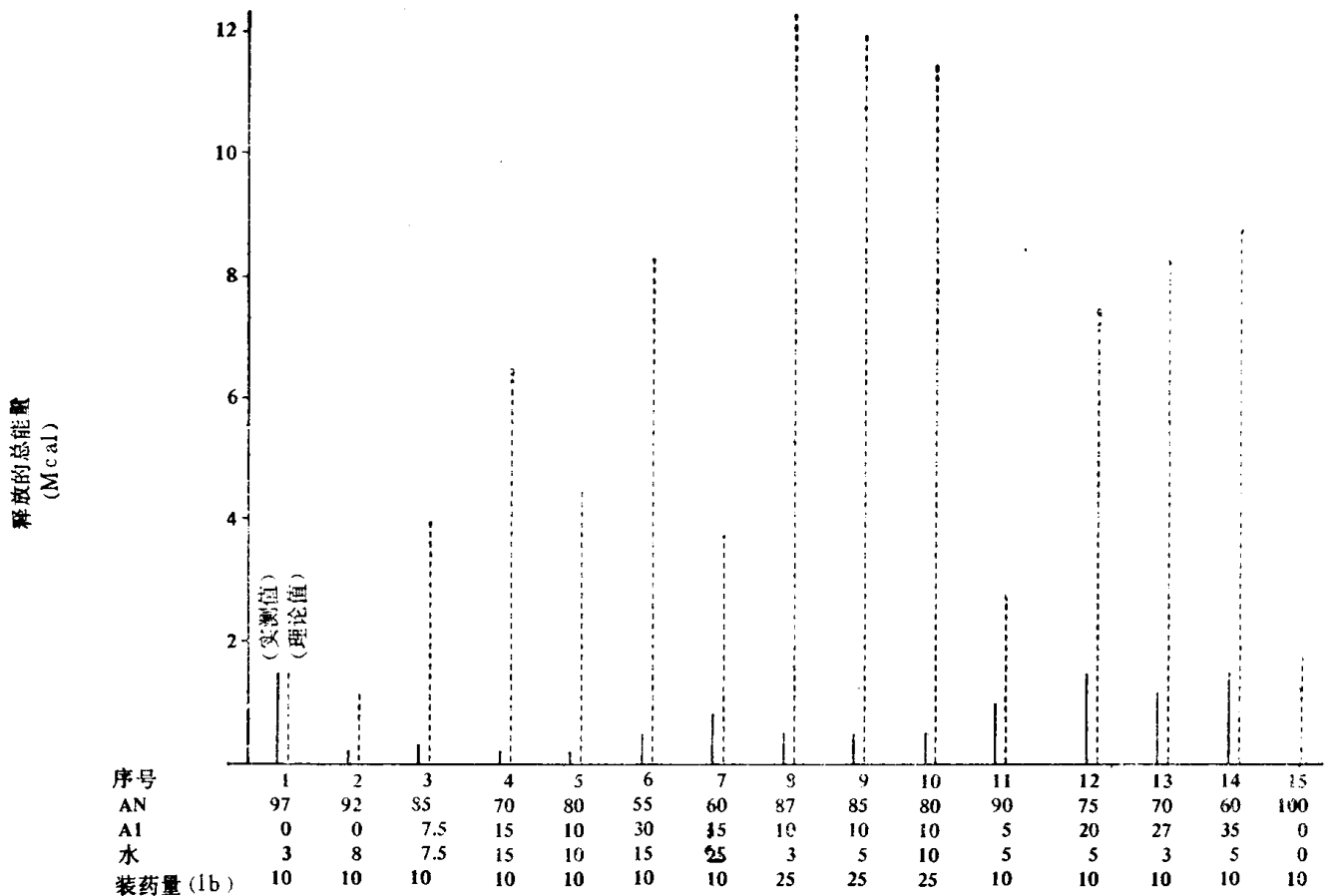


图 1-3 Hradel和Staadl的所谓含铝浆状爆破剂的“实际能量减缩比”（美国专利 3620250号，1971年12月）

## 第二节 工业炸药历史概况

按编年顺序，炸药历史的主要发展总结如下：

1. 黑火药：可能在公元十二世纪以前在中国发明（前400年只用于军事，从那以后直至约1930年用于军事和工业）。
2. 雷汞：1800年由Howard发现。
3. 硝化甘油：1845年由Sobrero发现。
4. 硝化纤维素：1846年由Schoenbein发现。
5. 代那迈特和“普通”雷管：十九世纪六十年代由Alfred B. Nobel发明。
6. 爆轰的发现：
  - 1) 在气体中的爆轰是在1881年分别由Berthelot和 Vieille, Mallard 和 Lechatelier发现的。
  - 2) 凝聚（猛）炸药的爆轰可能是在最先合成猛炸药近100年以后和Nobel的发明三、四十年以后，大约在本世纪初认识到的。
7. 有历史纪录的最大爆炸，是1883年的Krakatoa大爆炸（可能达最大氢弹的1000倍），同样地，甚至可能比Krakatoa的爆炸大三倍的一次更大的爆炸摧毁了公元前约1570年地中海的Minoan和Cretian文明（见《全国地理》1972年5月，702~726页），这次巨大



的“Thera”爆炸只在“写于岩石中的历史”上有纪录，有32mile<sup>2</sup>的土地被抹掉，而Kra-katoa爆炸只抹掉大约8mile<sup>2</sup>。在Kra-katoa那次历史性的爆炸中，36000人突然丧生，“Thera”爆炸死的人还要多。

#### 8. 枪发射药：

- 1) 黑火药，除导火索和特殊用途，大约在1930年以后就不再用作枪发射药；
- 2) 无烟火药，约1900年研制成功供枪炮使用。

9. 电雷管、“Primacord”和“Cordeau”（导爆索）：电雷管和Cordeau在1900年前后大批生产，Primacord则在本世纪三十年代才大批生产。

10. 起爆不敏感的次发炸药的助爆器：1923年由Naoum，三十年代由Woodbury和Kirst发明。

#### 11. 发明最早的爆破剂“硝基碳硝酸盐”（Nitro-Carbo-Nitrates）：

- 1) “Nitramon”，1931年由Kirst、Woodbury和McCoy发明；
- 2) “Nitramon A”，1938年由本书作者发明。

12. 毫秒延期“岩石控制爆破”和毫秒延期电雷管：Atlas火药公司，1945年。

#### 13. 成型装药：

- 1) Monroe和Neumann效应（十九世纪九十年代至1913年）；
- 2) Bazooka-Mohaupt反坦克火箭筒，约1942年；
- 3) Du Pont公司和NDRC的研究，1942~1945年；
- 4) “射流冲孔器”（“jet perforators”），Du Pont公司于第二次世界大战后。

#### 14. 原子炸药：

- 1) 核裂变，美国，1944年；
- 2) 核聚变，美国，1945年；
- 3) 广岛和长崎的毁灭，1945年8月，原子爆炸。

15. 进一步完善代那迈特和不含硝化甘油、硝铵含量高、雷管能直接起爆的炸药类型的研究和生产，1930~1950年。

16. 军用猛炸药（梯恩梯、黑索金、含梯恩梯的混合猛炸药、喷特儿、Pentolite、Halite、特屈儿、塑性炸药和含铝炸药）：基本上都在第二次世界大战、梯恩梯则是在第一次世界大战以前研究和大量生产。

#### 17. 现代爆破剂：

- 1) 肥料级硝铵爆炸，在得克萨斯城、布列斯特和黑海，1947年；
- 2) 铵油，在Mesabi和Michigan铁矿区，始于Cleveland-Cliffs采矿公司，1955年；
- 3) 浆状炸药，Cook和Farnam（含梯恩梯和含铝浆状药，美国专利2930685号，1960年；重新颁布专利25695号，1964年），1956~1957年；
- 4) 不含铝的燃料敏化的浆状药，IRECO公司，1963年。

#### 18. 爆破剂的现场散装处理、混制和装填：

##### 1) 铵油

(1) 在加拿大铁矿公司（IOCC）和加拿大工业有限公司（CIL）最先使用，由Farnam、Gallagher发明，1958年；

(2) Amerind混装车，是在IOCC和CIL研究的基础上研制成功的，1960年。