

爆破施工实用技术

杨旭升 孙 晖 孙俊鹏 王明林 编著



東北大學出版社
Northeastern University Press

爆破施工实用技术

杨旭升 孙 晖 孙俊鹏 王明林 编著

东北大学出版社

• 沈 阳 •

© 杨旭升 孙 晖 孙俊鹏 王明林 2007

图书在版编目 (CIP) 数据

爆破施工实用技术 / 杨旭升, 孙晖, 孙俊鹏, 王明林编著. —
沈阳: 东北大学出版社, 2007.5

ISBN 978-7-81102-382-4

I. 爆… II. ①杨… ②孙… ③孙… ④王… III. 爆破施工
IV. TB41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 057011 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress.com

http: // www. neupress. com

印 刷 者: 沈阳市北陵印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 140mm × 203mm

印 张: 7.125

印 数: 1~10050 册

字 数: 222 千字

出版时间: 2007 年 5 月第 1 版

印刷时间: 2007 年 5 月第 1 次印刷

编稿编辑: 郭爱民

责任编辑: 张德喜

封面设计: 唐敏智

责任校对: 德 义

责任出版: 杨华宁

ISBN 978-7-81102-382-4

定 价: 28.60 元

《爆破施工实用技术》编委会

主 任 王明林

委 员 (按姓氏笔画排序)

王明林 王起新 孙 晖 孙俊鹏

刘 杰 刘志伟 何庆志 李进刚

李成俊 李桂臣 杨旭升 杨晓东

张宏伟 徐海君 戴显超 蔡 伟

前 言

为了配合学习贯彻新的《民用爆炸物品安全管理条例》，有效执行辽宁省限制使用火雷管起爆法，倡导推广中深孔先进爆破技术的要求，根据爆破作业人员安全技术考核标准和爆破作业人员统一培训教学大纲，辽宁省工程爆破协会组织编写了《爆破施工实用技术》教材。本书的主要内容有：爆破器材，露天台阶爆破技术，爆破安全技术。为了便于学员学习，本书每章节后都附有复习思考题和部分工程爆破实例。

本书是爆破作业人员统一培训教材之一，主要面向爆破员、安全员、爆破工程技术人员和爆破监理工程师，也可供爆破科研、设计单位和安全管理部门有关人员参考。

辽宁省工程爆破协会组织国内十余位知名专家参加了本书的编写工作。具体分工如下：杨旭升编写第1章1.2和1.3节，第2章2.1和2.3节，第3章3.3、3.4和3.7节；孙晖编写第1章1.3.2节，第2章2.2.1和2.3.4节，第3章3.2和3.6节；孙俊鹏编写第2章2.1.3和2.2节，第3章3.5和3.7.4节；李桂臣编写第1章1.1和1.2.3节，第2章2.3.2和2.3.3节，第3章3.2.1和3.2.2节；王明林编写绪论，第1章1.1.1、1.3.1和1.3.3节，第2

章 2.3.1 节, 第 3 章 3.1、3.6.2 和 3.8 节。全部书稿最后由王明林统编和审定。

在本书的编写和出版过程中, 辽宁省工程爆破协会专业委员会、一些省市公安机关安全管理部门的领导和专家参加了审稿, 并对本书的定稿提出了宝贵的意见; 李桂臣、李成俊、何庆志、郭爱民为本书的统稿和编辑做了大量工作, 付出了辛勤劳动; 东北大学出版社有关领导和同志精心编审、争分夺秒, 在最短的时间内出版了这本书。这里, 谨向上述领导、专家和朋友表示衷心的感谢。

由于编写水平所限, 加之时间紧迫, 书中难免会有疏漏和谬误之处, 诚望爆破界同仁不吝赐教。

王明林

2007 年 4 月

目 录

绪 论	1
1 爆破基本知识	4
1.1 爆破器材	4
1.1.1 炸药分类	4
1.1.2 常用工业炸药	5
1.1.3 起爆器材	17
1.2 导爆管起爆法	26
1.2.1 导爆管	26
1.2.2 导爆管雷管	27
1.2.3 导爆管起爆系统	29
1.2.4 导爆管起爆网路	31
1.3 导爆管起爆网路施工技术	34
1.3.1 导爆管起爆网路设计原则	34
1.3.2 导爆管起爆网路的施工技术	34
1.3.3 导爆管起爆网路实例	36
2 露天炮孔爆破技术	39
2.1 露天浅孔台阶爆破	39
2.1.1 浅孔台阶爆破的主要参数	40
2.1.2 孤石爆破	41

2.1.3 沟槽爆破·····	41
2.2 露天深孔台阶爆破·····	42
2.2.1 深孔台阶爆破·····	42
2.3 毫秒爆破·····	55
2.3.1 毫秒爆破的优点·····	55
2.3.2 毫秒爆破作用原理·····	55
2.3.3 毫秒爆破间隔时间的确定及控制·····	56
2.3.4 毫秒爆破的应用·····	57
3 爆破安全技术·····	61
3.1 爆破安全基本概念·····	61
3.1.1 爆破公害分类·····	61
3.1.2 爆破公害的影响因素·····	63
3.2 爆破地震效应·····	64
3.2.1 爆破地震波的产生与主要特征·····	64
3.2.2 爆破地震强度的预报·····	65
3.2.3 爆破振动安全标准·····	66
3.2.4 降低爆破地震效应的措施·····	67
3.3 爆破空气冲击波·····	70
3.3.1 空气冲击波的产生和传播·····	70
3.3.2 爆破空气冲击波的破坏判据及安全允许距离·····	72
3.3.3 水中冲击波及其安全允许距离·····	73
3.3.4 降低爆破空气冲击波的主要措施·····	76
3.4 爆破堆积体与个别飞散物·····	78
3.4.1 爆破堆积体范围的预测·····	78
3.4.2 爆破个别飞散物的安全允许距离·····	80
3.4.3 爆破个别飞散物的控制和防护·····	82
3.5 爆破对围岩体稳定性的影响与对策·····	84
3.5.1 爆破对岩体破坏范围的划分·····	84

3.5.2 减少爆破对围岩稳定性影响的对策·····	85
3.6 爆破对环境的影响与控制·····	86
3.6.1 爆破产生的有害气体及其预防·····	86
3.6.2 爆破粉尘及其控制·····	88
3.6.3 爆破产生的噪声及其控制·····	91
3.6.4 爆破与水土保持·····	92
3.7 爆破事故的预防与应急预案·····	93
3.7.1 早爆产生的原因及预防·····	94
3.7.2 迟爆及其预防·····	96
3.7.3 盲炮及其处理·····	98
3.7.4 爆破事故应急预案·····	100
3.8 工程爆破安全管理·····	101
3.8.1 工程爆破分级管理·····	102
3.8.2 爆破安全评估·····	103
3.8.3 爆破安全监理·····	104
复习思考题·····	107
附录 爆破安全规程·····	109
中华人民共和国公共安全行业标准·····	210

绪 论

爆破是利用炸药能量使周围介质破碎或变形的作业。爆破工程历史悠久，至今仍是破碎矿岩等固体介质最有效的手段。随着凿岩新设备和新技术的应用，爆破器材新品种、高精度产品的发展和技术进步，有力地推动了爆破技术的发展与创新，扩大了爆破技术的应用领域和规模。目前，爆破技术已广泛地应用于矿业、水利水电、交通、建材、石油、化工、机电、农林、国防及市政建设等各个领域，在国民经济建设中具有重要作用。

诚然，爆破方法的高效性、经济性和可控性，拓宽了爆破技术应用领域，促进了导爆管起爆系统、逐孔爆破技术、精细爆破控制技术、微差爆破技术等爆破技术的进步和爆破规模的扩大，也使爆破技术在一些领域得到了拓展，许多小矿山、采石场和爆破公司，似雨后春笋般争先破土而立出。据统计，辽宁省各式各样的涉爆企业有 3000 多家，爆破从业人员 60000 多人。调查显示，大多数小型爆破企业负责人（或业主）的爆破技术知识匮乏；爆破工程技术人员不足，个别企业甚至没有爆破工程技术人员；采取的爆破工艺、技术方法原始落后，或爆破设计施工方案不当；炸药能量利用率低，或影响、污染环境质量和安全；一些地区对爆破从业人员缺乏规范的培训考核，爆破安全生产状态欠佳，爆破事故或涉爆纠纷事件增多，影响社会和谐安定。

科学技术的进步，必将促进爆破技术的迅速发展。根据我国爆破技术创新发展战略，应加强爆破作用过程的控制技术，提高炸药能量利用率，降低爆破公害效应，加强生态环境保护的研究，要进一步研究爆破理论和模拟技术，以指导工程爆破实践。

实际上，为了寻求高效、优质、安全和经济的爆破新方法，提

高爆破技术与创新能力,国家高度重视爆破技术和安全技术的发展与创新。2007年国务院令 第466号《民用爆炸物品安全管理条例》、中华人民共和国国家标准 GB 6722—2003《爆破安全规程》、《爆破作业人员安全技术等级考核标准》、《爆破作业分级管理办法》和辽宁省公安厅公治[2006]286号转发公安部关于贯彻执行《民用爆炸物品安全管理条例》有关问题的通知等技术标准、法规文件,提供了爆破器材和爆破技术的创新空间,对于提高爆破作业人员的技术素质和安全意识、标准爆破操作行为、规范行政许可制度、保证爆破安全起到了重要作用。

辽宁是工业强省。为了推动爆破技术的进步,在振兴东北老工业基地建设中贡献力量,在爆破领域积极推广先进技术,应努力提高爆破作业人员的技术素质,加强爆破安全的科学管理。结合爆破行业实际情况,应加强以下几方面工作。

(1) 提高爆破作业人员技术素质。针对爆破作业人员技术素质参差不齐、安全意识薄弱的情况,应科学、规范地分别对爆破员、安全员、保管员和库管员进行爆破基本知识、基本技术和基本经验的培训考核,不断提高他们的技术水平、标准操作方法和加强安全意识。

(2) 建立健全安全管理制度。鉴于目前爆破企业杂、乱、散的现状,爆破主管部门或爆破行业协会应加强对爆破企业单位的组织建设和行业管理:一是要标准化、规范化地建立健全爆破企业组织机构和安全管理体制,落实组织机构与人员建设;二是要加强企业法人的法制与爆破技能培训考核。

(3) 加强爆破技术与创新。创新是爆破技术发展的不竭动力。爆破企业要树立科技创新的观念,鼓励支持和倡导爆破工程技术人员积极进行创新研究,推广新技术、新方法,改进爆破施工操作技术和方法,以改善爆破效果。为了保证爆破安全,目前,在爆破行业内推广导爆管起爆法、中深孔爆破技术和炸药混装车技术,停止使用火雷管起爆法,鼓励使用导爆管起爆系统,以深孔爆破技术取

代古老的药壶爆破方法。为此，爆破行业协会应主动积极地协同有关方面，开展先进爆破技术的推广、示范活动；贯彻“安全第一，预防为主”的基本方针，提高企业经济效益。

(4) 加强爆破安全的科学监督管理机制。依照国家法规和工程爆破分级的等级，各级爆破企业应按其资级进行爆破作业。爆破安全管理部门，按照《民用爆炸物品管理条例》《安全生产许可证条例》实施许可和审核，标准爆破操作规范，按技术操作规程实施爆破作业。对违章违规作业人员，应实施经济制裁或降低他们的爆破资格等级；造成严重爆破事故的爆破作业人员，应吊销其爆破资格或受到法律制裁。

“安全第一”是爆破工作的基本方针，是实施工程爆破作业的前提条件。高效、优质和经济是工程爆破的中心。知识就是力量，知识就是财富。技术培训教育是提高爆破作业人员素质的基本方法。先进的爆破技术与方法，是获得优良爆破效果与安全的基本保证。为推动爆破技术进步和爆破行业的发展，为振兴东北老工业基地建设，愿我们爆破界同仁拓展聪明才智。

1 爆破基本知识

爆破是利用炸药能量使周围介质破碎或变形的作业。如岩土介质的破碎、炸礁疏浚、排淤压实爆破,以及建(构)筑物拆除爆破、油气井压裂爆破和爆炸加工等。爆破施工过程中所使用的工业炸药和雷管、导火索、导爆索、继爆管等起爆器材统称为爆破器材。爆破器材属于危险品,直接危及公共安全和人民生命财产安全。根据国家法律法规的规定,应对爆破器材的生产、销售、购买、运输、使用和存储实施行政许可制度,严格加强爆破生产系统的管理,保证爆破作业及环境安全。为了有效、安全地使用爆破器材,现将爆破器材的分类、特点、用途和常用的起爆方法进行简要介绍,重点叙述导爆管起爆方法。

1.1 爆破器材

1.1.1 炸药分类

炸药是在一定外能作用下能够发生急剧化学反应的化合物或混合物。众所周知,炸药的品种很多,为了方便、有效地识别和使用炸药,根据其作用特点和用途,一般将炸药分为起爆药、猛炸药、发射药和烟火剂四类。

起爆药是用以起爆其他工业炸药的炸药。这类炸药的特点是敏感度高,在很小的外界能量(如火焰、摩擦、撞击等)激发下就能发生爆炸。它主要用于制造起爆器材,如雷管等的起爆药。最常用的起爆药有雷汞 $\text{Hg}(\text{CNO})_2$ 、氮化铅 $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ 和二硝基重氮酚 $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_2\text{N}_2\text{O}$ (简称 DDNP) 等。

猛炸药是爆炸威力较大而稳定的炸药。与起爆药相比，其特点是敏感度较低，一般需要一定的外能激发才能爆炸，但是爆炸威力高，做功能力强。根据其组成成分，猛炸药又分为单质猛炸药和混合炸药两种，如梯恩梯、黑索金、特屈儿、太安和硝化甘油等是单质猛炸药，铵梯炸药、铵油炸药、铵松蜡炸药、乳化炸药、煤矿许用炸药等为混合炸药。混合猛炸药是工程爆破的基本用药。单质猛炸药主要用于制造起爆器材，也可以几种单质猛炸药按一定比例混合使用，或作混合炸药的敏化剂。

发射药是燃烧产生发射功能的物质，俗称火药。如无烟硝化棉火药、硝化甘油火药和有烟黑火药等。其特点是火焰感度极高，遇火能够进行稳定、迅速地燃烧，在密闭条件下可转为爆炸。发射药多用于军事上的枪弹、炮弹的装药和火箭的推进剂等。在工程爆破中，黑火药只用于开采石料和石膏矿等，大部分用于制作导火索。

烟火剂是可燃剂与氧化剂的混合物，主要反应形式是燃烧，以其特殊的烟火效应用以填装照明弹、信号弹、燃烧弹、烟幕弹，以及各种各样的烟花爆竹。

1.1.2 常用工业炸药

爆破工程中常用的炸药是混合炸药，混合炸药是爆破工程中用量最大、最基本的一类炸药。混合炸药安全性好，便于生产、运输和使用；经济性好，生产工艺简单、原材料来源广、价格便宜；有足够的爆炸威力，爆炸性能能够满足不同岩石爆破的要求。工程爆破常用的混合炸药有铵梯炸药、铵油炸药和乳化炸药等，它们的主要成分为硝酸铵。

1.1.2.1 铵梯炸药

铵梯炸药是以硝酸铵、梯恩梯和木粉为主要成分的粉状炸药。根据使用条件不同，有的需要加入石蜡、沥青和食盐等成分，制成抗水铵梯炸药和煤矿许用铵梯炸药。

(1) 铵梯炸药的成分

①硝酸铵。硝酸铵是一种具有爆炸性的成分，经强力起爆后，爆速可达 $2000 \sim 2500 \text{ m/s}$ ，爆力为 $165 \sim 230 \text{ mL}$ 。同合适的还原剂相配合，可以制成零氧平衡或接近于零氧平衡的混合炸药，它是铵梯炸药的主要成分，在炸药中作氧化剂。硝酸铵为白色晶体，具有多种晶形，其晶形随温度的不同而变化。在晶形改变时颗粒的体积也随之而变，当温度在 32°C 左右时，硝酸铵的晶形由 α -菱形变成 β -菱形，体积增大 3% 左右。硝酸铵具有强烈的吸湿性，容易吸湿结块硬化。硝酸铵的熔点为 169.6°C ，温度达 300°C 时发生燃烧，高于 400°C 时可转为爆炸。为了使硝酸铵获得抗水能力，可加入适量的防潮剂，如石蜡、松香、沥青或凡士林等。防潮剂的药膜均匀地包覆在硝酸铵颗粒表面，在一定时间内起到隔潮的作用。干燥的硝酸铵同金属的化学作用极缓慢，潮湿有水时其作用速度加快。熔融的硝酸铵与铜、铅、锌都能起反应而形成极不稳定的亚硝酸盐，硝酸铵与铝、锡不起化学反应，所以生产硝酸铵类炸药时通常都使用铝制工具。

②梯恩梯。它本身就是一种单质猛炸药，具有良好的爆轰性能，是军事爆破和爆炸常用的炸药品种。梯恩梯是负氧平衡物质，在炸药中作敏化剂。适当添加少量梯恩梯，可改善炸药的起爆感和爆轰性能。

③木粉。木粉在炸药中既起可燃剂的作用，又起疏松剂的作用。木粉是由碳、氢、氧等元素组成的物质，具有可燃性，干燥的木粉可以阻止硝酸铵发生结块，能够调剂混合炸药的密度。

(2) 铵梯炸药的品种

国产铵梯炸药主要有岩石铵梯炸药、露天铵梯炸药、煤矿许用铵梯炸药三大类。铵梯炸药的成分和爆炸性能列于表 1-1、表 1-2 和表 1-7。

(3) 铵梯炸药的主要特性

①铵梯炸药的安全性好，冲击、摩擦和火花感度较低，但是在强烈冲击和摩擦作用下，也能引起爆炸。

表 1-1

岩石铵梯炸药的组成与性能

炸药名称		1 [#] 岩石炸药	2 [#] 岩石炸药	抗水 2 [#] 岩石炸药	抗水 3 [#] 岩石炸药	抗水 4 [#] 岩石炸药
组成成分/ %	硝酸铵	82±1.5	85±1.5	84±1.5	86±1.5	81±1.5
	梯恩梯	14±1.0	11±1.0	11±1.0	7±1.0	18±1.0
	木粉	4±0.5	4±0.5	4.2±0.5	6±0.5	
	沥青			0.4±0.1	0.5±0.1	0.4±0.1
	石蜡			0.4±0.1	0.5±0.1	0.4±0.1
爆炸性能	水分不大于/%	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3
	密度/(g/cm ³)	0.95~1.10	0.95~1.10	0.95~1.10	0.95~1.10	0.95~1.10
	猛度/mm, <	13	12	12	10	14
	殉爆距/cm	6	5	5	4	8
	爆力/mL, <	350	320	320	280	360
	爆速/(m/s)	3500	3200	3200		3500
	氧平衡率/%	+0.52	+3.38	+0.37	+0.71	+0.43

表 1-2

露天铵梯炸药的组分和性能指标

炸药名称		1 [#] 露天铵梯	2 [#] 露天铵梯	3 [#] 露天铵梯	1 [#] 抗水 露天铵梯	2 [#] 抗水 露天铵梯
组成成分/ %	硝酸铵	82±2	86±2	88±2	84±2	86±0.2
	梯恩梯	10±1	5±1	3±0.5	10±1	5±1
	木粉	8±1	9±1	9±1	9±1	8.2±1
	沥青				0.5±0.1	0.4±0.1
	石蜡				0.5±0.1	0.4±0.1
爆炸性能	密度/(g/cm ³)	0.85±1.1	0.85±1.1	0.85±1.1	0.85±1.1	0.8~0.9
	猛度/mm, <	11	8	5	11	8
	殉爆距/cm	4	3	2	4	3
	爆力/mL	300	250	230	300	250
	爆速/(m/s)	3600	3525	3455	3000	3525
	氧平衡率/%	-2.04	1.08	2.96	-0.61	0.30
	比容/(L/kg)	932	935	944	927	936
	爆热/(kJ/kg)	3858	3729	3465	3971	3846
	爆温/K	2578	2496	2474	2628	2545
	爆压/MPa	3306	3170	3045	3306	3169

②铵梯炸药的爆炸威力较高,适用于中硬岩石的爆破。浅孔爆破常采用2号岩石铵梯炸药。

③铵梯炸药的起爆感度较好,能够用工业雷管直接起爆。

④铵梯炸药的防水性较差,其防水品种只能用于潮湿炮孔,水中爆破不宜采用。

⑤铵梯炸药容易吸潮、结块,特别是含有食盐的铵梯炸药吸潮性更强。吸潮结块后,爆炸性能降低,有时会引起爆燃、拒爆等现象,所以使用时应注意防潮。

⑥铵梯炸药含有梯恩梯,梯恩梯虽然提高了炸药的威力和感度,但是由于价格较高,增加了炸药成本,同时有毒,会通过皮肤和呼吸道引起慢性中毒。为了改善劳动条件和保护生态环境质量,含梯恩梯的铵梯炸药将被限期淘汰。

国产铵梯炸药的有效存储期一般为6个月,含有食盐的煤矿许用铵梯炸药的有效存储期为4个月。

1.1.2.2 铵油炸药

铵油炸药是以硝酸铵为主要原料,配以适量柴油及其他添加剂的无梯硝铵类炸药。根据硝酸铵结晶不同,铵油炸药分为粉状、普通粒状和多孔粒状三种。

(1) 铵油炸药的成分

①硝酸铵。制造铵油炸药的硝酸铵有细粉状、普通颗粒状和多孔粒状三种。细粉状硝酸铵具有容易粉碎、颗粒细、吸油率高(可达18%~20%)、爆炸性能较好等优点,在制造铵油炸药中用量较大;其主要缺点是吸湿结块性较强。多孔粒状硝酸铵的颗粒上充满孔穴,比表面积大,吸油率为7%~8%,疏松性好,不宜结块,炸药生产工艺简便,可以在爆破现场直接配制或用装药设备直接混合装药,是露天无水中深炮孔爆破和硐室爆破使用的一种性价比比较合理的工业炸药。普通颗粒状硝酸铵制造铵油炸药的性能不如粉状和多孔粒状,使用量较少。

②柴油。柴油是热值很高(约41860kJ/kg)的多种烃类混合