



普通高等教育“十三五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU “13·5” GUIHUA JIAOCAI

现代爆破工程

程 平 郭进平 孙锋刚 主编



冶金工业出版社
www.cnmp.com.cn



普通高等教育“十三五”规划教材

现代爆破工程

程 平 郭进平 孙锋刚 主编

北 京
冶金工业出版社
2018

内 容 提 要

本书系统地介绍了爆破工程的基本内容,全面阐述了爆破基本理论、爆破参数、炸药、起爆器材和起爆方法、爆破用仪表和设备、爆破工程地质以及不同爆破条件、要求、目的的爆破设计和施工,并列举了近年来工程爆破的实例。本书理论结合实际,内容深入浅出,并且章后附有思考题,以便重点思考与复习。

本书可作为普通高等院校爆破工程专业以及采矿、土木、交通工程等专业的必修课教材,也可供从事相关专业的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

现代爆破工程/程平,郭进平,孙锋刚主编. —北京:冶金工业出版社,2018.10

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5024-7891-9

I. ①现… II. ①程… ②郭… ③孙… III. ①爆破技术—高等学校—教材 IV. ①TB41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 214120 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京市东城区嵩祝院北巷 39 号 邮编 100009 电话 (010)64027926

网 址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcbbs@cnmp.com.cn

责任编辑 高娜 刘晓飞 美术编辑 吕欣童 版式设计 孙跃红 禹蕊

责任校对 卿文春 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-7891-9

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;三河市双峰印刷装订有限公司印刷
2018 年 10 月第 1 版,2018 年 10 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;19 印张;458 千字;290 页

47.00 元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027926

冶金书店 地址 北京市东四西大街 46 号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgycbs.tmall.com

(本书如有印装质量问题,本社营销中心负责退换)



前 言

近年来,国内外在爆破理论、爆破工艺、爆破技术方面都有了新的发展和提高,在爆破器材技术领域出现了一些令人瞩目的新成果。其中,现场混装乳化炸药技术的进一步发展和应用,数码电子雷管技术应用逐步成熟,受到了国内外爆破界的广泛关注,这也必将推动国际工业炸药、起爆器材与爆破技术的整体进步;信息化、智能化在爆破领域的应用,给爆破工程实践中质量管理工作提供了重要参考依据;降低爆破危害,既可作为工程验收的记录资料,也可能作为司法程序解决民事纠纷的依据。在环境和生态保护成为主题的今天,采用危害因素较少的精细、微震等爆破工艺是极其重要的。

“爆破工程”作为一门实践性较强的技术类基础课,结合当前爆破工程施工生产现场的实际情况,“新爆破器材和新技术的应用”知识点的更新在该课程的教学工作中具有重要的地位和作用。但在教学过程中,编者发现当前国内同类教材缺少这些知识点的更新,导致学生在学校掌握的知识点和现场应用脱节。为推广爆破技术和促进爆破技术的发展,加强在校学生对现代爆破器材和应用技术前沿信息的了解,扩大知识面,编者结合以往授课的讲义和爆破实践,综合爆破器材和应用技术的最新发展动态,编写了本书。

本书内容包含炸药和起爆器材、爆破理论、爆破方案设计、爆破危害控制,共10章,并列举了近年来工程爆破的实例。全书包括了丰富的爆破设计方案和数据,侧重实践,有利于读者对相关知识的理解和掌握。每章后面都提供了思考题,使读者充分掌握每一个知识点。

本课程已在实际教学中积累对教材改编的实践,扩大学生的视野并提高知识技能,逐步实现相关知识点的更新换代和实践性的要求,以及现代矿山对专业课程发展的要求。

本书在编写过程中,得到了北京科技大学、西安建筑科技大学、武汉理工

大学以及中国工程爆破协会部分专家学者的支持、建议和指导，并得到西安建筑科技大学地爆教研室的大力支持，在此一并表示感谢！

由于本书编写时间仓促，编者水平有限，不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

2018 年 7 月

目 录

绪论	1
1 工业炸药	3
1.1 概述	3
1.1.1 炸药的定义	3
1.1.2 工业炸药的定义	3
1.2 炸药的分类	4
1.2.1 按使用条件分类	4
1.2.2 按炸药主要化学成分分类	4
1.2.3 按炸药用途特性分类	4
1.2.4 按组成分类	4
1.3 常用炸药	6
1.3.1 铵油炸药 (ANFO)	6
1.3.2 乳化炸药	8
1.4 现场混装炸药技术	9
1.4.1 现场炸药混装系统的特点	10
1.4.2 现场炸药混装系统的组成	11
1.4.3 现场混装炸药	12
1.4.4 工艺流程	13
1.5 炸药的物理性质	14
1.5.1 防水性	14
1.5.2 密度	14
1.6 炸药的选择	15
思考题	15
2 炸药爆炸基本理论	17
2.1 基本概念	17
2.1.1 爆炸及其分类	17
2.1.2 化学爆炸的条件	17
2.1.3 炸药化学变化的基本形式	18
2.2 炸药爆轰产物及氧平衡	20
2.2.1 爆轰产物	20

2.2.2 氧平衡·····	20
2.2.3 有毒气体产生的原因·····	22
2.3 爆热·····	22
2.3.1 定义·····	22
2.3.2 爆热的理论计算·····	22
2.4 爆炸功·····	23
2.4.1 理论爆炸功·····	23
2.4.2 爆力·····	24
2.5 炸药的起爆·····	24
2.5.1 炸药起爆及其原因·····	24
2.5.2 炸药起爆理论·····	25
2.5.3 感度·····	27
2.6 炸药的爆轰理论·····	33
2.6.1 冲击波·····	33
2.6.2 爆轰波·····	35
2.6.3 爆速·····	37
思考题·····	39
3 起爆器材和起爆方法·····	40
3.1 概念·····	40
3.1.1 起爆方法的类型·····	40
3.1.2 药包的起爆过程·····	40
3.1.3 矿用炸药的起爆·····	41
3.1.4 影响起爆过程的因素·····	41
3.2 起爆器材及其性能·····	42
3.2.1 雷管及其性能·····	42
3.2.2 导爆索及其性能·····	48
3.2.3 导爆管及其性能·····	50
3.3 电力起爆方法·····	51
3.3.1 电雷管的检查·····	51
3.3.2 电爆网路的计算和敷设·····	52
3.3.3 导线及其检查·····	54
3.3.4 电源·····	55
3.4 导爆索起爆方法·····	56
3.4.1 导爆索的起爆·····	56
3.4.2 导爆索及其网路的连接·····	57
3.5 导爆管雷管起爆方法·····	59
3.5.1 导爆管起爆系统的组成元件·····	59
3.5.2 导爆管起爆系统工作过程和起爆网路·····	60

3.5.3 导爆管非电起爆注意事项	61
3.6 电子雷管及其起爆系统	63
3.6.1 电子雷管	63
3.6.2 电子雷管起爆系统的组成	64
3.6.3 电子雷管起爆系统的安全性	66
3.6.4 起爆环线的连接及操作	67
思考题	68
4 岩石的爆破破碎机理	69
4.1 岩石爆破破坏原因的基本理论	69
4.1.1 爆炸气体产物膨胀压力破坏理论	69
4.1.2 应力波反射拉伸破坏理论	70
4.1.3 膨胀气体与冲击波所引起的应力波共同作用理论	70
4.2 单个药包爆破作用分析	71
4.2.1 内部作用	71
4.2.2 外部作用	73
4.2.3 爆破漏斗	74
4.2.4 利文斯顿爆破漏斗理论	78
4.3 装药量计算原理	80
4.3.1 集中药包的计算 (体积公式)	81
4.3.2 单位用药量的确定	81
4.4 影响爆破作用的因素	81
4.4.1 炸药的性能对爆破作用的影响	81
4.4.2 能量的传递效率	82
4.4.3 爆破因素	82
思考题	82
5 爆破工程地质	83
5.1 概述	83
5.1.1 研究爆破工程地质的意义	83
5.1.2 爆破工程地质的研究内容	83
5.1.3 与爆破有关的地质条件	84
5.2 与爆破有关的岩石性质	84
5.2.1 岩石的波阻抗	84
5.2.2 岩石的应力-应变关系	84
5.2.3 岩石的动力学性质	85
5.3 岩石的工程分级	87
5.3.1 岩石的普氏分级	87
5.3.2 爆破指数分级	87

5.4 地质条件对爆破作用的影响	90
5.4.1 地形条件对爆破作用的影响	90
5.4.2 岩体性质对爆破作用的影响	92
5.4.3 岩体中各种地质结构面对爆破作用的影响	94
5.4.4 特殊地质条件下的爆破问题	97
5.5 爆破作用引起的工程地质问题	98
思考题	98
6 井巷及隧道爆破	99
6.1 概述	99
6.2 平巷掘进爆破	100
6.2.1 工作面炮孔分类及其作用	100
6.2.2 掏槽	100
6.2.3 平巷的爆破参数	104
6.2.4 实例——平巷爆破施工方案	106
6.3 井筒掘进爆破	110
6.3.1 井筒掘进炮孔布置	111
6.3.2 实例1——立井掘进施工方案	111
6.3.3 实例2——斜井掘进施工方案	114
6.3.4 实例3——盲天井掘进施工方案	115
6.4 隧道掘进爆破	118
6.4.1 概述	118
6.4.2 我国隧道爆破技术的发展	118
6.4.3 隧道施工方法概述	119
6.4.4 爆破参数设计	122
6.4.5 光面爆破与周边眼	124
6.4.6 实例1——隧道开挖爆破方案	128
6.4.7 实例2——隧道光面爆破方案	148
思考题	152
7 地下矿山采场爆破	153
7.1 地下矿山采场浅孔爆破	153
7.1.1 布孔	153
7.1.2 爆破参数	153
7.1.3 装药和堵塞	154
7.2 地下矿山采场深孔爆破	155
7.2.1 扇形孔回采爆破	155
7.2.2 实例——水平扇形孔爆破方案	163
7.3 VCR 采矿法爆破	169

7.3.1 VCR 采矿法爆破特点和应用范围	169
7.3.2 球状药包爆破原理	169
7.3.3 炮孔布置形式和爆破参数	170
7.3.4 VCR 法爆破方法的优缺点	170
7.4 倒梯段深孔采矿法	171
7.5 多排同段爆破	172
思考题	173
8 露天矿中深孔爆破	174
8.1 台阶要素、钻孔形式与布孔方式	174
8.1.1 台阶要素	174
8.1.2 钻孔形式	174
8.1.3 布孔方式	175
8.2 露天深孔爆破参数	175
8.2.1 孔径和孔深	176
8.2.2 台阶高度和超深	176
8.2.3 底盘抵抗线	176
8.2.4 孔距与排距	177
8.2.5 堵塞长度	177
8.2.6 单位炸药消耗量	178
8.2.7 孔装药量	178
8.3 大区多排孔毫秒微差爆破技术	181
8.3.1 微差爆破原理	181
8.3.2 微差间隔时间确定	182
8.3.3 实现大区多排孔毫秒微差爆破技术措施	183
8.4 挤压爆破	185
8.4.1 挤压爆破机理	185
8.4.2 地下深孔挤压爆破	187
8.4.3 露天台阶挤压爆破	189
8.5 光面爆破	190
8.5.1 概述	190
8.5.2 光面爆破的特点	191
8.5.3 光面爆破参数	192
8.5.4 影响光面裂缝形成的因素	193
8.5.5 光面爆破设计	194
8.6 预裂爆破	195
8.6.1 预裂爆破的基本原理	195
8.6.2 钻孔直径的选择	196
8.6.3 预裂孔药量控制与装药量的计算	196

8.6.4 预裂孔孔距	200
8.6.5 预裂孔的布置	202
8.7 缓冲爆破与劈裂爆破	204
8.7.1 缓冲爆破	204
8.7.2 劈裂爆破(修整爆破)	205
8.7.3 结合技术	206
8.8 光面、预裂爆破施工及其质量	206
8.8.1 光面、预裂爆破施工	206
8.8.2 质量标准	207
8.8.3 实例1——某路堑石方开挖工程光面爆破方案	208
8.8.4 实例2——复杂环境特殊地质条件下高梯段深孔光面爆破方案	209
8.8.5 实例3——台阶松动爆破方案	212
思考题	221
9 逐孔起爆	222
9.1 概述	222
9.2 逐孔起爆的基本理论	224
9.2.1 逐孔起爆的技术定义	224
9.2.2 逐孔起爆技术的作用原理	224
9.3 逐孔起爆技术起爆工艺	226
9.4 逐孔起爆网路的设计原则及方法	227
9.4.1 起爆走时线原则	227
9.4.2 点燃阵面原则	227
9.4.3 三角形布孔的原则	228
9.4.4 夹角大于 90° 原则	229
9.4.5 增减排原则	229
9.4.6 最后排时间延长原则	230
9.4.7 虚拟孔原则	230
9.5 微差时间的确定	230
9.5.1 逐孔起爆延期时间对爆破效果的影响	230
9.5.2 逐孔起爆延期时间的确定	231
9.6 逐孔起爆网路的设计	232
9.6.1 逐孔起爆网路设计原则	232
9.6.2 实例1——隧道明挖逐孔起爆设计方案实例	234
9.6.3 实例2——露天台阶逐孔爆破优化设计	242
思考题	245
10 爆破危害与控制	246
10.1 爆破飞石	246

10.1.1 爆破飞石距离的确定	246
10.1.2 爆破飞石的预防措施	249
10.2 爆破振动	250
10.2.1 地震的有关概念	250
10.2.2 爆破地震的有关概念	251
10.2.3 地震效应的仪器观测	252
10.2.4 测点的布置	253
10.2.5 地震波波形图的分析	253
10.2.6 爆破地震的特点	255
10.2.7 爆破振动速度与破坏程度的关系	255
10.2.8 爆破振动强度及其安全参数的确定	259
10.2.9 降低爆破振动效应的安全措施	261
10.3 爆破空气冲击波	262
10.3.1 爆破空气冲击波的特征	262
10.3.2 爆破空气冲击波的基本参数计算	263
10.3.3 爆破空气冲击波的破坏判据	266
10.3.4 爆炸空气冲击波安全距离的确定	269
10.3.5 爆破空气冲击波的测量	270
10.4 爆破尘毒	276
10.4.1 爆破毒气的组分与毒性	276
10.4.2 爆破尘毒监测	277
10.4.3 预防措施	278
10.5 爆破噪声	279
10.5.1 爆破噪声的概念	279
10.5.2 爆破噪声的测量	280
10.5.3 爆破噪声的危害作用及安全标准	280
10.5.4 爆破噪声的预防措施	281
10.6 早爆预防	281
10.6.1 杂散电流的危害与预防	282
10.6.2 静电的危害及预防	282
10.6.3 雷电引起的早爆及其预防	283
10.6.4 射频电流引起的早爆及预防	283
10.6.5 化学电及高硫矿床引起的早爆与预防	283
10.7 拒爆处理	284
10.7.1 电雷管为主起爆器材的拒爆	284
10.7.2 非电雷管为主起爆器材的拒爆	285
10.7.3 由于炸药因素发生的拒爆	286
10.7.4 处理拒爆的方法	287
思考题	288
参考文献	289

绪 论

爆破技术是利用炸药爆炸释放的能量进行岩石开挖或介质破碎的专门技术。炸药的始祖是黑火药，它为人类文明做出了重要贡献。最先关于黑火药的记载可追溯到6~7世纪，唐代孙思邈所著的《丹经内伏硫黄注》中出现了硫、硝、炭三种成分的黑火药，郑思远在《真远妙道要略》中描述了硝、炭的化学反应。9世纪出现了完整的黑火药配方，南宋时期黑火药被用于军事目的。黑火药传入欧洲是在13世纪，1627年匈牙利人首先将黑火药用于采矿过程的爆破工序，从此开始了爆破技术的萌芽。

爆破技术伴随着各种爆破器材的发明而发展，而爆破技术的进步又促进了爆破器材的发展。1799年E. Howard发明了雷汞炸药；1831年W. Bickford发明了导火索。A. Nobel在1867年发明了火雷管，同年又发明了以硅藻土为吸收剂的硝化甘油炸药（Dynamite），1875年研制成功胶质硝化甘油炸药。硝化甘油炸药后来逐渐取代了黑火药，从此开始了黄色炸药的新纪元。

19世纪随着许多工业炸药新品种的发明及凿岩机械和起爆技术的出现，爆破技术得到了很大的发展。如1813年R. Treutick研制成功蒸汽式钻机，1862年Sommeiller研制出气压冲击式凿岩机，结束了人工掌钎抡锤打孔的历史；1895年出现的秒延期雷管，解决了大规模爆破同时起爆多个药包的难题，并为延时起爆技术发展创造了条件。

1925年以硝酸铵为主要成分的粉状硝酸铵炸药问世，使爆破工程技术朝着安全、经济的方向迈出了决定性的一大步。在此前后出现的以太安为药芯的导爆索（1919）和毫秒延期电雷管（1946），加上大型凿岩设备的出现，使大规模土石方开挖工程出现了深孔爆破，起爆形式也从齐发爆破发展到毫秒延时爆破。1956年M. Cook发明的浆状炸药，以及20世纪70年代乳化炸药的研制成功，彻底解决了硝铵类炸药的防水问题。1967年瑞典诺贝尔公司研制发明的导爆管起爆系统，克服了电雷管起爆系统易受外来电干扰的弊端，进一步提高了起爆的安全性，成为爆破工程的主流起爆器材。

爆破技术不断发展，新技术不断涌现，使一些过时的技术逐渐被淘汰。硐室爆破是以专用硐室或巷道作为装药空间的一种爆破技术，由于该技术爆破规模大、成本低、效率高，不需大型机械设备，曾在我国露天矿剥离、路堑开挖、基建平场和堤坝堆筑等工程中发挥过重要作用。硐室爆破药室的容量最大可达数千吨，我国曾成功进行过多次千吨至万吨级的硐室大爆破。随着机械化程度的提高和工程投资状况的改善，大规模硐室爆破的应用日益萎缩，加之爆破有害效应大和二次破碎工程量繁重，发达国家和地区已不再使用此种爆破技术。近年来，随着起爆规模的增加和起爆器材品种的更新，火雷管起爆已被淘汰，电雷管的使用范围也逐渐萎缩；乳化炸药的兴起和普及，使固体防水硝铵类炸药即将退出爆破市场。

长期以来，使用爆破技术几乎是破碎坚硬岩石的唯一手段。在逐渐与隧道掘进机和液压冲击锤等重型机械竞争的今天，爆破技术在较硬岩石和混凝土介质的破碎和开挖工程中，仍然没有失去其不可替代的优势。

我国的爆破技术在改革开放以来取得了突飞猛进的发展，如今不仅在爆破技术开发应用上成果显赫，在炸药技术输出和理论研究方面也取得了令世人瞩目的成就，21 世纪更是一跃跨进世界爆破技术先进国家行列。

重点:

- (1) 铵油炸药的成分、生产工艺及适用条件;
- (2) 乳化炸药的组分、性能及适用条件。

1.1 概 述

1.1.1 炸药的定义

炸药是在一定条件下,能够发生快速化学反应,放出能量,生成气体产物,并显示爆炸效应的化合物或混合物。从炸药组成元素来看,炸药主要是由碳、氢、氮、氧四种元素组成的化合物或混合物。

在平常条件下,炸药是比较安定的物质,但一旦外界给予足够的活化能,使炸药内各种分子的运动速度和相互间碰撞力增加,使之发生迅速的化学反应,就会丧失安定性,引起爆炸。需要指出,炸药爆炸通常是从局部分子被活化、分解开始的,其反应热又使周围炸药分子被活化、分解,如此循环下去,直至全部炸药反应完毕。

1.1.2 工业炸药的定义

工业炸药又称民用炸药,是指用于矿山、铁道、水利、建材等部门的炸药。工业炸药是以氧化剂和可燃剂为主体,按照氧平衡原理构成的爆炸性混合物。工业炸药具有成本低廉、制造简单、应用可靠等特点,因而广泛应用于煤矿冶金、石油地质、交通水电、林业建筑、金属加工和控制爆破等各方面。随着各国经济建设不断发展,工业炸药品种和产量的需求不断增大,因此得到迅速发展。

工业炸药有如下基本要求:(1) 爆炸性能好,有足够的威力以满足各种矿岩的爆破要求;(2) 有较低的机械感度和适度的起爆感度,既能保证生产、贮存、运输和使用的安全,又能保证顺利起爆;(3) 炸药配比接近零氧平衡,以保证爆炸产物中有毒气体生成量少;(4) 有适当的稳定贮存期,在规定的贮存期内不会变质失效;(5) 原料来源广泛,加工工艺简单、操作安全,价格便宜。

1.2 炸药的分类

1.2.1 按使用条件分类

(1) 煤矿用炸药, 又称安全炸药。准许在一切地下矿山和露天爆破工程中使用的炸药, 包括有沼气和矿尘爆炸危险的矿山。这类炸药爆炸产生的有毒气体不超过安全规程所允许的量, 并保证不会引起瓦斯和矿尘爆炸。

(2) 岩石炸药。准许在地下和露天工程中使用的炸药, 但不允许在有沼气和矿尘爆炸危险的矿山。

(3) 露天炸药。只准许在露天工程中使用的炸药。

1.2.2 按炸药主要化学成分分类

(1) 硝铵类炸药。以硝酸铵为主要成分, 加上适量的可燃剂、敏化剂及其附加剂的混合炸药, 是目前国内外工程爆破中用量最大、品种最多的一大类混合炸药。

(2) 硝化甘油类炸药。以硝化甘油或硝化乙二醇混合物为主要成分的混合炸药。

(3) 芳香族硝基化合物类炸药。主要是苯及其同系物的硝基化合物炸药, 如梯恩梯、黑索金等。

(4) 其他工业炸药。指不属于以上三类的工业炸药, 例如黑火药和雷管起爆药等。

1.2.3 按炸药用途特性分类

(1) 发射药。发射药能在没有外界助燃剂(如氧气)的参与下进行迅速而有规律的燃烧, 释放出大量的热能和产生大量的气体, 主要用来作点火药和延期药(如黑火药)。常用的发射药除黑火药外, 用的最多的是由硝化棉、硝化甘油为主要成分, 外加部分添加剂胶化而成的无烟火药。

(2) 起爆药。起爆药是用于起爆其他类型的炸药, 有单质和混合的两种。常用的单质起爆药有雷汞、氮化铅、斯蒂酚酸铅和二硝基重氮酚等; 常用的混合起爆药有 D.S 共晶起爆药和点火药等。起爆药的特点是感度灵敏, 受外界较小能量作用立即发生爆炸反应, 反应速度在极短时间内增长到最大值。

(3) 猛炸药。猛炸药爆炸时可对周围介质产生猛烈的爆炸作用, 按组分又分为单质猛炸药和混合猛炸药。工业上常用的单质猛炸药有 TNT (梯恩梯)、RDX (黑索金)、PETN (太安)、HMX (奥克托今) 等, 常用于雷管的加强药、导爆索和导爆管药芯以及混合炸药的敏化剂等。混合猛炸药是指由两种或两种以上的化学成分组成的混合物猛炸药, 是工程爆破中用量最大的炸药, 在开山、筑路、采矿等爆破作业中大量应用。感度较低, 需要较大的能量作用才能引起爆炸, 其特点是猛度高、做功能力大。

常用炸药按炸药用途特性分类见表 1-1。

1.2.4 按组成分类

(1) 单质炸药。单质炸药是爆炸化合物, 是一种单一成分的炸药。主要有梯恩梯、

黑索金、太安、奥克托今和硝化甘油等。

表 1-1 常用炸药

炸药种类		常用炸药	主要特点	用途
发射药		无烟火药	感度较小，主要爆炸形式是燃烧，不易由燃烧转为爆炸	主要用作枪炮发射药和火箭推进剂
		有烟火药（黑火药）	火焰感度、机械感度较灵敏，主要爆炸形式是燃烧，能由燃烧转为爆轰（炸）	主要用作延期药、导火索药芯等
起爆药		雷汞、氮化铝、斯蒂酚酸铝	感度最灵敏，受轻微的冲击、摩擦或火花影响即能爆炸，极易由燃烧转为爆轰（炸）	装填雷管和火帽
猛炸药	高级炸药	黑索金、太安、特屈儿、硝化甘油等	威力最大，感度比起爆药低，容易由燃烧转为爆轰（炸）	装填雷管、导爆索、特种弹药和制造混合炸药
	中级炸药	梯恩梯、梯黑炸药等	威力中等，感度通常也中等，能由燃烧转为爆轰（炸）	装填弹药、地雷、构件爆破及制造混合炸药等
	低级炸药	硝铵炸药等	威力较小，感度通常较迟钝，能由燃烧转为爆轰（炸）	用于土壤、岩石爆破等

（2）混合炸药。混合炸药是爆炸混合物，它至少有两种或两种以上独立的化学成分组成，既可以含单质炸药，也可以不含单质炸药，但应含有氧化剂和可燃剂两部分，而且二者是以一定的比例均匀混合在一起，在需要改善炸药性能时，还含有一些附加物。混合炸药的组分一般有以下三种：

1）氧化剂。它是一种含氧丰富的成分，其本身可以是非爆炸性的氧化剂，也可以是含氧丰富的爆炸化合物。一种氧化剂是一种化学物质，它在反应中提供氧。硝酸铵是到目前为止最普遍的氧化剂。

2）可燃物。它是一种不含氧或含氧较少的可燃物质。可以是非爆炸性的可燃物，也可以是缺氧的爆炸化合物。常用的可燃物有柴油、石蜡、铝粉等。

3）附加物。它是为了改善炸药的性能而加入的物质。可以是非爆炸性物质，也可以是爆炸性物质。一种敏化剂提供空位，它在起爆和爆破过程中作为“热点”。敏化剂通常是非常微小的空气或其他气泡，有时是密封的玻璃微珠（BMBS）。

表 1-2 举例说明它们在不同的炸药中是如何使用的。

表 1-2 常用炸药的成分

成分	铵油炸药	乳化炸药 1	乳化炸药 2
氧化剂	硝铵	硝铵	硝铵
可燃剂	燃油（蒸馏）	燃油	燃油或石蜡油
敏化剂	圈闭的空气	圈闭的空气	化学氧化微珠
其他		乳化剂	乳化剂

混合炸药的种类繁多，分类亦不同。按照其物理状态可分为气态爆炸混合物、液态爆炸混合物、固态混合炸药和高聚物黏结混合炸药。固态混合炸药是目前应用最广的一类混合炸药，属于这类炸药的有钝化黑索金、钝化太安、含铝炸药、硝铵炸药和混合起爆药等。高聚物黏结混合炸药是近代发展起来的一类混合炸药，属于这类炸药的有橡皮炸药和塑性炸药等。