

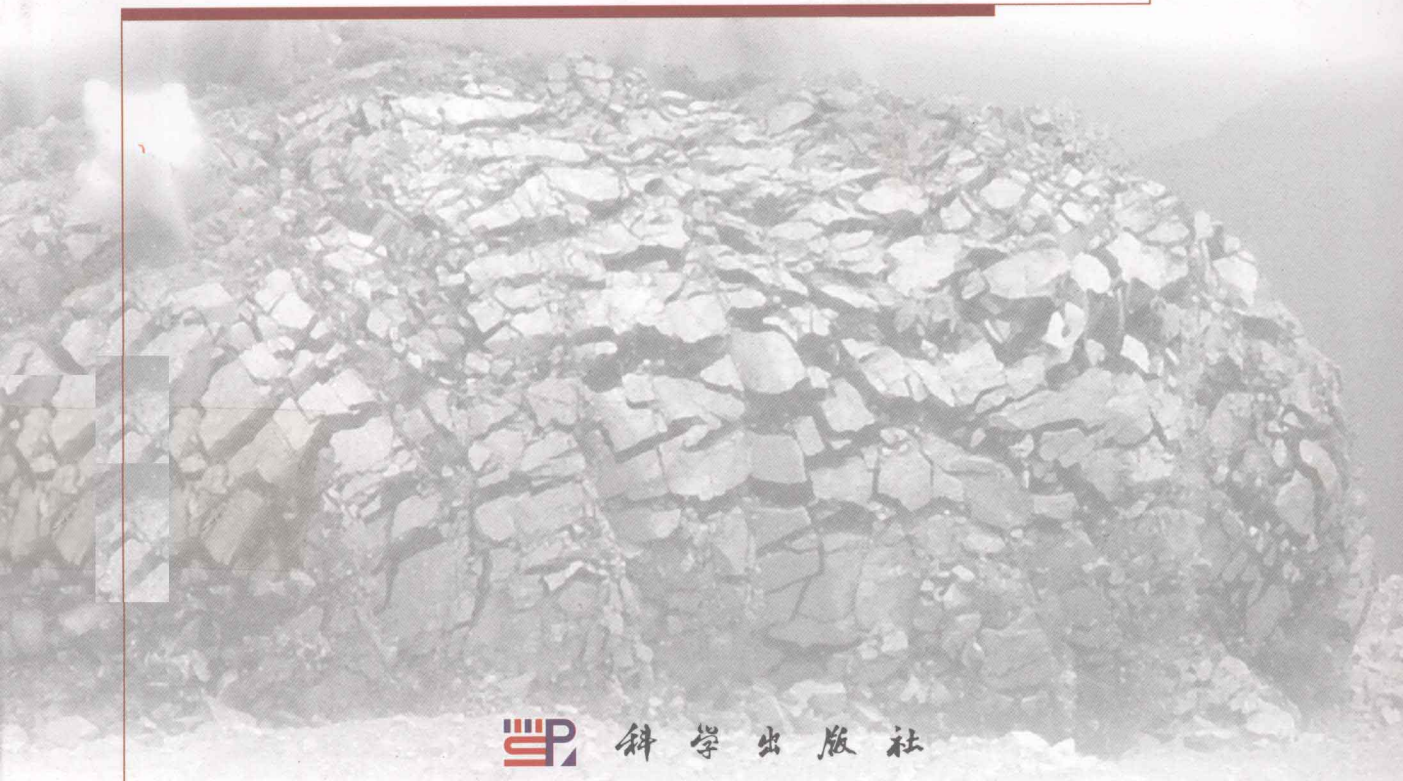


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

爆破工程

刘殿书 李胜林 主编

BLASTING ENGINEERING



科学出版社



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

爆破工程

刘殿书 李胜林 主编

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。全书共分10章，内容包括：爆炸与爆破、炸药理论、工业炸药、爆破网路、岩石的爆破机理、地下爆破、露天爆破、拆除爆破、爆破安全和凿岩理论与机具。

本书可作为高等院校土木工程、采矿工程、安全工程专业本科生的教材，也可供其他相关专业教学选用，研究生和爆破工程技术人员也可参考。

图书在版编目(CIP)数据

爆破工程 / 刘殿书, 李胜林主编. —北京: 科学出版社, 2011

(普通高等教育“十一五”国家级规划教材)

ISBN 978-7-03-031664-6

I. ①爆… II. ①刘… ②李… 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(2011)第 117664 号

责任编辑: 王淑兰 / 责任校对: 耿 耘

责任印制: 吕春珉 / 封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011年6月第一版 开本: 787×1092

2011年6月第一次印刷 印张: 12

印数: 1—3000 字数: 280 000

定价: 25.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈骏杰〉)

销售部电话 010-62134988 编辑部电话 010-62137050

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229; 010-64034315; 13501151303



前 言

随着 20 世纪 90 年代以来的本科教育专业调整，原煤炭、冶金等系统的院校中一些本科专业纳入了土木工程、采矿工程等专业的教学之中，形成了具备行业特色的“大”土木工程、“大”采矿工程专业，与行业有关的“钻眼爆破”、“凿岩爆破”等爆破课程名称也逐步统一为“爆破工程”，课程时数和教学内容都有了较大调整。为适应大土木工程、大采矿工程专业本科教学之需要，编者根据多年的教学和工作经验编写了本书。

本书从本科教学要求出发，系统地介绍了爆破工程所涉及的基础理论和常用工程技术，内容包括：爆炸与爆破、炸药理论、工业炸药、爆破网路、岩石的爆破机理、地下爆破、露天爆破、拆除爆破、爆破安全、凿岩理论与机具。本书在保持理论和技术的系统性和完整性的基础上，力求语言简练和工程实用。

本书由刘殿书、李胜林任主编。具体编写分工如下：李胜林编写第 1 章、第 2 章和第 7 章；刘殿书编写第 3 章、第 4 章和第 5 章；高全臣编写第 6 章；陈寿峰编写第 8 章；万寿林编写第 9 章；单仁亮编写第 10 章。王树仁教授和杨永琦教授审阅了全书并提出了宝贵的修改意见。

中国矿业大学的爆破工程教学与科研已经有半个多世纪的历史，历经几代人的传承和发展，本书也凝聚了前辈们的教学、研究成果和辛勤劳动。

编者水平有限，书中的错误和不当之处，恳请读者批评指正。

编者邮箱：lds@cumtb.edu.cn

编 者

2010.12.21

目 录

第 1 章 爆炸与爆破	1
1.1 爆炸	1
1.2 炸药爆炸	1
1.2.1 炸药及其特性	1
1.2.2 炸药爆炸的特征	2
1.2.3 炸药化学变化的形式	2
1.3 爆破	4
1.3.1 爆破方法的分类	4
1.3.2 爆破作业的特点	5
1.3.3 爆破工程作业流程	6
思考题	7
第 2 章 炸药理论	8
2.1 炸药的氧平衡	8
2.1.1 氧平衡的概念	8
2.1.2 氧平衡的计算	8
2.1.3 含有其他元素时氧平衡的计算原则	9
2.1.4 氧平衡的分类	9
2.2 爆炸反应方程	10
2.2.1 爆炸反应方程的近似写法	10
2.2.2 有害气体	11
2.3 炸药的热化学参数	11
2.3.1 爆容	12
2.3.2 爆热	12
2.3.3 爆温	14
2.3.4 爆压	16
2.4 炸药的起爆与感度	16
2.4.1 起爆能	16
2.4.2 炸药的起爆机理	17
2.4.3 热感度	18
2.4.4 机械感度	19
2.4.5 爆轰感度	22
2.4.6 冲击波感度和殉爆	22
2.4.7 静电感度	23

2.5 炸药的爆炸性能	23
2.5.1 炸药的密度	23
2.5.2 爆速	24
2.5.3 猛度	25
2.5.4 爆力	26
2.6 炸药的爆轰	28
2.6.1 冲击波	28
2.6.2 爆轰波方程	32
2.6.3 爆轰波稳定传播的条件	33
2.6.4 爆轰参数的计算	34
思考题	36
第3章 工业炸药	37
3.1 工业炸药的分类	37
3.2 乳化炸药	38
3.2.1 乳化炸药的组分	38
3.2.2 乳化炸药的主要特性	40
3.2.3 粉状乳化炸药	41
3.3 铵油炸药	42
3.3.1 铵油炸药的成分	42
3.3.2 粉状铵油炸药	43
3.3.3 多孔粒状铵油炸药	43
3.3.4 重铵油炸药	44
3.3.5 改性铵油炸药	45
3.3.6 膨化硝铵炸药	46
3.4 其他工业炸药	47
3.4.1 铵梯炸药	47
3.4.2 水胶炸药	48
3.4.3 胶质硝化甘油炸药	48
3.4.4 低爆速炸药	49
3.5 煤矿许用炸药	49
3.5.1 煤矿许用炸药的特点	49
3.5.2 煤矿许用炸药的分级	50
3.5.3 常用煤矿许用炸药	50
3.6 常用单质炸药	51
思考题	52
第4章 爆破网路	53
4.1 起爆方法	53
4.2 工业雷管	53
4.2.1 分类	53

4.2.2 火雷管	54
4.2.3 电雷管	54
4.2.4 导爆管雷管	56
4.3 电爆网路	57
4.3.1 网路组成	57
4.3.2 准爆条件	60
4.4 导爆管网路	61
4.4.1 塑料导爆管	61
4.4.2 雷管接力网路	61
4.4.3 四通连接网路	64
4.4.4 混合网路	66
4.5 导爆索网路	67
思考题	69
第5章 岩石的爆破机理	70
5.1 岩石的动态性能	70
5.2 岩石的可爆性	72
5.2.1 普氏岩石坚固性分级	72
5.2.2 A. H. 哈努卡耶夫按波阻抗分级	72
5.2.3 Б. H. 库图佐夫综合可爆性分级	73
5.3 岩体中爆炸应力波	73
5.3.1 爆炸应力波的传播	73
5.3.2 冲击波	74
5.3.3 应力波	76
5.3.4 应力波的反射	77
5.3.5 动态应力场	78
5.4 爆破作用	79
5.4.1 爆破的内部作用	79
5.4.2 爆破的外部作用	81
5.5 爆破漏斗	81
5.5.1 爆破漏斗的形式	81
5.5.2 爆破漏斗的药量计算	82
5.6 岩石爆破机理	83
5.6.1 岩石爆破的三种理论	83
5.6.2 爆破作用的三个阶段	84
5.6.3 岩石破坏的五种模式	85
5.6.4 岩石爆破机理的定性描述	86
5.7 利文斯顿爆破漏斗理论	86
5.7.1 基本观点	86
5.7.2 $V/Q-\Delta$ 曲线与弹性变形方程	87

5.8 影响爆破作用的因素	88
5.8.1 炸药性能的影响	88
5.8.2 岩石特性的影响	88
5.8.3 爆破条件、工艺的影响	89
思考题	91
第6章 地下爆破	93
6.1 概述	93
6.2 掏槽爆破	94
6.2.1 掏槽形式	94
6.2.2 斜孔掏槽	95
6.2.3 直孔掏槽	97
6.2.4 立井掏槽	98
6.3 井巷掘进爆破	99
6.3.1 单位炸药消耗量	99
6.3.2 炮孔直径和装药直径	100
6.3.3 炮孔深度	101
6.3.4 抵抗线与炮孔间距	102
6.3.5 炮孔数目	103
6.3.6 装药量	103
6.3.7 爆破说明书与爆破图表	104
6.4 光面和预裂爆破	105
6.4.1 光面和预裂爆破机理	105
6.4.2 孔间起爆时差的影响分析	107
6.4.3 药量计算	108
6.5 地下采矿爆破	109
6.5.1 地下采矿爆破特点	109
6.5.2 浅孔爆破	110
6.5.3 深孔爆破	111
6.5.4 VCR 爆破	114
6.5.5 束状深孔爆破	114
思考题	115
第7章 露天爆破	116
7.1 露天浅孔爆破	116
7.2 深孔台阶爆破	117
7.2.1 台阶要素和炮孔参数	117
7.2.2 深孔爆破参数设计	118
7.2.3 起爆顺序	121
7.2.4 毫秒延期间隔时间的确定	122

7.3 硐室爆破	124
7.3.1 爆破类型选择	125
7.3.2 药包布置原则	125
7.3.3 抵抗线与药包间距	127
7.3.4 K 值的确定	127
7.3.5 装药量计算	128
7.3.6 爆破漏斗计算	128
思考题	130
第8章 拆除爆破	131
8.1 拆除爆破原理	131
8.1.1 概述	131
8.1.2 拆除爆破的要求	131
8.1.3 拆除爆破原理	132
8.2 药量计算	133
8.2.1 药量计算原理	133
8.2.2 柱体爆破	133
8.2.3 墙体爆破	135
8.3 楼房拆除爆破	136
8.3.1 定向倒塌	136
8.3.2 折叠倒塌	137
8.3.3 原地坍塌	138
8.3.4 逐段解体	138
8.4 高耸建(构)筑物拆除爆破	140
8.4.1 倒塌条件	140
8.4.2 爆破参数	141
思考题	143
第9章 爆破安全	144
9.1 爆破振动	144
9.1.1 爆破振动的特征	144
9.1.2 爆破振动的计算	145
9.1.3 爆破振动安全允许值	146
9.1.4 降低爆破振动的技术措施	146
9.2 爆破飞石	147
9.2.1 爆破飞石产生的原因	147
9.2.2 爆破飞石的安全距离	147
9.2.3 爆破飞石的控制	148
9.3 爆破冲击波	148
思考题	150

第 10 章 凿岩理论与机具	151
10.1 钻孔方法	151
10.2 破岩（凿岩）机理	152
10.2.1 冲击破岩机理	152
10.2.2 切削破岩机理	155
10.2.3 滚压破岩机理	156
10.3 常用钻孔机械	157
10.3.1 凿岩机	157
10.3.2 凿岩钻车	160
10.3.3 潜孔钻机	161
10.3.4 牙轮钻机	162
思考题	164
附录	165
参考文献	179

第 1 章 爆炸与爆破

1.1 爆 炸

自然界中存在各种各样的爆炸现象。从广义上讲，爆炸是指物质系统一种极为迅速的能量转化过程，是系统蕴藏的或瞬间形成的大量能量在极短的时间内骤然释放或转化的现象。在这种能量骤然释放或急剧转化的过程中，物质系统的能量转化为高压作用、声响以及光和热辐射等。

爆炸作用过程包括两个阶段：在第一阶段，物质的潜能转化为强烈的压缩能；在第二阶段，压缩能急剧释放，并对外做功。爆炸同时具备的两个特征：①爆炸源具有极大的能量密度；②爆炸过程具有极快的能量释放速度。

按照爆炸过程的性质，爆炸现象可分为以下三类：

(1) 物理爆炸。由系统释放物理能引起的爆炸。物理爆炸发生仅是物理变化，爆炸前后物质形态虽发生急剧变化，但其性质和化学成分并没有改变，如蒸汽锅炉的爆炸。

(2) 化学爆炸。由物质化学变化（释放化学能）引起的爆炸。爆炸前后，物质形态发生急剧变化，且伴随有极迅速的化学反应，物质性质和化学成分都发生了变化，并有新物质产生，如炸药爆炸、瓦斯爆炸和煤尘爆炸等。

(3) 核爆炸。由核裂变或核聚变释放出巨大核能所引起的爆炸。核爆炸是更加剧烈的爆炸现象，并有光辐射和贯穿辐射，如原子弹和氢弹爆炸。

1.2 炸药爆炸

1.2.1 炸药及其特性

炸药泛指能够发生化学爆炸的物质，包括化合物和混合物。广义上来讲，火药、烟火剂、起爆药、推进剂等都属于炸药的范畴。一般所说的炸药是指用于爆破和军事爆炸的炸药。

炸药具有以下特性：

(1) 高能量密度。炸药是一种含能物质，主要体现在单位体积物质反应热值大，能量密度高。

(2) 强自行活化。炸药爆炸反应释放大量的能量，比反应活化能大得多，所以反应一旦开始，便可自行进行下去，直到反应完全。

(3) 亚稳定性。炸药是相对稳定的物质，能够承受一定强度的外界作用而不爆炸。

(4) 自供氧。炸药的爆炸反应是炸药分子或组分之间的氧化反应，不需要外界供给氧气。

1.2.2 炸药爆炸的特征

炸药在外界作用下,能够自行发生高速化学反应,在极短的时间内释放出大量的能量,并产生大量的气体,这一过程称为炸药爆炸。

炸药爆炸是一种剧烈的氧化反应,是一个化学变化过程,炸药通过爆炸反应释放的化学能变成爆炸反应物的热能和压力位能,对环境介质做功。

炸药爆炸具有以下三个特征:

(1) 反应的放热性。爆炸过程中放出的大量热能是产生爆炸的首要条件。

炸药反应只有在炸药自身提供能量的条件下才能自动进行。没有这个条件,爆炸过程根本不能发生,反应也不能自行延续,也就不可能出现爆炸过程的自动传播。

吸热反应或放热不足都不能形成爆炸。显然,依赖外界供给能量来维持其分解的物质,不可能具有爆炸的性质,一个反应是否具有爆炸性,与反应过程能否放出热量密切相关。

(2) 反应的快速性。反应的快速性是炸药爆炸过程区别于一般化学反应的最重要的标志。

虽然炸药的能量储藏值并不比一般燃料大,但由于反应过程的高速度,炸药爆炸所达到的能量密度是一般化学反应所无法比拟的。

只有极高的反应速度,产生极高的能量释放率,才能造成反应极高的能量密度。只有高速的化学反应,才能忽略能量转换过程中热传导和热辐射的损失,在极短的时间内将反应形成的大量气体产物加热到数千度,压力猛增到数万 MPa。高温高压气体迅速膨胀,具有巨大的做功功率和强烈的破坏作用。

(3) 生成大量气体。反应过程中有大量的气体产物生成是炸药爆炸的重要特征。

在爆炸过程中,气体产物是造成高压的原因,也是对周围介质做功的介质。由于气体具有很大的可压缩性和膨胀系数,在爆炸的瞬间处于强烈的压缩状态,从而形成很高的压力势能。该压力势能在气体膨胀过程中,迅速转变为机械能。

反应的放热性、快速性和生成大量的气体产物,这三个基本特征构成炸药爆炸的必要条件,称为炸药爆炸的三要素。反应过程的放热性提供了爆炸反应的能源,保障了爆炸反应的连续和传播;反应过程的高速度则使爆炸产物具有极高的能量密度和功率密度,产生大量的气体则是对周围介质做功的介质,爆炸产生的热量通过高温高压气体产物的剧烈膨胀实现能量转换。

1.2.3 炸药化学变化的形式

爆炸并非炸药唯一的化学变化形式。由于环境条件、化学反应的激发条件、炸药性质等的不同,炸药化学变化过程可能以不同的速度进行,在反应性质上也有很大的差异。炸药的化学变化形式有三种:分解、燃烧、爆炸(爆轰)。

1. 分解

炸药在常温条件下会以缓慢速度进行分解反应,环境温度越高,分解越显著。

分解反应的特点是:炸药内部各点温度相同,反应在全部炸药中同时进行,没有集

中的反应区。

分解反应的速度受温度、浓度、压力等环境因素影响，既可以吸热，也可以放热，这取决于炸药类型和环境温度。当温度较高时，所有炸药的分解反应都伴随有热量放出，若放出的热大于散热时，热量聚集会引起反应自动加速，当温度升高到某一定值（爆点）时，热分解就转化为爆炸。

分解反应反映了炸药的化学安定性，影响炸药的储存和使用。

2. 燃烧

燃烧是可燃元素（如碳、氢等）激烈的氧化反应。炸药在热源作用下，也会产生燃烧，与其他可燃物的燃烧的区别仅在于炸药燃烧时不需要外界供氧。

与分解反应不同，炸药燃烧不是在全部分物质内同时展开的，而只在局部区域内进行。进行燃烧的区域称为燃烧区，或称为反应区。反应区以波的形式在炸药中向前传播，称为燃烧波，燃烧波的传播速度就是燃烧速度。

炸药燃烧时，燃烧产物向外部空间排出，燃烧反应区则向尚未反应的炸药内部传播，二者运动方向相反。炸药燃烧主要靠热传导来传递能量，因此燃烧速度不可能很高，一般是每秒几毫米至几百米，低于炸药内的声速。燃烧速度受环境条件影响，特别是压力和温度影响较大，也受炸药的结构、密度和外壳等因素的影响。

炸药在燃烧过程中，若燃烧速度保持定值就称为稳定燃烧，否则就称为不稳定燃烧。

炸药的快速燃烧称为爆燃，速度可达每秒数百米。

3. 爆炸（爆轰）

炸药爆炸的特点是反应区的压力、温度等发生突变，化学反应也只是在局部区域（即反应区）内进行并在炸药内传爆。反应区的传播速度称为爆速。

炸药爆炸以最大而稳定的爆速进行传爆的过程叫做爆轰。这是炸药所特有的一种化学变化形式，爆轰过程与外界的压力、温度等条件无关。

爆轰的传播速度是恒定的，爆炸的传播速度是可变的。就这个意义上讲，爆炸和爆轰并无本质上的区别，可以认为爆炸就是爆轰的一种形式，即不稳定的爆轰。

虽然炸药的爆炸与燃烧都是在炸药局部区域内进行且在其内部传播，但炸药的燃烧过程与爆轰过程有着本质的区别，主要表现在以下几个方面：

（1）传播的性质。燃烧靠热传导传递能量并激起化学反应，而爆炸则是靠瞬间产生的压缩冲击波的作用来传递能量并激起化学反应。

（2）速度。燃烧的传播速度大大低于爆轰波的传播速度。燃烧速度总是小于声波在原始炸药内的传播速度，而爆轰速度总是大于原始炸药内的声速。再者燃烧受环境影响较大，特别是压力条件影响，而爆炸基本上不受环境条件影响。

（3）产物的运动方向。燃烧产物的运动方向与反应区传播方向相反，而爆炸产物的运动方向则与反应区传播方向相同，后者因而可产生很高压力，而火焰区域内燃烧产物的压力大大低于在爆轰波后面的压力。

（4）对外界的作用。燃烧点压力升高不大，在一定条件下才对周围介质产生爆

破作用。爆炸点有剧烈的压力突跃,无须封闭系统便能对周围介质产生强烈的爆破作用。

炸药的上述三种化学变化形式在一定条件下能够相互转化,热分解可发展为燃烧、爆炸。反之,爆炸也可转化为燃烧和热分解。

1.3 爆 破

1.3.1 爆破方法的分类

爆破是指利用炸药的爆炸能量对介质做功以达到预定工程目标的作业。

人类对爆炸的研究与应用渊源于我国黑火药的发明(约公元7世纪)和发展,10世纪,我国已经将黑火药用于军事和烟火。大约在11~12世纪时,黑火药开始传入阿拉伯国家,后(13世纪)传入欧洲。1627年在匈牙利一水平巷道掘进时,首次将黑火药用于破坏岩石,这是第一次使用火药来替代人的体力劳动。1670年以后,爆破技术在欧洲得到了广泛的应用。一直到1865年瑞典化学家阿尔弗雷德·诺贝尔(Alfred Nobel)发明了以硝化甘油为主要组分的代纳迈特(Dynamite)炸药之后,爆破才真正进入了工业化时代。差不多就在诺贝尔发明代纳迈特的时候,奥尔森(Olsson)和诺宾(Norrbein)于1867年发明了硝酸铵和各种燃料制成的混合炸药,奠定了硝酸铵类炸药与硝甘类炸药竞争发展的基础。进入20世纪后,爆破器材和爆破技术得到了进一步的发展。1919年出现了导爆索,1927年在瞬发雷管的基础上成功研制了秒延期电雷管。1956年库克发明了浆状炸药,解决了硝酸铵炸药防水的问题,其后又研制和推广了导爆索起爆系统,1973年瑞典诺贝尔公司研制的导爆管起爆系统进一步增加了起爆的安全性。

爆破所涉及的范围是非常广泛的,爆破方法的分类也因视角和目的的不同而多样,常见的分类方法如下。

1. 按药包形状分类

(1) 集中药包。从理论上讲,这种药包的形状应是球形,实际工程中将药包的形状接近球形和立方体的称为集中药包,包括药包的长度不超过直径(短边)4倍的柱状药包属于集中药包。集中药包的爆炸应力波以球面波向外传播。

(2) 延长药包。也称为柱状药包或条形药包,理论上的延长药包的长度应当远大于药包的直径,爆炸应力波以柱面波的形式向外传播。实际工程中有两种定义方法:定义一是从药包的几何形状和爆炸波传播特性与集中药包截然不同的特点来定义,以药包的长度与直径(或等效直径)的比值为判据,认为当药包长径比 ≥ 8 时即为延长药包;定义二从药包在岩土内爆破所产生的漏斗形状特征和爆破作用特征定义,以药包的长度与最小抵抗线的比值为判据,认为长抗比大于2~2.5时为延长(条形)药包。

(3) 平面药包。理论或真实的平面药包是药包呈平板状,爆轰波应看作是平面波,岩土爆破中的平面药包应在岩体内平行与自由面布置,且药包的边长与最小抵抗线之比满足一定的要求。实际工程中的平面药包是以等效作用的集中或条形药包按一

定极限间距布成一个装药平面，起爆后，布药平面中的每个药室产生的球形或柱形气体腔相互作用首先贯通而沿布药平面形成一个似平面的整体气体腔，实现平面平行抛掷。

2. 按装药方式分类

(1) 硐室爆破。将大量炸药集中装填于按设计开挖的药室中，一次起爆完成大量的土石方爆破方法。

(2) 炮孔爆破。将炸药装填于钻孔中进行破岩的爆破方法，是工程中应用最广的爆破方法。

(3) 裸露爆破。直接将炸药敷设在被爆破物体表面上（有时加简单覆盖）起爆，达到破碎目的的爆破方法。

(4) 形状药包爆破。将炸药做成特定形状的药包，用以达到某种特定的爆破作用的爆破方法。

3. 按爆破作业性质分类

(1) 露天爆破。包括硐室爆破、深孔台阶爆破、浅孔爆破、石方爆破、沟槽爆破等。

(2) 地下爆破。包括井巷掘进爆破、隧道掘进爆破、地下洞室开挖爆破、地下采矿爆破等。

(3) 水下爆破。包括水下炸礁爆破、岩塞爆破、爆炸软基处理爆破、爆夯等。

(4) 拆除爆破。包括建筑物拆除爆破、构筑物拆除爆破、水压爆破等。

(5) 特种爆破。包括爆炸加工、爆炸焊接、爆炸合成等。

此外，工程应用中，常用的爆破作业还可按爆破技术分类，如松动爆破、抛掷爆破、定向抛掷爆破、预裂和光面爆破、毫秒延迟爆破、控制爆破、聚能爆破等。

1.3.2 爆破作业的特点

1. 爆破作业的审批许可

爆破作业是一种高风险的涉及爆炸物品的特种行业，《民用爆炸物品安全管理条例》规定：国家对民用爆炸物品的生产、销售、购买、运输和爆破作业实行许可证制度。炸药和起爆器材的生产、储存、购买、运输、使用都必须遵守中华人民共和国《民用爆炸物品安全管理条例》和《爆破安全规程》的有关规定，爆破作业和爆破器材使用应当得到审批许可。

2. 爆破工程分级

《爆破安全规程》(GB 6722—2003)规定，对于拆除爆破和硐室爆破、大药量深孔爆破（露天、地下、水下）、复杂环境深孔爆破、城镇浅孔爆破等都实行分级管理。

根据《爆破安全规程》(GB 6722—2003)规定，爆破工程分级见表 1-1。

表 1-1 爆破工程分级

爆破工程类别	爆破工程按药量 Q (t) 与环境分级			
	A	B	C	D
硐室爆破*	$1000 \leq Q < 3000$	$300 \leq Q < 1000$	$50 \leq Q < 300$	$0.2 \leq Q < 50$
露天深孔爆破	—	$Q \geq 200$	$100 \leq Q < 200$	$50 \leq Q < 100$
地下深孔爆破	—	$Q \geq 100$	$50 \leq Q < 100$	$20 \leq Q < 50$
水下地下深孔爆破	$Q \geq 50$	$20 \leq Q < 50$	$5 \leq Q < 20$	$0.5 \leq Q < 5$
复杂环境深孔爆破	$Q \geq 50$	$15 \leq Q < 50$	$5 \leq Q < 15$	$1 \leq Q < 5$
拆除爆破	$Q \geq 0.5$	$0.2 \leq Q < 0.5$	$Q < 0.2$	—
城镇浅孔爆破	—	环境十分复杂	环境复杂	环境不复杂

说明：* 一次用药量大于 3000t 的硐室爆破应由业务主管部门组织专家论证其必要性，其等级按照 A 级管理。
装药量小于 200kg 的小硐室爆破归入蛇穴爆破。

爆破作业环境包括三种情况：环境十分复杂指爆破可能危及国家一、二级文物，极重要设施，极精密贵重仪器及重要建（构）筑物等保护对象的安全；环境复杂指爆破可能危及国家三级文物、省级文物、居民楼、办公楼、厂房等保护对象的安全；环境不复杂指爆破只可能危及个别房屋、设施等保护对象的安全。

《爆破安全规程》规定，拆除爆破的分级还与建筑物的高度有关，拆除的楼房超过 10 层，厂房高度超过 30m，烟囱高度超过 80m，塔高度超过 50m，属于 A 级拆除爆破。

3. 爆破作业单位分级

按照《爆破安全规程》（GB 6722—2003）规定爆破作业单位分 A 级、B 级、C 级和 D 级四级，爆破作业单位应当按照其资质等级承接爆破作业项目，爆破作业人员应当按照其资格等级从事爆破作业。

爆破作业单位实施爆破作业项目前，应按规定办理审批手续，批准后方可实施爆破作业。

4. 爆破作业人员

爆破作业人员指从事爆破作业的爆破工程技术人员、爆破员、安全员和保管员；管理人员指爆破技术负责人，爆破段（班）长、爆破器材库主任。

爆破工程技术人员按高级、中级、初级三个级别实行分级管理。

1.3.3 爆破工程作业流程

爆破工程的作业程序可以分为以下三个阶段。

1. 工程准备及爆破设计阶段

工程准备及爆破设计阶段包括工程资料的收集、爆破方案的确定、爆破技术设计、工程爆破项目和设计的审查与报批，同时着手工程的施工组织设计和施工准备。

2. 施工阶段

施工阶段指按施工组织设计制订的施工方法、施工顺序和施工进度以及安全保障体

系、质量检查体系、设计反馈体系精心施工的阶段。如钻孔爆破中的布孔、钻孔，硐室爆破中的导硐和药室开挖，拆除爆破中的预处理、钻孔和防护阶段。

3. 爆破实施阶段

爆破实施阶段，即施爆阶段，包括施爆指挥组织系统的组成、装药和填塞、爆破网路连接、防护、警戒、起爆、爆后安全检查、事故处理以及爆破后的总结等。

一般爆破的作业流程见图 1-1。

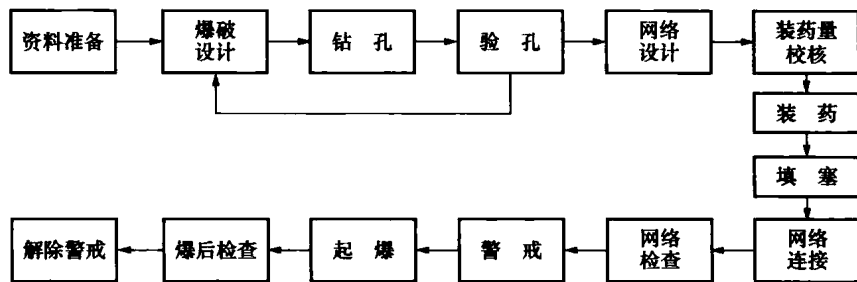


图 1-1 爆破作业流程图

思考题

1. 什么是爆炸？
2. 炸药爆炸三要素是什么？
3. 炸药化学反应的四种基本形式是什么？
4. 按照不同的爆破作业性质，爆破方法包含哪些？
5. 为何进行爆破作业的分级制度？
6. 爆破工程作业流程有哪些？