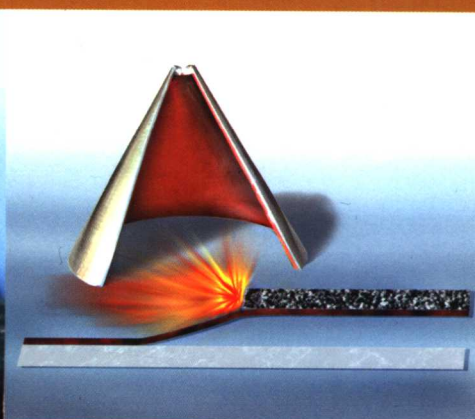
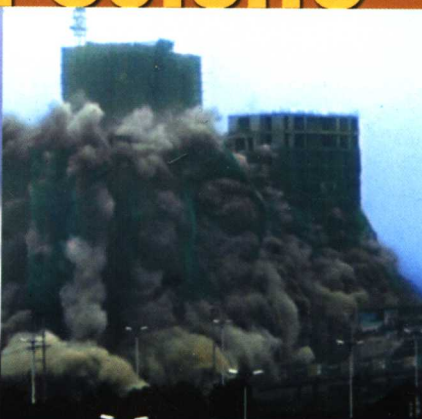


JINDAIBAOPUJISHU



天生 陈爱武 王凤英 等编著

近代爆破技术



兵器工业出版社

近代爆破技术

刘天生 陈爱武 王凤英
李如江 高永宏 张晋红 宋肯彭 编著

兵器工业出版社

内容简介

本书主要介绍了接触爆炸作用的理论、爆破作用原理和爆破技术。主要包括：爆炸的直接作用；爆破工程地质；起爆方法；定向爆破、硐室爆破、深孔爆破、拆除爆破、水下爆破、特种爆破等机理及爆破安全技术；常用爆破器材与性能测试等。

本书可作为高等院校兵工、民爆、土木工程、安全类有关专业的教材或教学参考书，也可供相关专业、科研院校、企业及施工单位科技人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

近代爆破技术/刘天生, 陈爱武, 王凤英等编著. —北京: 兵器工业出版社, 2007. 2

ISBN 978 - 7 - 80172 - 791 - 6

I. 近... II. ①刘... ②陈... ③王... III. 爆破技术 IV. TB41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 137627 号

出版发行: 兵器工业出版社

发行电话: 010 - 68962596, 68962591

邮 编: 100089

社 址: 北京市海淀区车道沟 10 号

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市艺辉印刷有限公司

版 次: 2007 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

印 数: 1—2050

责任编辑: 常小虹

封面设计: 李 晖

责任校对: 郭 芳

责任印制: 赵春云

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 22.25

字 数: 600 千字

定 价: 29.00 元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

前 言

爆破技术经过几百年的历史，近年来高难度和高精度的爆破技术正在不断发展和创新之中，各种爆破新技术成果层出不穷，如聚能爆破、爆炸合成新材料等，并广泛应用于工业、农业、交通、国防等现代化建设中，对人类的物质财富和社会发展起了十分重要的作用，极大推动了我国现代化建设的进程。当前，在我国高等工科院校中已有多个专业设有“爆破工程技术”课程，因此，为适应教学的需求，培养现代化建设的高级专业人才，特编写了本书。

本书是在爆破工程专业课讲义的基础上，将先进的爆破理论基础知识、设计思想、工程方法、技术手段和科研成果以及大量的工程实践相结合，并吸收了国内外近年来的有关文献和资料编著而成。全书共分十三章，第一章介绍爆破技术在国民经济建设中的作用；第二章介绍爆炸的直接作用，以及岩石中的爆炸作用原理；第三章介绍爆破工程地质；第四章介绍电、非电等起爆方法；第五章介绍定向爆破的基本原理及设计方法；第六章介绍硐室爆破的设计以及药包布置方法；第七章为露天深孔爆破的方法，并结合实例介绍了深孔定向爆破；第八章介绍了拆除爆破设计原理及爆破参数设计，并简单介绍了水压拆除爆破的设计原理和方法；第九章为水下爆破的理论基础及设计方法；第十章特种爆破，介绍了爆炸加工、爆炸合成新材料、爆破打井、聚能爆破等技术；第十一章介绍爆破安全技术；第十二章介绍常用爆破器材；第十三章为常用爆破器材性能测试。由刘天生、陈爱武、王凤英、李如江、高永宏、张晋红、宋肯彭编写。在这里向支持教材编写的专家和学者表示诚挚的感谢。

本书主要是为高等院校和科研院所爆破工程及技术等相关专业编著的教材，也可供兵器工程、军事工程及其他相关科研技术人员参考。由于编者水平有限，疏漏失误之处在所难免，恳请读者把发现的缺点和错误通过电子邮箱 zjh54zjh@163.com 及时通知编者，以便再版时加以修改和更正。谢谢！

编 者
2006 年 10 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 近代爆破技术在国民经济建设中的作用和意义	1
第二节 工程爆破方法和技术	2
第三节 爆破技术的发展	6
复习题	9
第二章 爆炸的直接作用	11
第一节 气体一维等熵流动微分方程式的解	11
第二节 凝聚体炸药爆轰波参数的计算	13
第三节 接触爆炸时的压力和冲量计算	16
第四节 聚能爆炸作用	19
第五节 岩石中的爆破作用原理	24
复习题	39
第三章 爆破工程地质	41
第一节 概述	41
第二节 岩石性质及工程分级	41
第三节 地质构造	52
第四节 地质条件对爆破作用的影响	54
第五节 爆破作用引起的工程地质问题	65
复习题	66
第四章 起爆方法	67
第一节 概述	67
第二节 非电起爆法	67
第三节 电起爆法	73
第四节 其他起爆法	86
复习题	88
第五章 定向爆破	89
第一节 爆破基本原理	89

第二节	药包计算原理	91
第三节	爆破设计概述	102
复习题		112
第六章	硃室爆破	113
第一节	概述	113
第二节	硃室爆破的药包布置	117
第三节	爆破参数选择和设计计算	122
第四节	施工设计	132
第五节	运城—三门峡高速公路大爆破工程	135
复习题		143
第七章	深孔爆破	144
第一节	概述	144
第二节	露天深孔爆破法	145
第三节	深孔定向控制爆破技术	157
复习题		164
第八章	拆除爆破	165
第一节	概述	165
第二节	拆除爆破设计原理和方法	166
第三节	拆除爆破设计参数的选择	168
第四节	炮眼布置与分层装药	170
第五节	拆除爆破的装药量计算	172
第六节	拆除爆破的施工及安全防护	176
第七节	工程实例	180
第八节	水压拆除爆破	183
第九节	静态破碎法	192
复习题		196
第九章	水下爆破	197
第一节	概述	197
第二节	水下爆炸的理论基础	198
第三节	水下爆破设计与施工	202
第四节	水下爆破的安全与防护	214
复习题		217
第十章	特种爆破	218
第一节	爆炸加工	218

第二节	爆炸合成新材料·····	230
第三节	爆破打井·····	235
第四节	聚能爆破·····	240
复习题	·····	241
第十一章	爆破安全技术 ·····	242
第一节	外来电流的危害与预防·····	242
第二节	爆破地震效应·····	254
第三节	爆炸空气冲击波·····	261
第四节	飞石和有毒气体·····	266
第五节	盲炮的预防与处理·····	268
复习题	·····	270
第十二章	常用爆破器材 ·····	271
第一节	工业炸药的分类及硝酸铵·····	271
第二节	硝铵类炸药·····	275
第三节	硝化甘油类炸药与其他·····	284
第四节	煤矿许用炸药·····	285
第五节	工业雷管·····	289
第六节	索状起爆材料·····	297
复习题	·····	305
第十三章	常用爆破器材性能测试 ·····	306
第一节	炸药性能测试·····	306
第二节	雷管性能测试·····	310
第三节	导火索性能测试·····	316
第四节	导爆索性能测试·····	317
第五节	导爆管性能测试·····	320
复习题	·····	325
附录 A	《中华人民共和国国家标准》普通导爆索 ·····	326
附录 B	《中华人民共和国国家标准》工业电雷管 ·····	332
附录 C	常用爆破术语汉英对照 ·····	339
参考文献	·····	348

第一章 绪 论

第一节 近代爆破技术在国民经济建设中的作用和意义

近代爆破技术 (modern blasting technology) 是以工程建设为目的的一项科学工程技术, 它作为工程施工的一种手段, 直接为国民经济建设服务。它已被广泛应用于能源开发、交通建设、矿山开发、地质勘探、农田水利治理等方面, 涉及煤炭、冶金、石油、化工、交通、铁路、水利、电力、农业、林业、建材、核工业、机械加工、城市建设等重要领域。

近代爆破技术与其他爆破 (如军用爆破) 不同, 它是以破碎的形式达到新的建设为目的, 例如, 一次定向爆破破坏了原有山地的地形, 却建成了新的可以蓄水灌溉和发电的水库或可以通过车辆的路堤; 一次土石方大爆破炸掉了一座或半座山头, 却建成了铁路或公路的路堑; 水下爆破则能炸除礁石或加深河道, 有利于船舶的航行; 房屋或其他建筑物的拆除爆破, 也是为了要在原有地面建设新的厂房或居民建筑。

建国以来, 在我国进行过装药量在万吨以上的土石方大爆破三次; 千吨级以上的爆破十多次; 百吨级的爆破数达千次之多。用定向爆破技术筑成的水利坝、尾矿坝、拦灰坝和交通路堤有五六十座, 其中千吨级的大坝有两座。创造出许多爆破新技术和新工艺, 解决了许多工程建设中的技术难题, 为社会主义建设做出了新的贡献。

作为爆破技术能源的工业炸药 (industrial explosive), 其前身是黑火药 (black powder), 远在 9 世纪的唐代就出现了完整的黑火药的配方。因此, 黑火药是世界公认的我国对人类文明做出了重大贡献的四大发明之一。虽然 17 世纪就有了利用黑火药开采矿石的记载, 其后又有了许多专家学者研究爆破技术的著作和设计计算公式, 然而爆破技术的大发展和推广应用, 却是在 19 世纪末随着许多新品种工业炸药的发明才兴旺起来的。在我国则是随着新中国的建立而迅速发展起来的。

以美国 1978 年市场供应炸药量及其在各产业部门分配比例来看, 可以对照地看出我国爆破技术在几个重要部门所占的比重。美国当年销售炸药 159.4 万吨, 其中用于煤炭开采的占 55%, 金属矿山占 17%, 非金属矿山占 16%, 工业建筑及其他占 12%。

1997 年我国生产的爆破器材如工业炸药 130 余万吨, 雷管 20 多亿发, 导火索 60 多亿米, 石油射孔弹 400 多万发, 具体比例见图 1-11。当今中国的用量已超过美国。

上面所述只是几个主要工业部门使用爆破技术的规模和比重, 这仅仅是问题的一个方面。在国民经济建设的其他部门也在进行经常性的爆破作业, 特别是近年来由于爆破器材和施工机具的新发展, 爆破技术得到了迅速的提高, 不断地扩大应用范围, 深入到工程应用的各个领域, 为国民经济建设做出了重大贡献。

“八五”以来许多工厂企业进行了改建、扩建和拆迁, 许多城市也在进行改建和扩建,

控制爆破的技术应用得到了空前的发展。一段时间内，各地爆破公司如雨后春笋般地蓬勃发展起来，全国已有数百家专业爆破技术公司，这也足以说明爆破技术目前受到的欢迎和重视的程度。

城市拆除爆破（demolition blasting）的对象多种多样，有工业厂房和居民楼、高大的烟囱、水塔，也有牢固坚实的机床基础，还有废弃的军事堡垒和人防工事等。在城市和厂区进行爆破，在技术上的要求与野外的爆破工程有着很大差别。它首先要求保证周围人和物不受损害；其次是爆破药量不能过多，而装药的炮孔数量却远远超过野外的土石方爆破，至今已积累了一次准确起爆 12000 个炮孔的经验。城市控制爆破技术的发展，不仅把过去危险性大的爆破作业由野外安全可靠地推进到了人口密集的城镇，更重要的是创造了许多新技术、新工艺和新的经验。

可以认为，现代爆破技术已深入应用到我国国民经济的各个部门并取得了喜人的成就。诸如矿山部门用以揭开矿石覆盖层，变地下采矿为露天开采的大量爆破；地下巷道的掘进和矿石开采的爆破；水利部门用以筑坝的定向爆破和打开水库引水隧洞的岩塞爆破；铁道交通部门的路堑爆破，填筑路堤和软土、冻土地带的爆破；石油化工部门埋设地下管道和过江管道以及处理油井卡钻事故的爆破；还有水下炸礁、疏浚河道和为压实软土的水下码头、堤坝地基处理的水下爆破等，都是经常使用的爆破方法。此外，近年来利用炸药爆炸原理在机械工业部门加工处理机械零部件的爆炸加工方法，为表面硬化的金属淬火处理，不同材质的金属爆炸焊接等新技术，在理论和经验方面都取得了很大的成就。至于医学上用爆炸方法破碎膀胱结石的报道，几年前就已见诸报端了。

第二节 工程爆破方法和技术

爆破技术作为一项科学技术的出现是随着社会生产实践发展起来的。爆破技术的目的是在破坏中求建设，是为了特定的工程项目而进行的，爆破的结果必须满足该工程的设计要求，同时还必须保证其周围的人和物的安全。这就意味着爆破工程师除了应用一般的爆破方法去进行爆破施工外，还应掌握一定的技术手段才能达到所进行的工程目的。

一、爆破的基本方法

爆破方法通常按药包形状和装药方式与装药空间形状的不同可分为两大类。

（一）按药包形状分类

按药包形状分类即按炸药的爆炸作用及其特性进行分类。按此法又可分为四种：

（1）集中药包法（concentrated charge method）。从理论上讲，这种药包的形状应是球形体，起爆点从球体的中心开始，爆轰波按辐射状以球面形式向外扩张，即爆炸作用以均匀的分布状态作用到周围的介质上。然而在工程实际中几乎不可能将药包加工成这种形状，因此习惯上是把药包做成正立方体或长方体形状，长方体的最长边不超过最短边的 4 倍。通常把集中药包的爆破叫做药室法和药壶法。

（2）延长药包法（extended charge method）。也称为柱状药包法（column charge method），即把炸药包做成长条形，可以是圆柱状也可以是方柱状，这根据施工条件来决定。从爆炸作用来看，延长药包的爆轰波是柱状形式，即以柱面波向四周传播并作用到周围介质上。习惯

上把药包长度大于最短边或直径4倍的药包叫做延长药包。但是实践表明，真正起延长药包爆破作用的药包，其长度要大于17~18倍药包直径。在实际应用中，深孔法、炮眼法和药室爆破中的条形药包爆破法都属于延长药包法。

(3) 表面药包法。这种药包的爆破不同于前述两种方法，它不需钻孔也不需掏挖药室，而是直接将炸药敷设在介质表面，因此爆炸作用只是在介质接触药包的表面上，大多数能量都散失到空气中去了，所产生的爆轰波应看作是平面波。在工程中，一般将药包做成厚度约为直径 $1/4 \sim 1/3$ 的圆饼状，如果将炸药预先做成油毛毡或地毯形状，应用时将其切割成块，包覆在介质表面，这就是加工机械零部件时所谓的爆炸加工法。

(4) 成型药包法。这是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。应用最广的是聚能爆破法，把药包外壳的一端加工成圆锥形或抛物面形的凹穴，使爆轰波按圆锥或抛物线凹穴的表面聚集在它的焦点或轴线上，形成高能射流，击穿与它接触的介质某一特定部位。这种药包在军事上用作穿甲弹以穿透坦克的甲板或其他军事目标；在工程上用来切割金属板材、大块的二次破碎以及在冻土中穿孔等。

(二) 按装药方式与装药空间形状的不同分类

按装药方式与装药空间形状的不同又可分为四种爆破方法：

(1) 药室法 (chamber method)。这是大量土石方挖掘工程中常用的爆破方法。它的优点是，需要的施工机具比较简单，不受地理和气候条件的限制，工程数量越大越能显示出高工效。一般来说，药室法爆破根据在岩体内开挖药室体积的大小，还可分为大型药室法、小型药室法和条形药室法三种，每个药室装入的炸药的容量，小到几百公斤，大到几百吨，条形药室的容量可大到几千吨，我国曾进行过几次千吨和万吨级的大爆破。

(2) 药壶法 (pocket shot method)。即在普通炮孔的底部，装入小量炸药进行不堵塞的爆破，使孔底逐步扩大成圆壶形，以求达到装入较多药量的爆破方法。药壶法属于集中药包类，适用于中等硬度的岩石爆破，能在工程数量不大，钻孔机具不足的施工条件下，以较少的炮孔爆破，获得较多的土石方量。随着现代机械化施工水平的提高，药壶爆破的运用面有所缩小，但仍为某些特殊条件的工程所采用。

(3) 炮孔法 (borehole method)。通常根据钻孔孔径和深度的不同，把孔深大于4m，孔径大于50mm的炮孔叫做深孔爆破，反之称为浅孔爆破或炮眼法爆破。从装药结构看，这是属于延长药包一类，是爆破技术中应用最广、数量最大的一种爆破方法。

(4) 裸露药包法。这是一种最简单最方便的爆破施工方法。进行裸露药包法爆破作业不需钻孔，直接将炸药敷设在被爆破物体表面并加以简单覆盖即可。这样的爆破方法对于清除危险物、交通障碍物以及破碎大块石的二次爆破是简便而有效的，虽然它的炸药爆炸能量利用率低，应用数量不大，使用的机会也不多，但至今仍不失其使用价值。

以上几种爆破方法在国民经济建设中所占比重，可以从苏联1970年全苏爆破工业总公司的统计数字表明如下（按完成土石方量计）：

药室法爆破	5.3%
药壶法爆破	8.7%
炮孔法爆破	85.8%
裸露药包法爆破	0.2%

以上数字表明，炮孔法（包括深孔和浅孔）爆破占了85.8%，是绝对多数。如果与我

国情况相比较,可能各种爆破方法所占的百分数不尽相同,但总的趋势是相差不远的。

对于爆破工作者来说,掌握上述几种爆破方法并不困难,但要灵活运用这些方法去解决爆破技术中的各种复杂的工程问题,却有相当的难度。不能不承认,熟练地掌握各种爆破技术,既要具有一定的数学、力学、物理、化学和工程地质知识,还要有一定的施工工艺经验的积累。一个好的爆破工程师,首先应熟悉各种介质的物理力学性质、爆破作用原理、爆破方法、爆破参数的计算原理、施工工艺方面的知识,同时还要熟知爆破时所产生的地震波、空气冲击波、碎块飞散和破坏范围等爆破作用规律,以及相应的安全防护知识。

二、爆破技术

常用的爆破技术主要有以下几种:

(1) 定向爆破 (direction blasting) 使爆破后土石方碎块按预定的方向飞散、抛掷和堆积,或者使被爆破的建筑物按设计方向倒塌和堆积,都属于定向爆破范畴。土石方的定向抛掷要求药包的最小抵抗线或经过改造后的临空面而形成的最小抵抗线的方向指向所需抛掷、堆积的方向;建筑物的定向倒塌则需利用力学原理布置药包,以求达到设计目的。

定向爆破的技术关键是要准确地控制爆破时所要破坏的范围以及抛掷和堆积的方向与位置,有时还要求堆积成待建构筑物的雏形(如定向爆破筑坝),以便大大减少工程费用和加快建设进度。对大量土石方的定向爆破通常采用药室法或条形药室法;对于建筑物拆除的定向倒塌爆破,除了合理布置炮孔位置外,还需从力学原理上考虑爆破时各部位的起爆时差、受力状态以及对旁侧建筑物的危害程度等一系列复杂的问题。

(2) 预裂、光面爆破 (presplitting, smooth blasting) 常常把预裂和光面两种爆破技术并提,这是由于两者的爆破作用机理极相同的缘故,光面、预裂爆破的目的在于爆破后获得光洁的岩面,以保护围岩不受到破坏。二者的不同在于,预裂爆破是要在完整的岩体内,在爆破开挖前施行预先的爆破,使沿着开挖部分和不需要开挖的保留部分的分界线裂开一道缝隙,用以隔断爆破作用对保留岩体的破坏,并在工程完毕后出现新的光滑面。光面爆破则是当爆破接近开挖边界线时,预留一圈保护层(又叫光面层),然后对此保护层进行密集钻孔和弱装药的爆破,以求得到光滑平整的坡面和轮廓面。

(3) 微差爆破 (short delay blasting) 微差爆破是一种巧妙地安排各炮孔起爆次序与合理时差的爆破技术,正确地应用微差爆破能减少爆破后出现的大块率,减少地震波、空气冲击波的强度和碎块的飞散距离,得到良好的便于清挖的堆积体。

掌握微差爆破技术的关键是时间间隔的选择,合理的时差能保证良好的爆破效果,反之就造成不良后果,达不到设计目的,甚至出现拒爆、增大地震波的危害等事故。近几年来我国制造出了非电毫秒雷管,结合非电导爆管起爆网路的创新,可以在通常出厂的15段或20段毫秒系列非电雷管的基础上组合成更多段的微差起爆网路,1986年葛洲坝围堰爆破,创造了将3000多炮孔分为300多段起爆的成功经验。

微差爆破技术目前在露天及地下开挖和城市控制爆破中已普遍采用,大型药室法爆破的定向爆破筑坝也开始应用了。着眼将来,这种技术还有更为广阔的发展前途。

(4) 控制爆破 (controlled blasting) 近年来我国爆破界突起一支新的技术队伍,各地

成立了许多专业的爆破公司。这些公司大多数专营城市拆除爆破业务，是适应许多新老企业新建、改建、拆迁的需要应运而生的。

城市拆除爆破只是控制爆破领域内的一个组成部分。严格地说，凡属爆破技术都是有控制的爆破，但是我们这里所指的控制爆破范围要狭小的多，甚至比国外习惯把光面、预裂爆破归入这类的范围还要小。我们认为，控制爆破的含义只要求它满足控制爆破的方向、倒塌范围、破坏范围、碎块飞散距离和地震波、空气冲击波等条件。当然它的应用就不应该只是城市和工厂企业等人口稠密地区这样的工程范围了。

实现控制爆破的关键在于控制爆破规模和药包重量的计算与炮孔位置的安排，以及有效的安全防护手段。进行控制爆破不一定只用炸药作为唯一的手段，因此，近些年来社会上出现的燃烧剂、静态膨胀破碎剂以及水压爆破，都可以归纳为控制爆破之内，使用时可以根据爆破的规模、安全要求和被爆破对象的具体条件选择合理有效的爆破方法。

(5) 聚能爆破 (shaped charge blasting) 多少年来炸药爆炸的聚能原理和它所产生的效应，只是用作穿甲弹的军事目的，近年来才逐渐转为民用，从而可以列入爆破技术的范畴之内。例如利用聚能效应在冻土内穿孔，为炼钢平炉的出钢口射孔，为石油井内射孔或排除钻孔故障以及切割钢板等。

聚能爆破与一般的爆破有所不同，它只能将炸药爆炸的能量的一部分按照物理学的聚焦原理聚集在某一点或线上，从而在局部产生超过常规爆破的能量，击穿或切断需要加工的工作对象，完成工程任务。由于这种原因，聚能爆破不能提高炸药的能量利用率，而且需要高能的炸药才能更显示聚能效应。因此，目前聚能爆破由于经济原因，在工程上还没能普遍推广应用。

聚能爆破技术的使用要比一般的爆破技术要求严格，必须按一定的几何形状设计和加工聚能穴或槽的外壳，并且要使用高威力的炸药。

(6) 水下爆破 (submarine blasting) 水下爆破是爆破工程中的一个重要分支，它与水上（即陆上）爆破的区分是以水面作为标志。凡是在水面以上进行的爆破作业叫做水上爆破，也就是陆上爆破；凡是在水面以下进行的爆破作业叫做水下爆破。

随着我国国民经济建设的发展，需要兴建和改造大量的港口码头，要建筑各种水利电力设施，对旧的航道要进行疏浚和加深。上述这些工程都要求在水下的岩层中进行大量的开挖工作，只有采用水下爆破方法才能有效地高速地完成生产建设任务。

(7) 其他特殊条件下的爆破技术 爆破工作者有时会遇到某种不常见的特殊问题，用常规施工方法难以解决，或因时间紧迫以及工作条件恶劣而不能进行正常施工，这时需要 we 们根据自己所掌握的爆破作用原理与爆破技术的基础知识，大胆地设想采用新的爆破方案，仔细地进行设计计算，有条件时还可以进行必要的试验研究，按照精心设计、精心施工的精神组织工程施工，解决当前的工程难题。之所以提出这样的要求，是因为爆破工程与其他工程有所不同，效果的表露在 1~2s 之内就能显现，然而不恰当的爆破，后果却会造成很严重的影响，甚至难以采取补救措施。

国内外爆破技术史有不少特殊爆破的记载和资料，其中较多的是抢险救灾，如森林灭火、油井灭火、抢堵洪水和泥石流等；其次为疏通被冰凌或木材堵塞的河道，水底炸礁或清除沉积的障碍物，处理软土地基或液化地基，切除桩头、水下压缩淤泥地基，排除悬石危石以及炸除烧结块或炉瘤等，都曾有过成功的先例。

总之，现代爆破技术的发展，完全有可能利用炸药的爆炸能量去代替大量机械或人力所难以完成的工作，甚至超越人工所能去为社会主义建设服务。

第三节 爆破技术的发展

一项技术的发展是和时代的需要与当时其他工业领域的水平密切相关的，爆破技术的发展也不例外。我国工业爆破在建国以来所走过的历程，很能说明这个问题。

20 世纪 50 年代初期，炸药品种比较单一，施工机械比较缺少，机械化施工的程度不高而又有大量的土石方工程需要完成，因而药室法大爆破差不多成了解决土石方数量较为集中的开挖工作的唯一手段。此后，随着国民经济建设的需要和科学技术的发展，深孔爆破和其他爆破技术得到蓬勃的发展，近年来，由于厂矿和城市的需要，城市拆除的控制爆破又应运而生，当今控制爆破技术的应用越来越广泛。

一、爆破器材发展

爆破器材 (blasting material) 行业共有职工 20 多万人，固定资产约上百亿元。爆破器材主要有工业炸药、工业雷管、工业导爆索、工业导爆管、聚能射孔器材 (石油射孔弹)、震源药柱、起爆具、矿岩破碎具、平炉出钢口穿孔弹、石油破裂管、雪花爆压弹等 19 大类 28 个系列 110 多个品种。工业炸药年生产能力约 100 多万吨，工业雷管年生产能力超过了 23 亿发。

作为爆破技术的能源，近年来出现了一些威力大、抗水性高、使用安全和价格低廉的新品种炸药，如浆状、水胶、乳化炸药 (emulsion explosive) 等，从而代替了长期使用的具有抗水性但其价格昂贵、操作危险的硝化甘油炸药 (nitroglycerine explosive)，为在潮湿和有水地区应用爆破技术开创了有利条件，小直径药卷的低爆速、低威力炸药对开展光面、预裂爆破准备了物质基础，为露天和地下开挖创造了显著的经济效益。

塑料导爆管和非电毫秒雷管在我国开始生产以来，短短十数年内就把爆破技术推进到了一个新的发展阶段，不但使过去只在野外进行的爆破工程迈进了人口密集的繁华都市，还为拆除高大建筑物的爆破增加了准确控制的技术条件。目前爆破器材正朝着高安全性方面发展，如无起爆药雷管等。

二、施工机具发展

机械化施工的劳动效率大大地高于人工的体力劳动效率，这是众所周知的事实，但是施工机具的改善和新型机械的出现，往往引起生产上或技术上的革新，例如在用人工打眼或绳索式冲击钻机钻孔的年代，推广深孔微差爆破就有很多困难，更不用说要采用光面、预裂等类需要密集钻孔的爆破新技术了。

在 20 世纪 50 年代就出现了高效率的潜孔钻机，以及稍后的牙轮钻机和高频冲击的风动钻机，钻孔效率成倍增长，使爆破工程进行钻孔作业变得容易多了，需要人工体力劳动强度大的药室法大爆破就不大被人们注意了，至于要求繁琐的扩孔爆破作业的药壶法爆破，再也不被施工作业人员所重视了。

目前最常使用的潜孔钻机有以下几种：

JKZ100 型潜孔钻机（如图 1-1 所示）适用于中硬岩石，钻孔直径可到达 85 ~ 130mm，深度可达 23 ~ 30mm，是一种新型高效的凿岩设备。广泛地用于露天矿山、水利、建筑等工程的各类岩层中钻凿大直径的深孔。它的特点具有较高的凿岩效率；以压缩空气为动力源，动力单一、安全可靠；结构简单，使用方便，辅助时间短、质量轻。综合了国内各种小型潜孔钻机的优点。

T-100 型高气压形钻机（如图 1-2 所示）适用于深孔凿岩，钻孔直径可达 75 ~ 127mm，深度可达 40 ~ 60mm。该设备易于操作，可靠性高、穿孔效率高、成孔质量好；可在方便位置远程操作，安全可靠；结构紧凑，具有优越的机动性和快速的行走功能；作业成本低；能耗小；噪声低；维修方便。该机适用于井下高阶段中深环形（全方位）孔的凿岩作业，尤其适用于上向孔凿岩。

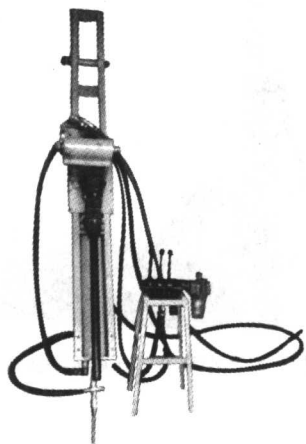


图 1-1 JKZ100 型潜孔钻机



图 1-2 T-100 型高气压形钻机

LT100B 系列轻型潜孔钻机适用于各种岩石，钻孔直径可达 20 ~ 30mm，深度可达 90 ~ 105mm。它是用气动马达驱动回转，汽缸直接推进凿岩钻孔设备。机型有支架式、轮胎式、立柱式（如图 1-3 所示）等型式。其工艺稳定，性能可靠，动力单一，体积小，质量轻、效益高，是小型矿山用采石厂，中小型土石方开挖工程中理想的钻孔设备，也是大、中型矿山及工程施工中不可缺少的辅助钻孔设备。

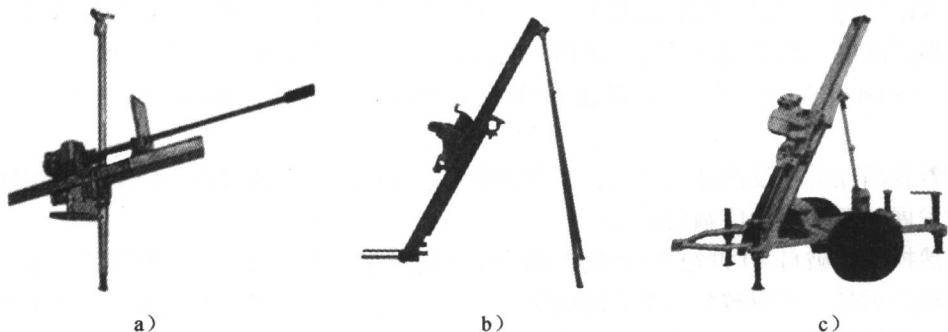


图 1-3 LT100B 系列潜孔钻机
a) 立柱式；b) 支架式；c) 轮胎式

三重机全液压旋挖掘机（如图 1-4 所示）利用液压传动技术，采用模块化组合和 PLC 编程电控制系统，ECM 电子监控、对整机各种工况及液压系统进行综合监控，使各系统完美匹配。在工作性能上，它能适用于宽广的施工要求，在操作环境上采用人性化机电一体化设计，人机工程学设计的操作平台，操作便捷直观。其强劲的输出扭矩和进给加压力确保 I ~ III 级土壤的施工。

CZ351 高风压露天潜孔钻机（如图 1-5 所示）适用于大中型石方开挖工程以及公路、铁路、矿山建设工程中，钻孔直径可达 105 ~ 165mm，深度可达 100 ~ 150mm。该钻机采用美国先进技术设计制造而成，它装有大功率马达以及先进的 DHD 或 QL 系列冲击器，使用风压可达 2.46MPa。在中硬岩石的凿岩速度可达 20 ~ 30m/h。



图 1-4 三重机全液压旋挖掘机



图 1-5 CZ351 高风压露天潜孔钻机

三、爆破技术的研究及应用

有了新型的爆破器材和施工机具，极大地促进了爆破技术的发展，近年来我国爆破事业处于兴旺发达的繁荣景象之中。这表现在获得国家科技进步奖中一、二、三等奖的爆破科研项目有近十项之多，一些科学技术成果，如乳化炸药、无起爆药雷管的生产以及一些爆破工程项目，已与国外公司签了合同，为我国爆破技术进入国际市场开阔了前进道路。

在学术组织方面，除了中国力学学会爆破技术专业委员会这个全国性的学会外，几个工业系统，如冶金、煤炭、水电、铁道等学会下面都建立了学术专业组，湖北、云南、四川、西安等省市还建立了地方性的爆破学会，出版了专业性的刊物、文集，这些对爆破理论的深入研究和爆破事业的发展起了良好作用。北京理工大学、南京理工大学、中北大学、太原理工大学、中国矿业大学等大学以及军事院校都培养了大批的爆破理论及技术的专门人才。

随着我国经济建设的蓬勃发展，像多段非电起爆网络技术的成功，定会为我国微差爆破技术的发展，开辟更为广阔的前景。

虽然控制爆破自 20 世纪 70 年代末期普遍开展以来，为城市及工厂的拆迁、改建工程做出了重要的贡献，用爆破方法拆除的房屋、厂房、烟囱、人防工事以及其他种类的建筑物和构筑物已经遍及全国各大、中城市，技术上也已趋于成熟。但技术的发展是没有止境的，由于我国过去建筑的特点，而对于某些潜在危险性大的建筑物，如 100m 以上的高烟囱的定向倒塌，因缺少实践的机遇，必须在探索中予以突破。有些建筑物的拆除爆破，由于没有很好

地从力学上加以分析研究，因此，不乏失败的事例，甚至造成伤亡事故。还有一些特殊条件下的爆破问题，如水下拆船、水下或地面软弱地基的加固处理等类工程，如果能成功地采用爆破技术，将会获得巨大的经济效益和社会效益。爆破技术在医疗、地质勘探、油气井开采以及在其他新领域的理论与实践的探索研究。这些都需要爆破工作者进一步探索和解决。

复 习 题

- 1. 常用的爆破技术有哪些？
- 2. 简述爆破技术的发展（参考图 1-6 ~ 图 1-12）。

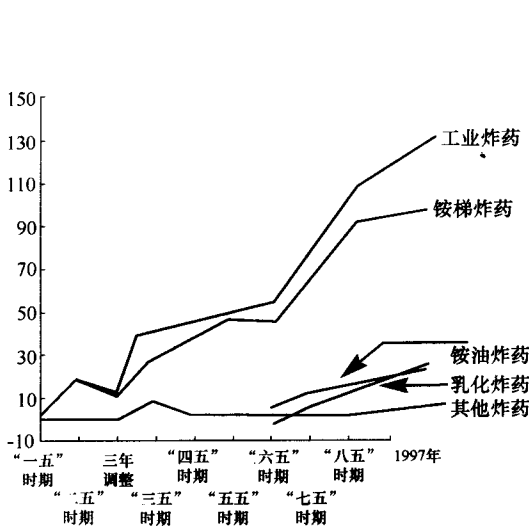


图 1-6 工业炸药历年产量（单位：万 t）

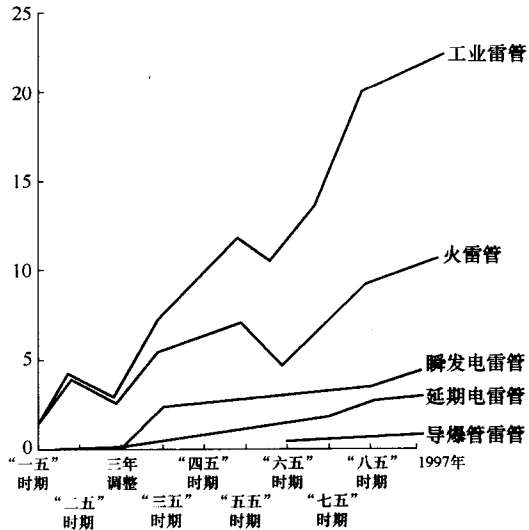


图 1-7 工业雷管历年产量（单位：亿发）

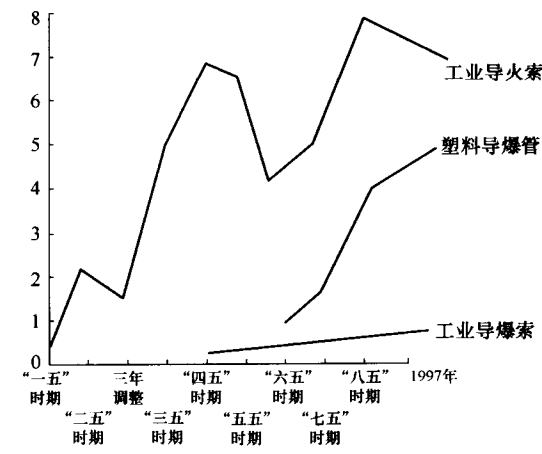


图 1-8 索类产品历年产量（单位：亿 m）

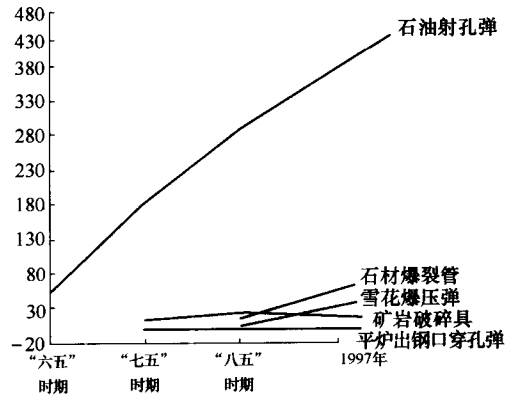


图 1-9 其他爆破器材（一）历年产量（单位：万发）

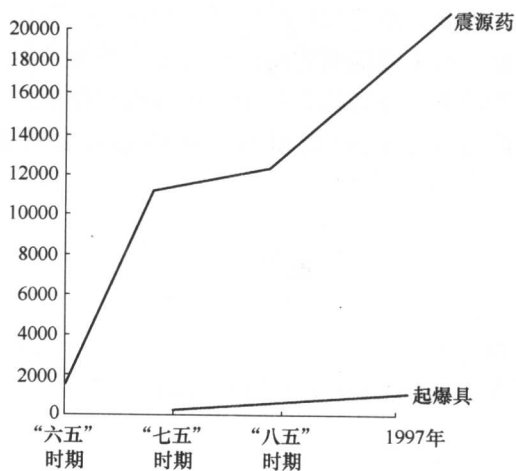


图 1-10 其他爆破器材 (二) 历年产量 (单位: 万发)

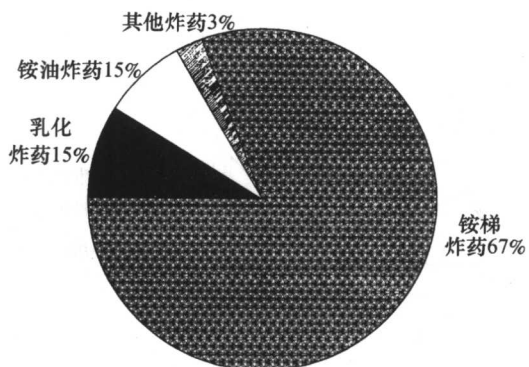


图 1-11 1997 年工业炸药产品结构图

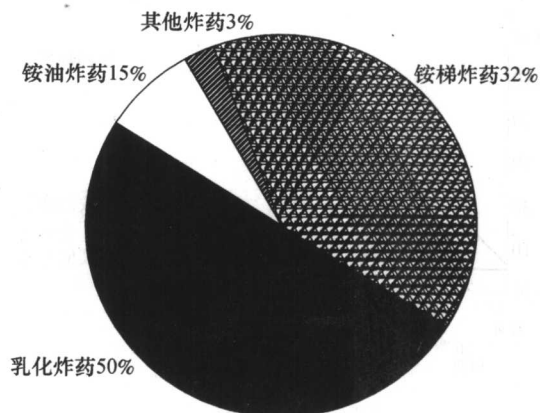


图 1-12 2005 年工业炸药产品结构图