

全国工程爆破作业人员
统一培训教材

爆破工程 施工与安全

中国工程爆破协会 编

顾毅成 主编

冶金工业出版社

222.2
46
1

全国工程爆破作业人员 统一培训教材

爆破工程 施工与安全

中国工程爆破协会 编

江苏工业学院图书馆
藏书章

编

冶金工业出版社

2004

版权专有

侵权必究

内 容 提 要

《爆破工程施工与安全》是中国工程爆破协会组织编写的全国工程爆破作业人员统一培训教材之一,主要面向爆破员、安全员及爆破工程施工技术人员、监理工程师和爆破工作领导人。内容包括:绪论、爆破作用基本原理、爆破工程及作业人员管理、爆破工程施工作业、爆破工程常用施工机械与使用、常用爆破器材、起爆方法与起爆网路、爆破工程分类作业、爆破工程施工安全、爆破安全监理与管理、爆破工程事故案例等 11 章。本书密切结合工程爆破实践,与新的《爆破安全规程》的内容协调,充分反映爆破技术的进步,能代表当今的爆破施工技术与工艺水平,可用于指导爆破工程施工,也可作为高等院校学生的教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

爆破工程施工与安全/顾毅成主编. —北京:

冶金工业出版社, 2004.2

全国工程爆破作业人员统一培训教材

ISBN 7-5024-3393-7

I. 爆… II. 顾… III. ①爆破施工—技术
培训—教材②爆破安全—技术培训—教材 IV. TB41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 102566 号

出版人 曹胜利 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 葛志淇 美术编辑 王耀忠

责任校对 刘倩 李文彦 责任印制 牛晓波

北京市铁成印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2004 年 2 月第 1 版, 2004 年 2 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 19 25 印张; 520 千字; 289 页; 1—11070 册

46.00 元

冶金工业出版社发行部 电话: (010) 64044283 传真: (010) 64027893

冶金书店 地址: 北京东四西大街 46 号 (100711) 电话: (010) 65289081

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

全国工程爆破作业人员统一培训教材

编 委 会

名誉主任 冯叔瑜

主 任 汪旭光

委 员 (按参加本培训教材审稿会的专家姓氏笔画排序)

于立志	于亚伦	马柏令	王中黔	王自力	王明林
王树仁	亓希国	龙 源	卢文波	史家堉	史雅语
冯叔瑜	曲广建	闫正斌	杨祖一	肖 纯	吴子骏
何广沂	刘先魁	刘运通	刘宏刚	刘殿书	汪 浩
汪旭光	沈兆武	宋守志	宋锦泉	陈绍潘	林学圣
周家汉	郑炳旭	张正宇	张可玉	张永哲	秦明武
顾毅成	徐天瑞	章士逊	谢先启	廖增亮	熊代余
霍永基					

爆破工程施工与安全

主 编 顾毅成

编写人员 (按编写章节先后排序)

顾毅成 史雅语 王明林 (李桂臣) 宋锦泉
秦明武

序 一

我高兴地看到，在中国工程爆破协会理事长汪旭光院士主持下，经过编委会专家们的共同努力，《全国工程爆破作业人员统一培训教材》适时出版了。这是一项很有意义的工作，充分体现了与时俱进的精神。

应当指出，在20世纪90年代初，中国力学学会工程爆破专业委员会组织编写了针对爆破工作领导人、爆破工程技术人员、爆破员和爆破器材管理人员的培训教材，十年来，采用这套教材培训了数以万计的爆破工，以及万余名爆破工程技术人员和管理人员，对提高我国爆破作业人员的安全技术素质，指导和保障爆破作业安全，起到了积极的作用。

近十年来，我国工程爆破技术取得了令人瞩目的进步和发展成就。硐室爆破、中深孔爆破、地下采掘爆破、建（构）筑物拆除爆破、特种爆破、爆破器材、凿岩机具等，不仅完成了一批重大工程与研究项目，提高了理论与技术水平，而且通过不断地实践与应用，积累了丰富的经验。适时地将工程爆破领域中的新技术、新成果及新的管理理念纳入爆破作业人员培训教材，不仅是广大爆破工作者的愿望，也是工程爆破行业发展的需要。

这套新的培训教材一共4册，包括《工程爆破理论与技术》、《爆破工程施工与安全》、《爆破器材经营与管理》、《工程爆破操作员读本》，另外加一册试题库。内容系统全面，与新的爆破安全规程相协调，充分反映了工程爆破技术的进步，能代表当今爆破行业的水准，具有科学性、先进性和实用性。

进入21世纪，在“全面建设小康社会，开创中国特色社会主义事业新局面”的方针指引下，我国在冶金矿山、水利水电、铁道交通、市政工程等建设领域都要大发展，特别是实施西部大开发的发展战略，加快中西部地区的建设，将有更多的工程爆破任务和新的工程爆破领域期待我们去开拓去完成。工程爆破，作为国民经济一个不可缺少的行业，任重而道远。我国现有逾百万爆破作业人员，其中工程技术人员逾3万人。我相信，这套培训教材的编写和出版，将进一步加强和推动爆破作业人员的培训考核工作，为培养和造就一大批高素质的爆破从业人员，推动工程爆破技术的不断创新与进步做出新的贡献。故乐于为之序！

中国工程院院士 冯友玲

2003年9月30日

序 二

进入 21 世纪,我国进入全面建设小康社会、加快推进社会主义现代化的新的发展阶段,经济快速发展,基础设施建设蓬勃兴起,市政改建工程方兴未艾,民用爆炸物品使用量越来越大。据统计,现在我国每年使用各种炸药 150 多万吨、工业雷管 20 多亿枚、各种索类爆破器材 15 多亿米,从事爆破作业的人员达 60 多万人。尽管目前我国爆破器材质量和爆破技术水平有了长足的进步,但受从业人员流动性大、素质参差不齐等因素的影响,爆破作业事故仍时有发生,给国家和人民群众的生命财产安全带来重大损失。为此,加强对爆破作业人员的培训考核和安全管理,提高爆破作业人员的安全技术素质和安全作业意识,预防和减少爆破事故的发生,保障爆破作业的安全,已在政府监管部门和爆破行业形成共识。

我国对爆破作业安全工作高度重视,多年来一直致力于爆破作业人员安全技术素质的提高。早在 1984 年国务院发布的《中华人民共和国民用爆炸物品管理条例》就对爆破员的培训、考核和资质条件等做出了明确规定,其后又相继制定发布了《特种作业人员安全技术考核管理规则》(GB 5306—1985)、《爆破安全规程》(GB 6722—1986)、《大爆破安全规程》(GB 13349—1992)、《拆除爆破安全规程》(GB 13533—1992)、《爆破作业人员安全技术考核标准》(GA 53—1993)等技术标准、规程,从制度上保障了爆破作业人员培训考核工作的顺利进行。同时,为进一步规范对爆破作业人员的培训工作,确保培训工作因材施教,1991 年中国力学学会工程爆破专业委员会组织编写了培训爆破工作领导人、爆破工程技术人员、爆破员和爆破器材管理人员的四种培训教材,1996 年中国工程爆破协会组织编写了《爆破工程技术人员考核试题库》。这些专门培训教材和试题库的出版发行,对我国爆破作业人员培训考核工作的科学化、规范化起到了重要作用。据不完全统计,自《民用爆炸物品管理条例》发布实施以来,各级公安机关及有关部门培训爆破员、爆破器材保管员、安全员和押运员达 500 万人次,培训爆破工程技术人员 1.5 万人次。

我国改革开放的实践证明,创新是中国特色社会主义事业不断向前发展的根本动力。中国工程爆破协会在组织全国数百名知名爆破专家修订爆破作业技术标准规程的同时,编写了《工程爆破理论与技术》、《爆破工程施工与安全》、《爆破器材经营与管理》、《爆破操作员读本》及考核试题库等配套培训教材,充分反映了近十年来工程爆破理论与技术的创新,不仅内容有了新的扩展与丰富,而且突出了施工安全与爆破器材经营管理的新理念和新措施,凝聚了众多专家

的心血，是一套不可多得的权威性爆破作业人员培训教材。我相信，这套培训教材的问世，对于我国爆破作业人员培训考核工作的科学化、规范化建设，提高爆破作业人员的安全技术水平，预防和减少爆破事故的发生，保障国家和人民群众的生命财产安全，更好地服务于全面建设小康社会的奋斗目标，必将发挥极其重要的作用。

公安部治安管理局

徐沪

2004年1月16日

前言

《爆破工程施工与安全》是中国工程爆破协会组织编写的全国工程爆破作业人员统一培训教材之一，主要面向爆破员、安全员及爆破工程施工技术人员、监理工程师和爆破工作领导人。

本书内容包括：绪论、爆破作用基本原理、爆破工程及作业人员管理、爆破工程施工作业、爆破工程常用施工机械与使用、常用爆破器材、起爆方法与起爆网路、爆破工程分类作业、爆破工程施工安全、爆破安全监理与管理、爆破工程事故案例等 11 章。这些内容，是爆破工作领导人、爆破工程施工技术人员、爆破安全监理工程师应该熟悉掌握和运用的。爆破员、安全员可根据规定的培训大纲和考核标准，有选择地学习有关章节，主要是了解和掌握有关爆破工程的基础知识、基本操作技能和相关的安全规定，第 10 章爆破安全监理与管理以及其他章节中超出爆破员、安全员培训大纲的内容，用楷体标明，可不作为对爆破员、安全员的培训、考核要求。

中国工程爆破协会组织了五位国内知名专家参加了本书的编写工作。具体分工如下：顾毅成（第 1、2、3、9、10、11 章及 4.4 节），史雅语（第 4、7 章），王明林（李桂臣参编）（第 5 章），宋锦泉（第 6 章及 5.2 节、11.1 节），秦明武（第 8 章）。

编写过程中，参考了中国力学学会工程爆破专业委员会 1992~1994 年期间编写的全国爆破作业人员培训教材《爆破工程（上、下册）》、《爆破员读本》、《爆破器材管理人员读本》，以及我国在工程爆破、工业炸药等领域的经典著作，近年来工程爆破技术新著及有关技术成果和学术论文。力求做到面向工程爆破实践，充分反映爆破技术的进步；与新的《爆破安全规程》的内容相协调；能代表当今的爆破施工技术工艺，指导爆破工程施工的要求。由于水平所限，书中有不妥之处，恳请读者批评指正。

在本书编写过程中，得到了以冯叔瑜院士为首的老一辈爆破专家的关心和指导。有 40 余位爆破专家参加了审稿会，他们为本书定稿提出了宝贵意见。中国工程爆破协会秘书处黄增泽、陈茂琪为本书的编写、出版做了大量的具体工作，付出了辛勤劳动。顾问非协助编者做了大量资料整理和加工。在此一并表示感谢。

顾毅成

2003 年 9 月

目 录

1	绪论	(1)
2	爆破作用基本原理	(4)
2.1	炸药爆炸与爆破工程	(4)
2.1.1	炸药爆炸的基本要素	(4)
2.1.2	爆破工程的主要特征	(4)
2.2	单个药包在介质中的爆破作用	(5)
2.2.1	爆破破碎机理	(5)
2.2.2	爆破漏斗	(7)
2.2.3	装药量计算	(8)
2.2.4	不同形状药包的爆破作用特点	(11)
2.3	成组药包在介质中的爆破作用	(13)
2.3.1	多个药包在介质中的爆破作用	(13)
2.3.2	孔网参数与药包起爆时序	(14)
2.3.3	药包装药结构对爆破作用的影响	(15)
2.4	爆破工程设计的基本要素	(16)
2.4.1	爆破工程设计的基本原则与程序	(16)
2.4.2	爆破设计主要内容及其优化	(17)
3	爆破工程与作业人员的管理	(19)
3.1	爆破工程分级	(19)
3.2	爆破作业人员的管理及职责	(20)
3.3	爆破设计与施工企业的资质要求	(21)
3.4	爆破工程的申报与审批	(23)
4	爆破工程施工作业	(25)
4.1	爆破作业的环境要求	(25)
4.1.1	爆破作业环境及其分类	(25)
4.1.2	爆破作业环境的基本规定	(25)
4.1.3	地形地质条件对爆破作业的影响	(27)
4.1.4	爆破作用引起的地质问题	(31)
4.2	爆破施工作业流程与施工组织设计	(31)
4.2.1	爆破工程作业流程	(31)
4.2.2	施工组织设计	(34)
4.3	爆破工程的施工准备	(35)
4.3.1	爆破企业与工程项目的组织设计	(35)
4.3.2	人员与机械设备的配置	(36)
4.3.3	施工现场准备	(38)

4.4	爆破施工安全管理制度与运行机制	(41)
4.4.1	爆破施工安全管理制度	(41)
4.4.2	爆破施工安全管理运行机制	(41)
4.4.3	爆破安全事故处理预案	(44)
4.5	爆破施工的现场组织管理	(45)
4.5.1	爆破器材的现场管理	(45)
4.5.2	施工质量管理与控制	(46)
4.5.3	施工测量与控制	(49)
4.5.4	装药、填塞与爆破的基本规定	(53)
4.6	爆破工程效果的评价	(57)
4.6.1	评价爆破工程效果的标准和主要技术经济指标	(57)
4.6.2	影响爆破作用的客观因素	(58)
4.6.3	施工作业水平对爆破工程效果的影响	(60)
5	爆破工程常用施工机械与使用	(62)
5.1	钻孔机具与施工	(62)
5.1.1	凿岩机和钻具	(62)
5.1.2	潜孔钻机	(70)
5.1.3	旋转钻机	(74)
5.1.4	牙轮钻机	(74)
5.1.5	钻车	(76)
5.2	装药设备与施工	(78)
5.2.1	露天装药设备与施工	(79)
5.2.2	地下装药设备与施工	(81)
5.3	破碎和清运设备与施工	(85)
5.3.1	破碎设备与施工	(85)
5.3.2	清运设备与施工	(86)
5.4	施工设备的选型与配套	(88)
6	常用爆破器材	(91)
6.1	炸药基础知识	(91)
6.1.1	炸药及其爆炸的基本特征	(91)
6.1.2	炸药化学反应的基本形式	(92)
6.1.3	炸药的主要性能指标及其含义	(93)
6.2	工业炸药	(94)
6.2.1	工业炸药的特点与分类	(95)
6.2.2	铵梯炸药	(96)
6.2.3	铵油炸药	(98)
6.2.4	乳化炸药及其他含水炸药	(100)
6.2.5	其他工业炸药	(103)
6.2.6	煤矿许用炸药	(104)
6.3	起爆器材	(106)

6.3.1 工业雷管	(106)
6.3.2 导火索及点火材料	(113)
6.3.3 导爆索与继爆管	(115)
6.3.4 导爆管与导爆管联通器具	(117)
6.4 爆破器材的贮存与运输	(119)
6.4.1 爆破器材的贮存	(119)
6.4.2 爆破器材的运输	(121)
6.5 爆破器材的检验与销毁	(123)
6.5.1 爆破器材检验的主要内容和方法	(123)
6.5.2 爆破器材的销毁	(126)
7 起爆方法与起爆网路	(130)
7.1 起爆方法	(130)
7.1.1 起爆方法的分类	(130)
7.1.2 电力起爆法与电爆网路	(130)
7.1.3 火雷管起爆法	(137)
7.1.4 导爆索起爆法	(137)
7.1.5 导爆管雷管起爆法	(138)
7.2 起爆网路的现场运用和施工技术	(141)
7.2.1 电爆网路的现场运用和施工技术	(141)
7.2.2 导火索起爆法的现场运用和施工工艺	(145)
7.2.3 导爆索起爆网路的现场运用和施工技术	(146)
7.2.4 导爆管起爆网路的现场运用和施工技术	(147)
7.2.5 混合起爆网路的现场运用	(152)
7.3 起爆网路的试验与检查	(153)
7.3.1 电爆网路的试验与检查	(153)
7.3.2 导爆索和导爆管起爆网路的试验与检查	(153)
7.4 早爆及其预防	(154)
7.4.1 雷电引起的早爆及其预防	(154)
7.4.2 杂散电流引起的早爆及其预防	(155)
7.4.3 感应电流引起的早爆及其预防	(156)
7.4.4 静电引起的早爆及其预防	(157)
7.4.5 高压电、射频电对早爆的影响和预防	(157)
7.4.6 仪表电和起爆电源引起的早爆、误爆及其预防	(158)
8 爆破工程分类作业	(160)
8.1 露天浅孔及裸露、药壶爆破	(160)
8.1.1 露天浅孔爆破	(160)
8.1.2 裸露爆破	(163)
8.1.3 药壶爆破	(164)
8.2 露天深孔爆破	(166)
8.2.1 深孔台阶爆破	(166)

8.2.2 毫秒延时爆破	(171)
8.2.3 预裂爆破和光面爆破	(173)
8.2.4 复杂环境深孔爆破	(176)
8.3 露天硐室爆破	(177)
8.3.1 概述	(177)
8.3.2 硐室爆破设计	(179)
8.3.3 硐室爆破施工技术	(182)
8.4 地下工程开挖爆破	(184)
8.4.1 井巷道掘进中的炮孔爆破	(184)
8.4.2 隧道掘进中的炮孔爆破	(189)
8.4.3 地下工程光面爆破	(191)
8.4.4 地下大跨度硐群开挖爆破	(192)
8.4.5 含有瓦斯或煤尘的煤矿井下爆破	(194)
8.5 拆除爆破及城镇浅孔爆破	(195)
8.5.1 概述	(195)
8.5.2 基础拆除爆破	(195)
8.5.3 高大建筑物拆除爆破	(197)
8.5.4 拆除爆破的施工和防护	(198)
8.5.5 水压拆除爆破	(199)
8.5.6 城镇浅孔爆破	(202)
8.6 水下爆破	(204)
8.6.1 概述	(204)
8.6.2 水下裸露爆破	(205)
8.6.3 水下钻孔爆破与硐室爆破	(205)
8.6.4 水下岩塞爆破	(206)
8.6.5 软基处理爆破	(206)
8.7 特种爆破	(207)
8.7.1 金属爆破	(207)
8.7.2 高温热凝结构爆破	(209)
8.7.3 爆炸加工	(210)
8.7.4 地震勘探爆破	(211)
8.7.5 油气井爆破	(212)
9 爆破工程施工安全	(214)
9.1 爆破产生的地震效应	(214)
9.1.1 爆破地震波的产生与主要特征	(214)
9.1.2 爆破地震强度的预报	(215)
9.1.3 爆破振动安全允许标准	(216)
9.1.4 降低爆破地震效应的措施	(217)
9.2 爆破产生的空气冲击波	(218)
9.2.1 爆破冲击波的产生及传播	(218)

9.2.2 爆破冲击波的破坏判据及安全允许距离	(219)
9.2.3 水下爆破产生的冲击波及其安全允许距离	(221)
9.2.4 降低爆破冲击波的主要措施	(222)
9.3 爆破堆积体与个别飞散物	(223)
9.3.1 爆破大量堆积范围的预测	(223)
9.3.2 爆破个别飞散物的安全允许距离	(225)
9.3.3 爆破个别飞散物的控制和防护	(226)
9.4 爆破对岩体的破坏	(227)
9.4.1 爆破对岩体破坏范围的划分与观测	(227)
9.4.2 爆破对岩体破坏范围的计算	(229)
9.4.3 减少爆破对岩体破坏的措施	(230)
9.5 爆破对环境的影响与控制	(230)
9.5.1 爆破产生的有害气体及其预防	(231)
9.5.2 爆破粉尘及其控制	(233)
9.5.3 爆破产生的噪声及其控制	(235)
9.5.4 减少爆破施工作业场地的环境影响	(236)
9.5.5 爆破对生态环境的保护	(237)
9.6 拒爆及其处理	(238)
9.6.1 由于炸药因素造成的拒爆	(238)
9.6.2 由于起爆网路和方法操作不当引起的拒爆	(239)
9.6.3 拒爆的处理	(241)
9.7 爆破环境调查与有害效应监测	(242)
9.7.1 爆破区域周围环境的宏观调查	(242)
9.7.2 爆破对周围建筑物安全影响的细观调查	(244)
9.7.3 爆破有害效应的监测	(245)
9.7.4 爆破安全分析和总结	(247)
10 爆破安全监理与工程项目管理	(249)
10.1 爆破安全监理	(249)
10.1.1 建设监理与爆破安全监理	(249)
10.1.2 爆破安全监理的基本要求	(250)
10.1.3 爆破安全监理的主要内容与方法	(252)
10.1.4 爆破安全评估	(256)
10.2 爆破工程的招投标与合同文件	(257)
10.2.1 招标与招标程序	(257)
10.2.2 投标与投标程序	(258)
10.2.3 评标与合同文件	(258)
10.3 爆破工程的计划与进度控制	(259)
10.3.1 施工进度计划概述	(259)
10.3.2 施工进度计划的控制	(260)
10.4 爆破工程的风险管理	(261)

10.4.1 爆破工程的风险控制	(261)
10.4.2 爆破工程项目投保保险的几种方式	(262)
10.5 爆破施工企业质量管理体系	(263)
10.5.1 ISO9000: 2000 族标准概述	(264)
10.5.2 爆破施工企业质量管理体系的基本要求	(265)
10.5.3 爆破施工企业质量管理体系文件的编制要求	(267)
10.5.4 爆破施工企业质量体系的建立和实施	(268)
10.6 爆破工程的经济管理	(268)
10.6.1 爆破工程造价计算	(268)
10.6.2 爆破工程预算定额	(272)
11 爆破工程事故案例	(274)
11.1 爆破器材引起的事故案例	(274)
11.1.1 爆破器材质量问题引起意外爆炸	(274)
11.1.2 违章储运爆破器材引起爆炸	(274)
11.1.3 违章加工和管理爆破器材引起的爆炸事故	(275)
11.1.4 违章装药引发的爆炸事故	(276)
11.1.5 违章销毁爆破器材引发的爆炸事故	(276)
11.2 早爆事故案例	(276)
11.2.1 雷电引起的早爆	(276)
11.2.2 杂散电流、感应电流、静电引起的早爆	(277)
11.2.3 违反操作规程及劣质爆破器材引起的早爆	(278)
11.2.4 硫化矿药包自爆及化学电引起的早爆	(279)
11.2.5 煤矿井下爆破引发瓦斯突出事故	(279)
11.3 拒爆事故	(279)
11.3.1 爆破器材过期、变质及装药不当引起的迟爆和拒爆	(279)
11.3.2 起爆网路失误引起的拒爆	(280)
11.3.3 处理盲炮引起的事故	(281)
11.4 爆破施工管理不善事故案例	(281)
11.4.1 爆破资质管理不当引起的事故	(281)
11.4.2 违章施工引起的事故	(282)
11.4.3 由于施工中擅自更改设计或失查引起的事故	(282)
11.5 爆破有害效应事故案例	(283)
11.5.1 爆破个别飞散物引发的事故	(283)
11.5.2 爆破堆坍物、边坡塌方等引发的事故	(284)
11.5.3 爆破冲击波引发的事故	(284)
11.5.4 爆破地震动引发的事故	(285)
11.5.5 爆破有毒气体引发的事故	(285)
11.5.6 由爆破引发的次生灾害事故	(286)
参考文献	(287)

1 绪 论

工程爆破是指利用炸药的能量对介质作功,以达到预定工程目标的作业。

作为工程爆破能源的炸药,其前身是黑火药,远在公元前 220 年,我国劳动人民就初具黑火药的知识,到 9 世纪的唐代,则有了完整的黑火药的配方,它是我国对人类文明做出贡献的四大发明之一。16 世纪俄国人开辟聂曼河航路,17 世纪黑火药开始用于矿山爆破,是工程爆破最早的记载。直至 19 世纪初叶,由于化学工业的发展,雷酸汞、硝化甘油、硝化棉、梯恩梯(TNT)、达纳迈特(Dynamite)相继发明和付诸实际应用,特别是在 1867 年发明了成本低廉、生产与使用安全的硝酸铵类炸药,以及工业雷管,各种索状起爆材料与起爆器具的相继问世,有力地推动了爆破技术在矿山、筑路、水利工程中的应用,并在生产实践中建立了工程爆破的设计与施工理论。

近 50 年来,随着铵油炸药、浆状炸药、水胶炸药和乳化炸药的研制成功,形成了其性能和安全性更适合工程爆破要求的多品种、多系列的工业炸药,非电导爆管及毫秒微差起爆技术的诞生,以及钻孔与施工机械、机具的发展,使工程爆破技术不断地扩大应用范围,深入到工程应用的各个方面,成为工程领域不可缺少的一种施工方法,与此同时,理论研究的不断深入,推动了爆破技术的迅速提高。

据统计,我国“九五”计划期间每年耗用工业炸药 120 万 t 左右,工业雷管 21 亿发。平均年采煤约 13 亿 t,其中除少量使用水力或机械开采外,绝大部分都是用爆破开采的;冶金矿山,按年产钢 1 亿 t,10 种有色金属近 700 万 t 计算,合计消耗矿石量约 9 亿 t,非金属矿山,按年产水泥 5 亿 t 计算,消耗石灰石在 6 亿 t 以上;铁道交通部门每年修建新线铁路约 1000km,公路逾 10 万 km;新建隧洞约 200km;以及在港口、机场、水利电力、农林建设工程都要采用爆破方法作为施工手段,除此以外,在市政建设和厂矿技术改造中,有大量的废弃建(构)筑物采用爆破拆除。由此可见,工程爆破在我国国民经济建设中的重要地位和作用。

建国 50 多年来,特别是近 10 年来,我国的工程爆破技术取得了令人瞩目的进步和发展成就。硐室爆破、中深孔爆破、地下采掘爆破、建(构)筑物拆除爆破、水下工程爆破、特种爆破等,不仅完成了一批重大爆破工程项目,而且通过长期的实践和应用,积累了丰富的经验。

在 20 世纪 50 年代至 70 年代,在铁道新线建设中推广运用了硐室爆破方法,在宝成、鹰厦、成昆等 20 余条新线中进行了 1000 余处硐室爆破,大大提高了石方路堑的开挖工效;水利水电及冶金矿山部门,采用定向爆破技术堆筑了 40 多座水库用挡水堆石坝、泥石流防护坝及尾矿坝,广东南水水电枢纽工程的挡水坝一次定向爆破筑成,后经加高坝高达 81m,至今,它仍是采用定向爆破法筑成大坝工程中规模较大、效益较好的工程。在广泛采用硐室大爆破的过程中,我国老一代爆破工程师总结工程实践经验,发展了大爆破设计理论,完善了爆破设计计算参数,提出了一套完整的定向爆破设计计算经验公式。在对条形药包的爆破漏斗特性,爆破设计计算方法进行系统研究后,在铁路路堑爆破施工中首先采用了条形药包硐室爆破技术,近 10 多年来,其应用领域和规模逐渐扩大,在矿山、水电、公路、建材等部门先后成功地进行了数十次大型条形药包硐室爆破工程,规模最大的一次,是 1992 年底在广东珠海炮台山实施的 1.2 万 t 炸药的移山填海大爆破工程,一次爆破总石方量达 1085 万 m³,抛掷率达 51.8%。近年来,在一些采用硐室爆破开挖的石方路堑高边坡中,成功地实现了预裂、光面爆破,半孔率达 95% 以上,做到边面稳

定、平整、美观。

深孔爆破是冶金矿山生产的基本手段,铁路、公路路堑,大型水电枢纽工程基础开挖工程一般也都采用深孔爆破。我国一些大型冶金矿山已采用大孔径钻机,实现了大区多排微差深孔爆破,预装药量 300t,爆破矿岩方量超过 80 万 t,爆破技术的改进大大提高了矿山生产的综合生产效率。1994 年 12 月,在环胶州湾高速公路路堑开挖工程中,采用导爆管毫秒延时爆破,一次起爆雷管 1.34 万发,共分 594 段,在复杂环境中,实现深孔爆破一次开挖成型长 470m 的全路堑,爆破总石方量 11.5 万 m^3 。在三峡工程中,采用直立边坡成型,闸槽底部保护层开挖,合理的施工管理的综合爆破技术,安全、高质量地完成永久船闸闸室爆破开挖石方 1000 万 m^3 ,百米高的边坡稳定,效果良好。

据不完全统计,目前我国大陆铁路隧道总数达 5300 余座,总长度逾 3000km,其中 5km 以上隧道就有 28 座。钻爆法是隧道开挖工程的基本施工方法。西康铁路秦岭 II 线隧道,长 18.456m,对硬岩全断面进行深孔爆破,取得了月进尺最高达 456m、平均为 264m 的纪录,创造了在特硬岩、特长隧道爆破掘进的快速施工技术。在矿山井巷,输水隧道,地下工程及城市地铁施工中,爆破技术也得到了广泛的应用。

建(构)筑物拆除爆破技术自 20 世纪 70 年代以来得到了迅速的发展,基于不同建(构)筑物在爆破作用下构件破碎过程和失稳、解体、倒塌机理的研究,提出了在不同环境条件下对不同结构采用原地倒塌、定向倾倒、折叠倒塌爆破拆除方案,或是采用水压爆破拆除方案。近 20 多年来,国内许多城市都有一批建筑物是采用爆破技术进行拆除的,其中包括北京、上海、武汉、深圳、福州等城市二十几座十几层高的高层建筑、十几座高百米以上的钢筋混凝土烟囱及许多一次拆除总面积数万 m^2 以上的单体和群体建(构)筑物。由于有能力采取控制有害效应的措施,爆破施工方法即使在复杂环境中也得到了越来越广泛的应用,例如在衡(阳)广(州)复线、宝(鸡)成(都)电气化铁路增建第二线,株(洲)六(盘水)电气化铁路既有线扩堑工程中,距运营铁路线 50m 以内计 500 余处、近 600 万 m^3 的集中石方地段,均采用控制爆破方法,在不间断铁路正常运营的前提下安全迅速地破碎清除。

水下工程爆破技术主要应用于加深、整治航道港口,挡水围堰或岩坎拆除爆破,水库水下岩塞爆破,破冰爆破和冰下炸礁,海上救助和沉船处理爆破以及淤泥和饱和砂土地基的爆炸加固处理等。近 30 年来,由于采用先进的爆破技术,保证了一些国家重点工程项目的顺利完成。特别应当指出的是,中国科学院力学研究所与连云港及交通部有关单位提出的淤泥软基爆炸处理新技术,10 年来已完成筑堤总长超过 50km,为沿海港口及其他工程建设做出了贡献。

在机电工程中,爆炸加工技术发展迅速,例如爆炸成型和爆炸复合、爆炸硬化和爆炸压实、爆炸压接和爆炸焊接等;利用爆炸能,可以人工合成金刚石。在石油地质部门,爆破用于坑探、掘进、地震勘探、油井和气井爆破、钻孔雷爆等。采用爆破方法破碎金属、金属结构及高温热凝结构具有快速、安全的优点。除此以外,国内外工程爆破史还有不少特殊爆破的记载和资料,如森林灭火、油井灭火,疏通被冰凌或木材填塞的河道等。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,去完成一些工程项目,包括一些人力或机械难以完成的工作。

面向 21 世纪,爆破技术的应用将在推动人类文明进步,促进社会经济发展等方面继续发挥更大的作用。中国工程爆破协会在关于工程爆破技术创新的发展战略中,明确提出:研究炸药能量转化过程的精密控制技术,提高炸药能量利用率,降低爆破有害效应是工程爆破新世纪的发展战略。要加强爆破理论和模拟技术的研究,用以指导爆破工程实践;要进一步发展工程爆破施工装备技术,提高爆破施工机械化和自动化水平;爆破器材要向高质量、多品种、低成本和安全生产工艺连续化发展;爆破安全技术要进一步创新和发展。在“全面建设小康社会,开创中国特色

社会主义事业新局面”的宏伟目标指引下，我国在矿业、铁路、交通、水利、电力、建材、市政工程等建设领域都要大发展，特别是实施西部大开发的发展战略，加速中西部地区的建设，将有更多的爆破工程任务和新的爆破工程领域，期待我们去开拓，去完成。创新是工程爆破技术发展的不竭动力。20 世纪后期，在世界范围内掀起的科技进步大潮，带动了爆破器材及爆破理论的飞速进步。21 世纪科学技术的新发展，将推动新的工业革命，工程爆破技术也必将随之产生新的飞跃。