

BAOPO ANQUAN JISHU

拆除工程与一般土岩工程

爆破安全技术

王玉杰
编著



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

图书在版编目 (CIP) 数据

爆破安全技术/王玉杰编著. —北京: 冶金工业出版社, 2005. 9

ISBN 7-5024-3814-9

I. 爆… II. 王… III. 爆破安全—技术
IV. TB41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 089296 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 张 卫 (联系电话: 13621018796; 电子信箱: bull2820@sina.com)

马文欢 (联系电话: 010-64027931; 电子信箱: whma2005@126.com)

美术编辑 李 心 责任校对 侯 璐 李文彦 责任印制 牛晓波

北京兴华印刷厂印刷; 冶金工业出版社发行; 各地新华书店经销

2005 年 9 月第 1 版, 2005 年 9 月第 1 次印刷

850mm × 1168mm 1/32; 7.5 印张; 200 千字; 227 页; 1-4500 册

25.00 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)

前 言

作者从事工程爆破教学、科研和施工工作二十多年,深感工程爆破中安全的重要性。工程爆破界流传着这样一句话:爆破事故是不可逆转的,特别是严重事故。这句话内涵许多哲理,也深刻提示了爆破安全的重要性。

近年来,作者给采矿工程专业工程爆破研究方向的硕士研究生开设了“爆破安全技术”课程,同时也给采矿专业的本科生开设了同类选修课。在选取教材时,发现能适合该课程的教材或著作很少。为满足教学要求,作者依据多年来从事工程爆破的科研和工程经验,参考了国内外相关著作、教材和有关技术成果,编写了“爆破安全技术”课堂讲义及其电子版和多媒体教学课件。几年的教学实践和相关资料的收集,尤其是近几年指导几届硕士研究生对爆破安全技术进行了专题的研究,这些激发了将此讲义撰写成书的愿望。在书稿初成之时,恰逢新的《爆破安全规程》即将颁布之时,为使本书与新规程相适应,书稿的撰写被拖后了一段时日。GB6722—2003《爆破安全规程》颁布之后,通过学习和领会,作者对原书稿做了相应修改和增删。

以往对工业炸药安全传统的评述,都基于标准方法及用毫克级微量炸药的冲击与摩擦感度来确定,这与实际爆破作业条件相差太大。本书第2至4章介绍了炸药、雷管、导爆索等爆破器材在工程条件下的感度和危险性评价,并参考了文献[1]的研究成果,这部分内容对爆破工程施工人员认识所用爆破器材的危险性和可靠性有较好的参考价值。

书中的第5章至第9章,重点介绍了火雷管、电雷管、导爆索和塑料导爆管起爆法的安全技术,主要包括现场施工准备、施工操作技巧、事故的预防和网路可靠性等内容,为实施相关起爆方法提供了参考。

本书第10章介绍了工程爆破的各种危害和控制,同时纳入了爆破事故中的早爆与拒爆的预防和处理,以增加本书可读性。

第11章介绍了拆除爆破安全技术要点,同时介绍了安全工程理论在爆破安全事故分析中应用的新的研究成果,有些观点和结论尚不甚成熟,但愿能起到抛砖引玉的效应。第12章介绍了城镇土岩浅孔爆破安全技术。第13章和第14章分别介绍了爆破工程与作业人员的管理以及爆破器材的安全管理。

关志中教授、梁开水教授对本书稿进行了认真的评审,并为本书定稿提出了许多宝贵意见。田新邦、柴修伟、郭强、郭进等硕士研究生为本书的资料整理、录入、校对付出了大量辛勤劳动,在此一并表示感谢。在本书撰写过程中,始终得到了恩师梁开水教授的关心,并给予许多有益的指导,本书包含了他的诸多学术思想和劳动,在此谨致衷心的感谢。

由于水平所限,书中不妥之处,恳请读者批评指正。

王 玉 杰

2005年3月于恩施清江河畔

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	作 者	定价(元)
重大事故应急救援系统及预案导论	吴宗之 刘 茂 编著	38.00
中国职业安全健康管理体系内审员 培训教程	国家经贸委安全科学技术 研究中心 等编	50.00
重大危险源辨识与控制	吴宗之 高进东 编著	35.00
危险评价方法及其应用	吴宗之 等编著	47.00
岩石爆破机理	熊代余	50.00
城市防灾工程	叶义华 等编著	25.00
起重机司机安全操作技术	张应生 主编	70.00
安全原理	陈宝智 编著	20.00
工程爆破实用手册(第2版)	刘殿中 等主编	60.00
露天开采整体优化——理论、模型 与算法	王 青 等著	18.00
矿床无废开采的规划与评价	彭怀生 等著	14.50
金矿床成因、勘探与贵金属回收	黄初登 主编	32.00
充填采矿技术与应用	刘同有 等编	55.00
岩石动力学特性与爆破理论	戴 俊 编著	20.00
有岩爆倾向硬岩矿床采矿理论与 技术	郭 然 等著	18.00
工程爆破	翁春林 等编	35.00
地下装载机——结构、设计和使用	高梦熊 编著	55.00
地下铲运机	张栋林 主编	68.00
全国工程爆破作业人员统一培训教材	中国工程爆破协会 编	
工程爆破理论与技术	于亚伦 主编	78.00
爆破工程施工与安全	顾毅成 主编	46.00
爆破器材经营与管理	张永哲 主编	26.00
工程爆破操作员读本	吴子骏 主编	23.00
考核题库	中国工程爆破协会 编	27.00



目 录

1 绪论	1
1.1 爆破事故发生的原因	2
1.2 事故的分类	3
2 炸药的工程安全评述	7
2.1 机械作用下炸药爆炸激发过程	8
2.1.1 炸药局部温度升高的机理	8
2.1.2 炸药流动时引起爆炸过程的实质	9
2.2 装药或处理拒爆时炸药承受的机械作用	10
2.2.1 手工装药	10
2.2.2 机械装药	11
2.2.3 对拒爆药包的作用	15
2.3 炸药承受机械作用的研究方法	16
2.3.1 炸药钻凿感度的确定	16
2.3.2 冲击荷载作用下炸药危险程度的确定	20
2.3.3 摩擦荷载对炸药作用时装药机安全 操作条件的研究	22
2.3.4 抛掷式装药机安全工作条件的研究	26
2.4 机械作用下炸药爆炸概率的评价	26
2.4.1 冲击荷载危险性研究	27
2.4.2 撞击面形状与尺寸的影响	27
2.4.3 冲击面下炸药的流动条件对爆炸概率的影响	31
2.4.4 撞击面材料的影响	32
2.5 药卷与障碍物撞击时危险性的研究	34
2.6 炸药爆燃转为爆轰的概率	35

3 雷管的机械作用感度	37
3.1 雷管副装药的机械作用感度.....	37
3.2 雷管主装药的机械作用感度.....	38
3.3 雷管延迟部件的机械作用感度.....	39
3.4 电引火头的机械作用感度.....	39
3.5 降低雷管机械作用感度的方法.....	40
4 导爆索的机械作用感度	41
5 火雷管起爆法的安全技术	45
5.1 火力起爆器材的准备工作.....	45
5.1.1 导火索的缺陷.....	45
5.1.2 起爆雷管的加工.....	46
5.1.3 导火索起爆.....	48
5.2 火力起爆的安全问题.....	49
6 电雷管起爆法的安全技术	52
6.1 电力起爆器材的准备工作.....	52
6.2 有杂散电流时的电力起爆安全问题.....	53
6.2.1 漏电产生杂散电流的危险性.....	54
6.2.2 感应电流引起的早爆及其预防.....	55
6.2.3 静电引起的早爆及其预防.....	57
6.2.4 高压电和射频电对早爆的影响和预防.....	58
6.2.5 减少杂散电流危险的措施.....	59
6.2.6 电爆网路的绝缘度对爆破可靠性的影响.....	60
6.3 电力起爆安全的一般问题.....	64
6.4 电力起爆网路参数的检查.....	66
6.5 三相供电造成拒爆的预防.....	68
6.6 电爆网路最大起爆能力与最佳连接计算.....	71
6.6.1 混合联电爆网路的最大起爆能力计算.....	72

6.6.2 混合联电爆网路最佳连接计算	73
7 导爆索起爆法的安全技术	75
7.1 导爆索起爆的安全问题	75
7.2 导爆索连接的可靠性	77
7.3 复式导爆索网路的破坏原因	82
7.4 导爆索微差爆破的安全	85
8 塑料导爆管起爆法安全技术	88
8.1 塑料导爆管的安全性能	88
8.1.1 塑料导爆管的一般安全性能	88
8.1.2 塑料导爆管的静电安全性	89
8.1.3 塑料导爆管的耐油性试验研究	89
8.2 导爆管的激发性能	90
8.2.1 激发导爆管的方法	90
8.2.2 塑料导爆管的起爆感度	91
8.3 导爆管雷管的使用安全	91
8.4 导爆管网路的安全技术	93
8.4.1 导爆管的连接元件	93
8.4.2 导爆管网路连接方式	93
8.4.3 导爆管网路可靠性分析	96
8.4.4 导爆管起爆网路的施工技术	97
8.5 塑料导爆管传爆中断现象分析	100
9 装药和爆破过程的安全	102
9.1 作业地点的安全保障	102
9.2 浅孔、深孔和药室手工装药的安全	103
9.2.1 浅孔装药的安全措施	103
9.2.2 深孔装药的安全措施	105
9.2.3 手工进行药室装药的安全措施	107

9.3	机械装药的安全	109
9.4	填塞质量的一般要求	113
9.5	二次破碎的爆破安全	114
10	爆破危害的控制与预防	116
10.1	爆破地震的安全距离	116
10.1.1	爆破地震动强度与安全距离的计算	116
10.1.2	爆破振动安全允许标准	118
10.1.3	爆破地震效应的影响因素和降振措施	120
10.2	爆炸冲击波的安全距离	123
10.2.1	冲击波安全距离的计算	123
10.2.2	降低爆炸冲击波的主要措施	129
10.3	爆破堆积体与个别飞散物的计算	130
10.3.1	爆破大量堆积范围的计算	130
10.3.2	爆破个别飞散物的安全允许距离	132
10.3.3	爆破个别飞散物的控制和防护	134
10.4	爆破粉尘的产生与预防	135
10.4.1	爆破粉尘的特性	135
10.4.2	拆除爆破粉尘的研究	138
10.5	爆炸有害气体扩散的安全距离	141
10.5.1	爆炸产生的有害气体	141
10.5.2	爆炸有害气体对人体的危害	142
10.5.3	爆破有害气体的允许浓度及预防措施	143
10.6	爆破噪声及其控制	145
10.7	早爆、拒爆事故的预防与处理	147
10.7.1	早爆、拒爆事故的分类	147
10.7.2	早爆事故的预防	149
10.7.3	拒爆事故的处理	149
10.8	爆破环境调查与有害效应监测	152
10.8.1	爆破区域周围环境的宏观调查	152

10.8.2	爆破对周围建筑物安全影响的细观调查·····	153
10.8.3	爆破有害效应的监测·····	154
10.8.4	爆破安全分析和总结·····	159
11	拆除爆破安全技术·····	161
11.1	基础、地坪类拆除爆破的安全技术·····	163
11.1.1	素混凝土爆破拆除安全要点·····	163
11.1.2	钢筋混凝土基础拆除爆破安全要点·····	164
11.1.3	钢筋混凝土薄板爆破安全问题·····	165
11.1.4	切割爆破保留面的保护措施·····	165
11.2	高耸建筑物爆破安全技术·····	165
11.2.1	高耸建筑物拆除爆破定向失控的主要因素·····	165
11.2.2	定向失控的技术原因·····	166
11.2.3	高耸建筑物爆破事故的其他原因·····	167
11.2.4	高耸建筑物的预拆除·····	167
11.3	楼(厂)房爆破安全技术·····	167
11.3.1	楼房爆破拆除失误原因·····	167
11.3.2	楼房预拆除的安全性·····	169
11.4	楼房拆除爆破的安全分析理论·····	170
11.4.1	楼房拆除爆破未倒或未全倒事故树·····	170
11.4.2	楼房拆除爆破事故的预测预防·····	173
11.4.3	楼房拆除爆破事故预防措施·····	175
11.5	水压拆除爆破的安全技术·····	180
11.5.1	构筑物开口的封闭处理·····	181
11.5.2	炸药和起爆网路的防水·····	181
11.5.3	爆破体底面基础的处理·····	182
11.5.4	开挖出爆破体的临空面·····	182
11.5.5	对结构非拆除部分的保护·····	182
11.5.6	严防水柱上冲·····	183
11.5.7	储水宣泄的处理·····	183

11.5.8 水压爆破对外界的安全影响	183
12 城镇土岩浅孔爆破安全技术	184
12.1 爆破对周围岩体破坏的控制	184
12.1.1 爆破对岩体破坏范围的计算	184
12.1.2 减少爆破对岩体扩展破坏的措施	186
12.2 城镇土岩浅孔爆破	187
12.2.1 爆破方案设计	188
12.2.2 爆破地震动的控制	189
12.2.3 装药	190
12.2.4 填塞	191
12.2.5 连接起爆网路与起爆	191
12.2.6 飞石损害及其预防	191
12.2.7 空气冲击波、噪声和气浪的控制	193
13 爆破作业人员与工程管理	194
13.1 爆破作业人员的管理及职责	194
13.2 爆破工程分级	197
13.3 爆破设计与施工企业的资质要求	199
13.4 爆破工程的申报与审批	202
13.5 爆破工程安全监理	203
13.6 爆破安全评估	204
14 爆破器材的安全管理	205
14.1 爆破器材的贮存	205
14.1.1 一般规定	205
14.1.2 爆破器材的贮存、收发与库房管理	207
14.1.3 临时性爆破器材库和临时性存放爆破器材	208
14.2 爆破器材的运输	209
14.2.1 一般规定	209

14.2.2	火车运输·····	211
14.2.3	水路运输·····	211
14.2.4	汽车运输·····	211
14.2.5	飞机运输·····	212
14.2.6	爆破作业地点爆破器材的运输·····	212
14.3	爆破器材的检验与销毁·····	213
14.3.1	爆破器材检验的主要内容和方法·····	213
14.3.2	爆破器材的销毁·····	210
参考文献·····		225

1 绪 论

为了防止在爆破工程中发生意外事故，造成人员伤亡、设备损害和财产损失以及环境危害，在爆破工程中经常采取目的在于消除引起事故原因的各种安全措施，这些安全措施通称为**爆破安全技术**。

爆破安全技术是以工程爆破活动为基础，研究爆破施工中各种危险因素的存在条件、发生机理和变化规律，从中找出危及爆破安全的危险因素及恶化的条件，以便采取必要的安全技术措施消除隐患，预防事故的发生，保证最佳的安全生产状况。

在所有行业的作业工种中，爆破作业的危险性最高，由于爆破作业离不开对外部作用敏感的爆破器材和炸药，因此爆破事故一旦发生既是惊天动地的、不可逆转的，损失又是惨重的。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，民用爆破物品的使用量越来越大。据统计，现在我国每年使用的各种炸药 150 多万 t，工业雷管 20 多亿枚，各种索类爆破器材 15 多亿 m，从事爆破作业的人员达 60 多万人。尽管目前我国爆破器材的质量和爆破技术水平有了很大的提高，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。

我国政府对爆破作业安全工作高度重视，多年来一直致力于提高我国爆破技术水平、加强民用爆炸物品的管理、规范爆破作业的设计与施工、培训和提高爆破作业人员安全技术素质的工作。早在 1956 年，国务院颁发的《工人职员伤亡事故报告规程》中，把放炮和火药爆炸事故列入了事故分析统计类别。

1957年,冶金工业部制定颁发了《冶金矿山爆破安全规程》。随后,铁道、煤炭、化工等产业部,也相继制定了本部的爆破安全规程或在矿山安全规程中对爆破安全做了具体规定。1983年,国务院颁发的《矿山安全条例》对爆破安全提出了原则要求。1984年国务院颁发了《中华人民共和国民用爆炸物品管理条例》,其后又相继制定并颁发了《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。2003年,新的《爆破安全规程》(GB 6722—2003)颁布执行,这标志我国工程爆破的安全施工与管理进入了一个新时代。新规程以新时期工程爆破技术的发展经验为依据,对先前的各类规程中相互矛盾之处进行了统一规范,去粗取精,具有较强的技术性、规范性、前瞻性和可操作性,是爆破施工和安全管理法律依据。

1.1 爆破事故发生的原因

尽管爆破器材的安全性、爆破技术和爆破安全管理水平不断提高,但爆破施工导致的伤亡事故还是经常发生。这主要有以下各种原因:

(1) 爆破应用领域和爆破规模的扩大,增加了爆破作业及准备工作的紧张程度。近年的社会经济建设快速发展,一些拆除爆破工程和土岩爆破工程工期十分紧张,导致了一些工程边施工、边设计、边审批的不规范行为。工期紧导致了一些前期准备工作和安全措施不到位,最终发生事故。

(2) 违反爆破安全规程。爆破设计、施工人员和爆破作业的辅助人员,缺乏对规程的学习与认识,违反爆破安全规程,导致爆破作业事故的发生。

有分析资料表明,84%的恶性事故是由于操作者本身的过错造成的,16%是由于技术或安全人员的失职、爆破作业安全条件

得不到保证造成的。

(3) 爆破技术人员或施工人员技术水平低。近年来, 由于受经济利益的驱动, 一些资质不够或无资质人员承接爆破工程而导致事故发生。1990 年, 在海南某地旅游景区拆毁一栋五层楼违章建筑时, 一位工兵出身的人员用 0.8t TNT 采用裸露药包的方法将楼房炸倒, 使周围建筑物和设备损失惨重。某采石场爆破员承接一市区内 60m 高砖烟囱的爆破拆除工程, 他将烟囱全长打了 4 排炮孔同时起爆, 结果烟囱下坐了几米后依然耸立着。

1.2 事故的分类

对矿山爆破工种的伤亡资料进行的分析表明, 技术熟练的爆破工其爆破事故发生率比其他工种的低得多; 而缺乏足够知识的人员进行爆破作业时, 事故发生率就相当高。工龄不满 3 年的青年工人(25 岁以下) 发生的事故几乎占全部事故的 40%, 其中严重的致命事故, 由青年工人造成的占 80%。工龄不到 1 年的爆破工的爆破事故发生率特别高(59%)。应当指出, 受过中等技术教育的爆破工发生的事故的数量是较低的。为评价工人本身素质对事故发生率的影响, 有研究者曾将工人分成五类: 灵活的、喜怒无常的、安静的、萎靡的和灵活性有变化的。统计分析的资料表明, 让喜怒无常的和灵活性有变化的人员作爆破工是不合适的。

爆破安全技术以研究和预防爆破事故的发生为目的, 爆破事故可按照国家有关事故分类的方法进行分类。下面介绍几种不同的事故分类方法。

(1) 按伤亡人数分类

- 1) 一般伤亡事故: 指伤亡 1~2 人的事故。
- 2) 重大伤亡事故: 指一次死亡 3~9 人的事故。
- 3) 特大伤亡事故: 指一次死亡 10 人(含 10 人) 以上的事故。

4) 特别重大死亡事故: 根据 1990 年 3 月《特别重大事故调查程序暂行规定》有关条文解释, 下列情况的按“规定”称

为特别重大事故：①民航客机发生的机毁人亡（死亡 40 人及以上）事故；②专机和外国民航客机在中国境内发生的机毁人亡事故；③铁路、水运、矿山、水利、电力事故造成一次死亡 50 人及以上的事故；④公路和其他发生一次死亡 30 人及以上的事故（航空、航天器科研过程中发生的事故除外）；⑤一次造成职工和居民 100 人及以上的急性中毒事故；⑥其他性质特别严重，产生重大影响事故。

（2）按事故产生原因分类

1) 自然事故：指人类不能抗拒的事故，多与地质因素有关，如滑坡、沉陷、断层破碎、突水等。

2) 破坏事故：指人为故意的破坏活动所造成的事故。

3) 责任事故：指因玩忽职守、麻痹大意所造成的事故。在爆破事故中此类事故占 84% 左右。

4) 意外事故：指因感应电流、静电、射频电、雷电等外来电所造成的事故。

（3）按事故伤害程度分类

1) 轻伤事故：指负伤后歇工 1 个月或几个工作日，但未达到重伤程度的事故。

2) 重伤事故：指负伤后，经医疗诊断为残废或可能残废的事故。此类事故可进一步分为：完全丧失劳动能力，生活不能自理；完全丧失劳动能力，生活尚能自理；部分丧失劳动能力，尚能从事小工作量工作或轻便工作。

3) 死亡事故：指事故发生后造成人员死亡或人员负伤后 30 天以内死亡事故。

（4）其他分类法

1) 按灾害危险性分类：

一级灾害：事故所具有的危险性及其发生的条件在理论上或经验上均为未知而发生的灾害。

二级灾害：事故的危险性是众所周知的，但其危险性的发生条件为未知，并且也不能预测而发生的灾害。

三级灾害：尽管全部了解事故的危险性及其危险性的发生条件，而仍然发生的灾害。

一级或二级灾害发生时，整个社会的知识和经验都不足，这类灾害的发生不可能预测到，因而是一种不能防患于未然的灾害。但当人们利用安全技术方法研究清楚了这些灾害发生的原因和经过后，它们就成为可能预测和预防的三级灾害。

虽然三级灾害的危险性及其发生条件是已知的，但这类灾害的发生还是比较频繁，爆破安全灾害事故一般属三级灾害。如DDNP（苦味酸）1788年制成黄色染料，1873年才知其是猛炸药。AN（硝酸铵、硫酸铵）一直作为化肥。1921年2月21日，德国奥波城化工厂用浅眼爆破处理结块，结果激发了2000t化肥爆炸，地表形成了长165m、宽100m、深20m的人工湖，造成死430人，伤1500人的惨剧。

2) 按一次事故造成的经济损失额分类：

①一般损失事故：指经济损失小于1万元的事故；

②较大损失事故：指经济损失大于1万元（含1万元）、小于10万元的事故；

③重大损失事故：指经济损失大于10万元（含10万元）、小于100万元的事故；

④特大损失事故：指经济损失大于100万元（含100万元）的事故。

3) 按由于人员伤亡停产停工时间分类：

①轻伤事故：休工日数为1~104日的伤害事故；

②重伤事故：休工日数等于或大于105日的伤害事故。

4) 按事故发生源分类，比如盲炮、窜段、爆破振动、爆破飞石、空气冲击波、毒气、定向失误、误爆、拒爆以及爆破后建（构）筑物未倒或部分未倒等事故。

由上述事故的分类可知，影响爆破安全的因素是多方面的，影响的程度是多层次的。从爆破器材的贮存、运输到现场施工管理和现场监理多个程序，都可能发生爆破事故。系统地研究爆破