



远程教育“十二五”规划教材

爆破安全

BAOPO ANQUAN

陈庆凯 孙俊鹏 林建章 编著



0101010101010101010101 0101010101010101010101
0101010101010101010101 0101010101010101010101
0101010101010101010101 0101010101010101010101
0101010101010101010101 0101010101010101010101



东北大学出版社
Northeastern University Press

TB41

6

远程教育“十二五”规划教材

爆 破 安 全

陈庆凯 孙俊鹏 林建章 编著



太原工业学院图书馆



B0647495

东北大学出版社

· 沈 阳 ·

© 陈庆凯 孙俊鹏 林建章 2012

图书在版编目 (CIP) 数据

爆破安全 / 陈庆凯, 孙俊鹏, 林建章编著. — 沈阳: 东北大学出版社, 2012. 12
ISBN 978-7-5517-0253-9

I. ①爆… II. ①陈… ②孙… ③林… III. ①爆破安全 IV. ①TB41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 285374 号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83687331 (市场部) 83680267 (社务室)

传真: 024—83680180 (市场部) 83680265 (社务室)

E-mail: neuph @ neupress. com

http: // www. neupress. com

印 刷 者: 沈阳航空发动机研究所印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 185mm × 260mm

印 张: 16.5

字 数: 428 千字

出版时间: 2012 年 12 月第 1 版

印刷时间: 2012 年 12 月第 1 次印刷

责任编辑: 王延霞

封面设计: 刘江旸

责任校对: 北 辰

责任出版: 唐敏志

ISBN 978-7-5517-0253-9

定 价: 37.50 元

远程教育“十二五”规划教材建设指导委员会

主 任 姜茂发

常务副主任 卢俊杰 刘常升

委 员 (以姓氏笔画为序)

于天彪 马 明 吕文慧 孙新波

巩亚东 宋叔尼 李鸿儒 李 晶

杜宝贵 陈国秋 周成利 赵 文

徐文清 栗 志 黄卫祖 蒋 敏

总 序

2010年,党中央、国务院召开了新世纪第一次全国教育工作会议,发布了《国家中长期教育改革和发展规划纲要(2010—2020年)》。纲要中明确指出:“加快发展继续教育。更新继续教育观念,加大投入力度,加快各类学习型组织建设,基本形成全民学习、终身学习的学习型社会。”“大力发展现代远程教育……为学习者提供方便、灵活、个性化的学习条件。”指明了教育事业科学发展的方向,描绘了教育改革发展的宏伟蓝图。

2012年6月,教育部颁布《国家教育事业第十二个五年规划》,对我国未来五年继续教育体系建设做出了科学规划。强调要发挥现代信息技术在继续教育中的作用,把发展现代远程教育作为建设学习型社会的重要战略举措。

自教育部1999年3月批准现代远程教育第一批试点高校以来,已有68所高校开展了远程教育的试点工作。到2010年年底,远程教育在校本专科学生数达到453万人,占当年全国继续教育人数的35%(数据来源:教育部网站)。远程教育已经成为继续教育体系中的重要组成部分。

教材是与远程学习者关系最为密切的一个要素,是资源建设的一个重要组成部分。随着试点工作的不断深入,各高校在人才培养模式、资源建设、学习支持服务等方面开展了积极的探索与实践,远程教育教材建设工作越来越为各试点高校所重视。开发建设适合远程教育学习的教材,直接影响学习者的学习成效,关系到远程教育的质量。

在十几年来远程教育试点工作经验基础上,针对远程教育的特点及学生的实际情况,我们开发了“远程教育‘十二五’规划教材”。在教材开发过程中,从教材建设指导委员会到每一位编著者,都对远程教育的现状与特点做了认真研究;教材编著者都是远程教育的课程主讲教师,熟悉远程教育教学模式,了解学生实际情况及

需求,保证了教材具有较强的先进性、针对性和实用性。

教材是远程教育资源的重要组成部分,教材建设工作是一项长期而艰巨的任务。符合远程教育实际,能够满足学生实际需求的教材,对于提高学生学习效率,构建学生自主学习环境具有重要意义。我们希望通过“远程教育‘十二五’规划教材”的建设工作,探索出一条教材建设工作的新思路、新方法,为我国远程教育事业的发展起到积极的推动作用。

(东北大学) 远程教育“十二五”规划教材建设指导委员会

2012年11月18日

前 言

《爆破安全》一书讲的是工程爆破中的安全问题，工程爆破必须保证爆破现场及周围人员、设备和环境的安全；否则，爆破不但解决不了实际工程问题，而且会带来一系列的后患。一旦发生爆破事故，轻者给企业带来经济损失，重者导致人员伤亡，企业可能会倾家荡产。为了保证工程爆破安全，必须扎实地掌握爆破基本理论知识和各种爆破技术，在实施工程爆破时，既能达到良好的爆破目的，又能将爆破有害效应控制在允许范围之内，达到爆破与安全的和谐统一。

本教材是在《工程爆破技术与安全管理》（陈庆凯等编著）的基础上，进一步修改完善编写而成的。其中，增加了爆炸的基础知识、爆破新器材、爆破新技术、爆破安全管理、爆破事故案例等相关内容，删除了已经被淘汰的火雷管起爆方法、铵梯炸药等相关内容。为了和相应的课程名称相对应，更名为《爆破安全》。

本教材适用对象是安全专业、采矿专业、土木工程专业的本科生、大专生和爆破工程技术人员。

每章后面的思考题更具有思考性和实用性，以便读者更容易地掌握爆破技术与安全管理方面的知识。

《爆破安全》是由东北大学的陈庆凯、大连经济开发区金源爆破工程有限公司的孙俊鹏、德兴铜矿的林建章共同编写的。全书共分为11章，其中陈庆凯编写了第2, 4, 5, 9章；孙俊鹏编写了第3, 6, 7, 8章；林建章编写了第1, 10, 11章。

本教材的许多内容来自参考文献和实际工程爆破。在此，编者向文献的作者们和提供工程爆破实例的同行们表示深深的谢意。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错误，敬请读者给予批评指正，谢谢！

编 者

2012年7月20日

目 录

1 炸药爆炸的基础知识	1
1.1 炸药的爆炸	1
1.2 炸药的起爆和感度	4
1.3 炸药的氧平衡设计和热化学参数	12
1.4 炸药的爆炸性能	18
2 工业常用炸药	31
2.1 工业炸药	31
2.2 特种爆破材料	49
3 起爆器材与起爆方法	53
3.1 电雷管起爆	54
3.2 导爆管雷管起爆	66
3.3 高精度导爆管雷管起爆系统与逐孔起爆技术	73
3.4 导爆索起爆	76
3.5 混合起爆	79
3.6 起爆网路的施工技术	79
3.7 起爆网路的试验与检查	83
4 露天矿山爆破技术	86
4.1 基建剥离大爆破	86
4.2 生产台阶采掘爆破	90
4.3 靠帮并段台阶的控制爆破	101
5 地下矿山爆破技术	105
5.1 井巷掘进爆破	105
5.2 采场爆破	117
6 拆除控制爆破技术	131
6.1 拆除控制爆破的基本原理与方法	131
6.2 拆除控制爆破的设计原理	134
6.3 拆除控制爆破参数的设计计算	142

6.4 水压爆破	150
7 特种爆破技术	157
7.1 聚能爆破	157
7.2 爆炸加工	159
7.3 其他特种爆破技术	163
8 爆破器材的质量检验	182
8.1 工业炸药的质量检验	182
8.2 起爆器材的质量检验	184
8.3 爆破器材的销毁	187
8.4 爆破器材的安全管理	188
9 爆破安全技术和环境保护	193
9.1 爆破地震波	193
9.2 爆破冲击波	198
9.3 爆破飞散物	204
9.4 爆破噪声	206
9.5 爆破有毒气体	209
9.6 早 爆	211
9.7 拒 爆	221
9.8 爆破粉尘	223
9.9 爆破事故的预防与应急措施	224
10 爆破作业规定与爆破工程安全管理	229
10.1 爆破工程分级管理	229
10.2 爆破工程设计文件	232
10.3 爆破工程安全评估和审批	233
10.4 爆破施工方案与施工环境	238
11 爆破事故案例	248
参 考 文 献	253

1 炸药爆炸的基础知识

1.1 炸药的爆炸

爆炸是人们日常生活中经常见到的现象。例如超新星的爆发、小行星或陨石的高速碰撞。在地球上见到的闪电、火山爆发、原子弹与氢弹的爆炸、车胎放炮、锅炉胀裂、燃放鞭炮等都是爆炸。爆炸是某一物质系统在有限空间和极短时间内，迅速释放大量能量或急剧转化的物理、化学过程。在这个过程中，通常伴随有强烈的放热、发光和声响等效应。爆炸的基本特征表现在速度高、威力大和破坏作用强等方面。从安全角度出发，爆破时还应考虑爆炸的副作用，如爆破地震效应、冲击波、飞石、有毒气体、噪声以及其他对相邻物体、构筑物和人身的影晌等。

1.1.1 爆炸现象

按照爆炸发生的原因，自然界各种爆炸现象可归纳为物理爆炸、核爆炸和化学爆炸三大类。

(1) 物理爆炸

物理爆炸是一个物理过程，即爆炸前后物质的化学成分没有发生质的改变，只是物态发生了变化。例如，当蒸汽锅炉内压力过大，超过了锅炉所能承受的抗压强度时，会使锅炉突然破裂，并发出巨大的声响，就是典型的物理爆炸。物理爆炸还包括电爆炸、激光和其他强粒子束照射以及物体高速碰撞等引起的爆炸。大自然中的雷电属于物理爆炸现象，其能源为电能。带有不同电荷的两块云彩，当距离比较近时，发生强烈的放电现象。电位差在 μs 数量级时间内拉平，使放电区达到极其巨大的能量密度和数万度的高温，导致放电区空气压力急剧升高，并在周围空气中形成强烈的扰动。

(2) 核爆炸

某些物质的原子发生核裂变(U^{235} 的裂变)或核聚变(氘、氚、锂的聚变)等连锁反应时，瞬间释放出巨大能量，使裂变或聚变产物形成高温高压的气体而迅速膨胀做功，造成巨大的破坏作用，称为核爆炸。原子弹、氢弹的爆炸属于核爆炸。原子弹是用 U^{235} 或 Pu^{239} 的裂变来实现的。核裂变时， U^{235} 或 Pu^{239} 的原子核在中子的作用下分裂成为较轻的原子核，放出大量的核能。氢弹是用氘、氚或锂的聚变来实现的。核聚变时，氘、氚或锂的原子核在极高温度的条件下结合成为较重的原子核，也能放出大量的核能。 $1\text{g } \text{U}^{235}$ 全部进行核裂变放出的能量相当于 $2 \times 10^7 \text{kg}$ 梯恩梯炸药的能量， 1g 氘全部进行核聚变时放出的能量相当于 $1.1 \times 10^8 \text{kg}$ 梯恩梯的能量。核爆炸时原子核反应区的温度达到 10^7K ，压力达到 10^{10}Pa 以上，在这样高的温度和压力的作用下，其能量以冲击波、光辐射和贯穿辐射等形

式表现出来,对外界产生极其严重的破坏作用。因此,核爆炸是更加剧烈的爆炸现象。核爆炸过程释放的能量,可以达到普通炸药爆炸能量的几百万倍,具有强烈的爆破作用,但由于目前在工业上没有得到广泛有效的应用,其利用及安全问题不在本书讨论范围之内。

(3) 化学爆炸

化学爆炸过程是急剧的化学反应过程,放出足够的热能,形成高温高压气体,并对外界膨胀做功。爆炸后物质的化学成分和性质与爆炸前物质的化学成分和性质相比已经发生了质的改变。瓦斯爆炸和炸药爆炸都属于化学爆炸。如铵油炸药是由硝酸铵和柴油按一定比例混合制成的,爆炸后生成水蒸气、二氧化碳和氮气。石油液化气与一定比例的空气混合物所引起的爆炸也属于化学爆炸。

工程爆破是利用炸药的爆炸能量对周围介质做功以达到预定工程目标的作业。在工程爆破中,研究应用最广泛的是炸药的化学爆炸。因此,本章只介绍炸药的化学爆炸及其相关知识。

1.1.2 炸药爆炸必须具备的条件

炸药爆炸是一个化学反应过程,但炸药的化学反应并不都是爆炸,具备一定条件的化学反应才是爆炸。炸药爆炸必须同时具备放热反应、生成大量气体和高速度反应三个条件。

(1) 放热反应

炸药爆炸实质上是炸药中的化学能在瞬间转化为对外界做功的过程,化学反应释放出的热量是做功的能源,也是化学反应进一步加速进行的必要条件。所以化学反应过程是否释放能量,决定了炸药能否产生爆炸。释放热量多少是爆炸做功大小的决定因素之一。

炸药爆炸时放出的热量大小常用爆热来衡量,爆热指单位质量炸药爆炸时所放出的热量。爆热可以用实验方法测定,也可以用理论计算方法确定。常见炸药的爆热见表 1-1。

表 1-1 常见炸药的爆热

炸药名称	爆热/(kJ·kg ⁻¹)	炸药名称	爆热/(kJ·kg ⁻¹)
黑火药	2784	硝酸铵	1440
梯恩梯	4187	雷汞	1733
特屈儿	2562	2 号岩石炸药	3687
黑索金	6278	铵油炸药	4101
泰安	5895	62% 胶质炸药	5482
氮化铅	1536	硝化甘油	6217

炸药爆炸瞬间放出的热量主要用于对爆炸产物加热,使爆炸产物达到很高的温度,爆炸产物在原有体积内达到热平衡时的温度称为爆温。爆温与爆炸放出的热量有直接的关系。常见炸药的爆温见表 1-2。

表 1-2 常见炸药的爆温

炸药名称	爆温/℃	炸药名称	爆温/℃
雷汞	4350	硝化甘油炸药	4040
硝化甘油	4600	岩石铵梯炸药	2400 ~ 2700
黑索金	3877	煤矿铵梯炸药	2000 ~ 2400
梯恩梯	2870	黑火药	2615

(2) 生成大量气体

气体具有良好的可压缩性和很大的膨胀系数, 炸药爆炸瞬间(十至几十微秒时间内)生成大量的气体容纳在原有体积内, 必然产生很高的压力, 高温高压气体为做功提供了必要条件, 气体膨胀过程就是做功。产生气体多少和释放热量多少决定了炸药爆炸做功多少。

常用比容衡量炸药爆炸时产生的气体多少, 比容是指单位质量炸药爆炸后生成的气体在标准状态下所占的容积。比容越大的炸药, 爆炸时对外做功的能力就越大。表 1-3 所示为某些常见炸药的比容。

表 1-3

常见炸药的比容

炸药名称	比容/(L · kg ⁻¹)	炸药名称	比容/(L · kg ⁻¹)
黑火药	280	泰安	780
梯恩梯	740	硝化甘油	715
特屈儿	710	雷汞	300
黑索金	890	硝酸铵	980

(3) 高速度反应

只有迅速的化学反应, 才能使炸药在瞬间释放出大量能量, 达到很高的能量密度。尽管炸药化学反应释放出大量能量并产生大量气体, 如果没有必要的反应速度, 也不能形成爆炸, 反应速度标志着做功的功率。如煤在空气中燃烧释放出的热量(8960kJ/kg)是梯恩梯炸药爆炸时释放热量的两倍多, 同时生成大量的气体, 但由于反应过程比较缓慢, 其能量密度远小于梯恩梯炸药爆炸时的能量密度, 不能形成爆炸。

爆炸反应的速度通常用爆速来衡量, 爆速是指爆炸过程在炸药中传播的最大的稳定的速度。可以认为在同等条件下, 爆速越高的炸药, 爆炸反应速度越高, 爆炸的威力也越高。常用炸药的爆速见表 1-4。

表 1-4

炸药的爆速

炸药名称	爆速/(m · s ⁻¹)	炸药名称	爆速/(m · s ⁻¹)
2 号岩石炸药	3600	梯恩梯	6700
铵油炸药	2800 ~ 3200	黑索金	8400
浆状炸药	3400 ~ 5600	特屈儿	7250
乳化炸药	3200 ~ 4200	泰安	8400
氮化铅	5300	硝化甘油	7500
二硝基重氮酚	5400	硝酸铵	1100 ~ 2700

炸药的化学反应只有同时具备以上三个条件, 才能形成爆炸反应, 产生爆炸效应。

1.1.3 炸药的反应形式

爆炸不是炸药唯一的化学反应形式, 在特定的反应条件下, 同种炸药可能有四种不同的化学反应形式: 热分解、燃烧、爆炸和爆轰。四种反应形式产生不同的物理化学效应。

(1) 热分解

热分解是炸药化学反应的最低形式, 表现为炸药在常温下缓慢的化学变化, 使原物质发生本质的变化。炸药的热分解过程没有明显的声、光效应, 通常不易觉察。反应速度随内外条件而变化, 通常对温度比较敏感, 温度越高, 反应速度越快, 湿度、压力和通风条

件对反应速度和结果也会产生不同程度的影响。炸药热分解一般会带来不良后果,炸药因热分解而变质会直接影响炸药的使用。在一定条件下,热分解会转变为燃烧甚至爆炸,以致发生意外爆炸事故。所以在炸药的制造、贮存过程中应严格控制环境条件,避免炸药的热分解。

(2) 燃 烧

燃烧是比热分解更高一级的化学反应形式,往往是由受热或火焰引起的。燃烧是物质的氧化过程,所以一般物质燃烧需要外界提供氧,而炸药本身含有丰富的氧和燃料,不需要外界的氧就可以燃烧。一旦炸药燃烧,靠隔绝空气的灭火方法不起作用,往往还会加速炸药的燃烧。炸药燃烧时对压力比较敏感,压力越大,燃速越高,甚至会由燃烧转变为爆炸。所以炸药在密闭条件下燃烧是很危险的。炸药贮存时,要注意创造不利于燃烧的条件,如改善通风条件等。

(3) 爆 炸

爆炸是炸药的最高化学反应形式。与燃烧的区别在于,燃烧靠热传导传递能量和激发化学反应,爆炸则靠冲击波传递能量和激发反应区;燃烧受环境影响较大,爆炸则基本上不受环境影响;爆炸的反应速度、温度和压力都比燃烧高得多。所以爆炸表现出强烈的破坏作用。爆炸是爆破安全的主要控制对象。爆炸过程中遇到不利因素也可能导致爆炸中断,使爆炸过程转变为燃烧或热分解。

(4) 爆 轰

爆炸速度增长到稳定爆速的最大值时就转化为爆轰,爆轰是指炸药以最大稳定速度进行的反应过程。特定的炸药在特定条件下的爆轰速度为常数。

爆炸和爆轰并无本质上的区别,只不过是传播速度不同而已。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,也可以认为爆轰是爆炸的一种特殊形式,即稳定的爆炸。

炸药爆炸已经在许多行业得到广泛应用,尤其在工程爆破方面。在岩土工程中,无论在经济方面还是在效率方面,爆破方式都比机械方式具有优势;在城市建设和企业改造中,控制爆破也发挥了重要作用。

炸药化学反应的四种形式与各自必要的条件相对应,条件改变,反应形式也相应地改变,可以相互转化,即它们之间有着非常密切的内在联系。从安全和爆破工程方面考虑,都希望炸药按照预定的反应形式进行化学反应,即使反应形式发生转变,也应在可以控制的范围内,否则会引起预想不到的事故。

1.2 炸药的起爆和感度

1.2.1 炸药的起爆和起爆能

爆炸是炸药在特定条件下的化学反应过程,促使炸药进行爆炸反应的条件称为起爆条件。当炸药内部处于相对稳定状态时,必须获得必要的外能才会破坏这种稳定状态,使炸药的各元素重新组合,发生爆炸反应。通常将外界施加给炸药某一局部而引起炸药爆炸的能量称为起爆能,而将引起炸药发生爆炸的过程称为起爆。

引起炸药爆炸的原因可以归纳为两个方面——内因与外因。

从内因看,炸药爆炸是由于炸药分子结构的不同所引起的。也就是说,炸药本身的化学性质和物理性质决定着该炸药对外界作用的选择能力。吸收外界作用能力比较强,分子结构比较脆弱的炸药就容易起爆,否则就不容易起爆。例如,碘化氮只要用羽毛轻轻触及就可以引起爆炸,而硝酸铵需用几十克甚至数百克梯恩梯才能引爆。

外因是指起爆能。由于外部作用的形式不同,导致炸药爆炸的起爆能通常有以下三种形式。

热能:加热升温可以使炸药分子运动速度加快,加速炸药的化学分解和化合,达到一定的温度后,便可以由爆燃转化为爆炸。如用导火索喷出的火花起爆雷管中的起爆药,火花起爆黑火药,炸药受到烘烤、加热或火花作用时,开始热分解,然后燃烧,最后转变为爆炸的过程都是热能作用的结果。

机械能:撞击、摩擦等机械能作用在炸药的局部,使炸药局部分子获得动能,加速运动,局部温度升高,形成“灼热核”。它的直径为 $10^{-5} \sim 10^{-3} \text{cm}$,比炸药分子的直径 10^{-8}cm 大得多,并且能存在 $10^{-5} \sim 10^{-3} \text{s}$ 的时间内。由于灼热核的形成,首先局部炸药发生爆炸,然后发展为炸药的全部爆炸。这种观点即解释炸药起爆机理的“灼热核理论”。在工程爆破中很少利用机械能起爆炸药,但在炸药的生产、储存、运输和使用过程中,应该注意防止因机械能引起的意外的爆炸事故。

爆炸能:炸药爆炸时形成的高温高压状态携带的巨大能量能够引发附近炸药爆炸,如炸药内部局部爆炸转变为全部爆炸,起爆药引爆主炸药爆炸,雷管引爆炸药都属于爆炸能起爆。工程爆破中,炮孔中的炸药都是在雷管、起爆弹、导爆索等爆炸能的作用下发生爆炸的。

1.2.2 炸药起爆的基本理论

(1) 炸药的热能起爆理论

热能起爆理论的基本要点是在一定的温度、压力和其他条件下,如果一个体系反应放出的热量大于热传导所散失的热量,就能使该体系——混合气体——发生热积聚,从而使反应自动加速而导致爆炸。也就是说,爆炸是系统内部温度渐增的结果。

(2) 炸药的机械能起爆理论——灼热核理论

灼热核理论认为,当炸药受到撞击、摩擦等机械能的作用时,并非受作用的各个部分都被加热到相同的温度,而只是其中的某一部分或几个极小的部分被加热。例如,炸药个别晶体的棱角处或微小气泡处首先被加热到炸药爆炸所需要的温度,促使局部炸药首先被引爆,然后迅速传播至全部炸药。这种温度很高的微小区域,称为灼热核。对于单质炸药或含单质炸药的混合炸药来说,其灼热核通常在晶体的棱角处形成;而对于含水炸药(乳化石炸药、浆状炸药等)来说,灼热核一般在微小气泡处形成。

(3) 炸药的爆炸冲击能起爆理论

实践表明,均相炸药(及不含气泡、杂质的液体或晶体炸药)和非均相炸药的爆炸冲击能起爆机理是不同的。

均相炸药的爆炸冲击能起爆过程大致是,主发装药爆炸产生的强冲击波进入均相炸药(如四硝基甲烷),经过一定的延迟后,便开始在其表面形成爆轰波。这个爆轰波是在强冲击波通过后,在已被冲击压缩的炸药中发生的,此时爆轰波的传播速度比正常的稳定爆速

大得多。虽然开始它跟在强冲击波的后面,但经过一定的距离后,它会赶上冲击波阵面,其爆速突然降低到略高于稳定的值,往后慢慢地达到稳定的爆速。一般来说,均相炸药的爆炸冲击能起爆取决于临界起爆压力值。不同炸药的临界起爆压力值是不相同的,例如 $\rho = 1.6\text{g/cm}^3$ 硝化甘油炸药,其临界的起爆压力值 $p_K = 8.5 \times 10^9\text{Pa}$;而 $\rho = 1.8\text{g/cm}^3$ 的黑索金炸药,其临界起爆压力值 $p_K = 10 \times 10^{10}\text{Pa}$ 。

非均相炸药是指物理性质不均匀的炸药。这种物理不均匀性既可以是不同物质相互混合造成的,也可以是炸药中留有空气间隙造成的,或是两者皆有之。非均相炸药的爆炸冲击能起爆和均相炸药有很大的不同,这是由于非均相炸药反应是从局部“热点”处扩展开来的,而不像均相炸药反应那样能量均匀分配给整个起爆面,这样非均相炸药所需的临界起爆压力 p_K 值要比均相炸药小。实际上,非均相炸药的冲击能起爆可以用灼热核理论进行解释。

1.2.3 炸药感度

炸药在外能作用下,发生爆炸反应的难易程度叫作炸药的敏感度,简称感度。炸药感度的高低以激起炸药爆炸反应所需的起爆能大小来衡量。起爆所需的起爆能越大,炸药的感度越低。炸药的感度是衡量炸药安全性的最重要指标,感度越高的炸药,使用越不安全。

炸药的感度高低对于炸药的加工制造、贮存运输及安全使用都十分重要,炸药的感度太高时,不能直接用于工程爆破,只能少量地用于特定的爆破器材(如雷管)中,如纯硝化甘油的感度太高,以致被宣布为不能使用的危险品,在进行钝化处理以后,才可以用于工程爆破。感度太低的炸药,需要很大的起爆能,增加了起爆的负担,也不适合于工程爆破。研究炸药的感度的目的在于掌握炸药在特定条件下爆炸的可能性,分析影响感度的诸因素,通过采用相应的措施,使炸药的感度满足生产、贮存、运输、使用和经济上的不同要求。炸药的感度有热感度、机械感度和爆轰感度之分。

1.2.3.1 炸药热感度及其测定方法

炸药在热能的作用下发生爆炸的难易程度称为炸药的热感度。炸药的热感度目前还不能用理论或经验公式进行计算,主要采用实验测定的方法来确定。即通过测定炸药的爆发点、火焰感度来确定。

(1) 炸药的爆发点

爆发点指炸药在规定时间内(5min)内起爆所需加热的最低温度。应该注意,这一温度并不是爆炸时炸药本身的温度,也不是炸药开始分解时本身的温度,而是炸药分解自行加速开始时的环境温度。一般把炸药分解开始自行加速到爆炸所经历的时间称为爆发延滞期。实验时,延滞期取5min为标准。爆发点越低的炸药,热感度越高。

爆发点测定原理很简单,将定量炸药(0.05g)放在恒温的环境中5min,如果炸药没有爆炸,说明此环境温度太低,升高环境温度后再试,如果不到5min就爆炸,说明环境温度太高,降低环境温度再试,直到调整到某一环境温度时,炸药正好在5min爆炸,此环境温度就是炸药的爆发点。测定炸药的爆发点

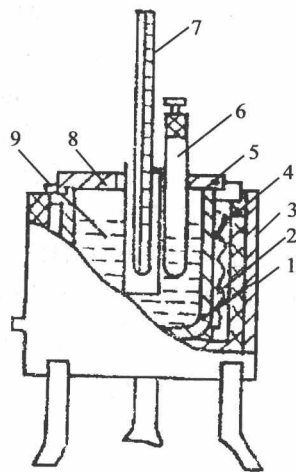


图 1-1 爆发点测定仪

- 1—合金浴锅; 2—电热丝;
- 3—外壳; 4—隔热层; 5—铜
- 盖; 6—铜试管; 7—温度计;
- 8—放气孔; 9—低熔点合金

常用爆发点测定仪,如图 1-1 所示,相当于一个坚固的可调温保温瓶。虽然爆发点测定的原理很简单,但实际操作却很费时。常见炸药的爆发点见表 1-5。

表 1-5

常见炸药的爆发点

炸药名称	爆发点/℃	炸药名称	爆发点/℃
二硝基重氮酚	150 ~ 151	泰安	205 ~ 215
雷汞	175 ~ 180	黑索金	215 ~ 235
胶质炸药	180 ~ 200	梯恩梯	290 ~ 300
特屈儿	195 ~ 200	硝酸铵	300
硝化甘油	200 ~ 205	氯化铅	330 ~ 340

(2) 炸药的火焰感度

炸药在明火(火花、火焰)的作用下发生爆炸的难易程度,称为炸药的火焰感度。火焰感度用图 1-2 所示火焰感度测量装置测定,试管内装入待试炸药(起爆药 0.05g,猛炸药 1g),通过调整导火索头距炸药的距離 X ,点燃导火索进行试验,同样距离试验 6 次,找出 6 次同样试验 100% 都能使炸药点燃的最大距离 $X_{\max}$ 和 100% 都不能使炸药点燃的最小距离 $X_{\min}$, $X_{\max}$ 越大,炸药的火焰感度越高; $X_{\min}$ 越小,火焰感度越低。当起爆炸药时,要了解炸药的 $X_{\max}$; 当从安全方面考虑时,也需要了解炸药的 $X_{\min}$ 。

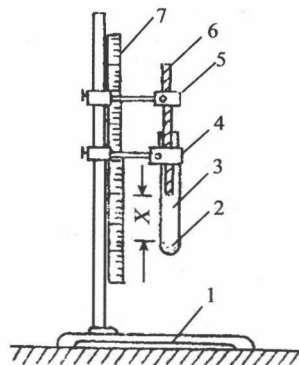


图 1-2 火焰感度测量装置

1—支座; 2—炸药; 3—试管;
4—下夹头; 5—上夹头;
6—导火索; 7—标尺

1.2.3.2 炸药机械感度及其测定方法

机械感度主要有撞击感度和摩擦感度。在爆破工程中,雷管内利用起爆药的热感度起爆,起爆药与炸药间利用爆炸能起爆,一般不用炸药机械感度起爆。机械感度主要影响炸药的贮存、运输和使用安全,机械感度高的炸药会给爆破工程带来更多的不安全因素,所以爆破工程中不希望炸药的机械感度高。在军火方面,弹药的引信一般用机械作用起爆,机械感度对弹药的起爆有重要意义。

(1) 炸药撞击感度及其测定方法

撞击感度表示炸药在撞击作用下发生爆炸的难易程度。撞击感度用实验方法测定,实验的原理是利用自由落体的能量撞击炸药,猛炸药用垂直落锤仪(见图 1-3),撞击能量较大,在撞击能固定的条件下,用 25 次同等试验中炸药发生爆炸的百分率表示所试炸药的撞击感度,常用单质猛炸药的撞击感度见表 1-6。起爆药用弧形落锤仪(见图 1-4),撞击能量较小。通过调整重锤的落高,同一落高下做多

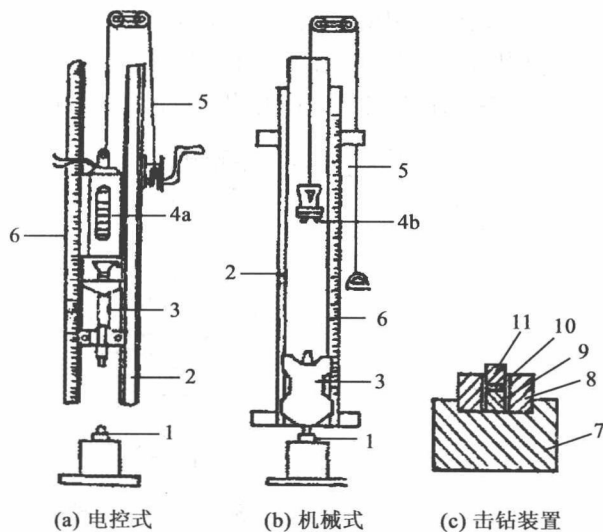


图 1-3 垂直落锤仪

1—击钻装置; 2—导轨; 3—落锤; 4a—电磁铁;
4b—钢爪; 5—钢丝绳; 6—标尺; 7—底座;
8—套筒; 9—下击柱; 10—炸药; 11—上击柱

次试验, 100% 能使炸药爆炸的最小落高为上限距离, 100% 不能使炸药爆炸的最大距离为下限距离。试验次数 10 次以上。3 种主要起爆药的撞击感度见表 1-7。

表 1-6 猛炸药的撞击感度

炸药名称	撞击感度/%	炸药名称	撞击感度/%
梯恩梯	4 ~ 9	铵松蜡炸药	0 ~ 4
特屈儿	50 ~ 60	2 号岩石炸药	32 ~ 40
黑索金	70 ~ 80	1 号岩石炸药	48 ~ 56
泰安	100	62% 胶质炸药	100

表 1-7 起爆药的撞击感度

炸药名称	锤重/g	上限/mm	下限/mm
雷汞	480	80	55
叠氮铅	975	235	65 ~ 70
二硝基重氮酚	500		225

利用该装置测出的感度, 其表示方法有多种, 常用的有下列 3 种。

① 爆炸百分率。落高 25cm, 锤重 10kg, 撞击 25 ~ 50 次, 求出其爆炸百分率。当爆炸百分率为 100% 时, 改用 5kg 或 2kg 重锤重新试验。

② 上下限。上限是 100% 爆炸的最低落高; 下限是 100% 不爆炸的最高落高。

③ 50% 爆炸特性高度。即用 50% 爆炸的那一点的高度来表示。

(2) 炸药摩擦感度及其测定方法

摩擦感度衡量炸药在摩擦作用下发生爆炸的难易程度。摩擦感度用摆式摩擦感度测量仪测定, 测量原理如图 1-5 所示。

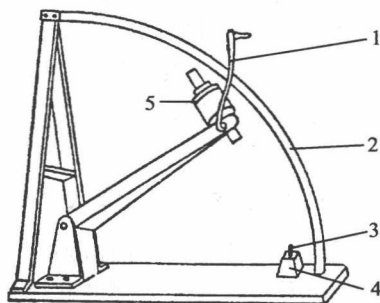


图 1-4 弧形落锤仪

1—定位钩; 2—弧形架; 3—炸药;
4—钢底座; 5—落锤

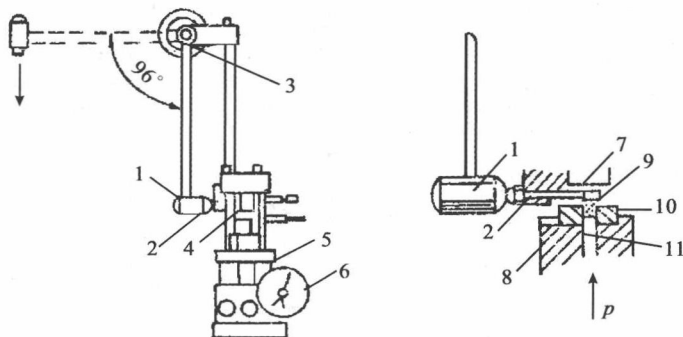


图 1-5 摆式摩擦感度测量仪示意图

1—摆锤; 2—击杆; 3—角度标量; 4—测定装置; 5—油压机; 6—压力计;
7—顶板; 8—上下击柱; 9—炸药; 10—导向套; 11—柱塞

炸药放在上下击柱之间, 由液压系统通过导柱塞给炸药施加一定压力, 摆锤由 96° 自由落下打击击杆, 击杆使上击柱移动, 上击柱与炸药间发生摩擦作用。同样的试验进行 25