

简明爆破工程 设计手册

车永康 编著

重庆大学出版社

简明爆破工程设计手册

车永康 编著

重庆大学出版社

内容简介

本书内容包括:爆破材料、爆破基本理论、深孔爆破、光面爆破与预裂爆破、药室法大爆破、爆破安全技术、拆除爆破、静态破碎剂破碎岩石,共8章。全书简明介绍了爆破工程理论、公式和经验数据,以便爆破工程设计和施工中参考。

本书可供爆破工程技术人员使用,也可供高校相关专业作教材或参考书。

简明爆破工程设计手册

车永康 编著

责任编辑 曾令维

重庆大学出版社出版发行

新华书店经售

重庆花溪印制厂印刷

*

开本:787×1092 1/32 印张:4.375 字数:98千

1997年10月第1版 1997年10月第1次印刷

印数:1—3000

ISBN 7-5624-1614-1/TD·12 定价:10.00元

前 言

随着我国国民经济的发展,爆破工程技术的应用和研究取得了越来越瞩目的成就。但是,由于爆破工程介质的复杂性,迄今为止,爆破工程技术理论尚不够成熟,许多理论和计算公式,在某种程度上还限于经验。作为爆破工作者,如何在不同工程、不同爆破环境和爆破介质条件下,取得爆破工程的成功,这除了要系统地掌握基本爆破技术理论外,还要结合自身的爆破工程经验和具体工程地质条件、工程环境条件去综合运用。笔者编写《简明爆破工程设计手册》的用意,在于简明地介绍爆破工程理论、公式和经验数据,以便爆破工程设计和施工中参考使用。本书也可作为爆破工程技术培训的参考教材。

在《简明爆破工程设计手册》编写过程中,得到了朱云间教授、王荣海总工程师(高级工程师)的大力支持,他们对全书章节进行了审核,编者表示由衷感谢。

由于编者水平所限,书中错误在所难免,敬请读者批评指正。

编者

1997年9月

目 录

第一章 爆破材料	1
一、炸药	1
1. 爆炸与炸药	1
2. 炸药的一般性质	3
3. 炸药的爆炸性能	6
4. 几种常用炸药	10
二、起爆材料.....	12
1. 起爆炸药	12
2. 雷管	13
3. 导火索	20
4. 导爆索	21
5. 导爆管起爆法	22
第二章 爆破基本理论	26
一、爆破作用原理.....	26
二、爆破工程几个基本概念.....	28
1. 药包	28
2. 爆破漏斗 3. 爆破作用指数 n	29
三、装药量计算原理.....	30
1. 装药量计算基本原理	31
2. 标准抛掷爆破装药量公式	31
3. 加强抛掷爆破装药量计算公式	31

4. 松动爆破装药量计算公式	33
5. 内部作用爆破装药量计算公式	33
6. 延长经包装药量计算公式	33
第三章 深孔爆破	35
一、概念	35
1. 深孔爆破法的发展情况	35
2. 深孔爆破的意义	35
3. 深孔爆破的基本原理	36
二、深孔爆破参数的选择	38
1. 梯段(H)的确定	38
2. 最小抵抗纸值的确定	40
3. 孔距 a、排距 W_2 的确定	41
4. 超钻 h 与孔深 L 的确定	41
5. 单孔装药量计算	43
6. 装药长度 L_1 和堵塞长度 L_2 的确定	43
7. 钻孔直径的选定	44
第四章 光面爆破与预裂爆破	45
一、光面爆破作用原理	45
二、光面爆破技术分类	48
1. 排列钻孔法	48
2. 预留光面层光面爆破法	49
3. 预裂爆破法	49
三、光面爆破基本参数的计算	50
1. 抵抗线与周边眼孔间距关系	50
2. 装药量与装药结构关系	51
3. 光面爆破参数表	52
四、预裂爆破	52

第五章 药室法大爆破	55
一、药室破的种类	55
二、药室爆破的应用范围	55
三、爆破设计	56
1. 爆破设计基本参数	56
2. 爆破设计步骤	57
3. 爆破施工	62
第六章 爆破安全技术	66
一、爆破工程中曾发生过的事故教训	66
二、爆破工作的一般安全要求	67
三、制作起爆体安全要求	68
四、火花起爆法安全规定	69
五、电力起爆安全规定	69
六、导爆索起爆安全规定	70
七、瞎炮的处理方法	71
八、爆破安全距离的确定	72
1. 爆破地震波影响范围	73
2. 爆破空气冲击波安全距离的确定	75
3. 个别飞石安全距离的确定	76
4. 爆破毒气	78
九、爆破安全距离确定参考	78
第七章 拆除爆破	81
一、烟囱与水塔的拆除爆破	81
1. 烟囱与水塔拆除爆破设计原理	81
2. 烟囱、水塔爆破拆除方案的确定	82
3. 烟囱、水塔爆破参数设计	85

4. 烟囱、水塔等高大建筑物的爆破施工与安全	86
二、钢筋混凝土框架拆除爆破	88
1. 钢筋混凝土整体框架拆除爆破的设计原理	88
2. 钢筋混凝土承重立柱的失稳条件和破坏高度	89
3. 钢筋混凝土整体框架的定向倾倒或坍塌条件	91
4. 爆破参数的选择	93
三、高层楼房拆除爆破	95
1. 设计原则	95
2. 楼房爆破拆除方案和破坏形式	95
3. 爆破参数	98
4. 爆破破坏高度及布孔原则	100
四、梁、柱、墙拆除爆破	101
1. 爆破参数设计	102
2. 炮孔布置	104
五、基础爆破	104
基础块体的拆除爆破设计原则	105
2. 基础拆除爆破参数的选择	106
3. 单孔装药量计算	108
4. 炮孔布置	110
六、水压拆除爆破	111
1. 水压爆破的基本原理	111
2. 装药量的计算	112
3. 水压爆破设计	116
4. 水压爆破施工	118
第八章 静态破碎剂破碎岩石	121
一、静态破碎剂的成分和品种	121
二、破岩的基本原理	122

三、炮孔间距的确定	125
四、静态爆破的基本工艺要求	125
主要参考文献	128

第一章 爆破材料

一、炸药

1. 爆炸与炸药

从广义来说,爆炸是物质的一种突变现象。例如锅炉爆炸,车轮胎爆炸,瓦斯爆炸等。所有的爆炸现象,都有相同的特征:即在爆炸发生的周围压力骤升,使周围的介质受到干扰或破坏,并伴有或大或小的声效应。

爆炸现象可概括为:物理变化与化学变化两种。如锅炉爆炸及车轮爆炸,仅仅是物理状态或压力大小的变化,其参与爆炸的物质,性质及化学成分并不改变,称为物理爆炸现象。而瓦斯爆炸,火药、炸药爆炸,其参与爆炸的物质,化学成分急速地分解或化合,这种改变了物质化学性质的爆炸,称为化学爆炸现象。

炸药的定义:凡能急速进行化学变化,并产生爆炸现象,放出热和生成气体产物,同时伴有光声等效应的某些物质或混合物,都叫做炸药。炸药具有以下三个特点:

(1)化学反应快。在一定的外界作用下,能产生急速的化学变化,同时释放出巨大的能量,转变为机械功,具有非常巨

大的功率。如 1kg 硝铵炸药集中药包,完成爆炸反应的时间只有十万分之三秒,它的功率高达 $2.2 \times 10^8 \text{ W}$ 。

(2)产生大量的热。炸药在化学变化的同时,产生大量的热,这是炸药爆炸产生能量的主要来源。例如,1kg 硝铵炸药,能够产生 4187kJ 的热量,温度可达 $2000 \sim 3000^\circ\text{C}$ 。

(3)生成大量的高压气体。在爆炸瞬间,固体状态的炸药迅速转变为气体状态,使原来体积成百倍地增加,形成高压气体。例如 1kg 硝铵炸药,爆炸时能产生 900 升的气体,约有 $1 \times 10^{10} \text{ Pa}$ 。

由于上述炸药的爆炸特性,因此爆炸时所产生的巨大热量与极高的压力,对周围介质的作用,表现为静压力和动压力。动压力的作用结果,产生了强烈的冲击波,使爆炸地点及其附近的障碍物遭到破坏。

炸药的种类很多,其分类方法有以下几种:

(1)按炸药的物理状态,可以分为固体的、胶质的(包括浆状炸药)和液体的三种。其中以固体炸药应用最为广泛。固体的如梯恩梯、硝铵炸药等,胶质的如硝化甘油类炸药,液体的如液氧炸药。

(2)按炸药的组成成分,可分为化合物和混合物两大类。

a. 化合物类炸药,是这些物质的分子式内具有特种原子团,在外界热能或机械能的影响下,即行分解,引起爆炸反应。例如梯恩梯、特屈儿、黑索金等具有一个或数个硝基(NO_2)的原子团化合物,硝化甘油、硝基乙二醇等具有一个或数个硝酯(ONO_2)原子团化合物。

b. 机械混合物类炸药,是目前爆破工程中经常采用的炸

药,它是由含有丰富氧的物质为主要成分,与不含氧的可燃物(木粉、木炭)或含氧量不足的物质相互混合而成。如硝铵炸药,通常就是由硝酸铵、硝基化合物和木粉、石蜡等可燃物质混合而成的。

(3)按炸药的用途,可分为起爆炸药和基本炸药两大类。

a. 起爆炸药的共同特点,是敏感度高,加热、摩擦或撞击均易引起爆炸。在爆破工程中,起爆炸药主要用于制作起爆器材(火雷管、电雷管)。属于此类炸药的有雷汞、氯化铅和硝基重氮酚。

b. 基本炸药是爆破工程中常用的工业炸药。按其爆炸的猛烈程度,可以分为高级(烈性)炸药、中级(中间性)炸药和低级(缓性)炸药。高级炸药的威力大,爆炸速度快,如黑索金、泰安、特屈儿和硝化棉(93%狄纳米特)等,工业上常用作雷管的副起爆炸药或作传爆线的药心、导爆管的内壁膜。属于中级炸药的有梯恩梯、苦味酸、二萘炸药、胶质炸药等。属于纸级炸药的是黑火药等。

2. 炸药的一般性质

炸药的物理状态,有液体、固体、粉末状、鳞片状、溶铸体和压制体等形式。密度大致为 $0.9 \sim 1.6 \text{ g/cm}^3$ 。适合工业用途与运输、保管有关的主要性质有以下几个方面。

(1)炸药的敏感度

炸药在外界作用影响下,发生爆炸反应的难易程度,称为炸药的敏感度。敏感度的高底,是以引起炸药爆炸所需的最小外界能量来表示的,这个能量称为起爆能。炸药的敏感度越

高,其所需要的起爆能就越小。在敏感度的许可范围内,炸药是不会爆炸的。

a. 爆燃点。是炸药对热能的敏感度,即在规定的时间内所得热量大于导出的热量,能使炸药发生爆炸的最小温度,称为爆燃点。

常用炸药的爆燃点:

梯恩梯 285~290°C; 硝铵炸药 280~320°C;

黑火药 290~300°C; 胶质炸药(硝化甘油) 200~210°C;

苦味酸 290~300°C; 叠氮铅 330~340°C;

泰安 215°C; 黑索金 230°C;

雷汞 175~180°C; 特屈儿 195~200°C。

b. 发火性。是炸药对火焰的敏感度。有些炸药爆燃点虽然高,但在接触火焰或火花时,很容易发火引起爆炸。

c. 撞击的敏感度。是炸药对机械作用的敏感度之一。撞击能使炸药局部加热到引起爆炸的发火点,立即发生爆炸。因此,在制作、加工、运输、使用、保管过程中,要特别注意撞击对炸药的危险性。

d. 摩擦敏感度。一般情况下,撞击敏感度高的炸药,对摩擦也敏感。但在实际工程中,炸药是很少受到摩擦作用的。

e. 起爆敏感度。通常以能引起爆炸的极限起爆炸药量的大小来表示该炸药的起爆敏感度。

起爆敏感度过高的炸药,在运输、保管、使用方面都要谨慎,否则容易发生意外爆炸事故。但起爆敏感度过小的炸药,使用时起爆困难,起爆能量不够就容易拒爆。

(2) 炸药的安定性

炸药在长期的贮存中,保持其原有的物理化学性质不变的能力,称为炸药的安定性。炸药的安定性可分为物理安定性和化学安定性两个方面。

a. 物理安定性。系指炸药的吸湿、结块、渗油、老化、冻结、耐水等性能。

吸湿性,是炸药能从周围大气中吸收水分的能力。硝铵类炸药,其吸湿性很高,炸药吸湿严重受潮后变质,失去爆炸性能。

结块性,是粉末状炸药在存放时失去松散性而变成结实的块状性能。炸药结块会导致不完全或完全失去爆炸能力。对已结块的炸药,应加工粉碎后方可使用。

渗油性,系指炸药存放中能自身析出液体的性能。硝化甘油炸药容易产生渗油现象。药卷表面有少量敏感度高的液体硝化甘油时,就会成为炸药突然爆炸的原因。因此,对硝化甘油类炸药存放要进行定期检查,如发现药卷有渗油斑点,应及时处理。

冻结性,是硝化甘油类炸药在低温情况下,容易产生冻结的现象。冻结的胶质炸药极易引起爆炸,保管和使用都极为危险。对已冻结的胶质炸药,须经解冻后方可使用。

耐水性,是指炸药与水直接接触时,在一定时间内尚能保持爆炸的能力。胶质炸药、梯恩梯炸药耐水性良好。而硝铵类炸药的耐水性能极差,甚至拒爆。

b. 化学安定性,取决于炸药的化学性质。硝基化合物炸药属于化学安定性高的炸药。如梯恩梯、硝铵炸药等均属化学安定性高的炸药。

(3)炸药的爆炸稳定性

凡经起爆的炸药,能以恒定速度自始至终保持完整的爆炸反应,并使爆炸安全,称为稳定的爆炸。影响爆炸稳定性的因素主要有:

a. 药包直径的大小。大量爆破试验证明,随着炸药药包直径的增大,在某一限度内,其爆速及猛度显著增加。如果超过一定限度再增加直径,爆速及猛度将随直径的增加而减慢。药包直径减小时,爆速、猛度又随之减小,而直径小于某一临界值时,则会产生不稳定的爆炸(甚至拒爆)。

对于粉状的硝酸类炸药,当药卷直径小于 15~20mm 时,则不能起爆。当药卷直径大于这个临界直径时,其爆炸速度又随药卷直径增大而增大,直至药卷直径达到 60~80mm 以上时,才能接近达到稳定爆轰速度,即最高爆速。

b. 炸药的密度。单位体积炸药的重量称为炸药密度。随着炸药密度的提高,会使爆炸速度及猛度增大。但当密度增大至某一限度时,爆炸速度及猛度又开始下降,并可能引起拒爆。

一般炸药的密度为 $0.9 \sim 1.6 \text{ g/cm}^3$ 。硝酸类炸药的密度为 $0.9 \sim 1.1 \text{ g/cm}^3$ 。如果提高其密度,则其爆力、爆速及猛度都会有显著的提高。

3. 炸药的爆炸性能

(1)殉爆距离,表示一个药卷爆炸时,能引起邻近另一个药卷爆炸的能力,以两个药卷的净距离来表示。

测定殉爆距离的方法为:先将地面捣固平整,用一与药卷

直径相当的木棍在地面压一半圈凹槽,在凹槽内安放一个插入 8# 雷管的药卷,相隔一定的距离,放置另一无雷管的药卷。起爆后,如果两药卷都爆炸,表示殉爆良好。再移动药卷距离重复起爆,取其连续发生三次殉爆的最大距离,即为炸药的殉爆距离。常用的二号岩石硝铵炸药的殉爆距离为 8cm 左右。

空气是良好的殉爆介质,砂、石粉、土是最差的殉爆介质。因此,在炮眼装药时,应注意避免两药卷间混有泥砂或石粉杂物,以免发生不完全爆炸现象。

(2) 爆炸速度

炸药爆炸时,冲击波自始点至终点在单位时间内的传播速度,亦即炸药爆炸的分解速度,称为爆炸速度。爆速愈大,爆炸压力也愈大。

测定爆炸速度,可用光学爆速测定器进行精确测定。一般炸药的爆速为 2000~7500m/s。

(3) 爆热和爆温

1kg 炸药分解时所生成的热量称为爆热。以 kJ/kg 表示。爆热是炸药爆炸的主要能量。一般的炸药,爆炸时释放出 2512~6280kJ/kg 的热能。

爆炸产物所能达到的最高温度,称为爆温。炸药爆炸时爆温可达 1500~4500°C。

(4) 爆炸气体量和爆压

1kg 炸药爆炸时,所能产生的气体体积称为爆炸气体量,以升表示。一般炸药的爆炸气体量可达 600~1000L/kg。

爆炸气体所产生的压力称为爆压,其单位以大气压(1 大气压 = 1.013×10^5 Pa)或 kg/cm² 表示,炸药的爆压可达

10000~100000 个大气压(1 大气压= 1.013×10^5 Pa)。

(5)爆力(又叫爆炸威力)

炸药破坏一定量的介质体积(土壤或岩石)的能力,称为爆力。炸药的爆力愈大,破坏就愈强,破坏范围及体积就愈大。

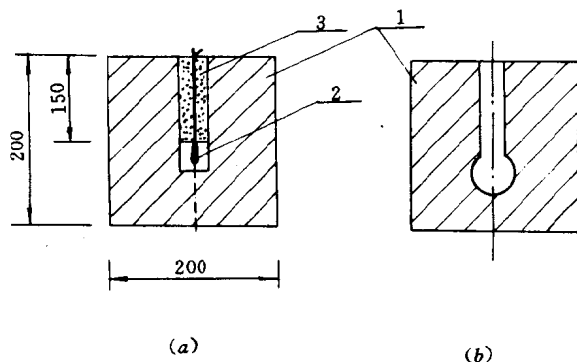


图 1.1

(a)爆前;(b)爆后

1—铅铸体;2—炸药;3—填砂

爆力的大小,取决于炸药爆炸时所产生的气体与热量的多少以及温度的高低。测定爆力通常用铅铸扩孔试验法,由纯铅用模具铸造成直径为 200mm 的圆柱,如图 1.1 所示。铸成后放置 48 小时方可使用。试验时,称取 10g 炸药装于锡箔或羊皮纸内,通过适当模具压成与炸药卷相同的密度并带有插雷管的小孔,插入 8" 雷管,一个有小孔的硬纸盖,然后放入铅孔底部。上部空隙填满通过 12 孔/cm² 筛子的纯砂。起爆后铅铸孔槽扩大成梨形。用水测量出孔槽的体积。爆破后所扩大