

高等学校交流讲义

水利工程施工

下册

武汉水利电力学院施工组织及机械化教研组编

只限学校内部使用



中国工业出版社

高等学校交流讲义



水利工程施工

下册

武汉水利电力学院施工组织及机械化教研组编

中国工业出版社

本书系武汉水利电力学院施工組織与机械化教研組在1958年教育革命以后集体編写的。1961年3月高等学校水利电力类教材工作會議选定为河川枢纽及水电站建筑专业、农田水利工程专业、淮河防洪工程专业的教学用书。

本书分緒論，施工导流与基坑工作，土方工程，石方工程，混凝土和钢筋混凝土工程，水利施工組織与计划和施工机械六篇。土工、石工和混凝土工三篇是先按工种再按建筑物来分章节闡述的；施工机械一篇是在以前各篇只簡述施工机械工作性能和使用范围的基础上，再对主要机械的构造、使用和维护加以介紹。

本书分上下两册。上册包括緒論和第一、二两篇；下册包括其余四篇。各篇均自成系統，可根据教学的具体情况来拟定先后次序。

本书还可供其他有关专业作为教学参考书，水利工程技术人員作为参考书。

水利五種施工

下 册

武汉水利电力学院施工組織及机械化教研組編

中国工业出版社出版(北京佟麟閣路丙10号)

(北京市书刊出版事业許可証出字第111号)

中国工业出版社第二印刷厂印刷

新华书店科技发行所发行·各地新华书店經售

开本 $787 \times 1092\frac{1}{16}$ ·印張23 3/8·字数552,000

1961年8月北京第一版·1961年8月北京第一次印刷

印数0001—3,837·定价(10-6)2.75元

統一书号: 15165·700 (水电—104)

目 录

第三篇 石 方 工 程

第 一 章 爆破工程	5
§3-1-1 概述	5
§3-1-2 爆破的基本理論	5
§3-1-3 爆破材料	10
§3-1-4 基本的爆破方法	13
§3-1-5 爆破工程新的施工技术	20
第 二 章 定向爆破工程	22
§3-2-1 概述	22
§3-2-2 定向爆破的理論基础	22
§3-2-3 定向爆破法筑坝的设计	25
§3-2-4 扬弃爆破法修筑渠道	28
第 三 章 堆砌石工程	30
§3-3-1 概述	30
§3-3-2 堆砌石工程的质量要求	31
§3-3-3 堆石体的施工	32
§3-3-4 堆石体质量的控制和檢查	35
§3-3-5 砌石工程的施工	36
第 四 章 地下建筑物开挖	37
§3-4-1 水工隧洞开挖的特点和程序	37
§3-4-2 隧洞的开挖方式	38
§3-4-3 眼孔布置和装药量計算	43
§3-4-4 爆破、清帮和出碴运输工作	51
§3-4-5 隧洞开挖的支撑工作	53
§3-4-6 隧洞开挖的輔助工作	61
§3-4-7 水电站地下厂房的开挖	65

第四篇 混凝土和鋼筋混凝土工程

第 一 章 概 論	70
§4-1-1 水利工程中的混凝土和鋼筋混凝土工程	70
§4-1-2 水工混凝土的特点和对它的要求	71
§4-1-3 混凝土和鋼筋混凝土作业的組成	72
第 二 章 混凝土骨料的加工和儲存	72
§4-2-1 概述	72
§4-2-2 骨料的破碎、篩分和清洗	73
§4-2-3 骨料加工厂	79
§4-2-4 骨料的儲存	80

§4-2-5 骨料加工的质量控制	82
第三章 模板作业	82
§4-3-1 概述	82
§4-3-2 拆移式模板	84
§4-3-3 固定式模板	85
§4-3-4 移动式模板和滑动式模板	87
§4-3-5 特殊类型的模板	89
§4-3-6 模板作业的組織	93
第四章 鋼筋作业	95
§4-4-1 概述	95
§4-4-2 鋼筋加工	95
§4-4-3 鋼筋的冷加工处理	98
§4-4-4 鋼筋的焊接	100
§4-4-5 鋼筋及鋼筋骨架的运输和安装	103
§4-4-6 鋼筋加工厂	103
第五章 混凝土的制备	105
§4-5-1 概述	105
§4-5-2 混凝土的配料	106
§4-5-3 混凝土的拌合	108
§4-5-4 循环式混凝土工厂	111
§4-5-5 連續式混凝土工厂	116
第六章 混凝土的运输	118
§4-6-1 概述	118
§4-6-2 用自卸汽車运送混凝土	119
§4-6-3 用窄軌或寬軌列車运送混凝土	122
§4-6-4 用起重機运送混凝土	124
§4-6-5 用棧桥运送混凝土	131
§4-6-6 混凝土的連續运输	136
§4-6-7 用人工运送混凝土	140
第七章 混凝土的澆筑和养护	142
§4-7-1 澆筑混凝土前的准备工作	142
§4-7-2 澆筑块的划分	143
§4-7-3 混凝土的平仓	146
§4-7-4 混凝土的鋪筑和捣实	147
§4-7-5 混凝土的养护	150
第八章 混凝土坝防止温度裂縫問題	151
§4-8-1 概述	151
§4-8-2 减少混凝土的发热量	155
§4-8-3 降低混凝土的澆筑温度	158
§4-8-4 加速混凝土内部热量的散发过程	160
§4-8-5 預冷骨料与水管冷却的比較	163
§4-8-6 大体积混凝土澆筑分段分块	163

第九章 水工隧洞、水电站厂房和轻型坝的混凝土施工	165
§4-9-1 水工隧洞的混凝土衬砌	165
§4-9-2 水电站厂房的混凝土施工	173
§4-9-3 轻型坝的混凝土施工	177
第十章 混凝土的几个特殊施工方法	182
§4-10-1 块石混凝土施工	182
§4-10-2 混凝土真空作业法	183
§4-10-3 水下混凝土施工	187
§4-10-4 喷浆作业与喷混凝土作业	189
§4-10-5 混凝土的冬季施工	193
第十一章 装配式混凝土和钢筋混凝土建筑物的施工	199
§4-11-1 概述	199
§4-11-2 装配式水工建筑物及其组成构件	200
§4-11-3 装配构件的制造	204
§4-11-4 装配构件的运输	210
§4-11-5 装配构件的安装	211

第五篇 施工组织与计划

第一章 概 论	214
§5-1-1 水利工程建设的各个组织时期	214
§5-1-2 施工组织设计的主要内容	217
第二章 工程进度计划	219
§5-2-1 概述	219
§5-2-2 总进度计划与单位工程进度计划	220
§5-2-3 作业计划	225
第三章 施工总体布置	227
§5-3-1 概述	227
§5-3-2 施工总体布置图的设计	227
§5-3-3 仓库业务的组织	231
§5-3-4 工地供水的组织	233
§5-3-5 工地供电的组织	237
§5-3-6 压缩空气供应的组织	239
§5-3-7 临时性行政办公、文化、生活福利和居住建筑的组织	240
第四章 技术定额	242
§5-4-1 概述	242
§5-4-2 技术定额的标定	243
§5-4-3 计时观测	244
§5-4-4 观测资料的分析与整理	256
§5-4-5 人工操作过程定额的拟定	257
§5-4-6 机动操作过程定额的拟定	258
§5-4-7 材料消耗定额	258
第五章 预算和概算	260

§5-5-1	概述	260
§5-5-2	預算文件的組成	261
§5-5-3	預算(概算)文件的編制程序	261
§5-5-4	預算的編制	261
§5-5-5	概算的編制	267
§5-5-6	總預算(總概算)的編制	270

第六篇 施 工 机 械

第一章	施工机械总論	272
§6-1-1	概述	272
§6-1-2	施工机械的原动裝置	272
§6-1-3	施工机械的操纵系統	274
§6-1-4	施工机械的自动控制	277
§6-1-5	施工机械的基本参数	279
第二章	土方工程施工机械	280
§6-2-1	推土机	280
§6-2-2	鏟运机	283
§6-2-3	单斗式挖土机	287
§6-2-4	带式运输机	299
第三章	石方开挖、破碎及篩分机械	306
§6-3-1	钻孔机械	306
§6-3-2	碎石机械	317
§6-3-3	砂石分选机械	320
第四章	混凝土工程施工机械	324
§6-4-1	混凝土制备的机械和设备	324
§6-4-2	混凝土运输机械	335
§6-4-3	浇筑混凝土常用的起重机	338
§6-4-4	混凝土振动器	349
第五章	机械设备安装	354
§6-5-1	安装准备工作	354
§6-5-2	起重架設工具	355
§6-5-3	固定设备的安装	359
§6-5-4	一般机械傳动部件的安装	360
§6-5-5	大型施工机械的安装	363
第六章	机械保养与修理	365
§6-6-1	摩擦及潤滑	365
§6-6-2	机械在运转条件下的修理	367
§6-6-3	施工机械的保管	370

第三篇 石方工程

第一章 爆破工程

§3-1-1 概 述

1. 开挖的目的 在水利工程建設中，石方开挖是不可避免的一种工种，不論是那种填型，也不論是規模大小，都会遇到石方开挖的問題。归納起来其目的不外乎以下两种：

1) 騰出空間——自岩层中将石料取走，以便在这个空間里建造建筑物（如基坑、渠道、隧洞的开挖）。

2) 采取石料——当作建筑材料（堆砌石坝材料、混凝土骨料等），或作为原料（水泥原料、石灰原料等）。

如果可能的話，應該把 1、2 两项結合起来，以便降低工程造价和縮短工期。

2. 影响石方爆破效果的因素 影响石方爆破效果的因素很多，一种是自然的因素，如地形和岩石的性质等，这些因素是不能以我們的意志来改变的，我們則應該清楚了解它們的性质，以便利用它和克服它。另一种因素是人为的因素，如炮位布置、炸药、装药密度、药包用量、堵塞深度和爆破方法等問題，这些因素都可以由我們来控制，而我們就应该不断的研究它和改进它。

3. 爆破工程的主要內容 孔眼布置、钻孔所用的設備和方法、爆破材料的选定和装药量的决定，是爆破工程中的主要內容，下面我們將分別来进行探討。

§3-1-2 爆破的基本理論

1. 爆炸現象 爆炸是由于物体受到刺激以后，产生急剧变化，而使其本身具有的势能变为机械能，并使周圍的介质发生破裂。

炸药是一种混合物或化合物。当受外力冲击的影响，或是在某一种起爆能的作用下，立刻发生瞬时的分解，同时产生高温（ $1,500 \sim 4,000^{\circ}\text{C}$ ）和放出大量的气体。因此在炸药发生爆炸的地点，产生极大的压力，对周圍的介质发生破坏作用，这就是我們所研究的爆破現象。

研究在介质中的破坏作用，是一个很复杂的問題，如果用相等重量的炸药，在不同性质的岩石中进行爆炸，其效果就不一样。假如岩石性质完全一样，且用相等重量的炸药，但其埋設的形状不同，其效果也就不同。为了研究方便起見，假定介质是均匀的，药包的形状假定为球形。在爆炸时，爆破作用是由于压力所引起的。爆炸时压力的波动叫冲击波。冲击波是傳播爆破作用主要的媒介，而冲击波的形成，又是由于爆炸作用的结果，因炸药在瞬間产生大量气体，这种气体具有极高的温度和压力，迅速向外扩张，猛烈冲击周圍介质，使其压缩或破坏。这种波若以超声速在空气中傳播，叫做空气冲击波（其空气密度增加到六倍以上）；若是在土壤或岩石时傳播时叫地震波。在大規模爆破

时所产生的地震波和空气冲击波,在一定影响范围之内,会造成建筑物、树木等损坏。如果埋设一定重量的药包,在无限深介质内爆破时,而周围介质对它的阻力又是均匀的,则冲击波向外传播是呈同心的球形,距药包中心愈近,则作用在介质上的压力愈强,距离愈远,作用在介质上的压力愈弱,以致于消失。

在靠近药包的一层介质,如为可压缩的土壤,发生爆炸时则被压缩;而对于坚硬性的介质,如为岩石或混凝土等,在爆炸时则因受到冲击而粉碎,所以这一球形区称为压缩圈或破碎圈。在其次一层,冲击波将介质炸成碎片,若有可能逸出表面时,则有足够力量将其抛出一定的距离,这一部分区域称为抛掷圈。在抛掷圈外的一层冲击波作用削弱,不能将介质抛掷出去,而只有力量使介质的结构破坏,造成裂缝,分裂成块状,这一部分叫做松动圈。最后一层,冲击波削弱到只能使介质产生振动,但其结构并未破坏,这一部分叫做振动圈(如图3-1-1所示)。

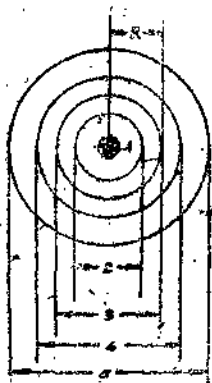


图 3-1-1 爆破作用圈示意图

1—药包; 2—压缩圈; 3—抛掷圈; 4—松动圈; 5—振动圈。R—抛掷半径。

从药包中心至每一个圈的相应半径则叫做压缩半径、抛掷半径、松动半径和振动半径。实际上,各圈之间是没有显著的界限的。在爆破工程中,压缩、抛掷、松动各圈的综合范围是有实际意义的,我们总称为破坏圈,相应的半径就称为破坏半径或爆破作用半径。药包爆破作用半径大小与介质的物理力学性质和药包的性质、数量及爆破的条件有关。爆破作用半径达不到自由表面的爆破现象,叫做隐藏式爆破(图3-1-2,a)。

当药包埋设较浅,而爆破作用半径能达到介质的自由表面,就会使介质中的一部分发生破坏并向某一自由面方向抛掷,在介质自由表面上形成一个倒立形状的圆锥体,叫做爆破漏斗或爆破坑(如图3-1-2,b、c所示)。

爆破漏斗是研究爆破的重要概念,因为它说明了爆破的情况、影响的范围、用药量的多少等主要问题。现将爆破漏斗组成的要素分述于下:

W ——最小抵抗线,由药包中心至自由表面的最短距离;

r ——爆破漏斗半径,即爆破漏斗在介质自由表面上的半径;

R ——抛掷半径,药包中心至爆破漏斗边缘的距离;

h ——可见漏斗深度,即由自由表面至爆破后介质反回落在漏斗内的裸露表面的距离;

n ——抛掷作用指数,即爆破漏斗半径与最小抵抗线的比值,即

$$n = \frac{r}{W} \quad (3-1-1)$$

2. 药包的概念和计算方法

1) 药包的概念 用来爆炸某一指定的目标的炸药叫做药包;药包内炸药的重量,叫做炸药量;放置药包用的空间,叫做药室。

药包按形状可分为:集中药包、延长药包和几何形状药包等三种。集中药包是球形、立方体或圆柱形以及立方体的长度不大于其直径或对角线的四倍的药包,否则就叫做延长药包。集中药包的爆破力量比延长药包大。有时采用药包的形状为十字形、工字形

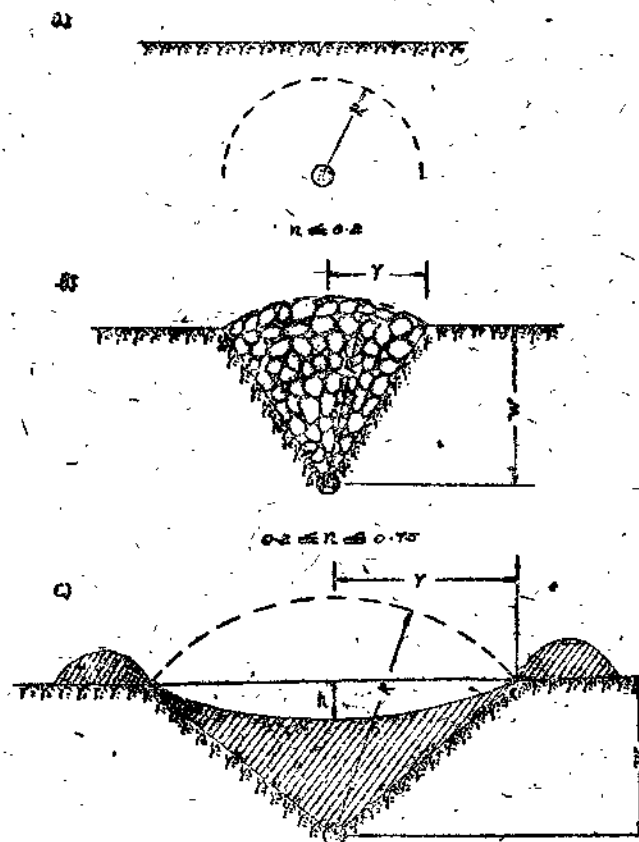


图3-1-2 各种爆破现象示意图

a—隐蔽式；b—松动式；c—抛掷式。 R —抛掷半径； r —爆破漏斗半径； W —最小抵抗线； h —可见漏斗深度。

或其他形状，但长边与短边之比要大于一定数值，我们则称为几何形状药包。

药包按爆破作用性质可分为：抛掷药包、松动药包、隐蔽药包三种，其爆破现象见图3-1-2。

当爆破漏斗半径等于最小抵抗线即 $r = W$ 时，这时抛掷作用指数 $n = 1$ ，我们称为标准抛掷漏斗，形成漏斗半径之间的夹角为直角。此种药包称为标准抛掷药包。

当爆破漏斗半径大于最小抵抗线即 $r > W$ 时，抛掷作用指数 $n > 1$ ，我们称为加强抛掷漏斗，形成漏斗间的夹角为钝角。此种药包称为加强抛掷药包。

当爆破漏斗半径小于最小抵抗线即 $r < W$ 时，抛掷作用指数 $n < 1$ ，我们称为减弱抛掷漏斗，形成漏斗之间的夹角为锐角。此种药包称为减弱抛掷药包。

当 $n \leq 0.75$ 时，岩石不发生抛掷现象，只形成凸起的漏斗，爆破只是使岩石产生松动的作用，此种情况叫做松动爆破，用在只需要岩石崩落而不必抛掷的开挖中。如采石场采石时，一般都用松动爆破。

2) 药包重量的计算 计算药包重量的方法，到目前为止，还没有一个准确的公式，所以在开工前，应根据爆破地点的具体情况由试验决定，这对于大规模爆破显得更加重要。下面介绍计算装药量 Q 最常用的公式，作为参考：

$$Q = KW^3 (\text{米}) \quad (3-1-2)$$

式中 K ——系数，通过多次爆破试验，或根据岩石级别查炸药消耗系数表而得到的（公斤/立方米）；

W ——最小抵抗线（米）。

装药量 Q 与爆破漏斗的体积成正比，在标准抛掷漏斗时，由于 $n=1$ ，即 $r=W$ ，其体积应为 $V=\frac{1}{3}\pi W^3$ ，或以其近似值即 $V=W^3$ 。

对于加强或减弱抛掷爆破，如与标准抛掷爆破比较，因 n 值之不同，因此它们的装药公式应加上由 n 值所变动而影响的关系式，即：

$$Q=f(n)KW^3. \quad (3-1-3)$$

$f(n)$ 值又有多种经验公式，对于加强抛掷爆破，最通用的是苏联鲍列斯科夫所创制的公式：

$$f(n)=0.4+0.6n^3. \quad (3-1-4)$$

对于减弱抛掷爆破，不能采用上式计算，因为误差太大。这时可用列布林公式：

$$f(n)=\left(\frac{4+3n}{7}\right)^3. \quad (3-1-5)$$

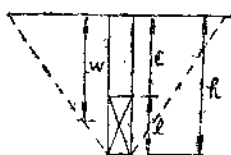


图 3-1-3 与自由面互相垂直的延长药包

h —炮眼深度； W —最小抵抗线（自药包中心算起）； l —药包长度； c —炮眼堵塞长度。

当计算松动药包 ($n=0.75$) 时， $f(n)$ 值可采用 0.33，即为标准抛掷药包的三分之一。

以上所列的计算公式，均指集中药包，至于延长药包的计算原理虽和集中药包相同，但具体计算方法，由于放置药包的孔眼位置不同，又可分为两种情况：

一种是与自由面互相垂直的延长药包 (图 3-1-3)，这时所采用延长药包的长度，一般等于炮眼深度的三分之一，即 $l=\frac{1}{3}h$ 。炮眼堵塞长度 C 等于炮眼深度的三分之二。则：

$$W=C+\frac{l}{2}=\frac{2}{3}h+\frac{\frac{1}{3}h}{2}=\frac{5}{6}h. \quad (3-1-6)$$

因此与自由面互相垂直的延长标准抛掷药包的装药量为，

$$Q=KW^3=K\left(\frac{5}{6}h\right)^3=\frac{125}{216}Kh^3. \quad (3-1-7)$$

同样，其他形式药包也可以应用一般公式乘以 $f(n)$ 函数。

有关计算延长药包的药包重量，还必须用孔眼直径的大小来校对是否能将药量全部装入。换言之，炸药量应符合下式：

$$Q=\frac{\pi d^2}{4}l\Delta. \quad (3-1-8)$$

式中 Δ ——炸药密度（公斤/立方米）。

由此，炮眼直径可由下式确定：

$$d=\sqrt{\frac{4Q}{\Delta l\pi}}. \quad (3-1-9)$$

同理，也可以分别推出药包长度和炮眼深度的公式，即：

$$\text{药包长度 } l=\frac{4Q}{\pi\Delta d^2}. \quad (3-1-10)$$

$$\text{炮眼深度 } h = W + 0.5l = W + \frac{2Q}{\pi Ad^2} \quad (3-1-11)$$

另外一种是与自由面平行的延长药包(图3-1-4)。爆破后呈延长漏斗,其体积 V 为:

$$V = \frac{2W \times W}{2} l = W^2 l (\text{立方米}) \quad (3-1-12)$$

与自由面平行的延长标准抛掷药包的计算公式为:

$$Q = KW^2 l \quad (3-1-13)$$

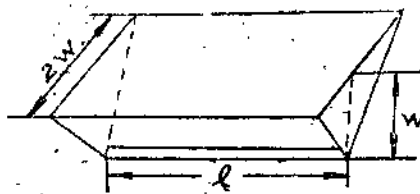


图 3-1-4 与自由面平行的延长药包

W —最小抵抗线; l —药包长度。

3. 炸药密度、炮孔堵塞和爆力集中对爆破效果的影响

1) 炸药密度 炸药密度是炸药重量与其体积之比,是工厂生产时的密度,和炸药性质、制造方法有关。在实际应用时有很大意义,因密度愈小,对同样重量的药包,炮眼的容积也就愈大,从而增加了钻孔的工作量,也降低了爆炸的压力,所以就影响了爆破效果,因而最好选用适当密度的炸药。若是破碎较软弱的岩石,并使之成较大的块状时,可以用密度较小的炸药。另外,装药密度对爆破的效果影响也很大。所谓装药密度,就是炸药体积与所钻炮眼体积的比值。如果装药密度小,所产生气体的最初压力也小,因此爆破能力也就小了。

例如:药包直径为22毫米时,炮孔直径也是22毫米,阿莫尼特7号炸药所产生的压力为57000公斤/平方厘米。若药包直径不变,而炮眼直径增加至36毫米,阿莫尼特7号炸药所产生压力只是20000公斤/平方厘米。

2) 药包爆炸的爆力集中作用,对爆破效果也有很大影响。采用爆力集中时,炸药的高度不小于它下面的集中孔穴的高度,否则会降低效果。一般采用集中孔穴的形状,为圆锥形和半球形。圆锥形底的直径与高度之比可采用1:1.5或采用圆锥顶角为 60° (图3-1-5),都能起爆力集中的效果,这是因为在药包下面留有一孔穴,气体产生曲折作用,而成集中的力点。

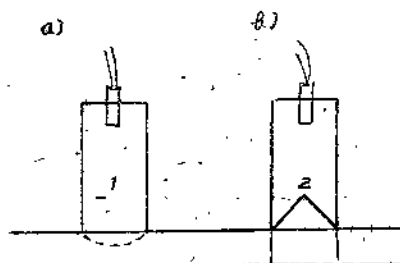


图 3-1-5 普通药包与集中孔穴药包

a—普通药包炸痕; b—爆力集中孔穴药包穿透铁板。1—普通药包; 2—集中孔穴药包,下面铁板穿透。

3) 炮孔的堵塞 为了避免气体从爆破孔口逸出,故需要在孔口进行堵塞。若是炸药分解时间长,爆力作用小时,更应堵塞好,因炸药在爆炸时,是沿着最小抵抗线方向进行的。因此,炮室和炮孔的堵塞应注意避免与最小抵抗线方向相同。由于堵塞处对气体的阻力比完整介质阻力低很多,所以堵塞长度比最小抵抗线的长度还要长约10~15%,就可以得到很好的效果。建议在钻孔时用斜孔钻眼,以便使堵塞长度有足够的长度。

如果堵塞长度小,而又要获得同样的效果,则必须增加药量。一般规范是 $\frac{\text{堵塞深度}}{\text{孔深}} = 0.5$ 时,则可以不加大药量,若是小于0.5时,则应加大药量。

堵塞材料一般使用粘土和粗砂的混合物;粘土和粗砂之比为1:3。

§3-1-3 爆 破 材 料

在研究爆破材料之先，首先要明确有关的两个基本概念，即炸药所需要的起爆能和炸药的敏感度。

起爆能就是炸药在开始燃烧时所需要的能量。这些能量可以是热能(加热、火焰)、机械能(打击摩擦)、爆破能(爆威)等。任何炸药若不由其它方面给予它一定的能量时，它是不可能燃烧和爆炸的。

敏感度就是炸药所需要的起爆能大小的一种反映，若是需要的起爆能大，就是这种炸药的敏感度低，反之，就是敏感度高。

各种炸药都有其不同的敏感度。我们对于炸药敏感度高低，应当有非常清楚的了解，这样才能很好的采用不同的起爆方法，同时在保管运输时采用不同的措施。

其次应了解的，就是爆炸的程序。一般的爆炸程序是由导火索供给起爆能予起爆物，使起爆物进行爆炸，再由起爆物供给炸药以起爆能，使炸药进行爆炸，这便完成了爆炸的过程。现将它们的性能作用分述于下：

1. 炸药 它的种类很多，最好能符合原料丰富、制作简便、威力要大和性能要安全的要求。按炸药的组成来分，可以分为两大类：

一类是化合物，它含有可燃性成分和助燃性成分，多用在军事上，有时也用在工程上，如TNT(三硝基甲苯)。

另一类是混合物，这是由可燃性物质和助燃性物质混合而成，在爆炸前彼此不起化学作用，只是一种混合体，在工程上用得较多，如黑火药、硝酸铵炸药等。

现将我国在工程上常用的炸药分述于下：

1) TNT(三硝基甲苯) 它是甲苯的硝化物，颜色呈浅黄色或黄褐色，粉状，味苦，密度为0.8~1.0克/立方厘米，结晶体密度为1.6克/立方厘米，难溶于水，不受潮湿影响，可用于水下爆破。但粉状的TNT浸透水后，不能爆炸。这种炸药，比较迟钝，子弹穿过，通常也不爆炸或燃烧，与金属不起作用，并且熔点较低(80°C左右)，威力很大，因其本身缺氧，爆炸时易产生CO，不能用于地下爆破。在爆破作业中，用TNT须作成块状，包装在浸了石蜡的纸壳中，药块上有一孔，以便安放雷管，一般用8号雷管起爆。

2) 硝酸铵炸药 它又叫铵锑炸药，是一种混合物炸药，其成分含有硝酸铵、TNT、和木粉等，而以硝酸铵为主要成分。这种炸药制造简便，使用安全，又具有一定的威力，故在工程上用得最广。其一般性能于下：吸湿性很强，因为硝酸铵易溶于水，吸湿后难以起爆，湿度最好在0.2%以下，如超过3%则不能爆炸；吸湿后的硝酸铵炸药易与金属起作用，假若雷管插入硝酸铵炸药内时间较长，金属管壳易被腐蚀，这是很危险的，所以规定雷管插入硝酸铵炸药里的时间，不能超过一昼夜以上；具有硬化性，受潮以后，如水分蒸发，就会结成密度大小不等的块体，不易引起爆炸，或者不能充分爆炸；另外，当温度变化时(低于-16°C或高于32°C)，硝酸铵由一种结晶状态过渡到另一种结晶状态，其粘性更为增加，而易结块，所以在使用前一定要把它揉成粉状，才易起爆。硝酸铵炸药敏感度低，较安全，一般需用雷管才能起爆。这种炸药爆炸时不生毒气，故可用于地下爆破。

3) 黑火药 这是人类最早使用的炸药, 而且是我国所发明, 由于制作方便, 所以在民间应用甚广。它是一种混合物, 其配合比例是: 硝石(KNO_3) 75%、木炭15%、硫黄10%。其中硝石起氧化作用, 木炭起可燃物作用, 硫黄一方面作为可燃物, 另一方面还有胶结作用, 帮助木炭与硝石混合均匀, 且使混合物容易点燃。它的主要性能是: 性能较安定, 遇日光及高温, 不致分解; 可以用导火索来起爆, 用雷管起爆时, 威力大些; 敏感度高, 对于摩擦冲击、火花感应都非常敏感、容易引起爆炸, 处理必须小心; 因硝石易溶于水, 吸湿性强, 因而应保存在干燥而又通风良好的仓库内; 通常其含水量不应大于1%, 当含水量达3~4%时, 需等干燥之后, 才能使用, 当含水量达7~8%时, 将失去作用。由于它的敏感度高, 且燃烧较速, 故常供制导火索之用, 也可用来爆破岩石和土方, 但其威力不大。

4) 液氧炸药 它是多孔性燃料和液态氧的混合物。液态氧是一种有很大流动性的浅蓝色液体, 在爆炸时起氧化作用, 多孔性燃料可用任何纤维素制造, 如麦杆、芦苇、稻杆、木屑等等, 在爆炸时是起可燃性作用。通常液态氧是装在瓶子里, 在使用液氧炸药时, 将多孔性燃料泡在液态氧之中, 然后拿出来即时使用。可以看出: 它的主要优点是可以就地取材、减少炸药的运输和修建复杂的炸药储存仓库。

5) 炸药掺合料 有时掺入油脂食盐、木屑、硫黄、人粪、煤等掺合料, 可能比没有加掺合料时还好些, 因而可以节省炸药, 至于掺入混合物的质量和数量以及配合方法等问题, 许多工地均在进行研究。归纳起来, 掺合料应满足三个基本要求: 第一, 混合物应该是干燥的, 因为硝酸炸药及黑火药都怕受潮, 因而掺入混合物后, 不应使其含水量增加; 第二, 掺合料的颗粒, 应与炸药颗粒的粗细相适应, 以免影响炸药的密度, 从而影响到它的威力, 所以掺合料必须经过磨筛等加工工作, 才能掺入炸药内; 第三, 掺入的混合物, 须与炸药混在一起才能爆炸, 而不能单独爆炸, 因此掺合时, 必须拌合均匀, 否则会影响爆破效果。

2. 起爆药和起爆物 起爆药是敏感度较高的炸药, 用来起爆其他一些敏感度较迟钝的炸药, 通常将起爆药制成起爆体(雷管), 以便在使用时获得安全与方便, 现将常用的起爆药与起爆体的性能分述于下:

1) 雷汞 $\text{Hg}(\text{NO}_3)_2$ 它是一种雷酸盐, 为白色或者灰色粉状的结晶。工业上所用的是白色的一种, 当在50°C以下时是一种安定的混合物, 在较高温度时, 即开始分解, 温度越高, 分解越快, 当把雷汞加热到160~165°C时, 即发生爆炸。干燥雷汞极敏感, 甚至以轻微的碰击, 都要爆炸。潮湿雷汞含水分5%以上时, 碰击的敏感度就不高, 含水量达30%时, 碰击和火花都不能使其爆炸。

2) 迭氮铅 $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ 它是一种白色细微的结晶粉, 在光线下不久即变为黄色。迭氮铅和雷汞不同, 受潮湿影响后, 不致失去其爆破能力, 即含水量达30%, 也能爆炸。在一切炸药中, 迭氮铅的比重最高, 对碰击和火花的敏感性不及雷汞高, 而它的起爆力可比雷汞强。

3) 雷管 在纸管或金属管内, 盛装着敏感性很强的炸药, 用来作为起爆的起爆物, 叫做雷管。用导火索点火的叫做火雷管, 用电力点火的叫电雷管, 电雷管又有即发雷管和缓发雷管之分。雷管的构造如图3-1-6所示。常用的高级烈性炸药有特屈儿、TNT、三硝基苯甲硝铵等。这些高级烈性炸药放在雷管内的最后面, 称为副起爆药, 它的前面

則裝敏感性較高的主起爆藥(如雷汞, 迭氮鉛), 這樣就可以通過主起爆藥帶動高級烈性炸藥爆炸, 而使其引爆力加強。

在主起爆藥的前面, 裝一金屬帽(或叫加強帽), 金屬帽距雷管底部為雷管全長的三分之二, 距雷管口的邊緣為全長的三分之一。金屬帽的作用在於: 將敏感度高的炸藥壓縮, 使它比較安全; 減少起爆藥的暴露面, 以降低使用時的危險性; 免得起爆藥從雷管口端漏出來; 也可以減少起爆藥受潮濕的可能性; 同時利用金屬帽的壓縮, 使雷管內炸藥密度增大, 可以提高爆炸威力。

雷管根據大小和雷汞含量可分為 10 種, 我國常用的是 6 號和 8 號雷管。電雷管與火雷管沒有多大差別, 只是電雷管內有一用電力點火的裝置(橋綫), 利用電流通過橋綫(電阻綫)發生的熱量, 來點燃發火劑, 再點燃敏感度較高的主炸藥, 而使雷管爆炸。電雷管一經通電就立即爆炸的, 稱為即發雷管(圖 3-1-7, a)。當一些藥包需要依着先後的順序來爆炸時, 就要用遲發雷管, 這就是在發火劑和主爆藥包之間, 加上一層緩燃劑, 使其經過一定的時間之後, 才將主爆藥點燃, 目前我國生產的有 2 秒、4 秒和 6 秒等幾種遲發雷管(圖 3-1-7, b)。

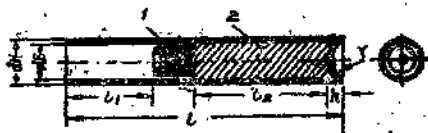


圖 3-1-6 複式火雷管(火雷管)

1—雷汞或迭氮鉛; 2—四硝化戊四醇或三硝基苯甲硝鎂。dH—雷管外徑; dB—雷管內徑。

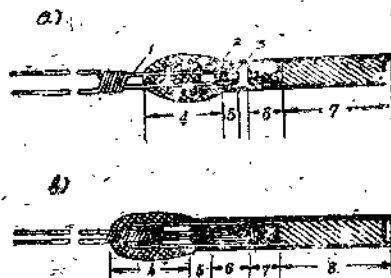


圖 3-1-7 即發與遲發電雷管

a—即發電雷管

1—導綫; 2—橋綫; 3—撞擊橋綫; 4—絕緣膠; 5—點火器; 6—裝有起爆炸藥的小杯; 7—二級起爆炸藥。

b—遲發電雷管

4—絕緣膠; 5—點火器; 6—緩燃劑; 7—裝有起爆炸藥的小杯; 8—二級起爆炸藥。

3. 導火索和傳爆索 導火索是裝在火雷管上, 點着後用來起爆雷管的。導火索一般常見的外表是白色, 它的構造是: 最里層是黑火藥經過輕微壓縮後而製成的索心, 在黑火藥內並放有 1~2 根棉綫, 索心外面包幾層包皮, 包皮用亞麻、黃麻或棉綫纏繞, 表面塗上一層瀝青, 作為防水劑, 最外層塗上白粉。

導火綫正常的燃速, 為每秒 1 厘米; 緩燃導火索燃速為每秒 0.5 厘米, 其表面為黃色, 以示與正常燃速的白色導火索相區別。導火索的燃速, 應經過檢驗才能使用。燃速過快或過慢, 都不易準確的控制起爆時間, 易產生危險, 所以都作為廢品處理。為了使導火索不致變質而成為廢品或發生危險, 在保管及使用時應注意以下諸問題:

1) 防潮 應將導火索存放乾燥場所。索的兩端要用石腊或膠布封住, 使用時先切去長約 5 厘米的一段;

2) 防熱防油 因導火索所塗的瀝青(或其他防潮劑)易受熱或油類的作用而侵入索心, 改變了燃速;

3) 防凍防彎曲 索心要具有一定的均勻性, 才能保證燃速一致, 如受彎曲, 尤其是

受冻后再弯曲, 索心的均匀性就会受到破坏, 故存放时应卷成环形, 与其他材料相隔离, 同时要检查有无损坏的现象。

传爆索从外表上看与导火索差不多, 但它的性质和用途就有很大的区别, 传爆索的索心是用高级烈性炸药制成, 爆炸速度很高, 每秒可达数千米。为了与导火索相区别, 故在其外表涂以红色。传爆索的用途, 是为了使爆炸从一个发生爆炸的地点(例如雷管)迅速传到另一地点(如药包), 或者从一个药包迅速传到另一个药包。这样一来, 雷管就可以不放在药包内、而只要将传爆索与药包相连, 再把各药包内的传爆索引在距爆破地点较远的地方, 然后用雷管爆炸来带动主爆的传爆索爆炸, 这样就能以很快的速度引起各个药包的同时爆炸, 比起用雷管放在药包内的爆炸方式要安全得多。

§3-1-4 基本的爆破方法

1. 浅孔爆破法 它是利用延长药包进行爆破的一种方法, 其孔眼直径小于75毫米, 深度小于5米, 是历史最久的一种爆破方法, 广泛地应用在: 基坑开挖、隧洞开挖、坑道开挖、为其他爆破创造自由面, 以及在工作面大、设备缺乏的采石场作业。进行浅孔爆破的施工顺序是: 选择炮位、钻孔、装药、堵塞、放炮、最后是撬石及出碴, 必要时进行瞎炮的处理。现将这些工序里的主要问题介绍于下:

1) 选择炮位 炮位选择是否恰当是爆破效率能否充分发挥的关键性问题, 一般根据不同的情况有两种不同的布置方式。

a. 阶梯形进行爆破(图3-1-8), 这时炮孔的深度 h 常等于阶梯深度 H , 但在坚硬岩石中, 往往比阶梯高度大10~15%, 即:

$$h = (1.1 \sim 1.15) H. \quad (3-1-14)$$

在软弱的岩石中则采用:

$$h = (0.85 \sim 0.95) H. \quad (3-1-15)$$

最小抵抗线与深度之关系为:

$$W = (0.6 \sim 0.8) H. \quad (3-1-16)$$

沿着阶梯的同排孔间距 a , 应当是使一个药包的爆炸不能爆伤另一炮孔, 同时爆破之后, 两孔之间也不要留有石埂。根据这一原则, 用火花起爆时:

$$a = (1.4 \sim 2.0) W. \quad (3-1-17)$$

用电力起爆时:

$$a = (0.8 \sim 2.0) W. \quad (3-1-18)$$

排与排的间距 b :

$$b = (0.8 \sim 1.2) W. \quad (3-1-19)$$

若布置几排炮孔时, 应交错布置成三角形或梅花形。第一排先爆, 然后依次爆破, 这样可以加大爆破效果。

b. 平地进行爆破 通常又有三种不同情况: 一种是有石苗露头(图3-1-9, a), 这时可先打去石苗, 沿着石苗的坡脚周边布孔, 孔眼的轴线与水平面夹角要小于45°。当石苗较大时, 其顶部还要布置部分的孔眼, 并且应使其先行爆破, 以减轻对下部药包的压力,

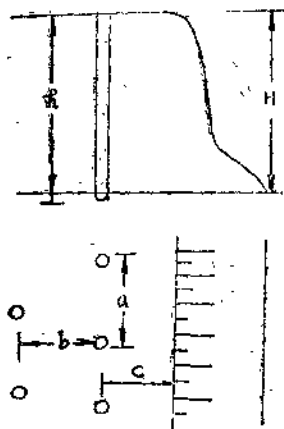


图3-1-8 阶梯形爆破法

H —阶梯深度; h —炮孔深度;
 a —同排孔间距; b —排与排之间的间距; c —第一排与边沿间的距离。

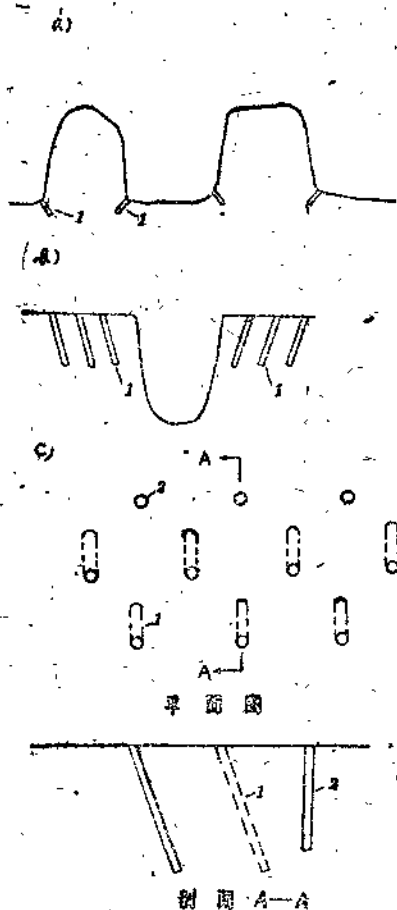


图 3-1-9 平地进行爆破法

- a—岩石露头；b—平地中有深槽；
c—平坦台地开挖沟布孔图。
1—炮孔；2—垂直炮孔。

并创造了自由面。再一种是在平地中有槽子出现(图3-1-9, b), 这对开挖是有利的, 可以利用深槽作为自由面, 逐步向两侧扩展, 孔眼方向应斜向深槽, 使通过前后排爆破的先后控制, 有可能创造瞬时自由面, 提高爆破效果。第三种平坦台地的开挖, 这种地形对开挖来讲是最为不利的, 应先行掏出一条槽子变成上述的那种地形。掏槽的方法是沿槽子方向作梅花形的布孔, 第一排打垂直浅孔, 以后各排可打较深的斜孔依次进行爆破(图3-1-9, c)。

平台上孔距排距的拟定与岩性及爆破方式等因素有关, 岩石的级别越高, 越不宜于采用孔深较大的爆破。这时应采用浅孔密布的爆破方式, 而在软岩中则可以使用孔深较大、布孔较稀的方式。例如开挖閃长岩与閃长玢岩(10~12级)坝基时, 使用2号硝铵炸药, 其孔排距随孔深而变化, 如表3-1-1所示。

2) 钻孔 在浅孔爆破中, 钻孔方法可分为人工钻孔及机械钻孔两种。机械钻孔常用风钻; 人工打眼则根据介质软硬程度的不同, 一般分别采用手动螺旋打眼法、长针冲击法和手锤打眼法三种。为了提高打眼效率, 减轻繁重的体力劳动, 打眼时应采用软化剂(润滑剂), 如水、醋或草灰水来提高效果。

3) 爆破施工组织工作及任务 一般成立爆破连, 连下面有加工排和放炮排, 放炮排下面又有糾察班和爆破班。其具体任务是: 加工班负责切断导

火索; 上导火索入雷管内; 以及在必要的时候将药包上防水层。糾察班的任务是负责现场秩序及检查装炮情况。爆破班负责从装药到点炮及爆破后检查瞎炮的整个过程。应该特别指出, 瞎炮和漏炮直接影响到出碴人员的安全, 炮工应给予足够的重视。瞎炮产生的原因很多, 可以通过分析找出原因, 采取措施来避免或减少。但尽管如此, 少量的瞎炮总是难于避免, 因而要求每一炮工都需要懂得检查瞎炮和处理瞎炮的方法。检查瞎炮的方法, 是在于掌握爆破前后地形的变化比较, 有瞎炮漏炮的地方, 岩石未动, 并被四

表 3-1-1 开挖岩基时孔深与孔、排距关系表

爆 破 方 式	孔 深 (米)	孔 距、排 距 (米)
水 上	1.0	0.7~0.8
	4.0	1.2~1.7
水 下	1.0	0.6~0.75