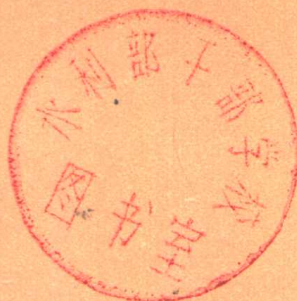


# 农田基本建设中的 定向爆破

陕西省水土保持局  
西安冶金建筑学院



水利电力出版社

488

12533

TV542  
7409

# 农田基本建设中的 定向爆破

陕西省水土保持局  
西安冶金建筑学院

水利电力出版社

# **农田基本建设中的定向爆破**

陕西省水土保持局

西安冶金建筑学院

\*

水利电力出版社出版

(北京德胜门外六铺炕)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

水利电力出版社印刷厂印刷

\*

1978年10月北京第一版

1978年10月北京第一次印刷

印数 00001—11430 册 每册 1.45 元

书号 15143·3370

## 内 容 提 要

本书包括爆破基本原理、爆破的工程地质、测量、爆破材料、定向爆破技术原理、设计、施工、实例及爆破安全等九章，重点介绍定向爆破在农田基本建设中的应用。

书中较系统地介绍了定向爆破工程中广泛采用的抛掷堆积计算方法——体积平衡法。同时，也扼要地介绍了近几年发展起来、并在部分工程中得到应用的抛体堆积算法。此外，为便于应用，在附录中还列出了各有关参数的计算数据。

本书主要供从事农田基本建设爆破工程的县、社技术员、爆破工和知识青年阅读，也可作农村爆破训练班的教材和供从事水电、铁道、交通、矿山等部门爆破工作的干部、科技人员及大专院校有关专业的师生参考。

# 前 言

以英明领袖华主席为首的党中央对农田基本建设极为重视和关怀，号召全党要把农田基本建设当作一项伟大的社会主义事业来办。近几年来，在农业学大寨群众运动的推动下，我国山西、湖南、甘肃、湖北、云南、宁夏、福建、广东和陕西等地，将定向爆破大规模地应用于农田基本建设中，如削梁填沟、筑坝淤地、改河造田、兴修水利等，为我国山地、丘陵等地区加快农田基本建设步伐、尽早实现农业机械化和现代化作出了一定贡献。

为了适应农田基本建设迅速发展的需要，更好地交流在农田基本建设中应用定向爆破技术的经验，我们编写了本书。在编写过程中曾得到中国科学院力学研究所、北京有色冶金设计院、武汉水利电力学院、山西省临汾地区水土保持站、陕西省千阳县水电局和陕西省水利科学研究所等二十多个单位的指导、帮助和鼓励，在此，一并表示感谢。

本书由桂中岳同志主编。参加编写的人员有：杜玉贤、秦明武、邓常忍和陈代忠同志等。最后又请杨人光（中国科学院力学研究所）和高金石同志进行了审查。

由于我们水平不高，实践经验不足，书中存在的错误和不足之处，恳切地希望读者批评、指正。

编 者

一九七八年五月

# 目 录

## 前 言

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| 第一章 爆破基本原理 .....         | 1   |
| 第一节 炸药的爆轰 .....          | 2   |
| 第二节 爆破作用 .....           | 6   |
| 第三节 药包和爆破漏斗 .....        | 10  |
| 第四节 装药量计算 .....          | 14  |
| 第二章 爆破的工程地质 .....        | 23  |
| 第一节 岩土的分类和分级 .....       | 23  |
| 第二节 岩土性质及其与爆破作用的关系 ..... | 31  |
| 第三节 地质构造及其与爆破作用的关系 ..... | 38  |
| 第四节 爆破的工程地质工作 .....      | 59  |
| 第三章 爆破工程的测量 .....        | 62  |
| 第一节 简易测量 .....           | 62  |
| 第二节 控制测量 .....           | 64  |
| 第三节 地形图和断面图 .....        | 68  |
| 第四节 施工和爆破后测量 .....       | 78  |
| 第五节 方量计算 .....           | 84  |
| 第四章 爆破材料 .....           | 90  |
| 第一节 炸药的主要性能 .....        | 90  |
| 第二节 混合炸药的组成和炸药的氧平衡 ..... | 103 |
| 第三节 常用工程炸药 .....         | 111 |
| 第四节 导火索、雷管和导爆索 .....     | 122 |
| 第五章 炮孔、药壶和表面爆破 .....     | 135 |
| 第一节 炮孔爆破 .....           | 135 |
| 第二节 药壶爆破 .....           | 154 |
| 第三节 表面爆破 .....           | 159 |
| 第四节 火雷管起爆 .....          | 159 |
| 第六章 定向爆破技术原理 .....       | 163 |
| 第一节 抛掷方向的控制 .....        | 164 |
| 第二节 抛掷量和堆积形状的控制 .....    | 173 |
| 第七章 定向爆破设计与施工 .....      | 217 |
| 第一节 药包设计 .....           | 217 |

|     |                      |     |
|-----|----------------------|-----|
| 第二节 | 药室、导峒、装药及堵塞设计        | 255 |
| 第三节 | 起爆网路设计               | 264 |
| 第四节 | 安全设计                 | 294 |
| 第五节 | 定向爆破施工               | 304 |
| 第八章 | 定向爆破实例               | 318 |
| 第一节 | 陕西省志丹县米老庄沟定向爆破筑坝     | 318 |
| 第二节 | 陕西省千阳县指朝定向爆破改河造田     | 329 |
| 第三节 | 陕西省柞水县徐家梁定向爆破削梁填沟造平原 | 350 |
| 第九章 | 爆破安全                 | 371 |
| 第一节 | 爆破材料的装卸和运输           | 371 |
| 第二节 | 爆破材料的存放、保管和销毁        | 375 |
| 第三节 | 爆破施工中的安全技术           | 379 |
| 第四节 | “瞎炮”原因及处理            | 388 |

## 附 录

|       |                                                                   |     |
|-------|-------------------------------------------------------------------|-----|
| 附录 1  | 抛掷爆破装药量 $[Q = k_0 W^3(0.4 + 0.6n^3)]$ 数值表 (公斤)                    | 392 |
| 附录 2  | $W$ (米)、 $\frac{W}{H_1}$ 、 $H_1$ (米)相互关系数值表                       | 430 |
| 附录 3  | 药包不逸出半径( $R_m = 1.35 W \sqrt{1 + n^2}$ )数值表 (米)                   | 432 |
| 附录 4  | 爆破漏斗下破裂半径( $R = W \sqrt{1 + n^2}$ )数值表 (米)                        | 434 |
| 附录 5  | 爆破漏斗上破裂半径( $R' = W \sqrt{1 + \beta n^2}$ )数值表 (米)                 | 436 |
| 附录 6  | 压缩圈半径函数<br>$[f(R_c) = 0.062 \sqrt[3]{\mu k_0(0.4 + 0.6n^3)}]$ 数值表 | 460 |
| 附录 7  | 斜坡地形、单层药包可见漏斗深度 $[P = (0.27n + 0.39)W]$ 数值表 (米)                   | 468 |
| 附录 8  | 药量系数 $[K_n = k_0(0.4 + 0.6n^3)]$ 数值表 (公斤/米 <sup>3</sup> )         | 470 |
| 附录 9  | 药量系数立方根 $[\sqrt[3]{K_n} = \sqrt[3]{k_0(0.4 + 0.6n^3)}]$ 数值表       | 470 |
| 附录 10 | 抛射角( $\varphi$ )的常用数值表                                            | 472 |

# 第一章 爆破基本原理

在日常生活中，我们可以见到很多的爆炸现象，如自行车车胎“放炮”、热水瓶瓶胆破裂、节日里放的鞭炮等等。分析所见的各种爆炸现象，可以发现，它们都具有共同的特征，即变化的过程很快，爆炸点周围介质的压力、温度均增高，并常伴之有声、光、热等效应。因此，爆炸的实质就是物质在迅速变化过程中的能量释放。

按物质变化性质的不同，爆炸可分为物理的、化学的两大类。目前，工程中广泛应用的炸药爆炸则属于化学爆炸类型，也就是说，它在反应前后不仅物质的状态发生了改变，而且，物质的组成也发生了变化。

世界上应用最早的炸药是黑火药，它是我国古代劳动人民的伟大发明之一。远在公元前 220 年，我国就已初步具备了制造黑火药的知识，到了唐代，黑火药就已广泛应用于制作烟火、花炮和各种火攻武器等。约在公元十三世纪中叶，黑火药才由南宋传入阿拉伯国家，直到公元十四世纪初期，欧洲人才利用黑火药。

利用物质爆炸释放出来的能量对周围介质做功，从而达到一定的工程目的，这一应用学科就称之为“爆破”。爆破最早开始于矿业，我国有资料记载的是 1627 年，西欧和北美的一些国家从 1630 年到 1705 年才相继在矿山、筑路和隧道等工程中得到普遍应用。

近一百多年来，尤其是近几十年来，随着科学技术的进步，爆破技术的发展非常迅速，炸药和爆破器材的品种，在数量和质量上都有了很大的提高和改善。

解放以来，在毛主席无产阶级革命路线的指引下，我国在炸药、爆破器材的生产和爆破技术的理论研究上都发生了巨大变

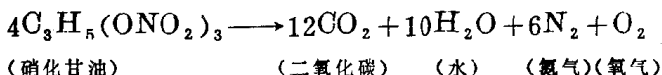
化，取得了很大成绩。但是，在这一方面我国与世界先进水平相比，还有相当的差距。为了在本世纪内把我国建设成为一个伟大的社会主义现代化强国，爆破技术必须有更大的发展。

本章主要介绍在岩土介质中炸药爆破的基本原理。

## 第一节 炸药的爆轰

炸药是爆破的一种能源。农田基本建设中的爆破工程，都是利用埋设在岩土中的炸药，在其反应过程中释放出来的巨大能量而使周围的岩土破坏和抛掷的。

炸药的反应属放热的化学反应，其生成的产物主要是气体。以硝化甘油（化学名称叫丙三醇三硝酸脂，用NG符号表示）为例，它的反应式是：



反应前的硝化甘油是一种油状液体，它反应后生成的产物都是气体。在此反应中一公斤的硝化甘油放出的热量为1485千卡，生成气体产物的体积为715.7升。

然而，炸药的反应有两种基本的形式：一种是燃烧，另一种是爆轰。

一般的炸药，如果数量不多，摊散在空气中点燃时都可以缓慢、平稳地燃烧。炸药燃烧时的速度仅为每秒零点几毫米到二十几毫米，这时的反应是一种表面的放热反应，其生成气体产物的运动方向和火焰的传播方向是相反的，它是靠气体产物的热传导和扩散等这样一些比较缓慢的能量传递形式来维持的。由于炸药燃烧时的热量是逐渐放出的，部分热量随反应过程而散失于空气中，因此，它对外界作功的能力不大。

炸药的另一种反应形式是爆轰。从现象上看，炸药爆轰时最显著的特点是反应的速度极快，各类炸药视其装药密度和装药条件的不同，爆轰时的反应速度亦不相同，反应速度可达1500~

8000 米/秒。这样快的反应速度不可能象炸药燃烧时那样，用气体产物的热传导和扩散等来维持，炸药爆轰时的能量传递形式是靠在炸药中传播的一种冲击波——爆轰波来维持。

所谓冲击波就是指在介质中（岩石、土壤、空气、水等均称为介质）以超音速传播的一个介质状态变化区域，它在传播中压力是骤然跃升的。冲击波在气体、液体和固体中都可以存在（固体中称为应力波）。

冲击波与音波的比较如图1-1所示，其中（a）表示了音波的压力变化，它是由几个波构成的，其频率决定了音的高低，其压力的大小决定了音的强弱。（b）、（c）就是冲击波，它是由单

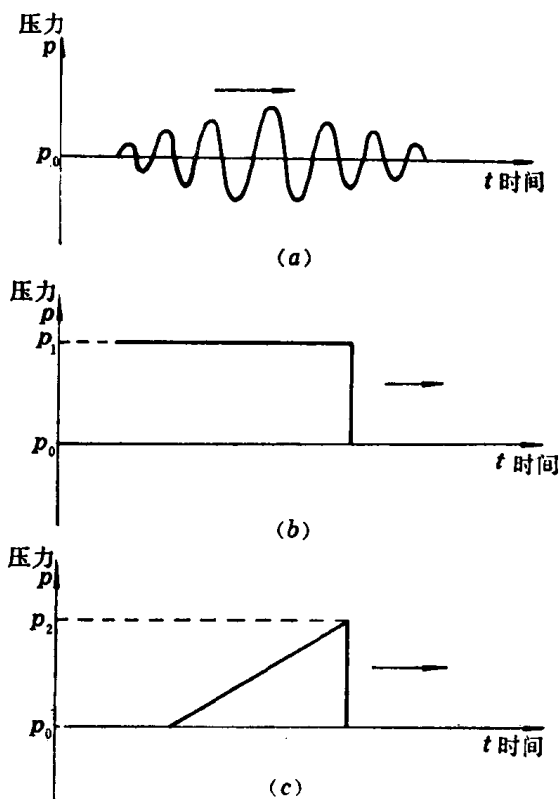


图 1-1 音波与冲击波

(a)音波；(b)阶梯形冲击波；(c)三角形冲击波

一的波构成的，其陡立部分叫波阵面，波阵面的压力就称为波头压力，其大小就决定了冲击波的强度。冲击波的波头压力很高，通常在传播过程中，它会逐渐衰减，最终变为音波。

当冲击波在炸药中经过时，由于波阵面的压力很高，迫使波阵面到达的这层炸药在瞬间强烈压缩，因而，该层炸药的温度急剧升高，如果冲击波的强度足够大，该层炸药就能发生迅速的放热分解反应，冲击波连续在炸药中通过，其波阵面所到之处的炸药都能立即反应，这样，在波阵面的后面就紧跟着一个化学反应区。反应区的炸药放出的热能不断地补充冲击波对炸药压缩时所消耗的能量，从而支持着冲击波在炸药中连续传播。当冲击波在传播过程中所消耗的能量与从反应区获得的能量相平衡后，冲击波的强度就不再发生变化，而以一个固定的速度在炸药中传播，同时，紧跟在冲击波波阵面后的化学反应区也以与冲击波相同的速度在炸药中传播。炸药的这一反应形式就是爆轰。

爆轰波就是波阵面后紧跟着是一化学反应区的冲击波，其结构如图1-2所示。炸药的爆速也就是爆轰波的传播速度。由于炸药的爆轰是一稳定过程，因而，炸药爆轰时的爆速也是一个恒定值。

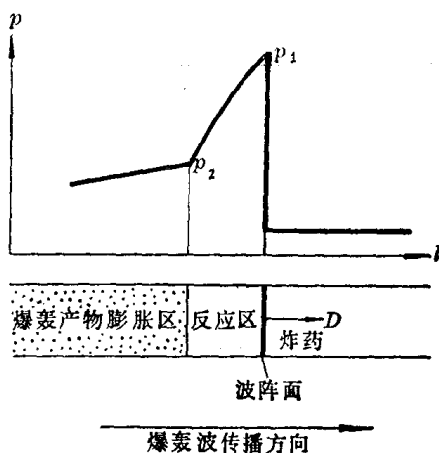


图 1-2 爆轰波结构示意图

由上可知，炸药爆轰时反应的激起和能量的传递都是通过冲击波或爆轰波来实现的。因为介质中冲击波的速度永远大于音波，因而，炸药的爆速也永远比在该炸药中的音速为大。例如密度为  $1.6 \text{ 克/厘米}^3$  的梯恩梯 [化学名称叫三硝基甲苯  $\text{C}_6\text{H}_2(\text{NO}_2)_3\text{CH}_3$ ，用 TNT 符号表示]，其音速为 1900 米/秒，而爆速则为 7000

米/秒。此外，炸药爆轰与燃烧的另一不同点是：爆轰瞬间爆轰波波阵面上反应生成的气体产物的运动方向与爆轰波的传播方向是一致的。

在爆破工程中之所以利用炸药作为能源，就是因为它能产生爆轰反应，能在瞬间把能量集中地释放出来而对周围介质做功。例如上述一公斤的硝化甘油或梯恩梯炸药，它们的体积只有0.7升左右，完成爆轰反应的时间仅约十万分之一秒，生成气体产物的体积在700升以上，放出的热量在1000千卡以上。在这么短的时间里，生成的气体产物还来不及膨胀就被加热到3000℃左右的高温了，压力高达几十万个大气压。如果把它们埋设在岩土内，爆轰产生的高温、高压气体的运动和膨胀就可以使其周围的岩土遭到巨大的破坏和抛掷。因此，确切地说，炸药就是一种能产生爆轰反应的物质。

为了充分利用炸药的能量，在爆破工程中就必须使炸药爆轰。研究表明，炸药能否产生爆轰反应与很多因素有关，其中，外界激发能量的强度便是一个重要因素。如果外界激发能量的强度很大，则在炸药里产生的初始冲击波的强度也就大，因而能很快地激起炸药爆轰。例如上述硝化甘油或梯恩梯炸药，在没有外界激发能量的作用时，它们是能够保持其相对稳定状态而不发生爆轰反应的，如果用雷管或导爆索等的爆轰能量去激发它们，就能立即使它们爆轰。

可以激起炸药爆轰的外界能量叫起爆能。起爆能的形式很多，如热、火焰、摩擦、冲击以及其他炸药的爆轰等。在爆破工程中通常采用的是热能和其他炸药的爆轰能，例如雷管里的装药就是用热能来激发其爆轰的，雷管或导爆索的爆轰又激发大量装药的爆轰。

但是，炸药的燃烧和爆轰并不是固定不变的，在一定条件下，它们是可以互相转化的。例如炸药在密闭状态下燃烧（如将它装在钢管里），由于反应生成的气体产物不易逸散，就会向爆轰反应转化。同理，如果爆轰反应放出的热量不足以补偿爆轰波

传播过程中所耗损的能量，爆轰波的强度便会迅速减弱，爆轰反应便不能维持，最后就以反应熄灭而告终。

炸药的反应除以上两种基本形式外，还有一种形式就是爆炸。所谓爆炸，严格地说，是指反应过程不是用该装药条件下应有的稳定速度来传播的一种炸药反应状况，它在此时的反应速度是变化着的，在传播过程中或转为爆轰，或使反应终止。因此，爆炸是一个非稳定的、过渡的过程，这一形式通常出现在炸药起爆点附近的一段装药长度上。不过，一般所说的爆炸实际上就是指爆轰而言的。

## 第二节 爆 破 作 用

在爆破工程中，炸药爆轰时对周围岩土的作用就称为爆破作用。如上节所述，炸药爆轰在瞬间就生成了大量高温、高压的气体产物，因此，爆破作用便具有高温、高压和动载荷的特点。另一方面，爆破作用的对象是岩土，而自然界中的岩土性质和地质构造又十分复杂。鉴于这两方面的原因，要从理论上完全解决岩土在炸药爆轰时的作用机理问题是很不容易的，直至现在，这一问题还没有完全解决。这里，仅就爆破作用的一般规律作一介绍。

假若将一定量的炸药作成球形药包，把它埋置在距地表以下很深的岩土体内（假定岩土体是均质、各向同性），当该药包爆轰时，地表没有出现明显的破坏现象，在爆破工程中，这种爆破类型称为内部爆破。如果在爆破后将岩土体切开，便可以看到如图 1-3 所示的情况。 $O$  为原来药包的埋设位置，紧挨着药包的一圈岩土由于遭到高温、高压气体产物的强烈冲击和压缩作用，在土中就形成了一个空腔，在岩石中就形成了一个粉碎区域，这一范围称为压缩圈（或称粉碎圈），其半径为  $R_0$ 。在压缩圈外的一定范围内，岩土的原有结构遭到了破坏，被割裂成大小不等的碎块和裂缝，这个区域称为破坏圈（或称裂隙圈），其半径为  $R_p$ 。研究认为，破坏圈的形成主要是由于高温、高压气体对

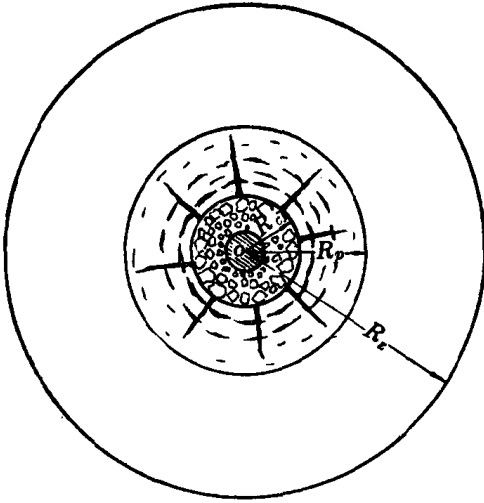


图 1-3 内部爆破

周围岩土强烈冲击和压缩而在岩土体内形成了应力波（即固体内的冲击波），使岩土颗粒产生了一定的运动速度，从而发生了位移、拉伸等作用。与此同时，高温、高压气体的膨胀作用又促使了这些裂缝的扩展。破坏圈外，岩土颗粒只发生了震动，而没有被破坏，这个区域称为震动圈，其半径为  $R_z$ 。研究认为，这

是因为应力波在传播过程中发生衰减，其强度已减弱到不足以引起岩土破坏而只能产生弹性变形的缘故。震动圈的范围很大，直至应力波的能量完全被岩土体所吸收时止。

如果药包埋置深度不大，爆破作用就可以波及到临空面（或称自由面，即地表与空气的接触界面），此时除仍具有内部爆破时的几个圈外，在临空面附近的岩土体内还产生了一个片落区，如图 1-4 所示。研究认为，片落区的形成是由于应力波传播到临空面时，在临空面处产生了波的反射和迭加作用，迭加后的拉应力超过了岩土的抗拉强度所致。图 1-5 表示了三角形应力波在岩土体内的传播、临空面处的反射及迭加后在岩土体内合成应力波的过程。

显然，如果药包的埋置深度继续减小，就会出现破坏圈与片落区连在一起的情况。在这种情况下，药包周围至临空面间就形成了一个连续破坏区域，由于其形状很象漏斗，因而，通常把它称为“爆破漏斗”。如果药包的药量较小，爆破漏斗内的岩土只是被破坏、碎胀而在地表隆起，没有被抛掷出去，这样的爆破漏斗

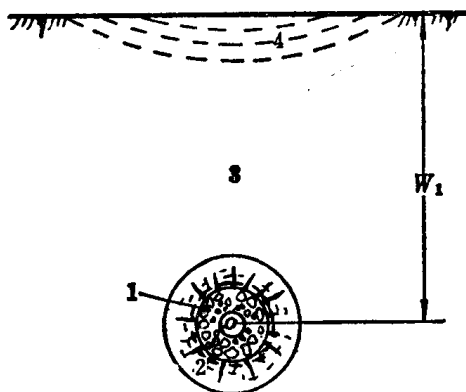


图 1-4 波及临空面时的爆破作用

1—压缩圈，2—破坏圈，3—震动圈，4—片落区

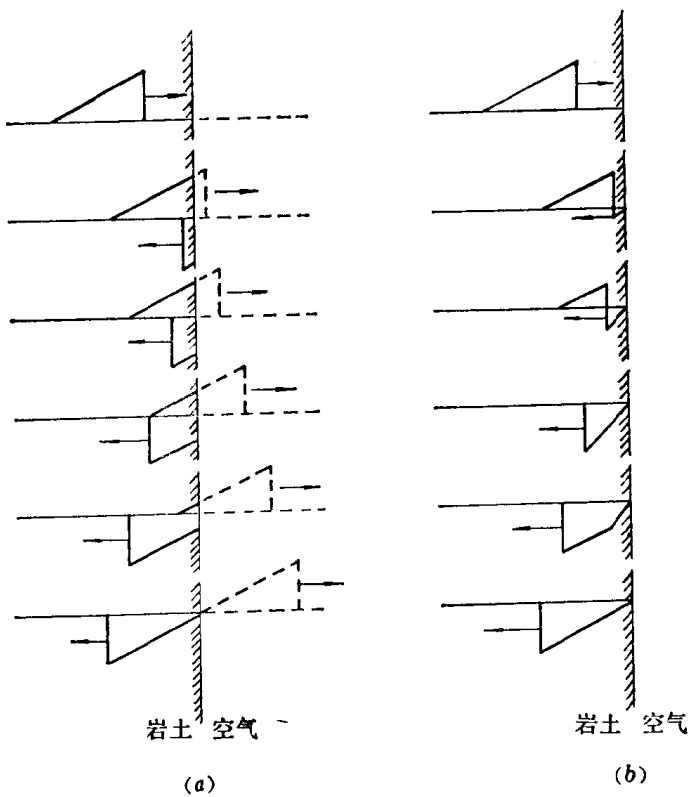


图 1-5 应力波在临空面的反射

(a)入射波和反射波；(b)合成波

称为“松动爆破漏斗”，如图 1-6 所示。如果药包的药量较大，爆破漏斗内的岩土不仅被破坏，而且，在爆轰生成气体产物的膨胀作用下还有一部分岩土被抛出并堆积在爆破漏斗之外，爆破漏斗的中央形成了一个凹坑，这样的爆破漏斗称为“抛掷爆破漏斗”，如图 1-7 所示。

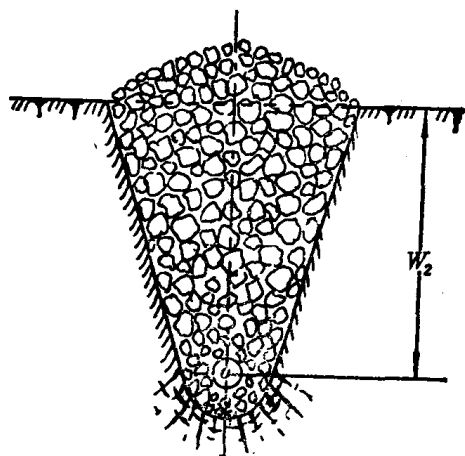


图 1-6 松动爆破漏斗

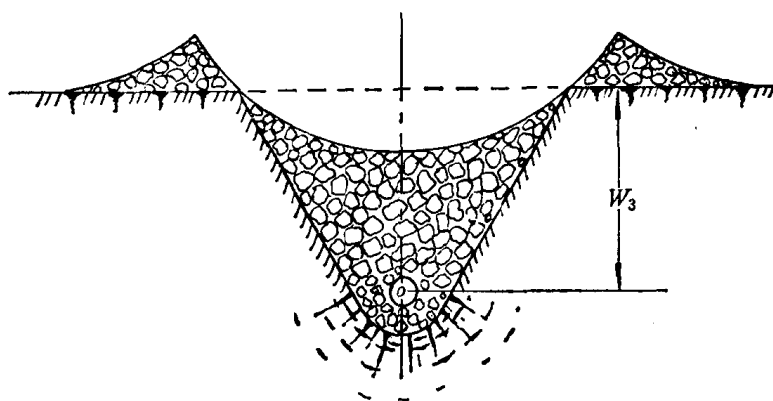


图 1-7 抛掷爆破漏斗

由上可知，炸药爆轰对周围岩土的作用基本上可归为两个方面：一是高温、高压气体的膨胀作用；二是由于爆轰产物在岩土

体内形成的应力波的作用。在不同的岩土中，这两方面作用的程度也不相同，关于这一问题尚待深入研究。

为了提高爆破作用效果，从理论上说：一方面应增强高温、高压气体对周围岩土的膨胀效应，并尽可能延长其作用时间；另一方面还应增强应力波的强度，创造其反射的条件。为此，在实际工作中，根据具体的地形、地质条件，如何合理地确定爆破参数，充分利用原有的临空面或创造新的临空面，选用与岩土性质相适应的炸药品种，增大起爆能量以及从药包形状、装药结构、堵塞和起爆方法等方面进行研究，都是提高爆破作用效果的有效途径。

### 第三节 药包和爆破漏斗

#### 一、药 包

按照药包的几何形状，一般可分为集中药包和延长药包两类。

集中药包和延长药包可以用集中系数来判定：凡集中系数大于0.41的称为集中药包；反之，则称为延长药包（或称条形药包）。集中系数可用（1-1）式求得（如图1-8所示）：

$$\Phi = \frac{0.62\sqrt[3]{V_q}}{R_0} \quad (1-1)$$

式中  $\Phi$ ——集中系数，视药包几何尺寸而定， $0 < \Phi \leq 1$ ；

$V_q$ ——药包体积（米<sup>3</sup>）；

$R_0$ ——自药包的几何中心到其表面最远点的距离（米）。

集中系数愈大，说明该药包爆轰时能量释放的集中程度愈高，例如球形药包的 $\Phi = 1.0$ ，而立方体形药包的 $\Phi = 0.71$ ，球形药包爆轰时能量释放的集中程度显然较立方体形药包为高。

在爆破工程中，为了有效地利用药包的爆轰能量，提高爆破作用效果，药包一般都是置于岩土体内的。这样，按照岩土体内放置药包的空间形状及其相应的施工方法，爆破工程中通常把爆