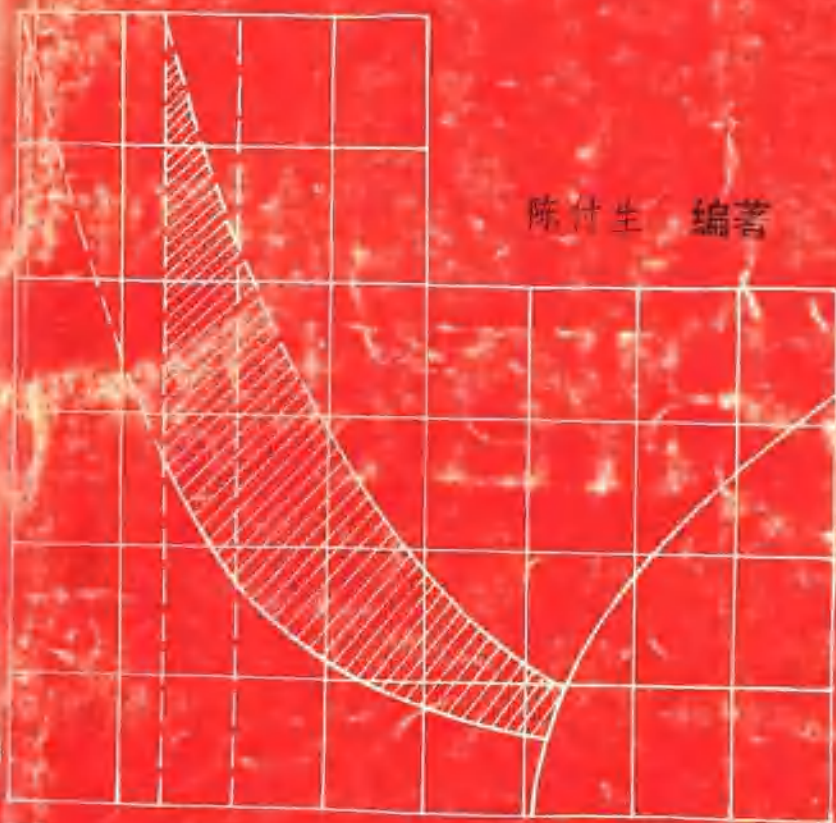


当代爆炸实用技术

MODERN EXPLOSIVE
PRACTICAL TECHNIQUE

陈付生 编著



冶金工业出版社

(京)新登字 036 号

内 容 简 介

本书全面系统地阐述了当代爆炸技术在各方面的应用,包括峒室爆破、浅孔及深孔爆破、水下爆破、建筑物拆除爆破、爆炸成形、爆炸硬化、爆炸复合、爆炸合成新材料等24章。内容实用,图文并茂,可供科研及现场技术人员参考,亦可作为高等院校有关专业教材和参考书。

当代爆炸实用技术

陈付生 编著

*

冶金工业出版社出版发行

(北京北河沿大街嵩祝院北巷39号)

武汉钢铁学院印刷厂印刷

*

850×1168 1/32 印张7 3/4 字数201千字

1993年10月第一版 1993年10月第一次印刷

印数:1~5000册

ISBN 7-5024-1421-5
TD·219 定价 8.80 元

前 言

当代,科学技术正以第一生产力的巨大作用推动着社会的迅速发展。爆炸的巨大能量,正在被广泛开发利用于各种目的;化学爆炸技术已经广泛用于土石方工程、城市建筑物拆除工程和金属爆炸加工与合成新材料等众多工程与生产领域。

为使各类工程技术人员能够较全面地了解当代各种爆炸实用技术知识,藉助于国内外学者的专著(见参考文献)和作者在土岩爆破、爆炸加工和合成新材料方面的点滴实践,写成了这本书。全书共6篇24章,集炸药-土岩系统、炸药-建筑物系统、炸药-金属加工系统、炸药-新材料系统于一体,试图使读者尽可能地扩大爆炸应用知识面。本书可供冶金、地质、煤炭、石油、化工、建材、交通、水电、海港、城建、电工、材料、国防等部门从事爆炸工作的人员参考,也可作为有关院校的教材或参考书。

由于本书所涉及的知识面广,作者学识有限,不尽与错误之处在所难免,诚望读者批评指正,作者衷心感谢。

编 著 者

1993年5月

目 录

绪论	(1)
第一篇 峒室爆破	(3)
第一章 峒室爆破设计原理	(3)
一、爆破漏斗理论	(3)
二、抛塌破碎机理	(4)
三、抛体质心运动方程	(5)
四、堆体分布规律	(5)
第二章 露天矿峒室爆破	(6)
一、台阶单层单侧峒室松动爆破	(6)
二、山脊地形抛掷爆破	(7)
第三章 筑坝定向抛掷爆破	(10)
一、药室布置形式	(10)
二、药室设计参数	(11)
三、应用实例	(13)
第四章 路基开挖定向扬弃爆破	(13)
一、倾斜地形扬弃爆破	(13)
二、水平地形扬弃爆破	(14)
第五章 峒室爆破施工与发展方向	(15)
一、峒室爆破施工	(15)
二、峒室爆破发展方向	(16)
第二篇 浅孔与深孔爆破	(19)
第六章 饰面石材开采爆破	(19)
一、黑火药爆破	(20)
二、导爆索爆破	(20)
三、金属燃烧剂分离	(20)
四、静态爆破剂爆破	(22)
五、水压聚能爆破	(23)

六、劈裂爆破	(24)
七、切槽孔成缝爆破	(24)
第七章 深孔爆破设计原理与参数	(25)
一、深孔爆破设计原理	(26)
二、深孔爆破类型	(27)
三、钻孔与坡面不平行垂直深孔爆破参数	(27)
四、钻孔与坡面平行垂直深孔爆破参数	(28)
五、倾斜孔爆破特征与参数	(30)
第八章 深孔爆破方法各论	(31)
一、微差爆破法	(31)
二、预裂爆破法	(35)
三、挤压爆破法	(37)
四、宽孔距爆破法	(38)
五、高台阶爆破法	(39)
第九章 装药结构与破碎度	(40)
一、装药结构	(40)
二、矿岩破碎度	(43)
三、破碎度的测定与评价方法	(45)
第十章 深孔爆破设计优化	(48)
一、爆破设计优化概述	(48)
二、爆破优化数学模型	(49)
三、爆破优化设计软件	(51)
第三篇 地下与水下爆破	(53)
第十一章 隧道与平巷掘进爆破	(53)
一、隧道掘进爆破	(53)
二、平巷掘进爆破	(57)
第十二章 竖井与反井掘进爆破	(59)
一、竖井掘进爆破	(59)
二、反井掘进爆破	(62)
第十三章 地下采场爆破	(65)
一、采场浅孔爆破	(65)
二、采场深孔爆破	(66)

第十四章 水下爆破	(67)
一、概论	(67)
二、水下裸露爆破	(68)
三、水下深孔爆破	(71)
四、水下洞室爆破	(74)
第四篇 建筑物与构筑物拆除爆破	(75)
第十五章 高层建筑物拆除爆破	(75)
一、拆除爆破方案的选定	(76)
二、技术设计原则与基本内容	(78)
三、爆破破坏高度的确定	(78)
四、孔网布置与参数选择	(81)
五、爆破网路设计	(83)
六、安全防护	(83)
七、工程实例	(84)
第十六章 高耸构筑物拆除爆破	(85)
一、高耸构筑物拆除爆破方案及其确定	(85)
二、爆破参数的确定	(86)
三、施工与安全	(88)
四、工程实例	(89)
第十七章 容器式构筑物水压拆除爆破	(90)
一、水压爆破机理	(90)
二、药量计算	(91)
三、确定药包位置的原则	(93)
四、起爆系统与安全防护	(95)
五、工程实例	(95)
第五篇 爆炸加工	(97)
第十八章 爆炸成形	(98)
一、爆炸成形技术发展现状	(98)
二、炸药在水中爆炸的基本参数	(99)
三、爆炸成形模型律	(103)
四、爆炸成形加工系统	(109)
五、开式与闭式系统中的装药	(112)

六、能量传递介质·····	(114)
七、爆炸成形系统中的模具·····	(116)
八、初步成形件·····	(126)
九、爆炸成形水槽及其设计·····	(126)
十、爆炸场地与基本设施·····	(135)
十一、典型零件的爆炸成形·····	(138)
第十九章 爆炸硬化 ·····	(146)
一、爆炸硬化技术概况·····	(146)
二、爆炸硬化专用炸药·····	(147)
三、爆炸硬化工艺·····	(149)
四、爆炸硬化机理·····	(152)
第二十章 爆炸切割 ·····	(154)
一、利用爆炸的破坏作用切割·····	(154)
二、利用特殊形状药包切割·····	(157)
三、利用应力波切割·····	(159)
第二十一章 爆炸压制与雕刻 ·····	(160)
一、粉末爆炸压制的压力装置·····	(161)
二、爆炸雕刻·····	(166)
第六篇 爆炸复合与合成新材料及其他 ·····	(169)
第二十二章 爆炸复合(焊接)金属材料 ·····	(169)
一、概 述·····	(169)
二、爆炸焊接复合方法·····	(172)
三、爆炸焊接参数·····	(181)
四、爆炸参数对焊接质量的影响·····	(189)
五、合理选择爆炸参数的程序·····	(194)
第二十三章 爆炸合成金刚石 ·····	(196)
一、概述·····	(196)
二、爆炸合成金刚石的基本理论·····	(199)
三、激波方程与物态方程·····	(200)
四、动态高压装置·····	(209)
五、金刚石爆炸合成方法·····	(211)
六、爆炸合成金刚石工艺·····	(216)

七、爆炸法二次烧结金刚石聚晶工艺.....	(217)
八、爆炸合成参数的选择.....	(219)
九、爆炸合成金刚石的性能.....	(222)
第二十四章 爆炸在其他方面的应用	(224)
一、爆炸制备超细粉末.....	(224)
二、高炉炉瘤清除爆破.....	(224)
三、废铁铤解体爆破.....	(227)
四、油井、气井爆破	(228)
五、矿仓堵塞爆炸处理.....	(228)
六、爆炸形成喷射水幕.....	(230)
七、农业爆破.....	(230)
八、其他爆破与爆炸技术.....	(232)
参考文献	(234)

绪 论

人们已知的爆炸现象有宇宙空间星球爆炸、陨石撞击地球时的爆炸、瓦斯爆炸、粉尘爆炸、热爆炸、核爆炸和化学炸药爆炸等。核爆炸于1945年发生在日本广岛上空。近几十年来,和平利用原子能已迅速、广泛地发展起来,如利用原子能发电,建造运河,开挖航道、海港和大型水库等。核装药已逐步小型化,目前已有相当于100kg TNT的核装药,可放置于直径几cm的井中,核污染控制技术目前已基本解决,因此,核爆炸技术无疑将应用于众多大型工程中。本书内容则仅限于化学炸药的爆炸技术及其应用。

最早的化学炸药源出中国,唐代(公元808年)已有黑火药初步配方,13世纪中叶传入欧洲。据河北唐县志记载,明万历二十四年(1596年)采矿时,“用火爆石裂”,“使山灵震列”,“鸟惊兽骇”。可见,火药应用于土岩工程较俄国人在1627年用于巷道掘进要早30年。黑火药至今仍用于石材开采和闭式成形加工系统中。随着土岩工程规模的扩大,炸药得到迅速发展,出现了狄纳米特和硝酸铵类炸药,并广泛地应用于各类工程,成为从古至今创建文明社会的重要手段。可以说,现代人们所使用的物品都是用炸药从地壳中开采出的自然资源制造的。据美国80年代中期统计,其人年炸药消耗量为1t多,世界上年炸药消耗量约达几十亿t之多。

爆炸在土岩爆破中的应用历史源远流长。城市建筑物拆除爆破和金属加工与合成新材料则是本世纪50年代以来的新兴领域,其发展势头与日俱增。某些爆炸技术更为新颖的生长点正受到学者们青睐,例如,利用炸药爆轰能量的脉冲发电机(一次性高功率供电),爆轰驱动的强磁场发生器,爆电与爆磁换能器,利用炸药爆轰的热核微聚变,炸药爆轰脉冲光源,以及爆炸信息传递,等等。

鉴于爆炸技术的广泛使用,有必要将各种实用爆炸技术汇

集成册,在相互比较、借鉴中求得深入发展。本书的篇章体现了编著者的这一初衷。

对于爆炸加工与合成技术,作者尤感重要。在爆炸复合、爆炸压制、成形与爆炸合成新材料方面,有可能成为各工业部门扩大应用的潜在市场。在爆炸硬化方面,应积极提倡与扩大应用。在爆炸成形及爆炸加工方面,应重视性能可调的炸药的研制和加工系统各组成部分在整体系统中的作用及其相互关系的研究,使用计算机程序控制与优化设计。

爆炸加工与合成技术在发展过程中存在三个问题:①对使用炸药表现犹豫;②需要多学科知识人才的共同配合;③金属加工的常规方法与爆炸方法由不同机构完成的现状。这阻碍了金属爆炸加工的发展。近30年来,爆炸作业范围不断扩大,对使用炸药的不安全感已大为减轻,多学科知识人才短缺的问题在国外通过开设专门的大学课程也已基本解决,由一个机构完成各种金属加工的体制正在许多国家中得到发展,今后必将愈来愈普遍。

探索新的爆炸加工方法,开拓新的应用领域,有赖于工业部门对利用爆炸技术的兴趣与努力。金属爆炸加工在空间的实施可能是即将面临的一个全新领域。现有爆炸加工成果合乎逻辑的推理是,在广大空间里采用炸药来加工人造卫星构件、空间运载工具、载人通讯中心、空间实验室,以及有可能制造的任何装置。在空间环境中使用炸药既有高度风险,又有高效益,也给设计人员提供了完全不同于现已认识 and 理解的更新作业方式的前景。目前正是研究这一领域以及其他特殊面有潜力的应用领域的时机,一旦出现这种需要时,便可即时提供必要的技术基础。

第一篇 峒室爆破

第一章 峒室爆破设计原理

峒室爆破是利用峒室作为装药容器所进行的大规模工程爆破。在露天矿基建剥离、工业场地平整、定向筑坝、修渠、铁路与公路路堑开挖等土石方工程中广为应用。峒室爆破设计的基本原理可概括为爆破漏斗理论、抛掷破碎机理、抛体质心运动方程和抛堆体分布规律。

一、爆破漏斗理论

当药包埋深小于破裂半径时,爆炸后,介质表面隆起,首先从最小抵抗线方向发生破裂、抛掷,最终形成爆破漏斗。爆破漏斗的半径 r 与最小抵抗线 W 之比值 $n(n=r/W)$ 叫作爆破作用指数,具有表征爆破作用的特性。

当 $n=0.6\sim 0.75$ 时,介质被松动破碎; $n=0.75\sim 1$ 时,介质加强松动破碎; $n=1$ 时,介质呈标准抛掷状态; $1<n<2.5\sim 3$ 时,介质被加强抛掷。

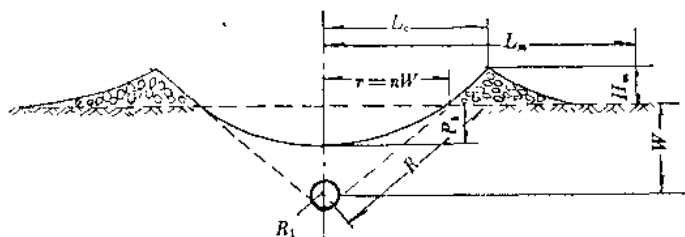


图 1-1 平坦地形单个球形药包爆破漏斗几何参数

典型的平坦地形单个球形药包爆破漏斗几何参数如图 1-1 所示。根据试验与统计资料建立的函数式如下:

$$R = (1 + n^2)^{1/2} W, \text{m} \quad (1-1)$$

$$L_m = 5nW, \text{m} \quad (1-2)$$

$$L_c = 1.35nW, \text{m} \quad (1-3)$$

$$P_t = (2n - 1)nW / 3, \text{m} \quad (1-4)$$

$$H_m = (0.15 \sim 0.2)nW, \text{m} \quad (1-5)$$

$$R_1 = 0.622 \left[\frac{\mu k f(n)}{\rho_B} \right]^{1/3} W, \text{m} \quad (1-6)$$

式中 R ——破裂区半径；

L_m ——抛掷最大距离；

L_c ——抛掷距离；

P_t ——可见漏斗深度；

H_m ——爆堆高度；

R_1 ——压碎圈半径；

ρ_B ——装药密度, kg/m^3 ；

μ ——岩性系数, $\mu = 10 \sim 250$, 软岩取上限, 硬岩取下限；

k —— $n=1$ 时的炸药单耗, kg/m^3 。

上述参数计算式是各类峒室爆破设计计算的基础。

二、抛掷破碎机理

在斜坡地形条件下, 药包爆炸产生的以半径为 R_1 的压碎圈, 下坡方向的爆破作用半径 R 和上坡方向的作用半径 R' 分别为下破裂半径和上破裂半径。如图 1-2 所示。

当 $n > 1$ 时, AOD 范围内岩体可被抛掷, 称为抛体。DOC 范围内的岩体受振动和重力作用塌落, 称为塌落体。ABB'C 范围内的岩体统称为爆落体。抛掷机理是限界峒室爆破设计的理论基础。

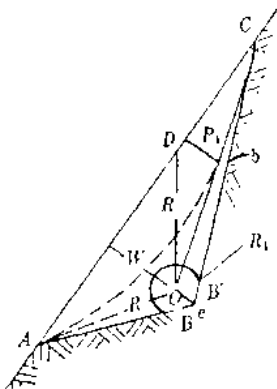


图 1-2 抛体、塌落体与爆落体

三、抛体质心运动方程

洞室爆破时,在爆轰产物的作用下岩石发生鼓包运动,鼓包运动以最小抵抗线方向的速度为最大。鼓包运动服从质心系运动的基本原理。如忽略空气阻力的影响,抛体质心基本上沿弹道飞行,如图1-3所示。其运动方程可写作:

$$V_0 = [gS/\sin 2\varphi(1 + \operatorname{tg} \varphi H/S)]^{1/2} \quad (1-7)$$

式中 V_0 ——抛体初速, m/s;

φ ——抛体质心抛角,°;

H ——抛体质心起落高差, m;

S ——抛体质心起落水平距, m。

抛体运动方程是定向抛掷爆破设计的理论依据。合理选择药室爆破参数与药室布置方案,可以获得所需的 V_0 与 φ 值,用以设计抛距 S 值。

四、堆体分布规律

平坦地形洞室爆破时,漏斗外部的堆积体的断面呈三角形分布;斜坡地形单药室爆破后,抛体堆积的断面形状亦为三角形,如

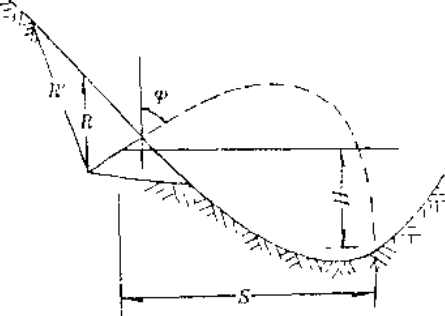


图 1-3 抛体质心运动规律

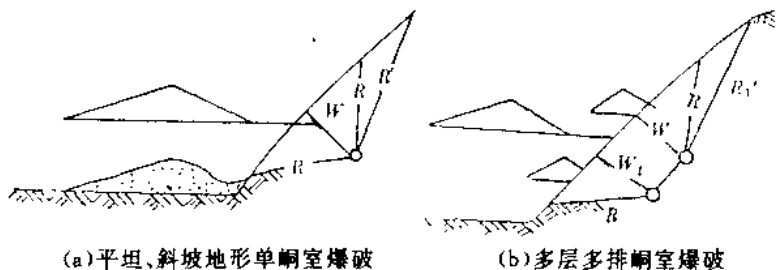


图 1-4 堆体分布规律

图 1-4(a)所示。多层多排峒室爆破形成的抛堆体是由多个抛堆体三角形叠加而成,如图 1-4(b)。堆体三角形分布规律是峒室爆破设计中计算堆体方量的理论基础。

第二章 露天矿峒室爆破

露天矿基建剥离时常采用抛掷爆破和松动爆破。如 50 年代白银有色金属公司露天矿抛掷爆破装药量达 1.5 万 t;70 年代狮子山铁矿露天分层松动峒室爆破装药量达 1.1 万 t,规模之大,世界少见。较小规模的峒室爆破屡见不鲜。在露天矿生产时期,某些穿孔机作业困难地段则常常采用药室松动爆破。

一、台阶单层单侧峒室松动爆破

当最小抵抗线 W 与药室中心至地表垂高 H 的比值 $W/H > 0.9 \sim 0.6$ 时,适于采用单层单侧松动爆破,露天矿生产台阶通常属于这种条件。如果 $W/H < 0.8 \sim 0.9$,应当采用双层或多层药室爆破。

台阶单层单侧峒室爆破时的药室布置如图 2-1 所示。

爆破参数主要为最小抵抗线 W 、爆破作用指数 n 、药室间距 a 和压碎半径 R_1 ,后者对最终边坡的稳定性有直接影响。台阶单侧爆破时,上述参数可按式(2-1)~(2-4)确定:

$$W \geq (0.9 \sim 0.6)H, \text{m} \quad (2-1)$$

$$n = 0.75 \sim 1.0 \quad (2-2)$$

$$R_1 = (0.1 \sim 0.15)W, \text{m} \quad (2-3)$$

$$a = (0.8 \sim 1.2)W, \text{m} \quad (2-4)$$

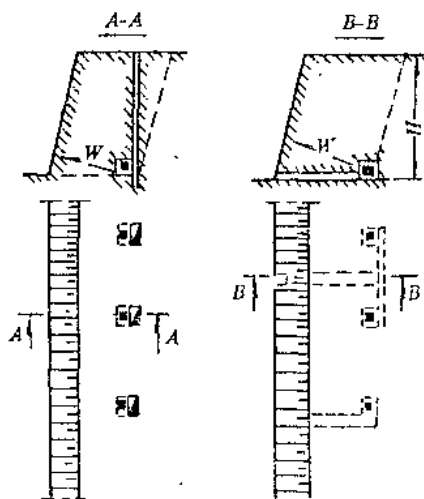
峒室装药量按式(2-5)计算:

$$Q = KW^3 f(n) = KW^3 (0.4 + 0.6n), \text{kg} \quad (2-5)$$

爆堆尺寸按式(2-6)、(2-7)估算:

$$L(\text{宽}) = (2 \sim 2.5)H, \text{m} \quad (2-6)$$

$$h(\text{高}) = (0.7 \sim 0.75)H, \text{m} \quad (2-7)$$



(a)小井-药室布置方案

(b)平巷-药室布置方案

图 2-1 台阶单层单侧峭室爆破药室布置

式中 K 为 $n=1$ 时峭室爆破炸药单耗 (kg/m^3), 炸药为硝铵, K 值见表 2-1。

表 2-1 $n=1$ 时的 K 值表

岩 石	f	K	岩 石	f	K
粘土、凝灰岩	≤ 1	1.0~1.1	闪长岩、安山岩、石灰岩	8~12	1.4~1.6
白垩土、千枚岩	1~2	1.1~1.2	石英岩、片麻岩	12~14	1.5~1.7
页岩、板岩	2~4	1.2~1.3	花岗岩、正长岩	14~18	1.6~1.8
砂岩、风化花岗岩	4~6	1.1~1.3	安山岩、玄武岩	12~20	1.6~2.0
白云岩、大理岩	6~8	1.3~1.4	辉长岩、橄榄岩	14~20	1.8~2.1

二、山脊地形抛掷爆破

本节通过实例来阐述抛掷爆破设计过程与有关参数的选择。

某矿拟用双向抛掷爆破扩大北部开采境界, 图 2-2 为爆区地形平面图, 设计要求是将北至 A 点, 南至现采场的山脊部分标高 1410m 以上岩体抛落。

设计首先从 A 点向南沿山脊寻找最大挖点(一般在主峰下), 布置 1" 药室。在平面图 2-2 上初选 O_1 点为 1" 药室中心, 过 O_1 点

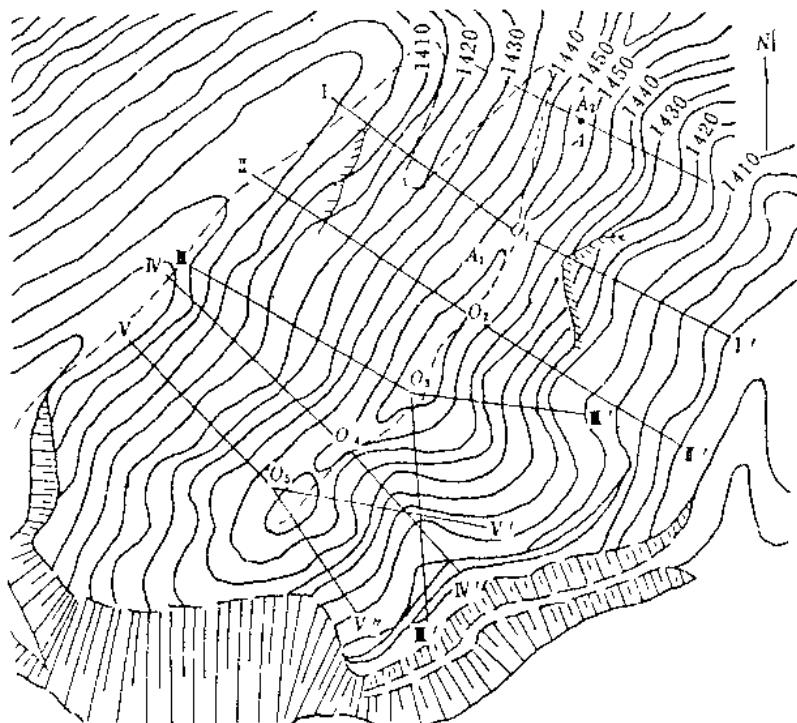


图 2-2 爆区地形平面图

作垂直于地形等高线的剖面 $I-I'$ (如图 2-3(a))。为使该药室向两侧均匀抛掷,并使 1410m 以上爆落,用作图法在 1410m 以上高程初选 O_1 点于图 2-3(a)上,使 $W_1 = W'_1$,以 O_1 为圆心,以 R_1 为半径作圆,与 1410m 水平线相切;为保护最终边坡顶点 A 不受破坏,沿平面图纵向山脊作 A_1-A_2 剖面过 O_1 点,如图 2-3(b)所示。在图 2-3(b)上作终了边坡线 $A-A_0$,以保护层厚 $M = R_1 + 0.7B$ (B 为药室宽的一半)的值校验 O_1 位置是否合适。如不合适,则另选 O_1 ,直至两侧 W 值均等。

从图 2-3(a)中量出最终的 W_1 值,选定 n 值,计算 1" 药室的装药量: $Q = KW^3(0.4 + 0.6n)$ 。 n 值的选择根据设计所要求的抛掷率 $E(\%)$ 进行,其关系见表 2-2。根据 n, W 值计算破坏半径: $R = W[(1+n^2)]^{1/2}$ 。

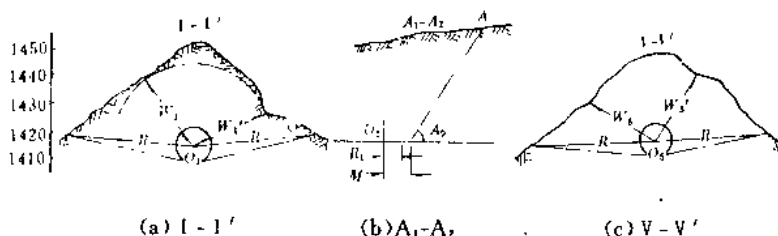


图 2-3 药室位置设计

表 2-2 抛掷爆破 n 值与抛掷率 E

$E, \%$	47.5	50	55	60	64	68	72	76
n	0.75	0.8	0.9	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4

1"药室及参数选定后,沿山脊下坡方向布置2"药室,作剖面 I-I',估算 W_2, n_2 ,按 W_1 与 W_2 的平均值 $(W_1+W_2)/2$ 和邻近系数 m 确定1"与2"药室间距; $a=m(W_1+W_2)/2$ 。据此初选 O_2 。同样,在剖面 I-I'上使 $W_2=W'_2$,使 R_2 与1410m水平线相切,检验 a 是否合适;如不合适,则调整 O_2 点,直至 $W_2=W'_2$ 。

按以上步骤继续布置3",4",5"药室。本例中,3",4"药室各有3个方向需要检验其 W 值,需绘制 ■-■', V-V'剖面进行检验,方可确定 O_3, O_4 的位置。

主药室布置完成后,分别计算与圈定破坏半径(范围)。如不能满足爆破要求,应增加辅助药室,方法同前。

双侧洞室抛掷爆破时,爆堆一侧宽 L 和爆堆高 H 可按下列公式确定:

$$L=K_L \cdot n \cdot W, m \quad (2-8)$$

$$H=K_H \cdot W/n, m \quad (2-9)$$

在中硬岩石条件下, K_L 与 K_H 可按表 2-3 选取。