

国际学术讨论会论文集(矿井建设与系统工程)

山东矿业学院



现代采矿技术国际学术讨论会 论文集 (矿井建设与系统工程)

山东矿业学院

1988年10月

现代采矿技术国际学术讨论会

论文集

(矿井建设与系统工程分册)

山东矿业学院

一九八八年十月

现代采矿技术国际学术讨论会

组织委员会

主 席：沈光寒 山东矿业学院院长，教授
副主席：陈冀飞 山东矿业学院副院长，教授
王德民 山东矿业学院副院长，副教授
李传高 山东矿业学院副院长
秘书长：杜崇澍 山东矿业学院院长助理，副教授
副秘书长：于润桥副教授
刘学义副教授
委 员：田景瑞教授
宋振骐教授
冯 豫教授
陈孟伯副教授
宋奎武 讲师
田淑芬 高级会计师

现代采矿技术国际学术讨论会

论文集编辑委员会

主 编：周文安教授
副主编：钟发楹高级工程师
柳吉祥副教授

编 辑：(以姓氏笔划为序)

于润桥	马金凯	王隆平	尤孩明	白杰平	冯召舒	任福茂	刘 枫	乔世友
乔卫国	安鲁陵	李新平	苏宗武	陆酉霞	陈东灵	杨志强	张幼新	张利民
施允春	姚 敏	俞书伟	梁力群	弭尚震	高 航	蒋国安	蒋 宁	靳克祥
虞梦先	魏久传	罗内·凯	南希·赛尔					

前 言

山东矿业学院的教授们有一个良好的愿望：要求和现代采矿技术领域里从事研究的国内外专家、教授们进行学术交流，将近年来的研究成果提供给同行们；同时，也很想了解同行们在这一领域里的新成就。为了使这一愿望能得到实现，我们组织了这次现代采矿技术国际学术讨论会。邀请国内外专家、教授们来泰安进行学术交流，顺便还可登上世界自然遗产之一的泰山，了解其古迹，领略其雄伟。

当我们提出要组织这样一个国际学术会议时，原煤炭工业部给予了大力的支持，并且得到了国家科委的批准及国家自然科学基金委员会的资助。此外，还得到了国内二十六个矿务局、煤矿、设计院等单位的支持与资助。征集论文后，迅速得到国内外同行专家的响应。这次会议在采矿技术、岩石力学、地质测量、矿井建设与系统工程等五个领域内进行交流。这些领域内所交流的最新成果，全部反映在这一论文集中。所以，这一论文集的出版发行，必将达到进一步与世界各国专家交流、探讨这些领域内最近成果的目的。

我作为这次会议组织委员会的主席，在会议的召开、论文出版之际，向支持与资助这次会议的各单位、论文作者和参加会议的国内外专家们致以衷心的感谢！

现代采矿技术国际学术讨论会主席

山 东 矿 业 学 院 院 长

沈光寒 （签字）

一九八八年十月

151 24/06

编辑前言

现代采矿技术国际学术讨论会于1988年10月在山东矿业学院举行。本次学术会议的目的是为了促进国际采矿技术的交流、推动矿业教育、科学研究及采矿业的经营管理。经过专家与教授组成的评审委员会对论文进行了评审，收入论文集的论文共190篇，按学科将论文分成五个部分、四个分册出版，即：采矿工程、岩石力学、地质测量、矿井建设与系统工程。这次会议论文数量多、内容丰富，反映了近年来现代矿业生产、建设与管理科学化的蓬勃发展和岩石力学、矿山压力等学科学术水平的提高。编者相信，这些论文将为发展现代采矿技术、提高科学研究水平做出应有的贡献。

由于本届会议组委会和各国专家、教授与学者们的努力，以及这次会议的筹备工作者们、编委全体成员的密切合作，才使这本论文集能及时在会前和大家见面，这肯定将对会议的学术交流起到重要作用。在此，编者对作者及各方面的支持者深表感谢！

编者

目 录

矿井建设部分

爆炸冲击波的摄影测量和防爆物的设计·····	(日)涩谷高	(1)
立井深孔掏槽和光爆模拟试验研究·····	刘积铭 潘吉仁	(7)
锚喷支护工程质量检测·····	王祖和 王明远 吴剑平	(15)
钢筋混凝土井壁的应力分析及强度研究·····	孙文若 杨俊杰	(23)
光面爆破和预裂爆破技术的改进·····	王树仁 魏有志	(31)
不稳定地层中巷道支架类型的选择·····	易恭猷	(35)
大跨度矩形巷道锚喷支护模拟研究·····	董方庭 郭志宏 宋宏伟	(41)
导爆管起爆传爆机理研究·····	陈士海 胡 峰 吕国仁	(51)
冻结壁整体结构的蠕变实验研究·····	郁楚侯 杨 平	(60)
加泡沫塑料板的外层现浇砼井壁结构在冻结法施 工井筒中的应用·····	张继明	(67)
台阶爆破中穿爆参数的优化研究·····	栾龙发	(73)
新型井壁结构在桃园矿冻结井的应用·····	孙启凯	(83)
矿山建设中光面爆破裂缝控制的研究·····	杨永奇 顾伯良 宋俊生 高全臣	(87)
脆性极体二维爆破机理的动云纹初步研究·····	吕国仁 王中民 胡 峰	(93)
冻结基岩段井壁压力实测研究·····	燕明春 周晓敏	(101)
煤矿立井钢筋混凝土井壁抗裂度计算·····	丛树民	(107)
改进转子型喷射机实现湿喷工艺·····	朱清玉 程 虹	(109)
龙口矿区软岩巷道支护的实践研究·····	龚绍荣 胡 峰	(115)
爆破挤压加固与堵水的实验及参数分析·····	韩庆达 刘增荣	(123)
冻结壁厚度数据的统计和分析·····	吴金根	(129)
再论能量支护·····	赖应得	(135)

系统工程部分

贵州省煤炭能源“七五”及“2000年”综合规划与研究·····	郁钟铭 况礼澄	(143)
平顶山矿区规划“SD”模型·····	韩可琦 王玉浚	(152)
新的露天矿开采设计CAD方法·····	骆中州 李劲松	(159)
利用位置集带权函数的出现网对工程问题进行的模拟和分析·····	吴哲辉 王美琴	(163)
矿务局生产经营决策模型研究·····	刘勤堂 陈 建 张炳荣	(170)
矿井工艺系统的有效度·····	唐祖章	(182)

回采工作面煤流运输系统的可靠性·····	陈冀飞	俞书伟	张朋柱 (193)
平巷掘进机械化合理配套系统研究·····	马云东	朱伯石	石维明 (203)
马尔可夫决策规划在煤矿中的应用·····	于润桥	徐志胜	(210)
矿井通风系统工程中的优化问题及解法·····	卢新明		(218)
网络图构图的专业队线 (SBAL) 法·····	周文安	刘 丰	(225)
兴隆庄煤矿生产系统能力的预测检验·····	陈冀飞	俞书伟	张朋柱 (230)
以计算机模拟为基础的井下胶带运输系统动态优化模型·····	南 岳	张宝生	(237)
矿井施工计划的计算机自动设计与调整·····	王 顺		(243)
井巷工程施工安排的优化方法·····	朱柏石	石维明	马云东 (250)
确定矿井合理生产能力的经济分析法·····	陈志学	索永录	(256)
矿井采掘关系的时序检验·····	蒋国安	李兴华	(267)
工程管理的多目标网络决策支持系统·····	尤孩明		(273)
综采工作面生产能力的预测·····	蒋国安	刁柏青	(277)
产量增长因素的定量分析·····	黄海啸		(286)
计算机模拟中的多方案比较·····	姜林奇		(292)
系统工程在中国煤炭事业中的现状·····	盛 迪		(298)
应用最优订购模型中的几个问题·····	蒋黎明		(307)
矿建工程网络生成方法探讨·····	刘彦生	曹树清	(312)
露天矿生产活动计算机统筹系统·····	陈 寰	丁 辉	(317)
利用PERT技术对“系统分析与总体设计”项目进行计划 与进度管理·····	孙占山	詹向平	姜铀铀 (322)
对IDEF的探讨和扩充 ₁ ·····	徐福缘		(328)
智能型网络图象生成器的设计·····	白思俊	钱福培	(332)

爆炸冲击波的摄影 测量和防爆物的设计

[日本] 涩谷高 (北海道理工学院)

杨志强译 李玉民校

提 要

本文研究了炸药和甲烷—空气混合气体爆炸中产生的冲击波的防护方法。借助于纹影连续摄影系统,研究了激波管中冲击波的特征。进而研究了各种阻波物的削波作用和有效削波装置的选择。

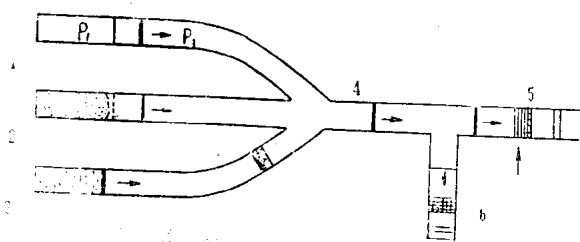
研 究 目 的

炸药和甲烷—空气混合气体的爆炸产生了大量的机械能和热能,两种情况下产生的能量不但要通过火焰、高温气体和微粒传递,而且还通过冲击波传递。为了对一切具有爆炸危险的环境采取必要的防护措施,就必须清楚地了解爆炸冲击波的特性。借助于激

波管,本文建立了冲击波的观测方法,设计了削波装置。相应于阻陷器,该装置称为阻爆器。

当在井下发生各种爆炸时,各种井巷起到传播的作用,可以说,爆炸冲击波的主要部分是在这些井巷中传播的。

图1给出了巷道中冲击波的传播



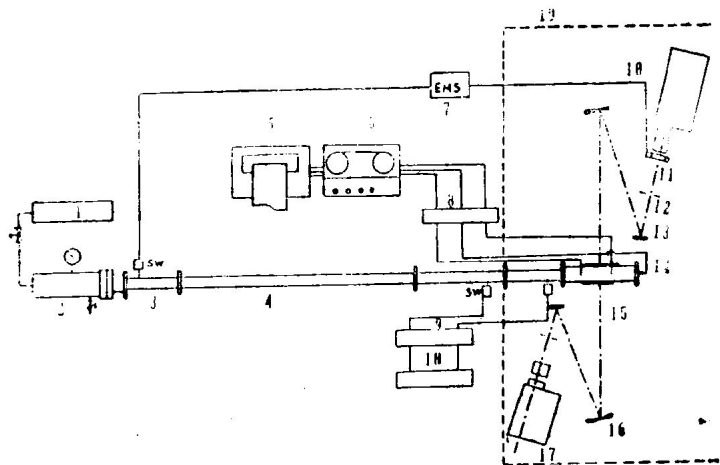
1—激波管; 2—煤尘瓦斯爆炸; 3—炸药
4—强冲击波; 5—弱冲击波; 6—阻波装置。

图1 巷道中爆破冲击波和阻波装置

实验仪器和性能

仪器:

本实验中应用了标准型的激波管, (见图2), 它由高压室(直径、长度和厚度分别是70厘米、1米和7毫米)和低压室(断面、长度和厚度分别是40×40毫米、4.2米和2毫米)组成。



激波管（标准型）

- 1—气体；2—高压室；3—隔膜；4—低压室；5—显示器；6—数字记录仪；7—控制板；
8—变换器；9—脉冲信号；10—计数器；11—快门；12—刀刃；12—反射镜；14—数据采集；
15—观察口；16—凹面镜；17—光源；18—高速转鼓相机；19—暗室

冲击波的观测是由纹影系统及安装在观测段（测试窗 尺寸 $30\text{mm} \times 70\text{mm}$ ，凸厚为 10mm 的石英玻璃）上的高速转鼓相机完成的。

激波管和纹影摄影系统的布置见图2，位于两室之间的是聚酯软片隔膜（ 0.15毫米 厚），它将由于两容器的压力不同而破裂，从而产生冲击波。

冲击波的速度

通过隔膜在激波管中产生的冲击波是在观察口附近测定的。冲击波的速度和压力比

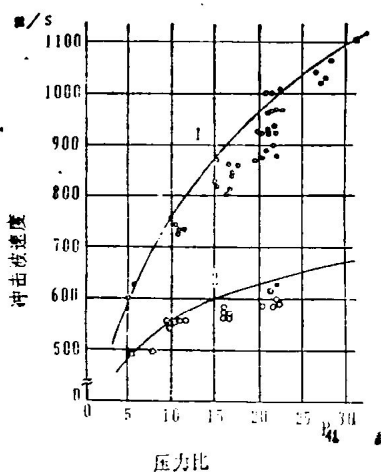


图3 激波管产生的冲击波速度 0 实验数据—计算数据(见冲击波的基本方程) 1—氢气—空气 2—氮气—空气

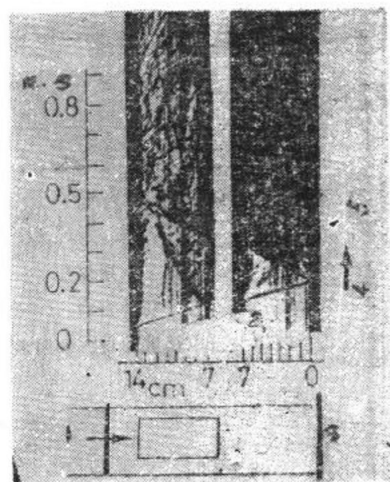


图4 纹影连续摄影照片
1—冲击波；
2—入射冲击波； 3—壁面
4—胶片； 5—高压带

值 (p_4/p_1) 的关系见图 3, 其中 p_4 和 p_1 分别是高压室和低压室的压力。因此, 如果把高压室中的氢气和低压室中的空气的压力比假设为 20, 则冲击波的速度大约是 950 米/秒 这里低压室的压力 p_1 指大气压。

纹影连续摄影

通过测试系统获得纹影连续摄影照片, 见图 4, 它直观地显示出了近壁面冲击波的特性 (入射和反射冲击波)。

冲击波的速度由从左下角到右上角的黑线计算, 此线在纹影照片上表示入射冲击波, 冲波的黑线表示冲击波有毫米量级的厚度。

实 验 I

阻波装置的削波作

材料和特性

把一阻波装置置入观测段进行其削波实验, (见图 5a)。图 5b 给出了冲击波穿过障碍的简图。图 5c 给出了在激波管中平行安放的两个多孔平板图。

用作阻波装置的材料要具有空气和瓦斯穿透性能, 因为它们是安放在管中和巷道中的。

实验中使用的阻波装置是用各种材料制成的, 这些材料的物理性能可由阻力系数 k 。及所有孔的面积 A_i 与断面面积 A 的比值 α 表征。

在这里, 阻力系数 k 。是通过实验确定的, k 。为通风基本公式中的比例系数。

$$P = k_0 \cdot v^2 \cdot r / 2g \quad (1)$$

式中

v —— 流速 米/秒 p —— 压力 帕

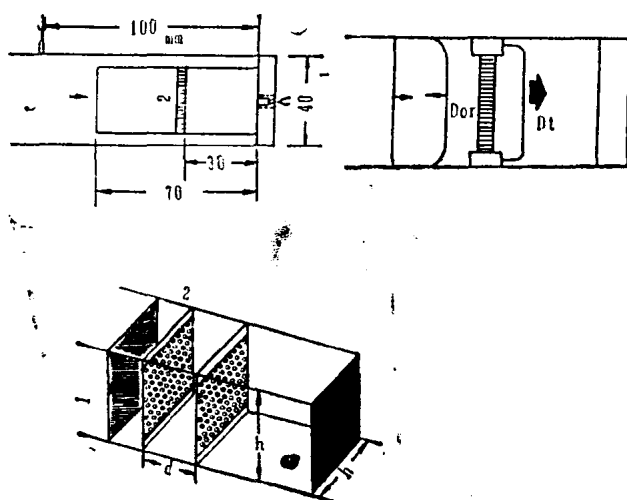


图 5a 阻波装置设置在低压室的观察口里

1—冲击波; 2—阻波装置

图 5b 冲击波穿过阻波装置的简图

图 5c 安放在激波管中的两个多孔平板的阻波装置

1—冲击波; 2—阻波装置

d : 两板间距

h : 断面高度

结果讨论

穿过阻波装置冲击波速度的变化见图6a, 在阻波装置前、后的冲击波速度可由纹影连续摄影照片上的不同冲击波的斜率来测定 这些冲击波的速度计算方法同图4。



图6a 阻波装置前、后的冲击波纹影照片

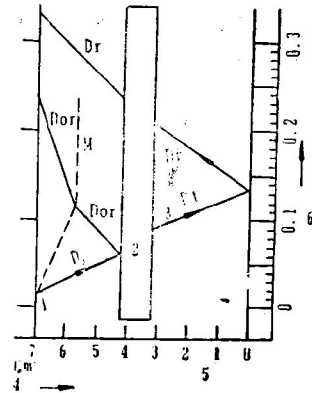


图6b 示意图给出了从图6a得到的纹影照片数据

1—入射; 2—阻波装置; 3—透射; 4—冲击波;
5—近边; 6—照相底片

入射冲击波透过阻波装置后分为透射冲击波 D_t , 第一次反射 D_{r1} , 第二次反射波 D_{r2} 等, 其纹影摄相片示在图6b上。

冲击波速衰减率 $\eta(\%)$ 如下:

$$\eta(\%) = (D_0 - D_t) / D_0 \times 100\% \quad (2)$$

式中 D_0 —入射波速 D_t —透射波速

波速的衰减率 $\eta(\%)$ 和阻波装置的阻力系数 k_0 的关系见图7。在充填球状物或合成纤维的情况下, 其结果由下面的实验公式给出:

$$\eta(\%) = 20 \log_{10} k_0 - 15 \quad (3)$$

实验 II

两个带孔隙平板阻波装置

放置两个厚度为2毫米的带孔隙平板所形成的阻波物见图5c, 利用这种方法降低冲击波的强度收到了很好的效果。在平板上开直径为2毫米的孔, 孔的数目由总孔所占面积 A_i 与断面面积 A 的比值确定, 分别是10%, 15%, 20%。两板间距 d 分别是3毫米、8毫米和15毫米。

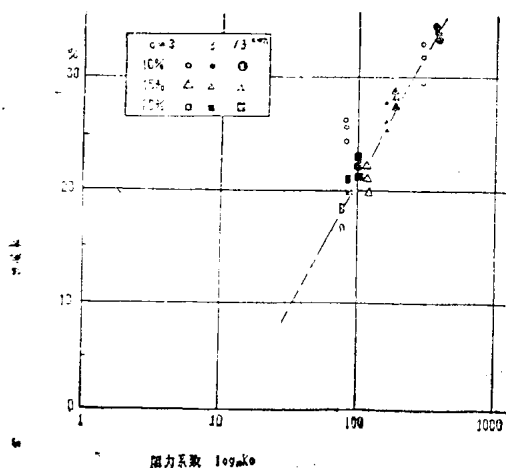


图7 波速的衰减率和阻波装置的阻力系数 K_0

- △——带孔平板 (一块)
- 合成纤维 (5 mm)
- 合成纤维 (10 mm)
- 球状物 (5 mm)
- 球状物 (10 mm)
- η ——衰减率
- $\log_{10} k_0$ ——阻力系数

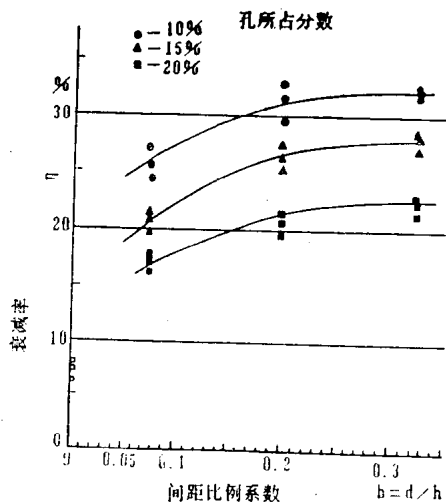


图8 d 和 h 之间的距离比例系数

- d : 两板之间距
- h : 断面高度

纹影连续摄影的观测结果见图7。图8给出了衰减率 η 同间距 d (厘米)与断面高度 h (厘米)之比 b 的关系。我们认为如果阻波物的间距比例系数 b 超过0.3, 则冲击波强度的衰减程度就不会增加。

冲击波的衰减和阻力系数 k_0 的关系见图9, 由实验结果得出如下公式:

$$\eta(\%) = 23 \cdot \log_{10} k_0 - 25 \quad (4)$$

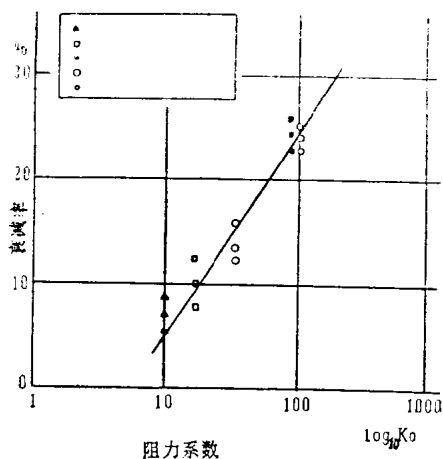


图9 在两个平板的情况下, 衰减率 η 和阻波装置阻力系数 k_0 的关系

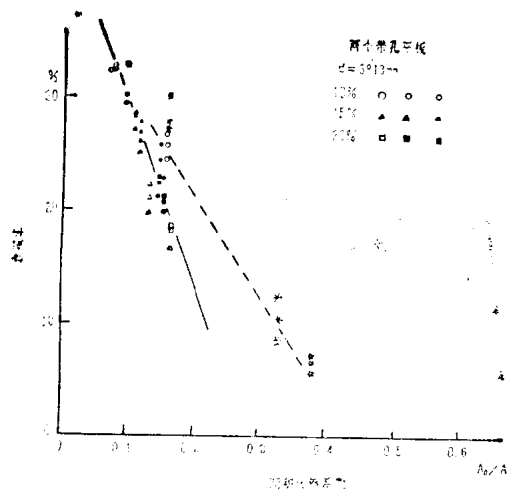


图10 面积 A_0 与 A 的比例系数和衰减率 η
 A_0 : 等积孔面积 A : 断面面积

结果的研究

我们在下面的公式中用等级孔 A_0 米² 代替阻力系数 k_0 。

$$A/A_0 = C(1 + A_0 g/r \cdot k_0) \quad (5)$$

式中 A —断面面积, C —收缩率

r —密度

由阻力系数 k_0 定义的等积孔 A_0 的面积在此假定与板上孔的面积相同。

用 A_0 代替 k_0 所得的结果见图10, 因此得到下面的经验公式:

$$\eta(\%) = -160 \cdot A_0/A + 45 \quad (A_0/A \leq 1) \quad (6)$$

结 束 语

1. 纹影连续摄影系统可用来观测冲击波的特性和作为爆炸测试的基本手段。
2. 用有一段间距的两个带孔平板作削波装置是一个好的方法。
3. 本次研究所提供的阻波装置用于有爆炸危险的地下开采中是特别有效的。

立井深孔掏槽和光爆模拟试验研究

(中国) 刘积铭 (淮南矿业学院 教授)
潘吉仁 (淮南矿业学院 讲师)

摘 要

首先,在实验室进行了单个和两个自由面以及两种掏槽方式和光面爆破的模拟试验,得到了在该条件下爆破漏斗的临界深度、最佳深度、周边眼的钻爆参数及其装药结构。试验表明、二阶直眼掏槽方式中第一、第二阶炮眼等深时形成的槽腔体积和深度均高于第一阶、第二阶不等深时的数值。然后,在采石场进一步证明这些结论。最后,根据实验室和采石场的试验成果进行了工业性试验,取得了较好的技术经济效益。

试验目的及主要内容

当前,国内外的立井基岩段掘进仍以钻爆法为主,所以深孔光爆是立井普通机械化施工中十分重要的一环。目前,我国立井普通机械化施工中,除少数井筒外,尚未能普遍达到快速、高效、优质、低耗和安全的施工水平,其原因之一未能依具体条件提供合理的钻爆参数、钻爆方案和施工工艺。

针对上述情况,在进行工业性试验前,首先在实验室和采石场进行模拟试验,从中优选出掏槽方式和爆破参数用于工业性试验。最后在谢桥矿进行了工业性试验,获得了显著的技术经济效益。

实验室模拟试验

模型和炸药

针对两淮地区的地质情况,主要模拟在砂岩中爆破,所用水泥砂浆模型的物理力学性质见表1。

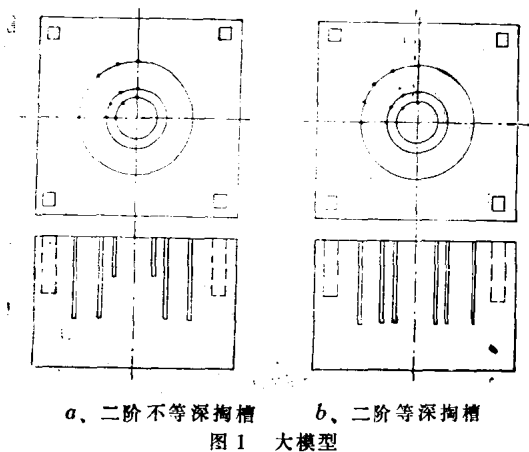
模型的物理力学性质

表 1

容 重 (N/m^3)	抗压强度 (MPa)	抗拉强度 (MPa)	弹性模量 (MPa)	泊 松 比	纵波波速 (m/s)
1.94×10^4	8.62	2.25	1.59×10^4	0.253	3200

炸药用特制的只装DDNP的铜壳雷管，其外径6.2mm，内径5.2mm，含DDNP 0.5g和0.3g两种。为了调整炮眼的装药量，用普通导爆索和雷管联合装入炮眼，按爆热当量计算，10mm长的导爆索与0.16g当量的DDNP视为等效。

模型按尺寸大小和实验要求不同，共有如下三种类型：a、小模型：尺寸为 $15 \times 15 \times 15\text{cm}^3$ 和 $15 \times 15 \times 30\text{cm}^3$ ，共8块；b、中模型：尺寸为 $40 \times 35 \times 70\text{cm}^3$ ，共6块；c、大模型：尺寸为 $850 \times 850 \times 700\text{mm}^3$ ，共6块，参照图1和表2。



大模型各圈炮眼参数 表 2

圈 别	圈 径 (cm)	眼 距 (cm)	眼 数 (个)	眼 径 (mm)	眼 深 (mm)
一	18	7.1	8	8	28(40)
二	24	6.3	12	8	40
三	39	8	15	8	40

注：（1）括号内为b图的眼深，其余数值二图皆同；
（2）图中用虚线绘出的方形槽，用来放置应变元件，测定动态应变。

单个和两个自由面的试验

单个和两个自由面的爆破试验是在中、小型模型上进行的，小型模型主要为了摸清特制雷管的威力、装药与充填方式；中模型主要是寻求临界深度和最佳深度以及临界抵抗。根据美国学者C.W 利文斯顿的观点，在中模型上进行了一系列的单孔试验，据试验结果，单位药量的漏斗体积（V/Q）和比例孔深（L/Q）绘制的漏斗特征曲线如图2。同时我们得到了临界深度为100mm，最佳深度为85~90mm。在最佳深度时炸药单耗平均为 $1.87 \times 10^{-3}\text{g/cm}^3$ ，No.1Ⅶ号炮眼和No.1Ⅷ号炮眼的爆后情况分别见照片一和照片二。

根据二个以上自由面的爆破试验结果，得到临界抵抗为100mm，辅助眼的装药量应参照它选取。

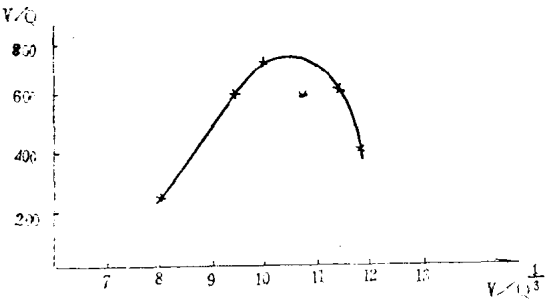
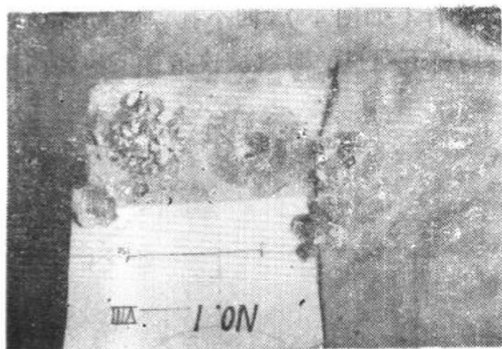
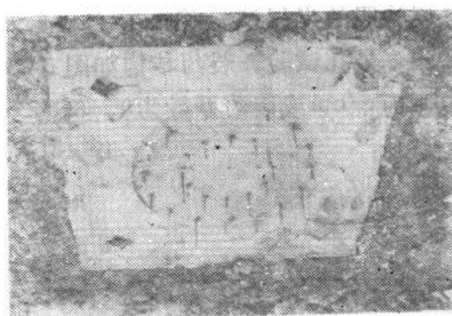


图 1 漏斗特征曲线



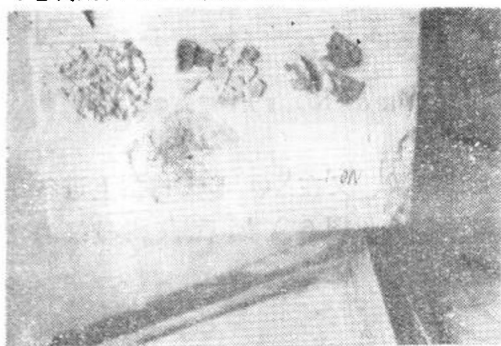
照片一 NO. 1 VII号炮眼爆后情形



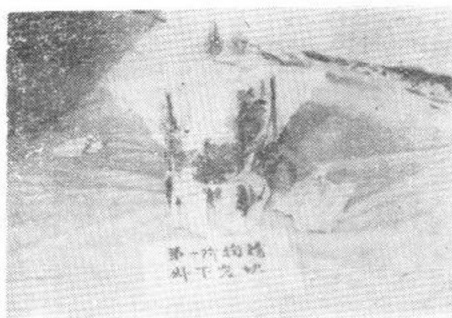
照片二 NO. 1 VIII号炮眼爆后情形

掏槽模拟试验:

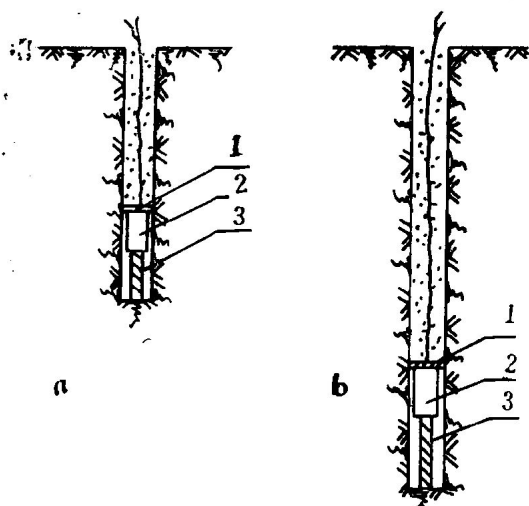
在中模型上一个和多个自由面试验的基础上,在大模型进行了两阶掏槽不等深和两阶掏槽等深的试验,见照片三。根据最佳孔深的炸药单耗计算了第一阶掏槽的单孔装药量。装药结构见图3。NO. I的掏槽爆破后沿掏槽眼掏出,呈蘑菇状槽腔,见照片四,NO. II爆后也得到类似的槽腔。



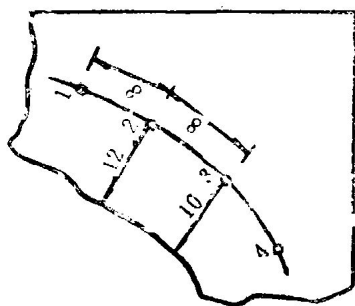
照片三 NO. II大模型装药连线情况



照片四 NO. I大模型掏槽后情况



a—NO. I、第一阶掏槽眼, b—NO. II、第二阶掏槽眼;
图3 掏槽眼装药结构



1、纸垫; 2、雷管(0.5gDDP)
; 3、导爆索(4.0、5.5cm)

图4 NO. I大模型光爆

周边眼的光爆试验首先在NO. I大槽型上进行(如图4)。四个孔深皆为400mm,对2、3号孔试验。装药结构如图5。爆破后均留下明显的眼痕。该条件下的装药集中度为0.07g/cm或装药系数为0.46。

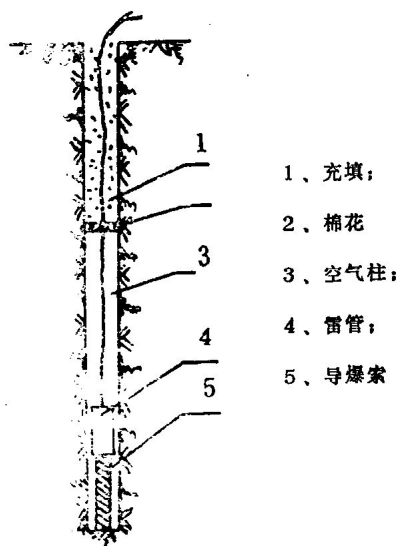


图5 光爆眼装药结构

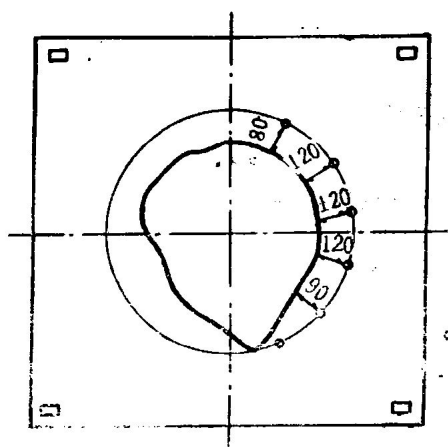
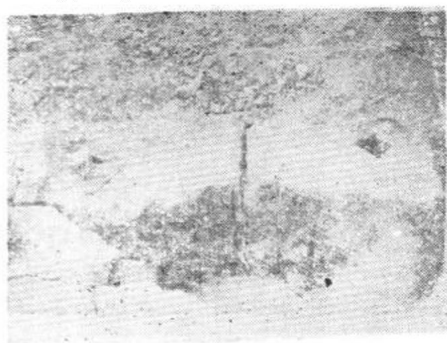


图6 NO. I大模型光爆试验



照片五 NO. I大模型光爆情况

参照上述参数、又在NO. I大槽型上进行3周边眼光爆试验,(见图6)爆后获得较好的光爆效果,见照片五。

结论

(1)、用水泥砂浆作模型,以DDNP雷管(或与导爆索联合使用)作为炸药进行模拟试验是一种可行的研究方法;

(2)、在该条件下(水泥试块、低威力雷管和普通导爆索联合作为炮眼装药),爆破漏斗的临界深度为100mm,最佳深度在85~90mm之间,最佳深度下的炸药单耗为

$1.87 \times 10^{-3} \text{g/cm}^3$, 临界抵抗为100mm;

(3)、二阶直眼掏槽方式中,第一、二阶炮眼等深时形成的槽腔体积和深度均高于第一、二阶炮眼不等深的掏槽方式;

(4)、能获得较好的光爆效果的周边眼参数为:装药集中度0.65~0.70g/cm,装药系数0.43~0.46,留轴向空气柱。

采石场掏槽爆破试验

在采石场我们主要进行了两阶掏槽眼不等深和等深两种不同掏槽方式的爆破试验,