

talloscope and electron-microscope. It is shown that the cold-worked plastic deformation of TB-2 in the process of stress-wave-riveting is achieved in the form of adiabatic shear substantially. The high strain rate plays a determinate role in this process. Cracks, if present, propagate along adiabatic shear bands from the outside surface of rivet in general, and will lead to the adiabatic shear failure.

压碴爆破方法与经济效果

张生善 徐金汉

(1982年7月7日收到)

本文主要介绍了目前露天矿山开采使用的“压碴爆破”方法。文中较系统的对碴体在爆破过程中的作用、合理碴厚的确定,爆破质量与经济效果等问题作了讨论,并与自由面爆破法作了对比。实践证明,压碴爆破法是一种行之有效,经济效果显著的爆破技术。

七十年代初期,我国一些露天矿山开始采用了“压碴爆破”技术,给矿山生产带来较大的效益。经多年的生产实践证明,“压碴爆破”这一新技术具有科学性,方法简便可行,经济效果显著。

海州露天煤矿自推广“压碴爆破”技术以来,硬岩爆破质量得到改善,提高了设备利用率,每年可获取综合经济效果几十万元。然而,这一技术在理论和方法上,尚有不足和未被人们普遍接受。本文将这一技术的大量工业性试验作概略整理,以便交流并使其进一步推广应用。

一、压碴爆破方法

压碴爆破技术是在原有“自由面”齐发爆破基础上发展而来的,因此,施工方法基本与“自由面”爆破方法相类似。不同的是按设计预留了“碴体”,采用继爆管进行排间毫秒爆破,并相应地调整了孔网参数。

所谓“碴体”即是将上一炮的爆堆留下一部分,作为下次炮控制爆破应力发展的约束体,以此改变原“自由面”爆破过程中应力在岩体内的作用条件。压碴爆破条件下爆堆规格与采掘关系如图1所示。预留的“碴体”顶部的厚度一般为4~6米。

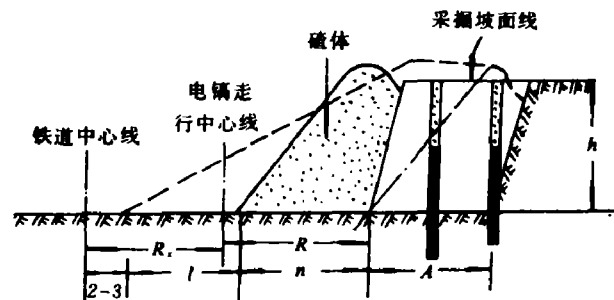


图1 压碴爆破条件下爆堆规格与采掘关系图

爆破施工中,需预留一定厚度的“碴体”。孔位的确定与“自由面”爆破不同。爆前应先 将后排孔的孔位用皮尺向工作面后方引出并做好标记。爆后再按标记确定出后排孔的位置, 然后以此为准,按设计重新布置下排炮的钻孔位置。其它设计,施工方法基本与“自由面” 爆破相同。

二、碴体在爆破过程中的作用

矿岩的爆破破碎过程,一般可认为有如下三个过程: 1. 被爆岩体在爆轰压力作用下达 到最大变形阶段; 2. 爆体内裂隙形成并进一步开裂阶段; 3. 裂隙贯通并产生移动。在一 定条件下,被爆岩体的破碎程度,将决定于爆轰压力在上述各阶段中的作用。“压碴”的目的 正是为了改变爆轰压力作用条件进而获得较好的破碎质量。

压碴以后,“碴体”在第一个阶段,是以其自身的惯性阻力来控制爆体变形的,其惯性阻 力的大小,在一定的“碴厚”下正比于岩体与碴体接触表面的运动加速度。“碴体”的惯性 阻力不仅限制了爆体的变形,同时也减缓了爆体内部裂隙的发展速度,对被爆岩体内的应力 分布与提高强度创造了有利条件。这对提高爆破质量是十分重要的。

“碴体”在破碎的第二阶段,可与爆体间形成间隙即形成新“自由面”。这对爆破破岩过 程中,岩石主要靠经“自由面”反射拉应力破碎,然而,采用压碴爆破后能否生成新的“自由 面”常为人们所疑虑。理论和大量的实践已证明,碴体在破碎的第二阶段是可以与爆体形成 间隙产生“自由面”的,此时,“碴体”以其变形吸收爆体所施于的冲力,并与爆体共同产生 运动,当此运动达到最高速度后便产生了制动过程。由于碴体的波阻抗小于爆体,于是在爆 体内反射稀疏波,这稀疏波与自由面反射的相似,只是强度有些差别而已。如果不是这样, 把“碴体”的厚度也计算在抵抗线值之内,这样大的抵抗线值是难以克服的。大量的实践证 实,不把碴厚考虑在抵抗线值内,而按可生成新“自由面”理论进行的爆破设计,其效果是良 好的(见效果分析一节)。

“碴体”在爆破破碎的第三阶段,主要起阻挡作用,以其碴体自身的塑性变形吸收了大 部分运动能,降低了爆体运动的速度使爆堆的伸出得以人为控制。

三、合理碴厚的确定

确定碴厚应以下述三方面为依据:有利于改善爆破质量;爆堆控制在合理范围;确保生 产安全。确定方法应由计算和经验相结合并以后者为主。

1. 有利于改善爆破质量,使碴体在爆破的第一阶段起惯性约束作用,碴厚范围 m_r 的 经验公式为

$$m_r = \frac{\rho_1 \cdot W}{\rho_2 \cdot 2} \left(\frac{C^2}{n^2 V_r^2} - 2 \right) \quad (1)$$

式中, m_r —梯形碴体断面的中间厚度, $m_r = (\text{碴顶厚} + \text{碴底厚}) / 2$,一般为7~14米; ρ_1 、 ρ_2 为岩体与碴体厚度, $\rho_1 / \rho_2 = 1.2$; W 为抵抗线值(试验中采用6米); C 为应力波在爆体内 传播速度; V_r 为径向裂隙发展速度(约0.4~0.5C); n 为抵抗方向内的同时扩展的裂隙数 (裂隙不发育的岩体取 $n = 1$)。

2. 爆堆伸出控制在合理范围,满足一爆一采,其碴底部厚度可由下列经验公式确定

$$L_{(m)} < R_1 + R_2 - (2 \sim 3) - m_{\text{底}} \quad (2)$$

式中, R_1 为电铲卸载半径 (4 立米电铲 = 14.6); R_2 为电铲站立水平挖掘半径 (4 立米电铲 $R_2 = 8.2$ 米); $L_{(m)}$ 为采掘要求的合理爆堆伸出 (米)。

将已知数代入 (3) 式, 可求合理碴厚, 碴体底部厚度 $m_{\text{底}} > 10 \sim 11$ 米 碴体顶部厚度 $m_{\text{顶}} > 4 \sim 5$ 米, 平均碴厚 $m_p \approx 7.5$ 米。

3. 采挖安全要求

由于压碴后, 爆堆有隆起现象, 隆起高度一般在 1.5 米以下。隆起的高度随碴体厚度增加而增加, 考虑到设备采挖过程的安全, 当台阶高度为 10~11 米, 采用 4 立米电铲, 碴顶部厚度应小于 6 米, 其相应隆起高度才可满足安全要求。

综上所述, 碴体合理厚度 (当台阶高为 10~11 米, 4 立米电铲): 碴顶厚 4~5 米; 碴底厚 10~11 米, 平均厚度 7~8 米。不同采挖条件下此值应进行调整。

四、爆破质量与经济效果

矿山对爆破质量的要求有三方面: 破碎程度; 爆堆形状; 生产安全。海州矿常以爆后大块发生率, “拉底”, “硬墙”, 爆堆形状等来评价质量和进行综合经济效果分析的。

1. 爆岩块度

爆岩块度组成, 可直接反应出爆破能量的利用情况和应力分布是否合理, 因此它是衡量某种爆破方法好坏的重要方面。“压碴爆破”比“自由面”爆破大块发生率显著减少。以 4 立米大块出率为例, 经试验统计有如图 2 和表 1、2 所示。

表 1 砂砾岩区“压碴”与“自由面”爆破后大块出率统计

试验区	起爆方法	单位	大块尺寸分级值 (米)						注	
			4	3.5	3	2.5	2	1.5		
V54 平盘	自由面爆破	个/千米 ³	0.37	3.67	4.45	16.5	37.8	74	132	累计
			0.37	4.05	8.5	25	62.8	136.8	266	
43° 镇	压碴爆破	"	2.56	0	6.0	6.83	33.7	58.5	126	累计
			2.56	2.56	8.56	15.39	49.09	107.59	233.59	
V70 平盘	自由面爆破	"	7.94	8.34	9.15	28.7	80.8	115	195	累计
			7.94	16.28	25.43	54.13	135.0	250	445	
119° 镇	压碴爆破	"	3.77	3.01	4.08	14.7	52.6	105	244	累计
			3.77	6.78	11.68	26.38	79	184	428	

表 2 大块累计出率相对下降百分率

镇 号	大 块 分 级 尺 寸				备 注
	3~2.5	2.5~2	2~1.5	0.5~1	
43°	38.5	22	21	13	左边数字均为同级块度下降%
119°	50.3	44.5	26.5	3.5	

图2中虚线为“自由面”爆破条件下大块出率，实线为“压碴”条件下爆破大块出率。由表1、2及图2可见，采用压碴爆破后大块出率明显减少，直径大于2米的块度出率下降20~50%，同时由于应力分布较“自由面”条件均匀，爆体“坡根”部位质量提高，使“拉底”，“大墙”的出率也明显降低。

2. 爆堆形状

爆堆形状是影响电镐装车效率，线路工程的重要因素。原“自由面”爆破条件下，台阶高10.5米，爆堆伸出为20~25米，爆堆坡角平缓（18°~25°），经常出现埋道（铁路），拆道现象。采用压碴爆破后，完全消除了上述现象，爆堆的伸出可以控制，控制方法是以改变碴体厚度实现的，随碴厚增加，伸出减少。根据大量的生产实践，爆堆伸出与碴体厚度有如下经验公式（表3及图3曲线）

$$L_{(m)} = 23.68 - 8.37 \log m_m \quad (3)$$

式中：L_(m) 为爆堆伸出（米）；

m_m 为碴体顶部厚度（米）。

表3 碴体顶宽与爆堆伸出关系

碴体顶部厚度（米）		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
爆堆伸出（米）	平均值	18.5	14.5	13.2	10.2	6.8	6.1	5.8	5.1	4.2	2.2
	最大值	18.5	15.9	14.3	11.5	8	7	6.8	6.2	5.2	2.4

（注）∇54平盘系岩掌子爆破试验统计数据

3. 经济效果

由于“碴体”的作用，改善了爆破的效果，能量利用较“自由面”爆破合理，出现了岩石破碎均匀，爆堆集中，爆堆伸出小等较理想的爆破效果。虽然在实施压碴爆破后，火药消耗定额略有提高（5%），但经济效果是明显的，与“自由面”爆破相比，“压碴爆破”可使每立方米岩石的采掘成本下降4.87分/立方米。综合经济指标见表4。

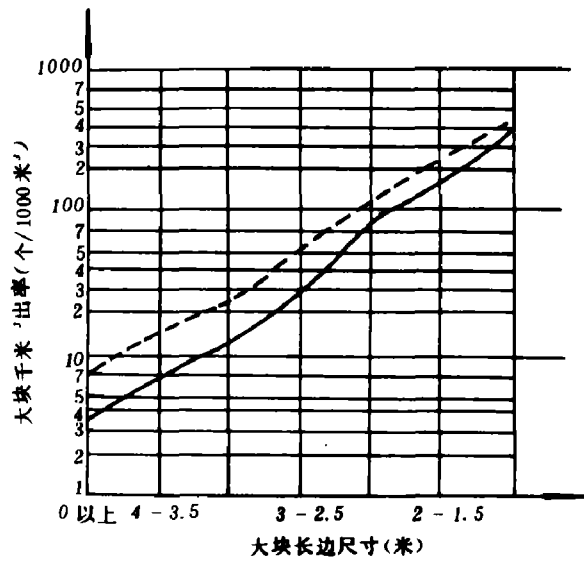


图2 119* 皓70平盘自由面与压碴大块出率对比图

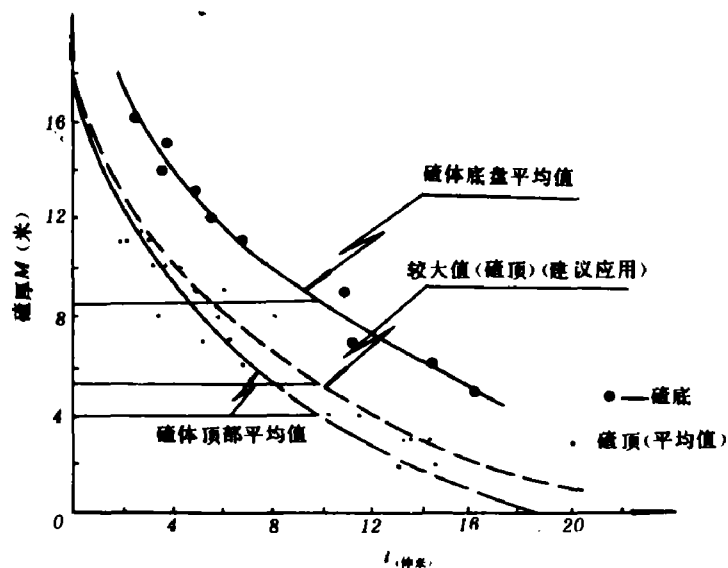


图 3 破体厚度与爆堆伸出关系

表 4 压碴爆破比自由面爆破每米³岩石采掘成本变化表

顺序	对比项目名称	增减原因及数量	单 价	每一立方米成本下降
1	电铲采掘费	效率提高 7.6%	25分/米 ³	+1.9分
2	穿孔费	" 6%	4.6分/米 ³	+0.28分
3	机车运输费	" 2.5%	50分/米 ³	+1.25分
4	线路工程费	摇道率减少11.6米/千米 ³	2252.8元/千米	+2.61分
5	单位药耗	单位药耗增加0.025公斤/米 ³	0.47元/公斤	-1.17分
6	合 计			+4.87分

五、结 论

海州露天煤矿推广压碴爆破技术已多年,积累了丰富的经验,已成为爆破工人熟练掌握、普遍采用的技术。实践说明,压碴爆破是行之有效、经济效果显著的爆破技术。

1. 压碴爆破,爆岩大块出率下降,电铲装车效率提高近10%。
2. 压碴爆破,爆堆伸出可以控制在10米以内,变一爆两采为一爆一采;摇道率(拆铺道率)下降43%。
3. 压碴爆破增加了爆岩储量,简化生产工艺,提高设备利用率。
4. 火药定额增加近5%。

综合经济效果,每立方米岩石的采掘费用降低4.87分/立米。因此,在有条件的矿山应大力推广这一技术。

METHOD OF BUFFER BLASTING AND ITS ECONOMIC EFFECTS

Zhang Shengshan Xu Jinhan

Abstract

A method of buffer blasting used in the open pit is presented in this paper. Some problems about the effects of the buffer in the process of explosion, the reasonable thickness of the buffer, the quality and economic effects of explosion, etc, are discussed, and checked as against the free surface explosion method. Our practice shows that this method is an effective and economic explosion technique.

单轴应变亚微秒应力脉冲试验技术

沈乐天 吴松毓

(1984年3月9日收到)

利用轻气炮建立的平板碰撞技术,对亚微秒脉冲宽度的应力波试验技术进行了初步探索,获得180毫微秒的脉冲宽度。该技术已用于玻璃钢的层裂研究。

短脉冲应力波(尤其是亚微秒脉冲宽度)试验技术是研究材料对瞬态载荷反应,特别是断裂初始形成的必要手段,也是研究高能粒子束产生的热激波的力学效应的一个有用工具。如核爆产生的热激波的作用持续时间一般就在几十到几百毫微秒量级。因此,我们利用轻气炮建立的平板碰撞技术,对亚微秒脉冲宽度的应力波试验技术进行了初步探索,现已取得了一定的效果,并着手用于材料力学效应实验研究。

实 验 技 术

实验是在口径为101毫米的轻气炮上进行的。要实现脉冲宽度从几十到几百毫微秒的应力波,从原则上说是可能的,只要使飞片厚度薄到一定程度,并有足够频率响应的记录仪器即可。但既要应力脉冲如此短暂,又要在一定面积范围保持单轴应变状态,从工艺技术上看,难度却相当大。因为脉冲宽度是这样窄,以至无论是瞬态传感器,或是弹和靶的制作和调试都要求很高的精度,任何一个环节的过量误差都会导致实验的失败。问题的关键是采取严格的工艺措施,以保证能实现品质优良的平板碰撞。为了达到这个目的,在制作瞬态传感器、弹和靶的每一环节上,都是十分谨慎与严格的。飞片采用厚度为0.1毫米的镍箔,把镍箔粘到弹托上,并研磨撞击面,使撞击面的不平度控制在2微米以内。弹托的结构(图如1所示),