

Application Practice of Pre-Splitting Blasting Technique in Ending Slope

Hongmin Yang, Qingfeng Chen

Baosteel Resources holding (Shanghai) Co. Ltd., Shanghai
Email: yanghongmin@baosteel.com

Received: Feb. 23rd, 2020; accepted: Mar. 17th, 2020; published: Mar. 24th, 2020

Abstract

In the mining process of *Xiushan* limestone mine, affected by blasting and mining, the slope formation integrity of the steps is poor, which seriously affects the stability of the slope and poses a certain threat to mining safety. Aiming at this problem, according to the engineering geological conditions in mines, millisecond blasting is used in the pre-splitting and main blasting drills, forming integrity slope surface in the process of blasting, which implements long-term stability of the steps slope, effectively guaranteeing mining safety. There is a certain referential significance for similar slope stability controlling in open-pit mine.

Keywords

Pre-Splitting, Charge Structure, Blasting Technology, Slope Stability

预裂控制爆破技术在靠帮边坡中的应用实践

杨宏敏, 陈庆峰

宝钢资源控股(上海)有限公司, 上海
Email: yanghongmin@baosteel.com

收稿日期: 2020年2月23日; 录用日期: 2020年3月17日; 发布日期: 2020年3月24日

摘要

秀山石灰石矿在开采过程中, 受爆破及采动影响, 台阶的边坡成型完整性较差, 影响边坡的整体稳定性, 给矿山安全开采造成了一定的威胁。针对此问题, 根据矿山工程地质条件, 确定了合理的爆破工艺参数, 同时采用密集预裂孔不耦合装药结构的控制爆破工艺技术以及预裂孔、主炮孔微差爆破的起爆方式, 在预裂控制爆破后实现了完整性较好的预裂孔及靠帮边坡, 有效提高了台阶靠帮边坡的围岩

完整性和稳定性, 保障了矿山开采的安全性, 该技术手段对类似露天矿山靠帮边坡的稳定性控制具有一定的借鉴意义。

关键词

预裂孔, 装药结构, 爆破工艺, 边坡稳定性

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

据统计, 在矿山露天开采过程中, 边坡稳定性造成的矿山事故占全部事故的 40% 以上, 因此如何有效控制矿山边坡的稳定性, 对露天矿山的安全生产具有重要的保障意义[1] [2]。自二十世纪七十年代以来, 预裂爆破及数在我国生产建设中得到了广泛应用, 但预裂爆破的成缝机理至今仍没有统一[3]。露天矿山靠帮边坡稳定性的决定性因素主要包括工程地质条件、边坡设计以及边坡爆破工艺等。因此根据矿山工程地质条件, 合理设计靠帮边坡的边坡角, 同时通过科学合理的爆破工艺控制技术降低爆破、采动对边坡完整性的破坏, 可有效控制边坡的稳定性, 保障矿山安全开采。

2. 工程背景

2.1. 工程地质条件

矿区地形属于起伏较大丘陵地形, 矿体上部出露地表, 埋藏很浅。同时矿体倾角较大, 一般为 $35^{\circ}\sim 39^{\circ}$, 上下盘围岩稳定性较好。开采境界范围矿层从老至新主要为泥盆系五通组砂岩, 石炭系黄龙组白云岩和船山组灰岩, 二叠系栖霞组灰岩、孤峰组硅质砂岩和龙潭组炭质页岩等。矿山开采矿种为船山组和栖霞组灰岩, 矿层熔岩裂隙发育, 矿岩局部完整性较差, 硬度系数约 3~7。

2.2. 爆破及开采工艺

矿山采用露天开采方式, 自上而下台阶式开采, 台阶高度设计为 15 m, 采用中深孔爆破, 钻孔直径为 115 mm, 超深孔长度为 17.5 米。主要开采及爆破工艺参数如下表 1。

Table 1. Main technical parameters of mining and blasting

表 1. 矿山开采及爆破主要技术参数

序号	项目	单位	构成参数
1	台阶高度	m	15
2	靠帮边坡坡面角	°	60
3	采场最终边坡角	°	35~41
4	炮孔直径	mm	115
5	炮孔孔排距	m	4.5×3.5
6	底盘抵抗线	m	3.5
7	钻孔倾角	°	75
8	钻孔孔深	m	17.5

2.3. 边坡稳定存在的问题

在矿山开采过程中, 在矿岩层理、裂隙发育处, 爆破后边坡围岩完整性较差, 易造成边坡失稳, 目前对采动边坡采用机械处理的方式来降低边坡失稳的威胁(图 1)。但是, 在边坡终了靠帮过程中, 岩体完整性受爆破采动影响, 对边坡的稳定性安全造成很大的威胁。

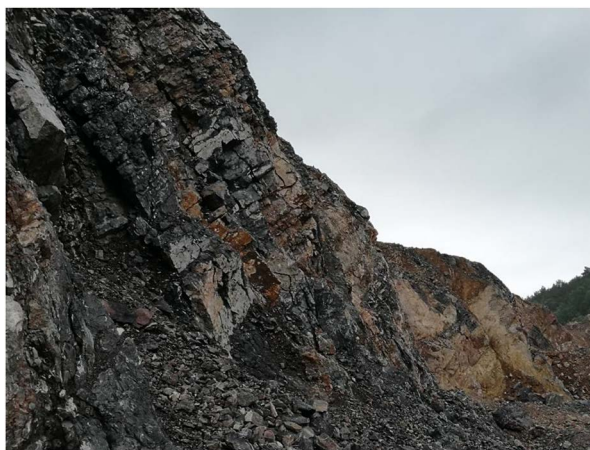


Figure 1. Slope surrounding rock during mining
图 1. 矿山开采过程中边坡围岩现状

3. 预裂控制爆破技术方案及应用效果

3.1. 预裂控制爆破技术介绍

预裂控制爆破技术是目前国内露天矿山应用较为广泛的技术, 预裂爆破的原理就是设计在终了边坡坡面方向布置一排密集炮孔, 采用不耦合装药, 在主爆区炮孔爆破之前起爆密集孔, 在爆区和坡面之间形成预裂面, 以减弱主爆区爆破对边坡岩体造成的扰动作用, 从而形成较完整的边坡面, 保证边坡的稳定性[4] [5] [6] [7] [8]。

3.2. 影响预裂爆破的主要因素

影响预裂爆破的因素很多, 如工程地质条件、岩石物理力学性质、爆破工艺参数等, 这些因素相互作用, 最终产生不同的爆破效果。

1) 岩石物理力学性质

岩石的物理力学性质主要包括岩石的风化程度、抗拉强度、抗压强度、泊松比等相关参数。由于岩石本身是由固体颗粒组成, 内部空隙含有空气、水分和其他杂质成分, 而不同物质成分的物理力学性质也存在差异, 在爆破过程中克服岩石本身强度做功所需的能量消耗也存在一定的差异, 因此岩石物理力学性质是影响爆破效果的重要因素。

2) 工程地质条件

工程地质条件决定了岩石自身的完整性, 是影响岩石爆破效果的关键因素。一般而言, 岩石完整性越好, 越有利于预裂控制爆破, 炸药在起爆过程能够均匀的释放能量, 易在预裂孔中心线方向形成完整的爆破光面。而对于工程地质条件较差, 含有破碎、裂隙带及非均质夹层的岩体, 在爆破过程中较难控制炸药能量的释放方向, 爆破后的光面完整性也相对较差, 易造成靠帮边坡的超欠挖现象, 从而影响爆破后边坡的稳定性。

3) 爆破工艺参数

预裂爆破的工艺参数主要包括炮孔直径、炮孔间距、装药不耦合系数及装药结构等。炮孔直径根据工程地质条件、钻孔深度等确定。研究表明[4], 在预裂孔爆破过程中, 首先在径向方向产生 1~2 倍的裂缝, 进而向预裂孔中心线方向发展, 炮孔间距一般为 10 倍炮孔直径。另外, 装药不耦合系数, 决定了预裂爆破孔中炸药起爆后应力波的传递方向, 对形成爆破光面起到关键性作用, 而合理的布置预裂孔和主爆区炮孔内的装药结构, 可有效降低主爆区爆破对预裂爆破形成的光面造成的损伤。

3.3. 预裂爆破技术方案

1) 爆破工艺参数方案

根据现场穿孔设备和岩石物理力学性质, 预裂孔炮孔直径设计为 115 mm, 炮孔间距取孔径 10 倍约为 1.2 m, 结合现场 15 m 台阶高度和 60° 的台阶坡面角, 孔深确定为 17.5 m, 底盘抵抗线为 1.2 m, 采用不耦合装药, 填塞长度为 3.5 m。主爆区炮孔直径为 115 mm, 孔深为 17.5 m, 孔排距为 4.5 × 3.5 m, 底盘抵抗线为 3.5 m, 主爆区炮孔填塞长度为 3.5 m。预裂控制爆破技术方案如图 2 所示。

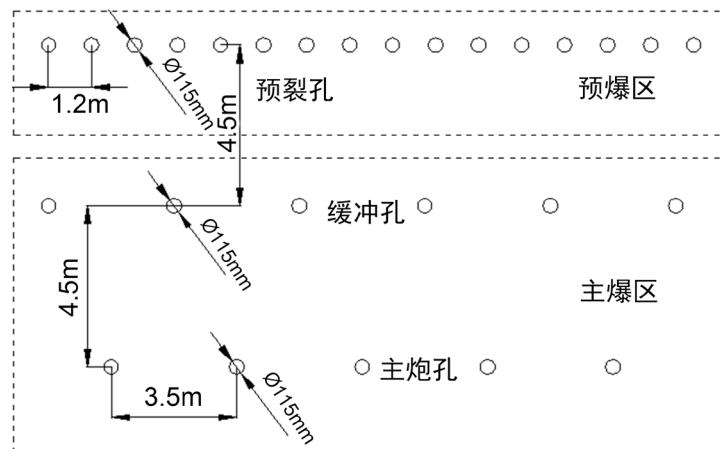


Figure 2. Scheme of pre-split controlled blasting process parameters

图 2. 预裂控制爆破工艺参数方案

2) 装药结构

a) 主爆区主炮孔

采用耦合装药的方式, 炮孔装药采用柱状连续装药结构, 装药高度不大于 14 米, 药柱上、下各三分之一处各放置 1 个起爆药包, 每个起爆药包装 1 发 7 段毫秒导爆管雷管。为保证爆破效果, 防止冲孔现象的发生, 炮孔装药完毕后, 采用粘土或岩粉填塞炮孔, 填塞长度不小于 3.5 米。

b) 主爆区缓冲孔

采用不连续装药的方式, 分 4 段装药, 装药高度不大于 14 米, 装药长度及填塞长度均为 2 m, 每段药各放置 1 个起爆药包, 每个起爆药包装 1 发 5 段毫秒导爆管雷管, 炮孔装药完毕后, 采用粘土或岩粉填塞炮孔, 填塞长度不小于 3.5 米。

c) 预裂孔

预裂孔采用不耦合装药的方式, 分 4 段装药, 分别将药卷捆绑至竹片, 每个起爆药包装 1 发 2 段毫秒导爆管雷管, 采用粘土或岩粉填塞炮孔, 填塞长度不小于 3.5 米。

预裂控制爆破炮孔装药结构具体如图 3 所示。

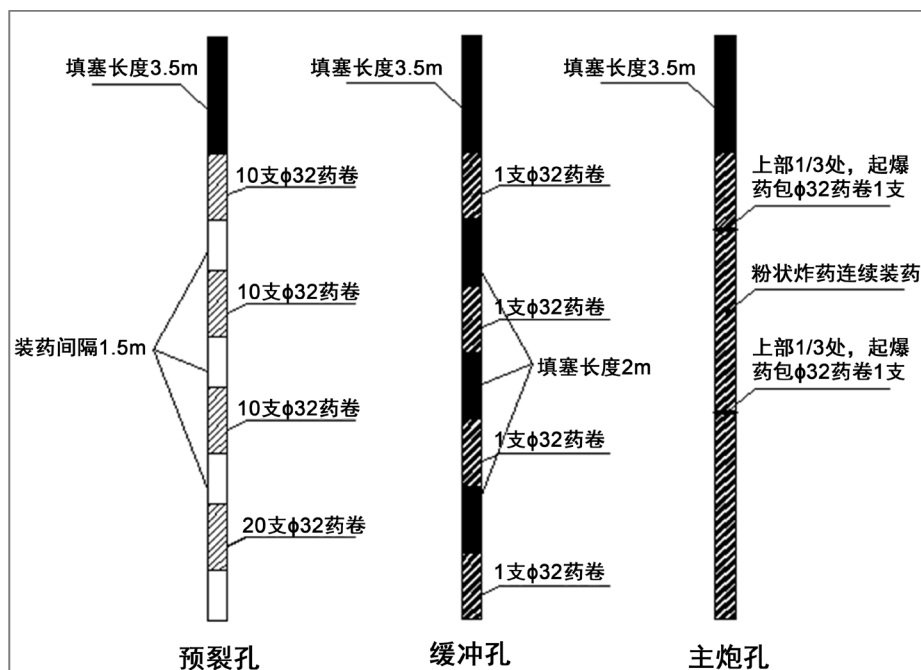


Figure 3. Charge structure of pre-split controlled blasting gun hole
图 3. 预裂控制爆破炮孔装药结构情况

3.4. 应用实践效果分析

试验结果表明, 按照预裂控制爆破工艺方案进行装药、爆破, 爆破后预裂孔间距为 1.2 m, 靠帮边坡角为 60° , 同时爆破后形成完整性较好的的边坡光面, 有效保障了终了边坡的稳定性及矿山安全开采(图 4)。



Figure 4. Smooth surface of pre-split controlled blasting slope
图 4. 预裂控制爆破边坡光面情况

4. 结论及展望

针对秀山石灰石矿边坡围岩完成性差造成的边坡稳定性安全问题根据矿山工程地质条件, 采用预裂孔与主爆孔微差爆破的预裂控制爆破技术手段, 在爆破过程中形成了完整性较好的边坡光面, 实现了台阶靠帮边坡的长期稳定, 有效保障了矿山的安全开采, 对类似露天矿山靠帮边坡的稳定性控制具有一定

的借鉴意义。同时,受矿岩地质条件复杂性的影响,对预裂爆破后的围岩完整性影响较大,因此如何优化爆破成缝机理,降低对靠帮围岩的扰动影响,是提高预裂爆破控制效果的关键因素。

参考文献

- [1] 王德胜. 露天矿山台阶中深孔爆破开采技术[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2007.
- [2] 翁春林, 叶加冕. 工程爆破[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2004.
- [3] 闫大洋. 露天矿台阶预裂爆破参数优化的研究与应用[D]: [硕士学位论文]. 淮南: 安徽理工大学, 2014.
- [4] 李建华. 预裂爆破技术在大型露天矿山的应用[J]. 有色金属(矿山部分), 2015, 67(3): 74-76+81.
- [5] 曹锋. 光面爆破技术在路基边坡开挖中的应用[J]. 现代矿业, 2016(6): 284-285+287.
- [6] 张五兴. 露天矿光面爆破效果控制研究[J]. 现代矿业, 2012(8): 5-7.
- [7] 许名标, 彭德红. 边坡预裂爆破参数优化研究[J]. 爆炸与冲击, 2008(4): 355-359.
- [8] 陈立强, 杨风华. 边坡控制爆破技术的应用[J]. 中国矿山工程, 2011(3): 5-9.