

遍布节理破碎边坡高窄台阶扩帮控制 爆破研究

李兴国, 张志军, 公新忠

中冶集团资源开发有限公司, 北京
Email: lixingguo@mcc-mining.com

收稿日期: 2021年5月15日; 录用日期: 2021年6月17日; 发布日期: 2021年6月25日

摘要

本研究是为满足遍布节理破碎岩体的露天金属矿山台阶扩帮的安全生产和高陡边坡稳定要求, 采取了“三维数字化精准测控和动态反演优化设计”的控制爆破工艺, 对类似露天矿山扩帮工程具有借鉴意义。

关键词

高窄台阶, 扩帮, 控制爆破, 节理破碎边坡

Study of Controlled Blasting in High and Narrow Slope Expanding All over Joints and Broken Slope

Xingguo Li, Zhijun Zhang, Xinzhong Gong

MCC Resources Development Company Limited, Beijing
Email: lixingguo@mcc-mining.com

Received: May 15th, 2021; accepted: Jun. 17th, 2021; published: Jun. 25th, 2021

Abstract

In order to meet the safety production and high-steep slope stability requirements with slope expansion in open-pit metal mine of joint broken slope, this study adopts the control blasting process of “three-dimensional digital precision measurement and dynamic inversion optimization design”. This blasting process can be used to expending project of the similar open-pit mine.

Keywords

High and Narrow Steps, Slope Expansion, Controlled Blasting, Joint Broken Slope

Copyright © 2021 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. 概述

山达克铜金矿南矿体位于巴基斯坦西南部的俾路支省查盖地区, 属斑岩型铜矿床, 目前已服务近 20 年, 最低开采到 626 标高, 并且双台阶并段, 并段高 24 m, 台阶坡面角 67°, 上部穿孔平台和下部接碴平台宽 12~10 m, 高宽比 2~2.4。露天开采境界下部边帮和底部还残留部分矿体, 为回收该矿体进行扩帮工程[1] [2]。

查阅国内外文献, 露天金属矿山扩帮工程都是从上到下整体扩帮, 保持最终边坡角不变, 而此次采取的扩帮工程是从露天采场中下部进行作业, 这样最终边坡角变大而且南矿体已形成了高陡边坡且遍布节理破碎, 目前国内外还没有相似案例[3] [4] [5] [6] [7]。该研究从现场实际采取“三维数字化精准测控和动态反演优化设计”的方法, 控制爆破质点振动加速度, 实现了扩帮后高陡边坡的稳定[8] [9] [10] [11]。

2. 三维数字化精准测控, 优化控制爆破参数

采用 SIROVISION 三维数字摄影测量和岩体结构分析系统测绘分析岩体节理参数, 测定岩体强度指标、划定岩体质量等, 优化控制爆破参数[12] [13] [14] [15]。

优化后控制爆破参数为: 1) 孔网参数, 见表 1; 2) 主辅爆破孔装药参数, 见表 2; 3) 边坡境界控制孔装药参数: 炸药单耗 0.22~0.25 kg/m³, 平均线装药密度约 0.8~0.9 kg/m, 不连续不耦合装药; 4) 单段最大装药量 500 kg, 单爆最大装药量 5 t。

Table 1. Drilling hole mesh parameter table

表 1. 钻孔孔网参数表

| | | | | | |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 扩帮平台宽度(m) | 12 | 11.5 | 11 | 10.5 | 10 |
| 扩帮采幅宽度(m) | 9 | 8.5 | 8 | 7.5 | 7 |
| 主爆破孔坡顶安全距离(m) | 2.5 | 2 | 2 | 1.5 | 1 |
| 主爆破孔距坡面抵抗线(m) | 7~3.5 | 6.5~3 | 6.5~3 | 6~2.5 | 5.5~2 |
| 主爆破孔间距(m) | 5.5 | 5.5 | 6.3 | 6.3 | 6.3 |
| 辅助爆破孔间距 × 主辅助爆破孔排距(m × m) | 5.5 × 4 | 5.5 × 4 | 6.3 × 3.5 | 6.3 × 3.5 | 6.3 × 3.5 |
| 边坡境界控制孔间距 × 辅助爆破孔与边坡境界控制孔排距(m × m) | 1.5 × 2.5 | 1.5 × 2.5 | 1.5 × 2.5 | 1.5 × 2.5 | 1.5 × 2.5 |

Table 2. Charge parameters of main and auxiliary blasting holes

表 2. 主辅爆破孔装药参数

| | 炸药单耗 | 装药结构 | 装药长度 | 单孔装药量 |
|-------|----------------------------|--------|---------|------------|
| 主爆破孔 | 0.4~0.45 kg/m ³ | 二段耦合装药 | 15~17 m | 210~240 kg |
| 辅助爆破孔 | 0.35~0.4 kg/m ³ | 二段耦合装药 | 13~15 m | 185~210 kg |

3. 三维矿业软件进行模拟爆破效果，反向优化爆破设计

采用 MAPTEK I-SITE XR3-C 三维激光扫描系统和 MAPTEK I-Site Studio 软件测绘边坡台阶几何模型；导入拟爆边坡台阶三维几何模型，采用 DIMINE 软件进行边坡台阶爆破钻孔三维设计，重点计算分析不同深度前排主爆破孔距坡面最小抵抗线和不连续装药量、不同深度辅助爆破孔爆破负担面积和不连续装药量、不同深度边坡境界控制孔间距和不连续装药量，根据计算分析结果调整优化钻孔三维设计参数，见图 1。

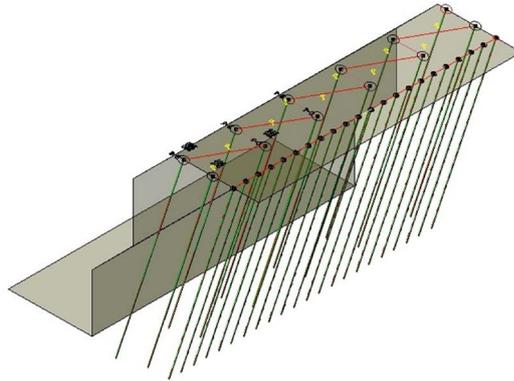


Figure 1. Three-dimensional design parameters of double-step parallel blasting
图 1. 双台阶并段穿爆三维设计参数

采用 TOPCOM ES-120 全站仪测控钻孔孔口三维坐标和电子坡度尺测控钻孔方位及倾角，见图 2。



Figure 2. On-site measurement and control construction
图 2. 现场测控施工

4. 动态反演优化爆破设计

爆破过程中，采用 TDEC OBOX-20016 爆破振动记录仪和 BM View 进行爆破震动分析，根据测震分析结果，重点调整优化单段最大装药量和单爆最大装药量等爆破设计参数，使质点振动加速度控制在 15 cm/s 以内。

爆破后,采用数字摄影测算爆后边坡境界控制孔半孔率,根据测算分析结果,重点调整优化边坡境界控制孔爆破设计参数,使边坡境界控制孔半孔率达到80%以上,预裂孔半壁孔率效果见图3。



Figure 3. Half-wall hole of pre-split hole

图3. 预裂孔半壁孔

5. 结论

大多数金属露天矿山扩帮爆破仅考虑靠近边坡一区采取预裂爆破或光面爆破减少爆破对边坡的破坏,本研究一方面采取预裂爆破减少爆破对边坡的破坏,另一方面由于边坡遍布节理破碎,通过三维数字化精准测控及动态反演优化爆破参数,控制爆破质点振动加速度控制在15 cm/s以内,进一步减少爆破震动对边坡的影响。

另外本研究通过动态反演优化结合边坡岩性变化,动态调整控制爆破参数,使边坡境界控制孔半孔率达到了80%工程爆破目标,实现了高陡边坡的稳定。

参考文献

- [1] 袁康, 张志军. 微震监测和三维激光扫描联合监测技术在山达克南矿体扩帮边坡监测中的应用[J]. 有色金属(矿山部分), 2019, 71(2): 76-81.
- [2] 张志军, 刘武权, 潘懿. 山达克铜金矿南矿体扩帮开采西部边坡稳定性分析[J]. 矿业研究与开发, 2019, 39(9): 21-24.
- [3] 段玉贤, 李发本. 基于三维模型的露天矿台阶爆破设计及其应用[J]. 现代矿业, 2011(8): 10-12, 25.
- [4] 张峰, 高秀丽, 宋富国, 张引良, 韦敬国. 空气间隔器在台阶爆破中的应用[J]. 露天采煤技术, 2002(5): 36-37.
- [5] 刘占全, 王德胜, 崔凤, 徐晓东, 兰盾. 巴润矿24 m高台阶爆破技术实验研究[J]. 金属矿山, 2019(6): 68-71.
- [6] 郑方琪. 露天矿扩帮开采的技术问题[J]. 有色金属(矿山部分), 1982(1): 21-26.
- [7] 门树臣, 高克智, 孙艳辉, 陈传龙, 陈瑞, 等. 霍林河南露天矿陡帮开采方法的应用[J]. 露天采矿技术, 2006(z1): 18, 21.
- [8] 黄平路. 中深孔爆破安全评价方法的研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉理工大学, 2004.
- [9] 付天光. 利用高精度导爆管雷管实现露天矿中深孔“逐孔起爆”技术[J]. 中国矿业, 2004, 13(5): 37-40.
- [10] 肖景辉, 刘显峰. 动态监护处理陡帮边坡的探讨[J]. 中国矿业, 2005, 14(1): 79-80.

-
- [11] 王旭, 唐绍辉, 潘懿, 常江芳. 基于三维激光扫描技术的高陡边坡监测预警研究[J]. 矿业研究与开发, 2018, 38(11): 75-78.
- [12] 公新忠. 中深孔爆破影响边坡稳定性的研究[J]. 矿山工程, 2019, 7(2): 177-180.
<https://doi.org/10.12677/me.2019.72025>
- [13] 汪旭光. 爆破手册[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2010.
- [14] 王德胜. 高台阶爆破破碎特性的研究[J]. 有色金属(矿山部分), 2000(1): 29-32.
- [15] 虞世杰, 陈广平, 尚峰华, 李宝辉, 王有成, 李士泉. 台阶爆破垂直中深孔间隔装药技术的理论分析与应用[J]. 工程爆破, 1999, 5(4): 57-61.