

浅析高台阶深孔预裂爆破数值模拟

潘泽军¹ 刘占全¹ 王德胜² 郭建新¹

(1. 包钢集团巴润矿业有限责任公司, 内蒙古 包头 014010;
2. 北京科技大学土木与环境工程学院, 北京 100083)

摘要: 建立 3 种台阶模型, 分别为台阶高 12 m、18 m 和 24 m, 建立爆破实体模型, 通过炮孔中心线剖面 Mises 等效应力云图, 显示炸药爆破时岩石介质中应力变化过程, 得出 18 m 和 24 m 台阶爆破的可行性。

关键词: 高台阶; 数值模型; 应力; 爆破效果

中图分类号: TD 235.4⁺7 文献标识码: A 文章编号: 1671-8550(2013)01-0031-02

0 引言

利用数值模拟进行计算, 其目的是计算并探讨适合巴润矿业公司岩性特征的高台阶深孔爆破参数。研究爆破后岩体应力位移的分布与变化情况, 进而分析其爆破机理。

1 数值模型的建立

建立 3 种台阶模型, 分别为台阶高 12 m、18 m 和 24 m, 对模型进行数值模拟。模型所选用的爆破参数根据巴润矿业公司台阶爆破现场的实际情况确定, 公司采用 310 型牙轮钻机进行穿孔作业, 因此, 模型炮孔直径选用 310 mm, 炮孔均为垂直方向。

边界条件设置: 在模型正面施加对称边界, 并对边界处的位移进行约束。模型左面、右面、底面和背面施加无反射边界条件, 即处于无限岩体中。台阶顶面、坡面和底盘处施加自由面条件, 对位移和波的发射不加以控制, 岩体直接与空气介质接触, 见图 1。

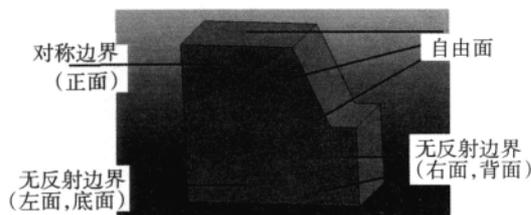


图 1 台阶爆破数值计算模型图

物理模型的岩石类型为白云岩, 物理力学参数见表 1。物理模型采用的炸药为多孔粒状铵油炸药, 其性能参数见表 2。

2 模拟结果与分析

图 2 是 12 m 台阶采用连续装药结构孔底起爆时, 炮孔

中心线剖面 Mises 等效应力云图, 显示炸药爆破时岩石介质中应力变化过程。各台阶爆破过程相近, 炸药被起爆后, Mises 等效应力以水滴状向外扩展。爆轰开始时, 爆轰由孔底向孔口处传播, 随着时间推移, 应力波波阵面与炮孔间形成一定角度, 并基本保持不变向外传播, 当 2 872.6 μ s 时, 应力波波阵面传播至边坡并开始发生发射, 此时, 反射波尚未与入射波相叠加, 反射波加强了炮孔底部的应力场, 当 8 001.7 μ s 时, 炸药爆轰过程结束, 炮孔中炸药完全反应且应力波波阵面角度逐渐减小, 应力波波阵面最终以近似椭球状向外扩展。

表 1 物理模型岩石材料物理力学参数

岩石类型	岩石密度 $\rho/g \cdot cm^{-3}$	抗拉强度 σ_t/MPa	抗压强度 σ_c/MPa	弹性模量 E/GPa	泊松比 μ
白云岩	3.06	6.90	66.76	45.96	0.376

表 2 物理模型炸药材料物理力学参数

炸药类别	密度 $/g \cdot cm^{-3}$	爆速 $/m \cdot s^{-1}$	爆力 $/mL$	含水率	爆热 $/kJ \cdot kg^{-1}$	爆容 $/L \cdot kg^{-1}$
铵油炸药	1.25	3 600	250	0	3 688	935

18 m、24 m 台阶模拟计算结果与 12 m 台阶相似, 所不同是应力值大小不同。

为更加准确反映台阶爆破过程中, 边坡底部和顶部应力变化特征, 在边坡底部和顶部距药包中心每隔 1 m 处取出一个观测单元, 并在 LS-PREPOST 中计算输出其应力时间历程曲线, 如图 3 得到的各单元应力峰值。

由计算获得的各单元有效应力峰值, 可得到 12 m、18 m 和 24 m 台阶连续装药结构孔底起爆模型爆破过程中, 台阶底部和顶部监测点的 Mises 等效应力发展趋势, 见图 3。

图 3 (a) 可以看出, 12 m 台阶连续装药爆破时, 靠近药包附近的底部监测点应力值最大, 且在药包距底部监测点 1~4 m 范围内, 其应力值急剧下降。18 m 和 24 m 台阶连续装药爆破时, 同样显现出靠近药包附近的底部监测点应力值较大, 且随药包距底部监测点距离增大其应力减小的规律, 在

收稿日期: 2012-08-08

作者简介: 潘泽军 (1984-), 男 (汉族), 内蒙古人, 包钢集团巴润矿业有限责任公司采矿部副部长, 助理工程师, 主要从事露天矿爆破及系统工艺研究。

药包距底部监测点 1~3 m 范围内, 其应力值小于 12 m 台阶对应监测点范围的应力值, 但在 3~9 m 范围内, 监测点的应力值与 12 m 台阶对应监测点应力值相当, 使得爆破时边坡底部不会产生根底, 表明 18 m 和 24 m 台阶连续装药爆破可以实现 12 m 台阶连续装药爆破底部等效的破碎效果。图 3 (b) 可以看出, 12 m 台阶连续装药爆破时, 在药包距顶部监测点 1~2 m 范围内应力值大于 18 m 台阶连续装药、24 m 台阶连续装药爆破对应的监测点应力值。3 种计算模型在 2~8 m 范围内, 其监测点应力值相当, 说明 18 m 和 24 m 台阶爆破与 12 m 台阶爆破顶部岩石破碎效果相当。

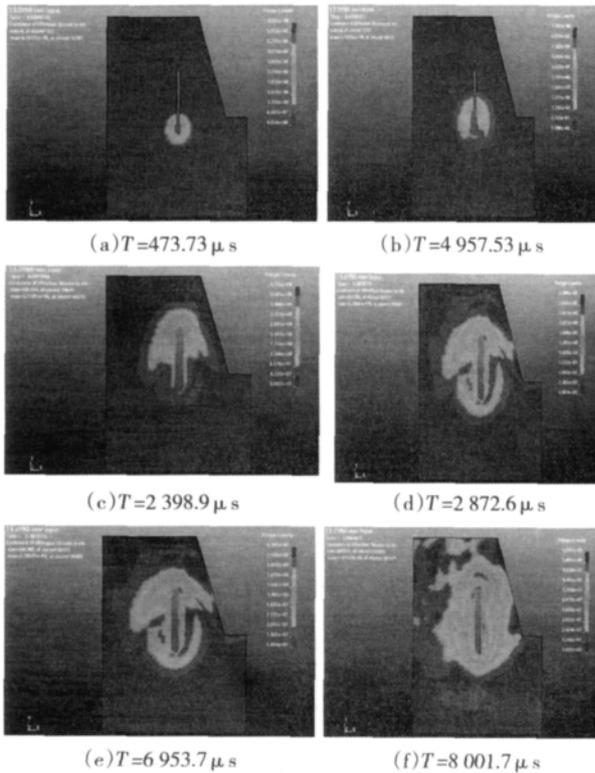


图 2 12 m 台阶连续装药结构孔底起爆爆破应力场变化云图

综上所述, 采用 18 m 和 24 m 连续装药高台阶爆破时, 台阶底部和顶部应力场变化情况相近, 采用合理技术参数条件下, 台阶底部和顶部岩石均可产生较好破碎, 即 18 m 和 24 m 高台阶爆破可以取得与 12 m 台阶相当的爆破效果。

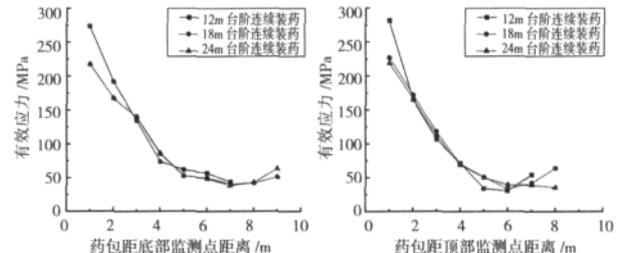


图 3 台阶爆破监测点 Mises 等效应力发展趋势图

3 结语

——由于高台阶柱状药包深孔爆破相关理论研究不多, 本文旨在对其爆破机制进行初步探讨, 在实现高台阶爆破三维数值模拟、计算参数拟合、柱状装药计算分析等多方面较过去有所进展, 为今后进一步开展工作奠定了较好的基础。

——研究表明, 岩石的压碎破坏发生在炸药爆炸后的初期。在所给炸药爆破参数和岩石赋存条件下, 岩体被完全破坏的时间在 $t=8\ 800\ \mu\text{s}$ 内全部完成, 在此之后, 虽在介质内仍有应力产生, 但应力最大不超过极限破坏强度。

——在岩石爆破时应力波衰减随着距炮孔中心的距离呈快速衰减。就爆破后应力位移变化范围来说, 距起爆孔 4 m 范围内尚维持了一定的强度, 但距起爆孔 5 m 以后则衰减迅速。

——采用 18 m 和 24 m 连续装药高台阶爆破时, 台阶底部和顶部应力场变化情况相近, 采用合理技术参数条件下, 台阶底部和顶部岩石均可产生较好破碎, 并可取得与 12 m 台阶相当的爆破效果。

参考文献:

[1] 杨忠林. 尖山铁矿采用高台阶开采技术的探讨 [J]. 《中国矿业》, 1994 (16): 132~134.
 [2] 官明山. 齐大山铁矿 15m 高台阶的探讨 [J]. 《矿业工程》, 2005 (2): 19~23.
 [3] 张五兴, 姜尚德等. 高台阶爆破技术的实践 [J]. 《中国铝业》, 1999 (6): 16~18.
 [4] 林德余, 马万昌等. 露天矿高台阶爆破问题 [J]. 《中国矿业》, 1992 (2): 18~20.

Barun mining company high step deep hole pre-split blasting numerical simulation

PAN Zejun¹, LIU Zhanquan¹, WANG Desheng², GUO Jianxin¹

(1. Barun Mining Co, Ltd, Baotou Iron and Steel Group, Baotou 014080, China;

2. Civil and environmental engineering institute, University of science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: Establish three steps model, respectively steps high 12 m, 18 m and 24 m, establish blasting the solid model, through the blast hole center line profile Mises equivalent stress map shows when explosives are rock medium change process of stress, and concludes that the 18 m and 24 m bench blasting the feasibility.

Key words: high step; the numerical model; stress; blasting effect