

doi:10.3963/j.issn.1001-487X.2021.04.020

数码电子雷管在峨口铁矿爆破中的应用

郭鹏杰

(太原钢铁集团代县矿业有限公司,忻州 034207)

摘要:以太钢代县矿业有限公司露天中深孔及巷道掘进爆破工程为例,露天中深孔爆破参数:孔径250 mm、孔网参数6 m×7 m、台阶高度12 m、孔深13.5 m;巷道掘进爆破参数:直眼掏槽方式,孔网参数:孔深3 m、掏槽眼孔距400 mm、周边眼孔距750 mm、底眼孔距700 mm、辅助眼孔距600~700 mm。在爆破参数、起爆方式、爆破网路连接不变的前提下,采用数码电子雷管进行爆破网路连接,通过对比数码电子雷管与非电塑料导爆管雷管在爆破工程中的实际应用效果,由于数码电子雷管微差时间的控制精度高,能够有效地控制爆破有害效应,露天中深孔爆破中,在降低大块率、减少侧翻后翻、降低爆破振动与降低炸药单耗等方面取得了显著效果;巷道掘进爆破中,在巷道成型、光面爆破效果等方面同样效果显著。为峨口铁矿露天、地下采矿生产提供了有力的技术支持。

关键词: 数码电子雷管;大块率;炸药单耗;爆破振动

中图分类号: TD235.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-487X(2021)04-0129-04

Application of Digital Electronic Detonator in Ekou Iron Mine Blasting

GUO Peng-jie

(Taiyuan Iron and Steel Group Dai County Mining Co., Ltd., Xinzhou 034207, China)

Abstract: This research takes the blasting of open-pit medium-deep hole and roadway excavation in Taigang Dai County Mining Co., Ltd., as an example. The Open hole blasting parameters are: the borehole diameter is 250 mm, hole network parameter is 6 m×7 m, bench height is 12 m and hole depth is 13.5 m. Meanwhile, the roadway blasting parameters with straight hole cutting mode are: the hole depth is 3 m, cut hole distance is 400 mm, peripheral hole distance is 750 mm, bottom hole distance is 700 mm and auxiliary hole distance is 600~700 mm. Under the premise of the same blasting parameters, detonating mode and blasting network connection, the digital electronic detonators was used to connect the blasting network. By comparing the practical application of digital electronic detonator and non-electric plastic detonator in blasting engineering, digital electronic detonator can effectively control the harmful effects of blasting because of the high control precision of differential time. In deep hole blasting, it remarkable resulted in reducing bulk rate, turning back, blasting vibration and explosive unit consumption. In the roadway excavation blasting, the effect of roadway forming and smooth blasting is also remarkable. It provides strong a technical support for open-pit and underground mining production of Ekou Iron Mine.

Key words: digital electronic detonator; bulk rate; explosive unit consumption; blasting vibration

随着爆破技术的发展,数码电子雷管已经广泛

应用于爆破工程,应用结果表明,数码电子雷管不仅具有精确的延时和本质安全性能,而且在降低爆破振动、改善岩石破碎度、巷道断面光面爆破上有明显效果。因此在实际矿山爆破工程中,通过对比数码

收稿日期:2021-06-06

作者简介:郭鹏杰(1989-),男,中级工程师、本科,主要从事矿山爆破方面研究,(E-mail)1016896740@qq.com。

电子雷管与非电塑料导爆管雷管在控制爆破中的爆破效果,在矿山露天及巷道掘进爆破中广泛推广使用数码电子雷管。

代县矿业有限公司自 2013 年一直采用非电塑料导爆管雷管(进行露天中深孔爆破网路连接,爆破质量取得很大提高,但有时会出现爆破振动较大,爆破后会出现破碎块度不均匀,侧翻、后翻较严重的现象。矿部从 2019 年 11 月引进数码电子雷管,由于数码电子雷管具有高精度性:100 ms 内误差 < 1 ms。能精确控制逐孔微差起爆时间,提高炸药爆炸能量利用率,增加岩石碰撞,降低大块率,有效控制爆破振动,提高爆破质量,降低炸药单耗,减少爆破成本。所以逐步取代了非电塑料导爆管雷管,开始推广使用数码电子雷管进行矿山岩石爆破。

1 爆破缺陷产生的原因

1.1 大块率高的原因

大块主要产生于台阶顶部和爆区头排孔及最后一排孔部位^[1]。大块率高的原因主要是由于炸药爆炸能量利用不均匀,岩石碰撞不充分导致^[2]。

1.2 爆破振动大的原因

该矿露天爆破采用逐孔微差爆破技术,采用非电塑料导爆管雷管连接爆破网路,由于非电塑料导爆管雷管延期时间是按 9 ms、17 ms、25 ms、42 ms、65 ms、100 ms 划分的,使用低段别地表雷管时,相邻两炮孔延期时间 ≤ 8 ms 时默认为同响,而爆破振动主要是由于爆区同响炮孔数过多产生的^[3]。

1.3 爆破侧翻后翻的原因

逐孔微差爆破技术爆破原理是前一炮孔起爆为后面炮孔创造自由面,由于塑料导爆管雷管延期时间控制间隔 ≤ 8 ms 时默认为同响,可能会造成爆区倒数第二排炮孔与最后一排炮孔时间间隔过小出现同响情况,未能给最后一排炮孔爆破提供足够的自由面,产生严重的侧翻后翻现象,增加后续处理成本。

2 数码电子雷管的性能与引进应用

2.1 数码电子雷管的性能

数码电子雷管是采用专用芯片替代传统延期药的雷管,内置身份信息码、管壳码和起爆密码,与电雷管及导爆管雷管相比,其延时精度高,延期时间可现场自由设置,数码电子雷管具有延期时间高精度性,延期时间 0 ~ 16000 ms; 设定间隔 1 ms; 100 ms 内误差 < 1 ms; 101 ~ 16 000 ms, 误差 < 1%。爆破网路的延期时间可以在爆破起爆前任意调整,使得爆破网路延期时间设计更加灵活,相邻炮孔间延期时

间能够实现 1 ms 以内的延期间隔,真正实现逐孔微差起爆^[4]。整个爆破网路不存在地表雷管,炮孔间的延期时间均由炮孔内的雷管芯片直接设定,有利于爆破有害效应的控制。爆破网路连接时,只需将数码电子雷管的脚线连接专用手持终端,就可以完成每一发雷管的数据采集、延时编辑、网路检测、授时起爆及数据管理。通过数码雷管与雷管起爆系统之间的双向沟通,能够便捷的进行网路检测,提高数码电子雷管起爆网路导爆的可靠性。由于数码电子雷管具有延期时间可编程的特性,能够提供精确可靠的起爆时间,能更加充分的利用炸药爆炸能量。可以依据现场的地质条件、岩石性质、生产需求等因素精确设定网路延期时间,为爆破孔网参数的扩大创造有利条件,尽可能节约爆破成本,降低炸药单耗。

2.2 数码电子雷管的实验与应用

目前,峨口铁矿一直使用高精度非电导爆管雷管,其存在一定弊端:①延期时间固定,分 6 个段别: 9 ms、17 ms、25 ms、42 ms、65 ms、100 ms; ②当使用高精度导爆管雷管连接爆破网路时,相邻两炮孔延期时间 ≤ 8 ms,会出现爆破效果不好现象;矿部自 2019 年引进实验并开始使用数码电子雷管进行露天中深孔及巷道掘进爆破。

2.2.1 数码电子雷管防水性实验

防水性试验:将 10 发数码电子雷管浸泡于水深 8 m 的中深孔中,分别浸泡 24 h 和 72 h 后,进行起爆实验,10 发数码电子雷管均正常起爆,完成防水性试验。

2.2.2 数码电子雷管的应用

分别在该矿露天中深孔爆破与巷道掘进爆破中应用数码电子雷管。

(1) 露天中深孔爆破使用数码电子雷管

现场爆破实验应用:分别于南西区 1660 水平 1660—1648 水平终了斜坡路、南西区 1636 水平中深孔爆破使用数码电子雷管进行爆破网路连接。

南西区 1660 水平 1660—1648 水平终了路浅孔爆破、南西区 1636 水平爆区压渣爆破,爆破参数、装药结构、装药量均按照以往经验设计,爆破网络连线采用数码电子雷管设计,网络延时参照 ORICA 经验曲线图^[5],孔间延期时间为 3 ~ 8 ms/m,排间延期时间为 8 ~ 15 ms/m。根据露天中深孔孔距 6.5 ~ 7.5 m,排距 5.5 ~ 6.5 m,计算得孔间延期时间 19.5 ~ 60 ms,排间延期时间 44 ~ 97.5 ms,选取合适的网路延期时间^[6];爆破后,后破裂线较使用非电塑料导爆管雷管有明显改善,在预计出现后翻部位,均出现明显破裂线(如图 1 所示),且几乎没有爆破飞石。

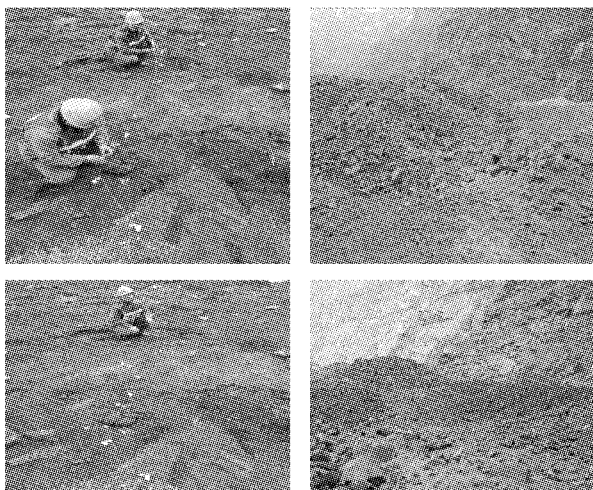


图1 爆破后破裂线明显

Fig. 1 The rupture line after blasting is obvious

(2) 巷道掘进爆破应用数码电子雷管

3#栈桥矿体赋存于峨口铁矿露天采场境界外,位于南东区东南部,南东地下采区设计开采范围之外,属于高陡边帮矿体。矿体由西向东平行展布,走向北东东、南倾,倾角一般变化于70°~80°间,整体较陡,设计开采1830水平以上的矿体,采用无底柱分段崩落法,脉内开采。巷道断面规格4.7 m×4.4 m,根据设计要求:巷道断面轮廓采用光面爆破^[7],硐内底板坡度3‰。3#栈桥巷道掘进最优爆破设计方案采用:直眼掏槽方式,掏槽眼13个(中间9个空眼)、辅助眼31个、周边眼23个(炮孔布置

如图2所示),孔网参数:掏槽眼孔距400 mm、周边眼孔距750 mm、底眼孔距700 mm、辅助眼孔距600~700 mm;爆破网路连接采用:掏槽眼、辅助眼采用数码电子雷管连接,周边光爆眼采用导爆索数码电子雷管连接。

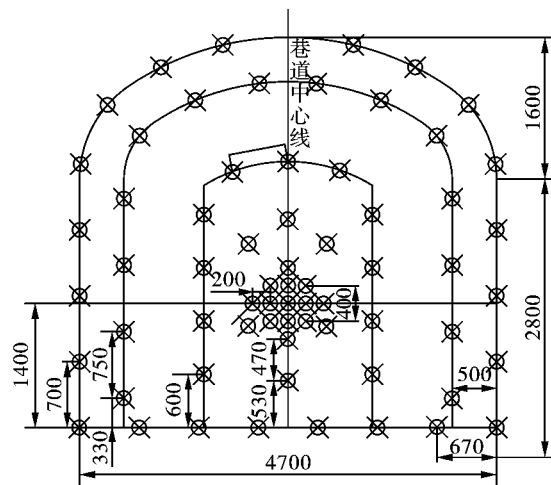


图2 炮孔布置图(单位:mm)

Fig. 2 Artillery layout(unit:mm)

由于数码电子雷管延期时间控制精确,巷道掘进爆破应用数码电子雷管连接爆破网路,各炮孔起爆时间间隔精确,杜绝使用分段雷管起爆时同响的情况^[8],爆破后巷道成型情况良好,爆破块度均匀^[9],光面爆破效果显著,巷道断面出现半壁孔概率远远大于使用分段雷管^[10]。爆破效果如图3所示。

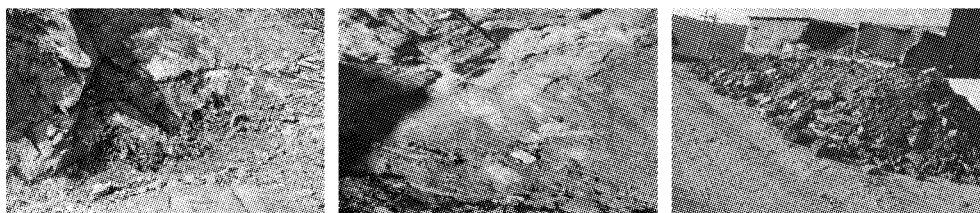


图3 巷道掘进爆破效果图

Fig. 3 Effect of roadway excavation blasting

3 结论

工程实践应用表明,数码电子雷管延期时间具有高精度性,无论露天中深孔爆破还是巷道掘进爆破,都能够精确控制孔间微差时间,确保炮孔内上下两段炸药同时起爆,增大起爆能量,提高炸药能量利用率,有效提高爆破质量,降低大块率,提高巷道断面光爆效果,降低炸药单耗,总体上降低了采矿成本。

参考文献(References)

[1] 吕宗业,陈真,程立年. 峨口铁矿应用数码雷管进行台

阶爆破的实践[J]. 现代矿业,2014,8(8):124-125.

[1] LU Zong-ye, CHEN Zhen, CHENG Li-nian. Practice of using digital detonator for step blasting in Ekou Iron Mine [J]. Modern Mining, 2014, 8(8):124-125. (in Chinese)
 [2] 张树伟,董秀艳. 降低中深孔爆破大块根底的实践[J]. 中国矿山工程 2009, 38(3):22-24.
 [2] ZHANG Shu-wei, DONG Xiu-yan. Practice of reducing large root bottom of medium-deep hole blasting [J]. China Mining Engineering 2009, 38(3):22-24. (in Chinese)
 [3] 王德胜. 峨口铁矿微差间隙时间的优化研究[J]. 爆破, 1995(1):9-11.
 [3] WANG De-sheng. Study on optimization of differential gap

- time in Ekou Iron Mine[J]. *Blasting*, 1995(1):9-11. (in Chinese)
- [4] 赵郁欣, 聂煜, 陈辉峻, 等. 数码电子雷管及其起爆系统的优势[J]. *起爆器材*, 2015(5):560.
- [4] ZHAO YX, NIE Y, CHEN H J, et al. Advantages of digital electric detonator and its initiation system[J]. *Detonator*, 2015(5):560. (in Chinese)
- [5] 史小鹏, 解联库, 吴春平, 等. 毫秒延时爆破合理间隔时间研究[J]. *有色金属*, 2015, 67(5):85-86.
- [5] SHI Xiao-peng, XIE Lian-ku, WU Chun-ping, et al. Study on reasonable interval time of millisecond delay blasting [J]. *Non-ferrous metals*, 2015, 67(5):85-86. (in Chinese)
- [6] 李迎. 中深孔爆破合理微差时间对块度分析的研究[D]. 贵阳: 贵州大学, 2015:36-37.
- [6] LI Ying. Study on block analysis of reasonable differential time of medium-deep hole blasting[D]. Guiyang: Guizhou University, 2015. 36-37. (in Chinese)
- [7] 温玉忠. 光面爆破在掘进巷道的应用[J]. *煤炭技术*, 2007, 26(2):65-66.
- [7] WEN Yu-zhong. Application of smooth blasting in tunneling roadway[J]. *Coal Technology*, 2007, 26(2):65-66. (in Chinese)
- [8] 张宇. 数码电子雷管在铁路隧道掘进爆破中的应用论述[J]. *中国科技期刊数据库: 工业 A*, 2016, 10(6):123-125.
- [8] ZHANG Yu. Discussion on the Application of digital electronic detonator in tunneling blasting[J]. *China Science and Technology Journal Database: Industry A*, 2016, 10(6):123-125. (in Chinese)
- [9] 王国吕, 王虎, 何立夫, 等. 巷道掘进爆破参数的优化[J]. *矿业工程*, 2012, 10(3):27-28.
- [9] WANG Guo-lv, WANG Hu, HE Li-fu, et al. Optimization of blasting parameters in roadway excavation[J]. *Mining Engineering*, 2012, 10(3):27-28. (in Chinese)
- [10] 陈连双, 戴旭敏. 数码电子雷管在煤矿掘进中的应用[J]. *现代矿业*, 2019, 3(3):203.
- [10] CHEN Lian-shuang, DAI Xu-min. Application of digital electronic detonator in coal mine excavation[J]. *Modern Mining*, 2019, 3(3):203. (in Chinese)

英文编辑: 陈东方

(上接第 123 页)

参考文献 (References)

- [1] 林从谋, 赵锦桥. 工程爆破实用技术[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1998.
- [2] 齐世福, 夏裕帅, 谢兴博, 等. 复杂环境下高大楼房控制爆破技术[J]. *工程爆破*, 2015, 21(1):20-24.
- [2] QI S F, XIA Y S, XIE X B, et al. The controlled blasting technique for demolishing a high building in complicated surrounding[J]. *Engineering Blasting*, 2015, 21(1):20-24. (in Chinese)
- [3] 张志毅. 中国工程爆破新技术 VI[M]. 北京: 冶金工业出版社, 2016.
- [3] ZHANG Z Y. New technology of blasting engineering China VI[M]. Beijing: Metallurgical Industry Press, 2016.
- [4] 高文乐, 张泽华, 苏凯凯, 等. 多截面承重立柱酒店定向拆除爆破[J]. *工程爆破*, 2018, 24(2):59-65.
- [4] GAO Wen-lei, ZHANG Ze-hua, SU Kai-kai, et al. Directional blasting demolition of hotel with multi-section bearing[J]. *Engineering Blasting*, 2018, 24(2):59-65. (in Chinese)
- [5] 刘殿中. 工程爆破实用手册[M]. 北京: 冶金工业出版社, 1999.
- [6] 国家安全生产监督管理总局. GB6722—2014 爆破安全规程[S]. 北京: 中国标准出版社, 2015.
- [7] 言志信, 于换小, 朱 辉. 框架结构爆破拆除过程研究[J]. *爆破*, 2012, 29(4):19-22, 27.
- [7] YAN Z X, YU H X, ZHU H. Research on explosive demolition process of frame structure [I]. *Blasting*, 2012, 29(4):19-22, 27.
- [8] 魏挺峰, 魏晓林, 傅建秋. 框架和排架爆破拆除的后坐(1)[J]. *爆破*, 2008, 25(2):13-18. (in Chinese)
- [8] WEI T F, WEI X L, FU J Q. Back sitting of frame& framed bent demolished by blasting (1) [J]. *Blasting*, 2008, 25(2):13-18. (in Chinese)
- [9] 李 瑜, 周浩仓. 高大凹型结构楼房爆破后坐分析[J]. *工程爆破*, 2018, 24(2):53-58.
- [9] LI Yu, ZHOU Hao-cang. Analysis of backward collapse of tall and concave-structure building[J]. *Engineering Blasting*, 2018, 24(2):53-58. (in Chinese)

英文编辑: 陈东方