

# 新型大孔径静态破碎技术的试验研究

温尊礼<sup>1</sup>, 徐全军<sup>2</sup>, 姜楠<sup>2</sup>, 李志龙<sup>2</sup>, 韩文红<sup>1</sup>

(1. 核工业南京建设集团有限公司, 江苏 南京 210003; 2. 解放军理工大学工程兵工程学院, 江苏 南京 210007)

**摘要:**在传统静态爆破的基础上,提出了一种新型大孔径静态爆破技术,使用新型扩孔钻头结合机械堵孔器解决了大孔径静态爆破的冲孔问题。由于孔径的增大,使得破碎剂膨胀压力增大,膨胀剂反应速度加快,加大了堵孔难度。设计的新型扩孔钻头和新型堵孔器进行了孤岩块的大孔径静态爆破试验,试验结果证实了该新型大孔径静态爆破技术的可行性,达到了提高爆破能力和缩短破坏时间的预期目的。为今后的敏感地区岩石爆破工程开挖提供了新途径。

**关键词:**大孔径静态爆破;静态破碎剂;扩孔钻头;膨胀压力;堵孔器

**中图分类号:**U455.41;U455.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1672-7428(2013)05-0072-03

**Experimental Study on a New Technology of Static Blasting in Large Diameter Borehole/WEN Zun-li<sup>1</sup>, XU Quan-jun<sup>2</sup>, JIANG Nan<sup>2</sup>, LI Zhi-long<sup>2</sup>, HAN Wen-hong<sup>1</sup>** (1. Nuclear Industry Nanjing Construction Co., Ltd., Nanjing Jiangsu 210003, China; 2. Engineering Institute of Engineering Corps., PLAUST, Nanjing Jiangsu 210007 China)

**Abstract:** Bases on the traditional static blasting, a new technology of static blasting in large diameter borehole is presented; with a new reaming bit and mechanical hole plugging device, hole gushing of static blasting in large diameter borehole was solved. As the hole becoming larger, the expansion pressure increases and the reaction of cracking agent speeds up, these make plugging more difficult. Test of static blasting in large diameter borehole for block rock was made by newly designed reaming bit and hole plugging device, which proves the feasibility of this new technology with expected effects of improving the cracking ability and reducing the cracking time. It is a new way for rock blasting construction in sensitive areas.

**Key words:** static blasting in large diameter borehole; static cracking agent; reaming bit; expansion pressure; hole plugging device

## 1 概述

随着工业、交通和城市建设的飞速发展,各种建设工程急剧增加,不可避免会遇到新建设爆破项目与已有建筑距离较近的情况,迫切需要研究一种效率高、施工安全、没有震动的爆破施工方法,在这种情况下静态破碎技术应运而生。由于静态破碎技术具有膨胀力小等一系列弱点,围绕着如何提高静态破碎的膨胀压力,人们进行了大量的研究<sup>[1-3]</sup>。笔者在前人研究的基础上,提出大孔径静态破碎技术,分析了大孔径静态破碎的特点,通过试验与工程应用对其可行性进行验证,为大孔径静态破碎技术的应用提供理论和实践依据。

## 2 当前静态破碎技术的局限

从静态破碎技术一出现,其理论研究就从不同角度展开。在查阅的相关论文中<sup>[4-7]</sup>,有90%以上的是技术工程应用类文章。虽然对静态破裂技术进行了多年研究,其技术也得到推广应用,但深感仍存

在着局限性。

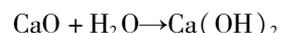
(1)当前国内外静态破碎技术的孔径多为32~50 mm,因为钻孔直径>50 mm时易发生冲孔,导致孔内的破碎剂喷出,发生冲炮(喷出)现象<sup>[8]</sup>,所以要进行大孔径(50 mm以上)静态破碎,必须研究出抑制这种现象的方法,开发大孔径的静态破裂剂配方或对装药孔口加以覆盖封堵。

(2)国外快速静态破裂剂产品价格高,国内生产的静态破裂剂虽然价格不高,但存在反应速度慢、膨胀压力小的不足。因此,需要进一步深入研究,以解决和克服上述缺点。

## 3 大孔径静态破碎的特点

### 3.1 孔径对静态破碎剂反应速度的影响

静态破碎过程中产生膨胀效应的主要原因是由于破碎剂中的主要成分CaO与水发生如下反应:



无论是环境温度还是拌合用水的温度都影响着

收稿日期:2013-01-21

作者简介:温尊礼(1973-),男(汉族),江西人,核工业南京建设集团有限公司副总经理、高级工程师,矿业工程专业,江苏省南京市察哈尔路16号。

静态破碎剂的水化速度。弗兰克得出 CaO 与水发生反应时反应速度常数与温度的关系<sup>[9]</sup>：

$$k_T = k_0 \cdot 1.035^{\Delta T} \quad (1)$$

$$\Delta T = T - T_0$$

式中： $k_T$ ——温度  $T$  时的反应速度常数； $k_0$ ——温度  $T_0$  时的反应速度常数。

从式(1)可以看出，CaO 的水化反应速度常数与温度的指数成正比，温度的升高会导致反应速度的急剧加快。在 0 ~ 100 °C 的范围内，温度每升高 10 °C，CaO 的水化速度增加 1 倍<sup>[10]</sup>。

静态破碎剂浆体的体积是与孔径的二次方成正比，因此内径越大药量越多，破碎剂水化作用而带来的温度的上升值也增大，从而促进了 CaO 的水化反应及 Ca(OH)<sub>2</sub> 晶体的成长。

### 3.2 孔径对静态破碎剂膨胀压力的影响

根据静态破碎剂的膨胀破碎机理，静态破碎剂与水作用后发生体积膨胀，在有约束的条件下，由于这种膨胀受到限制而产生膨胀力。实验表明<sup>[11]</sup>，静态破碎剂的膨胀压力随着炮孔直径的加大而升高(如图 1)。

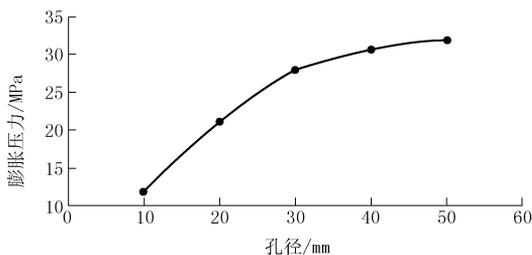


图 1 孔径与膨胀压力的关系曲线

在一定范围内，膨胀压力  $P$  与装药孔径  $d$  满足如下关系<sup>[12]</sup>：

$$P = kd^n \quad (2)$$

式中： $P$ ——静态破碎剂作用于炮孔孔壁的膨胀压力； $k$ ——与被破碎介质和几何尺寸有关的参数； $d$ ——炮孔直径； $n$ ——指数。

综上所述，破碎剂装药孔孔径的增大，增加了装药量，从而可以缩短破碎时间，产生更高的膨胀压力，起到更好的破碎效果。

## 4 大孔径静态破碎试验及分析

### 4.1 大孔径静态爆破对孤石块的破碎试验

此次试验为单孔试验，由于应用新型扩孔钻，采用四爪型堵孔器和扩孔钻头，原理图和实物图如图 2~4。

首先根据施爆体的力学参数确定大孔径静态爆

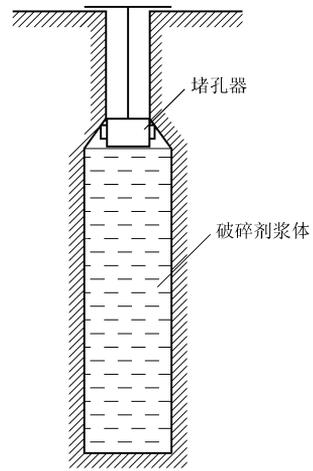


图 2 炮孔结构及封孔示意图



图 3 四爪型堵孔器



图 4 扩孔钻头

破设计方案中的孔网参数。

本次试验对象为砂岩，其抗压强度约为 100 MPa，抗拉强度约为 10 MPa。根据岩石的形状、节理、钻孔孔径和要求，破碎的块度等因素来确定最小抵抗线，取值为  $W = 80$  cm。在施爆体上按图 5 标示的位置打孔。先使用普通钻头，然后换用扩孔钻头，将炮孔下部直径扩大至 100 mm，最后形成炮孔深度为 1.1 m(装药部分 0.6 m)；由炮孔体积公式  $V = \pi (D/2)^2$  计算出破碎剂浆体体积，继而计算出破碎剂浆体体积，继而计算出破碎剂浆体体积。将静态破碎剂与水搅拌均匀，灌满  $\varnothing 101$  mm 的炮孔；将堵孔器置入炮孔之中，使用专用扳手将堵孔器上端螺栓拧紧，使堵孔器 4 个锥销向外顶出，并将

堵孔器上部绳子拉紧,将炮孔堵塞住,然后用碎石和土壤将炮口上部堵塞严实。0.5 h后,破碎剂发生膨胀反应,试验岩石沿最小抵抗线方向产生断裂,岩石块被崩落下来。待破碎剂完全反应之后,将堵孔器回收,可用于下一次静态爆破施工。

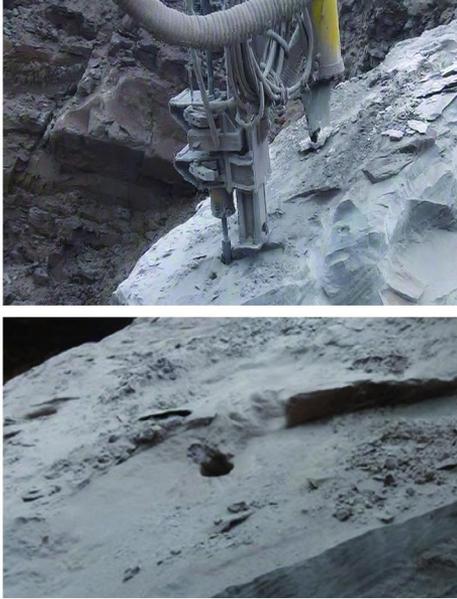


图5 钻机扩孔及成孔后

利用大孔径静态破碎技术,将岩块成功爆破,岩块在静态破碎剂膨胀作用下,沿最小抵抗线方向形成断裂并崩落,形成一块80 cm × 80 cm × 150 cm的岩块,如图6。所设计的堵孔器很好地解决了大孔径静态破碎的冲孔现象,将破碎剂膨胀能量封闭在炮孔内部,使其几乎完全作用于孔壁用于破碎作用。现场爆破噪声和爆破振动相比较同等规模的爆破作业非常小,达到了静态爆破施工过程中微噪声、微震动、无飞石的目的。同时,与传统的小孔径静态爆破相比,由于孔径变大,装药量大大提高,致使破碎能量提高,孔壁上膨胀压力大,破碎剂反应时间快,有效地减少了破碎等待时间,提高了静态爆破的效率。



图6 岩石破碎后状态

## 4.2 试验结果分析

大孔径静态破碎技术进行隧道开挖施工时必须选好爆破设计参数,以便控制开挖整个过程,保护既有结构物,实现安全生产。炮孔封堵的作用在于防止喷孔,提高静态破碎效果。对于向上倾斜的炮眼还起到装药后防止流出的作用。

但是大孔径静态破碎技术也存在一定问题,比如施工成本较高,钻孔过多导致开挖进度不如传统爆破速度快,爆破效果受温度影响较大,爆破时间不宜控制等,因此该方法只有在特殊的施工环境下及个别有约束条件的工程中采用。

## 5 结论

(1)大孔径静态破碎技术可以在无振动、无污染、不影响周围建筑结构的情况下实施爆破,既安全又大量节省人力、工期、材料。因而,在不适用炸药爆破环境条件下及其他安全要求高的敏感区,更显其优越性。

(2)通过使用发明的新型堵孔器和扩孔钻头,解决了大孔径静态破碎中易发生的喷孔问题,实现了大孔径静态破碎技术,并经过试验验证了其可行性,达到了缩短破碎时间、提高破碎能力的预期目的。

## 参考文献:

- [1] 游宝坤. 静态爆破技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008. 1-4.
- [2] John A. Gambatese. Controlled Concrete Demolition Using Expansive Cracking Agents[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2003, (1): 98-104.
- [3] Shobeir Arshadnejad, Kamran Goshtasbi, Jamshid Aghazadeh. A Model to Determine Hole Spacing in the Rock Fracture Process by Non-explosive Expansion Material[J]. International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials, 2011, (5): 509-513.
- [4] D. F. Laefer, N. Ambrozevitch-Cooper. Expansive Fracture Agent Behaviour for Concrete Cracking[J]. Magazine of Concrete Research, 2010, (6): 443-452.
- [5] 张爱莉, 姚刚. 静态爆破的设计及应用[J]. 建筑技术, 2002, (6): 420-421.
- [6] 张科专. 静态破碎技术在开挖坚硬岩石中的应用[J]. 爆破, 2003, (4): 96-97.
- [7] 唐列先, 唐春安, 唐世斌. 混凝土静态破碎的物理试验与数值试验[J]. 混凝土, 2005, (8): 3-7.
- [8] 高荣庆. 对静态破碎喷料的分析[J]. 爆破器材, 1990, (1): 22-23.
- [9] E. 席勒, L. W. 贝伦斯. 石灰[M]. 陆华, 武洞明, 译. 北京: 中国建筑工业出版社, 1981. 183-189.
- [10] 袁润章. 胶凝材料学[M]. 湖北武汉: 武汉理工大学出版社, 1996. 35-36.
- [11] 河野俊夫. 非爆性破碎剂[J]. 石膏与石灰, 1982, (1): 41-48.
- [12] 王玉杰. 静态破裂技术及机理研究[D]. 湖北武汉: 武汉理工大学, 2009. 65-66.