

灵宝县豫灵镇万米平洞岩爆控制试验

李俊平^{1,2}, 陈慧明³

1. 鸡西大学安全与环境工程系, 黑龙江鸡西 158100
2. 武汉大学; 水资源与水电工程科学国家重点实验室, 武汉 430072
3. 黄石市矿山安全卫生检测检验所, 湖北黄石 435000

摘要 豫灵镇 10000m 深平洞, 在埋深超过 800m、巷道穿越灰白色大理岩或灰岩时常发生岩爆事故。为了控制岩爆, 依据巷道地压分布规律, 借助爆破震动, 引起巷道两帮和端面前方的应力峰值向岩体深部转移, 释放部分集中应力, 增强减压区的承载能力。本文通过现场最大超深比、最小超深比与最多超深孔数、最少超深孔数的正交爆破试验, 得出呈三角形布置 3 个超深达到掘进循环进尺 1.2~2 倍的辅助眼可成功控制 3400mm×3000mm 巷道端面的岩爆。在巷道腰墙处离底面 1.8~2.0m 沿走向每隔 1.0、1.5、2.0m 分别布置深 2.0m 的震动炮眼。试验表明, 沿走向间隔不大于 2.0m 布置震动炮眼, 可成功控制巷道两帮岩爆; 如果震动炮眼间距偏小, 可能在帮墙上产生爆破震动裂纹。

关键词 岩爆; 冲击地压; 爆破卸压; 地压控制

中图分类号 TD322

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2010)18-0057-03

Field Tests Research on Rock Burst Control in a Horizontal Tunnel of 10000m Long in Yuling Town, Lingbao County

LI Junping^{1,2}, CHEN Huiming³

1. Department of Safety and Environment Engineering, Jixi University, Jixi 158100, Heilongjiang Province, China
2. State Key Laboratory of Water Resources and Hydropower Engineering Science; Wuhan University, Wuhan 430072, China
3. Inspection and Testing Center for Mine Safety and Health of Huangshi Municipality, Huangshi 435000, Hubei Province, China

Abstract In the building of a horizontal tunnel of 10000m long in Xiaoqinling, Yuling town, with a buried depth of over 800m, when it goes through the gray marble or limestone, rock burst accidents often occur. In order to control the rock burst, based on the tunnel ground pressure distribution, the blasting vibration is used to shift the peak stress at the front end and sides to the deep rock mass, to release some concentrated stress, and, therefore to increase the carrying capacity of the decompression zone. The field burst tests are carried out with the largest number of times of crossing over the excavation depth, the minimum ratio of over cycle excavation depth, the maximum number of super-deep hole and the minimum number of ultra-deep hole in an orthogonal manner, and it is shown that the rock burst of the front end can be successfully controlled in the 3400mm×3000mm tunnel when three secondary blasting boreholes of 1.2 to 2 times of crossing over the excavation depth are triangularly distributed. In addition, the field burst tests are carried out at places of 1.8~2.0m high and 1.0, 1.5 and 2.0m in distance along the strike in the tunnel waist wall. The results show that the side rock burst can also be successfully controlled when the distance of the vibration blasting borehole of 2.0m deep is not more than 2.0m. If the spacing of the vibration borehole is too small, the blasting vibration may lead to cracking of the wall.

Keywords rock burst; pressure bumps; stress relief by blasting; underground pressure control

收稿日期: 2010-04-12; 修回日期: 2010-09-01

基金项目: 国家杰出青年科学基金项目 (50725931)

作者简介: 李俊平 (中国科协所属全国学会个人会员登记号: E520001717S), 教授, 研究方向为矿山岩石力学及矿山安全生产管理, 电子信箱: junpingli@163.com

0 引言

河南省灵宝县豫灵镇小秦岭地区某私营企业为了开采深山中的黄金矿脉,从山体边沿向深山中掘进净断面尺寸为 $3200\text{mm}\times 2800\text{mm}$ 的万米长平洞。平洞穿越交错分布的黑色煌斑岩、灰白色大理岩或辉岩。从平洞口到 3000m 延伸,山体与平洞水平的高差一般为 $500\sim 700\text{m}$ 。延伸超过 3000m 后,山体与平洞水平的高差一般超过 800m ,局部超过 1200m 。因此,巷道延伸超过 3000m 后,当巷道穿越灰白色大理岩或辉岩时,在掘进工作面巷道端面、巷道两帮常发生岩爆(一般在放炮后 48h 内),导致飞石伤人事故,严重影响掘进速度。

受该私营企业委托,通过现场了解地压显现规律,依据平巷地压分布规律,借助端面超深孔爆破和两帮震动爆破实施应力转移,部分释放集中应力,增强减压区的承载能力,成功控制了岩爆飞石。

1 爆破震动的岩爆控制原理

平巷两帮与水平采场工作面的地压分布类似,都是两侧应力对称分布(图 1)。只是巷道两侧峰值应力、减压区、稳压区等离帮壁的水平距离较采场略小。一般断面 $3200\text{mm}\times 2800\text{mm}$ 的巷道,减压区离帮壁的水平距离为 $1.0\sim 2.0\text{m}$,峰值应力离帮壁的水平距离为 $2.0\sim 3.0\text{m}$ 。

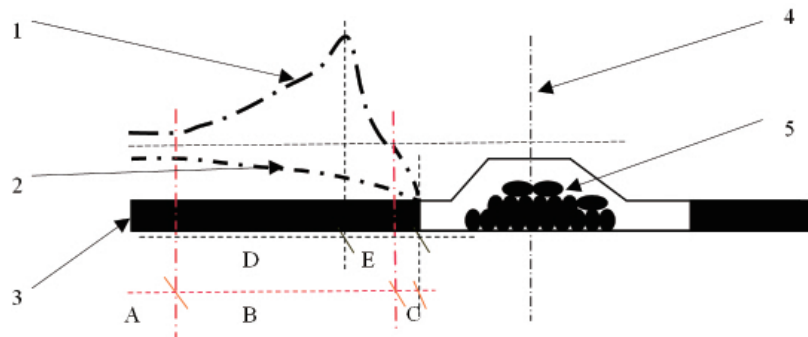
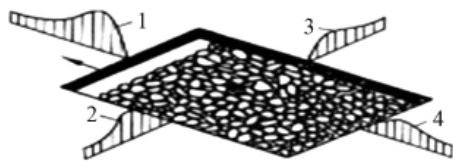


图 1 平巷(采场)支承压力分布

Fig. 1 Distribution of support pressure on horizontal tunnel or stope

平巷掘进端面前方的地压分布与平巷单侧的地压分布类似,也与采场工作面前方的地压分布类似(图 2)。一般断面 $3200\text{mm}\times 2800\text{mm}$ 的巷道,应用直径为 $32\sim 40\text{mm}$ 的钻头掘进,每循环掘进进尺为 2m 时,减压区离端面面壁的水平距离为 $1\sim 1.5$ 倍的掘进循环进尺,峰值应力离端面面壁的水平距离为 $1.5\sim 2.5$ 倍的掘进循环进尺^[1-2]。



1—工作面前方支承压力;2—工作面下方支承压力;
3—工作面上方支承压力;4—工作面后方支承压力

图 2 倾斜工作面周围地压分布

Fig. 2 Distribution of ground pressure around the inclined face

通渝隧道^[3]、秦岭终南山公路隧道^[4]等工程实例都证明,巷道岩爆是由于巷道埋深过大,引起掘进工作面前方和巷道两侧应力高度集中,导致有岩爆倾向的围岩在爆破掘进后猛烈释放,从而引起岩爆飞石。因此,根据控制巷道岩爆的爆破卸压法^[5-6]和巷道地压分布规律,对应力集中不是特别大的巷

道,可以借助爆破震动,引起巷道两侧和端面前方的应力峰值向岩体深部转移、向钻孔空间部分释放,并适当增大减压区离掘进工作面自由空间的水平距离,从而增强减压区的承载能力,避免岩爆飞石。锦屏辅助洞研究和施工表明,如果应力集中达到 50MPa 左右,除了借助爆破震动转移和释放部分集中应力外,还必须利用钢纤维混凝土、锚杆、锚索等联合支护巷道^[7]。根据秦岭终南山公路隧道^[4]的经验,豫灵镇万米长的巷道只需要借助爆破卸压法控制岩爆飞石。

2 现场试验方案

附近城镇可以购买到最大长度达 4.4m 的超深钻杆,即超深钻孔的最大深度可达 4.4m 。施工现场应用直径为 40mm 的钻头掘进,钻杆长 2.6m 。平时掘进,采用平行且垂直巷道端面的 4 眼或 5 眼围绕平行且垂直巷道端面的中心空眼掏槽,掏槽眼深 2.6m ,辅助眼和周边眼深 $2.4\sim 2.5\text{m}$ 。掏槽眼间距 $80\sim 100\text{mm}$,掏槽眼外布置 2 圈辅助眼,周边眼一般为 $11\sim 13$ 个。按照上述布置炮眼,整个断面一般布置 $36\sim 40$ 个,可形成 $1.8\sim 2.2\text{m}$ 的进尺、 $3400\text{mm}\times 3000\text{mm}$ 的毛断面。木棚子支护后,巷道净断面达到 $3200\text{mm}\times 2800\text{mm}$ 的要求。其中,宽 3200mm ,高 2800mm 。岩体可爆性、脆性好时,如上布眼爆破,每个掘进循环进尺可达 2.2m ;否则,进尺只有 1.8m ,个别时候甚至只有 1.7m 。

熊祖强等^[8]的研究表明,超深眼并不是越深卸压效果越好,而是超深控制为掘进进尺的2倍、炮眼总深度为掘进进尺的3倍时卸压效果最好。王献^[4]研究秦岭终南山公路隧道岩爆治理时表明,在岩体内钻应力释放孔可以看作是把岩体分成无限单元体,使应力在这种小的单元体内进行应力重分布,为高应力的释放提供了较大空间,应力释放速度将是在整体岩石中的几倍;释放开凿断面12m×8.3m,最大埋深达1600m的隧道应力,应力释放孔直径为100mm,间距为300mm,眼深度取2.5m为宜,应力释放孔尽量呈直线布置。

根据上述研究结论和爆破震动控制岩爆的原理,结合现场的施工条件、习惯和掘进速度要求,在控制支护后净断面3200mm×2800mm的巷道端面岩爆时,爆破布眼方式按工人习惯不变。分别按2.2m眼深布置掏槽眼、2.0m眼深布置辅助眼和周边眼而形成1.5m的掘进进尺,和按工人常规凿眼习惯而形成2.0m左右的掘进进尺这两种方案布眼。超深眼分别按在第一圈辅助眼中间隔布置4.4m深的超深炮眼,和在第一圈辅助眼中呈等边三角形布置4.4m深的3个超深炮眼两种方案布置。如上正交后,共进行4种方案的掘进试验。每种方案至少试验3个掘进循环。

呈等边三角形布置超深炮眼时,顶眼基本布置在巷道中轴线上,另2眼基本对称布置在巷道腰墙附近。为了控制卸压效果,超深眼装药时都要密实填充,并且在孔口用黄泥紧密堵塞,堵塞长度为10~20cm。

控制支护后净断面3200mm×2800mm的巷道两帮岩爆时,在两帮腰墙离地面高1.8~2.0m处,分别沿巷道走向呈直线布置卸压震动炮眼。眼间距分别取1.0、1.5、2.0m。为了加强卸压和应力向岩体深部的转移效果,分别在孔底装1/3卷炸药,并用黄泥紧密堵塞,堵塞长度为10~20cm。每种方案同样至少试验3个掘进循环。

经过15个连续掘进循环的试验表明,按常规布置炮眼,形成2.0m左右的进尺,并呈等边三角形布置3个4.4m深的超深炮眼,密集填装超深孔的炸药并密集堵塞孔口,可以有效控制巷道端面的岩爆飞石,仅个别时候巷道端面在出渣、凿眼时松石较多而需要反复撬毛;在两帮腰墙离地面高度1.8~2.0m处,分别沿巷道走向呈直线布置卸压震动炮眼,眼间距2.0m,并在孔底密集填装、堵塞1/3卷炸药,可以有效控制巷道两帮岩爆飞石。若两帮卸压震动炮眼间距小于1.5m时,有时可以观察到帮壁产生了爆破裂纹。

由于巷道穿过黑色煌斑岩时不发生岩爆,因此,当凿眼流出黑水时,既为了连续向深部转移峰值应力,又为了加快凿眼速度,仅保留呈等边三角形布置的顶端的1个超深炮眼,两帮卸压震动眼间距可以放宽到2.0~3.0m。

3 结论

1) 在巷道端面辅助眼中部分超深1.2~2倍掘进循环进尺,可以成功控制巷道端面产生的岩爆飞石。整个巷道断面按常规布置36~40个炮眼,形成2.0m左右进尺,并呈等边三

角形布置3个4.4m深的超深炮眼,密集填装、堵塞超深孔,能有效控制巷道端面的岩爆飞石。超深炮眼深度与进尺越严格接近3倍关系,超深眼布置的越多,卸压效果越好,爆破后巷道端面基本无开裂和片帮现象发生,但是,浪费了出渣运输时间、降低了班掘进进尺,影响了工人班次协调,从而严重降低了日掘进速度。

2) 在巷道拱腰部位沿走向呈直线布置间距、深均为2.0m的卸压震动炮眼,可以成功控制巷道两帮产生的岩爆飞石。炮眼离地面高度为1.8~2.0m,孔底密集填装、堵塞1/3卷炸药。若两帮卸压震动炮眼间距小于1.5m时,有时可以观察到帮壁产生了爆破裂纹。

3) 当凿眼流出黑水时,仅保留呈等边三角形布置的顶端超深炮眼,两帮卸压震动眼间距放宽到2.0~3.0m,从而减少凿眼量,尽量提高日掘进速度。

4) 实践证明,爆破卸压法是一种技术合理、经济有效、简便实用的巷道地压(岩爆、瓦斯突出)控制方法。在不同的岩体赋存环境中,必须开展现场爆破卸压试验,从而确定经济有效、施工快捷的爆破卸压具体参数。

参考文献 (References)

- [1] 钱鸣高, 石平五. 矿山压力与岩层控制 [M]. 北京: 中国矿业大学出版社, 2003.
Qian Minggao, Shi Pingwu. Underground pressure and rock layer control [M]. Beijing: Chinese Mining Industry University Press, 2003.
- [2] 姜福兴. 矿山压力与岩层控制 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2004.
Jiang Fuxing. Underground pressure and rock layer control [M]. Beijing: Coal Industry Press, 2004.
- [3] 王青海, 李晓红, 艾吉人, 等. 通渝隧道围岩变形和岩爆的数值模拟 [J]. 地下空间, 2003, 23(3): 291~295.
Wang Qinghai, Li Xiaohong, Ai Jiren, et al. Underground Space, 2003, 23(3): 291~295.
- [4] 王献. 秦岭终南山特长公路隧道岩爆的治理 [J]. 铁道建筑, 2006, 46(10): 50~51.
Wang Xian. Railway Engineering, 2006, 46(10): 50~51.
- [5] 李永刚, 徐国元, 易洋来, 等. 控制巷道岩爆的爆破卸压法 [J]. 采矿技术, 2006, 6(4): 23~25.
Li Yonggang, Xu Guoyuan, Yi Yanglai, et al. Mining Technology, 2006, 6(4): 23~25.
- [6] 李桂云, 李金良, 赵晓举, 等. 深部巷道岩爆预测及防治技术 [J]. 河南理工大学学报: 自然科学版, 2006, 25(4): 266~269.
Li Guiyun, Li Jinliang, Zhao Xiaojun, et al. Journal of Henan Polytechnic University: Natural Science Edition, 2006, 25(4): 266~269.
- [7] 黄晓彬, 唐剑. 锦屏辅助洞西端岩爆现象及治理 [J]. 西部探矿工程, 2008, 20(1): 154~156.
Huang Xiaobin, Tang Jian. West-China Exploration Engineering, 2008, 20(1): 154~156.
- [8] 熊祖强, 贾怀建. 深井矿山硬岩巷道岩爆治理方案研究 [J]. 化工矿物与加工, 2006, 35(9): 25~27, 37.
Xiong Zuqiang, He Huaijian. Industrial Minerals and Processing, 2006, 35(9): 25~27, 37.

(责任编辑 岳臣)