

电子-导爆索雷管混合起爆网络在黄金洞金矿的应用

李欢,曹艳武

(湖南黄金洞矿业有限责任公司)

摘要:针对全面推行电子雷管后企业爆破成本大幅上升的问题,提出采用电子-导爆索雷管混合起爆网络的起爆方法,利用导爆索起爆周边孔的方式替换电子雷管的使用。通过开展现场单因素试验,确定了电子-导爆索雷管混合起爆网络采用分段并联连接,周边孔和非周边孔分别采用不耦合间隔或连续装药,采用电子雷管进行毫秒间隔延时起爆等方式,获得的试验效果最佳。通过成本对比分析,推行新的起爆方法后,爆破成本将节约17.37%,每年节约成本约560万元。

关键词:导爆管雷管;电子雷管;导爆索;混合起爆网络;毫秒级

中图分类号:TD407

文章编号:1001-1277(2024)03-0020-04

文献标志码:A

doi:10.11792/hj20240305

引言

湖南黄金洞矿业有限责任公司(下称“黄金洞金矿”)目前采用导爆管起爆法进行井下巷道爆破作业,激发元件为电子雷管,雷管采用秒差级导爆管雷管。根据工业和信息化部2021年12月3日发布的《“十四五”民用爆炸物品行业安全发展规划》(下称“《规划》”)要求,需要调整优化产品结构,全面推广工业数码电子雷管,除保留少量产能用于出口或其他经许可的特殊用途外,2022年6月底前停止生产、8月底前停止销售除工业数码电子雷管外

的其他工业雷管^[1]。随着《规划》的执行,导爆管雷管的使用将成为过去,如果全面推行电子雷管起爆法,爆破成本将会大幅度增加。因此,亟须采用新的起爆方法,以降低成本。经过分析和论证,黄金洞金矿考虑推广一种混合起爆法,其起爆网络为电子-导爆索雷管混合起爆网络,经现场试验,取得了较好的效果。

1 爆破产品使用现状

目前,黄金洞金矿使用的各类爆破产品及主要消耗情况如表1所示。

表1 黄金洞金矿4月爆破产品消耗统计

Table 1 Statistics of Huangjindong Gold Mine blasting product consumption in April

序号	名称	型号	使用量	单价	总价/元
1	岩石膨化硝酸炸药	φ32 mm-200 g	15 496 kg	11 320 元/t	175 415
2	2号岩石乳化炸药	AE-HLC-Ⅲ,φ32 mm-300 g			
3	3 m导爆管雷管	秒差级	4 930 发	4.48 元/个	22 086
4	5 m导爆管雷管	秒差级	8 955 发	5.58 元/个	49 969
5	电子雷管	SF-B型	1 090 发	30 元/个	32 700
6	工业导爆索	PB12	750 m	4.5 元/m	3 375
合计					283 545

注:禁止使用导爆管雷管后,所有雷管均用电子雷管替代,经集采谈判,价格可下降至19~21元/个。

由表1可知:4月份黄金洞金矿完成实际采掘总量30 436 t,消耗各类爆破产品成本约28.35万元;该金矿年计划采掘总量2 037 837 t,预估正常情况下需消耗各类爆破产品成本约1 898.47万元。

根据国家要求,全面推广电子工业雷管,禁止使用导爆管雷管后,如继续采用现有爆破方式,以黄金洞金矿4月爆破产品为例,则需要消耗成本为484 537元,

成本增加1.7倍,黄金洞金矿全年预估爆破成本将达到3 244万元,每年将增加爆破成本约1 346万元。因此,研究并使用一种新的起爆方法降低爆破成本迫在眉睫。

2 电子-导爆索雷管混合起爆网络

为解决成本急剧升高的问题,黄金洞金矿提出采

用导爆索代替部分电子雷管以达到节约成本的目的。电子-导爆索雷管混合起爆网络主要是将导爆索应用于井巷掘进的周边孔、辅助孔中,采用不耦合间隔或连续装药方式,以减少电子雷管、炸药的使用量,降低成本^[2-3]。同时,为确保井巷掘进达到光面爆破效果,通过试验验证电子-导爆索雷管混合起爆网络的可行性。

2.1 试验地点

选取黄金洞金矿 180 m 标高新主平硐进行现场试验。设计主平硐规格为 2.8 m × 2.6 m,设计长度约 1 000 m,地表标高 210 ~ 320 m,巷道围岩为浅变质板岩、泥质板岩,属较坚硬—坚硬类岩石,局部靠近地表,夹有强风化岩石。

2.2 爆破参数选取

试验断面布置炮孔 40 个,采用直径 42 mm 钻头,钻杆 3 m,炮孔深度 2.8 m。其中,掏槽孔 12 个,1,2 号孔为实孔,3 ~ 12 号孔为空孔;辅助孔共有 3 圈 15 个,一级辅助孔 4 个(13 ~ 16 号孔),二级辅助孔 4 个(17 ~ 20 号孔),三级辅助孔 7 个(21 ~ 27 号孔);周边孔共有 13 个,边孔 4 个(28,29,31,32 号孔),底孔 4 个(30,33,34,35 号孔),顶孔 5 个(36 ~ 40 号孔),具体如图 1 所示。

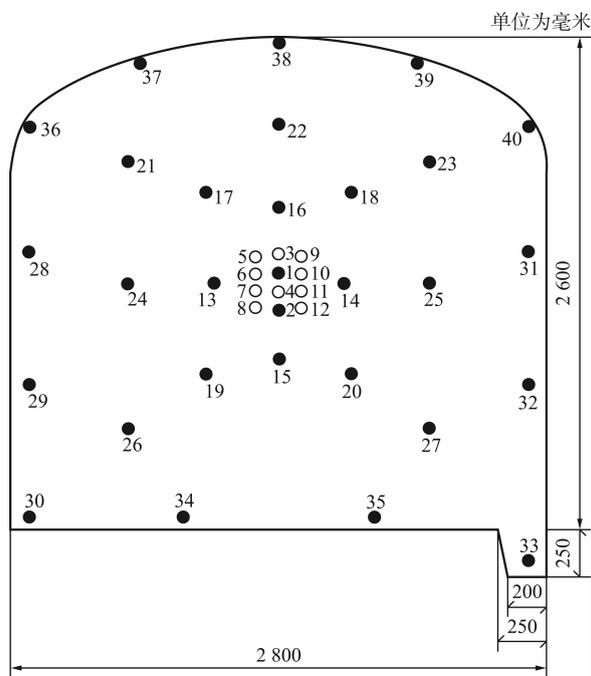


图 1 炮孔布置示意图

Fig. 1 Schematic diagram of borehole arrangement

根据试验设计要求,周边孔采用导爆索代替,其余实孔采用电子雷管进行爆破,掏槽孔为垂直孔掏槽,掏槽孔+辅助孔每个孔装药 8 节,单孔装药量 1.6 kg,周边孔每个孔装药 4.5 节,单孔装药量 0.9 kg,则总装药量为 38.9 kg。炮孔装药示意图如图 2 所示。爆破

量为 17.5 m³,炸药单耗为 2.22 kg/m³。

单位为毫米

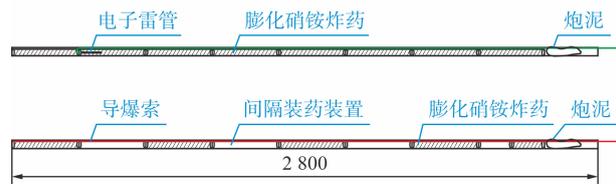


图 2 炮孔装药示意图

Fig. 2 Schematic diagram of charging in boreholes

电子雷管、导爆索连接方式均采用并联,电子雷管段位延时间隔 50 ms,同段位电子雷管延时间隔 5 ms,导爆索利用一个电子雷管进行传爆^[4],具体爆破参数如表 2 所示。

表 2 爆破参数

Table 2 Blasting parameters

炮孔形式	炮孔编号	段别/ms	炮孔个数	单孔装药量/kg	同段装药量/kg
掏槽空孔	3~12		10	0	0
掏槽实孔	1~2	0~5	2	1.6	3.2
一级辅助孔	13~16	55~70	4	1.6	6.4
二级辅助孔	17~20	120~135	4	1.6	6.4
三级辅助孔	21~27	185~215	7	1.6	11.2
周边孔	28~40	265	13	0.9	11.7
合计			40		38.9

3 现场试验

为确保起爆试验的可靠性,逐步提高导爆索起爆的稳定性,试验首先选取周边孔中 5 个顶孔采用导爆索替代雷管(如图 3 所示),并从导爆索连接方式、装药量、不同延时等方面进行验证,最终确定了电子-导爆索雷管混合起爆网络的合适爆破参数。

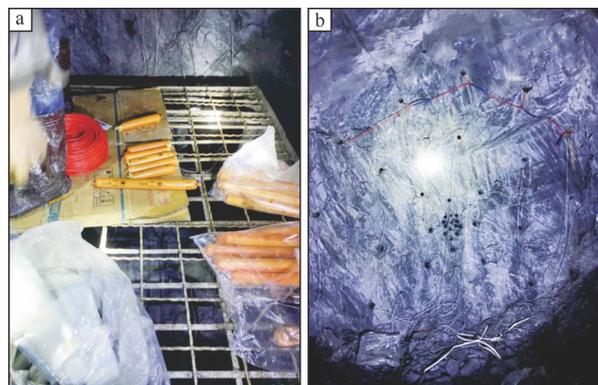


图 3 现场试验装药

Fig. 3 Pictures of charging in field test

3.1 导爆索连接方式

参照相关文献论证,选取分段并联的连接方式,

将每个炮孔内药包的每段导爆索与主导爆索连接,导爆索分支段与主线段采用搭接方式,搭接长度不小于15 cm,并用防水胶布进行缠绕。搭接处,分支段的端头必须朝向主线段起爆方向,并且之间的夹角必须为锐角^[5-6]。

导爆索起爆端采用雷管起爆,雷管的聚能穴朝向应与导爆索的传爆方向一致,雷管连接位置需离开导爆索末端150 mm^[7-8]。通过试验验证,该种连接方式导爆索的传爆作业稳定可靠。

3.2 单炮孔装药量

周边孔与非周边孔采用不同的装药方式:周边孔采用不耦合间隔装药,非周边孔采用不耦合连续装药,分别按照设计装药和减少装药进行试验,查看调整后的爆破效果。单炮孔装药量试验结果如表3所示。

表3 单炮孔装药量试验结果

Table 3 Test results of charge weight per single borehole

炮孔形式	装药方式	单孔装药量/ kg	爆破效果		
			第一次	第二次	第三次
周边顶孔	间隔装入1支药卷	0.9	较好	较好	较好
周边顶孔	间隔装入0.5支药卷	0.6	较好	较好	较好
周边帮孔	间隔装入1支药卷	0.9	较好	较好	较好
周边帮孔	间隔装入0.5支药卷	0.6	存在欠挖	较好	一般
周边底孔	间隔装入1支药卷	0.9	较好	较好	较好
周边底孔	间隔装入0.5支药卷	0.6	存在欠挖	存在欠挖	存在欠挖
非周边孔	8支药卷+炮泥	1.6	较好	较好	较好
非周边孔	7支药卷+全部炮泥	1.4	较好	较好	较好
非周边孔	7支药卷+少量炮泥	1.4	差	差	一般

由表3可知:爆破时,周边顶孔和非周边孔可适当减少单孔用药量,但非周边孔减少装药量时一定要注意封堵炮泥的正确操作,封堵材质选择要合理,封堵时要确保炮孔的密闭性和封堵长度。

3.3 延时雷管

为了测试不同延时雷管对混合起爆网络的影响,选取了秒差导爆管雷管、电子雷管分别进行秒差级、半秒级、毫秒级不同延时试验,试验结果如表4所示。

表4 不同延时雷管试验结果

Table 4 Test results of detonators with different delay

延时级别	使用雷管	延时间隔/ ms	爆破效果		
			第一次	第二次	第三次
秒差级	秒差导爆管雷管	1 000	未全部引爆	未全部引爆	未全部引爆
半秒级	电子雷管	500	未全部引爆	未全部引爆	全部引爆
毫秒级	电子雷管	50	全部引爆	全部引爆	全部引爆

由表4可知:在混合起爆网络内,采用较高延时间隔的雷管起爆时,用导爆索连接的周边孔,除第一个起爆端的周边孔能正常起爆外,其余周边孔都较难起爆。通过现场查看发现,炮孔外的主线段导爆索被掏槽孔、辅助孔的爆破飞石击断,导致传爆不成功。采用毫秒级雷管起爆时,不存在该现象。因此,爆破时,选择毫秒级导爆管雷管或电子雷管设置延时间隔为毫秒级时最适合。

4 成本对比

分析黄金洞金矿180 m新主平硐巷道试验前后的爆破成本,主要材料消耗如表5所示。

表5 黄金洞金矿180 m新主平硐爆破产品成本对比

Table 5 Cost comparison of blasting products

in the 180 m new main adit of Huangjindong Gold Mine

项目	名称	型号	使用量	单价	总价/元
改进前	岩石膨化硝酸铵炸药	φ32 mm-200 g	48 kg	11.32元/kg	543.36
	3 m电子雷管	SF-B型	30个	19.5元/个	585.00
	小计				1 128.36
改进后	岩石膨化硝酸铵炸药	φ32 mm-200 g	34 kg	11.32元/kg	384.88
	3 m电子雷管	SF-B型	17个	19.5元/个	331.50
	工业导爆索	PB12	48 m	4.5元/m	216.00
小计				932.38	
成本对比					-195.98

由表5可知:在改用新的混合起爆网络后,单个作业面成本节约17.37%,采矿回采作业面因不布设掏槽孔,也适用该种起爆网络。改用电子雷管前,预估爆破材料成本将达到3 244万元/a,而按照改进后的方法进行推广,将节约爆破材料成本超过560万元/a,经济效益明显。

5 结论与建议

1) 电子-导爆索雷管混合起爆网络具备可行性,可用于替代部分电子雷管,减少炸药使用量,降低使用成本,提高光面爆破效果。

2) 电子-导爆索雷管混合起爆网络推广时,要确保导爆索的连接方式合理规范,导爆索分支段与主线段应保持锐角连接,起爆雷管聚能穴朝向应与主线段导爆索传爆方向一致,雷管连接位置需离开导爆索末端150 mm。

3) 电子-导爆索雷管混合起爆网络安装时,要控制单孔装药量,做好炮孔封堵,同时电子雷管延时间隔应设置为毫秒级。

4) 建议导爆索替代电子雷管还可在辅助孔上进

行试验,但要充分研究导爆索交叉接触对传爆稳定性的影响。

5) 建议对采场浅孔爆破进行导爆索起爆法试验,特别是向下落矿等不需要分段间隔回采的矿块。

6) 设计掘进爆破炸药单耗还是过高,建议对单孔炸药使用量再次进行详细试验,对该矿区围岩进行相关地质、力学性质分析。

[参考文献]

- [1] 张飞燕,刘柯含,韩颖,等. 基于STC15单片机的教学用模拟电子雷管设计与实现[J]. 爆破,2023,40(3):236-242.
- [2] 孟琪莉,孙冲,陈翔,等. 双效蒸发系统深度节能工艺的探索[J]. 浙江化工,2021,52(4):42-46.

- [3] 王运敏. 现代采矿手册:上册[M]. 北京:冶金工业出版社,2011:766-903.
- [4] 王卫华,姜海涛,林翔,等. 导爆索-导爆管起爆系统拒爆分析[J]. 爆破,2014,31(4):134-139.
- [5] 薛里,孟海利. 电子-导爆管雷管混合起爆网路在隧道爆破中的应用[J]. 铁道建筑,2016(3):70-74.
- [6] 刘博,胡静云,史秀志. 导爆索-导爆管起爆网路在多点爆区联合起爆中的应用[J]. 爆破,2021,38(3):62-66.
- [7] 国家能源局. 水电水利工程爆破施工技术规范:DL/T 5135—2013[S]. 北京:中国电力出版社,2014.
- [8] 周长赞. 凝灰岩水压爆破施工技术[J]. 城镇建设,2021(6):63-64.

Application of electronic – detonating cord detonator hybrid initiation network to Huangjindong Gold Mine

Li Huan, Cao Yanwu

(Hunan Huangjindong Mining Co., Ltd.)

Abstract: In view of the sharp increase in the blasting cost of enterprises after the full implementation of electronic detonators, the paper proposes to adopt the initiation method of electronic – detonating cord detonator hybrid initiation network, and replace the use of electronic detonators by detonating the peripheral holes with detonating cords. Through the field single factor test, it is determined that the electronic – detonating cord detonator hybrid initiation network is connected in parallel by segments, the peripheral holes and non-peripheral holes are respectively charged with uncoupled interval or continuous charge, and the electronic detonator is used for millisecond delay initiation, and the test results are the best. Through cost comparison and analysis, after the implementation of the new initiation method, the enterprise's blasting cost will be saved by 17.37%, and the annual cost will be saved by about 5.6 million yuan.

Keywords: detonating tube detonator; electronic detonator; detonating cord; hybrid initiation network; millisecond level