

聚能爆破在沿空留巷切顶卸压中的应用实践

张振龙

(山西兰花科技创业股份有限公司大阳煤矿分公司)

摘 要: 为了确保沿空留巷新工艺在实施过程中,柔模墙体强度能达到设计要求,避免周期来压对留巷造成不可挽回的损失,通过聚能爆破的方式对柔模顶部进行切缝,保证工作面回采后沿切缝垮落。试验结果表明,爆破后使工作面顶板切缝清晰,基本顶沿切缝垮落,有效地降低了基本顶对柔模墙体的压力,保证了沿空留巷的效果,取得良好的经济技术效益。

关键词: 聚能管;爆破;切缝

引言

大阳煤矿首次采用沿空留巷新工艺,采用“切顶卸压+柔模混凝土支护”为主体的设计方案,通过采用聚能管爆破,达到顶板切缝的效果,使顶板局部范围内应力停止传递,减弱巷道顶板压力,且使切缝两边顶板保持相对完整。利用柔模混凝土墙支撑巷道顶板,最大限度发挥柔模墙体的自身承载作用,保证留巷效果。

1 工程概况

1.1 工作面概况

大阳煤矿 3405 综放工作面位于 3 号煤四采区西

侧,东侧为采区大巷,工作面标高+622-761m,盖山厚度 458m-439m。工作面倾向长度为 1155-1212m,走向长度为 260m。煤层厚度为 5.4-6.1m,平均厚度为 5.7m。工作面采用倾斜长臂式采煤法,综合机械化放顶煤采煤工艺,全部垮落法管理顶板。轨道顺槽采用沿空留巷工艺。工作面示意图如图 1 所示。

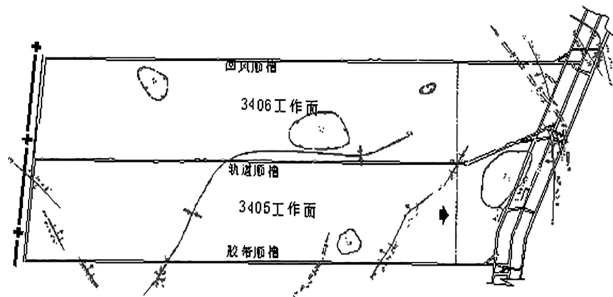


图 1 3405 工作面示意图

1.2 预裂爆破的必要性

该工作面的基本顶为深灰色细砂岩,硅钙质胶结,局部含大量白云母片,硬度6-9,顶底板岩性见表1。根据以往回采工作面经验总结,周期来压步距为15-18m,极易造成采空区悬顶面积超过规定,可见顶板的完整性较好,不易自然垮落。3405轨道顺槽采用沿空留巷新工艺,柔模墙体自身强度是否能支撑顶板一个周期来压步距岩石重量,以及周期来压时的冲击力,关系到新工艺实施的成败。通过对其经济性、施工难易程度等方面综合比较,决定采用聚能管预裂爆破。

表1 顶底板岩性

顶底板名称	岩性名称	厚度 m	硬度	岩石特性
基本顶	深灰色细砂岩	7.6	6-9	硅钙质胶结,局部含大量白云母片,有时含炭质条带。
直接顶	灰黑色泥岩	3.66	3-6	局部有粗粉砂岩
伪顶	灰黑色泥岩	0-0.5	3-6	
直接底	灰黑色泥岩或细粉砂岩	7.85	3-6	
老底	灰色石英砂岩	2.25	6-9	钙质胶结。

2 预裂爆破方案

2.1 定向预裂爆破切缝技术原理

切顶卸压自动成巷技术是基于“切顶短臂梁理论”的一项具有原始创新的先进技术,顶板定向预裂切缝是切顶卸压自动成巷的基础。利用岩石抗压怕拉的特性,通过使用聚能管实现了爆破后在两个设定方向上形成聚能流,并产生集体张拉应力。在工作面回采前,利用顶板预裂爆破技术,在回采巷道沿将要形成的采空区侧形成定向预裂缝,切断顶板应力传递路径。其原理如图所示2所示。

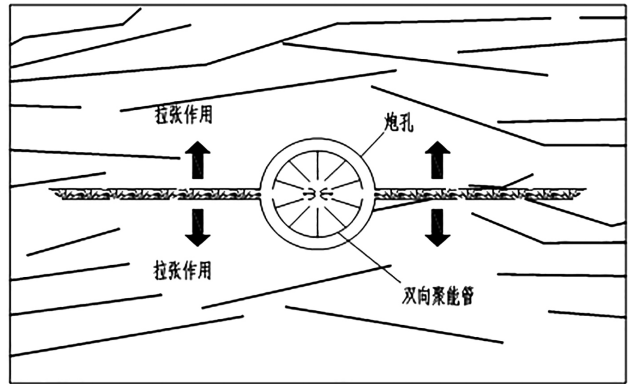


图2 聚能爆破拉张模型

利用顺序聚能管装药进行爆破,炸药爆炸后,冲击波首先作用于双向聚能管两端的聚能槽对应的孔壁上,使其产生初始裂缝。随后,在爆生气体的作用下,炮孔及孔壁周围形成静应力场,使炮孔径向受压应力作用。在聚能槽的引导作用下,爆生气体涌入冲击波作用产生初始微裂隙,产生气楔作用,由此在垂直初始裂隙方向产生拉张作用力,并出现应力集中。正是由于这部分集中拉张应力(X_0Y),以及对岩石“抗压怕拉”特性的充分利用,致使岩石沿预裂隙方向失稳、断裂,从而促进裂隙的进一步扩展、延伸。

2.2 定向切缝的关键参数

(一) 顶板定向预裂钻孔角度

根据采高 H_c 的不同,顶板定向预裂钻孔角度(β)根据顶板岩石力学参数、工作面顶板垮落步距等因素,按以下经验数据进行确定:

- ①当 $H_c \leq 1m$ 时, $\beta = 20^\circ$;
- ②当 $1m < H_c \leq 3m$ 时, $\beta = 15^\circ$;
- ③当 $3m < H_c \leq 5m$ 时, $\beta = 10^\circ$;

根据该工作面采煤高度为2.6m,放顶高度为3.1m,取切缝钻孔角度为 15° 。

(二) 顶板定向预裂钻孔深度

切顶预裂爆破钻孔深度与采高、顶板离层量以及底臃量等有关,可以通过预裂钻孔深度 H_k 临界设计公式如下:

$$H_k = (H_c - \Delta H_1 - \Delta H_2) / (k - 1)$$

式中 H_k —钻孔深度, m;

ΔH_1 —顶板下沉量, m;

ΔH_2 —底臃量, m;

k —碎胀系数, 一般取 1.3~1.5。

根据大阳煤矿直接顶为灰黑色泥岩, 本设计 k 暂取 1.4, 根据钻孔资料显示, 煤厚变化不大, 煤质坚硬, 不易发生顶板离层和底臃现象, 工作面采高取最大值 6m 时, $H_c = 15m$, 故将钻孔深度定位 15m。

(三) 顶板定向预裂钻孔间距

根据以往施工经验, 并保证最终的切缝效果, 炮孔间距暂定 0.5m, 通过钻孔窥视效果, 改变装药方式和钻孔间距。

(四) 顶板定向预裂钻孔布置方式

钻孔沿 3405 轨道顺槽顶板平行布置, 与水平方向成 75° (倾向采空区侧), 距工作面煤帮 0.2m, 间距 0.5m, 钻孔直径 $\varphi 48mm$, 深度 15m。断面图如图 3 所示。

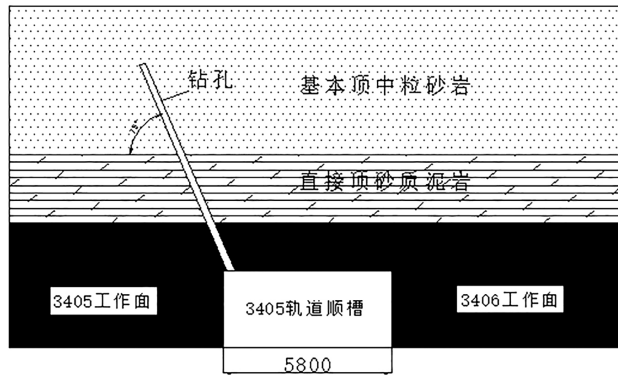


图3 定向预裂钻孔断面图

2.3 定向爆破方式和装药结构

(一) 爆破方式

装药方式可采用三孔连续装药隔一空孔、两孔连续装药隔一空孔、连续装药三种方式, 空孔作为窥视用孔, 根据窥视效果, 调整装药方式。装药方式图如图 4 所示。

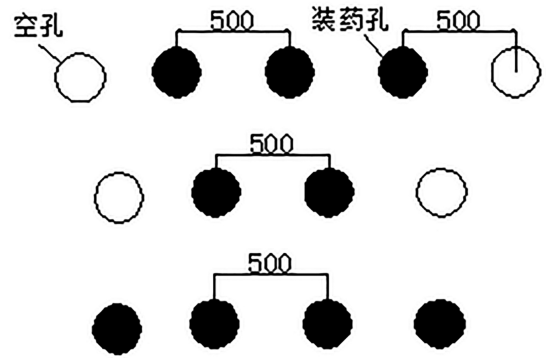


图4 装药方式图

(二) 装药结构及工艺

切顶卸压爆破采用不耦合装药, 炸药安装在聚能管内, 聚能管采用 $d-450/01$ 型聚能管, 长度 2m, 每孔安装 5 根聚能管, 聚能管用专用连接件连接, 每根聚能管内安装一个雷管, 最低端聚能管安装孔底连接件, 并安装加强药, 孔口水沙袋和炮泥封孔装药结构如图 5 所示。

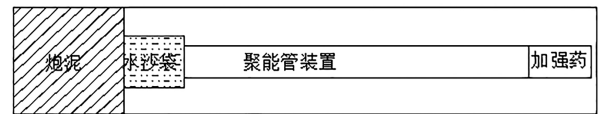


图5 装药结构图

3 爆破实施效果

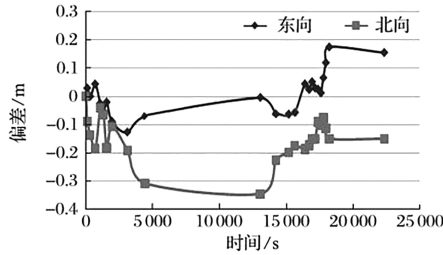
在现场应用中, 通过窥视仪观察, 发现若 3 个炮孔同时起爆, 爆生气体准静应力场在炮孔之间产生应力叠加效应, 炮孔间的拉张作用增加, 更易导致裂纹扩展。当相邻炮孔间距适当时, 裂缝将得以贯通, 形成光滑断裂面。

4 结论

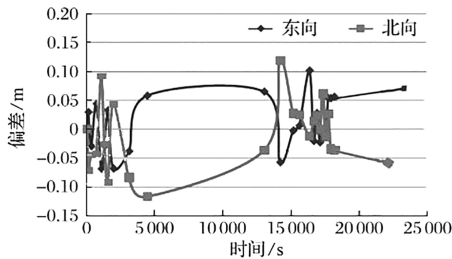
现场应用结果表明, 该技术不仅能按设计位置和方向对顶板进行预裂切缝, 而且使顶板按照设计高度沿切缝线切落, 解决了既能主动切顶, 又不破坏顶板的技术难题。

(下转第 19 页)

0.2m。零速修正技术介入时,误差偏移回归在 $\pm 0.1\text{m}$ 之间。



(a)惯导系统未进行零速修正法



(b)惯导系统进行零速修正法

图4 惯导系统偏差趋势图

4 结语

1)通过对悬臂式掘进机位姿及惯性导航技术的特点分析,惯导技术虽具有结构简单、测量精度高、

范围广的特点,但在低速、长时、短距离的井下作业时,存在精度差问题。加之悬臂式掘进机在作业中会出现侧滑、横摆、甩尾等情况,也会对悬臂式掘进机位姿测量产生误差。

2)零速修正技术是一种误差补偿的校正技术,可以有效消除惯性导航系统由于长时间作业而累积的误差。

3)根据大阳煤矿EBZ-160悬臂式掘进机的工业性试验,零速修正技术可将掘进机空载运动时的偏移误差控制在 $\pm 0.1\text{m}$ 以内;截割作业时的便宜误差控制在 0.15m 以内,较传统惯导系统的精确性提升明显。

参考文献:

- [1]黄日恒.悬臂式掘进机[M].徐州:中国矿业大学出版社,1996:22-65.
- [2]田原.悬臂式掘进机导航技术现状及其发展方向[J].工矿自动化,2017,43(8):37-43.
- [3]朱信平,李睿,高娟,等.基于全站仪的掘进机机身位姿参数测量方法[J].煤炭工程,2011,1(6):113-115.
- [4]陈哲.捷联惯性导航系统原理[M].北京:宇航出版社,1986.
- [5]卢志勇,杨先飞.零速校正在惯性导航系统中的仿真研究[J].应用科技,2009,36(6):45-48.

(上接第6页)

参考文献:

- [1]闫明辉.岩石定向爆破数值模拟及装药优化[D].沈阳:沈阳理工大学,2014.
- [2]郑炳旭.中国爆破新技术Ⅲ[M].北京:冶金工业出版社,2012:659-681.
- [3]国家安全生产监督管理总局.爆破安全规程:GB6722-2014[S].北京:中国标准出版社,2015.
- [4]罗勇,沈兆武.聚能爆破在岩石控制爆破中的研究[J].工程爆破,2005,11(3):3-17.
- [5]龚敏,王灿华,梁立勋,等.硬岩掘进中主要爆破参数的确定与作用[J].煤炭学报,2015,40(7):1526-1533
- [6]刘衍利,黎卫兵,黄星源.切顶卸压爆破技术在沿空

留巷中的应用[J].2016,45(6)132-133.

- [7]汤建泉,刘吉存,宋文军,王诗海,李伟涛.切顶卸压沿空留巷预裂切缝技术指标研究[J].煤炭技术,2017,36(06):174-176.
- [8]杨汉宏,薛二龙,罗文,宋立兵.神华集团切顶卸压自动成巷无煤柱开采技术的应用[J].煤炭科技,2015,(03):1-3.
- [9]杨相海,张杰,余学义.强制放顶爆破参数研究[J].西安科技大学学报,2010(03)287-290
- [10]陈上元,郭志飏,马资敏,等.城郊矿切顶聚能爆破参数优化研究[J].煤炭技术,2016,35(8):17-19.