

文章编号:0253-9993(2007)08-0827-05

低透气性突出煤层巷道快速掘进的试验研究

刘 健, 刘泽功, 石必明

(安徽理工大学 资源开发与管理工程系, 安徽 淮南 232001)

摘 要: 针对在低透气性突出煤层巷道掘进过程中, 煤与瓦斯突出综合检测指标经常超限, 掘进速度缓慢等问题, 提出了深孔预裂控制爆破和巷帮钻孔边抽边掘相结合的综合防突技术, 研究了深孔预裂控制爆破技术的作用机理, 阐述了深孔预裂控制爆破技术的工艺流程和巷帮钻孔的布置参数. 研究表明: 在低透气性突出煤层中采用深孔预裂控制爆破和巷帮钻孔边抽边掘相结合的防突措施, 可有效地消除激发突出的应力和煤体结构的不均匀性, 提高煤体强度和煤层透气性, 使巷帮钻孔瓦斯抽放量大幅度地提高, 增大了煤体抑制突出的阻力, 能有效地预防和消除在掘进过程中煤与瓦斯突出的危险性, 且提高巷道掘进速度3~4倍.

关键词: 低透气性突出煤层; 巷道掘进; 深孔预裂控制爆破; 边抽边掘

中图分类号: TD713 **文献标识码:** A

Study on the roadway excavation rapidly in the low permeability outburst coal seam

LIU Jian, LIU Ze-gong, SHI Bi-ming

(Department of Resources Exploitation and Management, Anhui University of Science and Technology, Huainan 232001, China)

Abstract: In view of during excavating the roadway in the low permeability outburst coal seam, the composite index of coal and gas outburst often went beyond and speed of excavation was very slow, the comprehensive outburst prevention technology with deep-hole pre-splitting-control blasting and joint excavation and gas drainage was put forward, and its mechanism was studied at length. At the same time expatiated process of deep-hole pre-splitting control blasting and layout parameters of hole in gateway. The experimental results show that while excavating the roadway in the low permeability outburst coal seam, the inspiring outburst stress and asymmetry of coal mass are eliminated, the coal strength, permeability and the resistance to outburst coal are increased and gas drainage volume is increased dramatically after the comprehensive outburst prevention measure is taken. The measure has a potential effect on preventing and eliminating coal and gas outburst while conducting roadway excavation, and the roadway driving speed is increased by 3~4 times.

Key words: low permeability outburst coal seam; roadway excavation; deep-hole pre-splitting control blasting; joint excavation and gas drainage

煤与瓦斯突出^[1]指煤矿地下采掘过程中, 在很短时间(数分钟)内, 从煤(岩)壁内部向采掘工作空间突然喷出煤(岩)和瓦斯并伴有声响和猛烈力能效应的动力现象, 它能摧毁井巷设施, 破坏矿井通

收稿日期: 2006-09-05 责任编辑: 毕永华

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(50534090); 国家自然科学基金面上项目(50674004); 安徽省教育厅自然科学基金项目(2006kj013B)

作者简介: 刘 健(1975-), 男, 江苏泰兴人, 讲师, 博士研究生. E-mail: jianliu0628@eyou.com

风系统,使井巷充满瓦斯和煤(岩)抛出物,造成人员窒息,煤流埋人,甚至可能引起瓦斯爆炸与火灾事故,导致生产中断等,因此它是煤矿最严重的灾害之一.据2003年统计结果表明^[2]:我国国有重点煤矿高瓦斯及突出矿井所占比重为45.97%,由于瓦斯事故死亡人数占总死亡人数的32.03%,其中煤与瓦斯突出和爆炸事故有60%以上发生在井下掘进工作面.因此,在低透气性突出煤层进行巷道掘进,瓦斯涌出量大,煤与瓦斯突出危险可能性大,极大地影响了巷道的掘进速度和矿井的安全生产.为此,针对低透气性突出煤层巷道掘进速度缓慢和煤与瓦斯突出可能性大等问题,本文提出了深孔预裂控制爆破技术与巷帮边抽边掘相结合的综合防突技术,该措施有利于提高煤层内瓦斯的抽放效果,使煤层瓦斯含量降低和提高煤体的坚固性系数;有利于消除由于煤质松软和地质构造引起的应力集中,使应力集中带前移,降低煤体瓦斯压力梯度和应力梯度,从而使煤巷掘进速度得到很大的提高,月进尺平均达到150 m左右,实现了安全快速掘进.

1 试验区概况

试验地点选择在潘三矿1261(3)运输巷,东至XI-XII勘探线,西至西一采区上山,南至-720 m C₁₃₋₁煤层底板等高线,北至1241(3)回风巷;北部1241(3)工作面已收作,南部胶带机大巷正在施工.1261(3)回风巷设计长度1342 m. C₁₃₋₁煤层厚2.47~3.8 m,平均厚度3.4 m,局部发现炭质泥岩夹矸(0.1~0.3 m),煤体为块-粉末状,半暗型破碎,煤层倾角6~32°,平均20°,同时受区域南北向构造应力作用,该区域内C₁₃₋₁煤层局部将有小面积的煤层底臃,并发育小断层,使煤层厚度产状发生不同程度的变化.老顶为泥岩,厚度为5.43 m;直接顶为砂质泥岩,厚度为5.45 m;直接底板为泥岩,厚度为5.74 m.煤层瓦斯含量12~15 m³/t,瓦斯压力3.7 MPa,煤体的坚固性系数为0.31,瓦斯放散初速度为7,属于煤与瓦斯突出煤层,并且煤层易自燃.

2 深孔预裂控制爆破技术的作用机理^[3]

深孔预裂控制爆破,即在无限介质中,炸药在炮孔内爆炸后,产生强冲击波和大量高温高压爆生气体,在控制孔的共同作用下,形成以炮孔为中心相互连通的裂隙网.由于爆炸压力远远超过介质的动态抗压强度,使炮孔周围一定范围内的介质被强烈压缩、粉碎,形成压缩粉碎区;在该区内有相当一部分爆破能量消耗在对介质的过度破碎上,然后冲击波透射到介质内部,以应力波形式向煤体内部传播.在应力波作用下,介质质点产生径向位移,在靠近压缩区的介质中产生径向压缩和切向拉伸.当切向拉伸应力超过介质的动态抗拉强度时会产生径向裂隙,并随应力波的传播而扩展.当应力波衰减到低于介质抗拉强度时,裂隙便停止扩展.在应力波向前传播的同时,爆生气体紧随其后迅速膨胀,进入由应力波产生的径向裂隙中;由于气体的尖劈作用,裂隙继续扩展.随着裂隙的不断扩展,爆生气体膨胀,气体压力迅速降低;当压力降到一定程度时,积蓄在介质中的弹性能就会释放出来,形成卸载波,并向炮孔中心方向传播,使介质内部产生环向裂隙(通常环向裂隙较少).径向裂隙和环向裂隙互相交叉而形成的区域称为裂隙区.当应力波进一步向前传播时,已经衰减到不足以使介质产生破坏,而只能使介质质点产生振动,以地震波的形式传播,直至消失.

应力波过后,爆生气体产生准静态应力场,并楔入空腔壁上已张开的裂隙中,在裂隙尖端产生应力集中,使裂隙进一步扩展.在裂隙扩展过程中,爆生气体首先进入张开宽度大、较平直、对气体楔入阻力大的大裂隙中,然后再进入与之沟通的小裂隙中,直到其压力降到不足以使裂隙继续扩展为止.爆生气体在煤体内产生的准静态应力随距炮孔中心距离的增加而衰减,因而在煤体内存在爆生气体应力梯度.在爆生气体压力驱动下,裂隙始终朝着压力(或应力)低的方向扩展,即向着远离炮孔的方向扩展.

炸药在煤体爆破孔内爆破后,将产生应力波和爆生气体,在爆破近区产生压缩粉碎区,形成爆炸空腔,煤体固体骨架发生变形破坏,在爆炸空腔壁上产生长度约为炮孔半径数倍的初始裂隙(不同于原生裂隙);此外,空腔壁上部分原生裂隙将会扩展、张开.在爆破中区,应力波过后,爆生气体产生准静态

应力场，并楔入空腔壁上已张开的裂隙中，与煤层中的高压瓦斯气体共同作用于裂隙面，在裂隙尖端产生应力集中，使裂隙进一步扩展，进而在爆破孔周围形成径向“之”字形交叉的裂隙网。在爆破远区，由于爆破孔附近存在辅助自由面 - 控制孔的作用，形成反射拉伸波，当拉伸波大于介质的抗拉强度时，使介质从自由面向里剥落。同时，反射拉伸波和径向裂隙尖端处的应力场相互叠加，促使径向裂隙和环向裂隙进一步扩展，大大增大裂隙区的范围。同时，原生裂隙中的瓦斯，由于爆炸应力场的扰动将作用于已产生的裂隙内，使裂隙进一步扩展。最后，在爆破孔周围形成包括压缩粉碎圈、径向裂隙和环向裂隙交错的裂隙圈及次生裂隙圈在内的较大的连通裂隙网，从而有利于消除煤体结构的不均匀，减小地应力，降低能量梯度，达到消突增透的效果。

3 深孔预裂控制爆破技术的工艺流程

3.1 布孔方式

掘进工作面迎头布置 3 个钻孔，如图 1 所示，其中爆破孔 2 个，控制孔 1 个，爆破孔与控制孔布置在同一水平，其布孔参数见表 1。

3.2 爆破工艺

(1) 打钻。根据现场条件，技术人员应准确确定钻机的位置和角度后打钻，记录钻孔长度，同时确定装药的长度。钻孔打好后，尽量使钻孔内煤渣排出，当钻杆拔后，立即探孔验证孔深，为防止垮孔，验孔完毕即装药，其装药参数见表 1。

(2) 装药方式。每个爆破孔使用特制专用药管进行装药并采用正向装药方式，其专用药管技术参数见表 2，控制孔不装药。

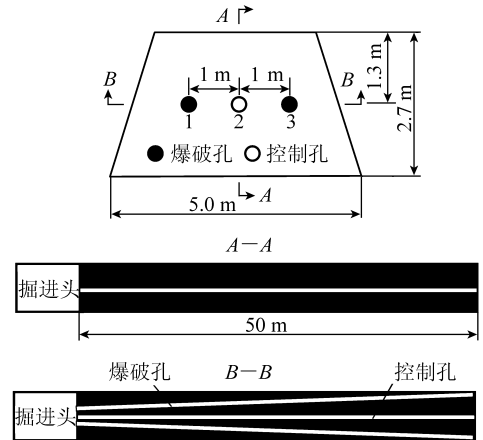


图 1 钻孔布置

Fig. 1 The borehole layout

表 1 深孔预裂控制爆破钻孔布置参数

Table 1 The borehole layout parameters of deep-hole pre-splitting control blasting

孔号	偏角 / (°)	孔深 /m	孔径 /mm	装药长度 /m	炸药量 /kg	封孔长度 /m
1	5	50	91	38	45.6	12
2	0	50	91	0	0	4
3	-5	50	91	38	45.6	12

表 2 深孔预裂控制爆破专用药管技术参数指标

Table 2 Specifications of dynamite pipes for deep-hole pre-splitting control blasting

参 数	指 标	参 数	指 标
密度/ $g \cdot cm^{-3}$	0.95 ~ 1.10	猛度/mm	≥ 10
装药直径/mm	42	殉爆/cm	≥ 3
爆速/ $m \cdot s^{-1}$	2 400 ~ 2 700	传爆长度/m	≥ 50
威力/mL	≥ 250		

(3) 封孔方式。装药完毕，随即采用专用封孔器将略潮的黄土进行封孔，压风风压为 0.4 ~ 0.6 MPa。封孔时应注意用麻袋片护住孔口，以免煤泥砂冲出伤人。

(4) 放炮前关闭进入该掘进工作面巷旁抽放系统总阀，防止爆破孔与抽放孔沟通破坏抽放系统。放炮后即打开抽放系统总阀进行抽放。

4 巷帮钻孔抽放瓦斯

巷帮走向钻孔抽放瓦斯的作用主要是对深孔预裂控制爆破技术的补充和加强，充分利用深孔预裂控制爆破对煤体产生的裂隙，提高煤层瓦斯抽放效果，降低煤层瓦斯含量，提高煤体的强度，更好地预防和消除煤与瓦斯突出危险性。为了尽可能利用深孔预裂控制爆破使煤体透气性增大的特点，增加本煤层卸压抽放瓦斯量，又尽可能减少钻孔工程量，在煤巷两帮分别布置钻场，钻场间距 60 m，钻场之间的压岔距离

为 20 m，每个钻场布置 4 个钻孔，如图 2 所示，钻孔布置参数见表 3。巷帮钻孔抽放系统的抽放负压为 18.6 kPa。

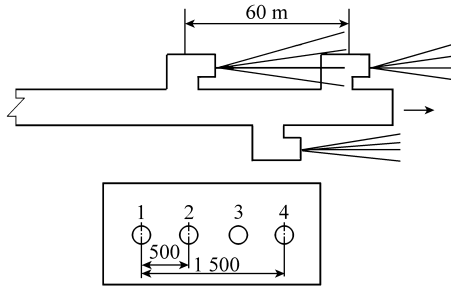


图 2 巷帮钻场及钻孔布置

Fig. 2 The schematic diagram of borehole layout in gateway

表 3 钻孔布置参数

Table 3 The borehole layout parameters

孔号	偏角 / (°)	孔深 /m	孔径 /mm	孔间距 /mm
1	-8	50	91	500
2	-5	50	91	500
3	0	50	91	500
4	5	50	91	500

5 结 论

(1) 解决了深孔预裂控制爆破过程中的装药难题、炸药的传爆和爆破孔、控制孔的快速封孔问题。查阅相关文献表明^[4,5]：在矿井实施深孔爆破技术的爆破孔长度一般为 8~10 m，装药过程中经常出现炸药装不进和炸药的传爆出现问题，有拒爆和拉爆现象；爆破中由于爆破孔封孔不严，导致爆破孔冲孔和工作面瓦斯浓度超限，同时由于爆破孔的炸药安全抵抗线小，容易诱导煤与瓦斯突出现象。而本文所采取的深孔预裂控制爆破技术爆破孔和控制孔的长度大于等于 50 m，并采用特殊的炸药和装药、封孔工艺，能够很好地解决装药和炸药的传爆难题，并且由于爆破孔的封孔长度很长（大于 10 m），从而保证了爆破孔中的炸药足够的安全抵抗线，有效地防止了爆破过程冲孔现象，进而防止了工作面放爆过程中瓦斯浓度超限，使工作面迎头瓦斯浓度与爆破前无大的变化，有效地防止和消除了煤与瓦斯突出的危险。

(2) 爆破后瓦斯抽放量比爆破前瓦斯抽放量有明显的提高。采用深孔预裂控制爆破和巷帮钻孔边抽边掘综合防突技术使掘进工作面前方煤体的瓦斯压力得到大幅度降低，煤体中的瓦斯能得到很大程度释放，煤体轴向地应力的峰值得到降低，应力集中带向前移动，增加了前方煤体的卸压带范围和透气性，使抽放钻孔处于卸压范围以内，有利于在抽放期间煤体瓦斯的抽放，爆破前后瓦斯抽放量效果对比见表 4。

表 4 爆破前、后瓦斯的抽放量

Table 4 The drill drainage volume with before and after blasting

m³/min

孔号	爆破前抽放时间/h					爆破后抽放时间/h				
	1	2	3	4	5	1	4	8	16	24
1	0.025	0.027	0.022	0.022	0.023	0.072	0.067	0.062	0.062	0.061
2	0.028	0.029	0.028	0.028	0.027	0.068	0.066	0.063	0.063	0.063
3	0.021	0.022	0.021	0.023	0.022	0.061	0.057	0.051	0.053	0.050
4	0.022	0.023	0.022	0.021	0.023	0.062	0.056	0.056	0.051	0.053

从表 4 可以看出：爆破后的钻孔瓦斯抽放量是爆破前的 2~3 倍，有效地预防了在掘进过程中瓦斯突然大量涌出的危险。

(3) 突出指标有了明显的下降。采用 R 、 K 值综合指标法相结合评价煤层的突出危险性。在掘进工作面迎头距离爆破孔上下 1 m 处打 2 个深 40 m 的效检孔，效检时钻孔钻进 10 m 以后，每隔 1 m 测量一次钻屑量 S ，然后留 1 m 测量室，用 WTY-3 型煤与瓦斯突出预测仪封孔，测定瓦斯涌出初速度 v ，根据钻孔的最大钻屑量和最大瓦斯涌出初速度计算 R 值， $R = (S_{\max} - 1.8)(v_{\max} - 4)$ ，其中， S_{\max} 为最大钻屑量，

L/m ; v_{\max} 为最大瓦斯涌出初速度, L/\min ; 并从现场采样经过实验室化验出煤样的坚固性系数 f 和瓦斯放散初速度 ΔP , 根据 $K = \Delta P/f$ 求出 K 值. 爆破前后突出指标效检值见表 5.

由表 5 结果可以得出: 由于深孔预裂控制爆破和巷旁钻孔边抽边掘综合防突技术的共同作用, 煤层瓦斯含量降低, 提高了煤体的强度, 瓦斯放散初速度、最大钻屑量、最大瓦斯涌出初速度大幅降低, 使煤与瓦斯突出综合指标值 R , K 处于正常值范围以内, 有效地预防和消除了掘进工作面煤与瓦斯突出危险的可能性.

(4) 生产效率得到了很大的提高. 采用深孔预裂控制爆破和巷帮钻孔边抽边掘综合防突技术以前, 该掘进工作面防突措施主要是超前钻孔排放瓦斯, 突出综合指标值经常超标, 巷道掘进速度缓慢, 月进尺 30~40 m, 采用该综合防突技术后, 大幅度降低了效检超标率, 巷道掘进速度提高了 3~4 倍, 月进尺 150 m 左右, 具有良好的经济效益和社会效益.

参考文献:

- [1] 俞启香. 矿井瓦斯防治 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1992. 66~121.
- [2] 袁亮. 松软低透煤层群瓦斯抽采理论与技术 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2004. 6~7.
- [3] 石必明. 低透气性煤层深孔预裂控制松动爆破防突作用分析 [J]. 建井技术, 2002, 23 (5): 27~30.
- [4] 余能俊, 何明川. 在严重突出区域的煤巷掘进中用深孔松动爆破替代超前钻孔防突的试验 [J]. 矿业安全与环保, 1999 (5): 21~22.
- [5] 魏光荣. 综采工作面深孔爆破强制放顶的应用 [J]. 煤炭工程, 2005 (7): 36~38.

煤炭项目将实行环保“一票否决”

国家发改委日前发布《煤炭工业节能减排工作意见》. 要求煤矿建设项目必须按国家有关规定进行节能减排评估和审查, 审核须满足环保要求, 实行环保“一票否决”.

国家统计局日前公布了备受关注的各地 2006 年单位 GDP 能耗降低率的情况, 只有北京完成既定目标. 这就意味着, 在“十一五”期间, 今后 4 年形势更为严峻. 作为节能减排的重头领域, 《意见》明确规定煤炭企业单位生产总值能耗比 2005 年下降 20%, 二氧化硫排放量控制在规定范围内, 原煤入洗率由 2005 年的 32% 提高到 50% 等硬指标.

国家发改委方面称, 今后煤矿要严格按照国家核准的建设规模进行设计, 能耗、排污总量指标将作为项目核准和开工建设的前置条件.

摘自“中国煤炭工业网”