

煤矿井下钻孔高能气体压裂增透技术试验

邹云辉*, 张小军, 钟勇林, 廖文德

(江西省安泰煤矿安全技术开发中心, 江西 南昌 330078; 江西省煤炭工业科学研究所, 江西 南昌 330078)

摘要:通过对高能气体压裂技术在煤矿井下现场试验过程中的煤层瓦斯流量衰减系数 α 、透气性系数 λ 、瓦斯含量、抽采钻孔有效抽采半径等变化规律, 综合研究、分析可知: 高能气体压裂技术可以适用于类似乐平涌山桥矿区赋存条件的煤层, 提高煤层透气性系数和瓦斯抽采率, 缩短预抽煤层时间, 防止煤与瓦斯突出事故的发生。

关键词: 高能气体压裂; 煤矿井下; 适用性

中图分类号: TD712

文献标志码: A

文章编号: 1672-9102(2018)02-0035-05

Technical Test of Fracturing and Enhancement of High Energy Gas in Underground Drilling in Coal Mine

Zou Yunhui, Zhang Xiaojun, Zhong Yonglin, Liao Wende

(Jiangxi Provincial Antai Mine Development Center of Safety Technology, Nanchang 330078, China;

Jiangxi Provincial Scientific Institute of Coal Industry, Nanchang 330078, China)

Abstract: Through the changes of coal seam gas flow attenuation coefficient α , permeability coefficient λ , gas content, effective extraction radius of drilling hole, etc., this paper makes a comprehensive research and analysis. It shows that the high energy gas fracturing technology can be applied to coal seams similar to the existing conditions in Leping Yongshanqiao mining area, improve the permeability coefficient and gas extraction rate of coal seams, shorten the pre-pumping coal seam time, and prevent coal and gas outburst accidents.

Keywords: high energy gas fracturing; underground coal mines; applicability

高能气体压裂技术已逐步在我国石油和天然气、煤层气(地面钻孔)开采中试验与推广成功, 目前已取得了较为满意的增产效果^[1-9]。高能气体压裂技术的造缝、致裂原理可以适用于煤矿井下低透气性煤层的致裂。本次试验以乐平涌山桥矿区沿沟煤矿为研究对象, 通过选择不同煤层, 改变不同的实验条件得到高能气体压裂后煤层的抽采半径、瓦斯流量衰减系数 α 、煤层透气性系数 λ 的变化规律以及瓦斯抽采效果^[10-12]。

1 高能气体压裂原理

高能气体压裂技术是集射孔和压裂于一体的射孔技术, 在射孔的同时对地层进行压裂, 形成多条裂缝, 增加煤层孔隙率, 改善煤层瓦斯导流能力。射孔弹在引爆的同时引燃推进剂(火药), 由于射孔弹的爆轰和推进剂的燃烧存在时间差, 所以射孔弹先在钻孔和煤层之间形成一个通道, 推进剂燃烧释放的高压气体随即对射孔孔道进行冲刷、压裂, 产生径向和轴向的裂缝, 并向多方扩展延伸, 在煤层孔道形成多向网状裂

收稿日期: 2018-04-23

基金项目: 江西省科技计划(重大)基金资助项目(20133ACG70009)

*通信作者, E-mail: 505501318@qq.com

缝,延伸射孔深度,增大煤层孔隙率,提高煤层透气性。

2 高能气体压裂技术的现场实验

2.1 实验矿区情况

江西煤业集团有限责任公司沿沟煤矿位于乐平涌山桥矿区内,沿沟煤矿矿区位于横洛-涌山向斜东北段,为一个不完整的向斜构造。向斜轴呈北东走向($N38^{\circ}\sim 54^{\circ}E$),自西向东逐渐向北偏转,略呈弧型,轴面上大部呈直立状态。向斜西北翼大部分被F8逆冲断层组切割破坏,主要煤层(下含煤组)仅保存在-400 m水平以下;向斜东南翼煤层保存完好。地层倾角一般在 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$,属急倾斜向斜构造,局部倒转,其变化规律:浅部岩层倾角较陡,往深部和向斜轴部渐转缓;下部煤层倾角较陡,往上部煤层倾角渐转缓。矿区内次一级的小型褶曲不发育。矿区内部影响较大的断层不多,主要有F₄,F₆,F₈,F₂₄,F₂₅,5条断层。矿区岩浆岩不发育,矿井构造复杂程度为中等。

沿沟煤矿属煤与瓦斯突出矿井,采用柔性掩护支架采煤法,炮采工艺,一次采全厚,落煤方式为爆破落煤,全部垮落法管理顶板。

2.2 现场实验及效果考察

本次实验地点选择在沿沟煤矿31采区-410 m七煤顶板巷(实验对象八₁煤)、31采区-340 m五煤顶板巷(实验对象七煤)。

2.2.1 沿沟煤矿31采区-410 m七煤顶板巷实验情况

1) 钻孔施工情况

31采区-410 m七煤顶板巷(也即为八₁煤底板巷,八₁煤尚未开采)开门点沿七煤与八₁煤之间细砂岩夹碳质页岩层位斜穿层掘进,开门点上距八₁煤30 m,下距七煤8.5 m。八₁煤倾角约 63° ,煤层厚度约1.45 m。本次实验从该巷道施工钻场,实验钻场迎头距八₁煤层垂距控制在6 m左右。爆破压裂孔垂直并穿透煤层施工,实验观测孔斜穿煤层施工,终孔间距以压裂爆破孔为基点分别控制在1.2,1.4,1.6,1.8 m,在爆破压裂孔周边共设置10个实验抽采孔,钻孔布置情况见图1。

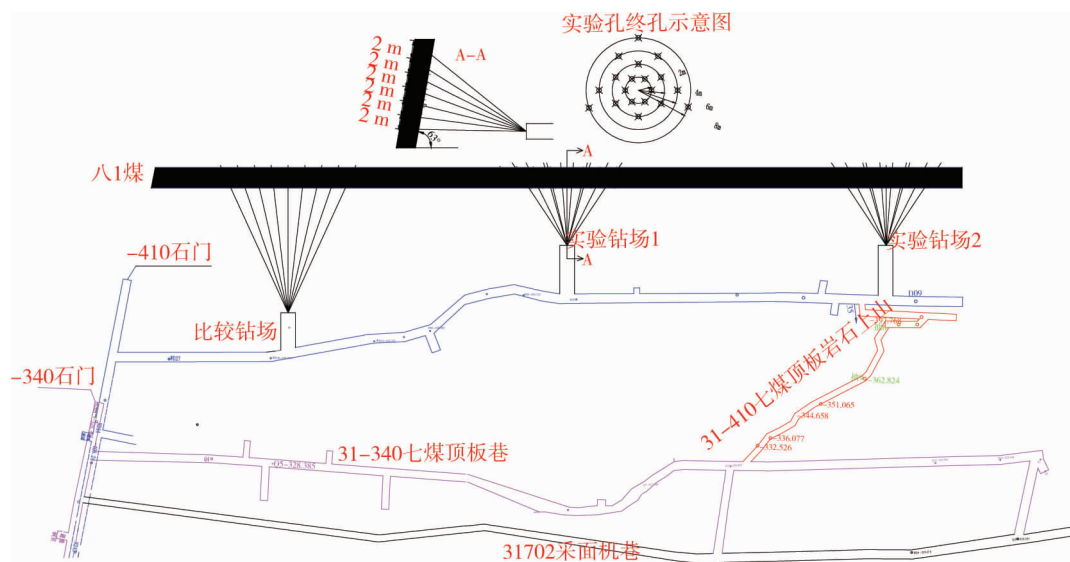


图1 试验孔布置

2) 爆破压裂后瓦斯流量考察

2016年6月29日开始对实验抽采孔进行了流量观测,每个考察孔取前15天的单日平均瓦斯流量进行分析,将观测到的数据绘制成曲线如图2~图4所示。

从图 2 和图 3 中可以看出,距离压裂孔壁 1.2 和 1.4 m 时,3 个观测孔观测到的流量曲线趋势近乎一致,这说明相邻两股聚能射流之间的相互影响较小,即说明聚能压裂过程中产生的裂缝以纵向裂缝为主,横向裂缝为辅,且横向裂缝的扩展范围较小.从图 4 中还可以看出,聚能射流在 1.8 m 范围之外压裂效果较差.

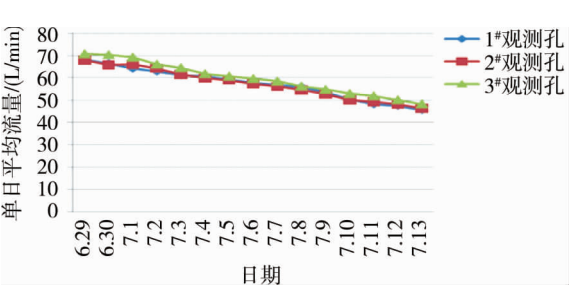


图 2 距离压裂孔壁 1.2 m 流量观测曲线

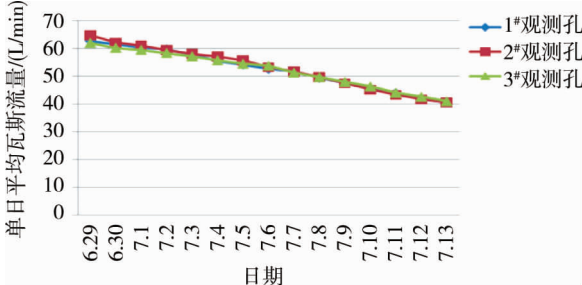


图 3 距离压裂孔壁 1.4 m 流量观测曲线

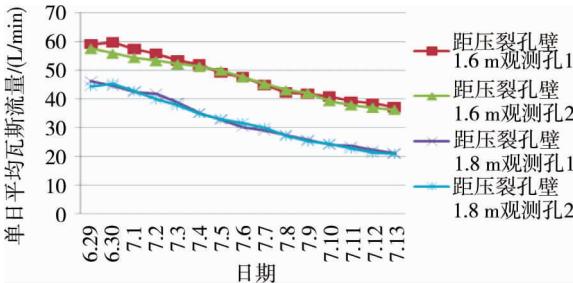


图 4 距离压裂孔壁 1.6,1.8 m 流量观测曲线

采用回归分析法得到了与压裂孔壁不同间距的抽采孔瓦斯流量衰减系数值,如表 1 所示.从表 1 中可以看出,随着抽采孔终孔与压裂孔壁间距的加大,瓦斯流量衰减系数值逐渐增大,且距离压裂孔壁 1.8 m 时流量衰减系数值变化显著.

表 1 各孔的瓦斯流量衰减系数值

间距	距离压裂孔壁 1.2 m			距离压裂孔壁 1.4 m			距离压裂孔壁 1.6 m		距离压裂孔壁 1.8 m	
	1#	2#	3#	1#	2#	3#	1#	2#	1#	2#
瓦斯流量衰减系数/ α	0.028	0.026	0.027	0.032	0.034	0.029	0.036	0.035	0.060	0.059

3)煤层残余瓦斯含量考察

2016 年 7 月 13 日在 31 采区-410 m 七煤顶板巷向八₁煤层施工穿层孔,测定未压裂和压裂后的煤层瓦斯含量,计算结果见表 2.从结果可以看出,未压裂八₁煤的残余瓦斯含量为压裂八₁煤的 1.19 倍.

表 2 煤层瓦斯含量直接法测定结果

测定地点	煤样重	井下解吸量	损失瓦斯量	煤样粉碎前脱气瓦	煤样粉碎后脱气	瓦斯含量	备注
煤层	量/g	/ (cm^3/g)	/ (cm^3/g)	斯量/ (cm^3/g)	瓦斯量/ (cm^3/g)	/ (m^3/t)	
31-410 七煤顶板巷未压裂的八 ₁ 煤层	347	0.95	1.19	2.85	2.32	7.31	/
31-410 七煤顶板巷压裂后的八 ₁ 煤层	338	1.06	0.89	1.70	2.50	6.15	/

2.2.2 沿沟煤矿 31 采区-340 m 五煤顶板巷实验情况

1) 钻孔施工情况

31 采区-340 m 五煤顶板巷介于五煤和七煤之间,上距七煤 53 m,下距五煤 10 m,五煤与七煤尚未开

采七煤倾角约 65°,平均厚度为 1.42 m.本次实验在爆破压裂孔周边共设置 14 个实验抽采孔.为比较压裂后的横向裂缝扩展情况,在距离压裂孔壁 1.1,1.3,1.5,1.7 m 的位置各布置 3 个(如图 5 所示)观测孔,距离压裂孔壁 1.9 m 布置 2 个.

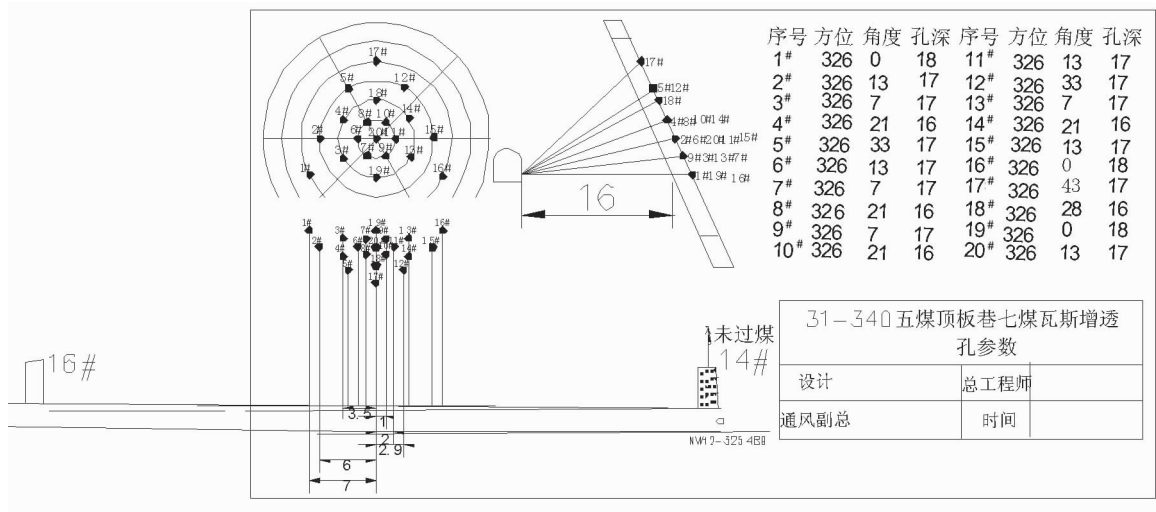


图 5 31 采区-340 m 五煤顶板巷七煤钻孔布置

2) 爆破压裂后瓦斯流量考察

2016 年 7 月 23 日开始对实验抽采孔进行了流量观测,每个考察孔取前 15 d 的单日平均瓦斯流量进行分析,将观测到的数据绘制成曲线如图 6 所示.

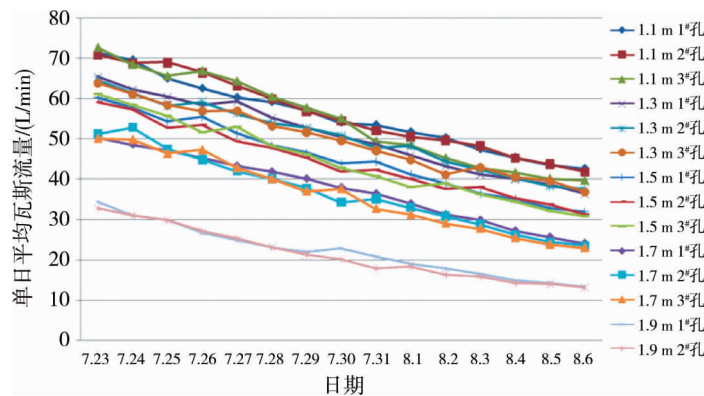


图 6 31 采区-340 m 七煤实验钻场抽采孔流量观测曲线

从图 6 中可以看出,距离压裂孔壁 1.1,1.3,1.5,1.7 m 的各 3 个流量孔观测到的流量数据曲线趋势近乎一致,这说明相邻聚能射流相互影响较小,形成的横向裂隙范围较窄.距离压裂孔壁 1.7 m 开始,其单日平均瓦斯流量下降显著,这也进一步说明聚能射流压裂半径应在 1.7 m 范围之内.

采用回归分析法得到了与压裂孔壁不同间距的抽采孔瓦斯流量衰减系数值,如表 3 所示.从结果可以看出,距离压裂孔壁 1.7 m 时流量衰减系数值开始变化较显著.

表 3 各孔的瓦斯流量衰减系数值

间距	距离压裂孔壁 1.1 m			距离压裂孔壁 1.3 m			距离压裂孔壁 1.5 m			距离压裂孔壁 1.7 m			距离压裂孔壁 1.9 m	
	1#	2#	3#	1#	2#	3#	1#	2#	3#	1#	2#	3#	1#	2#
瓦斯流量衰减系数 α	0.036	0.039	0.047	0.042	0.039	0.040	0.046	0.044	0.049	0.053	0.058	0.060	0.065	0.068

3 结论

1) 高能气体压裂利用聚能射孔弹之发射药和推进剂在钻孔中爆炸、燃烧所产生的高温、高压气体(含爆炸后聚能罩所形成的金属射流)对煤层实施脉冲加载,压裂钻孔壁并渗入钻孔周围的煤岩体,形成多条辐射状裂缝,并与天然裂缝相沟通,从而能有效地改善钻孔附近煤、岩层的渗透性.高能气体压裂技术与水力压裂和普通爆破压裂相比有着本质的区别,能够适应于煤层的致裂.

2) 高能气体压裂技术可以适用于类似乐平涌山桥矿区赋存条件的煤层,提高煤层透气性系数和瓦斯抽采率,缩短预抽煤层时间,防止煤与瓦斯突出事故的发生.

3) 本次试验地点选取乐平矿务局涌山桥矿区,各煤层的物理力学性质相似,仅是初步的研究性试验,后续研究仍需针对不同煤层、不同地质条件的其他矿区进行,以获取更多的试验数据.

参考文献:

- [1] 伊向艺,雷群,丁云宏,等.煤层气压裂技术及应用[M].北京:石油工业出版社,2012.
- [2] 罗勇.复合射孔技术在煤层致裂中的实验研究[J].岩土工程技术,2005,19(2):257-261.
- [3] 汪修全.低透气性煤层复合射孔技术提高瓦斯抽采率及研究[D].淮南:安徽理工大学,2016.
- [4] 丁洋.低透气性煤层深孔预裂爆破增透抽采瓦斯技术研究[D].西安:西安科技大学,2013.
- [5] 王固态,刘振华,李云珍,等.提高煤层瓦斯抽放率的高能气体致裂技术研究[J].火炸药学报,2000,23(4):67-533.
- [6] 李希胜.煤层深孔聚能爆破致裂增透技术在生产中的应用[J].中小企业管理与科技(上旬刊),2015(2):113-114.
- [7] 蒋林宏,王敕邦,张梅.国内外高能气体压裂技术的运用概况及独特优势[J].石油化工应用,2016,35(3):6-9.
- [8] 李辉.深孔松动爆破卸压增透技术研究[J].能源与环保,2017,39(3):137-142.
- [9] 杨鑫.复合射孔煤层增透技术研究[D].廊坊:华北科技学院,2015.
- [10] 俞启香,程远平.矿井瓦斯防治[M].徐州:中国矿业大学出版社,1992.
- [11] 林柏泉,张建国.矿井瓦斯抽放理论与技术[M].徐州:中国矿业大学出版社,1996.
- [12] 程五一,张序明,吴福昌.煤与瓦斯突出区域预测理论及技术[M].北京:煤炭工业出版社,2005.