

渗透剂溶液水锁效应对瓦斯解吸影响实验研究

张国华^{1,2}, 梁冰², 侯凤才¹, 毕业武¹

1. 黑龙江科技学院安全工程学院, 哈尔滨 150027

2. 辽宁工程技术大学资源与环境工程学院, 辽宁阜新 123000

摘要 针对回采工作面瓦斯超限问题, 利用自主研发的外液侵入条件下瓦斯解吸实验装置, 开展了有、无渗透剂溶液侵入条件下的瓦斯解吸对比实验, 获得了相关实验数据和瓦斯解吸曲线, 据此分析了外液侵入对瓦斯解吸的影响。结果表明, 无论有无外液侵入, 含瓦斯煤体所处的瓦斯压力水平越高, 其瓦斯自然解吸量越大, 瓦斯解吸主要集中在前 1h 内; 在外液侵入后, 能够在含瓦斯煤体中产生水锁效应, 从而降低瓦斯的释放量并延缓瓦斯的释放速度; 利用水锁效应防止工作面瓦斯超限具有可行性, 可结合实际通过煤层注液和落煤过程中喷洒渗透剂溶液两种途径予以实施。

关键词 瓦斯超限; 瓦斯解吸; 渗透剂溶液; 水锁

中图分类号 TD712.54

文献标识码 A

doi 10.3981/j.issn.1000-7857.2011.22.005

Impact of Penetrant Solution Water Lock Effect on Gas Desorption

ZHANG Guohua^{1,2}, LIANG Bing², HOU Fengcai¹, BI Yewu¹

1. College of Safety Engineering, Heilongjiang Science and Technology Institute, Harbin 150027, China

2. College of Resource & Environment Engineering, Liaoning Engineering Technical University, Fuxin 123000, Liaoning Province, China

Abstract For the question of gas exceeding limit on the coal face, the gas desorption experimental measuring device under external solution invasion is used; and the device is the result of independent research and development. Under the conditions of external solution invasion and no external solution invasion, gas desorption comparative experiments are carried out, the experiment data and curve of gas desorption are obtained, and the influence of external solution invasion upon gas desorption is analyzed. The results show that whether or not there is the external solution invasion, the higher gas pressure of coal with gas is, the larger gas natural desorption quantity is, and gas desorption is mainly concentrated on first 1h; after external solution invades, water lock effect on the coal with gas could be produced, therefore gas desorption quantity is reduced and gas release speed is slow down. Preventing gas from exceeding limit on a coal face by using water lock effect is feasible, it could be implemented through two solutions, that is, coal bed infuse solution and spraying permeable agent solution during the coal mining.

Keywords gas exceeding limit; gas desorption; penetrant solution; water lock

0 引言

针对高瓦斯煤层和高瓦斯工作面回采, 为了保证其回采过程中的生产安全, 通常对预采煤体采取瓦斯抽采技术措施, 以此来降低含瓦斯煤体的瓦斯压力与瓦斯含量。由于瓦斯抽采需要足够的时间才能够将瓦斯压力与含量降到安全

值以下, 在一定程度上限制了工作面正常生产能力的发挥, 而且由于瓦斯抽采所需时间难以保证, 往往又会导致实施抽采后的煤体在回采过程中仍然存在工作面瓦斯超限现象。

从根本上来说, 工作面瓦斯超限是由于单位时间内从煤体(包括未采煤体、采落煤体、采空区余煤)向工作面空间涌

收稿日期: 2011-04-06; 修回日期: 2011-07-12

基金项目: 国家重点基础研究发展计划(973 计划)项目(2011CB201206-2)

作者简介: 张国华, 教授, 研究方向为瓦斯灾害防治与瓦斯资源开采, 电子邮箱: zgh710828131@163.com

入的瓦斯量,超过了利用正常通风进行外排的速度而引起的,因此在工作面风量不变的条件下,防止瓦斯超限的关键是如何降低单位时间内由煤体涌出的瓦斯量。此时,水锁便成为其可取的途径之一^[1]。

目前,尚未见国内外对该问题研究的文献资料,为了探讨水锁对含瓦斯煤体中瓦斯解吸与释放的影响,笔者通过实验对其规律进行了研究,以期为工作面瓦斯超限灾害防治提供参考。

1 水锁的机理

“水锁”一词源于石油与天然气开采界,其含义是指为了增加储层的透气性,在采取水力压裂增透过程中,由于储层的毛细作用,致使外液在孔隙通道中形成毛细管阻力,从而堵塞了流体流动通道,降低了流体资源的开采效率,于是对储层造成了损害。该问题的破解是石油与天然气开采界研究的热点之一^[2-8]。

然而,水锁对孔隙通道的堵塞与对孔中流体资源运移的延缓作用,若从降低含瓦斯煤单位时间内瓦斯解吸量,延缓瓦斯释放速度的角度出发加以利用,无疑对防止工作面瓦斯超限具有十分重要的意义。

2 实验方法与实验过程

2.1 实验方法

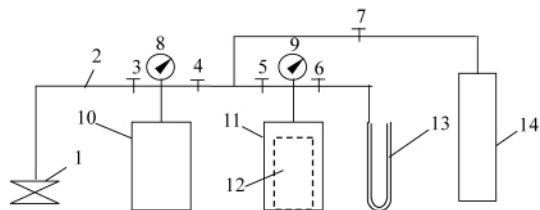
相对于含瓦斯煤体中的瓦斯而言,水锁的形成是在外液后置侵入的条件下产生的。为探讨后置外液侵入后对瓦斯解吸的影响,需对同一含瓦斯煤在自然环境条件下的自然解吸测定和有外液侵入后的自然解吸测定实验进行对比分析。

结合工作面落煤后含瓦斯煤体所处的环境状态,实验过程应满足3个条件:(1)含瓦斯煤体必须是处于吸附平衡状态的煤体;(2)外液的侵入相对于煤体中所含的瓦斯而言,一定要保证隶属于后置侵入;(3)由于工作面上的煤体暴露于空气之中,瓦斯从煤体中向外释放时所处环境压力与大气压力相当,因此在实验过程中要保证含瓦斯煤体处于大气环境压力或近大气环境压力条件下。

依据以上3个条件,笔者自主研发设计了外液侵入条件下瓦斯解吸实验测定装置,其整体构成如图1所示。主要由真空泵、高压连接软管、控制阀、压力表、参照缸、样品缸、内置外液联动装置、压差计、气瓶等构成。

对于条件(1),参照煤高压等温吸附实验(GB/T 19560—2008)中高压容量法的实验过程^[9],利用该系统很容易实现。

对于条件(2),需要利用内置外液联动装置(图2)实现。内置外液联动装置由装液缸、均布扩散器、托架组成,利用液体自重并通过倾斜实现自动外液侵入。其原理如下:在装液缸1中装入事先配置好的外液,在煤样瓶5中装入实验煤样,并按图2的形式将煤样瓶放在托架下部,在托架中部放置均布扩散器2,在托架上部放置装液缸1,然后将整个内置



1—真空泵,2—高压连接软管,3—7—控制阀,8、9—压力表,10—参照缸,11—样品缸,12—内置外液联动装置,13—压差计,14—气瓶

图1 外液侵入条件下水锁实验装置

Fig. 1 Water lock experimental device under the conditions of external liquid invasion

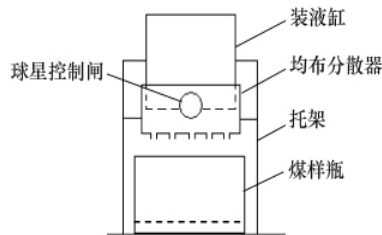


图2 内置外液联动装置

Fig. 2 Internal settings external liquid linkage device

外液联动装置放在样品缸内。在实验过程中,当需要使外液侵入含瓦斯煤体时,只要使内置外液联动装置连同样品缸一起倾斜一个角度,球形控制阀门3便会自动打开,外液就会沿着装液缸底部的孔进入均布分散器2的内部,然后通过均布分散器底部更小的孔均匀地淋洒在煤样上,从而实现外液的侵入。

对于条件(3),在实验过程中只需定时打开控制阀6,与外界相通并达到外界压力,然后再连接压差计进行测定,即可实现,详细参见实验操作过程中的(4)。

2.2 实验操作过程

利用该实验装置进行外液侵入条件下瓦斯解吸实验研究,其基本操作过程如下。

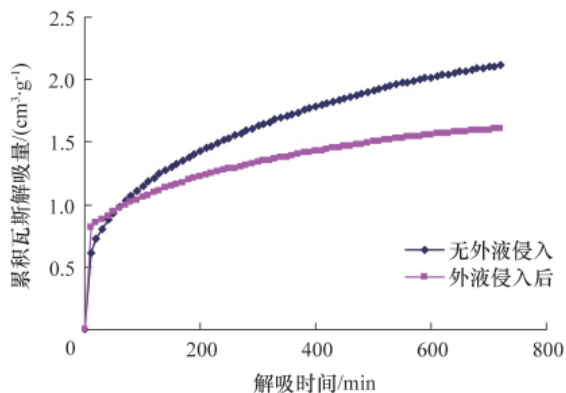
(1) 实验样品制备。实验样品主要包括煤样和外液两部分,本实验煤样取自黑龙江龙煤控股集团七台河分公司桃山煤矿一采区85#层高瓦斯回采工作面,为了尽可能保留煤样中原始的裂隙与孔隙,煤样粒度选用20—30mm,同时为了使效果更加明显,实验中采用质量为2kg的大剂量煤样。外液则采用浓度为0.025%辛醇聚氧乙烯醚渗透剂溶液,在实验过程中其用量为500mL。

(2) 将整个内置外液联动装置按图2连接后,将外液、煤样等装入相应的容器内,整体置入样品缸内,而后按图1进行系统连接,并检查系统的气密性,以确保实验在密闭条件下进行。

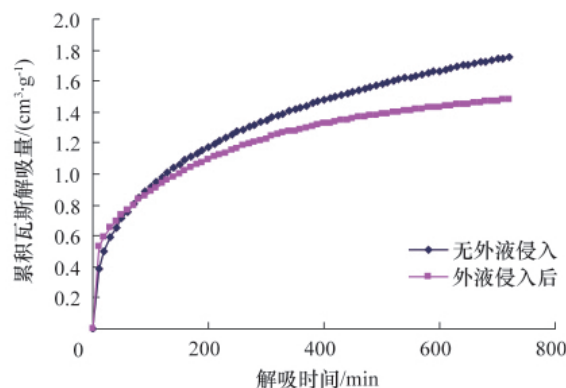
(3) 参照煤高压等温吸附实验(GB/T 19560—2008)中高

依据实验所获得的数据,可绘制出无外液侵入条件下自然解吸和外液侵入后自然解吸在不同瓦斯压力水平时瓦斯累积解吸量对比曲线(如图3所示),以及无外液侵入条件下

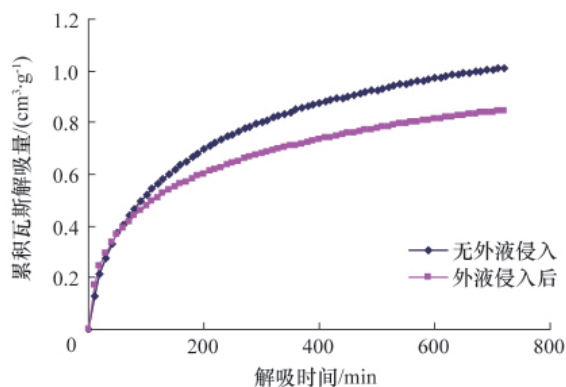
在不同瓦斯压力水平时瓦斯累积解吸量对比曲线(如图4所示)和外液侵入后在不同瓦斯压力水平时瓦斯累积解吸量对比曲线(如图5所示)。



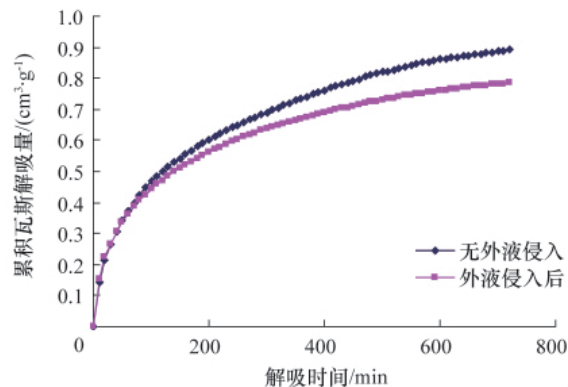
(a) $P_c=2.0\text{MPa}$



(b) $P_c=1.5\text{MPa}$



(c) $P_c=1.0\text{MPa}$



(d) $P_c=0.5\text{MPa}$

图3 不同压力水平时瓦斯累积解吸量对比曲线

Fig. 3 Gas cumulative desorption quantity contrast curve under deferent presure

3.2 结果分析

(1) 从各变化曲线来看,无论有无外液侵入,含瓦斯煤在自然状态下的瓦斯累积解吸量均随着时间的延长而增加,而

快速解吸则集中在前1h之内,而后缓慢增加。

(2) 从图4和图5可以看出,含瓦斯煤所处的瓦斯压力水平越高,瓦斯累积解吸量相对越大。

(3) 由图3可以看出,在有外液侵入后,整体上均不同程

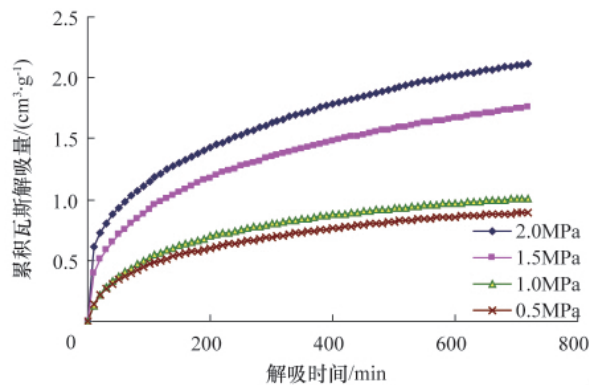


图4 无外液侵入瓦斯累积解吸量对比曲线

Fig. 4 Contrast curve of gas cumulative desorption quantity under the condition of no external solution invasion

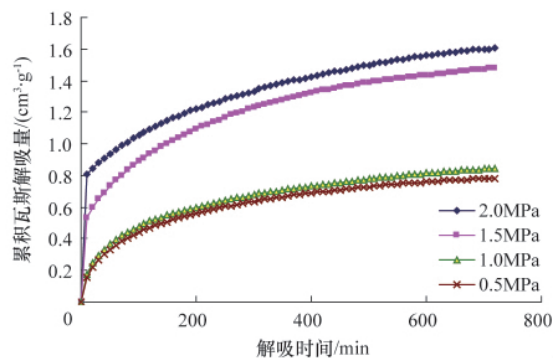


图5 有外液侵入瓦斯累积解吸量对比曲线

Fig. 5 Contrast curve of gas cumulative desorption quantity under the condition of external solution invasion

度地降低了瓦斯的解吸量,表明水锁的形成与存在,正是由于水锁的形成与存在才使瓦斯解吸量降低。同时由表中数据变化来看,在前 1h 以内,从 2.0MPa 至 0.5MPa 压力水平,其瓦斯累积解吸量降低幅度由 2.1%降到 2.6%;在 12h 时,对于 4 个不同压力水平,其瓦斯累积解吸量的降低幅度分别为 24.3%、15.7%、16.6%和 12.1%。表明含瓦斯压力水平越高,其降低幅度越大。

(4) 由表中实验数据来看,在各压力水平时,1h 内均出现有外液侵入条件下瓦斯累积解吸量大于无外液侵入条件下瓦斯累积解吸量的现象。表明在有外液侵入时短时间内有促进瓦斯解吸现象的发生,即存在短期的液置气现象,且液置气的表现程度随着压力水平的增高而越发明显。

4 指导意义

结合工程实际,在含瓦斯压力较高时,一般均会对预采煤体采取瓦斯抽放措施,使瓦斯压力降低到一定的压力水平后进行正常回采,在该条件下,若工作面落煤过程中仍然存在瓦斯超限现象,则可以采取两种措施予以防范:一是对于预采煤体而言,可以在瓦斯抽采的后期,利用原部分抽采孔注液,另外一部分孔实施继续抽采,以便缓解液置气现象带来的负面影响,同时有利于水锁的形成;二是对于工作面落煤和采空区余煤而言,可以向其喷洒渗透剂溶液,利用其水锁效应降低瓦斯的涌出量并延缓瓦斯的涌出释放速度,从而在时间上为利用正常通风排放瓦斯提供便利条件。

对于后者,虽然在喷洒渗透剂溶液过程中存在液置气并导致瞬间瓦斯解吸量增加,但由于喷洒溶液只是在局部进行,不足以导致工作面瓦斯整体超限。

5 结论

通过实验研究,获得结论如下。

(1) 无论有无外液侵入,含瓦斯煤体所处的瓦斯压力水平越高其瓦斯自然解吸量越大,且其瓦斯解吸主要集中在前 1h 内。

(2) 对含瓦斯煤体而言,在外液侵入后,能够在含瓦斯煤体中产生水锁效应,从而降低瓦斯的释放量并延缓瓦斯的释放速度,但在初期存在液置气现象。

(3) 利用水锁效应来防止工作面瓦斯超限具有可行性,可结合实际情况分别采取煤层注液和落煤喷洒渗透剂溶液予以防治。

参考文献 (References)

- [1] 张国华, 鲁婷, 梁冰, 等. 基于水锁机理的瓦斯超限防治理论 [J]. 黑龙江科技学院学报, 2010, 20(2): 103-106.
Zhang Guohua, Lu Ting, Liang Bing, et al. *Journal of Heilongjiang Institute of Science and Technology*, 2010, 20(2): 103-106.
- [2] 钟新荣, 黄雷, 王利华. 低渗透气藏水锁效应研究进展[J]. 特种油气藏, 2008, 15(6): 12-15.
Zhong Xinrong, Huang Lei, Wang Lihua. *Special Oil & Gas Reservoirs*, 2008, 15(6): 12-15.
- [3] 周小平, 孙雷, 陈朝刚. 低渗透气藏水锁效应研究 [J]. 特种油气藏, 2005, 12(5): 52-54.
Zhou Xiaoping, Sun Lei, Chen Chaogang. *Special Oil & Gas Reservoirs*, 2005, 12(5): 52-54.
- [4] 杨春虎, 姚建, 田冬梅, 等. 表面活性剂影响煤体瓦斯吸附解吸性能的实验研究[J]. 煤矿安全, 2009(5): 4-8.
Yang Chunhu, Yao Jian, Tian Dongmei, et al. *Safety in Coal Mines*, 2009 (5): 4-8.
- [5] 疏壮志, 杜志敏, 刘建仪, 等. 碳酸盐裂缝性水驱气藏水锁实验研究[J]. 天然气工业, 2004, 24(6): 89-92.
Su Zhuangzhi, Du Zhimin, Liu Jianyi, et al. *Natural Gas Industry*, 2004, 24(6): 89-92.
- [6] 阎荣辉, 唐洪明, 李皋, 等. 地层水锁损害的热处理研究 [J]. 西南石油学院学报, 2003, 25(6): 16-18.
Yan Ronghui, Tang Hongming, Li Gao, et al. *Journal of Southwest Petroleum Institute*, 2003, 25(6): 16-18.
- [7] 雷茹, 任晓娟. 低渗透砂岩气藏水锁伤害方式对比实验研究 [J]. 岩性油气藏, 2008, 20(3): 124-127.
Lei Ru, Ren Xiaojuan. *Lithologic Reservoirs*, 2008, 20(3): 124-127.
- [8] 尚万宁, 张耀刚, 李治, 等. 气井储层水锁效应解除措施应用 [J]. 天然气工业, 2008, 28(5): 89-90.
Shang Wanning, Zhang Yaogang, Li Zhi, et al. *Natural Gas Industry*, 2008, 28(5): 89-90.
- [9] GB/T 19560—2008 煤的高压等温吸附试验方法[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.
GB/T 19560—2008 Isothermal adsorption experimental methods under high pressure of coal[S]. Beijing: Standards Press of China, 2008.
- [10] 马东民. 煤层气吸附解吸机理研究[D]. 西安: 西安科技大学, 2008.
Ma Dongmin. Research on the adsorption and desorption mechanism of coalbed methane[D]. Xi'an: Xi'an University of Science and Technology, 2008.

(责任编辑 代丽)

《科技导报》“研究论文”栏目征稿

“研究论文”栏目专门发表自然科学、工程技术领域具有创新性的研究论文,要求学术价值显著、实验数据完整、具有原始性和创造性,同时应重点突出、文字精炼、引证及数据准确、图表清晰,并附中、英文摘要以及作者姓名、所在单位、通信地址、关键词等信息。在线投稿:www.kjdb.org。