

基于低临界值的瓦斯动力现象分析

白新华^{1,2}, 孙明闯², 吴财芳¹, 耿 仪², 史小卫²

(1. 中国矿业大学 资源与地球科学学院 煤层气资源与成藏过程教育部重点实验室, 江苏 徐州 221008;

2. 河南省煤层气开发利用有限公司, 河南 郑州 450016)

摘 要: 为更好地预防低临界值瓦斯动力现象给煤矿安全生产带来的危害, 通过对豫西三软煤田地区瓦斯地质条件, 瓦斯含量、瓦斯压力及其梯度的统计分析, 结合综合能量假说的分析论证方法, 对低临界值瓦斯动力现象进行了研究。结果表明, 煤层松软, 煤体坚固性系数小时, 瓦斯含量低、瓦斯压力小仍然易发生瓦斯动力现象。

关键词: 瓦斯动力现象; 瓦斯含量; 瓦斯压力梯度; 三软煤层

中图分类号: TD713 文献标志码: A 文章编号: 0253-2336(2011)12-0048-03

Analysis on Gas Dynamic Phenomenon Based on Low Critical Value

BAI Xin-hua^{1,2}, SUN Ming-chuang², WU Cai-fang¹, GENG Yi², SHI Xiao-wei²

(1. MOE Key Lab of Coal Bed Methane Resources and Deposit Process, School of Resources and Geosciences, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China; 2. Henan Provincial Coal Bed Methane Development and Utilization Corporation Ltd., Zhengzhou 450016, China)

Abstract: In order to better prevent the low critical value gas dynamic phenomenon causing a danger to the mine safety production, with the statistic analysis on the gas content, gas pressure and gas pressure gradient under the gas geological conditions in the three soft coal field of Yuxi Area, in combination with the analysis proof method of the comprehensive energy presupposition, a study was conducted on the dynamic phenomenon of the low critical value gas. The results showed that when the seam was soft and the coal ruggedness coefficient was low, the seam with low gas content and low gas pressure also would be easy to occur the gas dynamic phenomenon.

Key words: gas dynamic phenomenon; gas content; gas pressure gradient; seam with soft roof, soft coal and soft floor

瓦斯动力现象对矿井安全生产造成的危害巨大, 相关法律法规、行业标准等明确规定瓦斯压力 0.74 MPa, 瓦斯含量 $8 \text{ m}^3/\text{t}$ 作为瓦斯动力现象发生的临界值^[1-2]。然而实际生产中, 低临界值突出时有发生, 由于对低临界值瓦斯动力现象防范意识薄弱、措施不到位, 未严格按照“四位一体”综合措施防治瓦斯灾害, 使得低临界值瓦斯动力现象给矿井安全生产造成了更加严重的危害, 例如豫西三软煤田时常发生低临界值瓦斯动力现象, 其他矿区也有类似现象发生, 如山西屯兰矿瓦斯事故等。因此研究低临界值瓦斯动力现象, 提高对低临界值瓦斯动力现象的认识, 从而加强防范措施, 对保证

矿井安全生产具有深远意义。

1 低临界值瓦斯动力现象

矿井中有瓦斯参与且有动力效应显现的现象称为瓦斯动力现象, 国内的瓦斯动力现象分为煤的突然倾出、煤的突然压出、煤与瓦斯突出、岩石与瓦斯突出、瓦斯喷出 5 类^[3]。瓦斯动力现象发生前大多有无声、有声预兆, 或单一, 或综合。瓦斯动力现象过程一般较剧烈, 破坏性大, 若引发瓦斯爆炸或煤尘爆炸, 后果更加严重。对瓦斯动力现象原因的分析, 目前有瓦斯为主假说、地压为主导假说、化学本质假说、综合假说等。

收稿日期: 2011-09-20; 责任编辑: 代艳玲

基金项目: 国家科技重大专项资助项目 (2011ZX05034); 国家自然科学基金重点资助项目 (40730422); 国家自然科学基金青年科学基金资助项目 (40802032)

作者简介: 白新华 (1982—), 男, 河南叶县人, 工程师, 博士研究生。Tel: 0371-55650137, E-mail: bxh0375@126.com

网络出版时间: 2011-12-19 16:53; 网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.2402.TD.20111219.1653.010.html>

引用格式: 白新华, 孙明闯, 吴财芳, 等. 基于低临界值的瓦斯动力现象分析 [J]. 煤炭科学技术, 2011, 39 (12): 48-50.

国家相关部门对瓦斯动力现象的认定、突出矿井鉴定、工作面防突措施效果评价等方面出台了《防治煤与瓦斯突出规定》《煤与瓦斯突出矿井鉴定规范》《预抽回采工作面煤层瓦斯防治煤与瓦斯突出措施效果评价方法》等文件，明确了瓦斯压力 0.74 MPa，瓦斯含量 $8 \text{ m}^3/\text{t}$ 为瓦斯动力现象发生的临界值。

许多科研工作者在预测瓦斯动力现象及防治其危害上取得了显著成效，对瓦斯压力和含量的临界值上给予了充分佐证。由于煤层本身的非均质性，同一地质区域内，煤层厚度、煤体结构、瓦斯含量和压力变化差异大，瓦斯赋存分布不均、煤层所在处的地应力、构造应力、地质构造分布等差异形成了瓦斯动力现象的差异，出现了低瓦斯压力、低瓦斯含量情况下的瓦斯动力现象^[4]。如豫西以顶板软、煤层软、底板软成为典型的煤与瓦斯突出煤田，其构造区域位于华北板块南缘豫西强变形带，滑动构造发育区^[5]，石炭系和二叠系煤组为主，共含 9 个煤组，47 个煤层，矿区范围内曾发生过“10·20”特大瓦斯事故，至今煤田范围内共发生有记录的瓦斯动力现象 40 次^[6]，其中 8 次突出、7 次压出、10 次倾出、15 次冒顶瓦斯异常涌出，多发生在煤巷掘进期间。统计表明，瓦斯含量小于 $8 \text{ m}^3/\text{t}$ 的瓦斯动力现象占总数 55%，瓦斯压力小于 0.74 MPa 的占 85%，同时小于 2 个指标的瓦斯动力现象占 45% 以上，由统计结果可知该煤田内绝大部分瓦斯动力现象综合表现为低临界值，见表 1 和表 2。

表 1 发生瓦斯动力现象时煤层瓦斯含量分布

瓦斯含量 / ($\text{m}^3 \cdot \text{t}^{-1}$)	发生次数 / 次	百分比 / %
5.0 ~ 5.5	1	2.5
5.5 ~ 8.0	21	52.5
8.0 ~ 10.0	9	22.5
10.0 ~ 12.0	9	22.5

表 2 发生瓦斯动力现象时煤层瓦斯压力分布

瓦斯压力 / MPa	发生次数 / 次	百分比 / %
0.30 ~ 0.35	17	42.5
0.35 ~ 0.50	13	32.5
0.50 ~ 0.74	4	10.0
0.74 ~ 1.05	6	15.0

2 低临界值瓦斯动力现象理论分析

1) 瓦斯含量及压力梯度影响。瓦斯在煤基多孔介质中运动形式主要分 2 种：一种是在瓦斯压力梯度作用下的渗移运动；另一种是在瓦斯浓度梯度作用下的扩散运动。煤与瓦斯突出的前提是瓦斯必须在多孔介质中产生较强的运动。要使瓦斯产生运动，必须在多孔介质中形成瓦斯压力梯度和瓦斯浓度梯度，因此瓦斯含量、瓦斯梯度是驱动瓦斯动力现象的动力源，而不是煤中瓦斯的绝对压力大小和含量大小，只有瓦斯压力梯度及浓度梯度的变化幅度才是产生煤与瓦斯突出的根本原因^[7]。瓦斯是突出的主要动力源，煤层暴露面附近的瓦斯含量、瓦斯压力差形成的综合作用力，可以破坏强度小的松软分层并将其破坏、抛出，由于新暴露面不断产生，使该过程得以连续进行。在综合作用力下，瓦斯和破坏的煤体在瓦斯压力差的作用下获得一定的速度，使得后续的瓦斯压力差暂时增大，瓦斯压力差和其他瓦斯参数发生显著变化，形成煤体连续破坏、抛运的过程，就形成了瓦斯动力现象。

建立新采掘暴露面模型，新采掘暴露面 S_1 ，后续采掘暴露面 S_2 ，地应力、构造应力综合作用力 F_1 ，瓦斯浓度、瓦斯压力梯度综合作用力 F_2 。当存在瓦斯流动趋势时，从暴露面 S_2 流动至暴露面 S_1 的难易程度取决于煤层透气性系数 λ 。当流经断面 S_1 的瓦斯通量（渗移量和扩散量之和）一定时 F_2 的大小与 λ 成反比，即当 λ 增大时 F_2 减小，不利于形成瓦斯突出的环境；反之，当 λ 很小时瓦斯从暴露面 S_2 流动至暴露面 S_1 困难，容易形成高瓦斯压力、浓度梯度，从而形成有利于发生瓦斯动力现象的环境条件。由于构造松软煤体是非均质体，同一构造区域、甚至同一采掘面内的煤体透气性差异很大，新采掘暴露面存在，更易形成 F_2 陡变的情形。在暴露面 S_1 前后形成瓦斯压力梯度，造成瓦斯流动，煤体蠕变破坏向采掘空间运动成为可能，若煤体长时强度不足以抵抗 F_1 、 F_2 ，就首先形成了新采掘暴露面 S_1 处煤体的坍塌、掉落、外移、抛运，若在新的、后继且强大梯度力的作用下，逐步向煤体深部面 S_2 延伸，就可能形成瓦斯动力现象。

2) 煤的坚固性系数影响。瓦斯能量是瓦斯动力现象主要能量来源，在突出时转变为破坏功，是

破坏、抛运煤体主要动力源,动力源作为瓦斯动力现象的必要而非充分条件。理论研究、瓦斯动力现象统计、生产经验等综合表明瓦斯动力现象的分布是由破碎功小的煤即构造软煤的分布决定的。

根据瓦斯动力现象假说中的能量假说,结合力学理论可知:只要煤体被破坏、抛运向巷道自由空间需要的能量足够小,即煤体强度足够小,发生瓦斯动力现象的倾向性大。破碎比功 w 指煤破碎后产生单位新表面积所消耗的功, w 与煤的坚固性系数 f 值有着重要的关系: $w = 9.18 \times 10^{-3} f^{[8]}$,即煤越软,被破碎需要能量越小,越容易被破碎。松软煤层,煤的坚固性系数小,煤的比表面积大,内部骨架多,对瓦斯的渗移、扩散速度都不利,容易形成瓦斯浓度梯度,进而增大瓦斯压力梯度。

在上述模型中,若有充足构造软煤存在,在新采掘暴露面处,就很容易形成瓦斯压力差及综合力 F_2 ,即使在瓦斯含量小于 $8 \text{ m}^3/\text{t}$ 、瓦斯压力小于 0.74 MPa 的情况也能发生瓦斯动力现象,豫西三软煤田174个采样地点中有165个煤样的坚固性系数 f 在0.4以下,如大平煤矿瓦斯含量比较低,煤的坚固性系数 f 普遍在0.3,可以发生瓦斯动力现象;郛成矿瓦斯含量一般在 $7 \text{ m}^3/\text{t}$,大多数测样点 f 值在0.25左右,曾发生瓦斯动力现象;裴沟煤矿瓦斯压力一般低于 0.74 MPa ,大部分测样点 f 值在0.4左右,有瓦斯动力现象。该区域煤田范围内普遍发生地临界值瓦斯动力现象。

(上接第22页)

是基岩比较薄,基本顶随采随垮,其次薄基岩区域在工作面机尾;在基岩厚度小于10和大于10 m的交界面容易来压,且来压强度比较大,该区域也是最容易发生切顶,发生溃水溃砂事故的区域,该区域应加强顶板管理。工作面动载系数平均为1.44,工作面中部支架的动载系数明显要大于工作面大端头,工作面上部动载系数大于中下部。来压期间工作面沿倾斜方向的压力分布近似呈“峰”型,非来压期间,工作面压力也沿倾向呈“峰”型分布。工作面支架工作阻力大部分集中为 $5\,400 \sim 7\,200 \text{ kN}$,现有支架能满足生产需求。

参考文献:

[1] 朱庆华,王继承,马占国. 浅埋煤层厚硬顶板与冒落的数值

3 结 论

低临界值瓦斯动力现象给矿井安全生产带来了严重危害,该现象是相对常规瓦斯动力现象存在的,且时有发生。瓦斯压力、瓦斯含量梯度综合作用下,即使瓦斯压力小于 0.74 MPa ,瓦斯含量小于 $8 \text{ m}^3/\text{t}$,在煤层松软,新采掘活动暴露面处,也容易形成瓦斯动力现象。在构造煤层松软、低瓦斯含量、低瓦斯压力地区,加强突出指标预测预报,做好防突措施,可以有效防治低临界值瓦斯动力现象给矿井安全生产带来的危害。

参考文献:

- [1] 国家安全生产监督管理总局,国家煤矿安全监察局. 防治煤与瓦斯突出规定 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2009.
- [2] MT/T 1037—2007, 预抽回采工作面煤层瓦斯防治煤与瓦斯突出措施效果评价方法 [S].
- [3] 于不凡. 煤矿瓦斯灾害防治及利用技术手册 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2005: 497.
- [4] 韩同春. 地质构造的定量评定在瓦斯突出预测的应用 [J]. 煤炭科学技术, 1999, 27 (9): 45—47.
- [5] 屈先朝, 张子敏. 新密煤田煤与瓦斯突出的构造控制作用 [J]. 煤炭科学技术, 2009, 37 (9): 113—115.
- [6] 白新华, 贾天让, 张子敏, 等. 新密煤田瓦斯动力现象分析 [J]. 煤田地质与勘探, 2009, 37 (4): 19—21.
- [7] 虎维岳, 李 静, 王寿全. 瓦斯在煤基多孔介质中运移及煤与瓦斯突出机理 [J]. 煤田地质与勘探, 2009, 37 (4): 6—8.
- [8] 蔡成功, 熊亚选. 突出危险煤破碎功理论与实验研究 [J]. 煤炭学报, 2005, 30 (1): 63—66.

模拟 [J]. 矿山压力与顶板管理, 2004, 21 (4): 17—19.

- [2] 余学义, 黄森林. 浅埋煤层覆岩切落裂缝破坏及控制方法分析 [J]. 煤田地质与勘探, 2006, 20 (3): 18—21.
- [3] 张 杰, 侯忠杰. 浅埋煤层开采中的溃沙灾害研究 [J]. 湖南科技大学学报, 2005, 20 (3): 15—18.
- [4] 张俊云, 侯忠杰, 田瑞云, 等. 浅埋采场矿压及覆岩破坏规律 [J]. 矿山压力与顶板管理, 1998, 15 (3): 9—11.
- [5] 黄庆享. 浅埋煤层长壁开采顶板结构及岩层控制研究 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2000: 28—33.
- [6] 杨治林. 浅埋煤层长壁开采顶板结构稳定性分析 [J]. 矿山压力与顶板管理, 2005, 22 (2): 7—10.
- [7] 黄庆享. 浅埋煤层的矿压特征与浅埋煤层定义 [J]. 岩石力学与工程学报, 2002, 21 (8): 1174—1177.
- [8] 黄庆享, 钱鸣高, 石平五. 浅埋煤层采场老顶周期来压结构分析 [J]. 煤炭学报, 1999, 24 (6): 581—585.
- [9] 柴 敬, 侯树宏, 崔洪明, 等. 高韧性煤层综放开采矿压显现规律 [J]. 采矿与安全工程学报, 2007, 24 (3): 331—334.