

文章编号:0253-9993(2013)S1-0112-05

滑动构造对马岭山矿区二₁煤层瓦斯突出的控制作用

赵发军^{1,2},王 倩^{1,2},邓奇根^{1,2},刘明举^{1,2}

(1. 河南省瓦斯地质与瓦斯治理重点实验室——省部共建国家重点实验室培育基地(河南理工大学),河南 焦作 454000;2. 河南理工大学 安全科学与工程学院,河南 焦作 454000)

摘要:为查明滑动构造下马岭山矿区煤层突出的特点和控制突出发生的因素,采用瓦斯地质分析和实验室参数测定相结合的方法,通过与其他矿井煤层参数的对比,研究滑动构造对马岭山矿区发生煤与瓦斯突出的影响因素。结果表明,受滑动构造的控制,马岭山矿区瓦斯赋存特征为:在瓦斯风化带下限周围,煤层瓦斯含量梯度较未受滑动影响煤层增大5.1倍。矿区煤体强度极低,多数煤的坚固性系数小于0.3,煤的孔隙率与未受滑动构造影响煤层相比下降了60%。控制突出发生的主要因素为煤层厚度,矿区内突出均发生在煤厚大于3 m的区域。这些特点使矿区内矿井往往从低瓦斯矿井直接升级为煤与瓦斯突出矿井。

关键词:滑动构造;煤与瓦斯突出;控制;马岭山矿区;瓦斯含量梯度

中图分类号:TD713 **文献标志码:**A

Tectonic control on coal and gas outburst of coal seam in Malingshan gliding structure

ZHAO Fa-jun^{1,2}, WANG Qian^{1,2}, DENG Qi-gen^{1,2}, LIU Ming-ju^{1,2}

(1. State Key Laboratory Cultivation Base for Gas Geology and Gas Control (Henan Polytechnic University), Jiaozuo 454000, China; 2. School of Safety Science and Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

Abstract: In order to ascertain the characteristics of coal and gas outburst and controlling factors, based on gas geologic analysis and laboratory parameters measurement, through comparing parameters with those of coal seams in other mining areas, this study investigated the influencing factors of outburst controlled by sliding structure in Malingshan mining area. The results show that under the sliding structure control, the coal gas presents within gas weathered area in the lower limit peripheral zone, the gas content gradient is 5.1 times higher than that under unaffected sliding control. The low coal strength is another characteristic in Malingshan mining area, and the porosity of coal drops 60% of that without affect of sliding control. The main factor of outburst is coal seam thickness and it occurs in areas with seam thickness greater than three meters. This characteristic may cause some mines upgrade directly from low gas mine to coal and gas outburst mine.

Key words: sliding structure; coal and gas outburst; control; Malingshan mining area; gas content gradient

滑动构造的发现和我国煤田地质领域取得的重要成就之一。近年来随着对能源需求的增加,河南省一部分矿井已进入深部或复杂构造区开采^[1]。一部分矿井进入到滑动构造控制下的“三软”煤层高瓦斯区开采,该区域瓦斯地质和开采条件复

杂,在豫西滑动构造区域内,2004年郑州煤炭工业(集团)有限责任公司大平煤矿瓦斯突出及爆炸死亡148人;2006年马岭山煤炭有限责任公司瓦斯突出死亡15人;2010年马岭山矿区伊川县国民煤业公司特别重大煤与瓦斯突出及爆炸事故,44人死亡。滑动

收稿日期:2012-03-21 责任编辑:张晓宁

基金项目:国家自然科学基金资助项目(50904024)

作者简介:赵发军(1975—),男,河南武陟人,高级工程师。通讯作者:刘明举(1964—),男,教授,博士生导师。Tel:0391-3987242, E-mail: mingju@hpu.edu.cn

构造“三软”煤层区内发生的一系列恶性矿难,引起国内外学者的广泛关注。本文选择受滑动构造影响的马岭山矿区为对象,研究滑动构造对煤与瓦斯突出的影响。

马岭山矿区位于登封矿区的西部,东以郭 F₁ 断层为界,与郭沟矿区相邻,西以暴 F₃₈ 为界,与暴雨山矿区相邻。矿区内主采煤层属典型的豫西“三软”煤层,目前有生产矿井近 20 对,突出矿井近 10 对,近年来共发生煤与瓦斯突出事故十多起。从多年的开采实践来看,该矿区瓦斯赋存与煤层的埋深及厚度关系密切。查明矿区内瓦斯突出的主控因素有利于对其进行有效的防治。

1 煤层埋藏深度和发育情况

马岭山矿区为海陆交互相含煤岩系。矿区内含煤地层为太原组、山西组及下、上石盒子组,总厚 594.99 m。太原组含煤 7 层,煤层平均总厚 1.7 m,一₇ 煤局部可采;山西组含煤 6 层,平均总厚 4.32 m,其中二₁ 煤层为区内主要可采煤层,厚 0.18 ~ 14.52 m,平均 3.67 m,其余煤层均不可采;下石盒子组含煤 14 层,仅五₃ 煤可采,平均厚 0.85 m;上石盒子组含煤 4 层,均不可采。从矿区内煤层的发育情况来看,虽然煤层的总厚度不大,但由于煤层或煤线多,该含煤建造形成于古陆边缘的滨岸地带,并且区域内无岩浆岩的侵入,造成矿区内环境对瓦斯的生成和储存相对有利。

在可采煤层中二₁ 煤为贫煤,无灰基挥发分两极为 12.57% ~ 17.00%,平均 14.57%,煤厚平均 3.67 m。从煤层厚度分析,该矿区二₁ 煤层瓦斯的生成条件优越。地质勘探期间在埋深约 450 m 测定的瓦斯含量(无灰干燥基)最大已达 27.22 m³/t。统计马岭山矿区 43,47 勘查线瓦斯资料,两勘查线百米递增率(无灰干燥基)分别为 3.78 m³/t 和 1.67 m³/t,两勘探线分别代表受滑动构造影响和未受滑动影响的区域。表 1 为马岭山矿区内部分矿井瓦斯的平均百米递增率^[2-5],其值为 2.0 ~ 10.0 m³/t。对比可知,不受滑动构造影响矿井的瓦斯含量梯度是受影响矿井的 0.3 倍。其瓦斯赋存特点为:埋深达一定深度后(超过 400 m),埋深对煤层瓦斯含量的影响不太明显;而在接近此埋深时,瓦斯含量随埋深增加的梯度较大。

2 地质构造对瓦斯突出的影响

2.1 瓦斯突出受构造运动的影响

马岭山矿区大地构造位置位于秦岭纬向构造带

表 1 矿区内不同矿井瓦斯的百米瓦斯递增率

Table 1 The increments of gas content in different mines

矿井	受滑动构造影响	煤层	矿井是否突出	百米递增率/(m ³ ·t ⁻¹)
何庄煤矿	否	二 ₁ 煤	是	2.0
君鑫二矿	否	二 ₁ 煤	是	2.9
国民煤业	是	二 ₁ 煤	是	10.0
天源煤业第八有限公司	是	二 ₁ 煤	是	6.0

东段之嵩山、箕山两背斜之间的颍阳-芦店向斜南翼西段,在区域构造体系中,本区位于华北板块南缘嵩箕构造区嵩箕构造的西部。地层总体呈近东西走向、倾向北的特征,构造组合特征一般发育近东西、北西、北东 3 组方向、3 个时期的线状断裂构造和最后 1 期的面状滑动构造。矿区的构造纲要如图 1 所示,受面状滑动构造的影响,矿区二₁ 煤层全层发育构造煤。

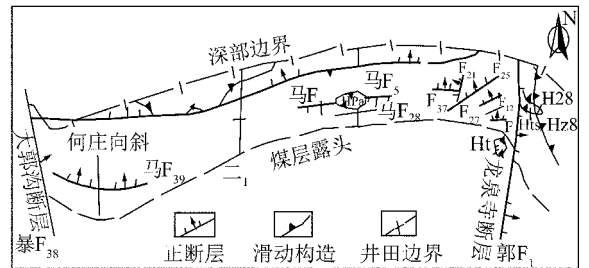


图 1 马岭山矿区构造纲要

Fig. 1 Structural sketch map in Malingshan mining area

图 2 为李万程等绘制的暴马重力滑动构造区马岭山矿区犁式断层。图中 F₂₈ 断层的顺层剪切应力作用,导致二₁ 煤层呈均一的团块状或揉皱状构造,原生结构条带消失,全层构造煤发育。由于 F₂₇ 和 F₂₈ 断层在滑动过程中产生了大量的断层泥,而断层泥对瓦斯的储存非常有利^[1,6],为马岭山矿区的瓦斯储存创造了良好的条件,同时由于滑动构造的影响,导致煤层被强烈破坏,煤体中的孔隙结构发生了变化,煤的孔隙率降低。表 2 为笔者项目组现场取煤

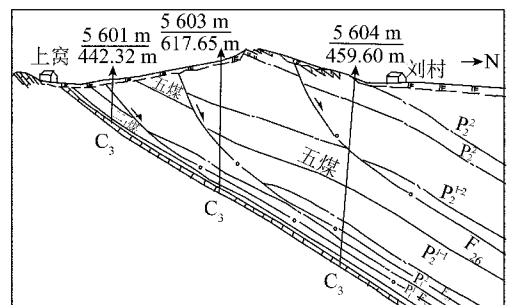


图 2 马岭山矿区犁式断层

Fig. 2 Gliding fault in Malingshan mining area

样,在河南理工大学煤矿安全技术研究中心瓦斯检验室测定的不同矿井煤的孔隙率测定结果,孔隙率测定的方法和仪器相同。可知,马岭山矿区煤层孔隙率在2.90%~3.42%,未受滑动构造影响的矿区煤层孔隙率为5.20%~11.45%,两类矿井相比,煤层的孔隙率平均下降了约60%。孔隙率降低使煤层

中的游离态瓦斯减少,吸附态瓦斯增加,在煤层瓦斯含量相同的条件下,根据Langmuir吸附理论将会产生更大的瓦斯压力,并且会产生更大的膨胀功^[7-8],一旦煤体从原始态采落或发生了冒顶和片帮等,瓦斯很快解析释放,在采场环境周围形成较大的瓦斯压力梯度^[9-11],有利于煤与瓦斯突出发生。

表2 不同矿井煤的孔隙率

Table 2 Coal porosity in different mines

矿井	是否受滑动构造影响	所属煤田	煤层	挥发分/%	孔隙率/%
鹤壁中泰矿业	否	鹤壁矿区	二 ₁ 煤层	11.74~14.30	5.20
国民煤业	是	马岭山矿区	二 ₁ 煤层	12.57~16.91	2.90~2.92
天源煤业第八公司	是	马岭山矿区	二 ₁ 煤层	12.57~16.99	3.33~3.42
永昌煤业	是	马岭山矿区	二 ₁ 煤层	12.57~16.41	3.38~3.42
淮南谢桥矿	否	淮南矿区	B8煤层	30.10~39.87	8.22~8.97
晋城寺河煤矿(东井)	否	沁水煤田	3号煤层	6.23~12.47	7.14~11.45

2.2 顶煤易冒落造成瓦斯异常涌出

马岭山矿区二₁煤层属典型的豫西“三软”不稳定煤层,矿区内已测定煤的坚固性系数37个(图3),全部小于0.5,且90%小于0.3。区内煤层顶板多为砂质泥岩、泥岩,其最小抗压强度为19.306 MPa,承压能力变小,矿区内煤层直接顶和基本顶多数为I类不稳定顶板。这类顶板受滑动构造的影响后,表现为能储存更多的变形能量和产生更多变形,受滑动构造影响的该类顶板与软煤的组合易导致采掘空间的初撑力低和片帮情况出现,易于在煤层顶板内产生离层,在放顶时易发生局部露冒型冒顶,从而导致支架失稳,发生大面积的冒顶,从而诱发瓦斯异常涌出。

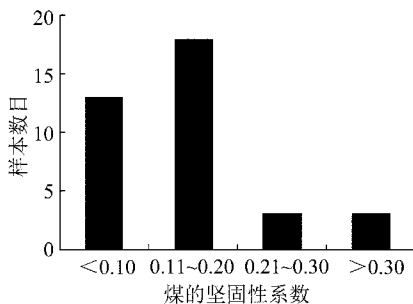


图3 煤的坚固性系数值域分布

Fig. 3 Range distribution of solidity coefficient of coal mass

“砌体梁”理论表明^[12]基本顶岩层必须具备2个条件才能形成平衡结构:①岩层厚度要比其下方自由空间的高度大得多;②基本顶断块长度与其岩层厚度的比值应大于2。研究表明^[13]:豫西“三软”煤层顶板8.08 m厚的细砂岩,在其断裂、旋转、下沉和触研过程中,如果铰合点处的剪切力大于岩块间的摩擦力,断块间将失去水平力的联系,从而不能形成平

衡结构,煤层砂岩顶板会转化为直接顶,当支护支撑力不足时会发生压垮型冒顶,从而造成瓦斯异常涌出。矿区内的永昌矿2001—2003年发生过6次顶煤冒落引起的小型压出,突出原因主要为顶板及煤层强度低、支护强度不达标。

3 矿井突出区和高瓦斯区分布关系

表3为马岭山矿区3个矿井在瓦斯风化带下限周围测定的煤层瓦斯含量。可以看出:国民煤业瓦斯含量测定点的标高为119~167 m,瓦斯含量在2.59~7.89 m³/t,从煤样的气体组分分析可知,有5个煤样的CH₄体积比大于80%。天源煤业第八有限公司测定瓦斯含量的标高为50~115 m,瓦斯含量在2.61~9.09 m³/t,煤样的气体组分中CH₄占63.22%~93.76%。永昌煤业瓦斯含量测定标高范围为130~160 m,瓦斯含量在2.44~9.54 m³/t,煤样的气体组分中CH₄占67.71%~84.24%。从已测定的数据分析,3矿井处于风化带向瓦斯带的转化区。但国民煤业在50~100 m标高发生了二次大型的煤与瓦斯突出;永昌煤业130~270 m发生了6次突出;天源煤业第八有限公司发生1次突出。分析其原因,主要是滑动构造破坏煤层顶板后,在煤层露头附近,煤层顶板受滑动构造破坏,瓦斯易于释放,矿井瓦斯涌出量小;随埋深的增加,由于多重滑动构造的叠加导致煤层透气性系数的快速降低,煤层瓦斯含量的梯度增加快,在沼气带内矿井很快从高瓦斯过渡成为突出矿井。对比表1和表3可知,马岭山矿区的特点之一就是在瓦斯风化带下限周围,煤层瓦斯含量(压力)的梯度较非滑动影响煤层明显增大,瓦斯含量的

表 3 不同矿井的煤层瓦斯含量
Table 3 Gas content in different mines

矿井	测定标高/m	埋深/m	瓦斯样中 CH ₄ 体积比/%	(瓦斯含量/(m ³ ·t ⁻¹))/测定个数	瓦斯含量梯度/(m ³ ·(t·m) ⁻¹)
国民煤业	119~167	465~513	67.47~88.41	(2.59~7.89)/10	0.06
天源煤业第八有限公司	50~115	517~582	63.22~93.76	(2.61~9.09)/10	0.10
永昌煤业	130~160	472~502	67.71~84.24	(2.44~9.54)/11	0.22

平均增量梯度为其他矿井的 5.1 倍;而在此区域外,瓦斯含量梯度比不受滑动构造影响煤层小。这一特点使该矿区内矿井易于从低瓦斯矿井直接升级为煤与瓦斯突出矿井,给矿井的瓦斯等级鉴定和管理带来了新挑战。

4 煤层厚度与突出的关系

关于滑动构造引起的煤层厚度变化,有学者将其归纳为 3 类^[14],即剪切压薄型、滑动切蚀型和滑褶穿刺型。图 4 为统计的部分钻孔内二₁煤层断点的层位,可以看出,煤层及其底板下 10 m 内是断点较集中的区域。研究表明^[15]煤层厚度与滑动构造破碎带厚度呈正相关关系,即滑动构造破碎带厚度大的地方,其下二₁煤层厚度也大,反之,滑动构造破碎带厚度小的地方,其下二₁煤层厚度也小。

从马岭山矿区的突出情况来看,突出与煤层厚度关系密切。马岭山矿区二₁煤层厚度为 0.18~14.52 m,平均 3.67 m,突出全部发生在煤厚大于 3 m 的区域。其原因为:①煤厚增加使部分煤层成为开采期间的“底板”,导致矿井支撑强度低;②煤厚对应

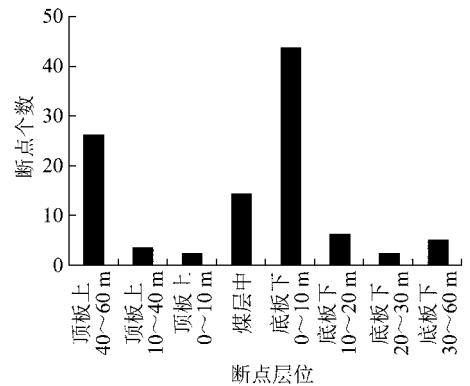


图 4 滑动构造断点位置分布

于高瓦斯含量,有利于突出的发生。表 4 为区内部分钻孔资料统计,煤层厚度 1.20~11.66 m,将不同标高煤层瓦斯含量换算成同标高时,采用的含量梯度为 43,47 勘查线平均瓦斯资料。由表 4 可知,该区内瓦斯赋存的规律有:①在同一埋藏深度区域,地质条件相同的情况下,煤层厚度大,则瓦斯含量高,煤层厚度小,则瓦斯含量低,瓦斯含量与煤层厚度呈正比关系;②在倾向上随着煤层埋深的增加,瓦斯含量将随之增高。

表 4 区内地质勘探期间测定的瓦斯含量

Table 4 Gas content during the geological exploration

钻孔编号	4201	副 3402	4305	4502	副 4403	3802	4002	4306	3506
瓦斯含量(无灰干燥基)/(m ³ ·t ⁻¹)	5.29	5.90	7.29	8.48	9.14	10.54	11.13	18.84	27.22
煤厚/m	1.20	1.35	3.14	5.80	6.06	6.95	6.10	8.76	11.66
二 ₁ 煤底板标高/m	155.87	102.45	291.31	214.91	110.03	105.21	98.93	55.86	-100.20
瓦斯赋存确定 100 m 标高瓦斯含量(无灰干燥基)/(m ³ ·t ⁻¹)	6.82	5.97	12.51	11.62	9.41	10.68	11.10	17.63	21.75

5 结 论

(1)在马岭山矿区内,与受滑动力构造矿井相比,不受滑动构造影响矿井的瓦斯含量梯度是受影响矿井的 0.3 倍。

(2)区域内二₁煤层顶板强度低,在已测定的煤的坚固性系数中,在 0.3 以下的占 90%,低强度导致

在采掘活动中易发生顶板冒落引起的瓦斯动力现象;且由于煤体被强烈破坏,煤的孔隙率与其他矿区相比下降约 60%;低强度和低孔隙率是矿区煤体的主要特征,导致在采掘活动中极易发生煤与瓦斯突出。

(3)煤层厚度是影响区内煤层瓦斯含量和煤与瓦斯突出的主要因素之一,煤层厚则瓦斯含量高,煤厚大于 3 m,则可能发生突出。

(4)滑动构造控制下,马岭山矿区煤层的孔隙率和强度低,瓦斯风化带周围瓦斯梯度大,该特点使区内矿井往往从低瓦斯矿井直接升级为煤与瓦斯突出矿井,这给矿井的瓦斯管理带来了新挑战。

参考文献:

- [1] 王志荣,郎东升,刘士军,等. 豫西芦店滑动构造区瓦斯地质灾害的构造控制作用[J]. 煤炭学报,2006,31(5):553-557.
Wang Zhirong, Lang Dongsheng, Liu Shijun, et al. Tectonic control on gas geological hazard in Ludian gliding structure[J]. Journal of China Coal Society,2006,31(5):553-557.
- [2] 徐晓帆,卢志杰,赵媛媛,等. 何庄矿瓦斯地质规律分析[J]. 煤炭技术,2011,30(9):108-110.
Xu Xiaofan, Lu Zhijie, Zhao Yuanyuan, et al. Analysis of gas geology law in Hezhuang Coal Mine[J]. Coal Technology, 2011, 30(9): 108-110.
- [3] 河南理工大学. 君鑫二矿瓦斯等级鉴定报告[R]. 焦作:河南理工大学,2009.
- [4] 河南理工大学. 国民煤业矿井煤与瓦斯突出危险性鉴定报告[R]. 焦作:河南理工大学,2008.
- [5] 河南理工大学. 天源煤业第八有限公司矿井煤与瓦斯突出危险性鉴定报告[R]. 焦作:河南理工大学,2008.
- [6] 彭传圣. 湖相碳酸盐岩有利储集层分布以渤海湾盆地沾化凹陷沙四上亚段为例[J]. 石油勘探与开发,2011,38(4):435-442.
Peng Chuansheng. Distribution of favorable lacustrine carbonate reservoirs;a case from the upper Es4 of Zhanhua Sag, Bohai Bay Basin[J]. Petroleum Exploration and Development, 2011, 38(4): 435-442.
- [7] 文光才,周俊,刘胜. 对突出做功的瓦斯内能的研究[J]. 矿业安全与环保,2002,20(1):1-4.
Wen Guangcai, Zhou Jun, Liu Sheng. et al. Study on intrinsic gas energy to do work in outburst[J]. Mining Safety & Environmental Protection, 2002, 20(1): 1-4.
- [8] 刘明举,颜爱华,丁伟,等. 煤与瓦斯突出热动力过程的研究[J]. 煤炭学报,2003,28(1):50-54.
Liu Mingju, Yan Aihua, Ding Wei, et al. Research of thermodynamic process of coal and gas outburst[J]. Journal of China Coal Society, 2003, 28(1): 50-54.
- [9] Wang J, Park H D. Fluid permeability of sedimentary rocks in a complete stress-strain process[J]. Engineering Geology, 2002, 63: 291-300.
- [10] 王志荣,陈玲霞,孙文标. 豫西芦店滑动构造区瓦斯突出成因及预测研究[J]. 工程地质学报,2009,17(6):847-851.
Wang Zhirong Chen Lingxia Sun Wenbiao. Mechanism and forecast of methane bursting due to gliding geological structures in ludian areas of west henan province[J]. Journal of Engineering Geology, 2009, 17(6): 847-851.
- [11] 滕桂荣,谭云亮,高明,等. 基于LBM方法的裂隙煤体内瓦斯抽放的模拟分析[J]. 煤炭学报,2008,33(8):914-919.
Teng Guirong, Tan Yunliang, Gao Ming, et al. Simulation of gas drainage in fissured coal based on Lattice Boltzmann Method[J]. Journal of China Coal Society, 2008, 33(8): 914-919.
- [12] 钱鸣高,刘听成. 矿山压力及其控制(修订本)[M]. 北京:煤炭工业出版社,1991:62-67.
- [13] 马挥,姬军义,李昆. 豫西三软煤层滑动构造条件下二₁煤层顶板稳定性分析及安全评价[J]. 矿业安全与环保,2008,35(5):84-87.
Ma Hui, Ji Junyi, Li Kun. Roof stability analysis and safety evaluation in gliding structure of "three soft" coal[J]. Mining Safety & Environmental Protection, 2008, 35(5): 84-87.
- [14] 严家平,姚多喜,李义良,等. 层间滑动构造引起煤层厚度变化特征的研究[J]. 煤炭科学技术,1997,25(8):41-43.
Yan Jiaping, Yao Duoxi, Li Yiliang, et al. Study of the seam thickness variation caused by interlayer sliding structure[J]. Coal Science and Technology, 1997, 25(8): 41-43.
- [15] 王德伟. 滑动构造影响下煤层厚度与构造破碎带关系分析[J]. 中国煤炭地质,2010,22(3):4-7.
Wang Dewei. Relationship between coal seam thickness and fracture zone under the impact of gliding tectonics[J]. Coal Geology of China, 2010, 22(3): 4-7.