

文章编号:1671-251X(2016)09-0056-04

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2016.09.013

杨萌萌,袁梅,徐林,等.粒径对煤中瓦斯放散初速度影响实验研究[J].工矿自动化,2016,42(9):56-59.

粒径对煤中瓦斯放散初速度影响实验研究

杨萌萌¹, 袁梅^{1,2,3,4}, 徐林¹, 许石青^{1,2,3,4}, 李闯¹, 王玉丽¹

(1. 贵州大学 矿业学院, 贵州 贵阳 550025; 2. 贵州省非金属矿产资源综合利用重点实验室, 贵州 贵阳 550025; 3. 贵州省优势矿产资源高效利用工程实验室, 贵州 贵阳 550025; 4. 复杂地质矿山开采安全技术工程中心, 贵州 贵阳 550025)

摘要:为了分析粒径对煤中瓦斯放散初速度的影响,以某煤矿4号煤层小于7目、7~10目、10~18目、18~35目的自然风干、烘干及水分含量分别为3%、5%、7%的煤样为研究对象,借助WT-1型瓦斯放散初速度测定仪,测试了不同含水率煤样的瓦斯放散初速度与粒径的关系,并测试了自然风干和烘干5 h,粒径为小于7目与35~60目、7~10目与35~60目、10~18目与35~60目的煤样,在配比分分别为6:1,5:2,4:3,3:4,2:5,1:6情况下的瓦斯放散初速度。实验结果表明,随着粒径减小,不同含水率的煤中瓦斯放散初速度不断增大,且粒径越小,煤中瓦斯放散初速度的增大趋势越明显;煤层中粒径小的煤颗粒占比越大,煤中瓦斯放散初速度越大。

关键词:瓦斯放散初速度;粒径;瓦斯吸附;瓦斯解吸;含水率;粒径配比

中图分类号:TD712 文献标志码:A 网络出版时间:2016-09-02 10:16

网络出版地址:玉丽 1http://www.cnki.net/kcms/detail/32.1627.TP.20160902.1016.013.html

Experimental research of influence of coal particle size on initial speed of methane diffusion

YANG Mengmeng¹, YUAN Mei^{1,2,3,4}, XU Lin¹, XU Shiqing^{1,2,3,4}, LI Chuang¹, WANG Yuli¹

(1. Mining College, Guizhou University, Guiyang 550025, China; 2. Guizhou Key Laboratory of Comprehensive Utilization of Non-metallic Mineral Resources, Guiyang 550025, China; 3. Guizhou Engineering Lab of Advantage Mineral Resources Efficient Utilization, Guiyang 550025, China; 4. Engineering Center for Safe Mining Technology under Complex Geologic Conditions, Guiyang 550025, China)

Abstract:In order to analyze influence of coal particle size on initial speed of methane diffusion, the relationship of particle size and initial speed of methane diffusion of coal samples with different moisture content was tested by use of WT-1 type initial speed of methane diffusion tester. The coal samples were collected in No.4 coal seam in a coal mine with different particle sizes of less than 7 mesh, 7-10 mesh, 10-18 mesh, 18-35 mesh and different moisture content of natural drying, drying, 3%, 5% and 7%. And the initial speed of methane diffusion of coal samples of natural drying and drying for 5 h were tested, which were with different particle sizes of less than 7 mesh & 35-60 mesh, 7-10 mesh & 35~60 mesh, and 10-18 mesh & 35-60 mesh under different proportion of 6:1, 5:2, 4:3, 3:4, 2:5 and 1:6. The experimental results show that initial speed of methane diffusion of coal samples with different moisture content increases as the

收稿日期:2016-03-10;修回日期:2016-07-21;责任编辑:李明。

基金项目:国家自然科学基金资助项目(51574093);贵州大学矿业学院研究生创新基金资助项目(院研 20160101);贵州省科学技术基金资助项目(黔科合 J 字[2015]2049 号);贵州大学引进人才项目(贵大人基合字[2015]30 号);贵州省科技厅、贵州大学联合资金计划资助项目(黔科合 LH 字[2014]7654);贵州省高校工程技术研究中心建设项目(黔教合 KY 字[2013]112)。

作者简介:杨萌萌(1990—),女,山东聊城人,硕士研究生,研究方向为矿山灾害防治,E-mail:yangmengmeng7777@163.com。通信作者:袁梅(1973—),女,贵州贵阳人,教授,博士,研究方向为煤矿安全,E-mail:gutyuanmei@126.com。

particle size decreases, and the particle size smaller, the increasing trend is more obvious; the proportion of coal particles with small particle size in coal seam larger, the initial speed of methane diffusion of coal samples is larger.

Key words: initial speed of methane diffusion; coal particle size; gas adsorption; gas desorption; moisture content; proportion of particle size

0 引言

煤中瓦斯放散初速度可以表征煤的瓦斯放散能力,反映煤中瓦斯的渗透和流动规律,是鉴定煤层是否发生煤与瓦斯突出(简称突出)的 4 项基本指标之一^[1]。瓦斯放散初速度越大,煤中的瓦斯能越大,煤体初始释放瓦斯能力越强,煤层的突出危险性就越大。煤的温度、含水率、变质程度、粒径等对瓦斯放散初速度都有影响,其中煤的粒径对瓦斯放散初速度影响最大^[2]。刘彦伟等^[3-4]认为粒径变化会改变软、硬煤粒中瓦斯扩散速度和扩散系数的差异特征。吴鑫等^[5]认为煤的破碎程度越大,即粒径越小,突出危险性程度越高,发生突出的强度越大。许江等^[6]认为煤的粒径会影响型煤的物理力学性质,对突出影响明显,煤的粒径越小,型煤表面孔隙结构的分型维数越大,突出发生的程度越大。煤颗粒的粒径反映了煤的结构破碎程度,煤的破碎程度越严重,煤层突出危险性越大。煤层瓦斯具有的初始释放瓦斯膨胀能决定了突出危险性大小,煤中瓦斯放散初速度可反映煤层瓦斯具有的初始释放瓦斯膨胀能,所以研究粒径对煤中瓦斯放散初速度影响,对防治瓦斯灾害、预测突出等具有重要的现实意义。

1 实验仪器及煤样制备

1.1 实验仪器

实验采用 WT-1 型瓦斯放散初速度测定仪,如图 1 所示。该仪器采用全自动操作程序,测定结果可自动存储,以曲线报表的形式输出^[7]。



图 1 WT-1 型瓦斯放散初速度测定仪

1.2 煤样制备

实验煤样选自贵州省西北部毕节地区的林华煤矿 4 号煤层,为无烟煤,煤化程度最高,具有一定的代表性。实验前,根据 GB/T 212—2001 对煤样进行工业分析,测定的基础参数见表 1。

表 1 实验煤样的工业分析参数

水分/%	灰分/%	挥发分/%	硫分/%
1.75	22.84	7.52	1.93

根据 AQ 1080—2009 及 WT-1 型瓦斯放散初速度测定仪要求,将所取煤样粉碎,用不同目数的筛子筛取不同粒径范围的煤样各 500 g,粒径分布为小于 7 目、7~10 目、10~18 目、18~35 目、35~60 目。将每一个粒径范围的煤样分为 2 份,一份自然风干,另一份放入烘箱烘干 5 h 制成干燥煤样。取各粒径的烘干煤样 60 g,平均分为 3 份,用喷雾器向每份烘干煤样喷少量水雾并搅拌均匀,将制备好的煤样放入密闭容器内浸润 10 d,使水充分浸润煤样,制得各粒径水分含量分别为 3%,5%,7%的煤样。

2 实验方案及结果分析

2.1 实验方案

设图 1 中 WT-1 型瓦斯放散初速度测定仪的煤样罐从右至左分别为 1 号、2 号、3 号、4 号、5 号、6 号,每种煤样罐放置 3.5 g 煤样,其中 1 号和 2 号、3 号和 4 号、5 号和 6 号分别为一组平行实验。按照实验要求,每种煤样需取 2 个试样做平行实验,设 2 个试样瓦斯放散初速度 ΔP 分别为 ΔP_1 和 ΔP_2 ,则当 $\Delta P_1 = \Delta P_2$ 时, ΔP 取 ΔP_1 ;当 $|\Delta P_1 - \Delta P_2| \leq 1 \text{ mL/s}$ 时, ΔP 取二者最大值;当 $|\Delta P_1 - \Delta P_2| > 1 \text{ mL/s}$ 时,为不合格,应重新装样测试^[8]。

为了分析粒径对煤中瓦斯放散初速度的影响,分别测试了在不同含水率^[9]、不同粒径配比情况下煤中瓦斯放散初速度与粒径的关系。

2.2 不同含水率煤样瓦斯放散初速度与粒径的关系

实验方案:取含水率不同的 5 种煤样(分别为自然风干、烘干 5 h、3% 含水率、5% 含水率、7% 含水率),每种煤样又分为粒径小于 7 目、7~10 目、10~18 目、18~35 目这 4 组,分别装入 WT-1 型瓦斯放

散初速度测定仪的煤样罐,在外界温度、压力等条件相同的情况下,测定瓦斯放散初速度 ΔP 。实验结果如图 2 所示。

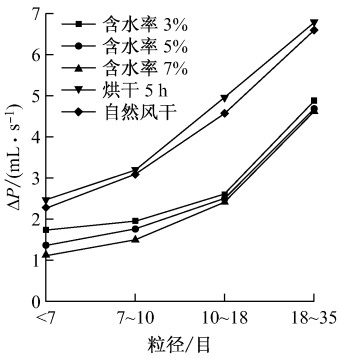


图 2 不同含水率煤样瓦斯放散初速度与粒径关系

从图 2 可看出,随着粒径不断减小,5 种不同含水率的煤样瓦斯放散初速度不断增大,且粒径越小,增大的趋势越明显;烘干 5 h 的煤样各粒径范围内的瓦斯放散初速度大于其他含水率的煤样,含水率为 7% 的煤样各粒径范围内的瓦斯放散初速度最小。造成煤样瓦斯放散初速度随粒径减小而不断增大的原因主要包括:

(1) 煤中瓦斯以吸附和游离 2 种状态赋存在煤层中,通常吸附状态的瓦斯占煤中总瓦斯量的 10% 左右,游离状态的瓦斯占煤中总瓦斯量的 90% 左右^[10]。粒径对煤吸附瓦斯量的影响主要在于粒径导致煤孔结构发生改变,影响了孔容,粒径越小,孔容越大,吸附瓦斯越多,瓦斯放散初速度越大。

(2) 随着煤样粒径不断减小,煤中瓦斯的扩散阻力减小,相同时间内煤中瓦斯的解吸量增加;随着煤样粒径不断减小,在煤基质内部和孔隙表面的瓦斯分子分布更加均匀,分子密度更大,相同时间内煤中瓦斯的解吸量增加;随着煤样粒径不断减小,煤样的孔隙比表面积、孔隙体积增加,参与解吸的瓦斯分子增多,瓦斯分子的浓度增大,煤中吸附瓦斯的解吸速度增加。可见,随着煤粒径的不断减小,煤中吸附瓦斯的解吸量和解吸速度增加,使得煤中瓦斯放散初速度不断增加。

对图 2 中的实验数据进行拟合,可得到不同含水率煤样粒径 x 与煤样瓦斯放散初速度 ΔP 的拟合方程,见表 2。

根据表 2 可知,在实验所选粒径范围内,烘干 5 h 和自然风干煤样瓦斯放散初速度与粒径的拟合关系为

$$\Delta P = C_1(1 - \exp(-C_2x)) \tag{1}$$

式中: C_1, C_2 为由瓦斯压力、煤样的含水率等确定的

表 2 不同含水率煤样粒径与煤样瓦斯放散初速度的拟合关系式

含水率	拟合关系式	拟合度 R^2
烘干 5 h	$\Delta P = 8.275\ 82(1 - \exp(-0.063\ 63x))$	0.983\ 32
自然风干	$\Delta P = 8.354\ 58(1 - \exp(-0.057\ 1x))$	0.991\ 67
含水率 3%	$\Delta P = \exp(0.059\ 75x)$	0.941\ 14
含水率 5%	$\Delta P = \exp(0.057\ 72x)$	0.986\ 07
含水率 7%	$\Delta P = \exp(0.056\ 98x)$	0.986\ 41

常数项。

含一定水分的煤样瓦斯放散初速度与粒径的拟合关系为

$$\Delta P = \exp(C_3x) \tag{2}$$

式中 C_3 为常数,其值随含水率的增大而减小。

由图 2 和表 2 可看出,不同含水率的煤样瓦斯放散初速度与粒径的关系不同,主要原因是煤样粒径变化会改变煤样中水分的分布,使得粒径变化对含水煤样中瓦斯的吸附、解吸、扩散、渗透和运移规律的影响与干燥煤样不同,粒径对含水煤样瓦斯放散初速度的影响机理更为复杂。

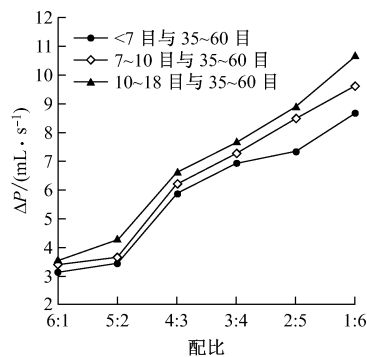
2.3 不同粒径配比煤样瓦斯放散初速度的变化规律

实验方案:根据煤层中不同粒径煤样混合分布的实际情况,针对自然风干和烘干 5 h 这 2 种煤样,分别设置粒径组合为小于 7 目与 35~60 目、7~10 目与 35~60 目、10~18 目与 35~60 目,每一种粒径组合设置 6 种配比,分别为 6:1,5:2,4:3,3:4,2:5,1:6。将不同粒径配比的煤样分别装入 WT-1 型瓦斯放散初速度测定仪的煤样罐,测定瓦斯放散初速度 ΔP 。实验结果如图 3 所示。

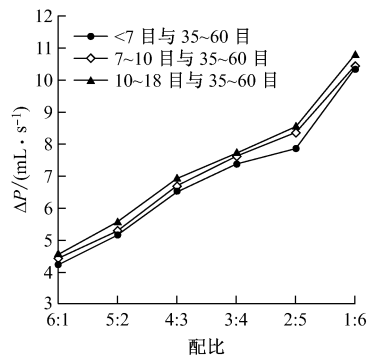
从图 3 可看出,3 组不同粒径配比的煤样,随着 35~60 目煤样的不断增多,煤中瓦斯放散初速度不断增加,说明煤层中粒径小的煤颗粒占的比重越大,煤中瓦斯放散初速度越大,煤层发生突出事故的可能性越大;不同粒径的煤样混合,混合粒径都较小时,瓦斯放散初速度较大,符合前文得出的不同含水率煤样瓦斯放散初速度随粒径减小而不断增加的结论。

3 结论

(1) 随着粒径不断减小,不同含水率的煤样瓦斯放散初速度不断增大,且粒径越小,煤样瓦斯放散初速度增大趋势越明显。主要原因:粒径导致煤孔结构发生了改变,影响了孔容,粒径越小,孔容越大,



(a) 自然风干煤样



(b) 烘干 5 h 煤样

图 3 不同粒径配比煤样瓦斯放散初速度的变化曲线
吸附瓦斯越多,瓦斯放散初速度越大;随着煤粒径的减小,煤中吸附瓦斯的解吸量和解吸速度增加,使得煤中瓦斯放散初速度增加。
(2) 煤层中粒径小的煤颗粒占比越大,煤中瓦斯放散初速度越大,煤层发生突出的可能性越大。

参考文献:

[1] 徐乐华,蒋承林.煤的坚固性系数和瓦斯放散初速度测定过程的影响因素分析[J].煤炭技术,2012,31(1):93-94.

[2] 贾东旭,孙景来.不同变质程度煤体破碎度对瓦斯放散初速度的影响[J].煤炭科学技术,2013,41(8):68-70.

[3] 刘彦伟,刘明举.粒度对软硬煤粒瓦斯解吸扩散差异性的影响[J].煤炭学报,2015,40(3):579-587.

[4] 刘彦伟.煤粒瓦斯放散规律、机理与动力学模型研究[D].焦作:河南理工大学,2011.

[5] 吴鑫,隆泗.不同煤粒粒级配比下的煤与瓦斯突出实验研究[J].中国安全生产科学技术,2012,8(12):16-20.

[6] 许江,刘东,彭守建,等.煤样粒径对煤与瓦斯突出影响的试验研究[J].岩石力学与工程学报,2010,29(6):1231-1237.

[7] 郑迎春,宋聪聪.WT-1型瓦斯放散初速度测定仪的应用[J].中国新技术新产品,2010(17):7.

[8] 袁梅.含瓦斯煤渗透特性影响因素与煤层瓦斯抽采模拟研究[D].重庆:重庆大学,2014.

[9] 李耀谦,刘国磊.煤中水含量对瓦斯吸附与解吸特性影响规律研究[J].工矿自动化,2015,41(6):74-77.

[10] 李文璞.采动影响下煤岩力学特性及瓦斯运移规律研究[D].重庆:重庆大学,2014.