

文章编号: 1673-3363(2011)02-0315-04

由残存瓦斯量确定煤层瓦斯压力及含量的方法

吴冬梅, 程远平, 安丰华

(中国矿业大学煤矿瓦斯治理国家工程研究中心, 江苏 徐州 221008)

摘要 系统研究了突出煤样的破碎粒度、瓦斯压力对突出煤层残存瓦斯含量的影响。实验结果表明, 煤的破碎粒度对残存瓦斯含量有显著影响, 粒径越大, 残存瓦斯量越大, 当煤样粒径较大或较小时, 煤样的残存瓦斯含量均趋于恒定。利用相同暴露时间下同 一粒径煤样得出残存瓦斯含量与煤层瓦斯压力和瓦斯含量均存在幂函数关系。依据此规律, 可在测定煤层的残存瓦斯量后, 结合已确定的煤样残存瓦斯量与瓦斯压力和瓦斯含量关系推算出煤层的瓦斯压力及瓦斯含量。该方法的提出为煤层瓦斯压力和瓦斯含量的确定特别是对突出煤层提出了一种新的可靠便捷方法, 并在祁南煤矿现场得到了验证。

关键词 突出煤层; 残存瓦斯含量; 瓦斯压力; 瓦斯含量

中图分类号 TD 712 **文献标识码** A

Determination of Gas Pressure and Gas Content Based on Residual Gas Quantity of Coal Sample

WU Dong-mei, CHENG Yuan-ping, AN Feng-hua

(National Engineering Research Center of Coal Gas Control, China University of Mining & Technology, Xuzhou, Jiangsu 221008, China)

Abstract In this paper, the residual gas content affected by coal size and gas pressure is investigated. Experiment results show that the coal size has a marked effect on residual gas content and a larger size has a large residual gas content. When the coal size is too large or too small, the residual gas content tends to a constant. The study also shows that the residual gas content has a power function relationship with gas content and gas pressure. Based on this law, after measuring the residual gas content, the gas content or gas pressure can be determined combining the known relationship between the residual gas content and the gas content or gas pressure. This provides a new convenient method for determining gas pressure and gas content, especially for the outburst coal seams. And its credibility has been validated in Qinan coal mine.

Key words outburst coal seams; residual gas content; gas pressure; gas content

煤的残存瓦斯量测定是瓦斯防治技术中的一个重要环节, 是采掘工作面瓦斯涌出量预测的重要部分, 它直接影响着采掘工作面瓦斯涌出量预测的精度。在我国, 残存瓦斯量是煤与瓦斯突出防治中重要指标之一^[1], 同时也是天然气储量评估的重要组成部分。残存瓦斯含量是指煤样在井下解吸一段

时间之后残存于煤中的瓦斯量, 由于其测定用途及各矿条件不一, 难以取得一致的标准。李德祥在研究我国残存瓦斯含量时, 根据现行生产过程及煤样解吸特点认为煤的暴露时间可以统一取为 2 h^[2]。

煤的残存瓦斯含量的大小, 与煤的暴露时间、破碎粒度、煤的解吸性能、原始瓦斯含量等因素有

收稿日期: 2010-09-26

基金项目: 国家自然科学基金重点项目(70533050); 中央高校基本科研业务费专项资金项目(2010QNB02)

作者简介: 吴冬梅(1973), 女, 黑龙江省伊春市人, 高级工程师, 博士, 从事瓦斯参数检验检测方面的研究。

E-mail: newdm9@163.com Tel: 15950668035

着密切关系. 煤层瓦斯放散条件、涌出强度的差异, 煤储层的温度和压力等对残存瓦斯含量的测定起着至关重要的作用^[3-5]. 美国矿务局 Diamond^[6] 研究了美国 250 个煤层 1 500 个煤样的实测残存瓦斯含量结果, 分析表明低变质程度硬煤的残存瓦斯含量占总瓦斯含量的 40%~50%, 而高变质碎煤的残存瓦斯含量少于 10%, 如果残存量过高的煤层, 用瓦斯含量来估算煤层气的储量时可能会引起极大的偏差. 撒占友 1999 年根据采掘工作面开采技术条件, 对气煤、焦煤和无烟煤 3 个煤种对影响落煤瓦斯残存量的主要因素(落煤粒度、原始瓦斯含量和暴露时间)进行综合分析, 分别给出它们的落煤残存瓦斯量的非线性计算公式^[7], 2000 年结合影响落煤残存瓦斯量的多种因素提出了一种确定落煤残存瓦斯量的数学模型^[8], 2003 又提出了一种用于确定采掘工作面落煤残存瓦斯量的自适应调整权值的变步长 BP 神经网络模型法^[9]. 为采掘工作面落煤残存瓦斯量的确定提供了一种新思路和新方法.

残存瓦斯量的研究多集中于其影响因素及预测, 而对于利用残存瓦斯量获取煤层瓦斯压力及含量鲜有涉及. 煤层瓦斯含量测定可分为直接法与间接法, 由于直接法中损失量推算误差和间接法利用吸附常数进行计算时瓦斯压力难以准确测定, 目前准确获得煤层瓦斯含量还是个难题. 特别是对于突出危险煤层来说, 瓦斯初期放散速度快, 损失量大, 直接测定煤层瓦斯含量的精确性受到了很大的限制. 而对于煤层瓦斯压力测定, 由于受测定周期、钻孔封孔质量等因素限制, 煤层瓦斯压力直接测定方法在工程应用中仍有较大困扰. 这对于我国高瓦斯及突出矿井获取煤层瓦斯基本参数以保障煤矿安全和煤层瓦斯资源的开发利用形成了阻碍. 对于同一煤层, 若筛取相近煤层区域相同粒度的煤样, 在暴露时间一致的情况下其残存瓦斯量主要受煤层瓦斯压力和含量影响. 且残存瓦斯量可以通过实验室直接获得, 具有较高的准确性. 因此, 本文研究了煤的残存瓦斯量与原始瓦斯含量和压力的关系, 以提供一种新的可行途径准确方便获得这些煤层瓦

斯基本参数, 这对瓦斯抽放设计、突出防治以及提高煤层瓦斯的采收率有着重要的意义.

1 实验部分

1.1 煤样制备

在祁南煤矿 7 煤和 3 煤工作面采煤机割煤时, 不加挑选地均匀采集各种粒度的落煤煤样. 将所采集煤样带回实验室筛分成以下 6 种粒径: 1) > 15 mm; 2) 10~15 mm; 3) 5~10 mm; 4) 3~5 mm; 5) 1~3 mm; 6) < 1 mm.

1.2 实验方法

称取筛分后的煤样约 100 g 装入煤样罐中, 在 60 °C 恒温水浴中抽真空脱气 8~12 h, 之后向煤样罐中充入预定压力的高纯甲烷气体, 然后置入 30 °C 恒温水浴中进行吸附平衡. 煤样平衡吸附 48 h 后, 记录煤样的平衡压力, 将煤样罐阀门迅速打开, 煤样罐中气体压力快速降至常压, 之后迅速与解吸量筒连接, 开始记录煤样的解吸量. 解吸 2 h 之后, 依据标准 AQ 1066-2008 对煤样罐中煤样进行粉碎前脱气实验, 之后进行粉碎后脱气实验, 测定煤样的残存瓦斯含量^[10].

2 实验结果和分析

2.1 不同粒径残存瓦斯含量实验结果

在同一平衡压力下, 对祁南煤矿 7 煤和 3 煤不同粒径的煤样, 在 120 min 解吸后的残存瓦斯量测定实验结果见图 1 和表 1.

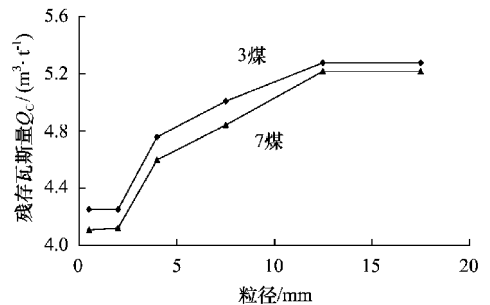


图 1 祁南煤矿 3 煤和 7 煤不同粒径下残存瓦斯量趋势

Fig. 1 Residual gas quantity tendency of 3 coal and 7 coal of different sizes

表 1 祁南煤矿 3 煤和 7 煤不同粒径残存瓦斯量

Table 1 Residual gas quantity of 3 coal and 7 coal of different sizes

煤样	各粒级残存瓦斯含量/(m³·t⁻¹)						平均
	> 15 mm	10~15 mm	5~10 mm	3~5 mm	1~3 mm	< 1 mm	
3煤	5.28	5.28	5.01	4.76	4.25	4.25	5.10
7煤	5.22	5.22	4.84	4.60	4.12	4.11	4.63

从图 1 可以得出不同粒径下煤样残存瓦斯量的变化趋势, 随着煤破碎程度的降低, 煤在解吸后的残存瓦斯量有增大的趋势, 在煤的粒径增加到一定程度时则保持不变. 这是由于煤的粒度愈大, 煤粒内的瓦斯运移路径越长, 流动阻力增高, 使得相同的时间段内煤解吸的瓦斯量越小, 煤的残存瓦斯量则越大. 在煤粒径增大至一定程度时, 煤解吸瓦斯量变化幅度大大降低, 煤的残存瓦斯量有保持恒定的趋势. 同时, 也可以看到煤样粒径在较小时其残存瓦斯量亦变化不大, 这是由于煤的粒径小, 瓦斯放散速度快, 在解吸一段时间后煤体与外界的瓦斯压力梯度降至很低, 煤在解吸时间内其解吸瓦斯量变化幅度降低, 煤的残存瓦斯量有向煤在常压状态下瓦斯含量趋近的趋势. 由于煤粒径对于煤残存瓦斯量有显著的影响, 大粒径和小粒径之间, 煤的残存瓦斯量变化较大, 所以, 选定某一粒径以减小煤粒径变化对残存瓦斯量的影响. 因此本次研究选择了 1~ 3 mm 粒径的煤样对模拟 7 煤和 3 煤在不同瓦斯压力下残存瓦斯含量变化规律进行了研究.

2.2 残存瓦斯含量与压力的关系

在实验室分别测定了 7 煤和 3 煤在不同瓦斯压力下的残存瓦斯含量, 结果见表 2, 图 2, 3.

表 2 不同压力条件下祁南煤矿 7 煤和 3 煤残存瓦斯含量

Table 2 The residual gas quantity of coal 7 and coal 3 at different gas pressure

煤样	压力/MPa	残存瓦斯量/(m ³ ·t ⁻¹)			瓦斯含量/(m ³ ·t ⁻¹)
		粉碎前	粉碎后	残存量	
7 煤	0.65	2.62	0.79	3.41	4.97
	1.64	5.27	0.85	6.12	9.41
	1.80	5.35	0.85	6.20	9.66
	2.25	5.56	0.87	6.44	10.21
	2.80	5.60	1.00	6.60	10.90
	3.16	5.72	1.20	6.92	11.34
	3.83	7.13	1.53	8.66	13.71
3 煤	0.48	1.92	0.55	2.46	3.15
	0.80	2.24	0.65	2.89	4.02
	1.45	2.83	0.90	3.73	5.50
	2.35	2.99	0.97	3.96	6.33
	3.05	3.22	0.80	4.02	6.86
	4.23	4.16	0.78	4.94	7.86

图 2 表明, 两种煤样的残存瓦斯量与瓦斯压力有较好的对应关系, 用幂函数进行拟合, 拟合公式相关系数平方皆在 0.95 以上, 可知煤残存瓦斯量与瓦斯压力之间符合幂函数规律, 7 煤和 3 煤的拟合公式分别为

$$7 \text{ 煤: } Q_c = 4.3616P^{0.484}, \quad (1)$$

$$3 \text{ 煤: } Q_c = 3.1085P^{0.2966}. \quad (2)$$

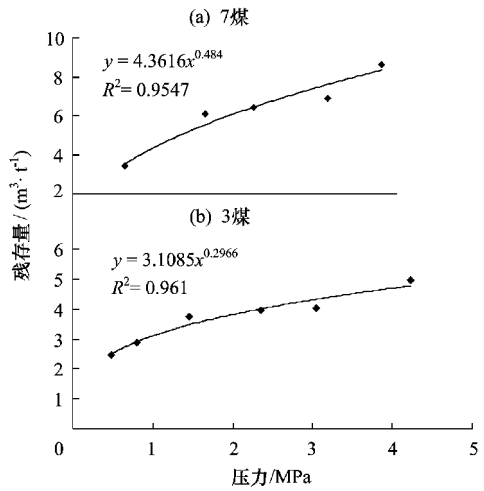


图 2 瓦斯残存量与压力关系
Fig. 2 The relationship between residual gas quantity and gas pressure

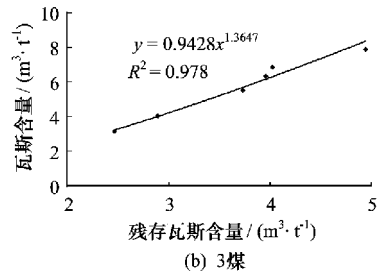
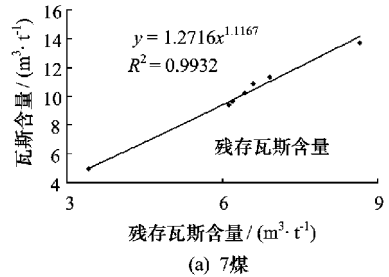


图 3 瓦斯残存量与瓦斯含量关系
Fig. 3 The relationship between residual gas quantity and gas content

从图 3 可以得出, 两个煤样的残存瓦斯量与瓦斯含量有较好的线性关系, 用幂函数进行拟合后发现其拟合相关系数更高. 由拟合结果可知煤残存瓦斯量与瓦斯含量之间有密切的幂函数关系, 7 煤和 3 煤的拟合公式分别为

$$7 \text{ 煤: } Q = 1.2716Q_c^{1.1167}, \quad (3)$$

$$3 \text{ 煤: } Q = 0.9428Q_c^{1.3647}. \quad (4)$$

对此规律进行应用时, 可以在已知煤层瓦斯压力的情况下利用拟合得到的幂函数公式推算该煤层的瓦斯残存量, 从而对采掘工作面瓦斯涌出量进行预测. 此规律另一应用方面是弥补煤矿井下瓦斯压力测定的成功率与准确性, 在一定程度上减少大量井下测压所耗费人力、物力及长时间的测压周期. 利用穿层钻孔或顺层钻孔对煤层某一区域进行

取样,筛分出 1~3 mm 粒径的煤样进行残存瓦斯量测定,可以得到煤样残存瓦斯量与瓦斯压力和含量之间关系。之后,在现场利用穿层或顺层钻孔采集煤样,解吸测定之后,将煤样罐带到实验室进行残存瓦斯量测定得到煤样的残存瓦斯量,利用已确定的煤样残存瓦斯量与瓦斯压力和含量间关系可以得到煤层瓦斯压力和含量。

3 现场应用

祁南煤矿 7 煤位于下石盒子组下部,瓦斯压力大、含量高、煤层松软、透气性差、构造煤发育、应力复杂、瓦斯动力现象类型多(表现为瓦斯喷出、煤与瓦斯突出、岩石与瓦斯突出,突出具有延期性),最大突出强度接近 100 t,7 煤层划为“强突出煤层”。利用穿层钻孔在 7 煤的 716 底板巷抽放钻场采集钻屑煤样,并筛选 1~3 mm 粒径煤样装入煤样罐中,现场解吸测定后将煤样罐送至实验室进行瓦斯残存量测定,所得残存瓦斯量为 6.34 mL/g。在实验室利用上文所述实验模拟方法测定了 7 煤 1~3 mm 粒径煤样在不同瓦斯压力下的残存瓦斯含量,其结果见表 2。残存瓦斯量与瓦斯压力关系拟合见式(1),与瓦斯含量关系拟合见式(3),将残存瓦斯量 6.34 mL/g 代入此式可得,煤层瓦斯压力为 2.166 MPa,煤层瓦斯含量为 $10 \text{ m}^3/\text{t}$ 。

7 煤层瓦斯压力梯度为 0.019 4 MPa/m,压力梯度方程为 $P = 0.0194 \times H - 8.13$,取样地点埋深为 520 m,按压力梯度方程计算此深度煤层压力为 1.958 MPa,此煤层同一埋深处瓦斯压力测定结果为 1.6, 1.81 MPa,与以上瓦斯压力相比较可以确定利用残存瓦斯含量与瓦斯压力关系所确定的煤层瓦斯压力是可靠的。在此煤层取样地点利用直接法所测得瓦斯含量为 $9.441 \text{ m}^3/\text{t}$,略低于本文方法所推算的煤层瓦斯含量。

4 结 论

1) 在同一煤层相近区域,煤的残存瓦斯量受到煤样粒径、暴露时间和煤层瓦斯压力、含量等因素影响。煤粒径越大,残存瓦斯量越大,但在煤粒径较大或较小时则趋于恒定。因此,对煤样残存量与煤层瓦斯压力、含量关系的研究应利用相同暴露时间下同一粒径煤样进行。

2) 对祁南煤矿 7 煤与 3 煤残存瓦斯量进行的研究表明,残存瓦斯量和瓦斯压力、含量之间有幂函数关系,利用此规律,测定不同瓦斯压力下煤残存瓦斯量可以确定煤层瓦斯压力和含量。

3) 在祁南煤矿 716 底板巷抽放钻场利用穿层或顺层钻孔采集煤样,测定煤样的残存瓦斯量,再利用实验室确定的煤样残存瓦斯量和瓦斯压力与含量间关系可以得到煤层瓦斯压力和含量。对结果进行验证,表明利用残存瓦斯含量与瓦斯压力、含量关系所确定的煤层瓦斯压力与含量是可靠的。

参考文献:

- [1] 国家安全监督总局,国家煤矿安监局. 防治煤与瓦斯突出规定[S]. 2009.
- [2] 李德祥. 煤的残存瓦斯含量测定方法[J]. 煤矿安全, 1992(9): 5-8.
LI De xiang. The determination method of residual gas content in coal[J]. Safety in Coal Mines, 1992(9): 5-8.
- [3] NOEL B W, GEORGE L, JAMS C S. Overview of coal and chale gas measurement: field and laboratory [C]//International Coalbed Methane Symposium, 2004: F17.
- [4] BERTARD C, BRUYET B, GUNTHER J. Determination of desorbable gas concentration of coal (Direct Method) [J]. International Journal of Rock Mechanics and Mining Science, 1970, 7(1): 43-65.
- [5] LEVINE J R. Oversimplifications can lead to faulty coalbed gas reservoir analysis[J]. Oil Gas Journal, 1992, 23: 63-69.
- [6] DIAMOND W P, LASCOLA J C, HYMAN D M. Results of direct method determination of the gas content of US coalbeds[R]. US Bureau of Mines, 1986.
- [7] 撒占友. 落煤残存瓦斯量影响因素研究[D]. 北京: 煤炭科学研究总院, 1999.
- [8] 撒占友,何学秋,尹德海. 落煤残存瓦斯量影响因素的分析[J]. 煤炭科学技术, 2002, 30(3): 56-58.
SA Zhar you, HE Xue qiu, YIN De hai. Influence factors analysis of residual gas content in dropped coal[J]. Coal Science and Technology, 2002, 30(3): 56-58.
- [9] 撒占友,何学秋,王恩元,等. 自适应神经网络在确定落煤残存瓦斯量中的应用[J]. 安全与环境学报, 2003, 3(1): 16-19.
SA Zhar you, HE Xue qiu, WANG En yuan, et al. A new approach to determining the remain methane quantity in fallen coals by means of self adapting neural network[J]. Journal of Safety and Environment, 2003, 3(1): 16-19.
- [10] 国家安全监督总局. AQ 1066-2008 煤层瓦斯含量井下直接测定方法[S]. 2008.