

⑤ 27-30

# 煤的瓦斯渗透性影响因素的探讨

## Study on the Factors Affecting Gas Permeability of Coal

张广洋      胡耀华      姜德义  
Zhang Guangyang      Hu Yaohua      Jiang Deyi

TD 712.52

(重庆大学资源及环境工程学院, 重庆, 630044)

**摘 要** 对南桐煤田煤样的渗透率进行了实验室研究,探讨了瓦斯的解吸特性、温度、煤中水分对瓦斯渗透的影响。结果表明,在瓦斯无解吸的情况下,瓦斯压力降低,煤的渗透率也降低,然而在解吸瓦斯压力作用下,煤对瓦斯的渗透率会增加。煤样瓦斯的渗透率的对数与温度成线性关系。含水煤样的渗透率明显低于干煤样的渗透率,随着含水量的增加,煤样瓦斯的渗透率减小。

**关键词** 渗透率; 解吸; 温度

煤, 瓦斯

中国图书资料分类法分类号 TD712.52

**ABSTRACT** In this paper, the permeability of coal from Nantong colliery is studied in a laboratory. The effects of desorbed gas temperature and water content on gas permeability were investigated. The results of experiments indicated that decreasing gas pressure without desorption, the permeability of coal decreases. However, below the desorption pressure, the permeability of coal for methane increases. The results suggest that the logarithm of permeability of coal is a linear function of the temperature and the permeability of coal saturated with water is less than the permeability of dry coal; with the increase of water content, the permeability of coal for methane is increasing.

**KEYWORDS** permeability; desorption; temperature

### 0 引 言

在煤矿开采中的各种瓦斯动力现象中,如煤与瓦斯突出、涌出等均与煤层的渗透性有关,因此,系统地研究煤层的渗透性能,是防止煤矿自然灾害的理论基础。研究表明,影响煤层的瓦斯渗流因素十分复杂,它与煤的孔隙结构破坏特性、地应力、煤层瓦斯压力、瓦斯的含量、瓦斯的吸附解吸特性、煤层温度、煤中水分含量等均有密切的关系。地应力、煤层瓦斯压力、瓦斯含量对煤层渗透性的影响,国内外不少学者已进行了研究<sup>[1~3]</sup>,而煤层的温度、瓦斯的解吸性及煤中水分含量对煤层瓦斯渗透性的影响,国内外的报导比较少。众所周知,煤中90%以上的瓦斯吸附于煤的孔隙表面,这部分瓦斯含量主要取决于煤层瓦斯压力,当煤层瓦

\* 收文日期 1994-07-20  
国家教委博士点基金资助

斯压力降低时,部分吸附瓦斯要解吸出来,变为游离瓦斯,煤层瓦斯的解吸特性对煤层渗透性能有重要影响,而煤层温度的变化又要引起煤层中孔隙变化,且同时影响瓦斯的解吸特性,从而也对煤层中瓦斯的流动特性产生影响。在实际现场中,煤层中含有不同程度的水分,水分的存在对煤层瓦斯的运移特性有重要影响,笔者在本文中重点讨论了瓦斯的解吸性、煤层温度及煤中水分含量的煤层瓦斯运移特性的影响。

## 1 实验方法

煤样取自四川南桐煤田,其水分,灰分及挥发分分别为 0.72%, 8.50%, 19.24%。由于原煤样加工试件困难较大,即使制成了样品,也是煤层中的个别硬块,不具有代表性和典型性,不能真实地反映实际煤层的特征。因此,笔者采用成型煤样模拟真实煤层,当然,成型煤样与原煤样之间的孔隙体积、渗透率在其数量上的确存在一定程度的差异,但其变化规律却具有相当好的一致性,因此,作为煤层瓦斯渗透性一般规律的探讨是可行的。

实验前,先将原煤样粉碎出粒径在 0.25 mm 以下的粉煤,然后在 100 MPa 压力下成型,制成长度为 90 mm,直径为 50 mm 的试样。成型煤样放入烘箱中,在 60℃ 温度下干燥 4 小时左右,然后放入干燥器中备用。为了测试煤中水分含量对瓦斯渗透率的影响,这部分煤样成型时,首先在粉煤中均匀喷入一定量的水,然后再成型,根据喷入水的质量确定成型煤样的含水量。

实验采用稳定流动的测试技术。实验系统见图 1,由气体供给系统,变形检测系统,围压供给系统,加热系统,取气测量系统等五部分组成。

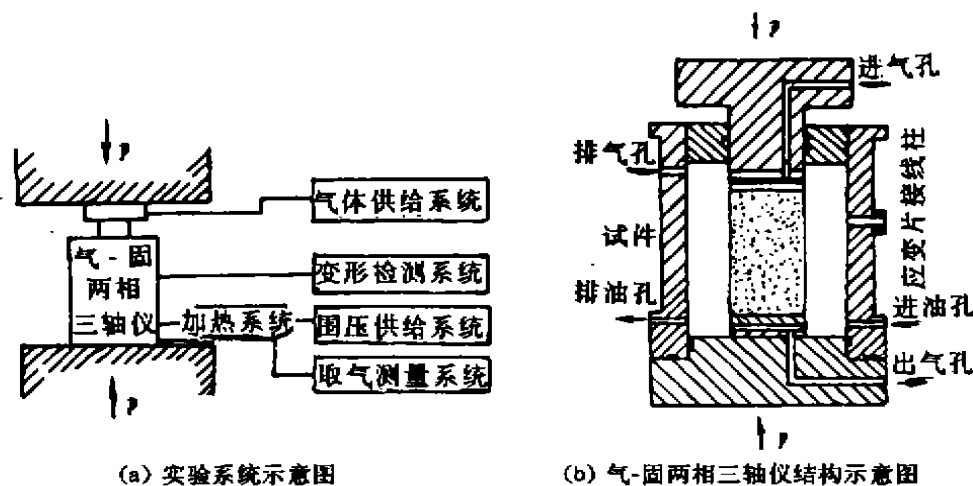


图 1 实验系统装置示意图

实验时,将成型煤样放入三轴仪中,将各系统连接好,然后同步施加围压和轴压至规定值,保持围压和轴压不变,而后将气体缓慢注入试样中,并逐渐达到所要求的气体压力值,待气体压力稳定后,测量试样的渗透率。在考证解吸瓦斯对煤样渗透的影响时,逐渐增大气体压力值,当气体压力达到一定值后,再降低气体压力,分别测出对应于每一气体压力下试样

的渗透率,直到试样中瓦斯的流速小到无法测量的地步。为了考察由于温度的变化对瓦斯渗透性的影响,先测量常温下煤样瓦斯的渗透率,然后通过加热装置升高围压油温,经过充分热交换后,可以认为煤样的温度接近油温,此时再测量同一轴压,围压和气体压力下煤样的渗透率。

## 2 实验结果分析

### 2.1 瓦斯的解吸对煤样渗透率的影响

渗透率是按达西定律计算的,具体计算公式见文献[3]。实验结果如图2所示,由图中看出,在增大气体压力 $P$ 时,在低压阶段(气压小于3 MPa)煤样的渗透率减小,这是由于克林伯格效应的结果,同时瓦斯的吸附也使煤样的渗透率减小,当气体压力大于3 MPa后,煤样的渗透率随着气压的增大而增大。在降压阶段,在气体压力降至3 MPa以前,随着气压的降低,煤的渗透率随着减小;当气体压力小于3 MPa后,随着气压的降低,煤样的渗透率开始增大。根据我们用同一煤样做的吸附实验结果表明,在气体压力达到3 MPa左右,吸附瓦斯达到饱和,也就是说,在上述渗流实验中,当气体压力降至3 MPa时,吸附瓦斯开始解吸,瓦斯渗透率的增加是由于瓦斯的解吸造成的,这与文献[4]的结果是相符的。

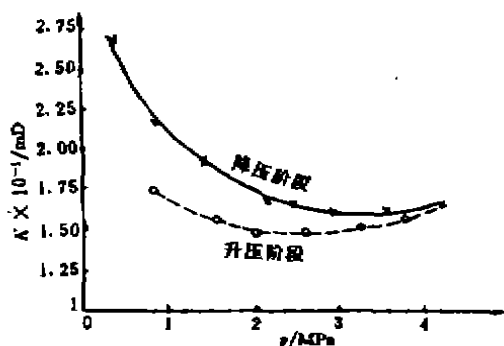


图2 煤样的渗透率 $K$ 与气体压力 $p$ 的变化关系

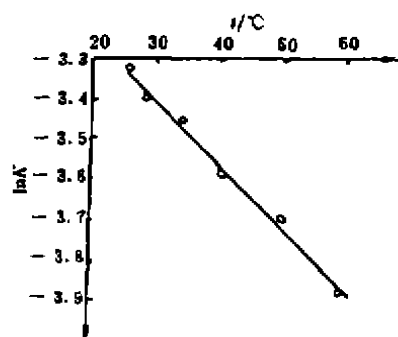


图3 温度的变化对煤样渗透率的影响

### 2.2 温度对煤样瓦斯渗透率的影响

温度的变化对煤样瓦斯的渗透率有重要影响。图3为在一定轴压,围压和气压下煤样渗透率的对数与温度的变化关系,由图中可以看出,随着温度的升高,煤样瓦斯的渗透率降低。煤样瓦斯渗透率的对数与温度的关系成线性,即符合下列方程:

$$\ln K = A + Bt$$

式中  $K$ ——渗透率;

$t$ ——温度;

$A, B$ ——实验常数。

温度升高,煤体骨架要发生热膨胀,从而使瓦斯通道缩小,使煤样瓦斯渗透率也随之降低,另一方面,温度升高后,瓦斯气体的粘度降低<sup>[6]</sup>,从而也使煤样中瓦斯的渗透率降低。

### 2.3 煤中水分含量对瓦斯渗透率的影响

因成型煤样是在同一成型条件下进行的,同一种煤样的成型煤的孔隙,裂隙分布,力学性质应该是类似的,故本实验分别用喷入一定量水的煤粉成型样以及烘干煤粉成型煤样来做瓦斯的渗透实验。实验结果如图4所示。由图中可以看出,在同等条件下,含水煤样的渗透率明显低于干煤样的渗透率;随着含水量的增加,煤样瓦斯渗透率降低得愈大,并且看出,含水煤样的瓦斯渗透率随有效围压降低的速率比干煤样大得多,也就是说,含水煤样的渗透率对外界应力更加敏感。含水煤中孔隙,裂隙部分吸附水,使得瓦斯渗透的通道减少,从而使瓦斯渗透率降低。

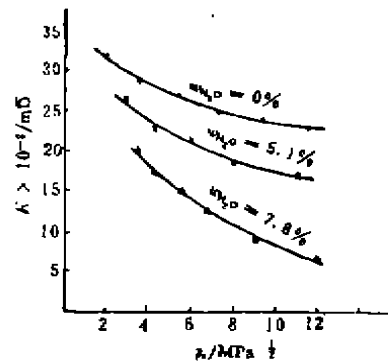


图4 不同含水量煤样的渗透率与围压  $p_e$  的关系  $W_{H_2O}$  为煤样中水的质量分数

## 3 结 论

1) 在瓦斯无解吸的情况下,瓦斯压力降低,煤的渗透率也降低;然而在瓦斯解吸压力下,煤对瓦斯的渗透性会增加,这种增加是由于瓦斯的解吸性造成的。

2) 随着温度的升高,煤的渗透率也随之降低,其变化规律为:

$$\ln K = A + Bt$$

3) 在同等外界环境条件下,含水煤样的渗透率明显低于干煤样的渗透率,并且,含水煤样的渗透率比干煤样对外界应力更加敏感。

本文得到鲜学福教授的帮助,在此表示诚挚的谢意。

### 参 考 文 献

- 1 Somerton W H. Effect of Stress on Permeability of Coal, *Int. J Rock Mech Min Sci.* 1974, (12): 129~145
- 2 罗新荣. 煤层瓦斯运移物理与数值模拟分析. *煤炭学报*, 1992, 17(2): 49~55
- 3 张广洋. 煤层瓦斯运移的数学模型. *重庆大学学报*, 1994, 17(4): 53~57
- 4 Harpalani S. An Investigation of the Effect of Gas Desorption on Coal Permeability, *Proceedings of the 1989 Coalbed Methane Symposium*, 1989, 57~64
- 5 贝尔 J 著. 多孔介质流体动力学. 北京: 中国建筑工业出版社, 1984, 25