

煤及煤层顶底板的孔隙结构特征^{*}

张 井 韩宝平 唐家祥 冯启言
(中国矿业大学资环学院 徐州 221008)

摘要 使用 9310 型微孔结构分析仪, 对煤和煤层顶、底板岩石的孔隙特征作了系统研究, 取得下列结论: 煤的孔隙发育主要受煤的变质程度、煤岩组分及成煤植物和后期构造破坏等因素的综合控制; 碎屑岩的孔隙发育主要受岩石粒度和充填胶结程度控制; 灰岩孔隙发育特征主要受溶蚀作用强度控制。

关键词 孔隙度 测量 煤 岩石

中国图书资料分类法分类号 P583

作者简介 张 井 男 46 岁 工程师 煤油气地质

1 引言

煤及其顶、底板岩石的孔隙是煤层气和地下水储集运移的场所。它们的结构特征和连通程度, 对瓦斯突出、瓦斯抽放和顶、底板突水起着重要作用, 本文利用美国 9310 型微孔结构分析仪, 系统地研究了一些矿区的煤层及其顶、底板岩石的孔隙特征及其控制因素。

2 测试仪器与方法

9310 型微孔结构分析仪(又称压汞仪), 系美国佐治亚州 Micromeritics 仪器公司产品, 工作压力范围 $0.0 \text{ MPa} \sim 207 \text{ MPa}$, 低压分辨率为 $\pm 0.001 \text{ MPa}$,

高压分辨率为 $\pm 0.01 \text{ MPa}$, 测定孔径范围为 $0.006 \sim 360 \mu\text{m}$ 。根据不同压力下汞液进入煤和岩石中的数量可求出岩石的孔隙度及各种直径的孔隙在总孔隙所占的比例。

测定方法: 首先将试样置于 $70 \sim 80^\circ\text{C}$ 的烘箱内烘干 10 h , 然后装入膨胀计中抽真空, 当真空度达到 $50 \mu\text{m}$ 汞柱以下时, 将汞液注入膨胀计中。通过逐步加压, 使汞液进入所测样品的孔隙中, 压入孔隙中汞的体积由露出汞液面的铂电阻丝的变化求出。孔隙度可通过下式求出:

$$\text{最大累计进汞体积/岩样体积} \times 100\%。$$

3 煤的孔隙特征

煤岩中既有在沉积成煤过程中形成的原生孔隙, 又有成煤后受构造破坏所形成的次生孔隙。其孔

CONTROL FACTORS ON THE OCCURRENCE OF COALBED METHANE IN NINGWU COAL FIELD, SHANXI PROVINCE

Guo Wumei Wu Yuxiu

(The Ninth petroleum Brigade of the Petroleum Geological Bureau in North China)

Abstract In Ningwu coal-bearing reaion, the strengths of structural stress suffered by various structure positions and coal seams are distinct under the transformations of Indosinian and Yanshanian movements. The transformed degrees are also different, therefore, the main factors controlling the occurrence of coalbed methane are obviously not alike.

Keywords coalbed methane; control factor; fracture; gas-bearing property; Ningwu coalfield

* 煤炭基金资助项目

隙类型和连通程度变化很大, 它们互相组合形成裂隙性多孔隙介质, 为瓦斯的储存和运移提供了空间和通道。

对 10 个矿区、130 余块煤样进行的系统测试, 结果表明, 煤岩孔隙发育特征主要受以下因素控制:

- a. 煤的变质程度 变质程度越高, 沉积压实作用越强, 其孔隙度越小;
- b. 煤岩组分及成煤植物 这主要与成煤植物残余孔隙和粒间孔隙有关;
- c. 后期构造破坏程度 构造在煤层中形成大量节理和微裂隙, 增大了煤岩的孔隙性, 最典型者为构造煤, 其孔隙发育以微裂隙为主。典型煤样测试结果见表 1、图 1。

从表 1 和图 1 可以看出, 随着 $R_{o,\max}$ 的增大, 其孔隙度总体趋势减小。其中仅河南焦作无烟煤例外, 其原因有二: 一为煤样受九里山断层破坏影响, 后生微裂隙发育, 表现在进汞峰值段主要在 $10 \mu\text{m}$ 以上, 且以大于 $100 \mu\text{m}$ 者为主; 二为煤受高温高压作用, 分子定向排列, 促使层间微裂隙增加, 即压汞曲线上反映的那些微孔。就测试结果而言, 安徽淮北的低变质烟煤与四川南桐的中变质烟煤具有相同的孔隙度 (7.64%), 但从压汞曲线上可以看出, 两者的孔隙结构差异很大, 前者小于 $1 \mu\text{m}$ 的原生孔隙占 60% 以上, 后者孔径大于 $10 \mu\text{m}$ 者占 65% 以上, 且相互间连通性较好。这是由于后者在内生裂隙的基础上又叠加了乌龟山背斜形成时产生的构造微裂隙, 所以南桐矿瓦斯抽放工作条件较好。吉林长白山泥炭, 植物碎屑呈杂乱支撑状堆积, 碎屑间孔隙大, 植物组织残余孔隙也多大于 $10 \sim 20 \mu\text{m}$ ^[1], 导致其孔隙度高达 29.15%, 孔径大于 $10 \mu\text{m}$ 的孔隙也约占 95%。云

南金所的褐煤主要以粒间孔隙为主, 孔径为 $0.1 \sim 1 \mu\text{m}$ 者占 80% 以上, 因而在阶段进汞曲线上显示为单一的进汞峰值。

4 碎屑岩的孔隙结构特征

我国煤层的顶、底板多为泥岩和砂岩, 其孔隙发育程度常常是充水性、富水性好坏的主要控制因素。对十余对矿井的 90 块岩样的分析测试表明: 碎屑岩的孔隙发育特征主要受岩性、岩石粒度和胶结类型控制, 其典型压汞曲线见图 2。

泥岩由于致密, 孔隙度一般小于 2%, 常发育一些不同宽度的隐裂隙, 在一定压力下汞液可以侵入, 故在阶段进汞曲线上显示多个孤立的进汞峰值, 累计进汞曲线则呈台阶状。粉细砂岩由于胶结程度不同, 孔隙结构有较大差异, 孔隙度分布在 3% ~ 12% 的范围。图 2b 为胶结致密的粉细砂岩, 以粒间微孔隙为主, 图 2c 为胶结疏松的粉细砂岩, 粒间大孔隙占有很大比例。中粗砂岩, 颗粒较粗, 粒间孔隙多大于 $10 \mu\text{m}$, 孔隙度 5% ~ 25%, 阶段进汞曲线显示进汞峰值主要在大孔隙段。

5 灰岩的孔隙结构特征

灰岩在我国煤矿区常常是煤层的直接或间接充水含水层, 其孔隙发育特征直接影响煤矿充水条件和防治水工作的难易程度。60 余块灰岩压汞测试结果表明: 灰岩的孔隙发育特征主要受风化溶蚀程度和裂隙发育特征控制^[2], 孔隙度为 0.3% ~ 18.30%, 其典型压汞曲线见图 3。

图 3a 样为地下 500 m 处太原组薄层灰岩, 岩石致密, 无溶蚀现象, 仅有粒间超微孔发育。b 样为

表 1 典型煤样孔隙测试结果

煤样产地	最大镜质组反射率 $R_{o,\max}/\%$	孔隙度 /%	平均孔径 $/\mu\text{m}$	总孔隙表面积 $/\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$	最大进汞量 $/\text{mL} \cdot \text{g}^{-1}$	孔隙直径中值 $/\mu\text{m}$
吉林长白山(现代泥炭)	0.15	29.15	50.052 3	0.145 0	1.814 0	52.4720
云南金所(上新世)	0.38	24.93	0.098 2	6.818 0	0.167 3	0.382 8
安徽淮北(二叠纪)	0.85	7.64	0.027 0	6.197 1	0.041 9	0.066 6
四川南桐(二叠纪)	1.24	7.64	0.048 5	4.799 4	0.058 2	52.844 8
河南焦作(石炭纪)	4.93	10.09	0.047 3	6.354 2	0.071 6	96.190 2

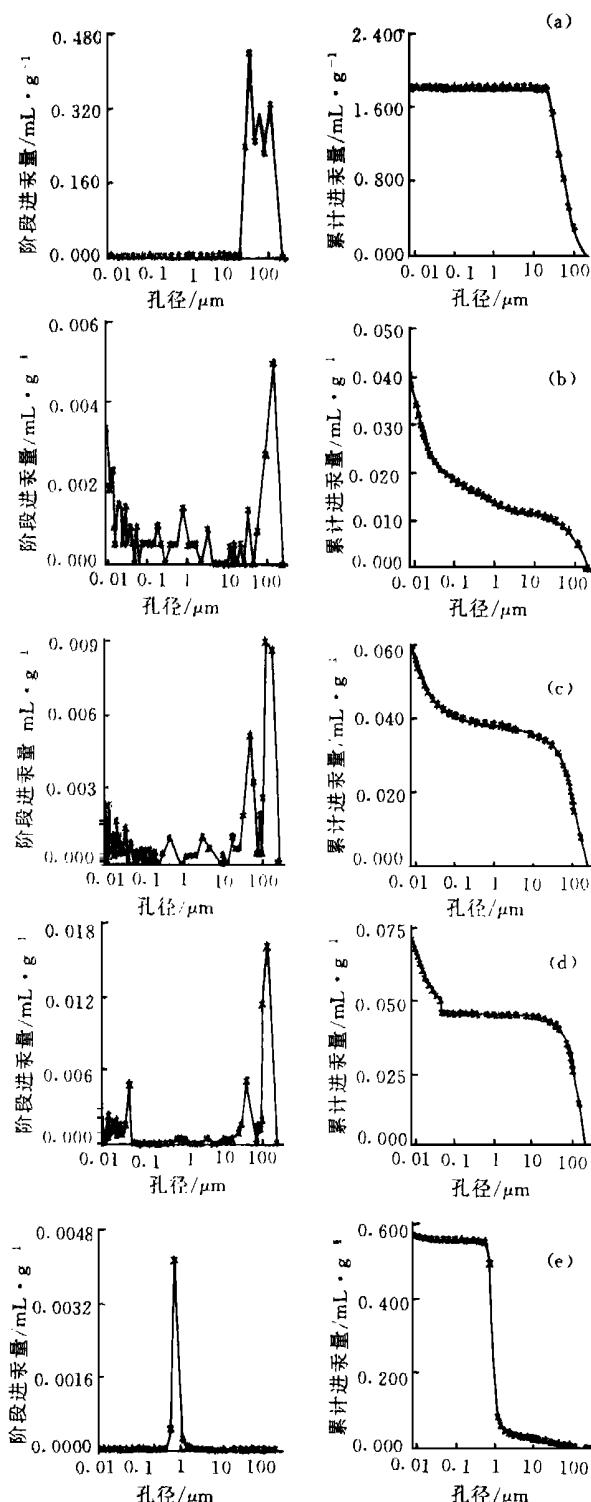


图 1 煤样典型压汞曲线图

a —— 长白山泥岩; b —— 淮北二叠纪煤;
c —— 南桐二叠纪煤; d —— 焦作石炭纪煤;
e —— 金所上新世煤

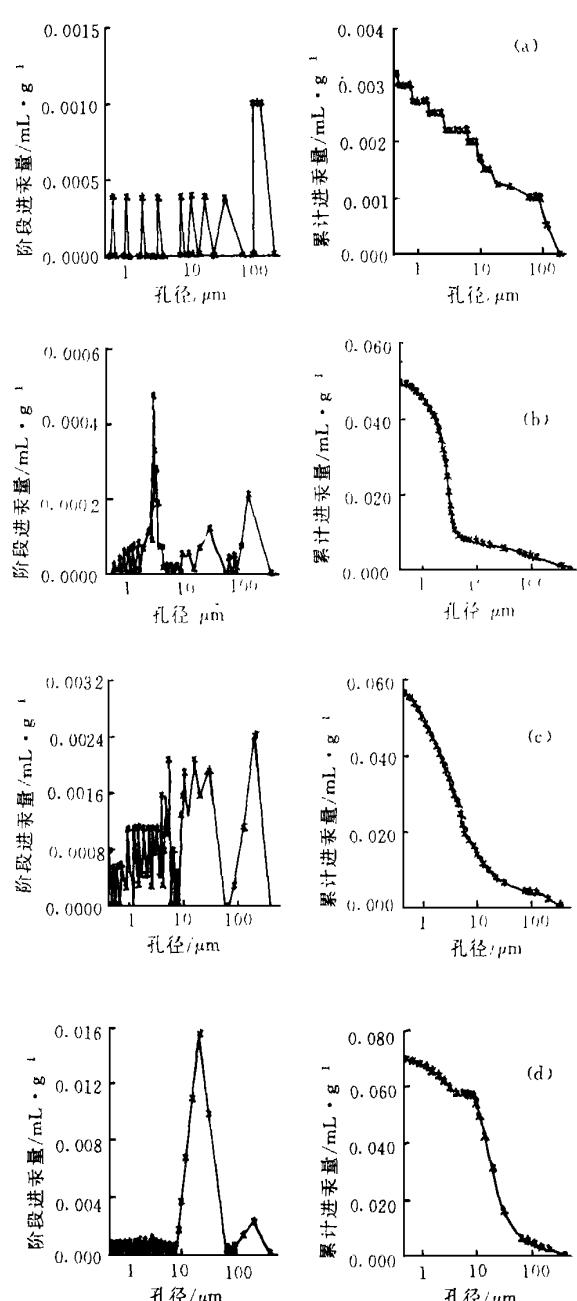


图 2 碎屑岩典型压汞曲线

a —— 泥岩; b —— 胶结致密的粉细砂岩;
c —— 胶结疏松的粉细砂岩; d —— 中粗砂岩

浅埋藏风化灰岩, 由于受溶蚀作用影响, 各种孔径的溶孔均有发育, 因此阶段进汞曲线显示多个进汞峰值段, 累计进汞曲线近于一条直线, 表明各种孔隙连通性较好。c 样为南桐矿区蒲河边强烈风化的长兴灰岩, 蜂窝状溶蚀孔洞发育, 大于 10 μm 的孔隙占

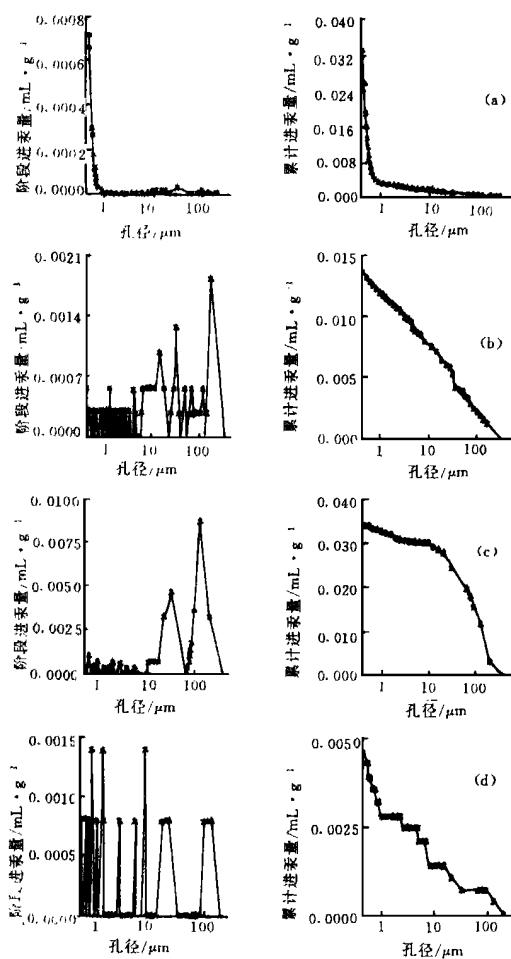


图3 灰岩典型压汞曲线

a——晚石炭世太原组新鲜灰岩(江苏徐州);b——早二叠世山西组风化灰岩(江苏徐州);c——晚二叠世长兴组强烈溶蚀性灰岩(四川南桐);d——晚石炭世太原组裂隙性灰岩(山东兗州)。

85%以上。由于孔隙大, 连通性好, 成为蒲河水渗漏补给井下的通道, 汛期雨后常导致井下涌水量增大。d样为兗州矿务局杨村矿突水断层附近的灰岩试

样, 由于受主断层的影响, 岩样上微裂隙发育, 虽然其孔隙度较小, 储水空间有限, 但连通性好, 导水作用强, 故在阶段进汞曲线上显示为不同宽度微裂隙并存的特征, 累计进汞曲线呈台阶状。

综上所述, 煤和岩石是具有不同直径的孔隙和不同宽度的裂隙、微裂隙的多孔介质, 其孔隙发育特征既受原生沉积成岩环境和成岩过程控制, 又受后生构造活动的影响, 因此孔隙结构类型和连通方式复杂多变, 影响着煤层气和地下水的赋存运移特征。

参考文献

- 1 于冰, 张井等. 云南第三纪浅色褐煤孔隙特征与成煤植物. 中国煤田地质, 1996;8(3):26~28
- 2 韩宝平, 张井. 碳酸盐岩风化过程中空隙结构的变化. 中国岩溶, 1994;13(4):375~379

(收稿日期 1997-02-17)

THE PORE STRUCTURAL CHARACTERISTICS IN COALS AND ROOF AND FLOOR ROCKS

Zhang Jing Han Baoping Tang Jiaxiang Feng Qiyuan
(China University of Mining and Technology)

Abstract Using the micropore structure analyzer of 9310 type, the pore characteristics in coals and roof and floor rocks of seams are studied systematically. It is concluded that pore development in coal is controlled comprehensively by the factors such as metamorphism degree of coal, coal component, coal-forming plant and posttectonic rupture; the pore development in detrital rocks is controlled mainly by the grain size of rock and filling and cementing degrees; and the pore development in limestone is controlled mainly by the corrosion intensity.

Keywords porosity; measurements; coal; rocks