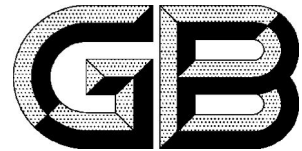


ICS 73.040  
D 21



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 19560—2008  
代替 GB/T 19560—2004

---

## 煤的高压等温吸附试验方法

Experimental method of high-pressure  
isothermal adsorption to coal

2008-07-29 发布

2009-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布



## 前 言

本标准代替 GB/T 19560—2004《煤的高压等温吸附试验方法 容量法》。

本标准与 GB/T 19560—2004 相比,主要修订内容有:

——标准名称改为《煤的高压等温吸附试验方法》;

——适用范围增加了褐煤;

——附录 A 中去掉了“空气干燥基”和“干燥无灰基”中“计算”一列,增加了“平衡水分基”的吸附量。

本标准的附录 A 为规范性附录。

本标准由中国煤炭工业协会提出。

本标准由全国煤炭标准化技术委员会归口。

本标准起草单位:煤炭科学研究总院西安研究院、中联煤层气有限责任公司。

本标准主要起草人:张庆玲、张遂安。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 19560—2004。



# 煤的高压等温吸附试验方法

## 1 范围

本标准规定了煤的容量法高压等温吸附试验方法。

本标准适用于烟煤和无烟煤对甲烷等气体吸附能力的测定。褐煤对甲烷等气体吸附能力的测定参考执行。

## 2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

GB/T 212 煤的工业分析方法(GB/T 212—2008, ISO 11722:1999, ISO 1171:1997, ISO 562:1998, NEQ)

GB 474 煤样的制备方法(GB 474—1996, eqv ISO 1988:1975)

## 3 方法提要

首先,将达到平衡水分的一定粒度的煤样样品置于密封容器中,测定其在相同温度、不同压力条件下达到吸附平衡时所吸附的甲烷等试验气体的体积;然后,根据 Langmuir 单分子层吸附理论,通过理论计算求出表征煤对甲烷等试验气体吸附特性的吸附常数—Langmuir 体积( $V_L$ )、Langmuir 压力( $p_L$ )以及等温吸附曲线。

## 4 仪器设备

### 4.1 平衡水分测定装置

- 干燥器;
- 天平:感量 0.1 mg;
- 恒温系统。

### 4.2 等温吸附装置

- 样品缸;
- 参考缸;
- 恒温控制系统:灵敏度 0.3 °C;
- 温度监测系统:温度传感器灵敏度:0.3 °C;
- 压力监测系统:压力传感器灵敏度:0.001 MPa;
- 数据处理系统:微机及数据处理软件。

## 5 试剂

- 5.1 硫酸钾过饱和溶液;
- 5.2 甲烷气体:纯度 99.99%;
- 5.3 氦气:纯度 99.99%;
- 5.4 蒸馏水。

## 6 样品的制备

### 6.1 样品质量和制样

按照 GB/T 474 制取粒度为 0.25 mm~0.18 mm(60 目~80 目)的煤样 200 g。

### 6.2 工业分析

按照 GB/T 212 执行。

### 6.3 煤样的平衡水分测定

6.3.1 称取空气干燥基煤样,样量不少于 35 g。

6.3.2 将称量后的煤样置于器皿中,均匀加热适量蒸馏水。

6.3.3 将装有样品的器皿放入湿度平衡的干燥器中,干燥器底部装有足量的硫酸钾过饱和溶液,每隔 24 h 称量一次,直到相邻两次称量变化不超过试样质量的 2%。

平衡水分计算公式见式(1):

$$M_e = \left(1 - \frac{G_2 - G_1}{G_2}\right) \times M_{ad} + \frac{G_2 - G_1}{G_2} \times 100 \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$M_e$ ——样品的平衡水分含量,%;

$G_1$ ——平衡前空气干燥基样品质量,单位为克(g);

$G_2$ ——平衡后样品质量,单位为克(g);

$M_{ad}$ ——样品的空气干燥基水分含量,%。

## 7 试验步骤

### 7.1 试样装缸

将达到平衡水分的煤样准确称量,迅速装入样品缸内。

### 7.2 气密性检查

#### 7.2.1 调节温度

设置并调节系统温度,使样品缸和参考缸的温度稳定在储层温度。

#### 7.2.2 充气

向系统充入氦气,压力高于等温吸附试验最高压力 1 MPa。

#### 7.2.3 采集数据

系统采集参考缸和样品缸的压力数据,压力在 6 h 内保持不变,则视为系统气密性良好。

### 7.3 自由空间体积测定

#### 7.3.1 调节温度

设置并调节系统温度,使样品缸和参考缸的温度稳定在储层温度。

#### 7.3.2 充气

打开氦气瓶,向系统充入氦气,调节参考缸压力值达到 2 MPa~3 MPa,然后关闭参考缸阀门。

#### 7.3.3 采集数据

打开参考缸阀门与样品缸阀门,待压力平衡后采集一组数据。

7.3.4 重复 7.3.2 到 7.3.3 两次。自由空间体积重复测定 3 次,其中两两之间值差不大于 0.1 cm<sup>3</sup>。

7.3.5 求得煤样的体积,计算出样品缸内自由空间体积。

### 7.4 等温吸附试验

#### 7.4.1 最高试验压力的确定

最高试验压力通常设置为储层压力的 1.1 倍,且最高试验平衡压力不得低于 8 MPa。

#### 7.4.2 试验压力点分布

- 当最高试验平衡压力为 8 MPa 时,试验压力点不少于 6 个;  
 当最高试验平衡压力在 8 MPa~12 MPa 之间,试验压力点不少于 7 个;  
 当最高试验平衡压力大于 12 MPa,试验压力点不少于 8 个。

#### 7.4.3 充气

打开调节阀门和参考缸阀门,向系统充入甲烷气体或其他试验用气体,调节参考缸压力至目标压力。

#### 7.4.4 数据采集

达到目标压力,且温度稳定后,启动等温吸附试验程序自动采集样品缸和参考缸内的时间、压力、温度等相关数据,并将数据记录为数据文件。

#### 7.4.5 吸附平衡时间确定

根据煤样的变质程度、样品质量等实际情况确定,但不得少于 12 h。

7.4.6 重复 7.4.3 到 7.4.5 步骤,自低而高逐个压力点进行试验,直至最后一个压力点试验结束。

### 8 数据处理

#### 8.1 煤样体积和自由空间体积计算

煤样的体积计算公式见式(2):

$$V_S = \frac{(p_2 \times V_2)/(Z_2 \times T_2) + (p_3 \times V_3)/(Z_3 \times T_3) - (p_1 \times V_1)/(Z_1 \times T_1)}{p_2/(Z_2 \times T_2) - p_1/(Z_1 \times T_1)} \quad \dots\dots(2)$$

式中:

- $V_S$ ——煤样的体积,单位为立方厘米( $\text{cm}^3$ );  
 $p_1$ ——平衡后压力,单位为兆帕(MPa);  
 $p_2$ ——参考缸初始压力,单位为兆帕(MPa);  
 $p_3$ ——样品缸初始压力,单位为兆帕(MPa);  
 $T_1$ ——平衡后温度,单位为开(K);  
 $T_2$ ——参考缸初始温度,单位为开(K);  
 $T_3$ ——样品缸初始温度,单位为开(K);  
 $V_1$ ——系统总体积,单位为立方厘米( $\text{cm}^3$ );  
 $V_2$ ——参考缸体积,单位为立方厘米( $\text{cm}^3$ );  
 $V_3$ ——样品缸体积,单位为立方厘米( $\text{cm}^3$ );  
 $Z_1$ ——平衡条件下气体的压缩因子;  
 $Z_2$ ——参考缸初始气体的压缩因子;  
 $Z_3$ ——样品缸初始气体的压缩因子。

求得煤样的体积,计算出样品缸内自由空间体积。

计算公式如式(3)所示:

$$V_f = V_0 - V_S \quad \dots\dots\dots(3)$$

式中:

- $V_f$ ——自由空间体积,单位为立方厘米( $\text{cm}^3$ );  
 $V_0$ ——样品缸总体积,单位为立方厘米( $\text{cm}^3$ );  
 $V_S$ ——煤样的体积,单位为立方厘米( $\text{cm}^3$ )。

#### 8.2 计算各压力点吸附量

根据参考缸、样品缸的平衡压力及温度,计算不同平衡压力点的吸附量。

利用公式(4):

$$pV = nZRT \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

- $p$ ——气体压力,单位为兆帕(MPa);
- $V$ ——气体体积,单位为立方厘米( $\text{cm}^3$ );
- $n$ ——气体的摩尔数,单位为摩(mol);
- $Z$ ——气体的压缩因子;
- $R$ ——摩尔气体常数,单位为焦每摩开( $\text{J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ );
- $T$ ——平衡温度,单位为开(K)。

分别求出各压力点平衡前样品缸内气体的摩尔数( $n_1$ )和平衡后样品缸内气体的摩尔数( $n_2$ ),则煤样吸附气体的摩尔数( $n_i$ )为:

$$n_i = n_1 - n_2 \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

- $n_i$ ——气体的摩尔数,单位为摩(mol);
- $n_1$ ——平衡前样品缸内气体的摩尔数,单位为摩(mol);
- $n_2$ ——平衡后样品缸内气体的摩尔数,单位为摩(mol)。

各压力点的吸附气体的总体积( $V_i$ )见式(6):

$$V_i = n_i \times 22.4 \times 1\ 000 \quad \dots\dots\dots(6)$$

各压力点的吸附量( $V_{\text{吸附量}}$ )见式(7):

$$V_{\text{吸附量}} = V_i / G_c \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

- $V_{\text{吸附量}}$ ——吸附量,单位为立方厘米每克( $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ );
- $V_i$ ——吸附气体的总体积,单位为立方厘米( $\text{cm}^3$ );
- $G_c$ ——煤样质量,单位为克(g)。

### 8.3 计算 $V_L$ 和 $p_L$

根据 Langmuir 方程:

$$p/V = p/V_L + p_L/V_L \quad \dots\dots\dots(8)$$

式中:

- $p$ ——气体压力,单位为兆帕(MPa);
- $V$ ——在压力  $p$  条件下吸附量,单位为立方厘米每克( $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ );
- $V_L$ ——最大吸附容量,又称 Langmuir 体积,单位为立方厘米每克( $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ );
- $p_L$ ——Langmuir 压力,单位为兆帕(MPa)。

若令  $A=1/V_L$  和  $B=p_L/V_L$ ,可以将方程(8)推导为  $p/V$  与  $p$  的函数:

$$p/V = p/V_L + p_L/V_L \text{ 或 } p/V = Ap + B \quad \dots\dots\dots(9)$$

依据方程(9),可将实测的各压力平衡点的压力与吸附量数据绘制为以  $p$  为横坐标、以  $p/V$  比值为纵坐标的散点图,利用最小二乘法求出这些散点图的回归直线方程及相关系数( $R$ ),进而求出直线的斜率( $A$ )和截距( $B$ ),根据斜率和截距求出 Langmuir 体积( $V_L$ )和 Langmuir 压力( $p_L$ ),即:

$$\begin{aligned} V_L &= 1/A \\ p_L &= B/A \text{ 或 } p_L = V_L B \quad \dots\dots\dots(10) \end{aligned}$$

### 8.4 等温吸附曲线

根据各平衡压力点吸附量  $V$  和压力  $p$  绘制等温吸附曲线。

## 9 精密度

### 9.1 重复性限

平衡水分、 $V_L$ 、 $p_L$  的重复性限均为 10%。



9.2 再现性限

平衡水分、 $V_L$ 、 $\rho_L$  的再现性限均为 15%。

10 试验报告

10.1 报告内容应符合附录 A(规范性附录)的规定。

10.2 试验结果

$V_L$ 、 $\rho_L$  修约到小数点后两位有效数字。

附录 A  
(规范性附录)  
等温吸附试验报告格式

等温吸附试验报告

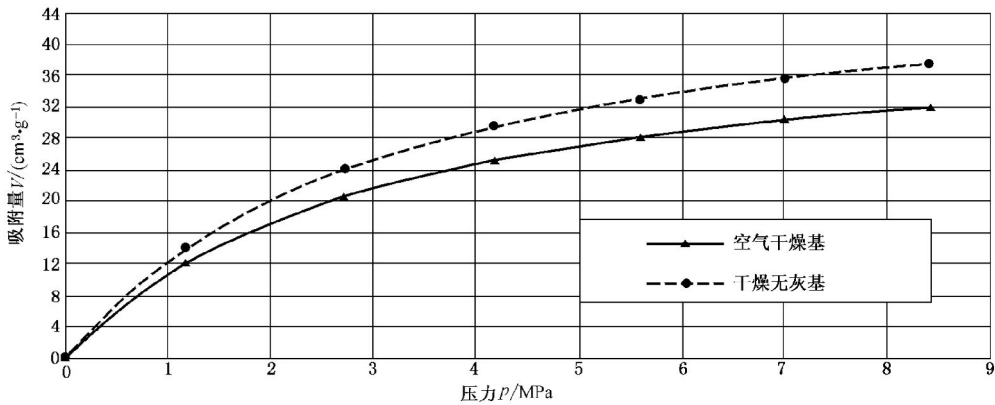
试验编号 _____	采样地点 _____
送样号 _____	煤层 _____
样品质量/g _____	灰分 $A_{ad}/\%$ _____
平衡水分 $M_e/\%$ _____	水分 $M_{ad}/\%$ _____
试验温度/ $^{\circ}\text{C}$ _____	甲烷浓度/ $\%$ _____
氦气浓度/ $\%$ _____	测定日期 _____

记录号	压力/MPa	平衡水分基	空气干燥基		干燥无灰基	
		吸附量 $V/(\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1})$	吸附量 $V/(\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1})$	$p/V$	吸附量 $V/(\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1})$	$p/V$
	0	0	0		0	
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Langmuir 方程:  $V = V_L \cdot p / (p_L + p)$

试验参数	Langmuir 体积 $V_L/(\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1})$	Langmuir 压力 $p_L/\text{MPa}$	R
空气干燥基			
干燥无灰基			

等温吸附曲线



试验人: \_\_\_\_\_

审核人: \_\_\_\_\_

依据标准 GB/T 19560—2008



中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
煤的高压等温吸附试验方法  
GB/T 19560—2008

\*

中国标准出版社出版发行  
北京复兴门外三里河北街16号  
邮政编码:100045

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

\*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 12 千字

2008年11月第一版 2008年11月第一次印刷

\*

书号: 155066 · 1-34260

如有印装差错 由本社发行中心调换

版权专有 侵权必究

举报电话:(010)68533533



GB/T 19560-2008