

ICS A 82. 55.040

团体标准

T/YNIA

MOFs 材料比表面积孔容积测定 ——静态容量法

Measurement for specific surface area and pore volume of MOFs
materials
—— Static volumetric method

征求意见稿

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

上海长三角非织造材料工业协会 发布

前 言

本文件按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则第1部分:标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由上海长三角非织造材料工业协会提出。

本文件由上海长三角非织造材料工业协会标准化委员会归口。

本文件起草单位：北京理工大学、北京理工大学重庆创新中心、北京汇忻科技发展有限公司、北京化工大学、山东大学、中国航发北京航空材料研究院、深圳市贝特瑞新能源技术研究院有限公司、北京北标京工科技有限公司。

本文件主要起草人：

本文件版权归上海市长三角非织造材料工业协会所有。未经事先书面许可，本文件的任何部分不得以任何形式或任何手段进行复制、发行、改编、翻译、汇编或将本文件用于其他任何商业目的。

MOFs材料比表面积孔容积测定

静态容量法

1 范围

本文件规定了用静态容量法测定 MOFs(金属有机框架化合物)材料比表面积和孔容积的方法。

本文件适用于测定具有 I 型(微孔)、II 型(分散的、无孔或大孔)和 IV 型(介孔, 孔径 2 nm~50 nm) 吸附等温线的 MOFs 材料的比表面积和孔容积测定。吸附等温线呈现出 I 型和 II 型或 I 型和 IV 型相结合的 MOFs 材料的比表面积和孔容积测定亦使用。

静态容量法所用的吸附质气体包括但不限于氮气、氩气、二氧化碳等, 测试温度包括但不限于液氮温度、液氩温度等。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中, 注日期的引用文件, 仅该日期对应的版本适用于本文件; 不注日期的引用文件, 其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 21650.2—压汞法和气体吸附法测定固体材料孔径分布和孔隙度 第 2 部分: 气体吸附法分析介孔和大孔

GB/T 21650.3—压汞法和气体吸附法测定固体材料孔径分布和孔隙度 第 3 部分: 气体吸附法分析微孔

GB/T 19587—气体吸附 BET 法测定固态物质比表面积

GB/T 42310—纳米技术 石墨烯粉体比表面积的测定 氩气吸附静态容量法

GB/T 39713—精细陶瓷粉体比表面积实验方法 气体吸附 BET 法

NB/SH/T 0571—催化剂中沸石比表面积和微孔体积测定方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

MOFs metal-organic frameworks

由金属中心或者金属簇节点通过有机桥连配体相互连接而形成的一类具有周期性网络结构的晶态多孔材料。

3.2

BET

BET 是三位科学家（Brunauer、Emmett 和 Teller）名字首字母的缩写，一般指 BET 比表面积测试法，是依据著名的 BET 理论为基础而得名。

3.3

物理吸附 physisorption

吸附质弱的键合：压力和温度微小变动即可引起过程逆转的吸附。

[来源：GB/T 19587-2017，3.2]

3.4

吸附质 adsorbate

被吸附的气体。

[来源：GB/T 21650.2-2008，3.1]

3.5

吸附 adsorption

吸附质在固体材料外表面和可到达的内表面上的富集。

[来源：GB/T 21650.2-2008，3.4]

3.6

吸附剂 adsorbent

发生吸附的固体材料。

[来源：GB/T 21650.2-2008，3.3]

3.7

比表面积 specific surface area

单位质量固体物质的内外表面积之和。

注 1：比表面积在给定测定条件和方法的前提下才有意义，本文件中的比表面积指的是用静态容量法测量的 MOFs 材料的比表面积。

注 2：对本文件而言，所测定的比表面积包括 MOFs 材料的外表面积和吸附质气体可进入的大孔、介孔和微孔的内表面积之和。

[来源：GB/T 42310-2023，有修改]

3.8

总孔容积 total pore volume of pores

吸附剂中孔隙所占的体积，是微孔、介孔和大孔的容积之和。

[来源：GB/T 7702.20-2008，有改动]

3.9

微孔容积 pore volume of micropores

吸附剂中微孔孔隙所占的体积。

[来源：GB/T 7702.20-2008]

3.10

自由空间 free space

除去试样体积以外的样品室的体积。

[来源：GB/T 19587-2017，3.19]

3.11

等温线 isotherm

恒定温度下，气体吸附量与气体平衡压力之间的关系曲线。

[来源：GB/T 19587-2017，3.6]

4 原理

本文件给出的静态容量法以氮气、氩气、二氧化碳等为吸附质。将已知量的吸附气体通入到已经恒定在吸附温度的样品管内（如图1）。气体在样品表面发生吸附，固定空间内的气体压力不断下降，直到吸附质与吸附气体达到平衡。在平衡压力 p 下被吸附的气体量是通入的气体量与仍然保留为气相的吸附气体量之差。测量系统压力的同时还需测量体积和温度，在测量温度下系统的体积用氦气标定。死体积应该自测量吸附等温线之前或者之后来确定。

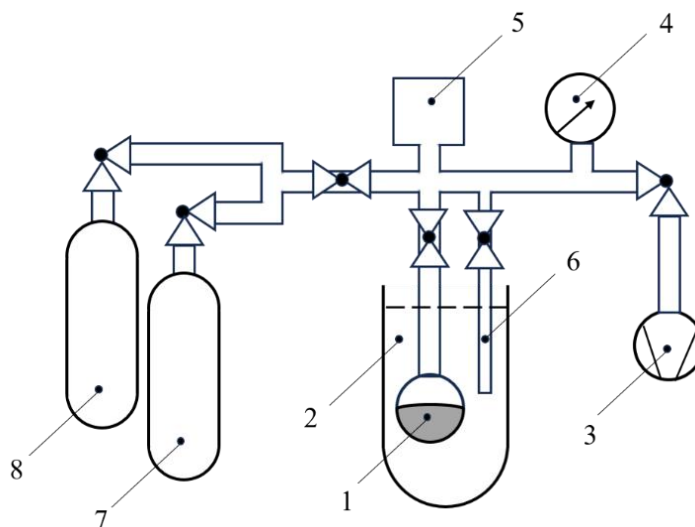


图1 静态容量法工作原理示意图

图中序号说明：

- | | |
|---------------|--------------------------|
| 1 — 样品； | 2 — 盛有液氮/液氩或其他控温的液体的杜瓦瓶； |
| 3 — 真空系统； | 4 — 压力计； |
| 5 — 气体量管（歧管）； | 6 — 饱和蒸气压管； |
| 7 — 吸附气体； | 8 — 测量自由空间的气体（如氦气）。 |

利用静态容量法测量平衡状态下吸附质分子的吸附等温线，采用BET多点法和 t -plot方法进行数据分析，获得MOFs材料的比表面积、总孔容积和微孔孔容积。

5 仪器

5.1 物理吸附仪

经过校准的基于静态容量法的物理吸附仪均适用。

5.1.1 比表面积测量范围：

$\geq 0.0005 \text{ m}^2/\text{g}$ 。

5.1.2 孔径分析范围：

0.35 nm ~ 500 nm。

5.1.3 压力传感器：

配备至少包括 $1.33 \times 10^5 \text{ Pa}$ (1000 Torr)， 1.33×10^3 (10 Torr)和 133 Pa (1 Torr)三级压力传感器。

5.1.4 仪器真空系统的压力：

$p/p_0 \geq 10^{-7}$ 。

5.1.5 温度控制：

通过加热将歧管（manifold）温度一般恒定在室温~50 °C区间的特定温度，控制在50 °C为宜，若仪器不具备歧管的控温条件，也可不进行温度控制；配备抽真空控温脱气装置，温度范围为室温~450 °C。

注：歧管指仪器的上部空间，包括管路、阀等。

5.1.6 数据处理：

吸附/脱附等温线，BET比表面，Langmuir比表面，BJH/CI/DH孔分析， a_s 作图， t -plot作图，MP法，HK法，SF法，DA法，GCMC及NLFD等。

5.2 分析天平

精度为0.01 mg。

6 试剂或材料

6.1 氮气或其他合适的吸附气体（比如氩气、二氧化碳）

干燥，纯度 $\geq 99.999\%$ （体积分数）。

6.2 氦气

纯度 $\geq 99.999\%$ （体积分数）。

6.3 液氮

纯度 $\geq 99.999\%$ 。

7 测试过程

7.1 概述

典型的测试过程包括取样、称重、脱气、测定四个步骤。样品的取样量、脱气温度、脱气时间都会影响样品比表面积和孔容积的测试结果，在测试之前通过实验考察这些因素的最佳值。

7.2 取样

取样应根据样品特性取足够量（根据总比表面积，一般1.00 mg ~100.00 mg）样品并具有材料的代表性。建议备份样品以用于重复测量。

取样量应该在避免天平称量误差的情况下，大于样品的最小取样量。取样量在大于最小取样量的前提下，取样量的多少和样品的比表面积相关，比表面积大的样品取样量可以小些，避免过多样品量造成测试时间过长和过少样品量造成比较大的测试误差。对于表观密度较小的样品，即使取样量很小，也有可能将样品管填满，应根据仪器操作说明综合考虑。测试样品的总比表面积宜在 $2 \text{ m}^2 \sim 50 \text{ m}^2$ 。

对于表观密度较大的样品，可以直接进行取样；表观密度小、宜飘散的样品，取样后宜振实或进行压片。为避免密度小的样品在抽真空时进入测试管路，装样量不宜超过样品管装样体积的2/3，必要时可在样品管顶部使用脱脂棉或其他合适的滤芯。

为了避免样品粘在样品管壁上，可以使用长颈漏斗进行装样；对于片状等样品，可选用细钢丝进行辅助装样。

注：对于表观密度小、易飘散的样品，不要戴橡胶手套，可不戴或戴丁腈手套取样，也可根据实际条件选择除静电操作。

7.3 称重

称量清洁、干燥的空样品管、填充棒、过滤塞和橡胶帽的总质量并记录 m_1 ，精确至0.01 mg。

称量加入样品后的样品管、填充棒、过滤塞和橡胶帽的总质量并记录 m_2 ，精确至0.01 mg。

称量脱气后样品管、填充棒、过滤塞和橡胶帽的总质量并记录 m_3 ，精确至0.01 mg。

其中， $m_3 - m_1$ 的差值就是输入系统中样品的质量。

若同一样品在脱气前后称量时的环境温度变化超过5℃，则需要对天平进行重新校准后再称量。

7.4 脱气

在测试之前，要将样品进行脱气处理，以除去样品表面物理吸附的物质，同时要避免样品发生不可逆的变化。

脱气温度和脱气时间会影响样品脱气处理的效果。脱气温度通过热重分析法考察样品的热稳定性来确定，用热重分析法确定合适的脱气温度。高的脱气温度有助于缩短脱气时间。脱气温度较低的话，需要延长脱气时间。

对于敏感的样品，建议控制脱气速率和加热速率。加热过程中，应避免微孔材料结构发生变化，过快的加热速率会导致蒸气剧烈释放，破坏材料脆弱的结构。对于非常细小的粉体材料，用小的脱气速率和加热速率能使样品中吸附的水或其他蒸气从孔隙中释放时防止样品扬析。

在合适的脱气温度下，脱气时间要保证样品脱气完全。一般脱气温度高时，时间可以短些，脱气温度低时，时间要相对长些。脱气时间由样品管内的真空度决定，推荐在脱气温度下样品管内的真空度最终达到 $\leq 1 \text{ Pa}$ 。用油泵或干泵脱气时，如果气压稳定不变达15 min ~30 min，则脱气完全。任何情况下脱气操作的最少时间应该能保证得到稳定的比表面积。

脱气完成后将样品管自然冷却至室温，再回填保护气体。

7.5 测定

测试开始之前，先对压力传感器进行校准。

将脱气完全的样品管放在分析站，准备好杜瓦瓶（将液氮、液氩或用水浴控温，保证测试温度稳定以及液面在仪器规定的范围内），选择测试模式，设定测试程序及参数，包括吸附曲线压力点上限、脱附曲线压力点下限、每个吸附压力点的平衡时间、压力点等，按照仪器的程序开始测试，获得吸脱附等温线。

8 试验数据处理

8.1 BET多点法分析MOFs材料的比表面积

8.1.1 BET多点法计算比表面积原理

操作人员按照操作指南对仪器进行过仔细校准并对样品进行预处理，全自动型静态容量法物理吸附仪会提供和程序相符的结果并对平衡数据进行处理和计算。比表面积计算方法是基于BET理论，根据物理吸附的吸脱附等温线进行计算的。

将样品放到气体体系中，物质表面（颗粒外部和内部通孔的表面积）在低温下将发生物理吸附。根据程序设定一系列的相对压力值 p/p_0 ，通入气体后，保证在每个压力点下达到吸附平衡。当达到吸附平衡时，可测量平衡吸附相对压力 p/p_0 以及样品在该相对压力下对气体的吸附体积 V_a ，可以得到BET公式的直线形式，见公式（1）。求出样品单分子层饱和吸附体积 V_m ，从而计算出样品的比表面积。

$$\frac{p}{V_a(p_0 - p)} = \frac{C-1}{V_m C} \times p/p_0 + \frac{1}{V_m C} \quad (1)$$

式中：

V_a — 气体吸附体积，单位为立方厘米每克（ cm^3/g ），标准状况；

V_m — 单分子层饱和吸附量，单位为立方厘米每克（ cm^3/g ），标准状况；

C — 与吸附热相关的常数，单位为1。

以 $p/V_a(p_0 - p)$ 对 p/p_0 作图，则得到一条直线，见图2所示。直线的斜率是 $(C-1)/V_m C$ ，截距是 $1/V_m C$ 。

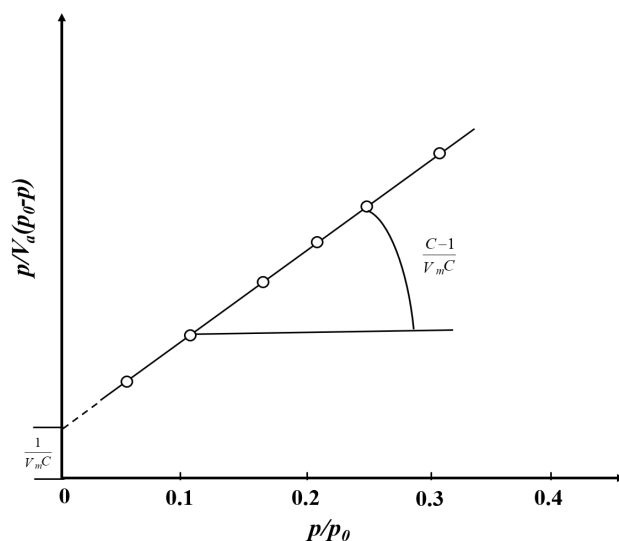


图 2 BET 图

通过一系列相对压力 p/p_0 和气体吸附体积 V_a 的测量，由BET图和最小二乘法求出斜率和截距，由此可以求出样品单分子层饱和吸附量 V_m 和BET常数 C 值。 V_m 的计算见公式（2）。利用 V_m 的数值，根据公式（3）可以求出样品的比表面积 S_{BET} 。

$$V_m = \frac{1}{\text{截距} + \text{斜率}} \quad (2)$$

$$S_{BET} = \frac{V_m \sigma N_A}{V_0} \quad (3)$$

式中：

σ — 测试温度下，吸附质分子的截面积。若是77 K时氮气分子，取值为 $1.62 \times 10^{-19} \text{ m}^2$ ；若是87.3 K时的氩气分子的截面积，取值为 $1.42 \times 10^{-19} \text{ m}^2$ ，常见吸附质分子的横截面积见附录；

N_A — 阿伏伽德罗常数，取值为 $6.022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ；

V_0 — 标准状况下理想气体摩尔体积，取值为 $22.4 \times 10^3 \text{ cm}^3/\text{mol}$ ；

S_{BET} — 样品的比表面积，单位为平方米每克（ m^2/g ）。

8.1.2 不含微孔的MOFs材料比表面积计算

具有II型和IV型吸附等温线的MOFs材料的比表面积，可根据选用吸附质的不同，利用公式（3），带入相关参数进行计算。BET图取点范围：相对压力 p/p_0 在0.05-0.35，均匀取5个点以上。同时必须满足以下条件：

（1）BET图的截距为正值；

（2）BET图拟合直线的相关系数不小于0.9999（可根据BET图直线的相关系数值对选取的范围的两端的点做适当取舍）；

（3）BET常数 C 为正值。

8.1.3 含微孔的MOFs材料比表面积计算

含有微孔的MOFs材料的吸附等温线呈现出I型，I型和II型相结合，或者I型和IV型相结合的形状，用公式（3）计算比表面积。存在微孔时，线性（BET）的范围明显地移向较低的相对压力。采用BET法通过微孔材料吸附等温线获得的比表面积并不能反映真实的内部比表面积，视为一种特征或等效的BET比表面积，需要说明BET曲线的线性范围。

在利用BET法分析材料比表面积时，对单层吸附量的评估是关键。对于存在微孔材料的BET曲线线性范围，要尽可能减少主观地对单层吸附量的评估，主要基于以下准则：

- a) C值应为正（即BET曲线在纵坐标上任何为负的截距表明超出BET方程的适用范围）；
- b) BET方程的应用应限于 $V_a(p_0-p)$ 或 $V_a(1-p/p_0)$ 对相对压力 p/p_0 连续增加的压力范围内，见图3所示，在红色线对应的 p/p_0 数值之前， $V_a(p_0-p)$ 或 $V_a(1-p/p_0)$ 对相对压力 p/p_0 是连续增加的；

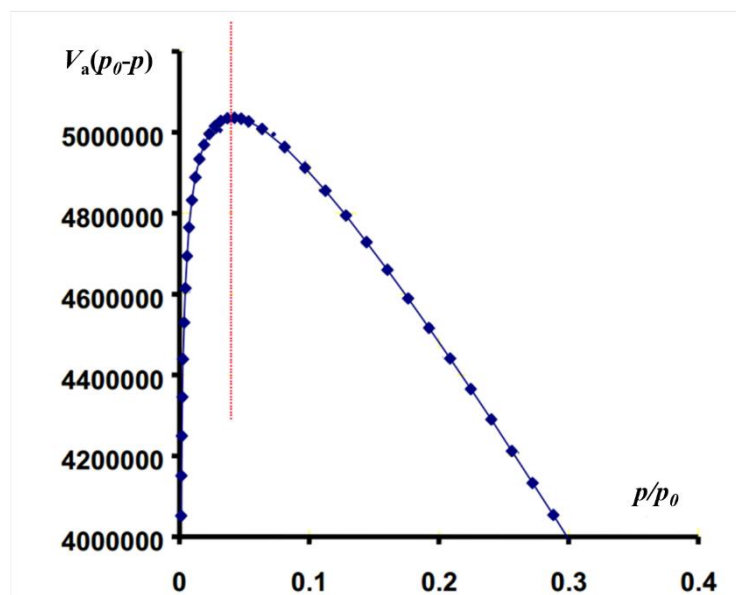


图3 $V_a(p_0-p)$ 或 $V_a(1-p/p_0)$ 对 p/p_0 曲线图

- c) 原始数据拟合BET线性方程的线性拟合度要高，相关系数 ≥ 0.9999 ；
- d) 单层饱和吸附量 V_m 所对应的 p/p_0 值必须落在用于BET比表面积分析所选的 p/p_0 值范围内。

8.2 MOFs材料孔容积

孔容积又称孔体积。单位质量多孔固体所具有的细孔总容积，称为孔容积或比孔容。总孔体积（ V_p ），是指材料中所有孔隙的总体积，这些孔隙可以是微孔、介孔或大孔。微孔体积是指孔隙小于2 nm的孔隙的体积。介孔体积是指孔隙大小在2 nm ~50 nm之间的孔隙的体积。大孔体积是指孔隙大于50 nm的孔隙的体积。

静态容量法测试的吸附等温线 $V_g = f(p/p_0)$ 可用线性坐标（如图4所示），或者最好以相对压力的对数坐标表示（如图5所示）。

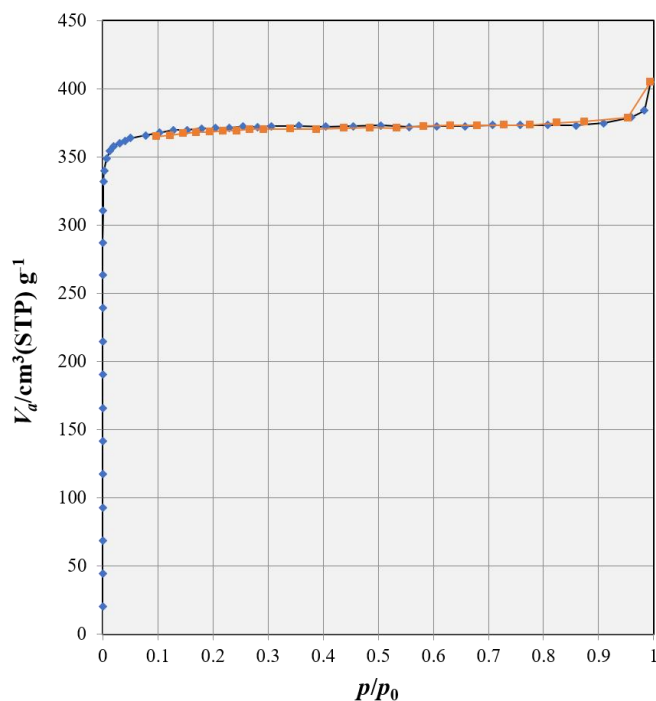


图 4 77 K 氮气在 MOFs 材料上吸附的线性等温线

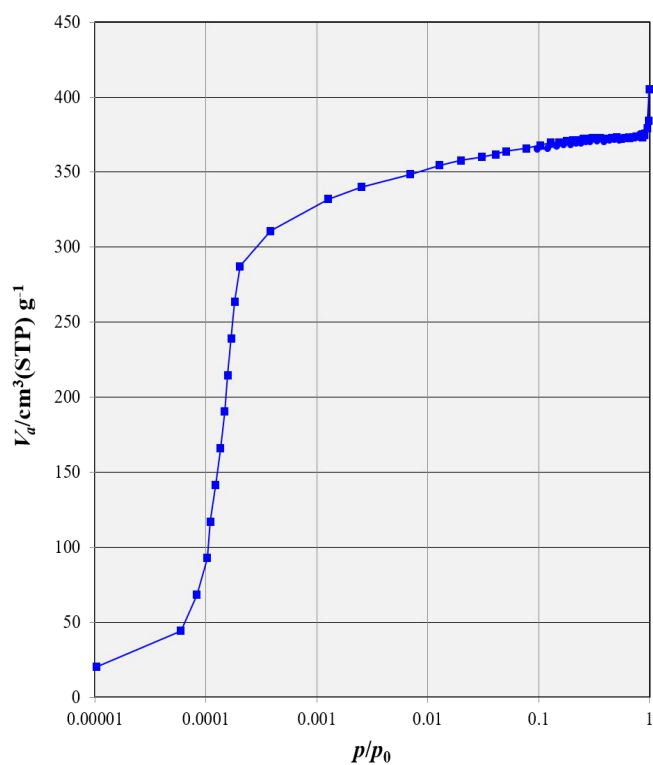


图 5 77 K 氮气在 MOFs 材料上吸附等温线的半对数

通过吸附等温线在相对压力 p/p_0 接近1时吸附的蒸汽量可以计算出总孔容。这种方法主要基于在 p/p_0 接近1时，液态吸附质分子填满了样品所含有的孔的假设，基于该假设，可得公式（4）。

$$V_P = V_L \quad (4)$$

式中：

V_P — 样品中所含有的孔的体积；

V_L — 孔道中填充的液态的吸附质分子的体积。

通过静态容量法得到的为气态吸附质换算为标准状态时的体积 V_{ads} ，单位为 cm^3/g ，与 V_L 之间存在着如下的换算关系，见公式（5）。

$$V_L = \frac{V_{ads} \cdot MW}{22400\rho} \quad (5)$$

式中：

MW — 吸附质分子的摩尔质量，单位为 g/mol ；

ρ — 液态吸附质的密度，单位 g/cm^3 。

对于氮气吸附质，其MW为28.013 g/mol ，其液化后的液氮在77 K下的密度为0.8083 g/cm^3 ，将其带入至公式（5）中，可得公式（6）。

$$V_L = \frac{V_{ads} \cdot 28.013}{22400 \cdot 0.8083} = 0.001547 \cdot V_{ads} \quad (\text{cm}^3/\text{g}) \quad (6)$$

将公式（6）带入公式（4），可得公式（7）。

$$V_P = V_L = 0.001547 \cdot V_{ads} \quad (\text{cm}^3/\text{g}) \quad (7)$$

在实际应用中，若是利用氮气作为吸附质，可以将 p/p_0 接近1时换算为标准状态下的吸附体积 V_{ads} 带入公式（7），若是其他气体作为吸附质，可以将 V_{ads} 带入公式（5）中计算得到材料的总孔容积 V_P 。

注：含有大孔的材料，利用该方法计算的总孔容积偏大，不能真实反映材料的总孔容积。

8.2.1 MOFs材料的总孔容

对于吸附等温线在接近 $p/p_0=1$ 时出现一个平台的MOFs材料，可以利用公式（5）进行计算，该结果可以参考BET法分析结果中的总孔容积的数值。

8.2.2 t-plot方法分析MOFs材料中微孔孔容积

对于含有微孔的MOFs材料来说，微孔的孔容积是衡量MOFs性质很重要的指标，因此需要分析含微孔的MOFs材料中的微孔孔容积。

t-plot法，是分析测量微孔孔容积的一种常用方法。该方法是以吸附量对吸附膜的统计厚度 t 作图，用来检验样品的吸附行为（实验等温线）与标准样品的吸附行为（标准等温线）的差异，从而得到样品的孔体积等信息。

将氮吸附量用吸附层数 n 表示，则有公式（8）所示。

$$n = \theta = \frac{V}{V_m} = \frac{t}{t_m} \quad (8)$$

式中：

t — 氮吸附层厚度；

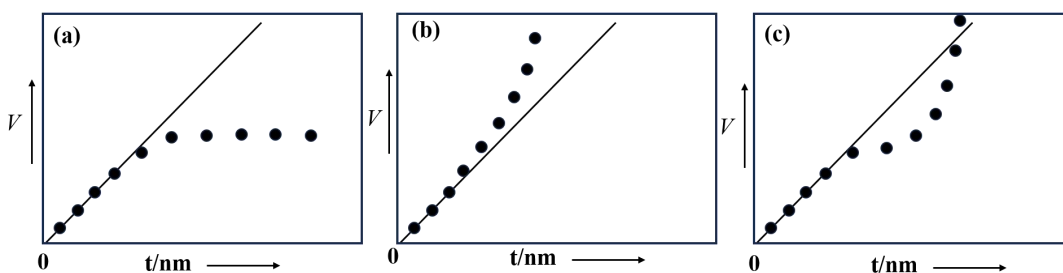
t_m — 氮的单分子层平均厚度，取值为0.354 nm。

若将吸附等温线采用吸附量 n （或 V/V_m ，或 t/t_m ）与气体相对压力 p/p_0 的关系表达，则所有非孔性固体氮吸附等温线应该重合，该等温线被称为标准吸附等温线。

若将非孔性固体的氮吸附等温线采用吸附层厚度 t 与气体相对压力 p/p_0 的关系表达，可得到一条相同的氮标准吸附等温线（通用 t 曲线）。

在非孔性吸附剂上，当相对压力 p/p_0 增加时仅引起吸附层厚度（吸附层数）的增加，即吸附量 V 与吸附层厚度 t 成正比，以吸附量 V 对吸附层厚度 t 作图（ V - t 曲线或 t -plot）会得到一条过原点的直线。

以孔性吸附剂的各个相对压力 p/p_0 下的吸附量数据 V 对 t 作图，则可得到孔性吸附剂的 V - t 图。结果表明，随着相对压力 p/p_0 的增加，孔性吸附剂上由于微孔填充或者毛细凝聚现象的发生，样品留存的表面积会发生变化， V - t 曲线则可能偏离直线发生弯曲，呈现多种形状，如图6所示。



(a)微孔吸附剂; (b)介孔吸附剂; (c)兼有微孔和介孔的吸附剂

图6 多孔性吸附剂的 V - t 曲线（ t -plot）

吸附剂中存在微孔，相对压力增加时发生微孔填充，在很低的相对压力下 V - t 曲线就上凸向下偏离直线；而若吸附剂中存在介孔，中等相对压力下发生毛细凝聚， V - t 曲线可能向下或者向上偏离直线；若吸附剂中同时存在介孔和微孔， V - t 曲线则可能成S形。

根据 V - t 曲线可以判断材料是微孔还是介孔，并根据图7所示方法计算出微孔孔容积。

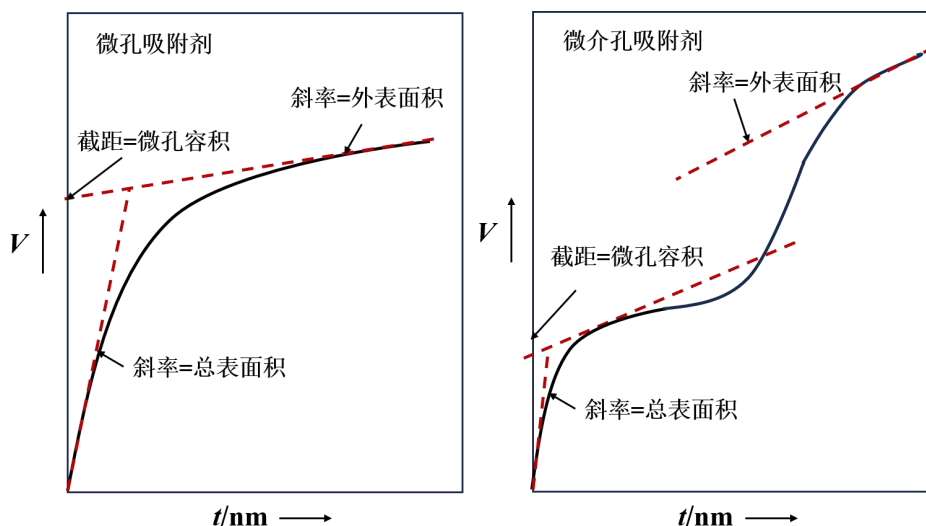


图 7 t-plot 计算微孔孔容积

实际在数据分析过程中，我们需要在分析软件中选择跟吸附剂化学性质相似的标准 t 曲线，然后直接利用软件可以得到材料的总比表面积、外表面积以及微孔容积。

注：若实际的 V - t 曲线不经过原点，则 t -plot的方法不适用于分析该材料的微孔孔容积。

9 检测报告

检测报告应包括但不限于以下内容。

1) 本文件编号。

2) 测试样品信息：

① 样品名称；

② 样品批次；

③ 样品状态。

3) 测试条件：

① 样品预处理条件，包括脱气温度、脱气时间；

② 测试样品的质量；

③ 吸附气体；

④ 测试温度；

⑤ 仪器校准用标准物质。

4) 测试结果：

① 吸附等温线；

② BET比表面积，包括BET图或线性区间，单分子层饱和吸附量，BET常数 C ，所用吸附质分子的横截面积；

③ 孔容积测试结果。

5) 测试实验室信息：

① 仪器设备型号；

② 实验室温度、湿度；

③ 操作者；

④ 检测日期。

附 录

一些常用吸附质的横截面积

吸附质	温度/K	参考值/ nm ²
氮气	77.35	0.162
氩气	77.35	0.138
氙气	87.27	0.142
氦气	77.35	0.202
氙气	77.35	0.168
二氧化碳	195	0.195
二氧化碳	273.15	0.210
氧气	77.35	0.141
水	298.15	0.125
正丁烷	273.15	0.444
正庚烷	298.15	0.631
辛烷	298.15	0.646
甲苯	293.15	0.430

参 考 文 献

- [1] GB/T 19587—2017 气体吸附 BET 方法测定固体物质比表面积
- [2] GB/T 21650.2—2008 压汞法和气体吸附法测定固体材料孔径分布和孔隙度 第2部分：气体吸附法分析介孔和大孔
- [3] GB/T 42310—2023 纳米技术 石墨烯粉体比表面积的测定 氩气吸附静态容量法
- [4] GB/T 7702.20—2008 煤质颗粒活性炭试验方法 孔容积 比表面积的测定
- [5] F.鲁克罗尔, J. 鲁克罗尔, K.S.W. 辛, P. 卢埃林, G. 莫兰. 粉体与多孔固体材料的吸附-原理、方法及应用[M]. 陈建, 周力, 王奋英等, 译.北京：化学工业出版社, 2023.3
- [6] 辛勤, 罗孟飞. 现代催化研究方法[M]. 北京：科学出版社, 2009
- [7] J. Rouquerol, P. Llewellyn, F. Rouquerol. Is the BET equation applicable to microporous adsorbents? In: P. Llewellyn, F. Rodriguez-Reinoso, J. Rouquerol, N. Seaton, editors. Characterisation of porous solids VIII, pp. 49-56. Amsterdam: Elsevier, 2007. (Studies in Surface Science and Catalysis, 160.)
-

上海长三角非织造材料工业协会

团体标准

MOFs 材料比表面积孔容积测定—静态容量法

T/YNIA ×××—20××

※

上海长三角非织造材料工业协会标准化委员会编印

上海市平凉路 1398 号商务楼 710 室（200090）

电话：021-65189119

网址：<http://www.yina.org.cn>

邮箱：yina@yina.org.cn

版权专有 侵权必究