

团体标准

T/GDFDTAEC XX-2025

雾化器具中多孔陶瓷孔隙率、孔径分布、抗压 强度测试方法

Test methods for porosity, pore size distribution and compressive strength of porous
ceramics in atomizers

2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

广东省食品药品评审认证技术协会

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。

本文件由思维瑞科技（深圳）有限公司、深圳麦克韦尔科技有限公司、华测检测认证集团股份有限公司、广州质量监督检测研究院制定。

本文件由广东省食品药品评审认证技术协会归口。

本文件起草单位：思维瑞科技（深圳）有限公司、深圳麦克韦尔科技有限公司。

本文件主要起草人：xxxxxxxxxxxxxx。

本文件为首次发布。

雾化器具中多孔陶瓷孔隙率、孔径分布、抗压强度测试方法

1 范围

本文件规定了雾化器具中多孔陶瓷孔隙率、孔径分布、抗压强度测试方法。

本文件适用于雾化器具中多孔陶瓷物性的测定。

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 4740-2024 《陶瓷材料强度试验方法》

GB/T 32361-2015 《分离膜孔径测试方法——泡点和平均流量法》

GB/T 3810.3-2016 《陶瓷砖试验方法 第3部分：吸水率、显气孔率、表观相对密度和容重的测定》

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

孔径

采用泡点法测得的孔径是与样品孔道中孔喉大小等效的圆形毛细管直径。等效的定义是具有相同渗流能力。

3.2

平均孔径

根据半干曲线与湿曲线的交点对应的压力即可计算平均孔径，其意义为小于该孔径与大于该孔径的两部分孔对通量的贡献相等，因此，平均孔径亦可称为通量中分孔径。亦即，高于平均孔径的孔道被打开时可实现 50% 的气体通量，当所有孔道都被打开时，可实现 100% 的通量。

3.3

孔径分布

通过指定孔径范围的气体流量占通过全部孔的气体流量的百分比。

4 原理

4.1 孔隙率测试

原理：通过阿基米德排水法测试孔隙率，孔隙率定义为试样中开孔体积与试样总表观体积的百分比，以%表示。通过样品饱和吸水前后的质量差来确认其开孔体积，总表观体积通过水中受到浮力即为计算出。

4.2 孔径分布测试

原理：用已知表面张力的、且与样品有良好浸润性的液体作为浸润液，将样品的孔道完全浸湿。固定一侧压力，用压缩氮气以缓慢的速度增加另一测气体压力，当气体压力超过浸润液在孔道中的毛细作用力时，浸润液被推出，孔道打开。第一个被打开的孔为最大孔，即泡点孔径。逐步增大气体压力就可将孔道按直径从大到小的顺序依次打开。

测定不同压力下对应的气体流量 F_w ，当样品中所有孔道被打开时，压力递减测定干燥样品下的气体流量 F_D 。假定浸湿条件下气体流量与被打开孔道的面积成正比，则同一压力下对应的浸湿样品流量和干燥样品流量之比反映被打开孔道面积的比率，将其对孔径微分即可得到孔径分布 $f(D)$ 。

4.3 抗压强度测试

原理：主要通过施加连续增加的压缩载荷，使试样在压缩状态下破裂，通过记录载荷-位移曲线计算力学性能参数。

5 试剂和材料

5.1 去离子水或蒸馏水，电导率（25℃） $\leq 10\text{mS/m}$ ；

5.2 氮气，纯度 $\geq 99.9\%$ 。

6 仪器设备

6.1 孔隙率测定仪，符合电子天平 1 级要求；

6.2 孔径分析仪，测试标准件精度 $\pm 10\%$ ；

6.3 材料试验机，载荷精度 $\pm 1\%$ ；

6.4 数码显微镜，允差 $\pm 10\mu\text{m}$ ；

6.5 真空装置，要求真空度达到 90kpa，精度 $\pm 1\text{kpa}$ ；

6.6 干燥箱，工作温度达到 120℃，精度 $\pm 2^\circ\text{C}$ ；

6.7 箱式炉，可在 400℃工作，精度 $\pm 10\%$ ；

6.8 干燥器，内置干燥剂；

6.9 镊子，烧杯，剪钳，海绵块。

7 测试步骤

7.1 孔隙率测试

7.1.1 样品要求及前处理

- a.检查样品外观质量，样品应不存在局部脱落或破碎的风险。
- b.带引线样品，沿根部剪去引线。
- c.样品必需干燥、干净、无油污，测试前，放置烘箱中（ 120 ± 5 ） $^{\circ}\text{C}$ 干燥 10min。
- d.干燥后的样品，放置在干燥器中，自然冷却至室温，备用。

7.1.2 称取干燥样品空重 M_1 ：等待天平小数点后第四位稳定 5s 后读数，按编号依次称量所有干燥样品空重。

7.1.3 样品放置于去离子水中，抽真空至真空度 ≥ 90 kPa，保持 20min。

7.1.4 称取饱和样品水重 M_2 ：将样品轻放于天平的水中称量盘中央，等待天平稳定 5s 后读数，按编号依次称量所有饱和样品水重。

7.1.5 称取饱和样品空重 M_3 ：将样品放置于饱和水的海绵上后，不做停留，立刻轻快翻动样品，擦拭掉样品表面多余水分，持续时间约 2-4s，推荐四周翻动 4-6 面，而后立刻将样品夹起称量，等待天平稳定 5s 后读数，按编号依次称量所有饱和样品空重。

7.1.6 依据 GB/T 3810.3-20165，按式（1）计算孔隙率；

7.1.7 称重保留小数点后四位，孔隙率保留小数点后二位。

7.2 孔径分布测试

7.2.1 样品要求及前处理

- a. 样品形状为规整的长方体或带凹槽形。其它异形件，通过砂纸粗磨获得平整陶瓷片，水超声清晰 5min。
- b.样品外观无破损、缺口、裂纹。若两端存在缺陷或不平行，需要磨平整水超声清洗 5min。
- c.样品必需可被浸润介质充分浸润。

7.2.2 将样品浸没在去离子水中，置于真空环境中，真空压力 ≥ 68 kpa，保压 5min。

7.2.3 根据样品形状，选择合适的密封硅胶，将完全浸润后的样品与上下密封硅胶放置在固定器具中，旋紧，注意密封，不得漏气。也不可旋得过紧使硅胶变形影响测试面积。建议在旋紧过程中开始有阻力时，再旋下 1/4-1/5 圈。

7.2.5 设置测试参数：测试压力、浸润介质（水）表面张力、最大流量、取点频率，开始测试。

7.2.6 当第一串气泡产生时的压力作为泡点压力，仪器持续加大气体压力，同时监控并记录气体流量与对应气体压力数据，并绘制气体流量-压力图，称为“湿曲线”。

7.2.7 达到设置最大测试压力或最大气体流量后，此时浸润介质水已被完全吹出样品孔道，仪器逐渐减少气体压力，同时监控并记录气体流量与对应气体压力数据，并绘制气体流量-压力图，称为“干曲线”。

7.2.8 依据 GB/T 32361-2015，为保证测试准确性，干曲线需与湿曲线重合至少 3 个测试点。

7.3 抗压强度测试

7.3.1 样品要求及前处理

- a. 样品需要为干燥的规整方柱形或圆柱形，其它异形件不进行此项测试。
- b. 检查样品两端是否平整及相互平行，若存在缺陷或两端不平行，需要磨平行。

7.3.2 测量样品尺寸

使用光学显微镜，测量样品尺寸，编号并记录。对于圆柱形等不规则样品，测量被测方向两端的截面积，对于方柱形样品，测量样品的厚度和宽度，结果保留小数点后两位。

7.3.3 使用材料试验机测量抗压强度

选择合适量程的传感器，安装并标定传感器。安装抗压强度测试治具。将样品垂直立在测试治具中央，降低横梁使得测试治具接近样品。选择抗压强度测试模块，设置测试速率 0.2mm/min。根据样品实际形状，选择试样几何形状，输入对应的试样尺寸。设置断点：当陶瓷出现破碎时停止测试，归零位移载荷，开始测试。

7.4.4 依据 GB/T 4740-2024，至少测试 5 个平行样品，数据保留小数点后一位，结果取平均值。

8 结果计算

8.1 孔隙率测试

$$\varphi = \frac{(M_3 - M_1)}{(M_3 - M_2)} * 100\% \dots \dots \dots (1)$$

式中， M_1 ：陶瓷的干燥样品空重，即样品的干燥质量，g。

M_2 ：饱和样品水重，即吸水饱和的样品，放置于孔隙率测定仪水中称量盘上所称取的质量，g。

M_3 ：饱和样品空重，即吸水饱和的样品，擦拭表面多余水滴后，放置于孔隙率测定仪空气中称量盘上所称取的质量，g。

称重保留小数点后四位，孔隙率保留小数点后二位，以%表示。

8.2 孔径分布测试

8.2.1 泡点孔径

当第一串气泡产生时的压力作为泡点压力，泡点压力 ΔP 代入公式（2）压力—孔径方程，计算得泡点孔径 D，也即最大孔径。

$$D = \frac{4\sigma}{\Delta P} \dots \dots \dots (2)$$

ΔP ——毛细管附加压力差，kPa， σ ——液体表面张力， 10^{-3} N/m。

8.2.2 平均孔径

对“干曲线”气体流量的一半至做出一条直线（或曲线），称为“半干曲线”。获得“半干曲线”与“湿曲线”的交点，算出对应交点的压力值 ΔP ，代入公式（2）代入压力—孔径方程，计算得平均孔径 D。

8.3 抗压强度测试

$$\sigma_{bc} = \frac{F}{S} \dots \dots \dots (3)$$

式中，F：试样受压破碎的最大载荷，N。

S：试样的横截面积，mm²。

σ_{bc} ：抗压强度，MPa。

至少测试 5 个平行样品，数据保留小数点后一位，结果取平均值。

