



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 3000—2016  
代替 GB/T 3000—1999

---

## 致密定形耐火制品 透气度试验方法

Dense shaped refractory products—Determination of permeability to gases

(ISO 8841:1991, MOD)

2016-08-29 发布

2017-07-01 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

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 3000—1999《致密定形耐火制品透气度试验方法》。与 GB/T 3000—1999 相比，主要内容变化如下：

- 删除了对高度小于 50 mm 试样的规定(见 1999 年版中 6.1 的注)；
- 修改了透气度测定仪示意图(见图 1, 1999 年版的图 1)；
- 修改了透气度的计算公式[见式(3)、式(4), 1999 年版的式(3)]。

本标准使用重新起草法修改采用 ISO 8841:1991《致密定形耐火制品 透气度的测定》。

本标准与 ISO 8841:1991 相比存在技术性差异,附录 A 中列出了本标准与 ISO 8841:1991 的技术性差异及其原因一览表。

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这些专利的责任。

本标准由全国耐火材料标准化技术委员会(SAC/TC 193)提出并归口。

本标准负责起草单位:中钢集团洛阳耐火材料研究院有限公司、浙江红鹰集团股份有限公司、通达耐火技术股份有限公司。

本标准主要起草人:王秀芳、杜文忠、章艺、虞炳泉、叶小星、罗华明、张周明。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 3000—1982、GB/T 3000—1999。

# 致密定形耐火制品 透气度试验方法

## 1 范围

本标准规定了致密定形耐火制品透气度的试验方法,不定形耐火材料透气度的测定可参照本标准进行。

注:本标准规定的方法考虑了气体的动力粘度,因此所得到的结果与早期没有考虑气体粘度的测定结果无可比性。通常测定的是空气的透气度,需要时也可使用其他气体。本标准给出了空气和氮气的动力粘度。

## 2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是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 18930 耐火材料术语(GB/T 18930—2002,ISO 836:2001,MOD)

GB/T 21389 游标、带表和数显卡尺

## 3 术语和定义

GB/T 18930 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**透气度 permeability to gases**

$\mu$

在压差作用下材料允许气体通过的性能。

在给定时间内已知体积的气体通过试样,用式(1)计算透气度( $\mu$ )。

$$\frac{V}{t} = \mu \cdot \frac{1}{\eta} \cdot \frac{A}{\delta} \cdot (p_1 - p_2) \cdot \frac{(p_1 + p_2)}{2p} \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$V$  ——通过试样的气体体积,单位为立方米( $\text{m}^3$ );

$t$  ——气体通过试样的时间,单位为秒(s);

$\mu$  ——试样的透气度,单位为平方米( $\text{m}^2$ );

$\eta$  ——试验温度下气体的动力粘度,单位为帕秒( $\text{Pa} \cdot \text{s}$ );

$A$  ——试样的横截面积,单位为平方米( $\text{m}^2$ );

$\delta$  ——试样的高度,单位为米(m);

$p$  ——气体的绝对压力,单位为帕(Pa);

$p_1$  ——气体进入试样端的绝对压力,单位为帕(Pa);

$p_2$  ——气体逸出试样端的绝对压力,单位为帕(Pa)。

注1:式(1)与 Darcy 定律相一致,由 Hagen-Poiseuille 定律导出。

注2: $p$  是测定气体体积时气体的压力,在本测量装置中  $p = p_1$ 。

注3:通常  $\frac{p_1 + p_2}{2p}$  非常接近于1,当  $p_1 - p_2 < 1\,000\text{ Pa}$  时该数可被忽略。

式(1)可改写为:

$$\mu = \frac{V}{t} \cdot \eta \cdot \frac{\delta}{A} \cdot \frac{1}{p_1 - p_2} \cdot \frac{2p}{p_1 + p_2} \dots\dots\dots(2)$$

式(2)中透气度的单位是  $m^2$ , 由  $\frac{m^3}{s} \cdot Pa \cdot s \cdot \frac{m}{m^2} \cdot \frac{1}{Pa} \cdot \frac{Pa}{Pa}$  推出。

如果式(1)中  $\delta$  用  $cm$ ,  $A$  用  $cm^2$ ,  $V$  用  $cm^3$  为单位(其他单位不变), 所得出的透气度单位为  $cm^2$ 。由于不允许使用复合前缀, 常用的单位通常是  $m^2$ ,  $10^{-8} cm^2 = 10^{-12} m^2 = 1 \mu m^2$ 。

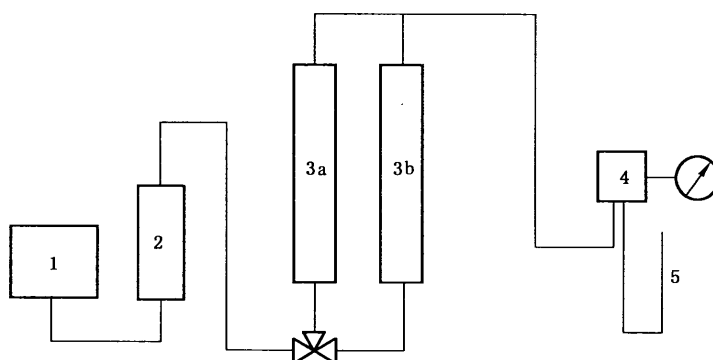
#### 4 原理

干燥的气体通过试样, 记录试样两端至少在不同流量下的压差, 根据测得的数值和试样的形状、尺寸计算试样的透气度。

#### 5 设备

##### 5.1 总则

设备的总装配示意图见图 1。连接管路用玻璃管优于橡胶管, 管路应尽可能短, 以使测量装置中的压力损失比试样产生的压力损失相比很小。



说明:

- 1——气源(压缩气瓶或储气罐);
- 2——气体干燥器;
- 3——流量计:(a)  $0 cm^3/min \sim 200 cm^3/min$ , (b)  $200 cm^3/min \sim 1\ 500 cm^3/min$ ;
- 4——试样夹持器;
- 5——气体压力计。

图 1 透气度测定装置示意图

##### 5.2 气源

由一个带恒压装置的储气罐组成。

##### 5.3 试样夹持器

具有试样周边的气体密封功能, 气体的密封由橡胶套来完成, 橡胶套能承受的气体压力为不小于  $0.2 MPa$ , 见图 2。

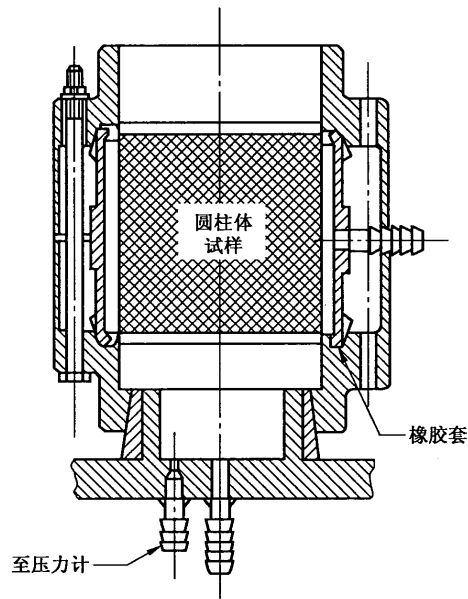


图2 试样夹持器

#### 5.4 气体压力计

用来测量试样上下两端面的压力差,精度1%,应在靠近试样夹持器(见5.3)中紧靠试样的一个端面测量压力。

注:若在远离试样气体连接管处测量压力,其值会偏低。

#### 5.5 气体流量测量设备

流量计的精确度在2%以内,应经常用所用气体校准,并且只能用流量计测量范围的中间部分。

#### 5.6 游标卡尺

按照 GB/T 21389,分度值 0.02 mm。

#### 5.7 干燥箱

温度能控制在 $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ 。

#### 5.8 不透气的标准试样

例如金属铝圆柱体。

### 6 试样

#### 6.1 尺寸

试样为直径  $50\text{ mm} \pm 0.5\text{ mm}$ 、高  $50\text{ mm} \pm 0.5\text{ mm}$  的圆柱体,且轴线对端面的垂直度和试样两端面之间的平行度偏差均应在 0.5 mm 以内。

#### 6.2 制备

试样应先将样品表面切去 4 mm 再制取,试样的制取方向与砖的压制方向的关系应在试验报告中

说明。

切制试样时表面的灰尘应清除掉,可采用喷水法湿切,或用喷气法干切。

6.3 干燥

试样应在干燥箱(5.7)中于(110±5)℃干燥至恒量,即两次称量之差不大于0.2 mg。测试前,试样应在干燥器中冷却至室温,冷却时间不应少于2 h。

7 试验步骤

- 7.1 用不透气的标准试样(5.8)做空白试验,以证明试验装置是密封的、不漏气的。
- 7.2 用游标卡尺(5.6)测量试样的直径和高度,精确至0.1 mm。
- 7.3 将试样装入夹持器(5.3)中,使橡胶套充气,确保橡胶套的压力足以使试样表面不漏气。可通过增加橡胶套的压力检查它的气密性,即增加压力时气体流量和试样两端的压差均应无变化。
- 7.4 至少在三个不同的压差下测定通过试样的气体流量,分别计算试样的透气度(见第8章)。
 

注:由于计算公式(见第8章)仅对层流成立,这些检验需证实气体流量与压力成正比。
- 7.5 如果在三种压差下计算出的透气度与其平均值的偏差大于5%,需重新做空白试验、检查设备和重新试验。如果重新试验的偏差仍大于5%,则应在试验报告中注明。

8 结果计算

8.1 根据式(3)计算透气度,单位 m<sup>2</sup>。结果保留两位有效数字。

$$\mu = \eta \cdot \frac{h}{A} \cdot \frac{1}{\Delta p} \cdot q_v \dots\dots\dots(3)$$

式中:

- $\eta$  ——试验温度下通过试样的气体的动力粘度,单位为帕秒(Pa·s);
  - $h$  ——试样高度,单位为米(m);
  - $A$  ——气体通过试样的横截面积,单位为平方米(m<sup>2</sup>);
  - $\Delta p$  ——试样两端面的压差,单位为帕(Pa);
  - $q_v$  ——通过试样的气体流量,单位为立方米每秒(m<sup>3</sup>/s)。
- 注:10℃~35℃空气和氮气的动力粘度值( $\eta$ )分别见表1和表2。

表1 空气的动力粘度

温度 ℃	动力粘度 ×10 <sup>-6</sup> Pa·s	温度 ℃	动力粘度 ×10 <sup>-6</sup> Pa·s	温度 ℃	动力粘度 ×10 <sup>-6</sup> Pa·s
10	17.7	19	18.1	28	18.5
11	17.7	20	18.1	29	18.6
12	17.8	21	18.2	30	18.6
13	17.8	22	18.2	31	18.7
14	17.8	23	18.3	32	18.7
15	17.9	24	18.3	33	18.7
16	17.9	25	18.4	34	18.8
17	18.0	26	18.4	35	18.8
18	18.0	27	18.5	—	—

表 2 氮气的动力粘度

温度 ℃	动力粘度 ×10 <sup>-6</sup> Pa·s	温度 ℃	动力粘度 ×10 <sup>-6</sup> Pa·s	温度 ℃	动力粘度 ×10 <sup>-6</sup> Pa·s
10	17.1	19	17.6	28	18.0
11	17.2	20	17.6	29	18.0
12	17.2	21	17.7	30	18.1
13	17.3	22	17.7	31	18.1
14	17.3	23	17.7	32	18.2
15	17.4	24	17.8	33	18.2
16	17.4	25	17.8	34	18.2
17	17.5	26	17.9	35	18.3
18	17.5	27	17.9	—	—

8.2 式(3)可按试验中直接读出的单位表示。以 m<sup>2</sup> 为单位的透气度数值由式(4)计算。

$$\mu = \frac{2.16 \times 10^{-6} \eta h q'_v}{d^2 \Delta p'} \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- $\eta$  —— 试验温度下通过试样的气体的动力粘度,单位为帕秒(Pa·s);
- $h$  —— 试样高度,单位为毫米(mm);
- $d$  —— 试样直径,单位为毫米(mm);
- $\Delta p'$  —— 试样两端面的压差,单位为毫米水柱[mmH<sub>2</sub>O<sup>1)</sup>];
- $q'_v$  —— 通过试样的气体流量,单位为立方厘米每分钟(cm<sup>3</sup>/min)。

注：产品标准中透气度的单位经常使用 mDa, 1 mDa=0.987×10<sup>-3</sup> μm<sup>2</sup>=0.987×10<sup>-11</sup> cm<sup>2</sup>=0.987×10<sup>-15</sup> m<sup>2</sup>。

## 9 试验报告

试验报告应包含以下内容：

- a) 试验单位名称；
- b) 试验日期；
- c) 依据的标准,即“试验依据 GB/T 3000”；
- d) 试验材料说明(如:制造商、型号、批号等)；
- e) 砖中对应每一气流方向上试样的数量；
- f) 采用气体；
- g) 试样两端面的压差,以及相对应的通过试样的气体流量；
- h) 对应每一气流方向上(相对于砖压制方向)材料的透气度平均值；
- i) 注明三个不同压差下计算出的透气度偏差大于允许值的数据(见 7.4 和 7.5)。

1) 1 mmH<sub>2</sub>O=9.807 Pa。

附录 A  
(资料性附录)

本标准与 ISO 8841:1991 技术性差异及其原因

表 A.1 给出了本标准与 ISO 8841:1991 的技术性差异及其原因的一览表。

表 A.1 本标准与 ISO 8841:1991 技术性差异及其原因

本标准的章条号	技术性差异	原因
1	增加:不定形耐火材料透气度的测定可参照本标准进行	便于使用
2	用 GB/T 21389 代替了 ISO 6906:1984	适应我国技术条件
5.1	删除负压下气体管道布置图,仅保留正压下透气度测定装置和方法	正压下测定透气度已能满足要求
5.5	删除采用水置换法测量空气流量的方法规定,相应地将透气度计算公式中的 $k_v$ 和表 1 中的 $k_v$ 一并删去	水置换法测量流量的方法不实用
5.3	删除注 5:如果试样形状尺寸不同,则夹持器须作相应改动(见注 7)	根据我国的实际情况,只采用直径为 50 mm 的圆柱体试样,相应条款取消
6.1	删除注 7:如果需要,可采用 50 mm 的立方体试样,在这种情况下,试样夹持器(见注 5)应做相应改变,并且试验结果的计算公式(见 8.3)会略有不同	
8	删除 8.3:如果变换了试样形状和夹持器(见 5.1.2 和 6.1),公式(4)中 $\frac{4 \times 10^6}{\pi d^2}$ 被 $\frac{10^6}{x^2}$ 替换,公式(4)变为: $\mu = \frac{1.70 \times 10^{-2} \eta h q'_v k_v}{x^2 \Delta p'} \dots\dots\dots (5)$ 式中: $x$ ——立方体试样的边长,mm	
8.1	将表 1 中空气的动力粘度温度范围由 16 °C ~ 24 °C 扩大到 10 °C ~ 35 °C	适应我国国情,便于使用
8.2	增加注:产品标准中透气度的单位经常使用 mDa, 1 mDa = $0.987 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2 = 0.987 \times 10^{-11} \text{cm}^2 = 0.987 \times 10^{-15} \text{m}^2$	便于使用
9	删除注 10:由单个数值求出平均值。根据 ISO 5022,用平均值作进一步的统计分析	适应我国国情



中 华 人 民 共 和 国  
国 家 标 准  
致密定形耐火制品 透气度试验方法  
GB/T 3000—2016

\*

中国标准出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

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

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

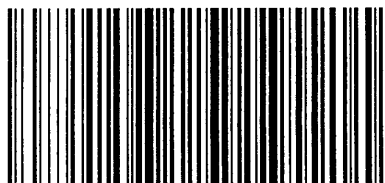
\*

开本 880×1230 1/16 印张 0.75 字数 15 千字  
2016年9月第一版 2016年9月第一次印刷

\*

书号: 155066·1-54852 定价 16.00 元

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)68510107



GB/T 3000-2016