

ICS 81.040.10  
Q 30



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 34338—2017

## 真空玻璃用熔封玻璃力学性能试验方法

Test methods for determining mechanical properties of sealing glass for  
vacuum glazing

2017-10-14 发布

2018-09-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由中国建筑材料联合会提出。

本标准由全国工业玻璃和特种玻璃标准化技术委员会(SAC/TC 447)归口。

本标准起草单位：中国建材检验认证集团股份有限公司、北京新立基真空玻璃技术有限公司、中国建筑材料科学研究总院、江苏铁锚玻璃股份有限公司、东莞市华居建设工程有限公司。

本标准主要起草人：刘小根、包亦望、孙景春、万德田、王银茂、温汉平、田远、闫培起、潘瑞娜、艾福强、王艳萍。

# 真空玻璃用熔封玻璃力学性能试验方法

## 1 范围

本标准规定了真空玻璃用熔封玻璃力学性能试验的术语和定义、弹性模量、剪切模量、泊松比试验、弯曲强度试验、封接粘结强度试验及试验报告。

本标准适用于真空玻璃用熔封玻璃的弹性模量、剪切模量、泊松比、弯曲强度、封接粘结拉伸强度和封接粘结剪切强度试验。

## 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 1031 产品几何技术规范(GPS) 表面结构 轮廓法 表面粗糙度参数及其数值

GB/T 16825.1 静力单轴试验机的检验 第1部分:拉力和(或)压力试验机 测力系统的检验与校准

GB/T 31541 精细陶瓷界面拉伸和剪切粘结强度试验方法 十字交叉法

JC/T 676 玻璃材料弯曲强度试验方法

JC/T 678 玻璃材料弹性模量、剪切模量和泊松比试验方法

## 3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

### 3.1

**熔封玻璃** **sealing glass**

采用低熔点玻璃粉配置成浆料烧结固化后形成的玻璃。

### 3.2

**封接粘结拉伸强度** **tensile bonding strength of the sealed place**

熔封玻璃与基片玻璃之间拉伸断裂时的平均粘结拉应力。

### 3.3

**封接粘结剪切强度** **shear bonding strength of the sealed place**

熔封玻璃与基片玻璃之间剪切断裂时的平均粘结剪应力。

## 4 弹性模量、剪切模量、泊松比试验

### 4.1 试样

按照真空玻璃厂商提供的烧结工艺制备熔封玻璃,对烧结固化后成型的熔封玻璃加工成长方体形状的试样,对试样外表面进行抛光,抛光后按 GB/T 1031 规定的方法进行测试,试样表面粗糙度  $Ra$  不大于  $3.2\ \mu\text{m}$ 。清洗干净后检查试样表面不应有肉眼可见气泡,无爆边、缺角、划伤等明显缺陷。试样形状如图 1 所示,尺寸见表 1。



说明：  
 $l$ ——试样长度；  
 $b$ ——试样宽度；  
 $h$ ——试样厚度。

图 1 熔封玻璃试样示意图

表 1 熔封玻璃试样尺寸表 单位为毫米

$l$	$b$	$h$
$120 \pm 1$	$20 \pm 1$	$4 \pm 0.1$

4.2 试验设备

应符合 JC/T 678 的规定。

4.3 试样数量

每组试样不少于 6 个。

4.4 弹性模量、剪切模量、泊松比弹测试

按 JC/T 678 中规定的方法进行试验，取试样试验结果的平均值作为最终结果。

5 弯曲强度试验

5.1 试样

按 4.1 的规定制备试样，试样 4 条长边应进行倒角  $(2 \pm 0.1) \text{mm} \times (45^\circ \pm 5^\circ)$ 。

5.2 试验设备

应符合 JC/T 676 的规定。

5.3 样品数量

每组测试试样不少于 15 个。

5.4 弯曲强度测试

按 JC/T 676 的规定进行，取试样试验结果的平均值作为最终结果。

6 封接粘结强度试验

6.1 十字交叉试样制备

6.1.1 玻璃样条要求

准备两根长 50 mm、宽 20 mm、实测厚度不低于 8 mm 的浮法玻璃样条，玻璃样条切割面需进行研



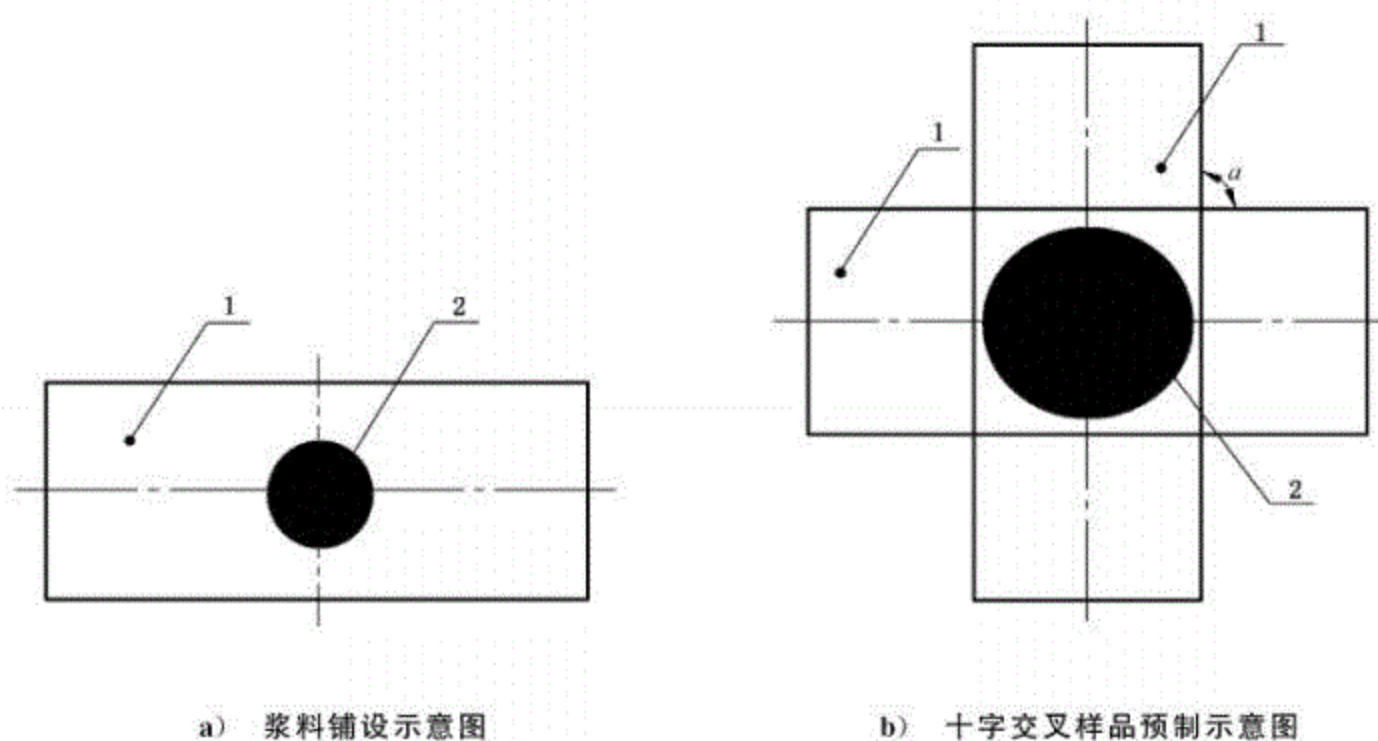
磨抛光,玻璃样条 4 条长边应进行倒角 $(2\pm 0.1)\text{mm}\times(45^\circ\pm 5^\circ)$ ,玻璃样条表面应清洁干净。

### 6.1.2 十字交叉试样预制

按照真空玻璃厂商提供的工艺,调制低熔点玻璃粉浆料。将适量的低熔点玻璃粉浆料均匀铺设于任一玻璃样条长宽对应面的正中央部位,见图 2a)所示,随后,将另一玻璃样条居中置于低熔点玻璃浆料上方,使两片玻璃样条之间形成形状为圆形、椭圆形、长方形或正方形的低熔点玻璃浆料层。两玻璃样条之间的夹角 $\alpha=90^\circ\pm 1^\circ$ ,见图 2b)所示。

### 6.1.3 十字交叉试样烧结

将 6.1.2 预制好的十字交叉样品按真空玻璃厂商提供的烧结工艺进行烧结,烧结后熔封玻璃不能溢出玻璃样条的边界,熔封玻璃厚度为 $0.1\text{mm}\sim 0.2\text{mm}$ ,熔封玻璃的椭圆长短轴长之比或长方形的长短边长之比应小于 1.5。烧结固化后两玻璃样条相对平面的平行度偏差不超过 $0.01\text{mm}$ 。



说明:

- 1——玻璃样条;
- 2——低熔点玻璃浆料。

图 2 熔封玻璃封接粘结强度测试的十字交叉样品示意图

## 6.2 试验设备

试验设备应符合 GB/T 16825.1 的规定,压缩或拉伸实验过程中载荷测量精度不低于 1%,加载速率应均匀。

## 6.3 试验夹具

试验夹具应符合 GB/T 31541 的规定。

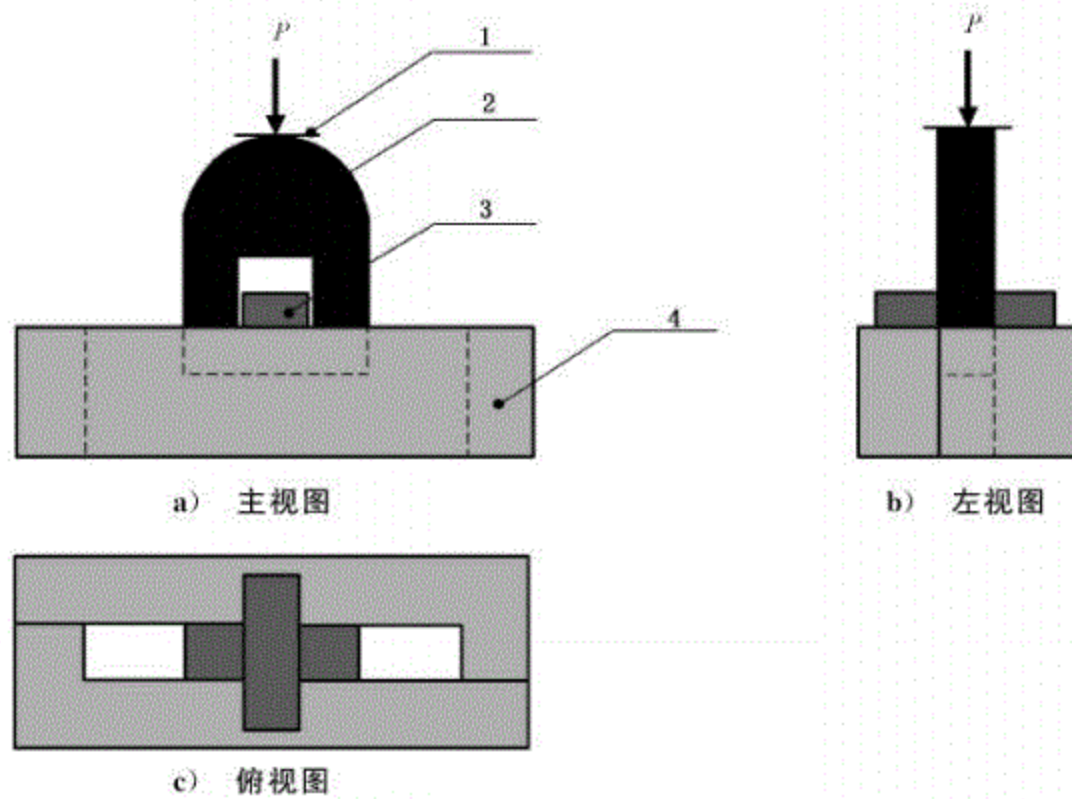
## 6.4 试样数量

试样数量不少于 15 个。

6.5 试验步骤

6.5.1 封接粘结拉伸强度

如图 3 所示,在夹具中摆放试样,夹具宽度应与试样宽度相同,且保证十字交叉试样在放入夹具中无任何摩擦。上夹具与试样接触部位应垫上软垫片,保证上夹具和试样之间的均匀接触。采用万能材料试验机压头直接对上夹具加载,上夹具传递给十字交叉试样下玻璃样条左右两边对称压力,实现对封接粘结面施加均匀拉伸应力,见图 3a)、图 3b)、图 3c)所示,加载速度为 0.5 mm/min。试验过程中,记录粘结面拉伸断裂时的最大载荷值。

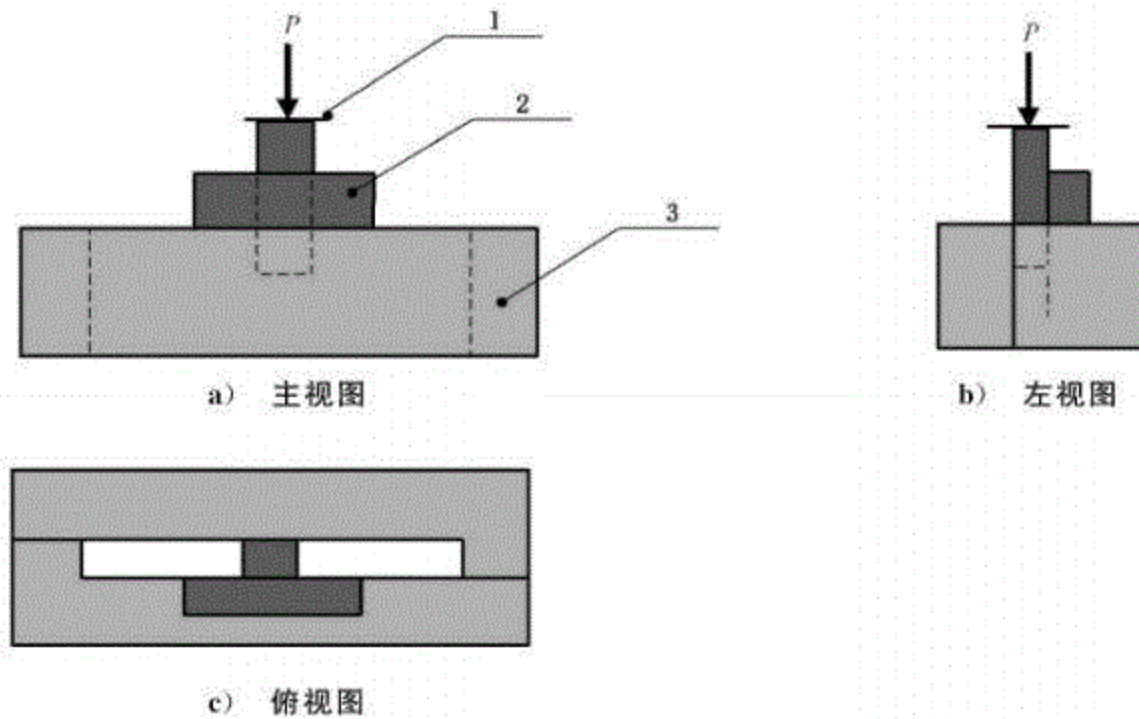


- 说明:
- 1——压头;
  - 2——上夹具;
  - 3——试样;
  - 4——下夹具。

图 3 封接粘结拉伸强度十字交叉试样和夹具的三视图

6.5.2 封接粘结剪切强度

如图 4 所示,在下夹具中摆放试样。夹具宽度应与试样厚度相同,且保证十字交叉试样在放入夹具中无任何摩擦。压头与竖立的玻璃样条上端头接触部位应垫上软垫片,保证上压头和试样之间的均匀接触。采用万能材料试验机压头直接对竖立的玻璃样条上端头进行加载,加载速度为 0.5 mm/min,实现对封接粘结面施加均匀剪切应力。试验过程中,记录粘结面剪切断裂时的最大载荷值。



说明：  
 1——压头；  
 2——试样；  
 3——下夹具。

图 4 封接粘结剪切强度十字交叉试样和夹具的三视图

6.5.3 破坏断面分析

加载试验完成后,应对熔封玻璃与玻璃样条粘结处的破坏断裂面形貌进行分析,确定断裂处是否为粘结界面断裂、玻璃样条断裂或者熔封玻璃断裂,并以照相图片形式记录。当试验样品为玻璃样条断裂时,则视试验结果无效,应进行补样试验。

6.5.4 封接粘结面积测量

封接粘结强度计算前,应使用分辨率不低于 0.02 mm 的量具,测量断裂后熔封玻璃与玻璃样条的粘结面积。也可采用图像处理方式用计算机自动计算粘结面积,粘结面积计算误差应小于 2%。

当熔封玻璃粘结形貌为圆形或椭圆形时,见图 5a),粘结面积按式(1)计算:

$$A = \frac{\pi d_1 d_2}{4} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

A —— 熔封玻璃粘结面积,单位为平方毫米(mm<sup>2</sup>);

d<sub>1</sub> —— 粘结椭圆面长轴长度,单位为毫米(mm);

d<sub>2</sub> —— 粘结椭圆面短轴长度,单位为毫米(mm)。

计算结果保留到小数点后两位。

当熔封玻璃粘结形貌为长方形或正方形时,见图 5b),粘结面积按式(2)计算:

$$A = a_1 b_1 \dots\dots\dots(2)$$

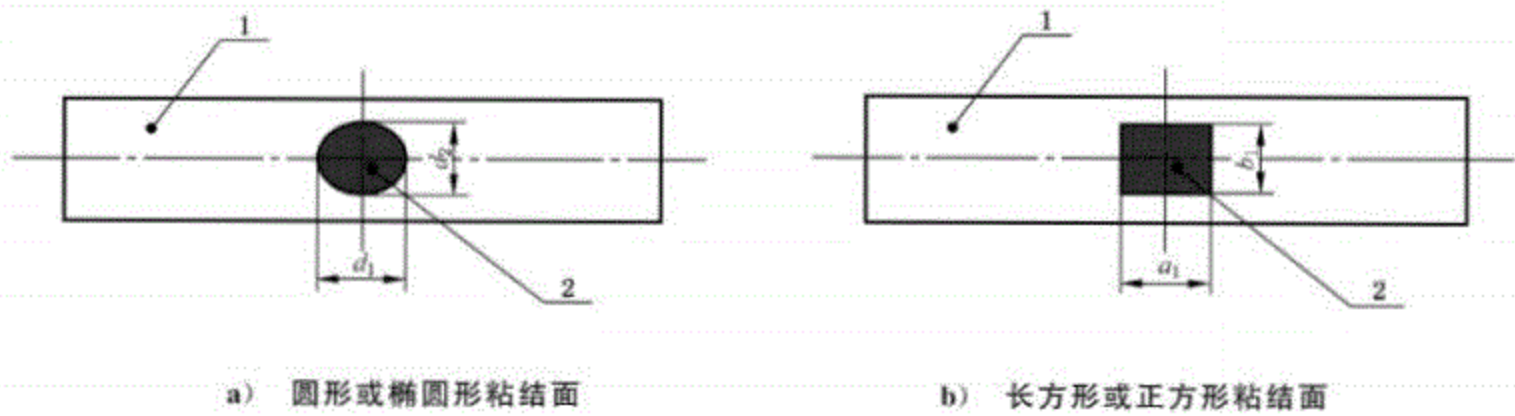
式中:

a<sub>1</sub> —— 粘结面长方形长边长度,单位为毫米(mm);

b<sub>1</sub> —— 粘结面长方形短边长度,单位为毫米(mm)。

计算结果保留到小数点后两位。





说明：  
1——玻璃样条；  
2——粘结面。

图5 熔封玻璃粘结破坏面形貌示意图

## 6.6 结果计算

### 6.6.1 封接粘结拉伸强度的计算

#### 6.6.1.1 封接粘结拉伸强度

封接粘结拉伸强度按式(3)计算：

$$\sigma_t = \frac{P_t}{A_t} \dots\dots\dots(3)$$

式中：

- $\sigma_t$ ——封接粘结拉伸强度,单位为兆帕(MPa)；
  - $P_t$ ——断裂载荷,单位为牛(N)；
  - $A_t$ ——封接粘结拉伸试验中粘结面积,单位为平方毫米(mm<sup>2</sup>)。
- 计算结果保留到小数点后两位。

#### 6.6.1.2 封接粘结拉伸强度的平均值和标准偏差

封接粘结拉伸强度的平均值 $\bar{\sigma}_t$ 和标准偏差 $s_t$ 分别按式(4)和式(5)计算：

$$\bar{\sigma}_t = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_{t,i}}{n} \dots\dots\dots(4)$$

$$s_t = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\sigma_{t,i} - \bar{\sigma}_t)^2}{n-1} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(5)$$

式中：

- $\sigma_{t,i}$ ——第*i*个试样的封接粘结拉伸强度,单位为兆帕(MPa)；
  - $n$ ——试样的数量。
- 计算结果保留到小数点后两位。

### 6.6.2 封接粘结剪切强度的计算

#### 6.6.2.1 封接粘结剪切强度

封接粘结剪切强度按式(6)计算：



$$\tau = \frac{P_s}{A_s} \dots\dots\dots(6)$$

式中：

- $\tau$  ——封接粘结剪切强度,单位为兆帕(MPa);
  - $P_s$  ——断裂载荷,单位为牛(N);
  - $A_s$  ——封接粘结剪切试验中粘结面积,单位为平方毫米(mm<sup>2</sup>)。
- 计算结果保留到小数点后两位。

#### 6.6.2.2 封接粘结剪切强度的平均值和标准偏差

封接粘结剪切强度的平均值 $\bar{\tau}$ 和标准偏差 $s_s$ 分别按式(7)和式(8)计算：

$$\bar{\tau} = \frac{\sum_{i=1}^n \tau_i}{n} \dots\dots\dots(7)$$

$$s_s = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (\tau_i - \bar{\tau})^2}{n-1} \right]^{1/2} \dots\dots\dots(8)$$

式中：

- $\tau_i$  ——第*i*个试样的封接粘结剪切强度,单位为兆帕(MPa);
  - $n$  ——试样的数量。
- 计算结果保留到小数点后两位。

## 7 试验报告

试验报告应包含但不限于以下信息：

- a) 采用标准(本标准编号);
- b) 委托单位及检测类别;
- c) 检测依据及使用仪器;
- d) 检测日期、报告编号;
- e) 试样制备工艺说明;
- f) 封接粘结强度试验断面破坏模式描述;
- g) 试验结果。