

中华人民共和国建材行业标准

JC/T 2373—2016

玻璃管材弹性模量和弯曲强度试验方法 缺口环法

Test method for determining elastic modulus and bending strength of glass
tubes—Split ring method

2016-07-11 发布

2017-01-01 实施

中华人民共和国工业和信息化部 发布

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。

本标准负责起草单位：中国建材检验认证集团股份有限公司、广东中科华大工程技术检测有限公司、中国建筑材料科学研究总院。

本标准参加起草单位：久智光电子材料科技有限公司、中国建材检验认证集团北京天誉有限公司。

本标准主要起草人：包亦望、万德田、张锦、刘小根、邱岩、诸葛顺金、陈璐、张伟、田远、刘钊、王友军、赵晋武。

本标准为首次发布。

玻璃管材弹性模量和弯曲强度试验方法

缺口环法

1 范围

本标准规定了采用缺口环法测试玻璃管材弹性模量和弯曲强度的术语和定义、方法概述、设备、试样、试验步骤、计算公式以及试验报告。

本标准适用于内外径比值在 0.8~1 范围内的玻璃和微晶玻璃管材弹性模量和弯曲强度的测试。

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 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

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

缺口环试样 **split ring specimen**

在玻璃管材上截取圆环，在圆环上切一个缺口后得到的开口环试样。

3.2

断裂载荷 **fracture load**

缺口环试样在受压过程中断裂时所对应的临界载荷。

4 方法概述

对缺口环试样的外圆施加对称向心压缩载荷，在弹性范围内，根据获得的载荷变量和对应的试样受力点相对位移变量，计算出材料的弹性模量。对试样连续加载直至断裂，根据获得的断裂载荷和样品尺寸计算出材料的弯曲强度。

5 设备

5.1 试验机

应符合 GB/T 16825.1 规定，具有均匀的加载速度，在试验载荷范围内测量精度应优于 1%。

自动记录载荷与横梁位移或试验时间的关系曲线。

采集数据频率应不小于 15 Hz，响应频率应不小于 50 Hz。

5.2 量具

游标卡尺或千分尺，精度为 0.02 mm 或更高。

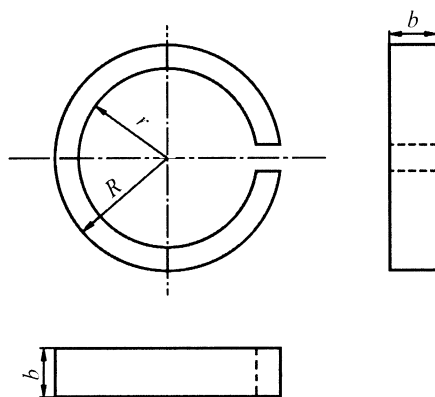
测量缺口环试样压缩位移量的设备精度应不低于 1 μm，宜采用位移引伸计或电感位移测量仪。

6 试样

6.1 试样尺寸

试样宽度(b)应满足以下两式 $0.2 \leq b/R \leq 1.0$ 和 $1.0 \leq b/(R-r) \leq 5.0$ 。

缺口宽度应在受力加载过程中不能完全闭合，其最大值应不超过管材样品的外环半径(R)。试样示意图如图 1 所示。



说明：

R ——外半径；

r ——内半径；

b ——宽度。

图1 缺口环试样示意图

6.2 试样制备

将管材切割成环状样品，试样的端面应经过研磨抛光，目视无崩边、裂纹。用切割机对圆环切一个缺口，获得缺口环试样，表面清洗干净。

6.3 试样尺寸测量

测量试样内半径、外半径和宽度，应在不同位置测量不少于 3 个点，取平均值。

6.4 试样数量

至少 6 个试样。若做弯曲强度的统计分析(例如，Weibull 统计分析)，需 30 个或以上试样。

7 试验步骤

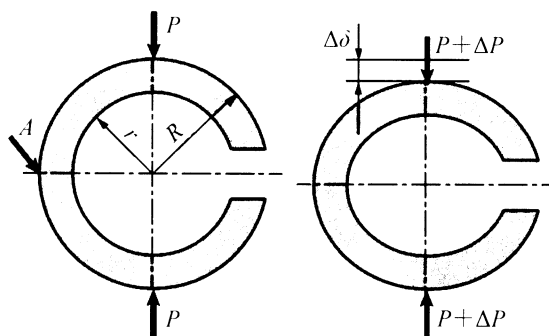
7.1 加载速度

测试弹性模量的加载速度为 0.1 mm/min。测试弯曲强度的加载速度为 0.5 mm/min。

7.2 弹性模量的测量

如图 2 所示摆放试样，试样的缺口断面应处在水平对称位置，支座和压头加载面尺寸应大于试样宽度，压头和试样之间应均匀接触。

施加载荷，记录下试样在线弹性变形范围内的载荷变量(ΔP)和对应的试样受力点相对位移变量($\Delta\delta$)，见图 3。



说明：

A ——弯曲应力最大值点；

P ——载荷；

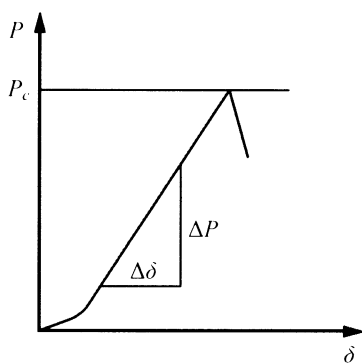
r ——内半径；

R ——外半径；

$\Delta\delta$ ——受力点相对位移变量；

ΔP ——载荷变量。

图2 缺口环试样受压过程中的载荷-压缩位移曲线示意图



说明：

P ——载荷；

P_c ——断裂载荷；

$\Delta\delta$ ——受力点相对位移变量；

ΔP ——载荷变量；

δ ——位移。

图3 典型的加载曲线示意图

7.3 弯曲强度的测量

如图 2 所示摆放试样，试样的缺口断面应处在水平对称位置，支座和压头加载面尺寸应大于试样宽度，压头和试样之间应均匀接触。

施加载荷直至样品断裂,记录断裂载荷。试样断裂位置应为图 2 所示 A 点附近,距圆心的中心角偏差不超过 $\pm 5^\circ$,否则该试验应视为无效。典型的加载曲线如图 3 所示。

8 计算公式

8.1 缺口环试样弹性模量的计算

8.1.1 弹性模量的计算公式

弹性模量按公式(1)计算:

$$E = \frac{3\pi}{4000b} \times \frac{\Delta P}{\Delta \delta} \times \left(\frac{R+r}{R-r} \right)^3 \dots\dots\dots (1)$$

式中:

- E ——弹性模量,单位为吉帕(GPa);
- ΔP ——材料在弹性变形范围内的载荷变量,单位为牛顿(N);
- $\Delta \delta$ ——与 ΔP 所对应的试样受力点相对位移变量,单位为毫米(mm);
- R ——缺口环试样外环半径,单位为毫米(mm);
- r ——缺口环试样内环半径,单位为毫米(mm);
- b ——试样宽度,单位为毫米(mm)。

8.1.2 弹性模量的平均值和标准差

弹性模量的平均值 $\bar{E}$ 和标准偏差 s_c 分别按公式(2)和公式(3)计算:

$$\bar{E} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \dots\dots\dots (2)$$

$$s_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (E_i - \bar{E})^2}{n-1} \right]^{1/2} \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- $\bar{E}$ ——弹性模量的平均值,单位为吉帕(GPa);
- s_c ——弹性模量的标准偏差,单位为吉帕(GPa);
- E_i ——第 i 试样的弹性模量,单位为吉帕(GPa);
- n ——试样的数量。

8.2 缺口环试样弯曲强度的计算

8.2.1 弯曲强度的计算公式

弯曲强度按公式(4)计算:

$$\sigma_{hr} = \frac{P_c}{bR \left[\ln(R/r) \times \frac{R+r}{R-r} - 2 \right]} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

σ_{br} ——弯曲强度, 单位为兆帕(MPa);

P_c ——断裂载荷, 单位为牛顿(N);

R ——缺口环试样外环半径, 单位为毫米(mm);

r ——缺口环试样内环半径, 单位为毫米(mm);

b ——试样宽度, 单位为毫米(mm)。

8.2.2 弯曲强度的平均值和标准差

弯曲强度的平均值 $\bar{\sigma}_{br}$ 和标准差 s_s 分别按公式(5)和公式(6)计算:

$$\bar{\sigma}_{br} = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_i}{n} \dots\dots\dots (5)$$

$$s_s = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (\sigma_i - \bar{\sigma}_{br})^2}{n-1} \right]^{1/2} \dots\dots\dots (6)$$

式中:

$\bar{\sigma}_{br}$ ——弯曲强度的平均值, 单位为兆帕(MPa);

s_s ——弯曲强度的标准偏差, 单位为兆帕(MPa);

σ_i ——第 i 个试样的弯曲强度, 单位为兆帕(MPa);

n ——试样的数量。

9 试验报告

试验报告应包含以下信息:

- a) 测试机构的名称和地址;
- b) 测试日期, 试样名称、规格、数量和编号;
- c) 试样加工说明;
- d) 加载速率或位移速率或变形率;
- e) 试验次数和有效结果数量;
- f) 载荷与测试时间(位移)关系图;
- g) 弹性模量和弯曲强度的平均值和标准差;
- h) 试验环境温度和相对湿度。