



中华人民共和国国家标准

GB/T 7320—2018
代替 GB/T 7320—2008

耐火材料 热膨胀试验方法

Refractories—Determination of thermal expansion

(ISO 16835:2014, Refractory products—Determination of thermal expansion, MOD)

2018-05-14 发布

2019-04-01 实施

国家市场监督管理总局 发布
中国国家标准化管理委员会

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
耐火材料 热膨胀试验方法
GB/T 7320—2018

*

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.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2018年5月第一版

*

书号: 155066 · 1-59926

版权专有 侵权必究

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 7320—2008《耐火材料 热膨胀试验方法》，与 GB/T 7320—2008 相比，主要技术变化如下：

- 增加了任一温度 T 下线膨胀系数的定义和计算方法；
- 修改了平均线膨胀系数的定义和计算公式；
- 修改了示差法膨胀的升温速率；
- 修改了示差法膨胀的规定载荷；
- 增加了顶杆法试样尺寸的范围；
- 增加了顶杆法中施加载荷的规定不大于 2.0 N；
- 修改了顶杆法的升温速率；
- 修改了顶杆法仪器校正方法和公式；
- 增加了附录 A 和附录 B。

本标准使用重新起草法修改采用 ISO 16835:2014《耐火材料 热膨胀试验方法》。

本标准与 ISO 16835:2014 相比在结构上有较多调整，附录 A 中列出了本标准与 ISO 16835:2014 的章条编号对照一览表。

本标准与 ISO 16835:2014 相比存在技术性差异，附录 B 中列出了本标准与 ISO 16835:2014 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。

本标准起草单位：中钢集团洛阳耐火材料研究院有限公司、中冶武汉冶金建筑研究院有限公司。

本标准主要起草人：丁俊杰、章艺、杨金松、伍书军、李龙飞、杨帆、曹海洁、杜文忠、肖哲栋、夏昌勇、王冠。

本标准所代替标准历次版本的发布情况为：

- GB/T 7320—1987；
- GB/T 7320.1—2000、GB/T 7320.2—2000；
- GB/T 7320—2008。

耐火材料 热膨胀试验方法

1 范围

本标准规定了耐火材料热膨胀测定的定义、原理、设备、试样、试验步骤、结果计算、试验误差和试验报告。

本标准适用于测定耐火材料的线膨胀率、平均线膨胀系数和瞬时线膨胀系数。

本标准包含以下两种热膨胀试验方法：

- a) 示差法；
- b) 顶杆法。

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 4513.5 不定形耐火材料 第5部分：试样制备和预处理(GB/T 4513.5—2017, ISO 1927-5:2012, MOD)

GB/T 5989 耐火材料 荷重软化温度试验方法 示差升温法(GB/T 5989—2008, ISO 1893:2005, IDT)

GB/T 7321 定形耐火制品试样制备方法

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 16839.1 热电偶 第1部分：分度表

GB/T 16839.2 热电偶 第2部分：允差

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

初始温度 starting point temperature

T_0

用于记录热膨胀量的起点温度(通常是室温)。

3.2

下限温度 lowest limit temperature

T_1

在某个温度范围内测量线膨胀的最低温度。

3.3

上限温度 highest limit temperature

T_2

在某个温度范围内测量线膨胀的最高温度。

3.4

线膨胀率 linear thermal expansion percentage

E_i

室温至试验温度间,试样长度的相对变化率,用%表示。

注: $E_i = \Delta L_i / L_0 \times 100$ 。

3.5

线膨胀曲线 linear thermal expansion curve

以横坐标表示温度,纵坐标表示线膨胀率的曲线。

3.6

升温线膨胀曲线 rising temperature expansion curve

试样随温度的升高而产生线膨胀的曲线。

3.7

降温线膨胀曲线 declining temperature expansion curve

试样随着温度的降低而发生长度变化的曲线,通常用来测定试样在冷却过程中尺寸的变化。

3.8

平均线膨胀系数 average linear thermal expansion coefficient

$\alpha_{T_2-T_1}$

在某个温度区间内试样随温度升高的长度变化量 $\Delta L (= L_2 - L_1)$ 与初始长度 L_0 和温差 $\Delta T (= T_2 - T_1)$ 的比值。

注: $\alpha_{T_2-T_1} = \Delta L / (L_0 \Delta T)$, 试样的长度 L_1 和 L_2 分别是温度 T_1 和 T_2 时的长度, $\alpha_{T_2-T_1}$ 的单位是 $^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。

3.9

瞬时线膨胀系数 instantaneous linear thermal expansion coefficient

α_{T_i}

当 $\Delta T (= T_2 - T_1)$ 趋近于 0 时的平均线膨胀系数。

注: 瞬时线膨胀系数 α_{T_i} 即在某个温度 T_i 下对应的线膨胀率曲线上那点切线的斜率值, 单位为 $^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。

3.10

参考样 reference sample

已知线膨胀率和线膨胀系数的参考试样。

注: 参考样的尺寸应与普通试样相同。

4 示差法

4.1 原理

在加热炉中以一定速率加热圆柱体试样,连续记录温度和试样的高度变化,从而得到试样的线膨胀率、线膨胀率曲线、瞬时线膨胀系数和平均线膨胀系数。

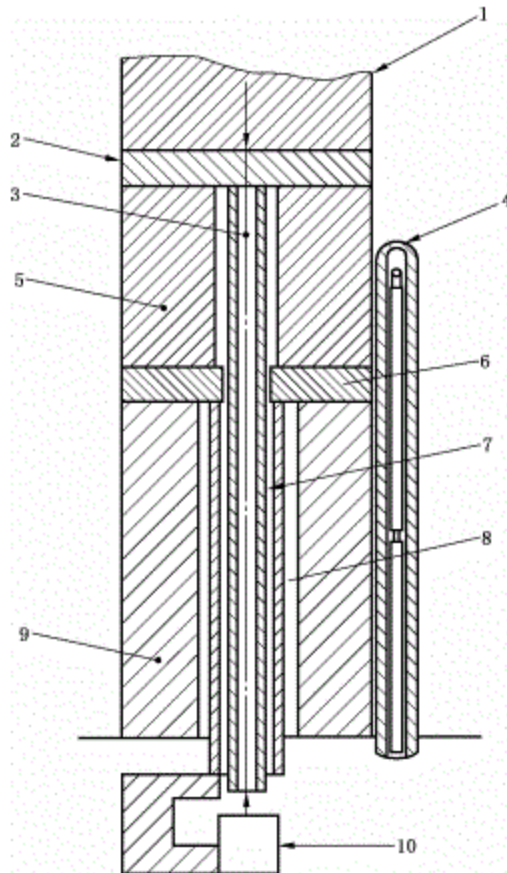
4.2 设备与材料

4.2.1 热膨胀测试仪

4.2.1.1 概述

热膨胀测试仪的加压棒、试样和支撑棒同轴垂直放置在加热炉内,如图 1 所示。在整个试验过程中都要保持同轴垂直状态,在中心轴方向对样品施加 0.01 MPa 的载荷(或按合同约定载荷),升温时试样产生的线膨胀可以通过内示差管和外示差管的相对长度变化量计算得出。示差管分别与上垫片和下

垫片相接触,上下垫片与试样的上下表面相接触。压力变化量应不超过 $\pm 1\text{ N}$ 。



说明:

- | | |
|-----------|-----------|
| 1——加压棒; | 6——下垫片; |
| 2——上垫片; | 7——内示差管; |
| 3——测温热电偶; | 8——外示差管; |
| 4——控温热电偶; | 9——支撑棒; |
| 5——试样; | 10——测量装置。 |

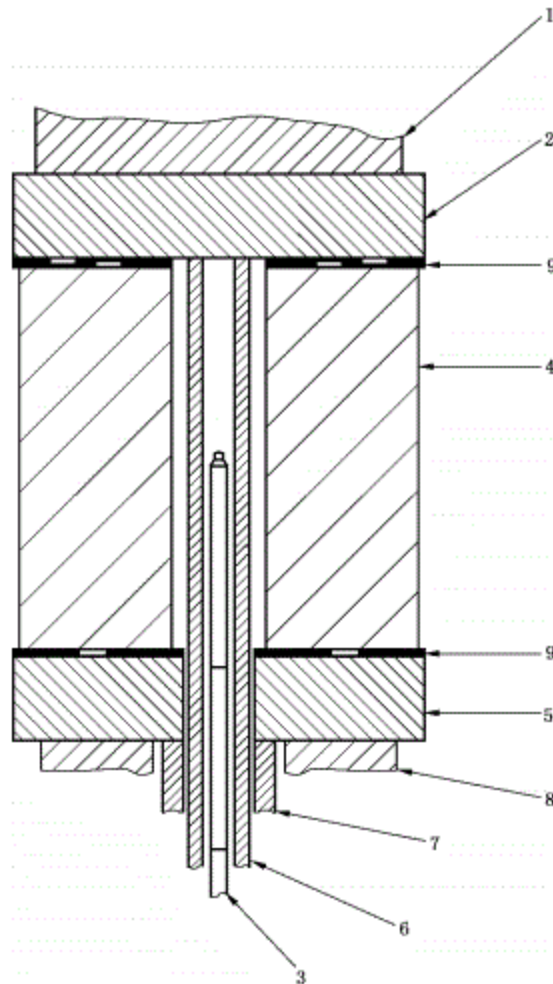
图1 热膨胀测试仪示意图(试样变化率的测试装置在仪器的下方)

4.2.1.2 热膨胀测试仪的组成

热膨胀测试仪由以下部分组成:

- 加压棒:外径不小于45 mm的圆柱形耐火材料。加压棒的端面应平整并有可以穿过内外示差管的同轴内孔(见图3)。
- 支撑棒:外径不小于45 mm的圆柱形耐火材料。支撑棒的端面应平整并带有可以穿过内外示差管的同轴内孔(见图1和图2)。
- 垫片:用于防止试样由于化学反应而与加压棒和支撑棒发生粘连。垫片可以是外径大于50 mm,厚度为5 mm~10 mm的硅酸铝耐火材料,例如高温烧结莫来石和氧化铝耐火材料,或者氧化镁和尖晶石耐火材料。下垫片(见图1和图2)和上垫片(见图3)也应有可以穿过内示差管的同轴内孔(内径为10 mm)。当试样会与垫片材料发生反应时,例如测量硅质制品时,应将铂或铂铑垫片(厚度为0.2 mm)放置在试样和垫片之间(见图2)。

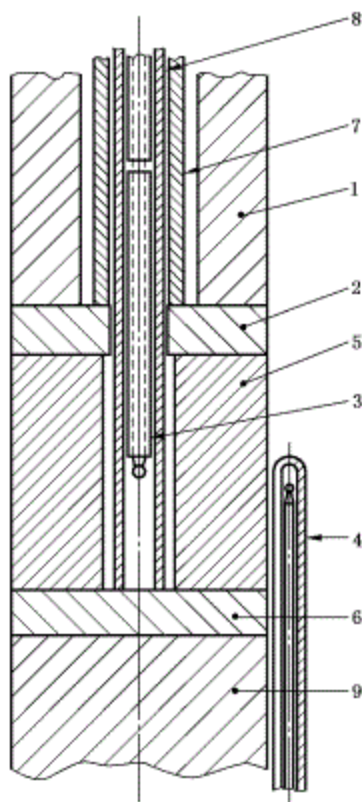
- d) 外示差管:刚玉材质(外径 15 mm,内径 10 mm)。外示差管的顶端穿过支撑棒(见图 1 和图 2)或加压棒(见图 3),并且紧贴着下垫片(见图 1 和图 2)或上垫片表面(见图 3),可以上下自由移动。
- e) 内示差管:刚玉材质(外径 8 mm,内径 5 mm)。示差内管的顶端穿过支撑棒、下垫片和试样(见图 1 和图 2)并且紧贴着上垫片表面,可以上下自由移动。图 3 中外示差管和内示差管是相反的。
- f) 夹具(加压棒、支撑棒、上下垫片):在最高试验温度下夹具材料在给定压力下不发生明显变形且相互间不发生化学反应。所用材料的 T_1 值应大于或等于试样材料的 T_2 值, T_1 值和 T_2 值按照 GB/T 5989 测定。



说明:

- | | |
|-----------|-------------|
| 1——加压棒; | 6——内示差管; |
| 2——上垫片; | 7——外示差管; |
| 3——测温热电偶; | 8——支撑棒; |
| 4——试样; | 9——铂或者铂铑垫片。 |
| 5——下垫片; | |

图 2 热膨胀测试仪的局部图(试样变化率的测试装置在仪器的下方)



说明:

1—加压棒;
2—上垫片;
3—测温热电偶;
4—控温热电偶;
5—试样;

6—下垫片;
7—外示差管;
8—内示差管;
9—支撑棒。

图3 热膨胀测试仪示意图(试样变化率的测试装置在仪器的上方)

4.2.2 加热炉

采用管式炉,其中轴线与加荷系统同轴,能按规定速率(见 4.4.3)加热试样至最高试验温度,当加热炉达到 500 °C 以上时,试样周围(上下 12.5 mm)的区域应能保持温度均匀至±20 °C 以内。

4.2.3 位移测量仪

采用千分表或位移传感器连接自动记录仪,固定在外示差管的底端(或顶端),探头与内示差管底端(或顶端)相连,如图 1(或图 3)所示,通过示差装置测量试样的相对变形量,测量精度应达到 0.005 mm。

4.2.4 温度测量装置

4.2.4.1 测温热电偶

测温热电偶插入内示差管中,穿过试样内孔,使热电偶的热端置于试样的中心位置,以便测得试样中心位置的温度。

4.2.4.2 控温热电偶

用于控制加热炉温度的热电偶,其热端靠近试样(见图 1)。

4.2.4.3 热电偶的类型及精度

热电偶采用铂-铂铑热电偶,符合 GB/T 16839.1 和 GB/T 16839.2 的规定。

4.2.5 游标卡尺

最小分度值不大于 0.05 mm。

4.2.6 参考样

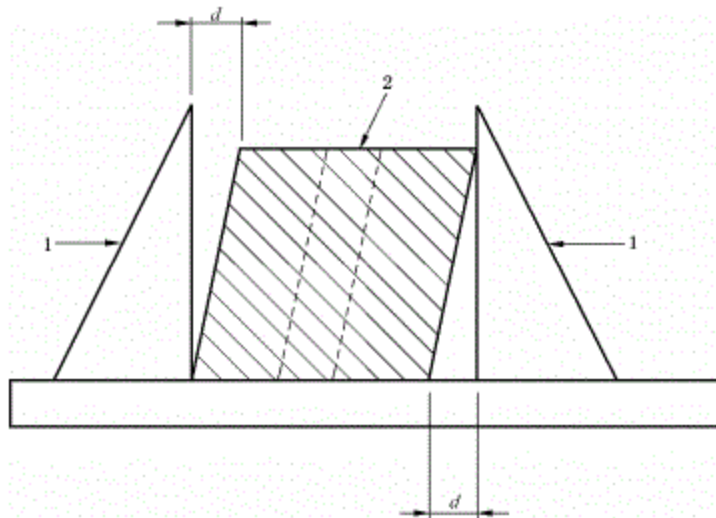
选择已知线膨胀率及线膨胀系数的高纯氧化铝材料烧结制成,其尺寸按照 4.3 的规定。

4.3 试样

4.3.1 试样尺寸

试样尺寸应满足以下要求:

- 试样为中心带通孔的圆柱体,外径 $50\text{ mm} \pm 2\text{ mm}$,高度 $50\text{ mm} \pm 0.5\text{ mm}$,中心通孔直径 $12\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$,并与圆柱体同轴。
- 试样上下端面相互平行且与中轴线垂直,两个端面需要磨平,任意两点高度差不应超过 0.2 mm 。将试样一个端面放置在水平金属板上,用角尺靠在试样的母线位置,角尺与母线之间的间距 d 不应超过 0.5 mm (见图 4)。间距可用塞尺测量。



说明:

1—直角尺;

2—试样。

图 4 垂直度的测试方法

- 为确保试样上下端面完全平整,在试样上下端面依次压在衬有复印纸的硬滤纸(厚度为 0.15 mm)的平板上,或采取印邮戳的方式,做压痕实验。如果印痕不清晰完整则应重新磨平。也可以用直尺来控制试样的平整度。

4.3.2 试样的制备

4.3.2.1 定形耐火材料

试样制备按照 GB/T 7321 规定进行,试样长度方向应平行于样品成型时的加压方向。

另外,试样制取方向也可经相关方协商确定。如果是不烧耐火材料,制样前要对样品预先进行热处理,或将制备好的试样在指定温度下热处理后使用。

4.3.2.2 不定形耐火材料

试样制备可以参照 GB/T 4513.5 规定进行,也可以直接浇注成 4.3.1 中规定的试样形状,或者从样品上按规定形状制取。有必要进行热处理时,包括热处理的条件要与相关方达成一致。试样的制备、成型方式、热处理条件和试样的尺寸都要在检测报告中注明。

4.4 试验步骤

4.4.1 在室温下测量试样的外径、内径和高度(精确至 0.1 mm),将试样放置在加压棒和支撑棒之间,并用垫片隔开,使其同轴垂直。

4.4.2 通过加压棒对试样施加 0.01 MPa 的载荷,应力变化控制在 ± 1 N 以内。施加载荷的大小也可以由相关方协商确定,并在检测报告中注明。

4.4.3 按规定的升温速率 $2.5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 将加热炉升至试验温度。另外,当试验材料(如二氧化硅和二氧化锆)发生相变的时候,在晶型转变温度区域可以采用相对更慢的升温速率。

4.4.4 利用测温热电偶测量试样中心的温度,并在一定的温度间隔记录试样高度上的变化量,直至试验结束。

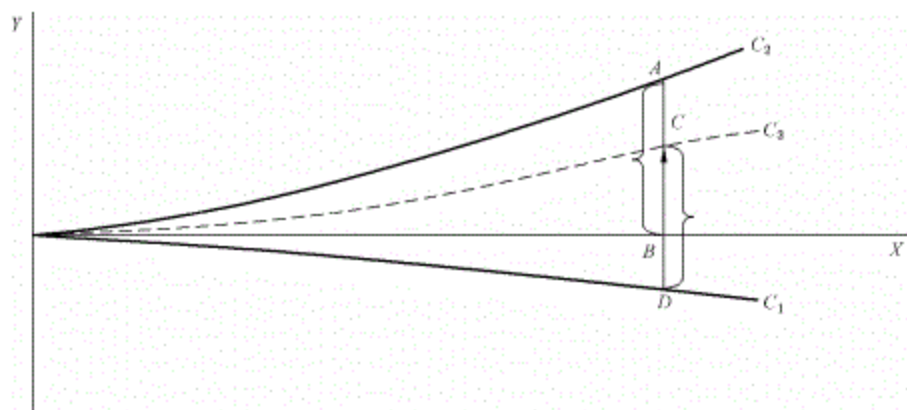
4.4.5 如有必要,测量试样在降温过程中试样长度与温度之间的变化关系。

4.5 参考样的测量

根据 4.4 测量参考样,内外示差管、下垫片和支撑棒更换时,应用参考样进行校准。

4.6 结果计算和表示

4.6.1 根据 4.4 测量结果,不计示差管长度的变化,绘制试样高度变化百分率与温度的关系曲线(见图 5 中曲线 C_1)。



说明:

X —— 温度($^{\circ}\text{C}$);

Y —— 高度变化百分率(%).

图 5 校正曲线

4.6.2 绘制参考样高度变化百分率随温度变化的关系曲线 C_2 (见图 5),参考样的材质与示差管的材质一样,尺寸与试样尺寸一致。

4.6.3 在任意温度点满足 $AB=CD$, 绘制校正后的曲线 C_3 ($C_3=C_1+C_2$)。

4.6.4 根据 4.6.3 中校正曲线 C_3 可得试样在每个温度点高度方向的变化量 (ΔL_i)。

4.6.5 根据 4.6.4 中测试结果按式(1)计算试样的线膨胀率, 结果按 GB/T 8170 修约至 2 位小数:

$$E_i = \frac{\Delta L_i}{L_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

E_i ——线膨胀率, %;

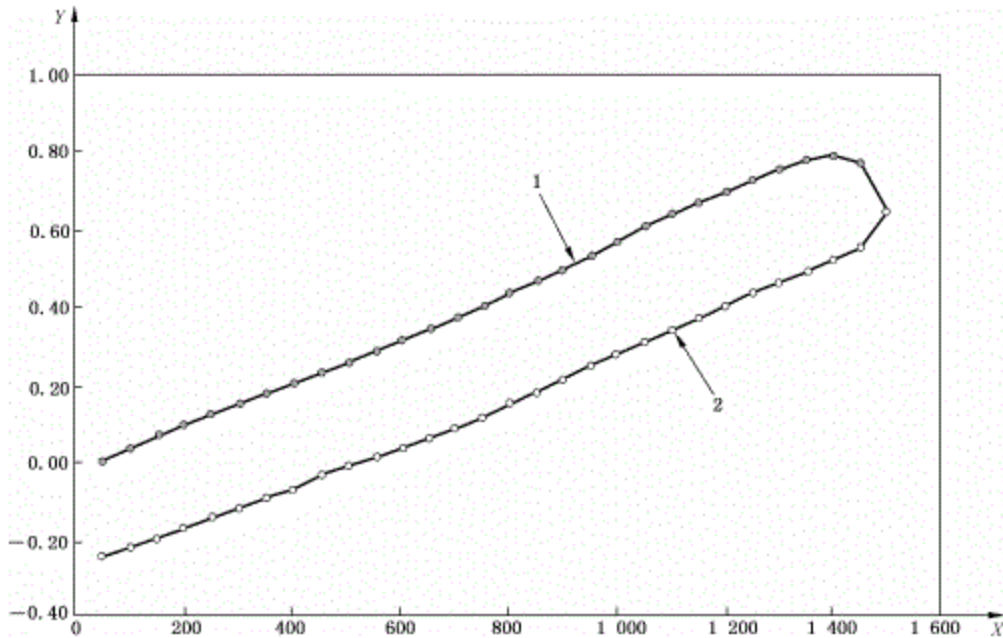
L_0 ——初始温度时试样的高度, 单位为毫米(mm);

ΔL_i ——试样从初始温度到 T_i 高度的变化 ($L_i - L_0$), 单位为毫米(mm)。

当室温低于初始温度时, 利用初始温度到试验温度下试样的长度变化量计算线膨胀率, 当室温高于初始温度时, 根据 4.6.6 中的关系曲线, 利用外推法得出线膨胀率。

初始温度可以由相关方协商确定。

4.6.6 根据 4.6.5 中得到的各温度点与线膨胀率之间的关系绘制出线膨胀率曲线, 见图 6:



说明:

1——线膨胀升温曲线;

X ——温度(°C);

2——线膨胀降温曲线;

Y ——线膨胀率(%).

图 6 粘土砖线膨胀曲线示意图

4.6.7 按式(2)计算平均线膨胀系数, 结果表示为 $10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, 按 GB/T 8170 修约至 2 位小数:

$$\alpha_{T_2-T_1} = \frac{\Delta L}{L_0 \times \Delta T} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

$\alpha_{T_2-T_1}$ ——平均线膨胀系数, 单位为每摄氏度($^\circ\text{C}^{-1}$);

L_0 ——初始温度时试样的高度, 单位为毫米(mm);

ΔT —— T_2 和 T_1 之间的温度差, 单位为摄氏度($^\circ\text{C}$);

ΔL ——与温度差 ΔT 相对应的试样高度差, 单位为毫米(mm)。

整个温度区间内试样线膨胀率与温度之间的关系是直线关系时, 上限温度 T_2 可当作测试的最高

温度,下限温度 T_1 可当作测试的初始温度,从而计算得到平均线膨胀系数。如果线膨胀率与温度的关系是曲线关系时,平均线膨胀系数可以根据试验目的在任意温度区间内计算获得,例如表示为

$\alpha_{(800-200)}$ 。

4.6.8 按式(3)计算瞬时线膨胀系数,结果表示为 $10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$,按 GB/T 8170 修约至 2 位小数:

$$\alpha_{T_i} = \frac{L_{T_{i+A}} - L_{T_{i-A}}}{L_0(T_{i+A} - T_{i-A})} \dots\dots\dots(3)$$

式中:

α_{T_i} ——试样在温度 T_i 时的线膨胀系数,单位为每摄氏度($^\circ\text{C}^{-1}$);

L_0 ——试样在初始温度时的长度,单位为毫米(mm);

T_{i+A} ——比 T_i 高 A 的温度,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$);

T_{i-A} ——比 T_i 低 A 的温度,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$);

$L_{T_{i+A}}$ ——试样在 T_{i+A} 温度时的高度,单位为毫米(mm);

$L_{T_{i-A}}$ ——试样在 T_{i-A} 温度时的高度,单位为毫米(mm)。

通常 A 推荐为 $25 \text{ } ^\circ\text{C}$ 。

所测得的线膨胀率与温度之间的关系曲线不一定总是平滑的曲线,因此,测量试样在 $(T_i \pm A) \text{ } ^\circ\text{C}$ 下的长度,计算得到 T_i 时的瞬时线膨胀系数。或者,通过对所测线膨胀率曲线的拟合,得到 T_i 温度下的微分值(切线的斜率)再除以 100,即为 T_i 时的瞬时线膨胀系数。

5 顶杆法

5.1 原理

将试样放进加热炉中,一端固定,以一定的升温速率将试样加热到指定的试验温度,测定试样从初始温度到试验温度过程中长度的变化量,从而得到试样的线膨胀率、线膨胀率曲线、平均线膨胀系数和试验温度下的瞬时线膨胀系数。

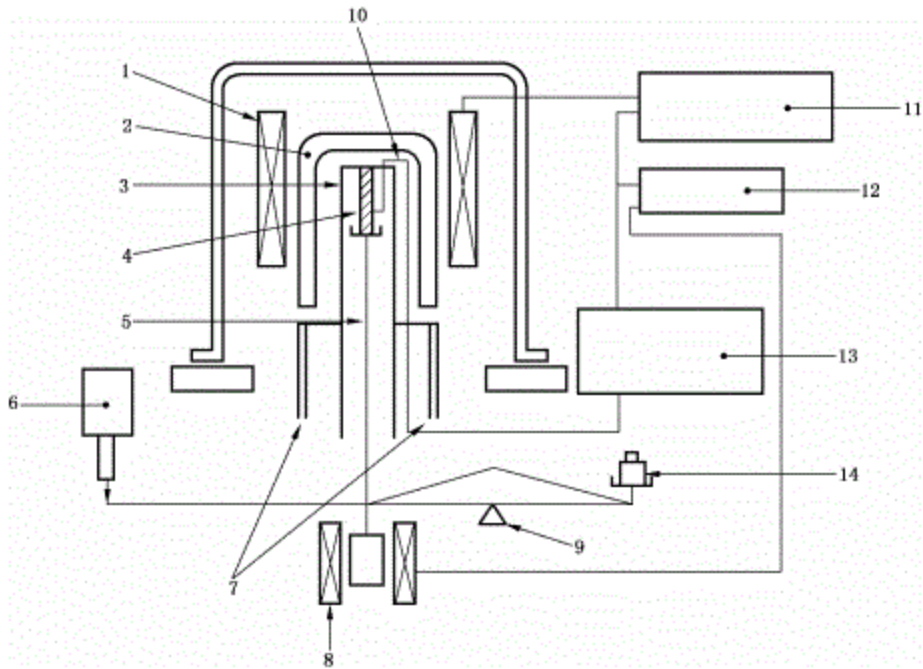
5.2 设备和材料

5.2.1 热膨胀测试仪

5.2.1.1 概述

热膨胀测试仪由线膨胀测试系统构成。线膨胀测试系统包括试样支撑管、顶杆、电阻炉、控温系统、测温系统和记录仪。试样可以垂直或者平行放置,垂直测试仪和水平测试仪的组成示意图分别见图 7 和图 8。

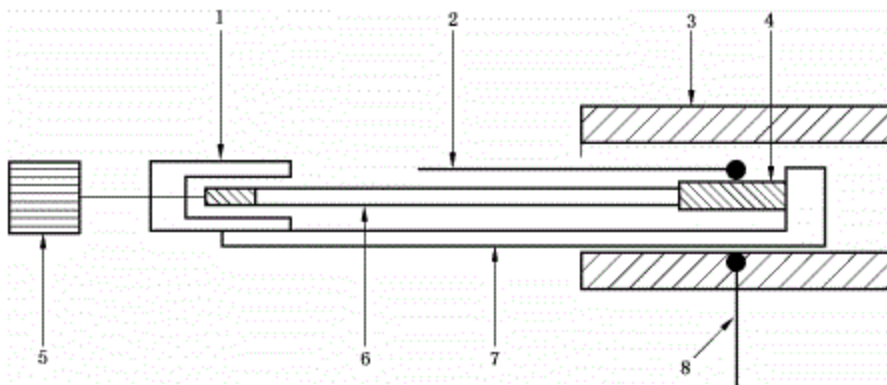
注:为了方便记录和处理数据,可以将仪器与计算机相连。



说明：

- | | |
|------------|-------------|
| 1——电炉发热体； | 8——线膨胀测试系统； |
| 2——恒温槽； | 9——平衡支架； |
| 3——支撑管； | 10——热电偶； |
| 4——试样； | 11——控温系统； |
| 5——顶杆； | 12——记录仪； |
| 6——位移测量仪； | 13——测温系统； |
| 7——冷却水进出口； | 14——加载装置。 |

图7 垂直热膨胀测试仪示意图



说明：

- | | |
|-----------|-----------|
| 1——位移测量仪； | 5——加载装置； |
| 2——测温热电偶； | 6——顶杆； |
| 3——加热炉； | 7——支撑管； |
| 4——试样； | 8——控温热电偶。 |

图8 水平热膨胀测试仪示意图

5.2.1.2 热膨胀测试仪组成

热膨胀测试仪由以下部分组成：

- a) 支撑管和顶杆：支撑管和顶杆均应由高纯氧化铝、熔融石英或高纯石墨烧结制成。根据试样和支撑管之间热膨胀系数的差异或者试样和校准样之间升温过程中的长度差选择支撑管的类型，为了使系统具备稳定的热膨胀性，新的支撑管和顶杆需要进行预处理以稳定其热膨胀性能后使用。高纯氧化铝和高纯石墨应在最高试验温度下预处理 7 h，然后以 1 °C/min 的速率冷却至室温。熔融石英需要 1 100 °C 预处理 7 h，然后以 0.2 °C/min 的速率冷却至 900 °C 后自然冷却至室温。
- b) 热膨胀测量系统：用于测量试样长度的变化，测量系统的精度能达到试样长度的 $\pm 5 \times 10^{-4} \%$ （例如试样长度为 20 mm，测量误差为 $\pm 0.1 \mu\text{m}$ ）。
- c) 加热炉：能以一定升温速率将试样加热到试验温度，并且能保证试样周围炉温均匀，可使用以下任意一种发热体：碳化硅、硅化钼、金属加热元件或石墨加热元件。当测试含碳或碳化硅耐火材料时，设备应具备相应的气体保护装置，能以一定的速率通入惰性气体（如氮气或氩气）。加热炉在加热过程中发热体不能直接辐射试样。设备应可以排气，以便排出加热试样时所产生的烃蒸气。
- d) 控温系统：控温系统能够控制温度在目标温度的 $\pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ 范围内。
- e) 测温系统：使用铂-铂铑热电偶，控制精度为 $\pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ 。
- f) 记录仪：能够同时记录温度和试样的位移。

5.2.2 千分尺或游标卡尺

游标卡尺最小分度值不大于 0.02 mm。

5.2.3 参考样

选择已知线膨胀率及线膨胀系数的参考物质。推荐在空气中使用高纯氧化铝或熔融石英，在惰性气氛中，使用高纯氧化铝或高纯石墨烧结体。采用其他参考样品应在报告中注明参考样的类型及相应的标准数据。

5.3 试样

5.3.1 形状和尺寸

试样尺寸为 (5 mm~12 mm) × (5 mm~12 mm) × (15 mm~100 mm) 的长方体，或是 $\Phi(5 \text{ mm} \sim 15 \text{ mm}) \times (15 \text{ mm} \sim 100 \text{ mm})$ 的圆柱体，根据国内实验室情况推荐使用 $\Phi 10 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ 或 $10 \text{ mm} \times 10 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ 的试样，试样的两个端面相互平行且与其轴线垂直。试样的横截面长度或直径不小于最大粒径的 2 倍，试样长度不小于最大粒径的 4 倍，试样尺寸和形状应与相关方达成一致。

当样品最大粒径较大不符合制样要求时，应选用示差法进行试验。

5.3.2 试样的制备

5.3.2.1 定形耐火材料

试样制备按照 GB/T 7321 规定进行，试样长度方向应平行于样品成型时的加压方向。

另外，试样制取方向也可经相关方协商确定。如果是不烧耐火材料，制样前要对样品预先进行热处理，或将制备好的试样在指定温度下热处理后使用。

5.3.2.2 不定形耐火材料

试样制备可以参照 GB/T 4513.5 规定进行,也可以直接浇注成 5.3.1 中规定的试样,或者从样品上按规定形状制取,有必要进行热处理时,包括热处理的条件要与相关方达成一致。试样的制备、成型方式、热处理条件和试样的尺寸都要在检测报告中注明。

5.4 程序

5.4.1 仪器校正

根据 5.4.2 使用参考样测量仪器的基线偏差 (L_b),从而可得仪器的系统膨胀量($L_{ref}-L_b$),单位为毫米(mm)。当实验条件改变、仪器部件更换或校验期已到,需要校正测量系统的膨胀。

5.4.2 试验步骤

5.4.2.1 室温下用千分尺或游标卡尺测量试样的长度,精确至 0.02 mm。

5.4.2.2 将试样放入装样区,施加不大于 2.0 N 的力,保证试样稳固,试样与支撑管和顶杆之间无间隙。

5.4.2.3 调整测温热电偶,使其热端接近试样的中间位置。

5.4.2.4 从室温加热试样,升温速率控制在 $4\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}\pm 1\text{ }^\circ\text{C}/\text{min}$,直到试验温度。另外,当试验材料(如二氧化硅和二氧化锆)发生相变的时候,在晶型转变温度区域可以采用相对更慢的升温速率。试验温度可由相关方协商确定。

5.4.2.5 记录每 10 $^\circ\text{C}$ 或更小温度区间温度和试样长度的变化值,通过记录仪或电脑记录数据。

5.4.2.6 如有必要,测量并记录降温过程中试样长度和温度之间的变化关系。

5.5 结果计算和表示

5.5.1 根据 5.4 中的测量结果,按式(4)计算线膨胀率,结果按 GB/T 8170 修约至 2 位小数:

$$E_i = \frac{\Delta L_i}{L_0} \times 100 \quad \dots\dots\dots(4)$$

式中:

E_i ——线膨胀率,%;

L_0 ——试样的原始长度,单位为毫米(mm);

ΔL_i ——试样在温度 T_i 时长度的变化量,单位为毫米(mm)。

其中,

$$\Delta L_i = L_{i,act} - L_b + L_{ref} \quad \dots\dots\dots(5)$$

式中:

$L_{i,act}$ ——试样在温度 T_i 时长度方向上的位移,单位为毫米(mm);

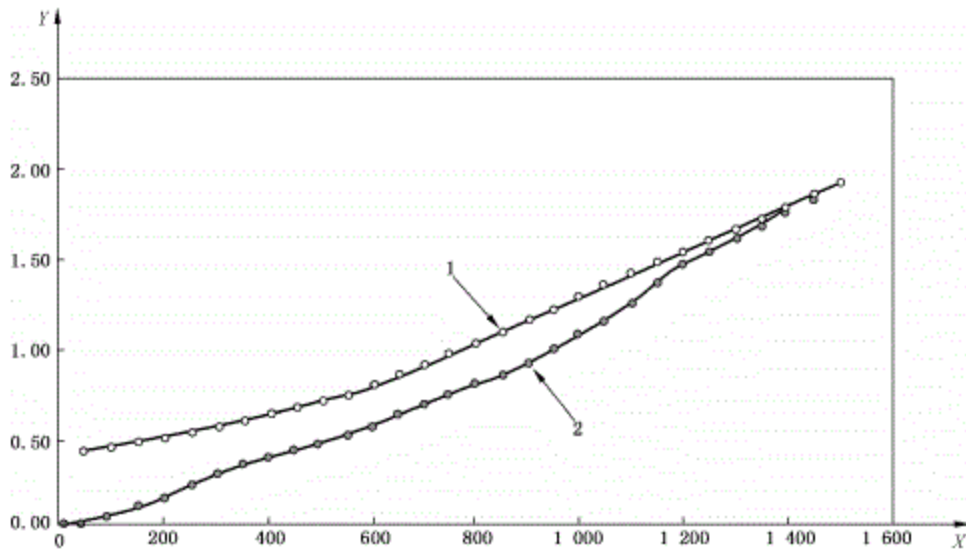
L_b ——5.4.1 中所测仪器的基线偏差,单位为毫米(mm);

L_{ref} ——参考样在温度 T_i 时长度理论变化量,单位为毫米(mm)。

当室温低于初始温度时,利用初始温度到试验温度下试样的长度变化量计算线膨胀率,当室温高于初始温度时,根据 5.5.2 中初始温度开始计算所得关系曲线,利用外推法得出线膨胀率。

初始温度可以由相关方协商确定。

5.5.2 绘制 5.6.1 中每个温度下的线膨胀率得线膨胀率曲线,见图 9。



说明:

1——代表线膨胀降温时的曲线(%)；

X——温度(°C)；

2——代表线膨胀升温时的曲线；

Y——线膨胀率(%)。

图9 镁碳砖的线膨胀率曲线示意图

5.5.3 按式(6)计算平均线膨胀系数,结果表示为 $10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$,按 GB/T 8170 修约至 2 位小数:

$$\alpha_{T_2-T_1} = \frac{L_{T_2} - L_{T_1}}{L_0 \Delta T} \quad \dots\dots\dots(6)$$

式中:

$\alpha_{T_2-T_1}$ ——试样的平均线膨胀系数,单位为每摄氏度($^\circ\text{C}^{-1}$);

L_{T_1} ——温度为 T_1 时试样的长度,单位为毫米(mm);

L_{T_2} ——温度为 T_2 时试样的长度,单位为毫米(mm);

L_0 ——试样在初始温度时的长度,单位为毫米(mm);

ΔT —— T_2 和 T_1 之间的温度差,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$)。

整个温度区间内试样线膨胀率与温度之间的关系是直线关系时,上限温度 T_2 可当作测试的最高温度,下限温度 T_1 可当作测试的初始温度,从而计算得到平均线膨胀系数。如果线膨胀率与温度的关系是曲线关系时,平均线膨胀系数可以根据试验目的在任意温度区间内计算获得,例如表示为

$\alpha_{(800-200)}$ 。

5.5.4 按式(7)计算瞬时线膨胀系数,结果表示为 $10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$,按 GB/T 8170 修约至 2 位小数:

$$\alpha_{T_i} = \frac{L_{T_{i+A}} - L_{T_{i-A}}}{L_0 (T_{i+A} - T_{i-A})} \quad \dots\dots\dots(7)$$

式中:

α_{T_i} ——试样在温度 T_i 时的线膨胀系数,单位为每摄氏度($^\circ\text{C}^{-1}$);

L_0 ——试样在初始温度时的长度,单位为毫米(mm);

T_{i+A} ——比 T_i 高 A 的温度,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$);

T_{i-A} ——比 T_i 低 A 的温度,单位为摄氏度($^\circ\text{C}$);

$L_{T_{i+A}}$ ——试样在 T_{i+A} 温度下的长度,单位为毫米(mm);

$L_{T_{i-A}}$ ——试样在 T_{i-A} 温度下的长度,单位为毫米(mm)。

通常 A 推荐为 $25 \text{ } ^\circ\text{C}$ 。

所测得的线膨胀率与温度之间的关系曲线不一定总是平滑的曲线,因此,测量试样在 $(T_i \pm A)$ ℃下的长度,计算得到 T_i 时的线膨胀系数。或者,通过对所测线膨胀率曲线的拟合,得到 T_i 温度下的微分值(切线的斜率)再除以100,即为 T_i 时的线膨胀系数。

6 允许误差

同一试验室同一方法同一样品的试验误差不得超过;线膨胀率为:0.06%;线膨胀系数为 $0.6 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 。

不同试验室同一方法同一样品的试验误差不得超过;线膨胀率为:0.10%;线膨胀系数为 $1.0 \times 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 。

7 试验报告

试验报告应包括如下内容:

- a) 委托单位;
- b) 试验日期;
- c) 执行标准及采用的方法,例如 GB/T 7320—2018 顶杆法;
- d) 试样的名称(生产商的名称,种类,类别,批号等);
- e) 试样的形状和尺寸;
- f) 制样的方向;
- g) 设备型号和位移测量仪类型;
- h) 炉内气氛,气体的种类和气体流量;
- i) 加热条件,升温速率和(或)降温速率等;
- j) 载荷,采用示差法测试时;
- k) 检测结果(根据相关方协议,提供线膨胀率、线膨胀率曲线、平均线膨胀系数或线膨胀系数等);
- l) 试验中的异常情况;
- m) 校正设备所使用校准样;
- n) 是否使用铂金垫片。

附 录 A
(资料性附录)

本标准章条编号与 ISO 16835:2014 章条编号对照

表 A.1 给出了本标准章条编号与 ISO 16835:2014 章条编号对照一览表。

表 A.1 本标准章条编号与 ISO 16835:2014 章条编号对照

| 本标准章条编号 | 对应的 ISO 16835:2014 章条编号 |
|-----------------|-------------------------|
| 1 | 1 |
| 2 | 2 |
| 3 | 3 |
| 4.1~4.3 | 4.1~4.3 |
| 4.4.1~4.4.5 | 4.4.1a)~4.4.1e) |
| 4.5 | 4.4.2 |
| 4.6 | 4.5 |
| 4.6.1~4.6.5 | 4.5.a.1~4.5.a.5 |
| 4.6.6~4.6.8 | 4.5.b~4.5.d |
| 5.1~5.3 | 5.1~5.3 |
| — | 5.4.1 |
| 5.4.1 | — |
| 5.4.2.1~5.4.2.6 | 5.4.2a)~5.4.2d) |
| 5.5.1~5.5.4 | 5.5a)~5.5.d) |
| 6 | — |
| — | 6 |
| 7 | 7 |
| — | 附录 A~附录 C |
| 附录 A | — |
| 附录 B | — |

附 录 B
(资料性附录)

本标准与 ISO 16835:2014 技术性差异及其原因

表 B.1 给出了本标准与 ISO 16835:2014 技术性差异及其原因的一览表。

表 B.1 本标准与 ISO 16835:2014 技术性差异及其原因

| 本标准的 章条编号 | 技术性差异 | 原因 |
|--------------|--|--|
| 题目 | ——修改了标准的英文名称 | 扩大应用范围 |
| 1 | ——删除了 ISO 16835:2014 中方法 C:无接触法 | 设备要求高,操作复杂,可操作性差, 国内市场上应用受限 |
| 2 | 关于规范性引用文件,本标准做了具有技术性差异的调整,以适应我国的技术条件,调整的情况集中反映在第二章“规范性引用文件”中,具体调整如下: ——删除了 ISO 836。 ——增加了引用标准 GB/T 4513.5、GB/T 5989、GB/T 7321 和 GB/T 8170。 ——用 GB/T 16839.1 和 GB/T 16839.2 代替 IEC 60584-1 和 IEC 60584-2 | 方便使用 |
| 3 | ——删除了 3.2.3.5 和 3.13 的定义 | 定义所引用的章节已删除 |
| 5.3.1 | ——试样尺寸范围中增加推荐试样尺寸 | 方便使用 |
| 5.4.1 | ——删除了 ISO 16835:2014 中规定的利用高纯铂和高纯硅对仪器进行二次校正的方法,并删除高纯铂和高纯硅的标准值即表 1 | ISO 16835:2014 中规定的仪器校正方法操作繁琐,标准物质高纯铂和高纯硅使用受限,校正系数 k 仅用到平均线膨胀系数的计算当中 |
| 5.4.2.2 | ——将 ISO 16835:2014 中 5.4.2b) 规定施加压力 98 mN 修改为不大于 2.0 N | 方便使用 |
| 5.5.3 | 修改了平均线膨胀系数计算公式(6) | 方便使用 |
| 6 | ——增加允许误差 | 方便使用 |
| 附录 A | ——删除了附录 A | 删除了方法 C 无接触法 |
| 附录 B | ——删除了附录 B | 不采用国际标准推荐的参考样的标准值 |
| 附录 C | ——删除了附录 C | 删除了无接触法 |



GB/T 7320-2018

版权专有 侵权必究

*

书号:155066·1-59926