



中华人民共和国国家标准

GB/T 37796—2019

隔热耐火材料 导热系数 试验方法(量热计法)

Insulation refractories—Determination of thermal conductivity(calorimeter)

2019-08-30 发布

2020-07-01 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

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

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、摩根凯龙(荆门)热陶瓷有限公司、江苏中磊节能科技发展有限公司、江苏宝石耐热科技发展有限公司、东台市港泰耐火材料有限公司、中冶赛迪工程技术股份有限公司。

本标准主要起草人：陈伟、章健、刘为、张彦杰、张超、王洁、乔爱军、李晓睿、杨帆、李龙飞、徐广平、翟剑、刘鹏程、沈富军、刘春兰、孟爱龙、韩俊华。

隔热耐火材料 导热系数 试验方法(量热计法)

1 范围

本标准规定了隔热耐火材料导热系数试验方法(量热计法)的原理、设备、试样制备、试验步骤、结果计算和试验报告。

本标准适用于耐火纤维及其制品、隔热定形制品等隔热耐火材料导热系数的测定。

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 2998 定形隔热耐火制品体积密度和真气孔率试验方法
- 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:电动势规范和允差
- GB/T 17911 耐火纤维制品试验方法

3 原理

根据傅里叶导热定律,当测试样品传热达到稳态时,单位时间内通过试样热面传递至冷面后被量热计吸收的热量,与试样垂直于热量传播方向的截面面积和温度梯度成正比。本标准测试时需要较大的温度梯度和稳态条件。

4 仪器设备

4.1 电热干燥箱

能控制温度在 $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

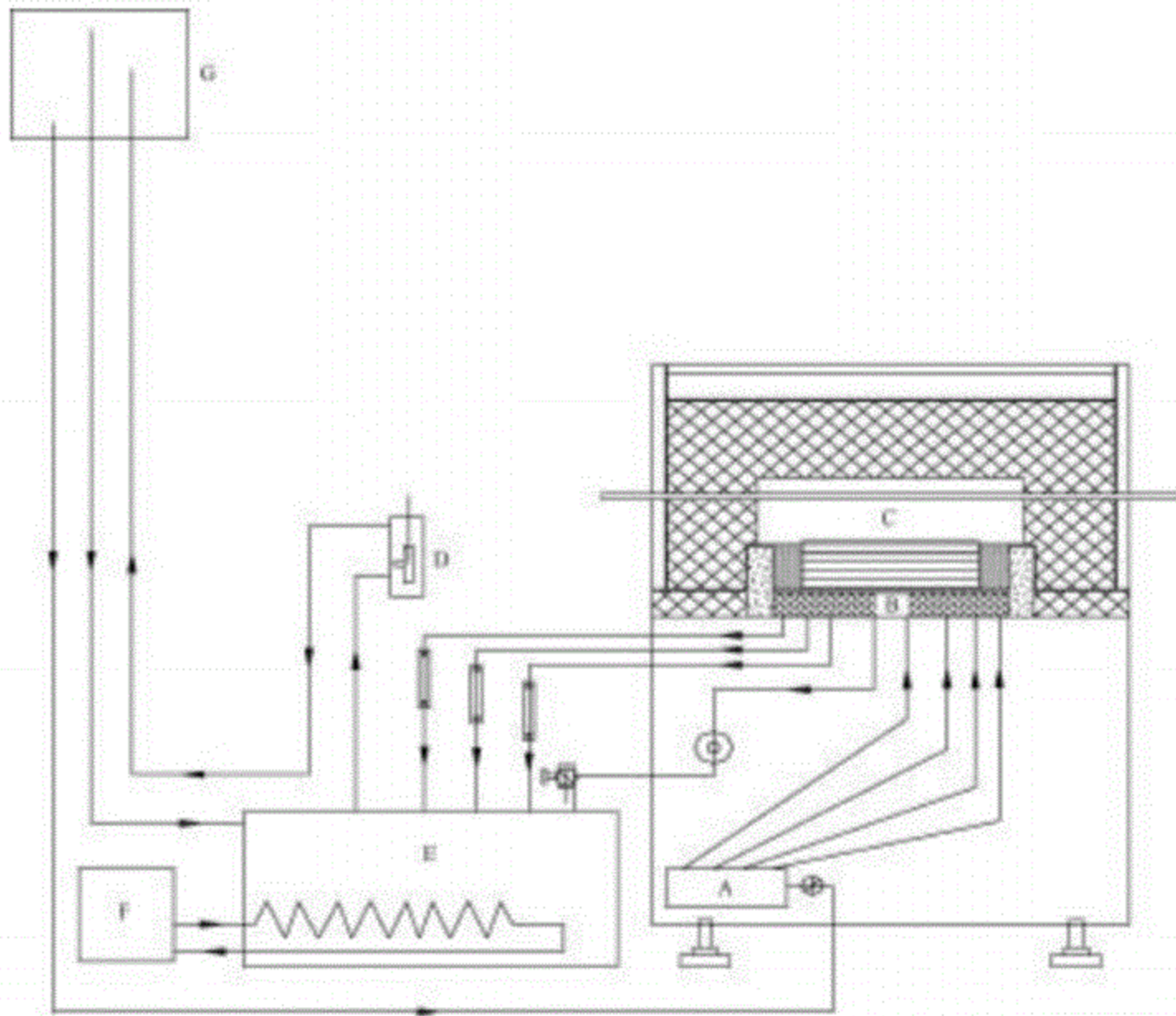
4.2 天平

分度值 0.1g 。

4.3 导热系数测定仪

4.3.1 导热系数测定仪包括加热室、量热计、水循环系统、热电偶及仪表。导热系数测定仪结构示意图见图1。

4.3.2 加热室:见图2,在中性或氧化性气氛中加热室可按照一定升温曲线加热到并能稳定在 $1\ 550\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。一块不小于 $342\text{ mm} \times 228\text{ mm} \times 25\text{ mm}$ 碳化硅均热板置于试样上方,碳化硅板 $342\text{ mm} \times 228\text{ mm}$ 的面应平整。在量热计下,应设置一层至少 25 mm 厚的隔热层。

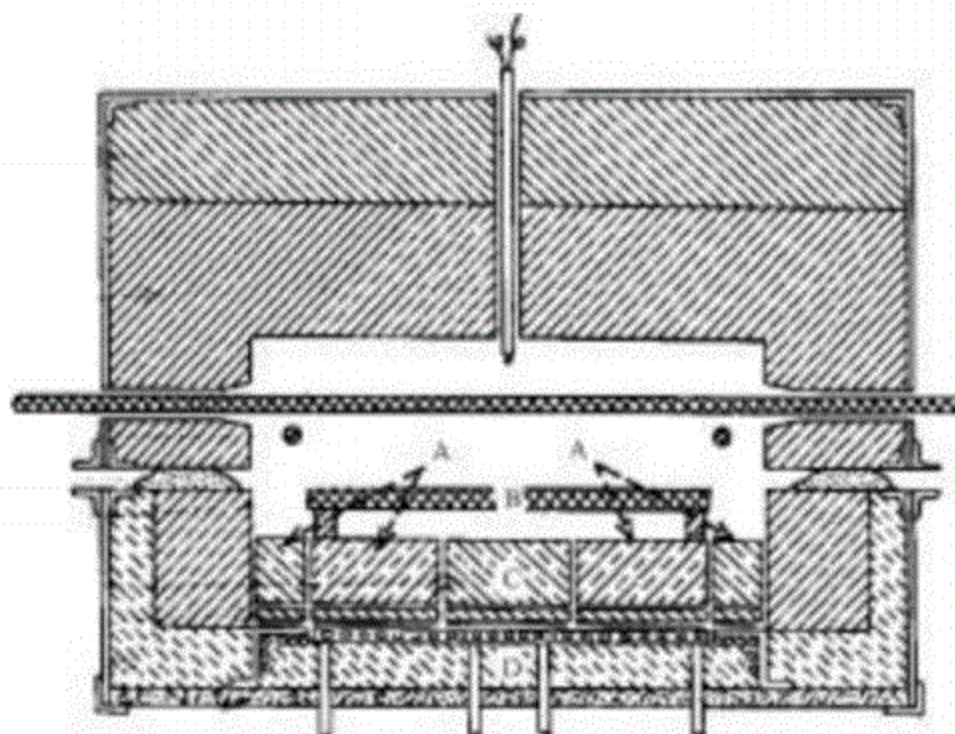


说明：

A——分水器；
B——量热计；
C——加热室；
D——水泵；

E——下水箱；
F——制冷系统；
G——上水箱。

图 1 导热系数测定仪结构示意图



说明:

A——保护砖;

B——均热板;

C——测试砖;

D——隔热层。

图2 加热室剖面图

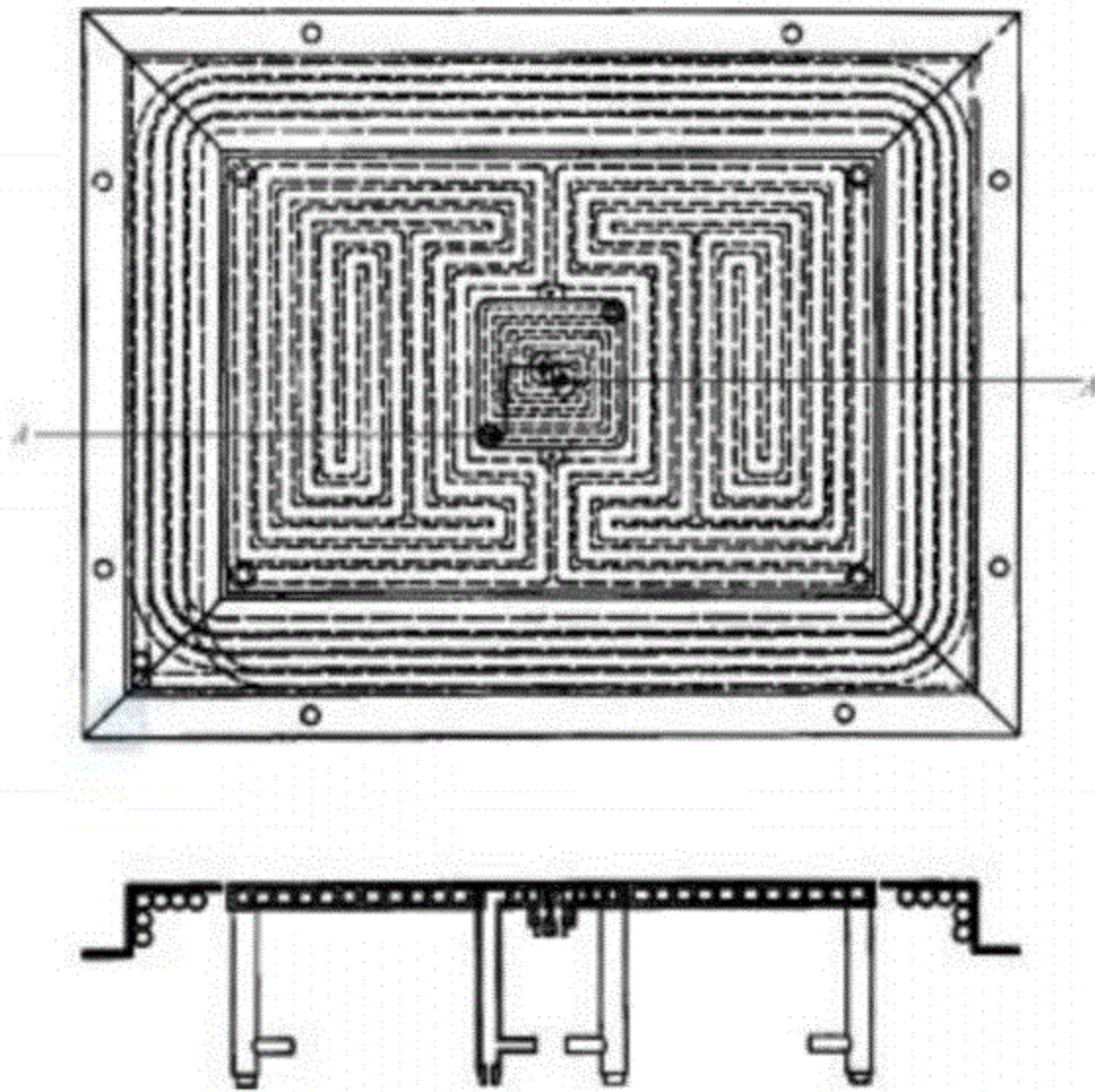
4.3.3 量热计:由金属铜按照图3加工而成,量热计进水和出水通道布局应是依次相邻。量热计为76 mm×76 mm的正方形,有一个入水管接头和一个出水管接头。围绕着量热计有一个342 mm×228 mm的内防护套,具有两个人水管接头和两个出水管接头。外层护套从内层护套向侧面延伸51 mm,垂直延伸至加热室底部(见图3)。量热计与内层护套应间隔0.8 mm。

4.3.4 水循环系统:水循环系统供给量热计的水应恒压和恒温。进水静水压应不小于29.9 kPa,进水水温应尽可能等于室温,温差在-1℃至+3℃之间,温度变化率不应超过0.5℃/h。通过调节阀稳定量热计进出水量,试验期间变化不超过±1%。

4.3.5 测定试样温度的热电偶及仪表:根据测量需要选用合适的K型或S型热电偶,且满足GB/T 16839.1的要求;用误差不大于±0.05 mV的电位差计来测定热电偶的电动势。

4.3.6 测定量热计中水温升高的热电偶及仪表:应采用一种多对示差热电偶测量量热计的水温升高,其精度不低于流经量热计水温升高值的1%。热电偶至少要插入入口水管和出口水管内89 mm,接点离量热计底部的距离不大于6 mm。测量10对铜-康铜示差热电偶电动势时的电位计量程为0 mV~2 mV,仪表误差不大于±0.01 mV。

4.3.7 测定量热计和内防护套之间温差的热电偶及仪表:经校正的10对铜-康铜示差热电偶放置在量热计和内防护套内,用于测量量热计和内防护套之间温差。试验期间,此温差不大于±0.03℃。测量热电偶电动势的电位计量程为0 mV~2 mV,仪表误差不大于±0.01 mV。



A—A 剖面图

图 3 量热计和保护套结构示意图

5 试样制备

5.1 定形隔热砖

试样由 3 块 $228\text{ mm} \times 114\text{ mm} \times 64\text{ mm}$ 的 A 型直形砖和 6 块 $228\text{ mm} \times 57\text{ mm} \times 64\text{ mm}$ 的 B 型条形砖组成, 3 块 A 型直形砖 $228\text{ mm} \times 114\text{ mm}$ 的面和 B 型条形砖 $228\text{ mm} \times 57\text{ mm}$ 的面要磨平并平行, 厚度差不大于 $\pm 0.3\text{ mm}$ 。试样厚度可根据实际厚度调整, 但不应超过 76 mm 或低于 51 mm 。彼此接触的侧面要磨平并与 A 型直形砖 $228\text{ mm} \times 114\text{ mm}$ 的面和 B 型条形砖 $228\text{ mm} \times 57\text{ mm}$ 的面垂直。

5.2 耐火纤维及制品

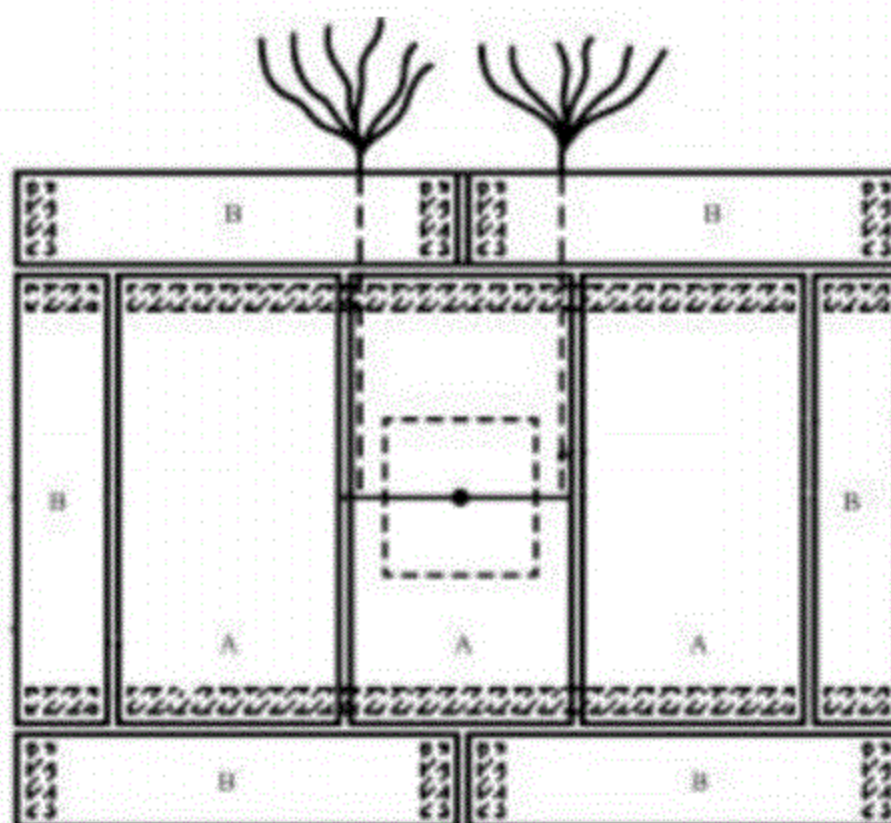
试样切割成 $456\text{ mm} \times 342\text{ mm}$ 大小的毯或板, 试样可由多层样品组成, 但总厚度不超过 76 mm 。因碳化硅均热板重力作用而使测量样品改变体积密度的样品, 可在对角线近角 $1/4$ 位置打 4 个孔, 用于放置陶瓷支柱支撑碳化硅板, 或用不改变试样体积密度的其他方法。

6 试验步骤

6.1 测试试样的厚度及体积密度。试样应在 $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 下干燥, 定形隔热制品的厚度和体积密度的测定按照 GB/T 2998 进行; 耐火纤维及制品的厚度和体积密度的测定按照 GB/T 17911 进行。

6.2 安装试样。定形隔热砖按照图 4 所示, 将试样铺排于加热室内, 耐火纤维及制品将试样直接平铺

于加热室内。



说明:

A——A型直形砖;

B——B型条形砖。

图4 装样示意图

6.3 安装试样测温热电偶。定形隔热砖的测温热电偶放置在中间A型直型砖的正中心位置,冷面中心位置和热面中心位置分别放置一只测温热电偶;耐火纤维及制品类的测温热电偶按置在试样对角线中心位置,冷面和热面分别放置一只热电偶。若用于测试多层试样,另应在每个试样层与层接触面的中心位置放置一只热电偶。

6.4 安装碳化硅均热板。碳化硅均热板应置于中心3块A型直型砖 $228\text{ mm}\times 342\text{ mm}$ 的面上。试样热面与碳化硅均热板的间隙应不低于 25 mm ,可以用隔热砖切成小块垫在均热板的四角。耐火纤维及制品类可用陶瓷块置入打孔位置以将均热板支撑到底部。

6.5 关闭加热室,开启供水阀,并给加热装置供电,按 $5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}\sim 10\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率升温。流经量热计水的流量应保持在 $80\text{ g}/\text{min}\sim 150\text{ g}/\text{min}$ 之间,采用称量法测定流量时,在规定的时间内收集到的水的质量应不少于 200 g ,精确到 $\pm 0.1\text{ g}$ 。流量应恒定,在试验期间其偏差应在 $\pm 1\%$ 之内。炉温超过 $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时,炉内应保持中性或氧化气氛,不应有可燃物。

6.6 在测试期间,应让试样达到热流稳定状态。量热计的热流在 2 h 内的变化率小于 2% ,量热计和内防护套之间的温差不大于 $0.03\text{ }^{\circ}\text{C}$,试样热面的温度变化不大于 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$,进入量热计的水温变化不大于 $0.5\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{h}$ 。通常,当热面温度发生一定变化之后使设备温度达到平衡需 3 h 或更长时间。

注:如果任一上述条件超过规定的公差会引起明显的误差。

6.7 热流达到稳定状态之后,测定试样的冷热面温度、流经量热计水的流量以及量热计出水和进水的温度的升高值。在 2 h 内,每间隔 30 min 测量一组数据,至少取4组,各项值的平均值用来计算对应温度下的导热系数的计算。

7 结果计算

用式(1)计算导热系数,计算结果按GB/T 8170修约,保留小数点后三位。

$$k = qL/[A(t_1 - t_2)] \dots\dots\dots(1)$$

式中：

- k ——导热系数,单位为瓦特每米开尔文[W/(m·K)];
- q ——单位时间流入量热计的热量(量热计单位时间流过水的质量乘以水的温升和比热),单位为瓦特(W);
- L ——厚度(热电偶焊点之间的距离,在该部位测 t_1 和 t_2),单位为米(m);
- t_1 ——试样热面温度,单位为开尔文(K);
- t_2 ——试样冷面温度,单位为开尔文(K);
- A ——中心量热器面积,单位为平方米(m²)。

8 试验报告

试验报告应包含以下内容：

- a) 试样名称及牌号；
 - b) 委托单位；
 - c) 试验标准；
 - d) 试样的厚度和体积密度；
 - e) 试验前后试样暴露在加热室温度下所引起状态的变化；
 - f) 试验条件和结果；
 - g) 需要时用测得的导热系数对应平均温度作曲线。
-