

中华人民共和国建筑工业行业标准

JG/T 3016—94

建筑用热流计

Heat flow meter for building

中国建筑资讯网
www.sinoaec.com

1994-06-22 发布

1994-12-01 实施

中华人民共和国建设部

发布

建筑用热流计

Heat flow meter for building

JG/T 3016—94

引 言

本标准参照采用国际标准 ISO/DIS9869. 2《现场测定建筑构件的热阻和传热系数》有关热流计的部分。

热流计是一种用于测定建筑围护结构热流密度的传感器。输出的电信号是通过热流计热流密度的函数。本标准中所描述的是温度梯度型热流计。

1 主题内容与适用范围

本标准规定了建筑用热流计的产品分类、技术要求、试验方法、检验规则及标志、包装、运输、贮存。

本标准适用于测定非透明平壁构件热流密度的热流计。

2 引用标准

- GB4132 绝热材料名词术语
- GB10294 绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 防护热板法
- GB10295 绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 热流计法

3 产品分类

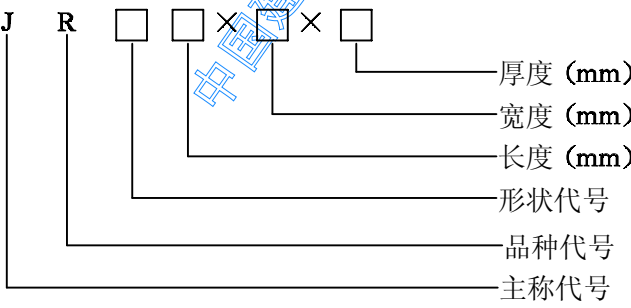
3.1 形状

热流计的形状可分为：矩形(代号 JRJ)、方形(代号 JRF)和圆形(代号 JRY)。

3.2 规格

热流计的规格可由供需双方协商确定，其质量应符合本标准要求。

3.3 产品型号编制



3.4 标记示例

形状为方形,长度 100mm,宽度 100mm,厚度 1mm 的热流计:
热流计 JRF100×100×1 JG/T 3016—94

4 技术要求

4.1 基本要求

4.1.1 结构形式

热流计由芯板、热电堆、骨架、表面板及引线柱组成。如图 1 所示。

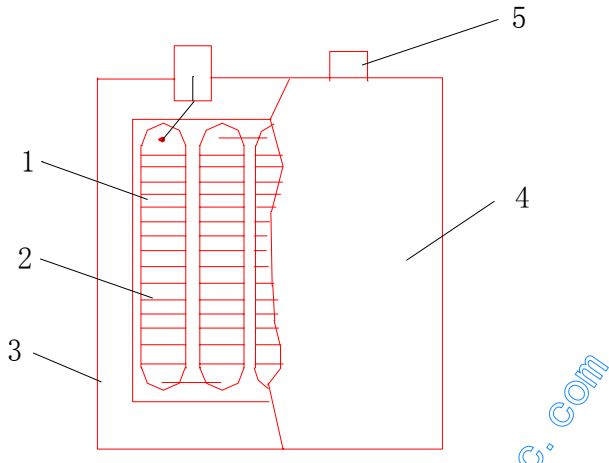


图 1 热流计构造图

1—芯板;2—热电堆;3—骨架;4—表面板;5—引线柱

4.1.2 规格

热流计外形尺寸可由供需双方商定。最小边长与厚度之比应大于 20,厚度不宜大于 2mm。

4.2 制作要求

- 4.2.1 基本要求:热阻低、灵敏度高、其构造不应引起热流场歪曲〔见附录 B(参考)〕。
- 4.2.2 测量部分四周保护框的宽度不应小于热流计厚度的 5 倍。
- 4.2.3 芯板和骨架应由不吸温的,热匀质的,各向同性的,长期稳定的材料制作。
- 4.2.4 表面板表面的发射率应与建筑构件表面发射率接近。
- 4.2.5 热电堆应选用产生热电势高、线性度好、导热系数低的热电材料制作。

4.3 外观质量

- 4.3.1 表面不得翘曲,凹凸不平。
- 4.3.2 粘结部分应牢固,无气泡,表面无污痕。
- 4.3.3 引线柱必须与热电堆引出线焊接牢固。与表面板粘结紧密,不得松动。并且表面无锈斑、粘结剂。

4.4 尺寸偏差

热流计尺寸偏差应符合表 1 的规定。

表 1

mm

项 次	项 目		允许偏差	检 验 方 法
1	外形尺寸	长	± 0.5	钢直尺量测平行长度部位
		宽	± 0.5	钢直尺量测平行长度部位
		厚	± 0.05	用精度 0.02 游标卡尺量测每边的中点
2	表面平面度		± 0.05	用精度 0.01 塞尺和四棱尺或钢直尺量测两个对角线

4.5 物理性能

热流计的物理性能应符合表 2 的规定。

表 2

项 目		指 标
标定系数	范 围	$10\sim 200\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{mV})$
	稳 定 性	在正常使用条件下,三年内标定系数变化不大于 $\pm 5\%$
	不确定度	$\pm 5\%$
热阻		$\leq 0.008(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$
使用温度		$-10\sim 70^{\circ}\text{C}$
耐压性		在 10kPa 压力下,性能无变化
绝缘电阻		$\geq 20\text{M}\Omega$

5 热流计系数的标定

5.1 标定原理

热流计放置在具有一维恒定热流的两个相互平行且具有均匀温度的平板中。在稳定状态下,测量通过热流计的热流密度 q ,输出热电势 e 和表面平均温度 T ,就可计算任一平均温度下热流计的标定系数 f , $f=q/e$ 。

5.2 绝对法标定

5.2.1 标定装置

装置应符合 GB 10294 的规定。

5.2.2 标定条件

a. 热流计放置在防护热板装置的加热单元与冷却单元之间,它的周围必须放置一个与热流计厚度相同,平均热阻相接近的保护环。热流计与保护环组合的尺寸应与加热单元相同;

b. 热流计的一侧与加热单元必须紧密接触,另一侧应与导热系数不大于 $0.04\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 的绝热材料(以下简称阻尼层)紧密接触。其尺寸应与加热单元相同,厚度为 $15\sim 20\text{mm}$

范围内；

c. 热流计与阻尼层组成的复合板其厚度不应大于加热单元的 $1/8$ ；

d. 用双试件装置标定热流计时，两块阻尼层的性能应尽量一致，厚度差不得大于 2% 。

5.2.3 标定步骤

a. 防护热板装置具有两种型式——双试件式和单试件式。标定热流计时，应按图 2 和图 3 进行组装；

b. 调节加热单元和冷却单元之间的温差或复合板两表面之间的温差，其值应在 $10\sim 40\text{K}$ 之间；

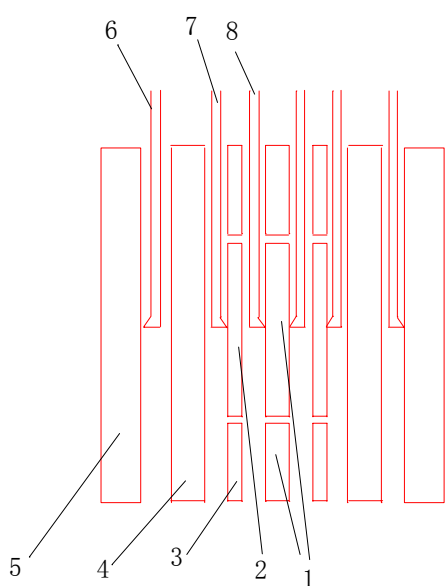


图 2 双试件装置

1—加热单元（包括计量单元和防护单元）；2—热流计；
3—热流计保护环；4—阻尼层；5—冷却单元；6—冷却
单元表面测温热电偶；7—热流计表面测温热电偶；8—
加热单元表面测温热电偶

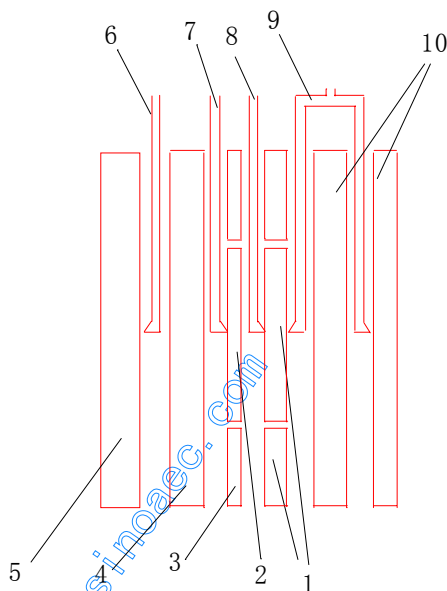


图 3 单试件装置

1—加热单元（包括计量单元和防护单元）；2—热流计；
3—热流计保护环；4—阻尼层；5—冷却单元；6—冷却
单元表面测温热电偶；7—热流计表面测温热电偶；8—
加热单元表面测温热电偶；9—背防护单元温差热电偶；
10—背防护单元

c. 测量施加于计量面积的平均电功率，精确到 $\pm 0.2\%$ 。输入功率的随机波动、变动引起的加热单元表面温度波动或变动，应小于加热单元和冷却单元之间温差的 $\pm 0.3\%$ 。调节并维持防护部分的输入功率，应保证计量单元与防护单元之间温度不平衡引起的标定误差不大于 $\pm 0.5\%$ ；

d. 测量热流计输出热电势的误差应小于 $\pm 0.6\%$ ；

e. 采用双试件装置时，调节冷却单元温度使两个复合板的温差相同，其差异应小于 $\pm 2\%$ ；

f. 观察热流计平均温度和输出热电势、复合板的平均温度及温差，检查热平衡状态；

g. 当热流计输出热电势趋于稳定后，应每隔 30min 测量一次热流计和阻尼层两侧的温差，热流计的输出热电势及热流量，直到用 4 次读数计算出的标定系数的差别不超过 $\pm 1\%$ ，

并且不是单调地朝一个方向改变时,试验可结束。

5.2.4 标定系数和热阻计算

用 5.2.3 中 **g** 条测量到的稳态数据的平均值进行计算。

a. 热流计标定系数按(1)、(2)、(3)式计算:

对于双试件装置

$$f_1 = \frac{Q}{Ae_1} \quad \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{mV}) \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$f_2 = \frac{Q}{Ae_2} \quad \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{mV}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

对于单试件装置

$$f_1 = \frac{Q}{Ae} \quad \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{mV}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中 Q ——加热单元计量部分的平均热流量,其值等于平均发热功率,(对于双试件装置应除以 2), W ;

e, e_1, e_2 ——热流计输出热电势, mV ;

A ——加热单元计量部分的面积, m^2 。

b. 热流计热阻按式(4)计算:

$$R = \frac{A(T_1 - T_2)}{Q} \quad (\text{m}^2 \cdot \text{K}/W) \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中 T_1 ——热流计热面温度, K ;

T_2 ——热流计冷面温度, K 。

5.3 比较法标定

5.3.1 比较法——用标准试件标定

5.3.1.1 标定装置

装置应符合 **GB 10295** 的规定要求。

5.3.1.2 标定步骤

用标准试件标定热流计系数时,应按 **GB10295** 中有关规定进行。

5.3.2 比较法——用标准热流计标定

5.3.2.1 标定装置

装置应符合 **GB 10295** 的规定要求。

5.3.2.2 标定条件

a. 标准热流计必须由防护热板装置进行标定;

b. 待标热流计必须放置在两块标准热流计之间,每块热流计的周围应放置一个与热流计厚度相同、平均热阻相接近的保护环。热流计与保护环组合的尺寸应与加热单元相同;

c. 阻尼层材料的导热系数不大于 $0.04W/(m \cdot K)$,其尺寸应与加热单元相同,厚度为 $15 \sim 20mm$ 范围内;

d. 热流计、标准热流计与阻尼层组成的复合板其厚度不应大于加热单元的 $1/8$ 。

5.3.2.3 标定步骤

a. 用标准热流计标定时,应按图 4 进行组装;

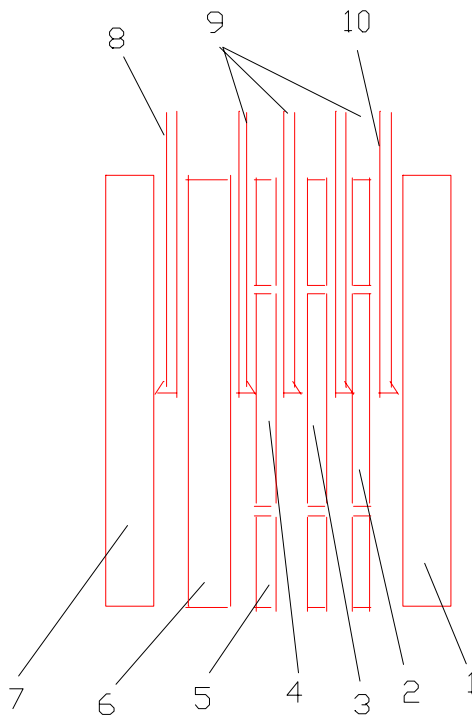


图4 标准热流计标定组装图

1—加热单元;2—1#标准热流计;3—待标热流计;4—2#标准热流计;5—热流计保护环;6—阻尼层;7—冷却单元;8—冷却单元表面测温热电偶;9—热流计表面测温热电偶;10—加热单元表面测温热电偶

- b. 调节加热单元和冷却单元之间的温差或复合板两表面之间的温差,其值应在 10~40K 之间;
- c. 测量热流计输出热电势的误差应小于 $\pm 0.6\%$;
- d. 观察热流计平均温度和输出热电势、复合板的平均温度及温差,检查热平衡状态;
- e. 当热流计输出热电势趋于稳定后,应每隔 30min 测量一次热流计和阻尼层两侧的温差、热流计的输出热电势,直到用 4 次读数计算出标定系数的差别不超过 $\pm 1\%$,并且不是单调地朝一个方向改变时,试验可结束。

5.3.2.4 标定系数和热阻的计算

用 5.3.2 中 e 条测量到的稳态数据的平均值进行计算。热流计的标定系数和热阻分别按式(5)和式(6)计算:

$$f = \frac{f'_1 e'_1 + f'_2 e'_2}{2e} \quad \text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{mV}) \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$R = \frac{2(T_1 - T_2)}{f'_1 e'_1 + f'_2 e'_2} \quad (\text{m}_2 \cdot \text{K})/\text{W} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中 f'_1, f'_2 ——标准热流计的标定系数, $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{mV})$;
 e'_1, e'_2 ——标准热流计的输出热电势, mV ;
 e ——待标热流计输出热电势, mV ;
 T_1, T_2 ——分别为待标热流计热、冷面的温度, K 。

5.4 结果

5.4.1 用绝对法或比较法进行标定,若对标定结果有异议,以绝对法的标定结果为准。

5.4.2 用绝对法标定,标定系数的不确定度优于±3%,重复性优于±2%。用比较法标定,标定系数的不确定度优于±5%,重复性优于±2%。

5.5 标定报告

标定报告应包括下列内容:

- a. 产品名称。
- b. 产品规格。
- c. 标定日期。
- d. 标定系数与平均温度的关系式。必要时给出以标定系数为纵坐标,相应的测定平均温度为横坐标的图表。
- e. 若标定系数为热流密度的函数时应给出标定系数与热流密度的关系式或图表。
- f. 热流计热阻。
- g. 标定方法。

6 检验规则

6.1 出厂检验

6.1.1 每块热流计须按照出厂检验项目进行检验,并附有产品质量合格证书后方可出厂。

6.1.2 检验项目按表 3 的规定。

表 3

项 目		检 验 方 法	合 格 指 标
外 观 质 量		目 测	符合 4.3 条规定
外形 尺寸 (mm)	长	按条款 4.4 的表 1	±0.5
	宽		±0.5
	厚		±0.05
	表面平面度(mm)		±0.05
标定系数 [W/(m²·mV)]		按条款 5 和附录 A	10~200
热阻[m²·K/W]		按条款 5	≤0.008

6.2 型式试验

6.2.1 型式检验项目除出厂检验项目外,还应按表 4 项目检验。

表 4

项 目	试验方法	性能要求
零点偏移	按条款 5 和附录 A	输出为零
压力对标定系数的影响		无影响
热流计输出热电势与热流密度的关系		函数关系
阻尼层导热系数与标定系数的关系		函数关系

6.2.2 在正常生产情况下,应每三年进行一次型式检验。在有下列情况之一时,亦应进行型

式检验：

- a. 新试制成的热流计；
- b. 热流计的构造、生产工艺或主要材料改变时；
- c. 停止生产一年的产品重新生产时；
- d. 国家质量监督机构和使用单位提出进行型式检验的要求时。

6.3 抽样方法

每 30 块同规格、同品种的热流计为一批，不足 30 块均按一批计。

从每批中随机抽取 4 块作为一组，用于检测尺寸偏差，零点偏移，压力对标定系数的影响，热流计输出热电势与热流密度的关系及阻尼层对标定系数的影响。外观质量、标定系数及热阻应逐块进行检验。

6.4 判定规则

外观质量、尺寸偏差、零点偏移、压力对标定系数的影响，经检验，如发现有不合格者，应加倍抽样进行复试。复试如仍有不合格者，则判该批产品为不合格。

经试验，若热流计输出热电势与电流密度不成线性关系时，该批热流计应逐块检验。获得每块热流计输出热电势与热流密度之间的关系。

若阻尼层导热系数对标定系数有影响时，也应逐块检验，获得阻尼层导热系数与标定系数之间的关系。

7 标志、包装、运输、贮存

7.1 标志

7.1.1 每块热流计应有产品标志，其内容包括：

- a. 产品名称。
- b. 制造厂名。
- c. 产品标记。
- d. 制造日期(或编号)或生产批号。

7.2 包装

产品采用盒装或箱装，并采取防潮措施。附带产品合格证和产品说明书或检验结果报告单。

7.3 运输

运输中应防潮避雨、避免摔碰。

7.4 贮存

热流计应存放在室内，盒装、防潮。

www.sinoaec.com

中国建筑资讯网

附录 A

热流计的标定和检验

(补 充 件)

A1 热流计应在使用温度范围内,不同平均温度下重复进行标定,作出标定曲线或标定系数与平均温度的关系式。

A2 热流计用于专门场合时,可针对一个热流选择接近的使用温度下进行标定。

A3 对任何新型的热流计或改进的热流计(如新的面层或工艺改变),必须进行下列检验,给出标定曲线或一个方程式(标定系数为平均温度、阻尼层材料的导热系数和热流密度的函数)。

A3.1 零点偏移。热流计置于热均匀介质中,此时输出应为零。若有输出,应检查热流计是否损坏。

A3.2 压力对标定系数的影响。如果芯板材料是硬的,在正常使用条件下,压力对标定系数无影响(参见 GB10295 附录 D 第 D2 章)。

A3.3 标定系数与平均温度的关系。应选择三个平均温度来检验标定系数与温度关系的线性度。若不是线性关系,应选用更多温度点,以便得到标定系数与温度的关系。

A3.4 热流计输出热电势 e 与通过热流计热流密度 q 的关系。应选用二种或三种不同热阻的试件,在平均温度相同情况下进行标定。如果曲线 $q=f(e)$ 不是直线(斜率等于 f),即标定系数 f 随 q 变化,应在更多的热流密度下标定。标定时要注意严谨操作,以得到热流计输出热电势 e 与热流密度 q 的关系。

A3.5 阻尼层材料的导热系数对标定系数的影响。最少选两种材料(低的与高的导热系数)做试验。若标定系数与阻尼层导热系数有关,应选用更多的材料,以得到标定系数与阻尼层导热系数之间的关系。

A4 标定系数应每隔三年标定一次,若标定系数变化大于 5% 时,应检查原因,进行处理。

附录 B

热流计的制作要求

(参 考 件)

B1 本标准中所描述的是温度梯度型热流计。热流计是利用在具有确定热阻的板材上产生温差来测量通过它本身的热流密度的装置。

B2 热流计一般在热稳态或准稳态状况下,测量通过垂直于热流方向平壁形非透明建筑构件的热流密度。

B3 热流计测量部分的面积一般小于热流计的总面积,其测量部分四周保护框的宽度应大于或等于热流计厚度的 5 倍。

B4 热流计由芯板、骨架、热电堆、表面板和引线柱组成。

B4.1 芯板和骨架

热流计的芯板和骨架应由不吸湿的、热匀质的、各向同性的、长期稳定的材料制作。在使用温度范围内及正常使用后,材料的性质不应发生有影响的变化,如用环氧或酚醛树脂板作芯板。芯板的两个表面应平行,以保证热流均匀垂直于表面。骨架应采用与芯板相同的材料制作。

B4.2 热电堆

B4.2.1 一般用热电堆测量芯板上的微小温差。热电堆应尽量选用产生热电势高、线性度好、导热系数低的热电材料制作,直径宜小于 0.2mm。可采用在鍍铜丝上镀铜的方式制作热电堆。

B4.2.2 热电堆应均匀分布在热流计中心区域,并且除边缘部分之外,热电堆应平行于热流计的工作表面,应避免采用图 5a 所示的热接点布置(见 GB10295 第 5.2 条)。

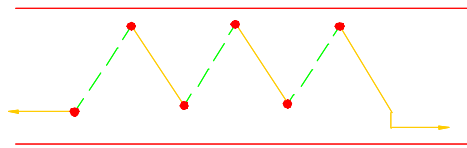
B4.2.3 电镀是制作热电堆的关键,应采取下列措施,保证鍍铜丝半边电镀均匀:

- 鍍铜丝表面应清洗干净去掉油污;
- 应尽量减小不镀边的电阻值,使之趋近于零;
- 电镀液不应含有杂质及结晶体析出;
- 电镀时,电镀液的温度不宜太低。电流密度、电镀时间应根据温度及镀层的厚度决定。

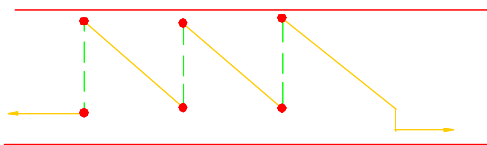
B4.3 表面板

表面板面层的发射率应与建筑构件(如:墙、地板、天花板等)表面的发射率接近。厚度不宜超过 0.3mm。用化学性能稳定,中性粘合剂粘合到芯板上。

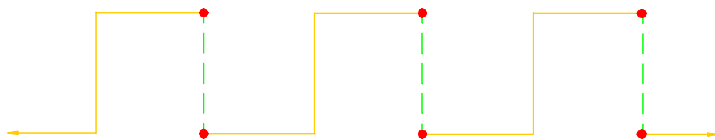
B5 热流计表面应平整,不得翘曲。各部应牢固粘结。



(a)



(b)



(c)

图 5 热电堆设计示意图
——金属 A； ---金属 B； • 热结点

附加说明：

本标准由建设部标准定额研究所提出。

本标准由建设部建筑工程标准技术归口单位中国建筑科学研究院归口。

本标准由中国建筑科学研究院建筑物理研究所、中国预防医学科学院环境卫生与卫生工程研究所和北京大牛坊环保设备厂负责起草。

本标准主要起草人：陈玉梅、沈韞元、戴自祝、李成安、苏保山。

本标准委托中国建筑科学研究院物理所负责解释。