

文章编号:1673-9981(2014)02-0141-04

铝合金建筑隔热型材传热系数测定方法研究

李 扬^{1,2}, 潘清林¹, 唐维学²

1. 中南大学, 湖南 长沙 410083; 2. 广东省工业技术研究院(广州有色金属研究院), 广东 广州 510650

摘 要:通过对铝合金建筑隔热型材热性能指标(传热系数)、实验原理、标定程序及实验程序等进行研究,提出了隔热型材传热系数的测定方法—热箱法,并将该法的测定结果与计算机模拟结果进行了比较.结果表明:计算机模拟数值比本法的实测值略小;经不同实验室及不同实验条件下验证,本方法具有较好的复现性和可比性.

关键词:铝合金建筑型材;隔热型材;传热系数;测定方法

中图分类号: TB302.1 **文献标识码:** A

铝合金建筑隔热型材的设计是利用断桥隔热原理,在2块铝合金中间以复合的方式添加热传导系数较小的非金属材料,以达到减少热量传递及保温节能的目的.国内外隔热型材产品的标准对隔热型材的力学性能、表面性能及使用性能等进行了规定^[1-3].当前隔热型材的热性能越来越成为关注的焦点,但在我国的隔热型材热性能标准体系中尚未建立检测方法,目前主要依靠计算机模拟的方式进行理论计算,建立准确、可靠的热性能实测方法势在必行.

本文通过对国内外标准展开研究,设计了隔热型材热性能(传热系数)的实验方案,提出了隔热型材传热系数的测定方法并进行了实验.

1 实验原理

材料的热性能指标较多,在建筑业中通常采用传热系数 K (单位为 $W/m^2 \cdot K$) 作为隔热型材热性能的评价指标^[4].

测定传热系数的主要设备为热箱.热箱的基本原理:模仿试件两边为温度均匀的流体,将试件放置在已知环境温度的热室和冷室之间,在稳态下测量空气温度、试件表面温度及输入热室的功率,从而计算出试件的传热系数^[5].门窗或框架传热系数的测定即运用此原理^[6-8].铝合金隔热型材是组成门窗的

主要材料,其传热系数的测定也运用此原理.

2 实验部分

2.1 热 箱

热箱分为标定热箱和防护热箱,在我国检测门窗、幕墙及墙体的热性能,主要采用标定热箱.图1为本次研究所采用的标定热箱的结构示意图.

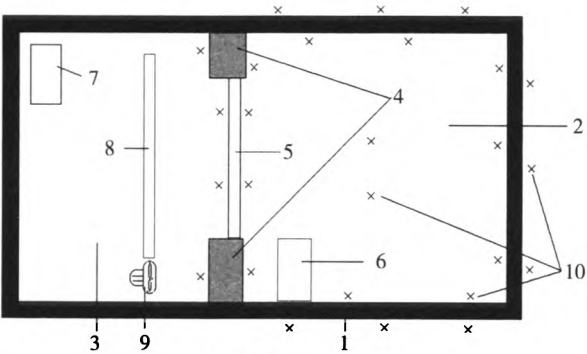


图1 热箱结构示意图

1—热箱外壁;2—热室;3—冷室;4—试件框;5—试件;6—热室加热装置;7—冷室制冷装置;8—冷室挡风板;9—冷室气流调节扇;10—感温元件

Fig. 1 Structure of hot box

1—ektexine of worm side; 2—worm side; 3—cold side; 4—aperture; 5—specimen; 6—heater; 7—refrigerator; 8—windshield; 9—air speed adjuster; 10—temperature sensors

收稿日期:2014-04-02
作者简介:李扬(1972-),男,山西太原人,高级工程师,本科.

2.2 测定对象和试件安装方式

测定对象为铝合金隔热型材,不包含附件,不模拟实际安装间隙,仅将隔热型材作为复合材料,而测定其热性能.试样形式及安装方式见图2.本次研究用导热系数为0.028 W/m·K的均质材料作为标定板和辅助隔热材料,同时还提出添加辅助装置(活动块)来调整试件框的大小.

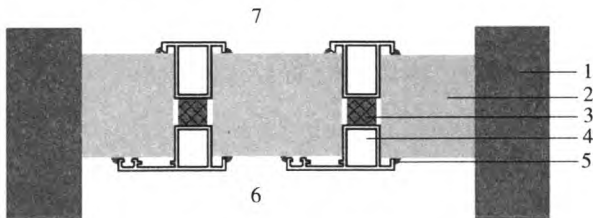


图2 试样形式及安装方式示意图

1—试件框;2—辅助隔热材料;3—型材隔热材料;4—型材金属部件;5—密封部位;6—热室;7—冷室

Fig.2 Sample form and installation method

1-aperture;2-infill insulation;3-thermal barrier materials;4-metal profiles;5-adhesive position;6-worm side;7-cold side

2.3 对流条件、标定程序及实验程序

2.3.1 对流条件

通过调整冷室的气流速度,使标定板表面热阻达到预定值(0.17 m²·K/W),标定板的总表面热阻 $R_{s,t}$ 按下式计算:

$$R_{s,t} = \frac{\Delta\theta_{n,ca} - \Delta\theta_{s,ca}}{q_{ca}} \tag{1}$$

式(1)中: $\Delta\theta_{n,ca}$ 为标定板两边的环境温度差,K; $\Delta\theta_{s,ca}$ 为标定板两边的表面温差,K; q_{ca} 为穿过标定板的热流密度,W/m².

2.3.2 标定程序

对于标定热箱,需要标定的参数为热箱外壁热流系数 M_1 及试件框热流系数 M_2 ,其单位均为W/K.

标定程序:变换环境温度进行3次标定测试,通过标定结果进行两次计算,两次计算结果的平均值作为所需标定的参数.即用第1次和第2次的标定数据计算出一个 M_1 值,再用第2次和第3次标定的数据计算出一个 M_1 值,取二次计算的平均值作为 M_1 的值.同理,计算 M_2 的值.标定参数分别按下式计算:

$$M_1 = \frac{Q_{n1} - Q_{n2}}{\Delta\theta_{n1} - \Delta\theta_{n2}} \tag{2}$$

式(2)中: Q_{n1} , Q_{n2} 分别为第一次和第二次变换环境

温度时热室的加热功率,W; $\Delta\theta_{n1}$, $\Delta\theta_{n2}$ 分别为第一次和第二次变换环境温度时热室外壁内外表面温差,K.

$$M_2 = \frac{(Q_{c1} - \Lambda_{ca} \cdot \Delta\theta_{ca1} \cdot A_{ca}) - (Q_{c2} - \Lambda_{ca} \cdot \Delta\theta_{ca2} \cdot A_{ca})}{\Delta\theta_{c1} - \Delta\theta_{c2}} \tag{3}$$

式(3)中: Q_{c1} , Q_{c2} 分别为第一次和第二次变换冷室温度时热室的加热功率,W; Λ_{ca} 为标定板的热导率,W/(m²·K); $\Delta\theta_{ca1}$, $\Delta\theta_{ca2}$ 分别为第一次和第二次变换冷室温度时标定板热边和冷边的温差,K; A_{ca} 为测试平面上标定板的面积,m²; $\Delta\theta_{c1}$, $\Delta\theta_{c2}$ 分别为第一次和第二次变换冷室温度时试件框热边和冷边的温差,K.

2.3.3 实验程序

设定冷热室温差 $\Delta T \approx 40$ K(热室温度为20℃,冷室温度为-20℃),试样长度为950±5 mm,安装和密封方式按图2,其他测试步骤按照EN12412-2标准中规定的进行.

试样的传热系数 K ,用下式计算:

$$K = \frac{\Phi_{in} - M_1 \cdot \Delta\theta_{ek} - M_2 \cdot \Delta\theta_{sur} - \Lambda_{fi} \cdot \Delta\theta_{s,fi} \cdot A_{fi}}{A_f \cdot \Delta\theta_n} \tag{4}$$

式(4)中: Φ_{in} 为经过校正的向热边输入的热量,W; $\Delta\theta_{ek}$ 为热室外壁内外表面面积加权平均温差,K; $\Delta\theta_{sur}$ 为试件框热边和冷边表面面积加权平均温差,K; Λ_{fi} 为辅助隔热材料的热导率,W/(m²·K); $\Delta\theta_{s,fi}$ 为辅助隔热材料两边表面的温差,K; A_{fi} 为测试平面上辅助隔热材料的投影面积,m²; A_f 为试样总的有效投影面积,m²; $\Delta\theta_n$ 为测试时系统两边的空气温差,K.

3 结果及讨论

基于ANSYS的二维热流模拟软件Therm6.2进行计算机热流模拟计算,边界条件列于表1,计算机模拟计算的传热系数 K_f 按下面公式计算.

表1 计算机模拟边界条件

Table 1 Boundary conditions of computer simulation

温度/℃	对流系数/(W·m ⁻² ·K ⁻¹)	
	周边环境	型材周边
室内:20	3.6	—
室外:-20	16	8

$$K_f=\frac{L_{2D}-\lambda_p l_p}{l_f}$$

(5)

式(5)中: L_{2D} 为二维耦合因子, $W/(m\cdot K)$; λ_p 为填充板导热系数, $W/(m^2\cdot K)$; l_p 为填充板宽度, m ; l_f 为型材宽度, m .

两家实验室分别对相同型号的隔热型材进行了传热系数实测,实测数据及计算机模拟数据对比结果列于表 2.

表 2 传热系数实测数据与计算机模拟数据对比

Table 2 Contrast of thermal transmittance between measured value and computer simulation

试样编号	传热系数 $K/(W\cdot m^{-2}\cdot K^{-1})$		
	实验室 1	实验室 2	计算机模拟
1	3.3	3.4	3.05
2	3.8	3.8	3.45
3	4.6	4.4	3.85

由表 2 可知:不同实验室采用本文方法测定时,数据偏差小、可比性好;实验室实测数值均比计算机模拟数值略大.这是由于计算机模拟中考虑的各种影响因素和参数均为理想状态,实测时不可能达到.另外,隔热型材在组装门窗结构时,影响因素也较复杂,本文的方法基于实测,其检测数据能更直观地反映隔热型材的热性能.

在不同环境条件下,对相同型号隔热型材的传热系数进行测定,实验数据列于表 3.

表 3 不同时期传热系数实测数据对比

Table 3 Contrast of measured value of thermal transmittance at different period

试样编号	传热系数 $K/(W\cdot m^{-2}\cdot K^{-1})$	
	冬季(环境温度 5℃)	夏季(环境温度 25℃)
A	2.2	2.1
B	3.3	3.4
C	3.9	4.0

标定热箱与外环境存在的热交换对测定结果是有影响的,不同外环境下的检测结果反映了标定参数的适应性.表 3 数据表明,热箱法对环境变化的适

应性强、数据复现性好.分析认为,本方法采用的表面热阻设定对流条件及独立标定热流系数的方式,有利于实验的可操控性及检测数据的稳定性.

4 结 论

- (1)热箱法是将隔热型材作为复合材料测定其热性能,传热系数指标反映的是结构设计及生产工艺体现出来的隔热型材的热性能.
- (2)实测值较计算机模拟数值略大,是由于计算机模拟中设置的参数均为理想状态.
- (3)不同实验室和不同环境下的实验数据偏差均较小,表明热箱法具有较好的复现性和可比性.
- (4)使用热箱法进行隔热型材传热系数的测定,结果准确有效,可实际应用.

参考文献:

[1] CEN. Metal profiles with thermal barrier-mechanical performance-requirements, proof and tests for assessment[S]. Brussels:CEN,2004.

[2] AAMA. Structural performance of composite thermal barrier framing systems[S]. Schaumburg:AAMA,2004.

[3] 何泽济,葛立新,林洁,等. GB 5237. 6-2012 铝合金建筑型材—隔热型材[S]. 北京:中国标准出版社,2012.

[4] 曹声雷,王巧云,陈爱珠. GB/T 4132-1996 绝热材料及相关术语[S]. 北京:中国标准出版社,1996.

[5] 王佳庆,曹声晗,陈尚,等. GB/T 13475-2008 绝热稳态传热性质的测定标定和防护热箱法[S]. 北京:中国标准出版社,2008.

[6] CEN. Thermal performance of windows and doors-determination of thermal transmittance by hot box method: complete windows and doors[S]. Brussels:CEN,2003.

[7] CEN. Thermal performance of windows,doors and shutters-determination of thermal transmittance by hot box method:frames[S]. Brussels:CEN,2003.

[8] 刘月莉,林波荣,杨仕超,等. GB/T 8484-2008 建筑外门窗保温性能分级及检测方法[S]. 北京:中国标准出版社,2008.

Study about determination method for thermal transmittance of wrought aluminium alloy extruded thermal barrier profiles for architecture

LI Yang^{1,2}, PAN Qinglin¹, TANG Weixue²

1. *Central South University, Changsha 410083, China*; 2. *Guangdong General Research Institute for Industrial Technology (Guangzhou Research Institute of nonferrous metals), Guangzhou 510650, China*

Abstract: By means of the study of performance index (thermal transmittance), experiment principle, calibration procedures and experiment procedures for wrought aluminium alloy extruded thermal barrier profiles for architecture, the determination method for thermal transmittance of thermal barrier profiles- hot box method is came up with, and the determination values by this method are compared with the simulation values by computer. The results show that: the simulation values by computer are smaller than measured values by this method; this method is appropriately validated good reproducibility and comparability under different labs and different conditions.

Key words: wrought aluminium alloy extruded profiles for architecture; thermal barrier profiles; thermal transmittance; determination method