

文章编号: 1005-0523(2007)05-0054-03

# 环境控制法在围护结构传热系数检测中的应用

熊国华, 彭小云, 潘 阳

(华东交通大学 土木建筑学院, 南昌 330013)

**摘要:**介绍了目前常见的建筑围护结构传热系数现场检测方法及原理;对围护结构传热系数现场检测的各种方法进行了比较,分析了各自的优缺点;提出了对整个被检房间进行人工环境控制的检测新方法,并通过实际工程检测证实了该检测方法的优点及真实可靠性.

**关键词:**建筑围护检测;热流计;环境控制

**中图分类号:**TU45

**文献标识码:**A

## 0 前言

建筑围护结构传热系数检测是建筑节能检测的重要部分,其检测结果的准确与否对建筑节能效果的评价起主要作用.而其准确度和所采用的检测方法以及对检测数据进行处理的方法密切相关.目前所颁发的检测规范只限于对居住建筑采暖节能进行检测,其检测期一般为采暖季节;该标准对非采暖地区及不是在采暖季节竣工的建筑节能检测带来了极大的不便.为配合建筑工程竣工验收的及时进行,研究出一种不受时间限制、运用地域广泛且检测数据准确的节能检测方法十分重要.

## 1 现场检测常见方法及原理

现场检测建筑围护结构的传热系数主要有两种方法:热流计法和功率法.

### 1.1 热流计法

热流计法是依据测量通过热流计的热流强度及围护结构两侧表面温度来确定围护结构热阻的方法.其计算公式如下

$$R = \frac{\theta_e - \theta_i}{Q} \quad (1)$$

$R$ ——为围护结构本体热阻( $\text{m}^2 \cdot \text{k}/\text{W}$ ).

$\theta_e$ 、 $\theta_i$ ——围护结构外、内表面温度( $^{\circ}\text{C}$ ).

$Q$ ——围护结构热流各点各时平均值( $\text{W}/\text{m}^2$ ).

该方法是基于一维传热原理,在围护结构两侧构造人工温差,并假定热量垂直通过热流计而不向两侧散失.该条件在人工环境室的尺寸远远大于热流计尺寸时是可满足的.目前常用的热流计法是采用防护热箱去构造一个稳定的温度环境.该方法操作方便、简单可行,可以很方便地检测出防护热箱所对应围护结构的热阻.但该方法的局限性也是相当明显的,其一、对梁、柱等部位无法进行,其只能对面积较大的墙体进行检测,测得的数据对整个建筑的节能评价不合理.其二、对居住建筑,从实际工程来看,欲找得足以放置热箱且有代表性的围护结构作为测量对象(一般为北外墙)进行测量并不容易.

### 1.2 功率法

功率法是通过测定热箱内电加热器所消耗的电功率及围护结构两侧的表面温度来测定围护结构的传热系数.热箱的传热系数经过标定,电加热器在箱内工作,当温度达到稳定后,测量热箱内外温差便可算出热箱散失的热量,电加热器消耗能量的其他部分便是通过围护结构散失的热量.当测得热箱内部及室外空气温度,便可求得围护结构的传热系数.该方法要求热箱的传热系数、消耗电功率等参数标定计量精确,检测过程中要尽量避免外界环境对热箱的传热系数影响(如风速).该方法对梁、柱等面积较小的部位较难检测.这种方法所测得的是围护结构的总传热系数,包括内外表面换热系数及围护结构

收稿日期:2007-06-24

基金项目:华东交通大学校级科研基金(项目编号为06ZKTM08),江西省道路与铁道工程实验室资助.

作者简介:熊国华(1947-),男,江西新建人,讲师.

本体传热系数.由于内外表面的传热系数易受辐射、风速等环境因素影响,故测得的总传热系数并不一定能真实反映围护结构的本体隔热效果.

## 2 人工环境控制法现场检测研究

在对建筑围护结构传热机理的分析研究及对实际检测经验总结的基础上,我们提出了一种对整个被检房间进行人工环境构造的检测新方法并运用于检测实践中.即当室外平均气温超过 25℃ 时,考虑构造室内冷环境;当室外平均气温低于 25℃ 时,在室内构造一个热环境.一般要保证室内外平均气温温差  $\Delta t > 8^\circ\text{C}$ ,围护结构内外表面温差大于 5℃ 且必须不得有逆向传热.该方法由于构造的人工环境是整个房间,可对房间各部分进行热流强度及温度的检测.检测时,通过巡检仪记录各测点的热流强度及温度,数据稳定后(恒温过程 96 小时后,连续三天平均热阻计算偏差不大于 5%),导出巡检仪中检测数据并对围护结构热阻进行计算.计算方法如下.

1) 围护结构内、外表面平均温度逐时值

$$\theta_{i,i} = \sum \theta_{i,j} \times A_j / A \quad (2)$$

$$\theta_{e,i} = \sum \theta_{e,j} \times A_j / A \quad (3)$$

$\theta_{i,i}, \theta_{e,i}$  —— 围护结构内、外表面平均温度逐时值(℃).

$\theta_{i,j}, \theta_{e,j}$  —— 围护结构内、外表面第  $j$  个测点温度逐时值(℃).

$A_j, A$  —— 第  $j$  个测点所代表的面积及被测围护结构总面积

2) 围护结构热流逐时值

$$Q_i = \sum Q_{ij} \times A_j / A \quad (4)$$

$Q_i, Q_{ij}$  —— 围护结构平均热流逐时值及第  $j$  个热流强度逐时值( $\text{W}/\text{m}^2$ ).

3) 围护结构本体热阻计算公式

$$R_b = \frac{|\theta_e - \theta_i|}{Q} \quad (5)$$

$$\theta_e = \sum \theta_{e,i} / n \quad (6)$$

$$\theta_i = \sum \theta_{i,i} / n \quad (7)$$

$$Q = \sum Q_i / n \quad (8)$$

$R_b$  —— 为围护结构本体的热阻( $\text{m}^2 \cdot \text{k}/\text{W}$ ).

$n$  —— 有效数据个数.

4) 围护结构总传热阻计算公式

$$R_0 = R_i + xR_b + R_e \quad (9)$$

$R_0, R_i, R_e$  —— 围护结构总热阻及内、外表面换热阻( $\text{m}^2 \cdot \text{k}/\text{W}$ ).

$x$  —— 围护结构本体的热阻修正系数.

该方法的主要优点有,其一,不受检测时间限制,可针对不同的室外环境温度构造相应的室内检

测环境.其二,对围护结构的检测不受其形状及面积大小的限制,可对整个建筑的各种代表性围护结构进行检测,最后采用加权平均法对围护结构热阻进行计算,这样的检测结果更有代表性,能真实反映整个建筑围护结构的热阻情况.其三,检测计算的结果是围护结构的本体热阻  $R_b$ ,不含其内外表面的换热阻  $R_i, R_e$ ,检测结果受室内外风速等环境因素影响小,这样的检测结果才具有可比性,才能真实反映围护结构的隔热性能及建筑的节能效果.其四,这种检测方法在夏天检测更有优势,因为夏天若采用热箱法进行传热系数检测,箱内温度过高,不符合建筑的实际使用工况,这样的检测数据用来评判结果值得怀疑;若采用箱内降温法,实际操作控制及设备布置都较困难,而对整个房间进行温控的方法,只需要现场安装一台空调器就可以,且温度波动较小.

## 3 检测实例及结果处理

### 3.1 技术要求及操作步骤

#### 3.1.1 检测仪器

建筑节能现场检测采用的主要仪器设备有:建筑温度与热流巡回自动检测仪、热流计、温度传感器、空调或恒温自控电加热器等.

#### 3.1.2 技术要求

- 1) 温度传感器不确定度  $\leq 0.2^\circ\text{C}$ ;
- 2) 热流计不确定度  $\leq 0.2 \text{ W}/\text{m}^2$ ;
- 3) 空调或恒温自控电加热器的控制精度为  $\leq 0.5^\circ\text{C}$ .

#### 3.1.3 操作步骤

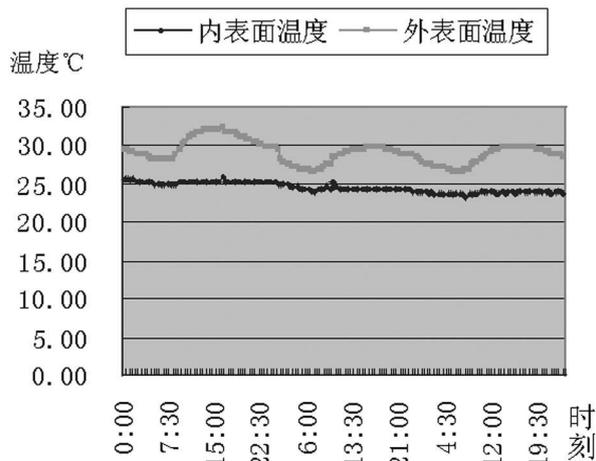


图1 围护结构内外表面温度

- 1) 选定有代表性的检测房间及检测部位;
- 2) 用凡士林或黄油将温度传感器及热流计粘贴在围护结构上并用胶带固定;
- 3) 布置室内外空气温度测量传感器,并做好防

辐射保护;

4) 将温度传感器及热流计编号并与巡回自动检测仪的对应端口相接;

5) 打开巡回自动检测仪并进行相关参数设定;

6) 打开空调或恒温自控电加热器对待测房间进行温度调控.

### 3.1.4 数据处理及结论

检测完毕后,将巡回自动检测仪中所测得的温度及热流参数输入电脑,按照相关程序进行数据处理,计算出围护结构的热阻.

### 3.2 检测实例分析

热流强度

$W/m^2$

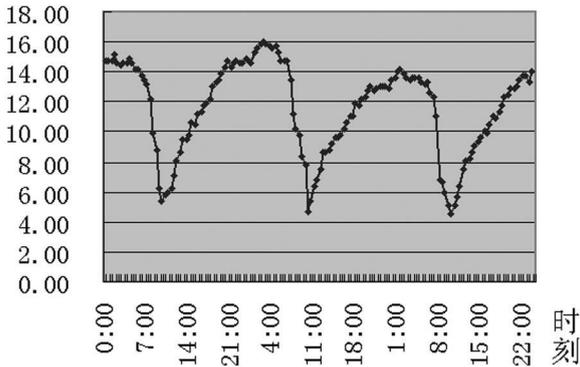


图2 通过围护结构热流强度

我们采用对整个房间进行温度控制的方法对土建学院导师室进行了检测.检测地点为江西南昌,时间为2006年8月1日—8月6日,检测的围护结构为北外墙(墙体结构为普通粘土砖,厚度为240 mm,内外抹灰20 mm,查热工手册可知其传热阻为 $0.493 (m^2 \cdot k/W)$ ).检测数据稳定后取三天的结果进行计算.经计算,围护结构内外表面各点各时平均温度分别为: $\theta_i = 22.0^\circ C$ 及 $\theta_e = 27.0^\circ C$ ;8月3~5日墙体内外表面各点平均温度随时间变化见图1.通过围护

结构各点各时的热流强度平均值 $Q = 13.7 W/m^2$ .热流计测得8月3~5日各点热流强度平均值随时间变化见图2.应用公式(5)计算可得:围护结构本体热阻 $R_b = 0.36 m^2 \cdot k/W$ .

围护结构总传热阻可应用公式(9)计算, $R_i$ 、 $R_e$ 根据GB50176取值分别为 $0.04 (m^2 \cdot k/W)$ 及 $0.11 (m^2 \cdot k/W)$ .由于该检测对象为多年前的建筑,不存在墙体未干等修正问题,故本体热阻修正系数取值为 $x = 1$ .经计算, $R_0 = 0.04 + 0.36 + 0.11 = 0.51 (m^2 \cdot k/W)$ .与热工手册查得的数据相比较,误差为2.2%,检测结果较准确.

## 4 结论

通过采用对整个检测房间构造人工环境的检测方法进行实际工程的检测及数据分析,结果证明该方法确实可行且效果理想;该方法优点有三,其一,不受检测时间限制,不影响建筑物的及时竣工验收;其二、检测结果更有代表性,能全面反映整个建筑围护结构的热阻情况;其三、实际检测操作简单方便.

## 参考文献

- [1] GB50189—93, 旅游旅馆建筑热工与空气调节节能设计标准[S].
- [2] JGJ132—2001, 采暖居住建筑节能检验标准[S].
- [3] 王小军. 防护热箱法现场检测外墙传热系数[J]. 上海建材, 2005, (4): 26—27.
- [4] 田斌守. 建筑节能现场检测围护结构传热系数的讨论[J]. 建筑节能, 2003, 11(1): 42—44.
- [5] DGJ32/J 23—2006, 江苏省民用建筑节能工程热工性能检测标准[S].
- [6] DG/TJ08—801—2004, 上海市住宅建住节能检测评估标准[S].
- [7] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1997.

## Application of Controlling Environment in Inspection on Overall Heat Transfer Coefficient of Building Envelope

XIONG Guo-hua, PENG Xiao-yun, PAN Yang

(School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

**Abstract:** The common methods and principles of inspection on energy efficiency for buildings envelop are introduced. These methods are compared and their advantages and defects are analyzed. The paper puts forward a new inspection method by controlling the whole artificial surrounding and proves its reliability and advantages of the new method by inspecting an actual project of energy efficiency.

**Key words:** building envelop, inspection, heat transfer coefficient, controlling environment.