

热流计法在建筑节能现场检测中的应用

吴玉杰¹, 赵志愿², 李玉娜³

(1.河南省建筑科学研究院, 郑州 450053; 2.郑州市郑东新区土地规划勘测中心, 郑州 450008;

3.郑州电力高等专科学校, 郑州 450004)

摘要: 热流计法是目前建筑节能检测领域常用的一种方法, 简要介绍了热流计法的检测原理及相应的检测设备, 并结合现场检测经验和相关标准提出一些使用要点, 为该方法的正确使用提供参考。

关键词: 热流计法; 建筑节能; 现场检测

中图分类号: TU111.3⁹ **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-7237(2008)03-0073-03

Application of Heat Flow Meter Method in Field Testing of Construction Energy Conservation

WU Yu-jie¹, ZHAO Zhi-yuan², LI Yu-na³

(1.Henan Provincial Academy of Building Research, Zhengzhou 450053, China;

2.Zhengdong Xinqu Land Planning and Surveying Center of Zhengzhou, Zhengzhou 450008, China;

3.Zhengzhou Electric Power College, Zhengzhou 450004, China)

Abstract: The method of heat flow meter is widely used in field testing of construction. The theory and equipment of this method were introduced and some outlines combining with field testing experience and some standards were put forward, which provides reference for engineers.

Key words: heat flow meter; construction energy conservation; field testing

标书网 biaoshu.com 投标 攻关, 操盘

0 引言

按照建筑节能设计标准设计的建筑如果严格地按照设计要求施工, 节能效果是有保证的。但是, 由于建筑的建造周期比较长, 施工环节很多, 加之不少施工单位对建筑节能的重要性认识不足, 施工过程中可能发生一些偏离设计的情况, 甚至也不能排除有意偷工减料^[1]。因此, 工程竣工时有必要对其节能效果进行现场检测。

目前, 建筑节能现场检测的主要方法有热箱法和热流计法。热箱法是通过测定热箱内电加热器所发出的全部通过围护结构的热量及围护结构冷热表面温度来计算围护结构的传热系数。该方法在国内属于研究阶段, 尚未发现有关热箱法的国际标准或国内权威机构的标准, 而且热箱法对热桥部位无法测试, 因此,

收稿日期: 2007-12-20; 一次修回: 2007-12-24; 二次修回: 2008-01-21

参考文献:

[1]李成章. 信息网络时代 UPS 供电系统的可靠性和可利用率[J]. 电信工程技术与标准化, 2004(10):5-11.

(LI Cheng-zhang. Usability of UPS in Information Age [J]. Telecom Engineering Techniques and Standardization, 2004(10):5-11.)

[2]黎连业. 网络综合布线系统与施工技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.

(LI Lian-ye. Network Cabling System and Construction Technology [M].

该方法不宜用于现场节能检测^[2]。热流计法是目前国内外常用的现场测试方法, 国际标准和美国 ASTM 标准都对热流计法作了较为详细的规定。国家行业标准《采暖居住建筑节能检验标准》中明确指出: 围护结构传热系数的现场检测宜采用热流计法或经国家质量技术监督部门认定的其他方法^[3]。

1 检验方法与设备

热流计法是采用热流计及温度检测仪测量通过构件的热流值和表面温度, 计算得出其热阻和传热系数, 从而判定建筑物是否达到节能标准的要求。检测时, 在被测部位安装热流片, 通过导线与热流检测仪连接; 在热流计周围的内外表面布置温度传感器, 通过导线与温度检测仪连接, 热流温度检测仪自动记录逐时值, 将测试结果输入计算机, 通过软件进行数据处理, 可计算出传热系数。

Beijing: China Machine Press, 2000.)

[3]江云霞, 杨延嵩, 马颂阳. 综合布线实用教程[M]. 北京: 国防工业出版社, 2003.

(JIANG Yun-xia, YANG Yan-song, MA Song-yang. Integrated Cabling Practical Guide[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 2003.)

作者简介: 成从容(1968), 男, 湖南省长沙市, 工程师, 电气工程专业, 研究方向为建筑电气(chengcongong.1968@163.com)。

热流计法的检验设备主要有温度传感器和热流计。热流和温度测量应采用巡检仪，数据存储方式应适用于计算机分析。测量仪表的附加误差应小于 $4\mu\text{V}$ 或 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。河南省建筑科学研究院采用的是无线式多路温度、热流巡回自动检测仪，该仪器是智能型检测仪器，采用了最新单片机系统，仪器前级使用专用放大器，测量精度高。每台仪表能同时测量 3 路信号，存储 10 d 的测量数据。具有大容量存储测量数据的能力，因此，能正确地测量出建筑物围护结构温度和热流。与之配套使用的加热器是自动控温加热风机，该风机具有根据室内设定温度自动启停功能，以此保证室内温度稳定。

2. 检测原理及数据处理

热流计法检测围护结构传热系数是基于“一维传热”的基本假定，即围护结构被测部位具有基本平行的两个表面，其长度和宽度远大于其厚度，当把平板内各点的温度看做仅是厚度的函数时，该平板就视为无限大平板。被检测房间内有加热器，因此，其传热过程可近似视为有内热源的一维非稳态导热，其导热微分方程为：

$$\frac{\partial t}{\partial \tau} = \frac{\lambda}{\rho c} \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{q_v}{\rho c} \tag{1}$$

从(1)式可以看出，只要求出逐时的热流值、温度值和加热量，就可以通过方程求出围护结构的传热系数。热流量 q 通过热流计测量，由于一般情况下，热流计的热阻 δ/λ 比被测墙体的热阻 δ_1/λ_1 小得多。当被测墙体表面贴上热流计后，对传热工况影响很小，可以忽略不计。因此，通过热流计的热流量亦为被测墙体的热流量。在稳定状态下，通过热流计的热流量，即被测墙体的热流量为：

$$q = \frac{\Delta t}{\delta/\lambda} \tag{2}$$

式中： q ——通过热流计的热流量， W/m^2 ；
 δ ——热流计的厚度， m ；
 λ ——热流计的传热系数， $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ；
 Δt ——被测墙体加装热流计后，热流计两面的温差。

围护结构内外表面的逐时温度可以通过温度传感器测出，则围护结构的热阻可按式(3)计算^[3]

$$R = \frac{\sum_{j=1}^n (\theta_{1j} - \theta_{2j})}{\sum_{j=1}^n q_j} \tag{3}$$

式中： R ——围护结构的热阻， $(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}$ ；
 θ_{1j} ——围护结构内表面温度的第 j 次测量值， $^{\circ}\text{C}$ ；
 θ_{2j} ——围护结构外表面温度的第 j 次测量值， $^{\circ}\text{C}$ ；
 q_j ——热流密度的第 j 次测量值， W/m^2 。
因此，围护结构的传热系数应按式(4)计算：

$$K = 1/(R_i + R + R_e) \tag{4}$$

式中： K ——围护结构的传热系数， $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ；
 R_i ——内表面换热阻 $(\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W})$ ，应按表 1 选取；
 R_e ——外表面换热阻 $(\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W})$ ，应按表 2 选取。

表 1 内表面换热阻 R_i 的取值^[4]

适用季节	表面特征	$R_i/(\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W})$
冬季和夏季	墙面、地面、表面平整或有肋状	0.11
	突出物的顶棚，当 $h/\delta \leq 0.3$ 时	0.13
	有肋状突出物的顶棚，当 $h/\delta > 0.3$ 时	

表 2 外表面换热阻 R_e 的取值^[4]

适用季节	表面特征	$R_e/(\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W})$
冬季	外墙、屋顶、与室外空气直接接触的表面	0.04
	与室外空气相通的不采暖地下室上部的楼板	0.06
	闷顶、外墙上无窗的不采暖地下室上部的楼板	0.08
	外墙上无窗的不采暖地下室上部的楼板	0.17
夏季	外墙和屋顶	0.05

3. 使用要点

检测结果的准确度不仅取决于正确的检测方法，还取决于设备的正确使用。下面是根据相关标准和现场检测经验，提出检测中的一些要点及技巧。

3.1 检测房间的选择

现场检测宜在受检墙体已干透或主体结构施工完成至少 3 个月后进行。对建筑物的节能效果进行检测，其工作量非常大，无法对每栋竣工的建筑都进行检测，因此，只能抽取代表性建筑的代表性房间进行检测。

当测试主体部位的传热系数时，为了使传热过程接近一维传热，检测墙面长度和宽度越大越好，一定程度上检测房间越大越好。但问题是，房间越大，房间升温就越慢且室内温度越不容易控制，因此，被测墙面的宽度和长度为其厚度的 8 倍为宜。

3.2 检测部位的选择

由于建筑物耗热量指标是由围护结构的传热系数和传热面积决定的，因此，根据热工计算要求，在建筑节能现场检测中，必须选择建筑物的屋顶、外墙、热桥、楼梯间隔墙和地下室顶板等部位作为检测部位，无热桥或地下室顶板的部位除外。

3.3 测点位置的确定

测点位置应尽量选择在检测部位的中央，当测量围护结构主体部位的传热系数时，应根据检测目的采用红外热像仪协助确定，测点不应靠近热桥、裂缝和有空气渗漏的部位，不应受加热、制冷装置和风扇的直接影响，且应避免阳光直射。围护结构被测区域的外表面应避免雨雪侵袭和阳光直射。

3.4 热流计和温度传感器的安装方法

热流计应直接安装在被测围护结构的内表面。为了保证接触良好、测量准确、装拆方便，热流片宜采用导热硅脂粘贴，并用锡箔纸“井”型固定；温度传感器

应在被测围护结构两侧表面安装。内表面温度传感器应靠近热流计安装, 外表面温度传感器宜在与热流片相对应的位置安装。温度传感器连同 0.1 m 长引线应与被测表面紧密接触, 传感器表面的辐射系数应与被测表面基本相同。

3.5 测量时间的控制

检测时待墙体蓄热稳定后方可进行正式测试, 检测时间应 ≥ 96 h。采用累积式测法, 每 15 min 自动记录数据 1 次。

对于轻型围护结构: 单位面积比热容 $< 20 \text{ KJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, 宜使用夜间采集数据(日落后 1 h 至日出)计算围护结构的热阻。当经过连续 4 个夜间测量之后, 相邻 2 次测量的计算结果相差 $\leq 5\%$ 时即可结束测量。

对于重型围护结构: 单位面积比热容 $\geq 20 \text{ KJ}/(\text{kg}\cdot\text{K})$, 应使用全天采集数据(24 h 的整数倍)计算围护结构的热阻, 且只有在下列条件得到满足时方可结束测量:

(1) 末次热租 R 计算值与 24 h 之前的 R 计算值相差 $\leq 5\%$;

(2) 检测期间内第 1 个 $\text{INT}(2 \times \text{DT} / 3)$ 天数内与最后一个同样长的天数内的 R 计算值相差 $\leq 5\%$ (注: DT 为检测持续天数, INT 表示取整数部分)。

4 结语

通过近年来的实践应用表明, 热流计法切实可

行, 检测数据准确可靠, 完全能够满足建筑节能现场检测的要求。不仅能够为客户提供客观、公正、准确的检测结果, 能够为检测部门和政府管理部门提供科学的评判结论, 有力地促进了建筑节能工作的健康发展。提到的使用要点期望给予同行一点参考。

参考文献:

- [1] 林海燕. 居住建筑的节能检测[J]. 建设科技, 2004(22): 30-31.
(LIN Hai-yan. Energy Efficiency Testing in Residential Building [J]. Construction Science and Technology, 2004(22): 30-31.)
- [2] 张松. 冬暖夏热地区居住建筑节能检测技术方法的实施[J]. 深圳土木与建筑, 2006(4): 24-28.
(ZHANG Song. An Application of the Method to Residential Buildings Energy Conservation Technology in Region of Hot Summer and Cold Winter[J]. Architecture & Civil Engineering Shenzhen, 2006(4): 24-28.)
- [3] JGJ 132-2001, 采暖居住建筑节能检验标准[S].
(JGJ 132-2001, Standard for Energy Efficiency Inspection of Heating Residential Buildings[S].)
- [4] GB 50176-93, 民用建筑热工设计规范[S].
(GB 50176-93, Thermal Design Code for Civil Building[S].)

作者简介: 吴玉杰(1980), 男, 河南南阳人, 河南省建筑科学研究院, 助理工程师, 供热供气通风及空调工程专业(wyujie@yahoo.com.cn)。

行业动态与资讯

可靠的质量是太阳能热水器行业发展的基础

目前, 我国已经成为世界上最大的太阳能热水器生产国和最大的太阳能热水器市场, 总保有量占世界的 76%, 并继续以每年 20%~30% 的速度递增。在可再生能源产业中, 太阳能热水器产业已成为我国生产规模最大、贡献最大、自主知识产权程度最高、普及面最广的绿色朝阳产业。截至 2006 年底, 我国太阳能产业集热器总保有量达到 9000 万~9500 万 m^2 , 累计节约标准煤 2 亿多 t, 减排约 2 亿 t, 在一定程度上实现了能源替代, 并且以其 0.10~0.15 元 / ($\text{kW}\cdot\text{h}$) 的投入产出比正日益受到广大消费者的欢迎。

伴随着产品总量的提高的应是质量的提高, 1996 年抽检真空管集热管的合格率是 65%, 2004 年国家质检总局对家用太阳能热水器产品监督检查合格率为 86%, 2005 年国家质检总局对家用太阳能热水器产品监督检查合格率为 90.2%, 但是 2007 年 6 月国家质检总局公布的家用太阳能热水器产品国家质量监督抽查结果显示: 北京、广东等 8 个省市 40 家企业生产的 40 种产品抽样合格率为 82.5%。大型生产企业的产品抽样合格率为 100%, 产品质量较好, 而部分中小型生产企业产品存在一些质量问题。

目前, 我国有太阳能热水器生产企业接近 5000 家, 但真正具有较高研发、制造能力的企业却并不多, 一些小企业生产的太阳能热水器质量低劣, 在安全隐患, 缺乏售后服务, 而且品牌逃匿现象较严重, 常常是售出一批后就更换品牌, 以逃避质量和服务责任。一些作坊式企业生产的产品, 导致真空管不集热、水箱不保温成为一种普遍现象; 水箱漏水结冰、冰坨伤人, 管路

开裂漏水的情况更是时有发生, 这使有关太阳能热水器的投诉不断攀升。

根据中国质量万里行全国投诉信息统计显示, 遭遇劣质太阳能热水器的消费者, 超半数太阳能热水器一到冬天就“冬眠”, 原因是管路冻堵、腐蚀、漏水, 或水箱不保温。35% 的消费者反映真空管集热效率差。81% 的消费者不懂鉴别太阳能热水器的质量优劣, 不知道如何选择产品。近 40% 都是在热水器出现问题后, 找不到原有经销商和服务商。产品无法用、服务无人管、配件无保障的“三无”太阳能热水器, 就成了消费者手中的“鸡肋”。

过低的行业进入门槛使得这一朝阳产业“鱼龙混杂”, 假冒伪劣猖獗。这在给广大消费者埋下安全隐患的同时, 无疑会影响到整个太阳能热水器行业的普及和可持续发展。

日前, 首家“三无”太阳能热水器援助中心在北京成立, 将向买到“三无”太阳能热水器而投诉无门的消费者提供免费上门检修服务。针对消费者遭遇的“三无”困境, 成立援助中心, 接受消费者关于太阳能热水器消费和维权的日常咨询, 受理消费者对产品、服务质量的投诉。但这并不能从根本上解决目前太阳能市场存在的问题。

有业内专家认为, 目前我国太阳能热水产品检测标准的缺失与滞后使行业发展先天不足, 应该抬高太阳能热水器行业的市场准入门槛, 建立严格的生产许可证制度和强制认证制度, 淘汰一批根本不具备生产条件和检测条件的企业, 同时加强太阳能热水器行业监管力度。