

居住建筑基准室温散热器 热分配法的计量原理与实测分析

哈尔滨工业大学 方修睦[☆] 李庆宇 姜永成 李 辉 孙 杰

摘要 该方法将热量计量与消除建筑物固有特性相结合,消除了同一栋建筑物内用户散热器型号不同、安装使用条件不同、散热器数量与设计值存在较大差别、水力失调及热力失调对计量结果的影响。详细介绍了热量分摊模型。为验证模型的合理性,以哈尔滨市某居民楼为例,对基准室温散热器热分配法、户用热量表法和温度面积法的测算结果进行了比较。结果显示,热量表法计量的每户热量值波动较大,而其他两种方法的每户热费一致性较好,最大差值为4.13%。

关键词 散热器热分配法 基准室温 当量散热器 温度面积法 热计量

Metering principle and measurement analysis of radiator heat distribution method based on reference indoor temperature for residential buildings

By Fang Xiumu[★], Li Qingyu, Jiang Yongcheng, Li Hui and Sun Jie

Abstract The method combines heat metering with elimination of building inherent characteristics, and removes the influences that result from different radiator types of heat users, different installation and using conditions, the difference of radiator number between design and installation value, and the difference of hydraulic condition and thermal condition between design and operation condition. Presents the heat allocation model in detail. To verify the rationality of the model, takes a residential building as example, compares the measuring results by radiator heat distribution method, household heat meter method and temperature-area method. The results show that the fluctuation of heat consumption among different households is larger for the household heat meter method, and the heat consumption by the other two methods are in good agreement with the maximal deviation of 4.13%.

Keywords radiator heat distribution method, reference indoor temperature, equivalent radiator, temperature-area method, heat metering

★ Harbin Institute of Technology, Harbin, China

①

我国大多数居住建筑的特点是同一栋建筑中不同位置的热用户维持相同室温时,相同面积的用户所需要的热量不同。计量由供热系统供给各个不同位置房间的热量的方法,称为供给热量法。户用热量表法、散热器热分配计法,都属于热量法。如果直接按照热量法计量的热量去收费,则必然导致建筑内不同位置的用户的的热费有很大差别。为消除建筑物固有特性带来的能耗差别,实现同一栋建筑物内的用户,供暖面积相同,在相同的时间内,相同的室温应缴纳相同的热费的目标,可采取的技术路线有以下两种。

一种是直接计量供暖系统供给每户的热量,此类方法称为热量法。然后通过综合修正系数对所测量的热量进行修正(见式(1))。从而将建筑物不同部位热用户的能耗折算成中间基准热用户的能耗,使所有用户的热量计量都处于同一个计量起点上,消除建筑物固有特性带来的能耗差别,实现等面积、等温度、等热费的计量目标。

①☆ 方修睦,男,1954年2月生,大学,教授
150090 哈尔滨市南岗区海河路202号2644信箱
(0) 13845113053
E-mail: fxm490@163.com
收稿日期:2013-11-05

$$Q'_{ni} = Q_{ni}(1 - \alpha_{ni}) \quad (1)$$

式中 Q'_n 为热用户的当量热量, $\text{kW} \cdot \text{h}$; Q_n 为供给热用户的热量, $\text{kW} \cdot \text{h}$; α_n 为建筑物的综合修正系数; i 为热用户编号。

另一种是利用仪表直接计量建筑物为维持室内温度所消耗的当量热量, 此类方法称为消耗热量法。目前应用的温度面积法即为此类方法。消耗热量法回避了热量法在收费时必须解决的建筑物的综合修正系数的确定问题, 将计量与消除建筑物固有特性融合在一起, 直接得出热用户所消耗的当量热量。

对于采用散热器供暖的单户水平式系统, 当将供暖系统的多组散热器用一组当量散热器来代替时, 如果找到一种方法, 通过必要的参数测量, 直接获得热用户所消耗的当量热量, 则可使热计量收费变得简单。本文介绍的就是一种新型的计量与收费一体化的热计量方法。

1 热量分摊模型

将任一个由 N 组散热器组成的单户水平式供暖系统, 用一组当量散热器来代替时, 当量散热器供暖系统的散热量可以表示为

$$Q_{ni} = a'_i F_{ni} \frac{(t_p - t_n)_{i'}^{B_i}}{\beta'_{1i} \beta'_{2i} \beta'_{3i} \beta'_{4i}} \quad (2)$$

式中 B 为当量散热器综合热特性参数, $B = b' + 1$, 其中 b' 为当量散热器的特性参数; i 为房间散热器的编号; F_n 为每户散热器的总散热面积, m^2 ; a' 为当量散热器的特性参数; t_p 为热用户散热系统的平均温度, $t_p = (t_g + t_h)/2$, 其中, t_g , t_h 分别为进出单户供暖系统的供回水温度, $^{\circ}\text{C}$; t_n 为室内温

$$\frac{Q_{n1}(1 - \alpha_{n1})}{F_1} = \dots = \frac{Q_{ni}(1 - \alpha_{ni})}{F_i} = \dots = \frac{Q_{nm}(1 - \alpha_{nm})}{F_n} \quad (5)$$

式中 F_i 为热用户建筑面积, m^2 。

$$\frac{a'_1(1 - \alpha_{n1})F_{n1}(t_p - t_n)_{1'}^{B_1}}{\beta'_{11}\beta'_{21}\beta'_{31}\beta'_{41}F_1} = \dots = \frac{a'_i(1 - \alpha_{ni})F_{ni}(t_p - t_n)_{i'}^{B_i}}{\beta'_{1i}\beta'_{2i}\beta'_{3i}\beta'_{4i}F_i} = \dots = \frac{a'_n(1 - \alpha_{nn})F_{nn}(t_p - t_n)_{n'}^{B_n}}{\beta'_{1n}\beta'_{2n}\beta'_{3n}\beta'_{4n}F_n} \quad (6)$$

令 $\mu_i = \frac{a'_i(1 - \alpha_{ni})}{\beta'_{1i}\beta'_{2i}\beta'_{3i}\beta'_{4i}}$ 为建筑热用户供暖系统的

$$\frac{\mu_1 F_{n1}(t_p - t_n)_{1'}^{B_1}}{F_1} = \dots = \frac{\mu_i F_{ni}(t_p - t_n)_{i'}^{B_i}}{F_i} = \dots = \frac{\mu_n F_{nn}(t_p - t_n)_{n'}^{B_n}}{F_n} \quad (7)$$

当热用户的面积相同时, 式(7)可以变换为如

$$\mu_1 F_{n1}(t_p - t_n)_{1'}^{B_1} = \dots = \mu_i F_{ni}(t_p - t_n)_{i'}^{B_i} = \dots = \mu_n F_{nn}(t_p - t_n)_{n'}^{B_n} \quad (8)$$

式(8)表明, 在建筑物达到热平衡时, 各个用户散热器组的当量散热量相等。也就是说, 为消除建筑物不同位置热用户的能耗差别而对每户供给热

度, $^{\circ}\text{C}$; $\beta'_1, \beta'_2, \beta'_3, \beta'_4$ 分别为当量散热器的散热器组装片数修正系数、散热器连接形式修正系数、散热器安装形式修正系数和使用条件修正系数。

如果在建筑物热力入口设置贸易结算表, 则每户分摊的热量可以表示为

$$Q_{ni} = Q_0 \frac{\sum_{x=1}^n \frac{a'_i F_{ni}(t_p - t_n)_{i'}^{B_i} \Delta \tau_x}{\beta'_{1i} \beta'_{2i} \beta'_{3i} \beta'_{4i}}}{\sum_{i=1}^m \sum_{x=1}^n \frac{a'_i F_{ni}(t_p - t_n)_{i'}^{B_i} \Delta \tau_x}{\beta'_{1i} \beta'_{2i} \beta'_{3i} \beta'_{4i}}} \quad (3)$$

式中 m 为建筑物的户数; n 为散热器的采样数量。

根据式(1)可以将式(3)所表示的每户分摊的热量转换为当量热量, 由此得到

$$Q'_{ni} = Q_0 \frac{\sum_{x=1}^n \frac{a'_i F_{ni}(1 - \alpha_{ni})(t_p - t_n)_{i'}^{B_i} \Delta \tau_x}{\beta'_{1i} \beta'_{2i} \beta'_{3i} \beta'_{4i}}}{\sum_{i=1}^m \sum_{x=1}^n \frac{a'_i F_{ni}(1 - \alpha_{ni})(t_p - t_n)_{i'}^{B_i} \Delta \tau_x}{\beta'_{1i} \beta'_{2i} \beta'_{3i} \beta'_{4i}}} \quad (4)$$

式中 Q_0 为由热量结算表计算的外网供给建筑物的热量。

从整栋建筑的角度来看, 建筑物为维持某室内温度所消耗的热量等于散热器散到室内的热量, 也等于供暖系统供给建筑物的热量。在理想的条件下, 如果热负荷计算准确, 系统设计合理, 散热器选择合适, 建筑物内各个房间的温度应该相等, 各个房间的供回水温差应相同, 此时由建筑物及供暖系统组成的综合系统达到了平衡。有下式成立: 从

由式(1), (2)及式(5)可以得到

当量热特性参数, 则有

$$\mu_1 F_{n1}(t_p - t_n)_{1'}^{B_1} = \dots = \mu_i F_{ni}(t_p - t_n)_{i'}^{B_i} = \dots = \mu_n F_{nn}(t_p - t_n)_{n'}^{B_n} \quad (7)$$

下形式:

$$\mu_1 F_{n1}(t_p - t_n)_{1'}^{B_1} = \dots = \mu_i F_{ni}(t_p - t_n)_{i'}^{B_i} = \dots = \mu_n F_{nn}(t_p - t_n)_{n'}^{B_n} \quad (8)$$

量的修正, 实际上是为使各个用户热费公平而对每户散热器组的散热量的修正。

实际的供热系统, 由于热负荷计算上的缺陷,

散热设备选择以及系统安装的缺陷等,在初始时,不可能做到建筑物内各个房间的温度都相等。此时实际的室温为 $t_{ni} = \bar{t}_n \pm \Delta t_i$, Δt_i 的大小反映了热用户的实际室温与整栋建筑物平均温度 $\bar{t}_n$ 的一致程度。假设第 i 个热用户的室内温度 t_{ni} 达到整栋建筑物平均温度 $\bar{t}_n$ 时,其散热器平均温度从 t_{pi} 变为 t'_{pi} ,则有下式成立:

$$\mu_j = \mu_i \frac{\gamma_j}{\gamma_i} \frac{F_{ni}}{F_{nj}} \frac{F_j}{F_i} \tag{9}$$

式中 γ 为散热器初始状态修正系数。

则式(4)变为

$$Q'_{ni} = Q_0 \frac{\sum_{x=1}^n \gamma_i F_i (t_p - t_n)^{B_{ix}} \Delta \tau_x}{\sum_{i=1}^m \sum_{x=1}^n \gamma_i F_i (t_p - t_n)^{B_{ix}} \Delta \tau_x} \tag{10}$$

在式(10)中,对于固定系统来说,每户的建筑面积一定,散热器初始状态修正系数及每户系统的热特性参数 B 可通过辨识获得,则用户消耗的当量热量仅与用户的供回水温度及室内温度有关。只要测定整栋建筑的供热量、每户的供回水温度及

室内温度,就可以计量每户消耗的当量热量,实现同一栋建筑物内的用户,供暖面积相同,在相同时间内,相同温度缴纳相同热费的热计量目标。从计量原理的角度,可以将依据式(10)进行热量分配的方法称为基准室温的散热器分配方法;从传感器测量参数的角度,也可以称为基准室温的三温度法。

2 试验结果及分析

试验建筑为位于哈尔滨市的一梯三户的 6 层居民楼的一个用热单元,共计 18 户。供暖系统为单户水平式系统,各户散热器主要为 M132 型散热器,但有私改和增加散热器的情况。为验证分摊模型的合理性,每户除了设置基准室温的散热器热分配系统外,同时设置了户用热量表和温度面积法热计量装置。数据每 10 min 采集一次,采集的数据上传至计算机。

表 1 为根据测量参数辨识出的每户的当量散热器的特性参数及初始状态修正系数。图 1 为试验建筑用户室温和建筑物平均温度曲线;图 2 为将热用户的实际室温折算到建筑物平均温度后,不同楼层用户的供热量比例。

表 1 当量散热器的特性参数及初始状态修正系数

	用户编号								
	101	102	103	201	202	203	301	302	303
B_i	0.479	0.291	0.262	0.315	0.454	0.462	0.201	0.423	0.282
γ_i	0.312	0.911	0.701	0.699	0.329	0.272	0.943	0.579	0.641

	用户编号								
	401	402	403	501	502	503	601	602	603
B_i	0.395	0.306	0.260	0.441	0.392	0.232	0.229	0.491	0.262
γ_i	0.517	0.811	0.796	0.362	0.532	0.583	0.614	0.313	0.412

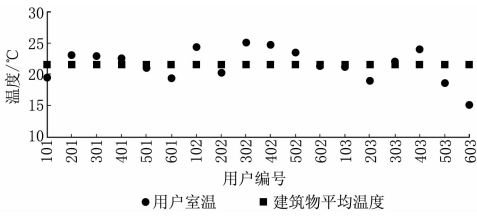


图 1 室温曲线

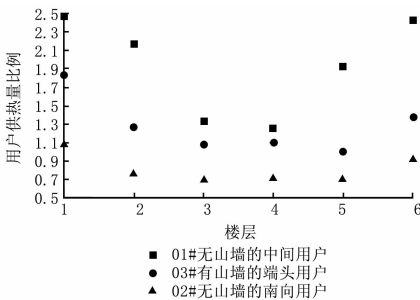


图 2 不同楼层用户供热量比例

由表 1、图 1 及图 2 可见:

1) 建筑物内各个用户室温不同。无山墙的 01# 中间用户 1 层和顶层室温较低,有山墙的 03# 房间的 1 层、5 层和 6 层室温较低,建筑物的平均温度为 21.56℃。

2) 建筑物内不同用户的当量散热器的特性参数及初始状态修正系数不同,客观地反映了建筑物内散热器的型号差别、安装使用条件差别及供暖系统水力平衡状况。通过初始条件修正,可消除位置差别、散热器的型号差别和安装使用条件差别,将实际上存在水力不平衡的供暖系统,折算到统一的热量分配起点。

3) 在同一温度下,不同位置的热用户,供热量差别较大。以无山墙的 501 用户为基准,底层的 101 用户供热量为 501 用户的 184%;顶层的 601

用户供热量为 501 用户的 138%;有山墙的 103 用户供热量为 501 用户的 248%;603 用户供热量为 501 用户的 243%;无山墙的南向 102 用户供热量为 501 用户的 109%;602 用户供热量为 501 用户的 93%。

图 3 为分别采用基准室温的散热器分配方法(图中记为基准温度法)和温度面积法(图中记为温度法)计量时,热用户的热量分配比例。图 4 为分别采用热量表、基准室温的散热器分配方法和温度面积法计量的每户的热量。图 5 为根据式(11)计

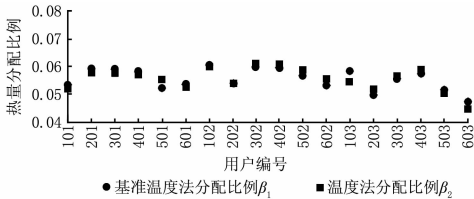


图 3 两种计量方法热量分配比例

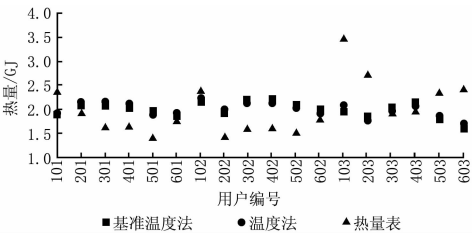


图 4 建筑计量方法计量的热量

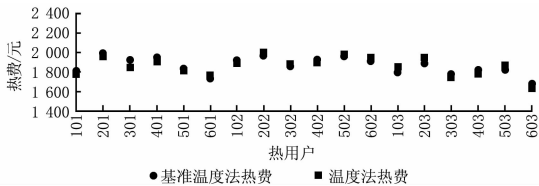


图 5 两种计量方法得出的热费

算出的基准室温的散热器分配方法和温度面积法各户的热费。表 2 为采用基准室温的散热器分配方法和温度面积法的热费误差。

表 2 两种计量方法的热量相对误差及热费相对误差										%
用户编号										
	101	102	103	201	202	203	301	302	303	
热量相对误差	-2.21	-0.88	-6.29	-2.30	-0.81	2.89	-1.99	2.41	1.12	
热费相对误差	-1.42	-1.42	-4.13	-1.54	-0.52	1.85	-1.33	1.64	0.74	

用户编号										
	401	402	403	501	502	503	601	602	603	
热量相对误差	-2.19	1.77	3.12	4.97	4.01	-1.74	-2.32	4.53	-6.19	
热费相对误差	-1.46	1.21	2.10	3.26	2.69	-1.11	-1.50	2.98	-3.77	

$$S_{ni} = k_1 F_i + k_2 Q_{ni} \tag{11}$$

式中 S_{ni} 为 i 用户的热费,元; k_1 为基本热价,元/ m^2 ,哈尔滨市 $k_1=16.5$ 元/ m^2 ; k_2 为计量热价,元/GJ,哈尔滨市 $k_2=44.41$ 元/GJ; F_i 为 i 用户面积, m^2 ; Q_{ni} 为 i 用户消耗的当量热量,GJ。

由图 3~5 及表 2 可见:

1) 基准室温的散热器分配方法和温度面积法计量的每户热量的一致性较好,除端头用户 103 和 603 外,其余用户两种方法分摊误差小于 5%;位于底层的 103 用户的分摊误差最大,与温度面积法相比误差为 6.29%。热量表计量的每户的热量差别较大。

2) 基准室温的散热器分配方法和温度面积法计量的每户热费的一致性较好,两种方法的热费最大差别为 4.13%。

3 结论

3.1 居住建筑基准室温的散热器分配方法,将建筑物及供暖系统作为一个综合系统来考虑,将热量

计量与热费分摊结合在一起,同温度面积法一样,计量的热量可直接进行收费,做到了同一栋建筑物内,相同面积的用户,在室温相同时,热费相等。

3.2 为适应我国室内供暖系统的实际情况,同一栋建筑物内用户散热器型号不同、安装使用条件不同、散热器数量与设计存在较大差别、系统存在不同程度的水力失调及热力失调时,均可以采用此方法计量。

3.3 热量分摊模型无约束条件要求,所需的测量参数少,计量系统简单,容易实施,与温度面积法相比,最大热量测量误差为 6.29%。

参考文献:

[1] 方修睦,于涛.住宅综合修正系数研究[J].哈尔滨工业大学学报,2008,40(6):923-926
[2] 李庆宇.基于散热器散热量的热计量方法研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2012:8-35
[3] 李辉.建筑冷、热计量方法的试验研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2011:54-55