

对基于分栋热计量的末端通断调节与热分摊技术的探讨

清华大学 刘兰斌[☆] 江 亿 付 林

摘要 提出一种集计量和调节于一体的末端通断调节系统,不仅改善调节,而且通过楼栋分栋计量促进建筑保温。采用各用户累计阀门开启时间对供暖面积加权的分摊方式,有效解决位于建筑物不利位置住户热费缴纳、邻室传热、用户开窗等目前热计量方式中存在的诸多问题,同时成本较低,方便实现用户的公平用热、合理分摊,为推动供热计量改革提供了一种新的途径和措施。

关键词 热计量 通断调节 热分摊 供热系统

On-off valve regulation and household heat allocation technique based on building heat metering

By Liu Lanbin[★], Jiang Yi and Fu Lin

Abstract Proposes an on-off valve regulation system integrating metering with regulation, which can improve heating regulation and promote householders to enhance the heat performance of their building enclosure. Heating expenditure is allocated according to the heating area of each household weighted by the accumulative open time of valves. In this way, various problems existing universally in heat metering systems can be solved, such as more heat loss of rooms because of more exterior walls and open windows, heat transfer between neighbour rooms and so on. Moreover, the low equipments cost and reasonable heat expenditure allocation of this system provide a new way to promote the heat metering reformation.

Keywords heat metering, on-off valve regulation, heat allocation, heating system

★ Tsinghua University, Beijing, China

①

0 引言

建筑保温不良和用户开窗散热以及室温偏高造成的热损失是目前引起我国供暖能耗较高的主要原因。我国建筑围护结构保温性能较差,外墙和外窗的传热系数是北欧国家的 1~2 倍,这就使得满足同样的室内温度,耗热量大 1~2 倍,另外对北京的 6 个供热小区的实测表明,由于用户开窗和室温偏高导致的热损失约为 36~89 MJ/m²,占建筑实际需求热量的 16%~40%^①,因此降低我国建筑供暖能耗的关键,就是改善建筑围护结构的保温以降低建筑物供暖耗热量;同时采取有效措施,避免用户开窗及室温偏高。

实践发现,上述问题得不到解决的根本原因是我国集中供热系统采取按面积收费的方式^[1],因此

为推动建筑节能,近 10 年来我国各级政府投入大量资源进行热计量体制改革,但至今仍未出现任何真正大规模计量收费改革成功的案例。究其原因,由于我国特有的国情,目前的热计量方式在技术、可操作性、社会可接受性等方面均存在相当多的问题,有些甚至违背了热计量改革的初衷,因此找到一个适合我国国情,同时能够被社会广泛认可的新的热计量方式就变得相当重要。

1 目前已有的热计量方法及存在的主要问题

目前我国进行尝试的热计量方法基本分为两

① 中央国家机关锅炉采暖系统节能分析报告,2006

①☆ 刘兰斌,男,1983 年 1 月生,在读博士研究生
100084 清华大学建筑技术科学系
(010) 62773885
Email:llb04@mails.tsinghua.edu.cn
收稿日期:2006-12-20
修回日期:2007-08-03

大类^[2]:一类是分户直接计量热量,即在各用户热入口安装热量表计量用户耗热,同时散热器处安装温控阀进行调节;另一类是在楼栋热入口安装总热量表进行楼栋总热量计量,再通过一定的方法进行热分摊,如在散热器处安装热分配表分摊,在室内安装温度表累计室温分摊,按面积分摊等。虽然目前热计量分摊方法种类较多,但在实际应用中却存在着以下各种问题^[3-4],难以大规模推广。

1.1 不能解决建筑物不利位置住户及邻室传热引起的热费问题

由于我国居住建筑主要是公寓式建筑,在建筑的端部、顶层,其供暖耗热量往往为中间部位的 2~3 倍,同时,由于户间墙传热,也造成不供暖房间影响了相邻的供暖单元,使相邻的供暖单元的热耗大幅度增加,使得目前的热计量分摊方式难以被用户接受。

1.2 目前的热分摊方式无法解决用户开窗问题

由于用户开窗导致散热器表面平均温度降低,按照蒸发式热分配表的分摊方式,分摊量反而减少,从而与按热计量抑制用户开窗矛盾。同样根据室温累计值确定热量分摊的方式,更是存在直接鼓励用户开窗的隐患。

1.3 计量和调节由不同的设备完成,成本较高

目前的计量方式计量和调节由两个不同的环节和不同的设备单独完成,需要安装温控阀、户式热量表或热分配表等,投资较大。

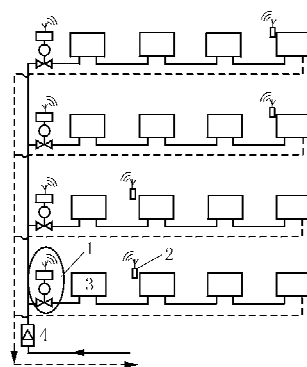
1.4 目前的计量方式在应用中存在很多其他实际问题

主要包括:1) 直接分户计量热量的热量表法存在机械式表不适应热网水质、堵塞损坏严重、故障率高(据东北某市对试点工程的统计,故障率高达 33%)等问题,超声波户用表价格昂贵,超出用户的经济承受能力。同样用于调节的温控阀也由于不适应水质,可靠性较低。2) 采用分摊的热分配表的计量精度受安装质量的影响较大,只适用于一定形式的散热器,而国内散热器种类繁多,不能普遍适用,也不适用于地板供暖、屋顶辐射和对流式供暖等其他系统。3) 末端用户普遍采用的温控阀调节方式存在调节可靠性低、调节量小、调节滞后、若单独用于串联系统会引起热力失调等问题。

2 基于末端通断调节的热计量分摊方法

2.1 末端通断调节供热系统及热计量分摊方法

本文提出一种集调节和计量于一体的末端用户通断调节系统,并基于此系统,提出一种新的热分摊方式,如图 1 所示。该通断调节系统由室温通断控制阀 1、室温控制器 2 等组成。具体工作过程



1 室温通断控制阀 2 室温控制器 3 供热末端设备 4 楼栋热入口热量表

图 1 通断控制装置及热分摊技术原理图

如下:首先在室温控制器 2 中由用户设定需要的室内温度,并将控制信号无线发送给室温通断控制阀 1,室温通断控制阀 1 根据反馈回来的实际室温和设定室温的偏差,由内置反映建筑热特性、具有一定智能前馈的控制策略计算出通断阀在下一个时间步长内需要动作的通断时间比,进而控制阀门的通断,得到设定的室温,同时控制系统自动记录用于新的热分摊方式的阀门开启时间。由于阀门通断调节,对于串联系统,可避免流量连续调节导致流量过小而引起的失调问题,同时内置的前馈和反馈结合的控制策略避免动作的滞后。另外在楼栋的热入口处安装热量表 4,计量楼栋的总热量,并以此作为该建筑物的供暖收费依据;利用累计各用户阀门开启时间对按供暖面积分摊的方式进行修正,即

$$q_j = \frac{\alpha_j F_j}{\sum_{i=1}^n \alpha_i F_i} Q \quad (1)$$

$$\alpha_j = \frac{\tau_{open,j}}{\tau_o} \quad (2)$$

式(1),(2)中 q_j 为分摊给用户 j 的供暖耗热量; α_j 为用户 j 入口阀门的累计开启时间比; F_j 为用户 j 的供暖面积; Q 为楼栋入口处热量表计量的热量; $\tau_{open,j}$ 为用户 j 入口阀门的累计开启时间; τ_o 为

楼栋入口热计量的累积时间。

图 2 是某住宅以调节周期为 30 min(即 30 min 阀门至多动作一次)、恒定供水温度为 60 °C、采用通断控制的室温模拟结果。可以看出在模拟的一个周期内室温波动基本控制在 ± 1 °C 之内,一个周期内阀门的累计开启时间比(即阀门开启的时间与热入口热量表计量的总时间之比)为 0.15。

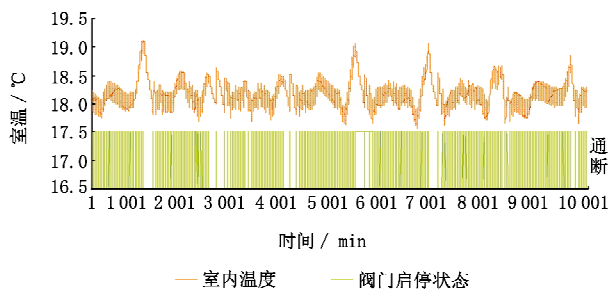


图 2 通断控制的室温模拟结果

2.2 基于末端通断调节的热计量分摊方法的优点

通过该技术的应用,可以解决上述用户调节和热计量中存在的诸多问题:

1) 改善调节。通断调节方式与连续变流量的调节方式比,在散热器串联连接的状况下,通断调节方式可使一个住户单元中的各个散热器的散热量均匀变化,有效避免由于流量过小导致前端热、末端凉的现象和由于流量过大导致前端凉、末端热的现象。只要各组散热器面积选择合理,就可以在各种负荷下都实现均匀供热。

2) 改善建筑保温。由于分楼栋计量热量,保温较好的建筑由于总耗热量少,用户承担的热费少,相反保温差的建筑用户承担的热费多,在市场经济规则下,一方面必然促进既有建筑用户对较差的围护结构进行改造,以减少热费;另一方面建筑是否节能将成为购房者在选房时优先考虑的因素,这就使得开发商在建房时不得不考虑是否应在建筑保温与其他节能措施上进行相应投资,以符合市场需求,从而促进建筑保温等节能措施的应用以及节能建筑推广。

3) 避免用户开窗和室温设定偏高。由于开窗、室温设定偏高都会使得用户耗热量增加,从而用户入口的阀门开通时间增加,依据上述分摊方式,用户的供暖费用增加,由于与用户利益直接相关,必然能有效抑制目前大量存在的开窗现象,同时用户也将合理设定室内温度,促进用户行为节能。

4) 解决邻室传热问题,避免用户室内冻结。由于控制器限定最低设定温度,如 12 °C,使得用户入口阀门无法一直关闭,当用户长期外出时,既大大削弱了邻室传热的影响,也避免了室内冻结,使得用户公平用热、合理分摊。

5) 解决建筑物不利位置住户热费缴纳问题。由于是按照供热面积与累计接通时间的乘积分摊热量,顶层和端部单元按照设计会多装散热器,所以也不需要多分摊热费。

6) 安装方便、经济可靠。所研发的供热控制和热分摊计量一体化智能装置,不像热量表、温控阀等对水质要求较高,也不像热分配表那样对散热器类型和安装条件有要求,适合于各种末端形式的供热系统,其结构简单,安装使用方便,可靠性高。

7) 集调节和计量于一体,设备较少,成本低,避免了传统热计量方法需要对供暖系统进行复杂改造以及增加大量温控阀、热分配表,成本高昂的弊端,便于对用户的热分摊。

2.3 需要进一步研究的问题

2.3.1 不同时期供水温度不同对分摊方式的影响

由于不同时期供水温度的差异,即使各用户的入口阀门在计量周期内累计开启时间相同,但若开启的时刻不同,将会导致上述分摊方式有一定的误差,计量周期越长,用户开启的时刻差异越大,误差越大。为解决该问题,可考虑各用户热量按月分摊一次,采用这种方式的影响有多大,需要进行相关研究。

2.3.2 热用户水力耦合的影响

当某一用户的阀门进行通断调节时,由于用户之间水力耦合,其他未动作的用户的流量将改变。但是由散热器的 $Q-G$ 特性曲线(见图 3)可以看到,由于设计的工况是:当各用户阀门均开启时,散热器流量位于 B 点,当其他用户阀门关

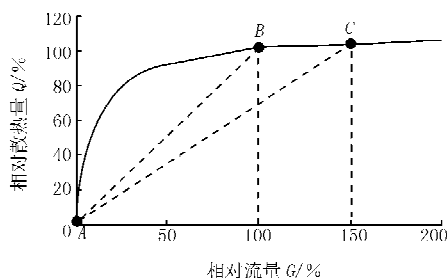


图 3 散热器的 $Q-G$ 特性曲线

断后流量有所增加,但对散热量的影响不大,从图 3 中看到,当流量再增加 50% 时,散热器的散热量增加不到 5%,因此其他用户阀门关断的水力耦合对该用户的阀门开启时间影响不大,也就不会对热分摊有太大影响。但可能会使得总的供回水温差减小。

2.3.3 各用户通断调节对热源和管网运行工况的影响

虽然各用户通断调节是随机的,但由于数量众多,这种随机结果表现在管网的总流量上在一定周期内并不会剧烈变化,数量越多,越趋于稳定。目前风机盘管空调系统就是一个通断调节的应用实例,实际运行表明,一个安装 200 个以上风机盘管的空调系统,各房间的电磁阀在各自随机调节时,制冷机的流量在一定周期内比较稳定,而一个供热小区的用户数量多在 200 户以上,流量剧烈变化的概率更小,因此各用户通断调节对热源和管网运行影响不会太大,这种调节方式对热源和管网的具体影响可进一步研究。

3 结论

3.1 末端通断调节与热分摊技术利用阀门通断调节,对于串联系统,避免了流量连续调节导致流量过小而引起的失调问题,同时内置的前馈和反馈结合的控制策略避免动作的滞后,可改善调

节性能。

3.2 末端通断调节与热分摊技术通过计量楼栋热入口的总热量,可以有效促进建筑保温。

3.3 末端通断调节与热分摊技术可以有效避免用户开窗和室温偏高,有助于建筑节能。

3.4 末端通断调节与热分摊技术(通过记录通断控制阀的累积开启时间)和用户面积结合的新热分摊方法,可以有效解决传统热计量方式中建筑物中不利位置住户热费缴纳、邻室传热等问题,实现用户公平用热、合理分摊。

3.5 末端通断调节与热分摊技术集调节和计量于一体,同时由于仅进行通断控制,可靠性较高,并且改造简单,成本低廉,避免了传统热计量方法需要对供暖系统进行复杂改造以及增加大量温控阀、热分配表,成本高昂的弊端,有利于推广应用。

参考文献:

- [1] 江亿. 我国供热节能中的问题和解决途径[J]. 暖通空调, 2006, 36(3): 37-41
- [2] 张锡虎, 黄涛. 住宅集中供暖系统分户热计量和收费的若干问题[J]. 暖通空调, 2000, 30(1): 2-5
- [3] 肖兰生. 住宅供暖计量收费方法的探讨[J]. 暖通空调, 2001, 31(4): 21-23
- [4] 许文发. 实施按户计量收费管理的前期工作及相关问题探讨[J]. 暖通空调, 1999, 29(1): 16-19
- [5] 江亿. 我国供热节能中的问题和解决途径[J]. 暖通空调, 2006, 36(3): 37-41
- [6] 苑军, 孙意. 城市地铁消防设计问题初探[J]. 消防科学与技术, 2003, 22(4): 302
- [7] 周汝, 何嘉鹏, 谢娟, 等. 地铁站火灾时空气幕防烟的数值模拟与分析[J]. 中国安全科学学报, 2006, 16(3): 27-31
- [8] 刘方, 付祥钊, 廖曙江, 等. 热辐射对中庭火灾烟流的影响[J]. 重庆大学学报, 2001, 25(1): 28-31
- [9] Chow W K. Simulation of tunnel fires using a zone model[J]. Tunneling and Underground Space Technology, 1996, 11(2): 221-236
- [10] 程远平, 陈亮, 张孟君. 火灾过程羽流模型及其评价[J]. 火灾科学, 2002, 11(3): 132-136
- [11] 傅祝满, 范维澄. 建筑火灾区域模拟燃烧及组分浓度的计算[J]. 燃烧科学与技术, 1997, 3(2): 163-168
- [12] Cheng L H, Ueng T H, Liu C W. Simulation of ventilation and fire in the underground facilities[J]. Fire Safety Journal, 2001, 36(6): 597-619
- [13] 何嘉鹏, 王东方, 唐晓亮, 等. 高层建筑火灾防烟空气幕的实验研究[J]. 中国安全科学学报, 2002, 12(6): 37-40

(上接第 44 页)

区 $0.56 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ 左右, 远远低于《地铁设计规范》(GB 50157—2003)所要求的 $1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$, 再增加排烟量对于防烟效果影响不太大, 同时还会使大量新风涌入火场。

7 结论

通过对站台层一列列车着火情况下, 各种防排烟控制模式进行模拟比较可知, 传统的防排烟方式虽然可以保证 6 min 以上的安全疏散时间, 但和防烟空气幕相比, 涌入火场的新风量将大大增加, 这将进一步促进火灾的发展, 对人员的疏散造成更大的困难, 同时也将导致更多的财产损失。而通过防烟空气幕和站台层设置轨顶排烟的方式可以更加有效地控制站厅层的压力, 使站台层和站厅层之间形成合理的压差, 使其在最小新风量的条件下达到对烟气的最佳控制效果。由于地铁站结构特殊, 实验条件复杂, 国内外鲜有地铁火灾的实验报告, 因此需要进一步的实体实验来验证该方法的合理性和优越性, 使其能尽快应用。

参考文献:

- [1] 北京城建设计研究总院. GB 50157 2003 地铁设计规范