



基准室温的流量温度热分配方法的计量原理^{*}

哈尔滨工业大学 方修睦[☆] 姜永成 单 滨 孟金玲

摘要 将建筑物作为一个整体进行热量分配时,分配仪表与建筑物或供暖系统构成了热量分配系统。提出了热分配系统需要满足的基本条件,分析了室内供暖系统的调节对带跨越管的单管顺序式系统流量分配的影响;认为当分配模型与供暖系统相关时,不能将各个用户的流量分配比例当作常量处理。作者提出的基准室温的流量温度热分配方法,可以消除供暖系统对分配原理的干扰,保证各个热用户热量分配的起点一致,分摊结果合理、准确。

关键词 热计量 流量温度法 热量分配方法 分配模型 热量分摊

Metering principle of a heat allocation method based on TFTM

By Fang Xiumu[★], Jiang Yongcheng, Shan Bin and Meng Jinling

Abstract Heat allocation meters and building or heating system constitute a heat allocation system when taking the building as a whole to allocate heat. Presents the basic requirements of the heat allocation system needed to meet and analyses the influence of regulating the indoor heating system on flow distribution of the single-pipe series-loop system with a cross-over pipe. Points out that the flow distribution proportion is not a constant when the allocation model is correlative with the heating system. The proposed heat allocation method based on temperature-flow-temperature method (TFTM) can eliminate interference of the heating system on the allocation principle and ensure that all users have the same base for heat allocation and achieve a reasonable and accurate heat allocation result.

Keywords heat metering, flow-temperature method, heat allocation method, allocation model, heat allocation

★ Harbin Institute of Technology, Harbin, China

①

我国热计量仪表的开发始于 20 世纪 80 年代,如今我国已经成了世界上热量表生产厂家最多的国家。笔者在学习国外的热计量经验及实践中发现,中外国情差别巨大,不能照搬国外的热计量方法,需要根据中国的实际情况,探讨符合我国国情的热计量技术路线。2000 年以后,我国开始探索采用对整栋楼进行总用热量计量,楼内用户进行热量分配的技术路线。当将建筑物作为一个整体进行热量分配时,热量分配系统所涉及的因素要比热

量表复杂得多,只有满足了热分配系统的基本条件后,才可进行热量分配。

1 热分配系统需要满足的基本条件

当把建筑物作为一个整体进行热量分配时,分配仪表的数据采集系统与建筑物或供暖系统构成了一个热量分配系统。热量分配系统的性能与分配原理、数据采集系统及软件有关。所采用的热分

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:2010-06-08

* “十一五”国家科技支撑计划重大项目课题四“供热系统节能关键技术研究示范”(编号:2006BAJ01A04)

配方法需要满足下述基本条件:

- 1) 热量分配系统所依据的分配模型物理概念要明确,要能溯源;模型中的参数不能是机械的组合,也要能够溯源。
- 2) 数据采集系统性能要稳定、可靠,静态性能及动态性能均应达到规定的技术指标。软件应具有正确性、可靠性、可测试性、易使用性及易维护性。
- 3) 热量分配系统应具有强抗干扰能力。热量分配系统的干扰主要来自两部分,一部分为供暖系统或建筑物对分配原理的干扰;一部分是对数据采集系统的噪声干扰。

对数据采集系统的噪声干扰,可能来自采集系统的外部(如电磁干扰、机械干扰、热干扰等),也可能来自数据采集系统的内部(如测量电路中的寄生电容、寄生电感、测量电路元器件的随机噪声等)。对于数据采集系统的噪声干扰,仪表设计人员已有成熟的抑制措施,通过合理设计可以减小或消除噪声干扰。

户用热量表的性能与分配原理无关,仅与数据采集和积算系统有关。对热量表的干扰主要是噪声干扰,整个系统的性能(仪表的精度)可在检测台上进行检验。用户对计量结果质疑时,只需对热量表进行检定即可。

楼计量、户分配的热计量方法与每户采用户用热量表进行计量的方法有本质上的差别。供暖系统或建筑物对分配原理的干扰,不是仪表设计人员所能解决的,而是在提出分配原理时,由热量分配系统的设计者解决。对分配原理的干扰不消除,将导致分配原理的错误,进而出现分配结果错误。检测台仅能检测数据采集系统的稳定性及对噪声干扰的消除程度,而对分配原理的干扰的消除程度,一般要在由供暖系统与数据采集系统组成的综合系统上才能验证。针对用户对计量结果的质疑,除了对数据采集系统进行检定外,尚需要对分配原理的干扰消除状况进行检定。对分配原理的干扰的抑制水平,成为评价分配方法的主要指标。

2 单管跨越式系统的水力工况分析

各种室内供暖系统形式均与楼计量、户分配的热计量方法相关联。室内供暖系统形式不同,对分配原理干扰消除的方法不同,本文仅对带跨越管的

单管系统水力工况进行分析,以探讨供暖系统对分配原理干扰的消除方法。

- 1) 调整某层用户内散热器阀门时,用户的流量变化

对于图 1a 所示的系统,依次关闭 4 楼用户 1, 2, 3 组散热器阀门,对应的流量变化见表 1。

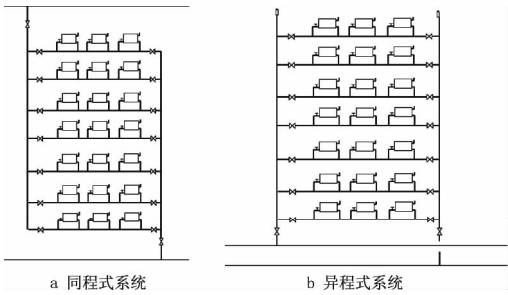


图 1 单户水平式系统

表 1 调节某层用户内散热器阀门对用户流量的影响			
楼层	关闭 1 组阀门流量变化率/%	关闭 2 组阀门流量变化率/%	关闭 3 组阀门流量变化率/%
1	-1.20	-2.19	-3.03
2	-1.18	-2.15	-2.97
3	-1.11	-2.02	-2.79
4	6.38	11.61	16.01
5	-0.95	-1.72	-2.38
6	-0.65	-1.18	-1.62
7	-1.66	-3.01	-4.14

注:流量变化率=(调节前流量-调节后流量)/调节前流量。

由表 1 可知,关闭 4 楼散热器的任意组阀门时,其余用户的流量都发生变化。当关闭 3 组阀门时,关闭用户的流量最大变化率达到了 16.01%,其他用户流量最大变化率为 4.14%。

- 2) 关闭任一层用户入口处阀门后用户的流量变化

对于图 1 所示的系统,分别保证建筑物入口处流量或压差不变,在用户入口处关闭任意一层用户入口阀门时,所导致的其余用户的最大流量变化率见图 2。由图 2 可见:

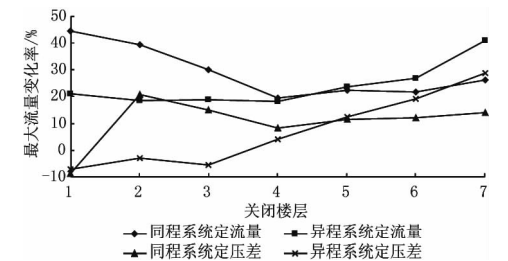


图 2 关闭任意一层用户阀门时流量变化

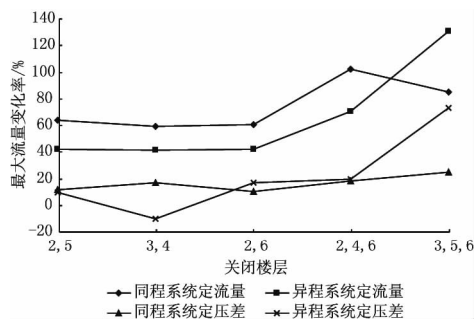
- ① 保证建筑物入口处流量不变,同程式系统

关闭任意一层用户入口阀门时,其他楼层用户流量最大变化率为 44.49%;异程式系统关闭任意一层用户入口阀门时,其他楼层用户流量最大变化率为 40.94%。

② 保证建筑物入口处压差不变,同程式系统关闭任意一层用户入口阀门时,其他楼层用户流量最大变化率为 20.75%;异程式系统关闭任意一层用户入口阀门时,其他楼层用户流量最大变化率为 28.77%。

3) 关闭多层用户入口处阀门后用户的流量变化

对于图 1 所示的系统,分别保证建筑物入口处流量不变或压差不变,在用户入口处关闭多层用户入口阀门时,所导致的其余用户的最大流量变化率见图 3。由图 3 可见:



注:2,5 表示同时关闭 2,5 层用户阀门,余同。

图 3 同时关闭多层用户阀门时流量变化

① 保证建筑物入口处流量不变,关闭任意 2 层用户入口阀门时,其他楼层用户流量最大变化率,同程式系统为 60.5%,异程式系统为 42.33%;关闭任意 3 层用户入口阀门时,其他楼层用户流量最大变化率,同程式系统为 102%,异程式系统为 130.56%。

② 保证建筑物入口处压差不变,关闭任意 2 层用户入口阀门时,其他楼层用户流量最大变化率,同程式系统为 17%,异程式系统为 17.09%;关闭任意 3 层用户入口阀门时,其他楼层用户流量最大变化率,同程式系统为 24.8%,异程式系统为 73.02%。

$$\frac{cG_{10}(t_g - t_h)_{10}(1 - \alpha_1)}{F_1} = \dots = \frac{cG_{i0}(t_g - t_h)_{i0}(1 - \alpha_i)}{F_i} = \dots = \frac{cG_{j0}(t_g - t_h)_{j0}(1 - \alpha_j)}{F_j} = \dots = \frac{cG_{m0}(t_g - t_h)_{m0}(1 - \alpha_m)}{F_m} \quad (4)$$

式中 下标 0 表示初始参数; i, j, m 分别为热用户编号。

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

上述分析表明,带跨越管的单管顺流式系统,无论是在户内调节还是在户外关闭时,其流量均发生较大的变化。当分配模型与供暖系统相关时,不能将各个用户的流量分配比例当作常量处理。

3 理想情况下的热费分摊模型

从收费的角度来看,热费分配的原则应为:住在同一栋建筑物内的用户,在相同的时间内,当供暖面积相同时,室内温度相同,则应缴纳相同的热费。采用两部制热价后,用户的热费 S_j 可以表示为

$$S_j = f_1 F_j + f_2 Q_j \quad (1)$$

式中 S_j 为 j 用户热费,元; f_1 为基本热价,元/ m^2 ; F_j 为 j 用户的面积, m^2 ; f_2 为计量热价,元/ kJ ; Q_j 为 j 用户消耗的当量热量, kJ ,按照式(2)计算。

$$Q_j = Q_z \frac{Q_{bj}(1 - \alpha_j)}{\sum_{i=1}^m Q_{bi}(1 - \alpha_i)} \quad (2)$$

由于 $Q_b = cG(t_g - t_h)$

则式(2)变为

$$Q_j = Q_z \frac{cG_j(t_g - t_h)_j(1 - \alpha_j)}{\sum_{i=1}^m cG_i(t_g - t_h)_i(1 - \alpha_i)} \quad (3)$$

式(2),(3)中 Q_z 为楼栋总供热量, kJ ; m 为用户数; c 为水的比热容, $kJ/(kg \cdot ^\circ C)$; t_g, t_h 分别为热用户的供、回水温度, $^\circ C$; G_j 为进入 j 用户的流量, kg/s ; α_j 为消除居住建筑由于房间位置不同导致的各个房间的能耗差别而采用的建筑物综合修正系数。

尽管处于建筑物各个不同位置上的热用户的能耗不同,但是考虑了建筑物的综合修正系数后,能把处在建筑物不同位置上的热用户的能耗折算成中间基准热用户的能耗,使所有用户都处于同一个计量起点上。因此有下式成立:

温度相等,各个房间的供回水温差相同。此时可以认为由建筑物及供暖系统组成的综合系统达到了平衡。当供回水温差相同时,如果每户的面积相同,则式(4)变为

$$G_{10}(1-\alpha_1) = \cdots = G_{i0}(1-\alpha_i) = \cdots = G_{j0}(1-\alpha_j) = \cdots = G_{m0}(1-\alpha_m) \quad (5)$$

如果将 $G_i(1-\alpha_i)$ 定义为用户当量流量,则式(5)表明,在理想的条件下,各个用户当量流量相等。也就是说,为消除建筑物各个不同位置的热用户的能耗差别而对每户供给热量的修正,实际上是对每户流量的修正;如果室温相等,供回水温差相同,则供给每户的流量与消耗的热量相适应,此时实际各个用户的流量差别就等于建筑物各个不同位置的能耗差别,供给每个用户的流量已经包含了为使各个用户热费公平而需进行的修正。当用户的流量不变时,式(3)变为

$$Q_j = Q_z \frac{(t_g - t_h)_j F_j}{\sum_{i=1}^m (t_g - t_h)_i F_i} = Q_z \frac{F_j}{\sum_{i=1}^m F_i} \quad (6)$$

$$\frac{cG_{10}(t_g - t_h)'_{10}(1-\alpha_1)}{F_1} = \cdots = \frac{cG_{i0}(t_g - t_h)'_{i0}(1-\alpha_i)}{F_i} = \cdots = \frac{cG_{j0}(t_g - t_h)'_{j0}(1-\alpha_j)}{F_j} = \cdots = \frac{cG_{m0}(t_g - t_h)'_{m0}(1-\alpha_m)}{F_m} \quad (7)$$

由于实际条件下,各热用户初始的当量流量可能存在差别,需要根据初始室温及初始供回水温差进行修正,以保证各用户的初始当量流量相等。令修正系数为 φ (φ 的具体计算方法将另文介绍),如果供暖系统运行时用户流量不变,则式(3)变为

$$Q_j = Q_z \frac{(t_g - t_h)_j F_j}{\sum_{i=1}^m \varphi(t_g - t_h)_i F_i} \quad (8)$$

式(8)表明,如果每户的流量不变,用户消耗的当量热量仅与用户的供回水温差和用户的面积有关。因此只要测定每户的供回水温差,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、在相同的时间内、相同的温度缴纳相同的热费的热计量目标。

式(8)所表示的热量分配模型能够溯源,物理概念明确。如果保证每户的流量不变,则可以消除对分配原理的干扰,保证分配结果的准确。按照式(8)进行热量分配的方法,称为基准室温的流量温度法(TFTM)。由于各户供水温度相同,每户分配的热量与回水温度和面积有关,因此该方法也可称为回水温度面积法。

5 结论

5.1 将建筑物作为一个整体进行热量分配时,分配仪表的数据采集系统与建筑物或供暖系统构成了一个热量分配系统。热量分配系统应具有强抗

式(6)表明,理想条件下,某用户消耗的当量热量仅与每户的面积有关。

4 实际情况下的分摊模型

从整栋建筑的角度来看,建筑物为维持某一室内温度所消耗的热量等于供暖系统供给建筑物的热量。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,在初始时,建筑物内各个房间的温度不可能都相等。此时实际的室温为 $t_{n0} = \bar{t}_{n0} \pm \Delta t$, 其中 t_{n0} 为建筑物内各个房间的实际室温, $\bar{t}_{n0}$ 为初始时各户的室内温度的平均值, Δt 大小反映建筑物室温的平衡程度。将实际情况下热用户的供回水温差用上标'表示,则系统稳定后,式(4)变为

干扰能力。在提出分配原理时,应消除供暖系统或建筑物对分配原理的干扰。

5.2 带跨越管的单管顺流式系统,无论是在户内调节还是在户外关闭时,其流量均发生较大的变化。当分配模型与供暖系统相关时,不能将各个用户的流量分配比例当作常量处理。

5.3 基准室温的流量温度法(TFTM)的热量分配模型,反映了建筑物的供热与耗热特点,物理概念明确;模型中的参数能够溯源。如果能够保证供暖系统调节时流过每户的供暖系统的流量不变,则可以消除供暖系统对分配原理的干扰,经过初始条件修正,可以消除热量分配系统的基点误差,使得分配结果合理及准确。

参考文献:

- [1] 方修睦,王思平. 计量供暖收费的框架设计[J]. 煤气与热力, 2005, 25(4)
- [2] 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)
- [3] 孟金玲. 温度法供暖热计量分配系统的分析与研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2008

作者补正

《暖通空调》2010 年第 1 期第 51 页页脚应补充课题资助项:“‘十一五’国家科技支撑计划课题资助(编号: 2006BAJ01B03-01)”。

(关文吉 刘伟 冯圣红)