

新型冷计量收费装置开发 及计费策略分析^{*}

华东建筑设计研究院有限公司 董涛[☆]
同济大学 龙惟定
厦门大学 李晓洲

摘要 介绍了焓差法冷量计量装置的原理和特点,对冷量计费进行了成本分析,并指出实际应用中影响计费的因素,预测了这种新型冷量计量装置的市场及发展前景。

关键词 焓差法冷量计量收费装置 成本分析 新风空调箱 最终冷量费用

Development of a new cooling based metering and charging device and charging strategy analysis

By Do ng Tao[★], Lo ng Weid i ng a nd Li Xiaozhou

Abstract Presents the principle and characteristics of the device based on enthalpy difference method. Makes the cost analysis on the cooling based charging. Points out the influencing factors on the metering and charging. Forecasts the market and development future of the new device.

Keywords cooling based metering and charging device based on enthalpy difference method, cost analysis, fresh air handling unit, final cooling metering cost

★ East China Architectural Design & Research Institute Co., Ltd., Shanghai, China

① 1 新型冷计量收费装置开发

1.1 计量装置的原理和特点

冷量装置的工作原理是测量设备进出口空气参数,利用风侧焓差法公式计算设备的耗冷量。这种计量装置也称焓差法冷量计量装置,具体原理可参见文献[1]。实测发现,焓差法冷量计量装置在夏季标准工况时的计量误差可以降到15%以下,而在冬季标准工况的冷量误差还小于夏季,一般在9%~12%之间^①。

焓差法冷量计量装置除了具备对空调系统末端设备的耗冷量实时计量和显示、进行数据通讯等

基本功能之外,还具有如下特点:

- 1) 对空调系统末端用户按户计量,对水系统管网的连接形式没有特殊要求。
- 2) 可以与温控器结合,做到计量控制一体化。
- 3) 计量装置集中于一个盒子中,安装、维修简单方便,计量末端安装与温控器安装方法相同,线路可布置于吊顶内。
- 4) 价格便宜,与水侧计量装置相比,节省了初投资。

① ☆ 董涛,男,1976年6月生,工学硕士,助理工程师
200002 上海市汉口路151号华东建筑设计研究院有限公司
(021) 63217420-8854
E-mail: tao_dong@ecadi.com
收稿日期:2005-07-12

* 上海市科学技术委员会2004年中小企业创新基金资助项目
(编号:0416h1124)

5) 可靠性高, 计量装置内没有转动部件, 不易损坏, 使用寿命长, 后期维护成本低。

1.2 焓差法冷量计量装置简介

焓差法冷量计量装置包括子机、中间管理机和上位机。子机的功能是对末端信号进行采集、运算, 并且将运算结果传送到中间管理机; 中间管理机负责管理一定数量的子机, 然后将子机计量结果送到终端上位机; 上位机对所有中间管理机进行操作, 包括对各个子机的冷量累积结果的储存、报表打印、费用查询等。

1.2.1 子机

子机以 P89LPC935 为核心, 由在外部扩展的显示按键电路、电功率采集电路、开关量输出电路、485 通信口、AD 采集扩展电路及电源构成。

P89LPC935 是一款单片封装的微控制器, 不仅集成了许多系统级的功能, 而且其指令执行时间只有标准 80C51 器件的 1/6, 可大大提高运算速度, 因此有较高的性价比。需要采集的四种模拟量中, 温度采集范围为 $0 \sim 60^{\circ}\text{C}$, 采集分辨率为 0.1°C ; 相对湿度采集范围为 $30\% \sim 90\%$, 采集分辨率为 0.1% 。笔者利用 P89LPC 上的 8 位 AD 采集通道, 在外部采用电阻网络来扩大采集范围, 以达到 10 位的采集效果, 从而满足系统对 AD 采集的要求。同时子机需要对冷量的累积值及一天的运行状态进行存储, 在对风机盘管进行控制时也对室内温度的控制值进行存储, 综合上述要求, 数据的存储量为 $128 \sim 256$ 字节。电源采用集中供电方式, 电压为 12 V, 功率不大于 5 W。通信接口采用 RS485 接口。开关量输出 4 路, 由 374 锁存经三极管放大驱动可控硅输出(风机盘管高中低挡状态和电磁阀状态 4 个变量)。

冷量计算所需的参数为进出口空气的干球温度、进口空气的相对湿度、风机盘管的耗电功率。在子机中由热敏电阻温度传感器和电阻型相对湿度传感器测量温湿度, 电功率则采用电能测量芯片 ATT7021, 通过对耗电量的计量从而计算出风机的实际功率。

子机的软件设计中包括 9 大功能模块: 定时器管理模块、参数存储管理模块、开关量输出模块、模拟量采集模块、键盘管理模块、显示模块、显示管理模块、通信口控制模块、冷量计算模块, 各功能模块中均有相应的接口函数执行完成模块功能。

1.2.2 中间管理机

每台管理机最多管理 32 台子机的数据传输和反馈。管理机的功能是控制其管辖子机计量程序的开启, 传输各子机数据, 以及对这些子机的计量进行分类汇总。

中间管理机具有双 CPU 结构, CPU1 和子机进行联系, CPU2 和上位机进行联系, 同时两个 CPU 之间也可以进行数据传输和指令发送。

1.2.3 上位机

上位机管理整个计量系统中所有的中间管理机。此外, 上位机还可以对各子机进行冷量累积的修正和调整, 以实现对各中间管理机和子机的完全控制。用户还可以在上位机处进行数据统计和报表输出。

除了上面介绍的三大部件外, 焓差法冷量计量装置为了完成数据通信的功能, 在这三个部件之间还存在系统的通信协议, 其中包括上位机和中间管理机之间的 MODBUS 协议、中间管理机内双 CPU 之间的通信协议、中间管理机和子机之间的通信协议。

2 冷量计费成本分析

2.1 冷量价格组成^[3]

2.1.1 初始固定成本

初始固定成本包括整个空调系统的设备初始投资、税金、安装调试费、设备占地费, 以及其他诸如电力增容等附加费用。在相关范围内(即产生一定冷量范围内), 初始固定成本不会随冷量变动而变动, 应当由使用空调系统的所有用户共同承担。

如果使用空调系统的大楼为出售用房, 则这部分成本应该计入购房价中; 如果大楼为出租用房, 则初始固定成本应该计入空调使用费中。例如, 对于住宅建筑而言, 由于购买者对所购房屋具有所有权, 而空调设备为房屋的附属服务设施, 因此房价里应该包括初始固定成本, 从而在购房后只需支付空调系统的运行成本即可。而对于大多数的写字楼而言, 出租的情况居多, 同时承租者经常变动, 初始固定成本应按使用年限分摊到承租期里收取较为适宜。

初始固定成本的计算按照设备折旧的方法分摊到设备的使用年限内。使用直线折旧法, 设 x 为每年折旧金额, 那么可以得到下式:

$$P = \frac{x}{1+b} + \frac{x}{(1+b)^2} + \dots + \frac{x}{(1+b)^{n-2}} + \frac{x}{(1+b)^{n-1}} + \frac{x}{(1+b)^n} \quad (1)$$

式中 P 为空调系统的初始固定投资, 元; x 为每年折旧金额, 元; b 为投资回报率; n 为空调设备的使用年限, a。

从式(1)中解出 x , 即

$$x = \frac{Pb(1+b)^n}{(1+b)^n - 1} \quad (2)$$

如果空调系统每年的运行时间是 T ; 那么可以得到空调使用的单位时间初始固定成本 G , 为

$$G = \frac{x}{T} = \frac{Pb(1+b)^n}{T((1+b)^n - 1)} \quad (3)$$

式中 G 为单位时间初始固定成本, 元/h。

对于出租大楼, 由于承租者租用的面积各不相同, 因此按照承租面积来分摊整个空调系统的固定成本比较合理, 即

$$G_d = \frac{G}{F} = \frac{Pb(1+b)^n}{TF((1+b)^n - 1)} \quad (4)$$

式中 G_d 为单位时间单位面积应该分摊的固定成本, 元/($m^2 \cdot h$); F 为大楼总的出租面积, m^2 。

2.1.2 运行成本

指在运行状态下, 空调系统所消耗的能源费用(包括水费、电费、燃料费等)、系统维护管理费用, 以及污水处理、环保等费用。显然, 运行成本与生产冷量的多少有关系, 生产的冷量越多, 则运行成本就越高; 生产的冷量越少, 运行成本就越低。即总运行成本随冷量变动而变动。

运行成本可以分为两部分: 一是在空调系统运行中不随制冷量变化而变化的部分, 例如空调系统的维护管理费用和污水处理、环保等费用, 这部分称为固定运行成本; 二是随着制冷量变化而变化的部分, 例如制冷机组、水泵、冷却塔等设备的能耗费用, 这部分则称为变动运行成本。

单位时间里产生单位冷量的运行成本可以用下式计算:

$$y = \frac{Y_1 + Y_2}{Q} = \frac{Y_1}{Q} + \frac{eE}{Q} \quad (5)$$

式(5)中 y 为单位时间里产生的单位冷量的运行成本, 元/(kWh); Y_1 为固定运行成本, 元/h; Y_2 为变动运行成本, 元/h; Q 为单位时间总冷量, kWh ; e

为制冷机组等设备耗费单位电能所需的费用, 元/(kWh); E 为运行设备总耗电量, kWh 。

2.2 新风空调箱冷量计费方法

对于风机盘管集中空调系统而言, 末端耗电设备除了安装在用户出租房间内的风机盘管外, 还有新风空调箱。前者耗冷量已由子机计费, 而新风空调箱因为可能被多个用户使用, 因此还应该将新风空调箱的耗冷量分摊到使用该空调箱的所有用户。

图1中, 某层空调系统共有 l 个用户, m 台新

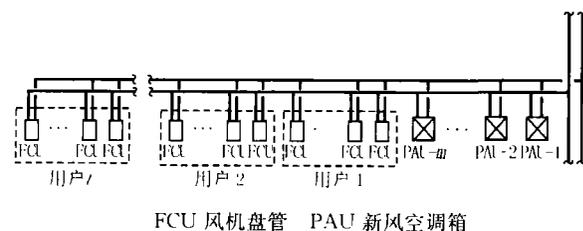


图1 某层风机盘管集中空调系统示意图

风空调箱, 新风空调箱耗冷量采用面积分摊, 理由是在设计中新风量是按照人数计算的, 人数则是根据房间的功能取相应的人员密度值计算得到的, 按照设计原则, 同一个新风系统所对应的房间功能和新风量指标基本相同, 因此新风量和房间面积的比值也基本相同。所以, 根据房间面积的比例分摊新风空调箱冷量是合理的。假设某层新风空调箱 $PAU-k$ 的冷量为 Q_k , $PAU-k$ 系统对应的用户为用户1, 用户2, ..., 用户 j , 这些用户的租用面积分别为 F_1, F_2, \dots, F_j , 那么, 对于用户 i 来讲, 分摊的新风空调箱的耗冷量 $Q_{i,x}$ 为

$$Q_{i,x} = \frac{F_i}{F_1 + F_2 + \dots + F_j} Q_k \quad (6)$$

式中 F_i 为用户 i 的租用面积。

2.3 最终冷量费用组成

风机盘管和新风空调箱的耗冷量可以采用前面介绍的方法进行计量收费, 但是要注意的是, 所有末端空调设备在用冷的同时还在耗电, 因此, 由空调设备引起的电费也应该计入空调的冷量费用之中。制冷机及与其有关的设备所耗的电费(以及其他能源费用)已经计入到空调系统的运行成本之中, 但是末端设备耗电和用户的使用情况有关系, 冷量价格的运行成本中没有包括末端设备的用电费用。对于用户房间内的风机盘管, 耗电量一般计入用户电表, 与照明等用电

一起计量,由用户按照实际耗电量交纳电费。而对于新风空调箱,由于其安装在专门的设备机房里,它的耗电量就无法通过用户房间的电表来计量。因此,用户除了分摊新风空调箱的冷量,还应分摊新风空调箱的耗电量。

新风空调箱的耗电量可采用和冷量分摊相同的方法,按照下式计算。

$$E_{i,x} = \frac{F_i}{F_1 + F_2 + \dots + F_j} E_k \quad (7)$$

其中 $E_{i,x}$ 为某层用户 i 分摊到的新风空调箱的用电量; E_k 为用户 i 对应新风系统的空调箱用电量。

综上所述,用户的最终冷量费用应该由以下几部分组成:

- 1) 初始固定成本 g_i ;
- 2) 用户房间内所有风机盘管的用冷费用 R_i ;
- 3) 用户分摊得到的新风耗冷量费用 P_i ;
- 4) 用户分摊得到的新风耗电量费用 $P_{i,e}$ 。

例如设用户 i 某月风机盘管用冷量为 $Q_{i,t}$, 对应新风空调箱当月用冷量为 $Q_{i,x}$, 对应新风空调箱当月用电量为 $E_{i,x}$, 该月制冷时间为 t_i , 其租用面积为 F_i , 于是得到:

初始固定成本为

$$g_i = G_{at} F_i = \frac{Pb(1+b)^n}{(1+b)^n - 1} t_i F_i \quad (8)$$

风机盘管的用冷费用为

$$R_i = \left(\frac{Y_1}{Q} + \frac{eE}{Q} \right) Q_{i,t} t_i \quad (9)$$

新风机冷量分摊费用为

$$P_i = \frac{F_i}{F_1 + F_2 + \dots + F_j} Q_{i,x} \left(\frac{Y_1}{Q} + \frac{eE}{Q} \right) t_i \quad (10)$$

新风机电量分摊费用为

$$P_{i,e} = \frac{F_i}{F_1 + F_2 + \dots + F_j} E_{i,x} e \quad (11)$$

用户最终应付冷费 M 为以上四项的和:

$$M = g_i + R_i + P_i + P_{i,e} \quad (12)$$

用户用冷量可以统计为用户风机盘管和新风机耗冷量之和,用下式计算。

$$Q_i = Q_{i,t} + \frac{F_i}{F_1 + F_2 + \dots + F_j} Q_{i,x} \quad (13)$$

3 影响冷量费用因素分析

实际应用中冷量费用受租用面积、系统冷量损失、房间位置等很多因素影响,还存在过渡季节空

调如何计费的问题。

3.1 租用面积

初始固定成本、新风冷量、电量分摊都与用户的租用面积有很大关系,用户租用面积的大小是影响其用冷费用的一个重要因素。在实际应用中,对出租者而言,还应当考虑出租大楼存在空置率的问题。空置率的问题应该由出租者从营销的角度来解决。如果空置率过大,也不排除出租者和承租者都不原意承担过高的初始固定成本而被迫停机的情况。这种情况在现实经济活动中并不少见。

3.2 对系统中不可避免的冷量损失的考虑

与供热管网中存在热量损失的情况相同^[3], 空调系统中由于管道或设备保温、系统放水等原因存在着不可避免的冷量损失。距制冷机房越远的用户,冷量损失越大,但如果这部分冷量损失仅由远端的用户承担显然不公平。因此系统中所有不可避免的冷量损失应该由使用空调系统的用户共同承担,承担量应按照其使用冷量的比例来进行分配。

3.3 房间位置冷费补偿

文献[4]介绍了热计量中不同房间位置对承租房间热费所产生的影响。对于使用集中空调的建筑而言,承租房间处于大楼的不同位置,例如不同朝向,或者不同的内、外区,也会影响承租房间的冷负荷。负荷小的那些房间用冷自然就少,于是,房间位置就成了承租者考虑租哪个房间划算的一个因素。如此一来就会影响到大楼的出租率,对大楼的出租者来讲是个不利的因素,因为空调负荷小的房间数量毕竟有限。解决这个问题有两个方法:方法一是从租金上来考虑,对于冷负荷小的房间可以适当提高租金来抵消其空调运行费用少的影响;方法二是考虑房间位置冷费修正系数,对于空调负荷大的房间进行适当的冷费补偿。

3.4 过渡季节空调系统的计费

目前在设计或实际应用中,过渡季节空调系统中制冷机房设备不运行,但末端新风空调箱采用全新风工况运行,所以,过渡季节仍然存在着空调使用计费的问题。过渡季节没有用冷费,主要是新风机组的电费分摊和固定运行成本中的系统维护管理费用。此时,系统维护管理费用也可以按照用户的租用面积收取,设 F_i 为某层用户 i 租用面积,那

么过渡季节用户的空调费用 M_g 可以采用下式计算。

$$M_g = \frac{F_i}{F_1 + F_2 + \dots + F_j} E_{i,s} e + \frac{F_i}{\sum F_i} Y_1' t_g \quad (14)$$

式中 Y_1' 为过渡季节系统维护管理费用, 元/h; t_g 为过渡季节新风空调箱的运行时间, h。

4 市场现状

焓差法冷量计量装置针对的是风机盘管集中空调系统。随着城市经济的加速发展, 高层写字楼越来越多。对于这类建筑, 风机盘管集中空调系统是最常见的空调系统形式, 如在 1995 年和 1997 年对上海市超过 20 层的 200 幢高层写字楼的调查报告显示, 风机盘管集中空调系统形式的使用比例是 82.5%^[5]。

但是目前集中空调系统采用冷计量措施的大楼少之又少。笔者曾在 2003 年 10 月对上海金茂大厦、久事复兴大厦、新虹桥大厦、金钟大厦、港陆黄浦中心、仙霞网球中心等 10 余幢大楼进行了冷计量现状的走访调查, 结果发现除金茂大厦和仙霞网球中心有部分计量措施之外, 其他大楼根本就没有考虑计量的问题。金茂大厦仅对办公和宾馆两个功能部分的耗冷总量进行了计量, 而仙霞网球中心则是分层对建筑物进行了冷量计量, 二者采用的都是水侧流量计的冷量计量方法。在调查中, 针对“是否愿意接受和采用冷计量的措施”问题, 几乎所有被调查大楼的业主或物管方都表示愿意接受, 并且普遍认为水侧流量计的冷量计量装置安装困难, 投资太高。

目前, 在我国市场上针对风机盘管集中空调系统的计量装置主要采用风侧计时法和风侧经验公式法原理。这两种方法都有各自的弊端, 笔者在文献[6]中已作过分析, 这里不再赘述。焓差法冷量计量装置有着其他风侧计量产品不可比拟的优点, 该计量装置由同济大学和杭州市某企业合作开发研究, 预计不久之后即将推入市场。

5 结论

焓差法冷量计量装置具有计量准确度高、安装维修方便以及投资低等多种优点, 本文介绍了计量装置的开发研究, 通过成本动因对计量成本进行分配, 使冷量计费尽可能地合理。而合理的计费, 无论对楼宇的出租者而或是承租者而言, 都是相当重要的。更为关键的是, 这有利于“使用者按实付费”原则的贯彻实施, 有利于能源的有效利用, 而这对于社会的可持续发展极其重要。

参考文献

- [1] 董涛, 龙惟定, 周辉, 等. 风机盘管集中空调系统的焓差法冷量计量方法[J]. 建筑热能通风空调, 2005, 24(1): 51-55
- [2] 姚晔, 胡益雄. 空调建筑原始冷量价格分析[J]. 建筑热能通风空调, 2001, 20(4): 22-24
- [3] 喻李葵, 张国强, 王真. 一种集中供热分户计费方法的研究[J]. 暖通空调, 2003, 33(2): 126-128
- [4] 方修睦, 杨丹, 于涛, 等. 某住宅小区热计量收费结果分析[J]. 暖通空调, 2004, 34(1): 62-64
- [5] 范存养, 龙惟定. 上海高层建筑建设与空调系统的设计[J]. 暖通空调, 1998, 28(2): 10-16
- [6] 董涛, 龙惟定, 谢瑞东. 集中空调系统的冷量计量[J]. 制冷空调与电力机械, 2005, 26(1): 55-57

· 书讯 ·

《全国勘察设计注册公用设备工程师 暖通空调专业考试复习教材》 (第 2 版)

该教材是在第 1 版的基础上修订而成的, 以《全国勘察设计注册公用设备工程师暖通空调考试大纲》为依据, 以注册工程师应掌握的专业基本知识为重点, 紧密联系工程实践, 运用设计规范、标准, 融理论性、技术性、实用性为一体, 力求准确体现考试大纲中“了解、熟悉、掌握”三个层次的要求, 不仅对参加执业资格考试人员复习后掌握专业知识和正确运用设计规范、标准处理工

程实际问题的综合分析、应用能力有所助益, 而且可以成为本专业技术人员从事工程咨询设计、工程建设项目管理、专业技术管理的辅导读本和高校师生教学、学习参考用书。书末还附有考试大纲、相关规范和考试样题。该教材由中国建筑工业出版社出版发行, 定价 108 元。

(姚荣华)