

## 专业论坛

长沙市公共建筑空调系统  
能耗现状与节能潜力分析湖南大学 杨昌智<sup>☆</sup> 吴晓艳 李文菁

湖南省制冷学会 戴小珍

**摘要** 对长沙市 14 幢不同功能公共建筑的能耗、空调能耗、空调冷热源方式、热环境参数及人员热舒适感进行了调查实测,得到单位建筑面积能耗平均为  $1.71 \text{ GJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ ,单位空调面积空调能耗平均为  $0.93 \text{ GJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ 。根据调查中发现的问题,提出了提高公共建筑空调系统能源利用率的途径。

**关键词** 长沙 公共建筑 空调系统 能耗 热环境

Energy consumption status and energy saving potentials  
of air conditioning systems in public buildings of Changsha*By Yang Changzhi<sup>☆</sup>, Wu Xiaoyan, Li Wenjing and Dai Xiaozhen*

**Abstract** Investigates and measures energy consumption, cold and heat source mode of air conditioning systems, thermal environment parameters and thermal comfort sensation of occupants in fourteen different public buildings located in Changsha, Hunan Province. Finds that the mean energy consumption per unit building area is  $1.71 \text{ GJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$  and the mean air conditioning energy consumption per unit air conditioned area is  $0.93 \text{ GJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ . According to the problems found in the investigation, puts forward some approaches for improving energy utilization.

**Keywords** Changsha, public building, air conditioning system, energy consumption, thermal environment

★ Hunan University, Changsha, China

## 0 引言

随着社会的发展,大型公共建筑越来越多,人们对其室内环境的要求也越来越高,导致空调系统的能耗不断增大。在对大型公共建筑空调系统的能耗调查与研究中,很多学者已对现有的各类公共建筑进行了大量的统计、分析和评价,为提高空调系统的效率、降低空调系统的运行费用、研究空调节能技术提供了有参考价值的数据<sup>[1-3]</sup>。但由于受气候条件、建筑物特性的影响,不同地域、不同结构和功能的建筑物,其空调系统的能耗也不尽相同。另外,《公共建筑节能设计标准》(GB 50189—2005)<sup>[4]</sup>已发布并实施,该标准对公共建筑的新建、改建和扩建的节能设计提出了一定的要求,从不

同方面提出了控制指标和节能措施。因此,对国内其他地区,有必要对当地空调建筑的能耗进行测量和统计,以便为当地的公共建筑节能标准的制定、节能设计与运行管理提供一定的参考。

## 1 调查内容与范围

对长沙市具有代表性的 14 幢公共建筑的能耗进行了调查,调查内容主要包括一年内各月份的建筑能耗和空调能耗、空调冷热源方式、室内温湿度、

☆ 杨昌智,男,1963 年 11 月生,工学博士,教授,博士生导师  
410082 湖南大学土木工程学院  
(0731) 6197362

E-mail: czyang@hnu.cn

收稿日期:2005-07-04

修回日期:2005-11-04

二氧化碳浓度及人的热舒适感等。此次调查采用现场测试与问卷相结合的方式进行的。

## 2 调查结果

### 2.1 能耗调查

所调查的 14 幢建筑均建于 20 世纪 90 年代以后,其功能、冷热源方式及能耗的部分调查结果见表 1。

#### 2.1.1 能耗分析

表 1 长沙 14 幢公共建筑能耗调查结果

| 建筑代号 | 建筑功能    | 冷热源方式                      | 建筑面积/<br>m <sup>2</sup> | 空调面积/<br>m <sup>2</sup> | 单位建筑面积<br>能耗/<br>(GJ/(m <sup>2</sup> ·a)) | 单位空调面积<br>空调能耗/<br>(GJ/(m <sup>2</sup> ·a)) | 年度空调<br>能耗所占<br>百分比/% |
|------|---------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------------------------|---------------------------------------------|-----------------------|
| A    | 宾馆      | 离心式冷水机组+燃煤锅炉               | 32 000                  | 32 000                  | 2.15                                      | 1.04                                        | 48.1                  |
| B    | 写字楼+酒店  | 离心式冷水机组+燃油锅炉               | 41 600                  | 41 600                  | 1.29                                      | 0.61                                        | 47.1                  |
| C    | 写字楼+商场  | 离心式冷水机组+空气源热泵<br>+LiBr 直燃机 | 115 000                 | 64 000                  | 2.04                                      | 1.20                                        | 32.7                  |
| D    | 地下商场    | 离心式冷水机组(冬季不供暖)             | 17 000                  | 17 000                  | 2.76                                      | 1.65                                        | 59.7                  |
| E    | 宾馆      | 离心式冷水机组+燃油锅炉               | 32 000                  | 32 000                  | 1.17                                      | 0.50                                        | 42.7                  |
| F    | 宾馆      | 离心式冷水机组+燃油锅炉               | 150 000                 | 30 000                  | 0.45                                      | 0.95                                        | 39.1                  |
| G    | 餐厅      | 水源热泵                       | 6 200                   | 6 200                   | 0.88                                      | 0.43                                        | 48.9                  |
| H    | 办公楼     | 水环路热泵+电辅助加热器               | 1 300                   | 1 300                   | 1.73                                      | 0.79                                        | 45.8                  |
| I    | 宾馆      | 离心式冷水机组+燃油锅炉               | 32 000                  | 32 000                  | 2.29                                      | 1.16                                        | 50.8                  |
| J    | 宾馆      | 空气源热泵+电辅助加热器               | 6 000                   | 6 000                   | 0.96                                      | 0.37                                        | 38.5                  |
| K    | 办公楼     | 离心式冷水机组+燃油锅炉               | 11 000                  | 11 000                  | 2.00                                      | 1.29                                        | 64.3                  |
| L    | 超市      | 离心式冷水机组(冬季不供暖)             | 21 000                  | 17 000                  | 2.75                                      | 1.37                                        | 40.2                  |
| M    | 办公楼+住宅楼 | 水环热泵+燃气锅炉                  | 61 000                  | 52 000                  | 2.15                                      | 1.04                                        | 48.1                  |
| N    | 办公楼     | 空气源热泵                      | 3 400                   | 2 700                   | 1.29                                      | 0.61                                        | 47.1                  |

在处理数据的过程中,可以把照明、电梯及其他电器设备的能耗看作稳定能耗。尽管冬夏季人们使用照明的时间有一些差别,但在现代公共建筑中从全年能耗角度来看,这种差别并不明显。供暖和空调的能耗是变动的、不稳定的能耗,它不但随气候区变化,而且随建筑类型、形状、结构和使用情况变化。将过渡季节最低的用电量作为基本负荷,将基本负荷以上的用电量作为空调用电量。

由表 1 可知,公共建筑单位面积建筑能耗为 0.45~2.76 GJ/(m<sup>2</sup>·a),最大值是最小值的 6.13 倍,平均为 1.71 GJ/(m<sup>2</sup>·a),高于武汉(1.313 GJ/(m<sup>2</sup>·a)<sup>[2]</sup>);单位空调面积空调能耗为 0.37~1.65 GJ/(m<sup>2</sup>·a),最大值是最小值的 4.46 倍,平均值为 0.93 GJ/(m<sup>2</sup>·a),低于日本 20 世纪 70 年代空调能耗的平均值(1.53 GJ/(m<sup>2</sup>·a)),但高于武汉(0.495 GJ/(m<sup>2</sup>·a)<sup>[3]</sup>)。

A, E, F, I, J 5 家星级酒店的单位建筑面积平均能耗量为 1.404 GJ/(m<sup>2</sup>·a),低于日本的旅馆建筑节能标准(2.152 GJ/(m<sup>2</sup>·a))<sup>[1]</sup>。

H, K, M, N 4 幢办公楼的单位建筑面积平均能耗量为 1.79 GJ/(m<sup>2</sup>·a),超过了日本的办公楼建筑节能标准(1.256 GJ/(m<sup>2</sup>·a))和日本建筑能

源综合管理技术协会 1993 年的调查结果平均值(1.62 GJ/(m<sup>2</sup>·a)),但低于上海的办公楼平均能耗量(1.8 GJ/(m<sup>2</sup>·a))<sup>[1]</sup>。

图 1 给出了 C, F, B, K, G 5 幢不同功能建筑的年度能耗变化趋势,可以看出,能耗高峰夏季集

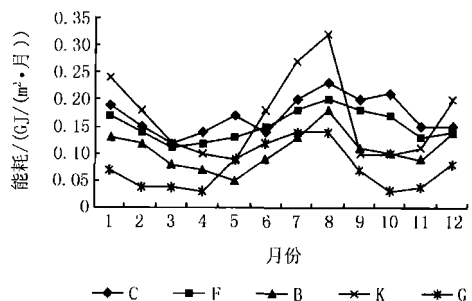


图 1 不同功能建筑物的能耗变化趋势

中在 8 月份,而冬季集中在 1 月份;供冷、供暖季节的能耗高于过渡季节,夏季能耗高于冬季。可见,空调制冷系统能耗在建筑能耗中占有相当大的比例,这一结果从表 1 中也可以看出。空调能耗占建筑能耗的 32.7%~64.3%,平均为 46.7%。因此,公共建筑的节能主要还是应该集中在空调系统的节能上。

#### 2.1.2 空调系统冷热源

由表 1 可知,长沙市公共建筑使用的能源主要为电、油、煤、燃气等。空调冷热源分别以电动式制冷机和燃油锅炉为最多,其次为空气源热泵、水源热泵,而直燃式机组、燃煤锅炉和电锅炉使用相对较少,另外,复合能源使用的也很少。调查的建筑中只有建筑 C 采用了多种冷热源结合的方式,在电力紧张时仅用直燃机,由于受到室外气象条件的影响,空气源热泵一般只在过渡季节或者部分负荷时使用。

2.2 公共建筑的热环境调查

2.2.1 热环境参数

在公共建筑中,室内热环境直接影响用户的舒适、健康和工作效率。表 2 给出了测试期间室内平均温湿度参数以及室内 CO<sub>2</sub> 平均体积分数。可以看出,夏季室内温度基本上能达到设计参数(见表 3<sup>[4]</sup>)要求,多数建筑供暖季节温度高于设计计算值。此外,建筑物室内空调温度分布很不均匀,由表 4 可以看出,不同楼层温度分布不均匀,即使同一楼层分布也不均匀。

表 2 公共建筑室内温湿度及 CO<sub>2</sub> 体积分数

| 建筑代号 | 测试季节 | 温度/℃           | 相对湿度/%         | CO <sub>2</sub> 体积分数/10 <sup>-6</sup> |
|------|------|----------------|----------------|---------------------------------------|
| A    | 夏    | 26.2/22.6      | 75.3/67.4      | 850/650                               |
|      | 冬    | 25.8/17.2      | 41.2/54.8      | 750/570                               |
| B    | 夏    | 21.6/25.2/23.2 | 75.9/67.9/79.6 | 1 100/1 580/1 230                     |
|      | 冬    | 26.2/24.2      | 37.3/38.9      | 750/800                               |
| C    | 夏    | 25.1/25.2      | 63.4/60.6      | 783/840                               |
|      | 冬    | 22.4/24.1      | 47.9/44.8      | 970/1 030                             |
| D    | 夏    | 26.4           | 45.8           | 1 253                                 |
| E    | 夏    | 24.9/24.2      | 78.8/79.2      | 700/550                               |
| F    | 冬    | 25.1/23.4      | 42/46          | 850/960                               |
| H    | 冬    | 20.2           | 59             | 1 130                                 |
| I    | 冬    | 24.3/19.9/27.3 | 49.5/39/44.1   | 1 250/560/1 550                       |
| J    | 冬    | 23.2           | 42.7           | 700                                   |
| K    | 冬    | 22.6           | 44.9           | 775                                   |
| M    | 冬    | 24             | 33.5           | 640                                   |
| N    | 冬    | 21             | 36.9           | 560                                   |

注:1)表中室内参数均取同一时间段的平均值。  
2)建筑 A、E、F 的参数为客房/大堂;建筑 B 夏季的参数为客房/办公室/餐厅包房,冬季的参数为客房/办公室;建筑 C 的参数为商场/写字楼;建筑 I 的参数为客房/大堂/KTV 包厢。

表 3 空气调节系统室内计算参数

| 参 数    |       | 冬 季   | 夏 季      |
|--------|-------|-------|----------|
| 温度/℃   | 一般房间  | 20    | 25       |
|        | 大堂、过厅 | 18    | 室内外温差≤10 |
| 相对湿度/% |       | 30~60 | 40~65    |

表 4 建筑 C 商场内夏季温湿度及 CO<sub>2</sub> 体积分数分布

| 楼层 | 参 数                                   | 测 点  |      |       |       |
|----|---------------------------------------|------|------|-------|-------|
|    |                                       | 1    | 2    | 3     | 4     |
| 1  | 温度/℃                                  | 25.9 | 26.0 | 25.8  | 24.1  |
|    | 相对湿度/%                                | 64.4 | 63.2 | 63.1  | 74.8  |
|    | CO <sub>2</sub> 体积分数/10 <sup>-6</sup> | 600  | 700  | 700   | 750   |
| 2  | 温度/℃                                  | 26.2 | 24.8 | 26.3  | 26.0  |
|    | 相对湿度/%                                | 62.1 | 66.9 | 65.4  | 65.8  |
|    | CO <sub>2</sub> 体积分数/10 <sup>-6</sup> | 850  | 800  | 1 000 | 1 050 |
| 3  | 温度/℃                                  | 26.2 | 23.2 | 23.0  | 25.6  |
|    | 相对湿度/%                                | 59.0 | 67.2 | 69.4  | 62.9  |
|    | CO <sub>2</sub> 体积分数/10 <sup>-6</sup> | 800  | 750  | 650   | 650   |
| 4  | 温度/℃                                  | 25.1 | 24.8 | 24.1  | 24.8  |
|    | 相对湿度/%                                | 58.0 | 57.7 | 63.7  | 63.6  |
|    | CO <sub>2</sub> 体积分数/10 <sup>-6</sup> | 850  | 700  | 650   | 850   |
| 5  | 温度/℃                                  | 25.8 | 25.8 | 25.0  | 23.8  |
|    | 相对湿度/%                                | 63.1 | 60.5 | 56.0  | 61.4  |
|    | CO <sub>2</sub> 体积分数/10 <sup>-6</sup> | 900  | 750  | 650   | 1 000 |

目前,很多设计人员和业主在确定室内设计参数时往往采用过高的标准。能耗大小与温湿度取值的高低有密切关系,重庆、上海、广州等地的实践证明,夏季室内温度低 1℃或冬季高 1℃,暖通空调工程的投资约增加 6%,能耗约增加 8%,而且加大室内外温差也不符合卫生学要求。因此,除特殊要求的空调建筑外,舒适性空调夏季比较理想的室内温度应比室外环境温度低 5~8℃<sup>[5]</sup>。GB 50189—2005 中明确规定了建议的室内设计参数,供设计人员参考。

CO<sub>2</sub> 并非污染物,但其浓度可以作为评价室内空气品质的一个指标值。ASHRAE 62—2001 标准的第 6.2.1 条中阐述了“如果通风能够使室内外 CO<sub>2</sub> 浓度差不超过 7×10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>,人体生物散发方面的舒适性(气味)标准是可以满足的。”尽管我国室内空气质量标准中并没有采纳“室外 CO<sub>2</sub> 浓度+7×10<sup>-4</sup> m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>=室内允许浓度”的定义方法,但是根据日本空气调节卫生学会在 1980 年提出的《非住宅建筑物空调设备节能指南》,调查的建筑中只有 B、D、I 超过了指南中规定的允许浓度值 1 000×10<sup>-6</sup>。

2.2.2 空调能耗与不满意率的关系

通过对 A、B、C、E 4 幢公共建筑内的人员(包括工作人员)热舒适感的现场问卷调查,得出了单位面积空调能耗与预计不满意者的百分数 PPD 的关系,结果如图 2 所示。可以看出,人们对室内热环境的不满意率随着单位空调面积空调能耗的增加而下降。这说明,在做建筑节能工作时,很多

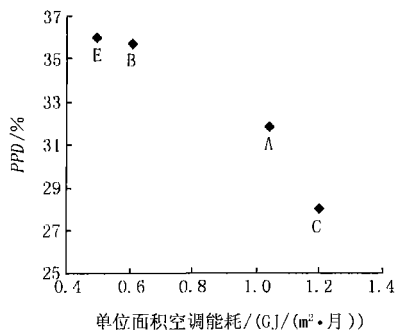


图2 单位面积空调能耗与 PPD 的关系

业主并没有真正以满足用户的需求、改善用户的生活质量为标准,而是以牺牲功能或服务质量为代价来降低能耗的。这也要求我们做建筑节能工作时,决不能以牺牲室内环境品质为代价,对一些不合理的用能行为(例如夏季过低和冬季过高的环境温度、过大的新风量、边使用空调边开窗等)应该杜绝。

### 3 调查中发现的问题

#### 3.1 设备选型方面

设备选型没有充分考虑空调系统的负荷特点和设备性能。调查中发现,即使在最热月,很多建筑仍有闲置的制冷机组,大多数建筑的空调系统都不能达到满负荷运行。例如建筑 B(配置两台大机组和一台小机组),即使夏天最热的时候,也总有一台大机组是闲置的。这说明,目前的设计人员大多将空调的冷、热负荷设计得过大,从而导致了装机容量偏大、管道直径偏大、水泵配置偏大、末端设备偏大的“四大”现象,也直接导致了初投资增加、能耗增大。

#### 3.2 风系统

一般采用全空气空调系统或风机盘管加新风系统。采用全空气系统可以在室外空气比焓低于室内空气比焓时充分利用室外新风供冷,从而节省冷水机组的制冷量。但是调查中发现,有些设计未充分考虑空调系统的全年节能运行,新风系统往往按最小新风量设计,新风接入口面积、新风管道尺寸及风机容量偏小,过渡季不能大量利用新风。在测试中发现,有的商场建筑即使在室外温度低至 12℃时,室内还需要空调冷源设备供冷,造成极大的能源浪费。另外,风机盘管加新风系统,人走后风机盘管停止工作,由于新风系统为定风量系统,照样向这些房间送新风,造成浪费。调查中还发现,有些建筑的空调房间未设置排风系统,使得新

风无法送入。

#### 3.3 水系统

采用的全是定水量系统,由于设计时水流量按最大冷负荷和 5℃的供回水温差确定,但在全年运行中最大负荷出现的时间很少,绝大部分时间在部分负荷下运行,因此普遍存在大流量小温差的问题。在对建筑 B、C 进行实测时发现,冷水供回水温度分别为 10.2℃/7.1℃、13.6℃/9.5℃,温差均小于设计的 5℃,实际流量大大超过所需流量。另外,近年来的许多研究结果表明,加大冷水供、回水温差使输送系统减少的能耗大于由此导致的设备传热效率下降所增加的能耗,因此对整个空调系统而言具有一定的节能效益,目前有的实际工程已采用了 8℃的温差,从其运行情况来看节能效果良好。因此,在以后的工程实践中,不仅要杜绝“大流量小温差”的现象,还要逐步引入“小流量大温差”的设计方法。当然,由于加大冷水供、回水温差,设备的运行参数要发生变化,因此要在进行技术经济分析比较后确定。

#### 3.4 运行管理

有自控系统的空调系统在实际运行中很多都没有使用其自控系统,大多都采用手动操作,而手动常常就变成了不动;很多公共建筑的空调系统的过滤器等设备长期不清洗或更换,使得系统效率下降,运行能耗增加;有些单位的空调系统,一年四季只有开机关机和冬夏季转换操作,显然系统达不到相应的节能效果。在调查中发现,同样一套系统,管理人员不同,系统的能耗大不相同,有的甚至相差 50%以上。某地下商场,原来空调主机年运行时间约 11 个月,经优化运行管理后,降为每年约 8 个月,大大缩短了主机的运行时间,节能显著。

#### 3.5 冷热源选择

空调冷热源选择比较单一。由于目前我国的电力和燃气存在负荷不均衡的现象,夏季电力频频告急,而燃气资源却得不到充分利用,冬季则正好相反,形成了与电力季节相反的峰谷差。如果能够均衡发展电力与燃气,实现削峰填谷,降低空调系统能耗,提高能源利用率,对缓解电力紧张状况,健康发展能源工业具有重要意义。而燃气空调正是一种以天然气、液化石油气为能源的集中空调设备,它可以缓解电力供应的压力。有关资料表明,以集中空调为例,现在长沙市使用燃气空调的约有

200 台, 使用电力空调的约 350 台, 如果全部采用电力空调的话, 长沙市电力缺口将达到 40 万 ~ 80 万 kW; 如果都采用燃气空调, 长沙市日均电力缺口将不复存在, 且有富余量。虽然燃气直燃机在国内一直被很多人视为“节电不节能”, 但是, 直燃机不使用 CFC 和 HCFC 制冷剂、燃用天然气对环境影响极小、温室气体排放极低, 从而被世界各国当作一项绿色技术。夏季利用低谷燃气、平整高峰电力负荷, 可以使电力和燃气得到“双赢”。另外, 目前相当部分电力供应来源于火电, 湖南的年产煤量约 4 500 多万 t, 而每年的用煤量约 5 500 万 t, 1 000 万 t 煤需要通过外运解决, 如果把燃气用在空调上可缓解这一状况。因此, 在现阶段有理由推广燃气空调的使用。

此外, 使用复合能源可以保证建筑空调系统安全稳定的运行, 提高能源利用率, 降低物业设施管理成本, 因此复合能源的选择使用是一发展趋势。

### 3.6 能源管理

被调查的公共建筑大都未引进能源管理公司。建筑 I 初运行时曾计划将建筑物的能耗管理交予能源管理公司, 但考虑到用专门的人员管理要用更多的资金, 因此将这一计划取消。而实质上, 能源管理公司可以为建筑物节能提供很多有利的途径。

## 4 提高能源利用率的途径

分析长沙市公共建筑的能耗调查结果, 要提高空调系统的能源利用率, 应做好以下几个方面的工作。

### 4.1 空调冷热源及设备选择

调查中发现, 公共建筑冷热源选择普遍存在制冷机容量过大的现象, 因此在负荷计算时应采用动态负荷计算。《公共建筑节能设计标准》中已明确规定并作为强制性条文提出, 施工图设计阶段, 必须进行热负荷和逐项逐时的冷负荷计算。根据实际负荷及特点选择合适的冷热源, 设备选型时不应只考虑设计工况, 应注意系统运行工况和部分负荷下的系统性能。因为空调系统实际上绝大部分时间处在部分负荷状态下运行, 系统冷热源及其主要设备在部分负荷下的性能对系统节能有着重要的影响<sup>[6]</sup>。此外, 对于电锅炉的选用, 《公共建筑节能设计标准》中已作了明确的规定并作为强制性条文提出, 只有该地区电力确实充足且电价优惠或者利用如太阳能、风能等装置发电的建筑, 才可以使用

电锅炉。

### 4.2 空调系统运行管理方面

施工调试过程必须由专业人士严格按照规范标准执行。系统运行过程中必须根据实际负荷对冷量、水量、风量进行必要的调整, 及时清洗和更新系统中的各设备。对空调系统设置自动控制系统和能源管理系统。据国外资料介绍, 在一个典型的房间对风机盘管装自控和不装自控的效果进行比较, 前者可节能 38%<sup>[7]</sup>。而能源管理系统有助于对建筑物的能耗进行诊断、评估和审计, 并承担建筑物的能源系统管理, 可以为建筑物节能提供很多有利的途径。

### 4.3 应用节能技术

有关资料表明, 如果采用节能技术, 现有空调系统节能 20% ~ 50% 完全可能。因此, 应大力推广以下节能技术: 新型节能墙体和屋面的保温隔热技术、节能门窗的保温隔热技术、集中供热和热电冷(热)联产联供技术、太阳能和地热等清洁能源和可再生能源的应用技术、照明节能技术、高效的空调方式和系统、余热回收与利用(如冷凝热利用)等。

### 4.4 政策支持

政府有关部门应该为能源管理及建筑节能提供政策支持, 给予一定的科研基金进行节能技术研究, 并应考虑落实试点节能工程。遵循“节约能源、保护环境、改善居住建筑功能、提高建筑整体质量、因地制宜、稳步推进”原则, 同时借鉴国内外先进技术和经验, 不断提高建筑节能的发展水平。制定与节能设计标准相应的监督机制, 保证标准的执行。例如, 在北京, 依据已有的国家标准《节能监测技术通则》和《公共场所空气温度测定方法》, 结合北京实际情况, 由北京节能环保服务中心负责起草的北京市地方标准《公共建筑空调、采暖室内温度节能监测》目前已按程序通过了专家评审, 报送市技监局。制定该标准的目的是为了使大型商场、宾馆、饭店等公共建筑冬季供暖和夏季制冷的时候有标准可依, 做到不仅节能, 还要创造舒适的生活环境。该举措值得其他地区借鉴。

## 5 结论

5.1 长沙市公共建筑的空调系统在用能方面还存在一些不合理的现象, 有待于进一步改善。

(下转第 109 页)

#### 4.4 年龄的影响

将调查对象分三个年龄段进行统计分析, 结果见图 5。从图 5 发现, 50~70 岁年龄段对热环境的

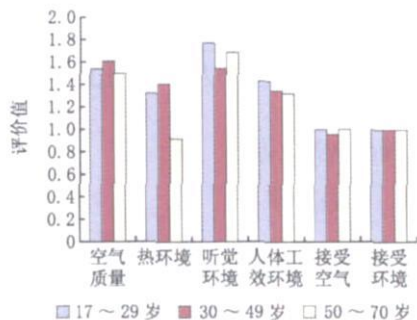


图 5 年龄对环境评价的影响

评价明显好些, 同样对空气质量的评价也稍好些; 30~49 岁年龄段对听觉环境有较高满意度。除此, 年龄的大小对空气质量、人体工效环境的评价未产生影响。

#### 5 结语

调查对象对空气质量的评价平均在“良”与“一般”之间, 平均投票值为 1.56, 随着客流量的增加评价变差。工作人员和顾客的评价有较大的差别, 前者反映要差些, 并且有半数以上的工作人员产生病态建筑综合症, 其中 80% 的人认为是由于该商场的空气质量引发的, 但顾客中只有 5.6% 的出现这类症状。性别的差别对空气质量的评价有所不同,

女性对空气质量的要求更高些。但接受教育的程度和年龄对评价结果均没呈现特殊的影响。

对于热环境的评价, 年龄在 50~70 岁和教育程度低者比其他两组的评价要好些, 更能接受该热环境。但总的说, 平均的评价是“良”或“一般”。

对于听觉环境的评价, 由于个体的差异, 工作人员与顾客、男与女, 未体现出影响的规律。在年龄上, 30~49 岁之间评价稍好些。

对于人体工效环境, 工作人员无论男女均比顾客的评价要差, 尤其在晚上客流多时, 表现得更明显; 女性比男性的评价低。

但总体说来, 在四项的评价中绝大多数人选择的答案是“良”或“一般”, 人们虽然对环境并不完全满意, 但调查中所有人对该环境还是选择“接受”。

#### 6 鸣谢

在商场环境质量的调查过程中, 得到了湛江市环保局、湛江市环境保护监测站的大力支持, 在此一并表示感谢。

#### 参考文献

- [1] 江燕涛, 王海, 叶彪. 大型商场室内空气品质分析及措施探讨[J]. 建筑热能通风空调, 2003, 22(4): 17-20
- [2] 沈晋明. 室内污染物与空气品质评价[J]. 暖通空调, 1995, 25(4)
- [3] 沈晋明. 上海市 7 幢办公楼室内环境品质评价[J]. 暖通空调, 2003, 33(4): 15-18

(上接第 43 页)

5.2 公共建筑的能耗大, 其中空调系统能耗占有相当大的比例。因此, 公共建筑节能的着眼点应在于空调系统的节能上。现有的空调系统或多或少都存在一些问题, 客观上造成了系统能耗的增加。空调系统节能需要从建筑设计、空调系统设计、施工调试、运行管理及政府监管等各个方面着手进行。

5.3 要提高空调系统的能源利用率, 降低建筑能耗, 政府应建立相应的监管机制和奖惩制度, 以保证相关节能设计标准的落实, 同时要大力宣传公共建筑节能的重要性。加大空调新技术、建筑节能技术、新能源和天然可再生能源利用技术的开发研究和现有技术的推广应用工作。

#### 参考文献

- [1] 龙惟定, 潘毅群, 范存养, 等. 上海公共建筑能耗现状

及节能潜力分析[J]. 暖通空调, 1998, 28(6): 13-17

- [2] 李玉云, 张春枝, 曾省稚. 武汉市公共建筑集中空调系统能耗分析[J]. 暖通空调, 2002, 32(4): 85-87
- [3] 杨洁, 涂光备, 孙洲洋, 等. 天津神户公共建筑能耗调查及空调制冷系统节能分析[J]. 暖通空调, 2002, 32(1): 40-66
- [4] 中国建筑科学研究院, 中国建筑业协会建筑节能专业委员会. GB 50189-2005 公共建筑节能设计标准[S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005
- [5] 何雪冰, 刘宪英. 中央空调节能有关问题的研讨[J]. 重庆建筑大学学报, 1999, 21(4): 39-44
- [6] 杨昌智, 刘光大, 李念平. 暖通空调工程设计方法与系统分析[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2005
- [7] 邹同华, 杜建通, 申江, 等. 中央空调系统节能的机会与措施. 流体机械, 2000, 28(2): 47-50