

# 商业建筑冬季室内热舒适度研究分析

赵西平, 王成林

(西安建筑科技大学建筑学院, 陕西 西安 710055)

**摘要:**城市商业建筑数量的不断增加, 建筑能耗迅速增长的问题, 国内大部分学者的研究方向主要集中在商业建筑节能分析方面, 对商业建筑内消费者和工作人员的热舒适度问题却关注得不够. 调研以西安某大型商场为研究对象, 从使用者主观感受和客观理论角度进行分析, 对冬季商业建筑内热舒适性进行了主观评价及热环境测试. 测试及问卷结果表明, 西安冬季商场室内热舒适度较差, 80%的消费者和商场工作人员认为商场室内温度过高, 影响消费者的购物欲望和工作人员的健康状况, 需要商场采取一定的措施进行改善.

**关键词:**商业建筑; 室内热环境; 热舒适性

**中图分类号:** TU83

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1006-7930(2013)02-0264-05

随着社会经济的发展, 大型商场已成为人们工作之余休闲、娱乐、购物必不可少的去处. 商业建筑由于舒适性要求高、连续使用时间长, 是各类建筑中单位面积能耗最高的一类建筑. 我国商业建筑数量不断增加, 消耗能耗数量巨大, 因此国内大部分建筑技术工作者把研究方向主要集中在商业建筑能耗统计与节能分析方面, 对商业建筑室内热环境以及其使用人群的热舒适度问题却关注得不够.

在建筑气候分区上, 西安市属于寒冷地区, 冬季大部分商业建筑都使用了采暖措施. 西安冬季的采暖温度是根据 1989 年西安室外平均温度计算制定出的. 然而考虑到全球气候变暖的大环境以及商场室内照明产生的大量热量, 西安现行的室内采暖温度仍参照以往的西安室外温度统计结果显然很不合理, 商场中的消费者和工作人员普遍认为冬季室内外温差过大, 室内温度过高、空气干燥、室内质量较差. 这种情况不仅造成大量的能耗浪费, 影响了消费者的消费欲望和工作人员的工作热情, 也没能提高商场的热舒适度, 因此, 如何能在降低建筑能耗的同时, 提高商场室内热舒适度, 是我们应该关注和研究的问题.

## 1 研究方法

### 1.1 研究点概况

以西安李家村万达商场和万千百货为研究对象, 两商场在一栋建筑内, 在 2008 年开始使用, 为框架结构, 地上建筑七层, 局部四层, 地下三层. 其中万千百货为地上建筑七层, 万达广场为地上建筑四层, 万达商场有中庭, 一、二、三层为精品步行街, 四层为餐饮. 万千百货没有中庭, 为封闭式购物商场, 没有自然采光, 采用机械通风. 图 1 为两商场的三、四层平面图, 图中浅灰色部分为万千百货平面, 中灰色部分为万达广场平面, 黑色圆点为测试点.

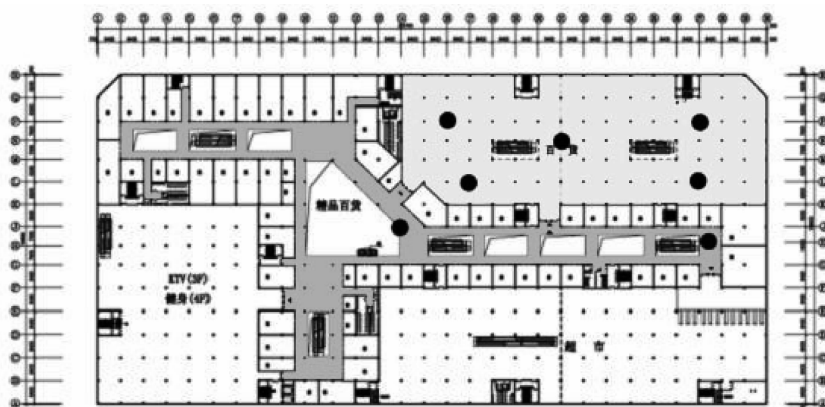


图 1 万达广场与万千百货三、四层平面图

Fig. 1 The 3<sup>rd</sup> and 4<sup>th</sup> floor plan of Wanda Plaza and Wanqian department store

图 1 为两商场的三、四层平面图, 图中浅灰色部分为万千百货平面, 中灰色部分为万达广场平面, 黑色圆点为测试点.

收稿日期: 2012-11-22 修改稿日期: 2013-03-22

基金项目: 陕西省教育厅专项科研资助项目(12JK0903); 西安市城乡建设委员会建设科技项目(2011002)

作者简介: 赵西平 (1963-), 男, 陕西咸阳人, 博士, 教授, 主要从事建筑构造技术与建筑节能方面的研究.

1.2 室内热环境测试

本次商场热环境测试在万达广场和万千百货随机选取了 2012 年 1 月份人流较密集的周末,测试时间从早上 10 时~20 时,利用 Q-TRAK 仪器对万达广场和万千百货室内温度、湿度和 CO<sub>2</sub> 含量进行了检测.测试时长为 600 min.

1.3 问卷调查设计

本次问卷设计采用结构式问卷方法.结构式问卷主要由设计者按常规问题进行结构性设计,并列出分类全面、结构严谨的选项,题型以选择题为主,被调查者只需从中选择相对应的选项即可.调查对象分两类人群,一类是商场内的消费者,一类是商场内的工作人员.依据本次调查研究的目的,问卷中设计的评价指标主要分为(表 1):

表 1 调查问卷设计  
Tab. 1 Design of questionnaire

针对人群	主观评价要素	问题设计	等级指标
消费者	个体情况	年龄/周岁	a. 20—30, b. 30—40, c. 50 以上
		是否经常逛街	a. 经常 10 h, b. 周末,一周 5 h, c. 偶尔, d. 很少
	热舒适性	热感觉	a. 热, b. 不冷不热, c. 冷
		空气质量	a. 好, b. 一般, 可以忍受 c. 不好, 差
		逛街 3 h 以上是否头晕	a. 有, 强烈 b. 还行, 可以忽略 c. 没感觉
		采光、通风是否合理	a. 好, b. 一般, c. 不舒服
	主观评价	室内舒适度是否影响购物	a. 重要, 会影响 b. 不重要
		该商场舒适度如何	a. 不错, b. 一般, c. 不舒服
工作人员	个体情况	年龄段/周岁	a. 30 以下, b. 30—40, c. 50 以上
		每天工作时间/h	a. 4~5, b. 5~8, c. 8
	热舒适性	热感觉	a. 热, b. 不冷不热, c. 冷
		空气质量	a. 好, b. 一般, 可以忍受 c. 不好, 差
		什么时间段感觉不舒服	a. 10~12 时, b. 12~5 时, c. 5 时以后
	主观评价	舒适度是否影响工作热情	a. 会, b. 不会

2 结果与讨论

2.1 室内温湿度分布及 CO<sub>2</sub> 浓度

测得万达广场和万千百货室内的温度、湿度和 CO<sub>2</sub> 含量如图 2、3、4 所示,横坐标为测试时间 600 min,纵坐标为所测得的温度、湿度和 CO<sub>2</sub> 含量.

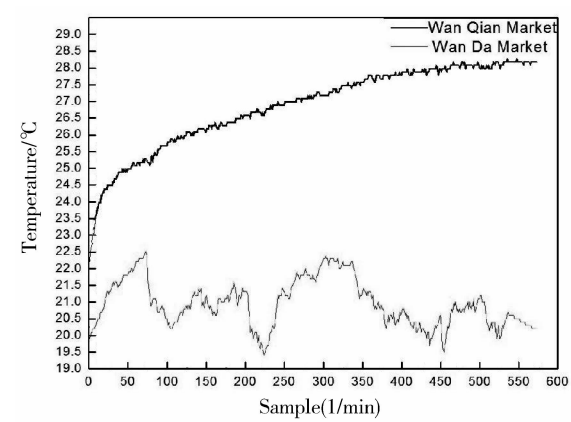


图 2 温度曲线图  
Fig. 2 Temperature curve

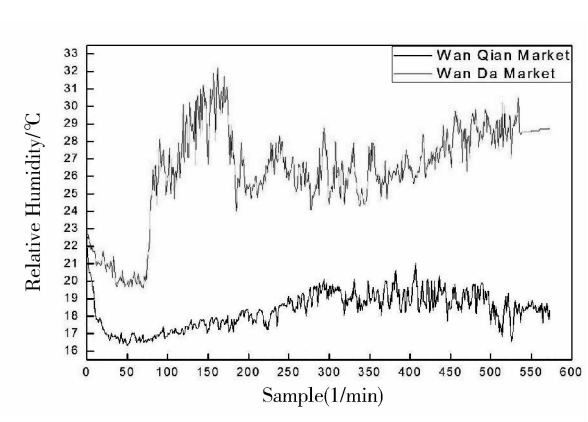


图 3 湿度曲线图  
Fig. 3 Humidity chart

由图 2 可以看出万千百货室内温度在测试时间段内是不断升高的,温度从 22.5~28℃,在正午 12 时,室内温度已经达到 26℃,随后温度仍然继续上升,到晚上 20 时基本上达到 28℃,万达广场的室内温度呈波动状态,平均温度在 20.5℃左右,温度最高不到 23℃,且持续时间不长,最低温度达到 19.5℃.图 3 为两商场内相对湿度测试图,可以看出万千百货商场内的湿度平均为 19%左右,上午将近 2h 时间内湿度值为 17%左右,万达广场的湿度平均值在 27%左右,中午时湿度达到最高值为 32%.图 4 中,万千百货的 CO<sub>2</sub> 排放量呈由低到高然后又转低的抛物线趋势,下午 16~18 时段的 CO<sub>2</sub> 排放量达到最高,达到 700 ppm 左右,原因是周末这个时间段逛街的人流量最大;万达广场 CO<sub>2</sub> 排放量最高值出现在中午 12~13 时之间,这是由于这个时间段内万达广场就餐的人数增多导致的,之后的时间段内万达广场内 CO<sub>2</sub> 排放量保持在 500~650 ppm 之间.

## 2.2 热感觉、热舒适度调查结果

万达广场内接受调查的共 100 人,其中消费者 50 人,年龄在 20—30 岁之间的共 30 人,30—40 岁的 10 人,50 岁以上的 10 人,商场工作人员 50 人,20—30 岁的人共 40 人,40 岁以上共 10 人.

万千百货内接受调查的共 80 人,其中消费者 40 人,年龄在 20—30 岁之间的共 20 人,30—40 岁的 10 人,50 岁以上的 10 人,商场工作人员 40 人,20—30 岁的人占 50%,其余为 30—40 岁的人.对所有人员进行热舒适度调查,调查统计后得出表 2、表 3 所示的结果.

根据本次调查统计的结果可以看出,对于商场室内热环境的主观评价:(1)万达广场区有 40% 的被调查者认为室内较热,不舒适,此部分受访者主要集中在 A 区 3~4 层,50% 的被调查者认为室内温度较为舒适,此部分被调查者主要集中在 1~2 层.这主要与一楼二楼中庭开敞,通风状况良好有关.因为 A 区屋顶为玻璃材质,玻璃屋顶的保温性能相对较差,使得热量散失较快,从而使冬季商场室内由于灯光、餐饮、密集人流产生的热量及时的散失.(2)万千百货区有 80% 的被调查者认为室内闷热,极度不舒适,其中在受访者中,有 90% 的营业员会有憋闷、头晕等其他不适感觉,这种不适感在每天的 12:00~17:00 最为明显.同时,受访的消费者中有 30% 逛街超过 3 h 会有头晕感.

## 2.3 影响热舒适度的主要因素

所谓热舒适,指人体对湿热环境感到满意的主客观评价.热舒适性是使用者对室内环境生理感知的一项重要指标,目前普遍采用的评价标准是 ASHARE55-1992 和 ISO7730,ASHRAE62 认为冬季室内温度应该控制在 22~26℃,超过或低于该范围相应的不满意程度都会有所增加,而且过高的

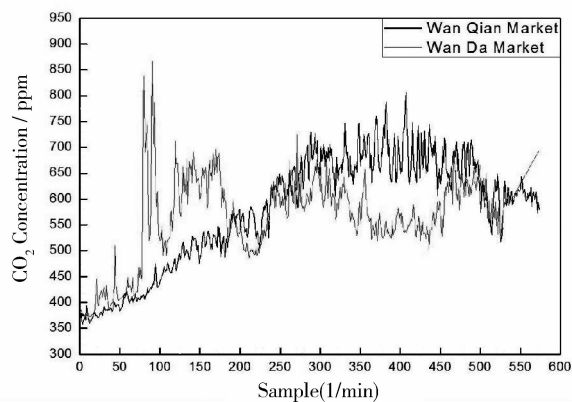


图 4 CO<sub>2</sub> 含量

Fig. 4 The content of CO<sub>2</sub>

表 2 万达广场内热舒适问卷调查结果

Tab. 2 Thermal comfort questionnaire  
survey results in Wanda Plaza

问题	选项	比例/%
热感觉	a. 热	20
	b. 不冷不热	50
	c. 冷	0
空气质量	a. 好	50
	b. 一般,可以忍受	20
	c. 不好,差	10
采光、通风是否合理	a. 好	70
	b. 一般	10
	c. 不舒适	0
舒适度如何	a. 不错	50
	b. 一般	30
	c. 不舒适	20

表 3 万千百货热舒适问卷调查结果

Tab. 3 Thermal comfort questionnaire  
survey results in Wanqian store

问题	选项	比例/%
热感觉	a. 热	80
	b. 不冷不热	10
	c. 冷	0
空气质量	a. 好	0
	b. 一般,可以忍受	50
	c. 不好,差	30
采光、通风是否合理	a. 好	10
	b. 一般	30
	c. 不舒适	60
舒适度如何	a. 不错	10
	b. 一般	30
	c. 不舒适	60

温度会使相应的能耗增加。

为了更直观的表达热舒适的概念,我们引入热平衡这一观点,人体正常体温在 $37^{\circ}\text{C}$ 上下不大的范围内波动,人们能经受得住的条件范围从北极低温环境到辐射强烈的沙漠气候,正是由于人体具有各自的调节系统,这种调节系统在条件不同变化范围内保持其体温恒定不变。也就是达到了一种热平衡,即体内产热量与散热量相等。这种平衡是人生存根本的、起码的条件,也就是我们所谓舒适的条件。下面公式所表示的热平衡方程即表述了上述的条件性质。在热平衡条件下,人体体温保持常量。如果体内产热与散热不相等,体温就会升高或降低。

$$H_{\text{met}} - E_{\text{diff}} - E_{\text{rs}} - E_{\text{res}} - C_{\text{res}} = K = R + C$$

式中: $H_{\text{met}}$ —体内产热; $E_{\text{diff}}$ —皮肤的水分扩散造成的热损失; $E_{\text{rs}}$ —皮肤有规律的汗分泌造成的蒸发热损失; $E_{\text{res}}$ —呼吸的潜热损失; $C_{\text{res}}$ —呼吸的干热损失; $K$ —从穿衣人体的皮肤到衣服外表面的传热; $R$ —穿衣人体外衣表面向环境的辐射热损失; $C$ —穿衣人体外衣表面向环境的对流热损失。

人们在室内的热平衡不仅取决于自身的产热和散热,受室内环境温度、湿度和空气流速等影响也大。

### 3 商业建筑热环境改善措施

建筑的室内热环境是由很多方面共同影响构成的,可以归纳为外部干扰和内部干扰两大部分。外部干扰包括室外的气候参数,如室外空气温度、湿度,太阳辐射,风速,风向变化等。内部干扰主要包括室内设备、照明、人员等。

首先,改善商业建筑冬季室内热环境需要重新思考目前全国各地商业建筑冬季的空调温度是否合理,既要考虑热舒适,还要考虑节能因素。目前我国建筑耗能年平均递增率已大大超过国家能源生产年增长率,节能是我们面临的一个突出问题。通过适当降低冬季室内设计温度和提高夏季室内设计温度,在围护结构和室外计算参数一定的条件下,供暖时,室内温度每降低 $1^{\circ}\text{C}$ ,耗能量可减少 $10\% \sim 15\%$ ;供冷时,每提高 $1^{\circ}\text{C}$ 可节能 $10\%$ 左右。

其次,为达到真正舒适的室内环境,关键是要使人体按正常比例散热,即辐射散热应占人体散热总量的 $45\% \sim 50\%$ ,呼吸及无感觉蒸发散热约占 $25\% \sim 30\%$ ,对流散热约占 $25\% \sim 30\%$ 。针对商业建筑,需要在商业建筑设计过程中充分重视室内空间设计与通风、采光相结合,充分考虑室内内部人流、灯光散热等环境因素,从而创造舒适的室内热湿环境。

第三,调节室内的热湿环境可以从防热和增强湿度入手。防热的途径有加强室内环境绿化,在商场每楼层内应多添加绿色植物,一方面可以使空气质量得到净化,另一方面可以减少二氧化碳含量;加强商场内自然通风和外围护结构的隔热也可以有效的防热。提高商场内的湿度可以在商场内设置加湿设备,增加排风装置。另外,现在商场内饮食餐馆逐渐增多,使得商场内油烟味很重,严重影响了商场内的空气质量,所以解决餐饮部分的排污问题也很重要。

### 4 结 论

通过对西安地区商业建筑室内热环境实测以及人员问卷调查,主要得出以下结论:

(1)西安地区冬季部分商业建筑室内平均温度达到 $25^{\circ}\text{C}$ ,人流高峰时间段室内温度接近 $30^{\circ}\text{C}$ ,商场内人员流动量大,散热多,冬季商场内空调系统设计时应充分考虑人体散热对室内环境的影响。因为商场内部大部分商场采用了高强度和高数量的照明产生了大量的热量,因此考虑到这一实际情况,可以适当降低冬季室内设计温度,甚至在非严寒地区,人流密集的商场冬季甚至可以不供热,首层和大门做采暖,其他层做通风,才能缓解现在冬季商场室内过热、通风不畅的情况。

(2)西安李家村万达广场建筑采用中庭式结构,冬季室内平均温度 $20.5^{\circ}\text{C}$ 左右,湿度在 $27\%$ 左右。万千百货采用的是每层封闭的结构,冬季室内温度在 $23 \sim 28^{\circ}\text{C}$ 之间,湿度 $17\%$ 左右,空气不流通。万达广场的平均温度比万千百货的平均温度低 $5 \sim 8^{\circ}\text{C}$ 。对西安市李家村万达广场和万千百货内消费人员和工作人员进行问卷调查发现,万达广场内绝大多数人热感觉舒适,对所处热环境的满意度较高,万千百

货内工作人员和消费者普遍认为室内温度过高,空气干燥,对所处的热环境不满意,商场工作人员普遍感觉不舒适,有神疲力乏、头晕脑涨、思维迟钝等不良反应。

(3)公共建筑空调的室内空气基本参数主要是根据人体舒适感要求来确定。《采暖通风与空气调节设计规范》(GBJ19—87)中规定:民用建筑冬季空调温度为 $18\sim 22^{\circ}\text{C}$ 。但是,目前许多从事空调系统设计和运行的人员认为冬季室内空气温度越高则热舒适程度越好。在实际设计和运行中冬季尽可能取现行规范的最高值,甚至超出规范上限,这不但造成能源的浪费,也不利于人体的热舒适感觉。

## 参考文献 References

- [1] 薛志峰,江 亿.商业建筑的空调系统能耗指标分析[J].暖通空调,2005,35(1):37-41.  
XUE Zhi-feng, JIANG Yi. Commercial building air conditioning system energy consumption index analysis[J]. Heating Ventilating and Air Conditioning, 2005, 35(1): 37-41.
- [2] 建设部,GB50019-2003.采暖通风与空气调节设计规范[S].北京:中国计划出版社,2003.  
The ministry of construction, GB50019-2003. Heating and ventilation and air conditioning design specifications [S]. Beijing: China Plans Press, 2003.
- [3] 董俊刚,闫增峰,保彦晴,等.基于建成环境主观评价分析研究[J].西安建筑科技大学学报:自然科学版,2011,43(5):694-699.  
DONG Jun-gang, YAN Zheng-feng, BAO Yan-qing, et al. Based on the built environment subjective evaluation analysis research[J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech.: Natural Science Edition, 2011, 43(5): 694-699.
- [4] 徐小林,李百战,罗明智.室内热湿环境对人体舒适性的影响分析[J].制冷与空调,2005(4):102-105.  
XU Xiao-lin, LI Bai-zhan, LUO Ming-zhi. Indoor thermal wet environment on human thermal comfort of impact analysis [J]. Journal of refrigeration and air conditioning, 2005(4): 102-105.
- [5] MONICA F, WARGOCKI P. Literature survey on how different factors influence human comfort in indoor environment [J]. Building and Environment, 2011(46): 922-937.
- [6] TAYLOR P, FULLER M B. Energy use and thermal comfort in a rammed earth office building [J]. Energy and Buildings, 2008(40): 793-800.
- [7] PHILOMENA M, BILUYSSSENAL M A, PAULA van D. Comfort of workers in office buildings: The European HOPE project [J]. Building and Environment, 2011(46): 280-288.

## Analysis on thermal comfort in the commercial complex

ZHAO Xi-ping, WANG Cheng-lin

(School of Arch., Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

**Abstract:** According to the increase of quantity of commercial buildings, large quantity of huge energy consumption, most of the researches at home focus on the commercial building energy analysis of commercial buildings, but thermal comfort problem is not given enough attention. A large market in Xi'an is taken as the research object, from the user's subjective feeling and objective angle to carry out the analysis. Commercial building's internal thermal comfort on the subjective evaluation and thermal environment test is conducted. Test and questionnaire results show that winter stores indoor thermal comfort is poorer. About 80% of the people think that the department store temperature is too high, and lacks it humidity. This paper analyses the causes, and puts forward improvement measures for the internal market comfort.

**Key words:** commercial building; indoor thermal environment; thermal comfort