

重庆夏季教室热环境研究*

罗明智, 李百战, 徐小林

(重庆大学 城市建设与环境工程学院, 重庆 400045)

摘要:以重庆地区高校教学楼为研究对象,分析了教室室内热环境。利用问卷调查和现场测试的方法从主观和客观两方面描述了教室室内热环境状况,得出了该环境下学生可接受的热环境范围,分析了预测热感觉与实测热感觉的差异以及风速对热感觉的影响,提出了改善教室室内热环境的几点措施。

关键词:教室;热环境;热舒适;热感觉

中图分类号:TU831 **文献标识码:**A **文章编号:**1006-7329(2005)01-0088-04

Research on Classroom Thermal Environment during the Summer in Chongqing

LUO Ming-zhi, LI Bai-zhan, XU Xiao-lin

(College of Urban Construction and Environmental Engineering, Chongqing University, Chongqing 400045, P.R. China)

Abstract: In this paper, the university teaching buildings in Chongqing are taken as study object, and the indoor thermal environment of classroom is studied with the ways of investigation and testing, in which the indoor thermal environment of classroom is characterized by two aspects: personal and impersonal. The accepted thermal environment range of the classroom in summer is obtained. The difference between predicted thermal sensation and measured one as well as the influence of air velocity on thermal sensation are analyzed. Some measures to improve indoor thermal quality are proposed.

Keywords: classroom; thermal environment; thermal comfort; thermal sensation

随着人们对环境问题的日益关注,对建筑热环境的研究已经在很多领域内得到开展。高校建筑热环境的研究是当前“发展高等教育,培养高素质人才”这一热点问题提出的要求,符合我国培养、造就适应新世纪需要的高素质人才队伍的时代背景,具有积极的现实意义。如今高校学生的学习生活环境已经成为人们关心的话题,然而由于缺乏对学生教室室内热环境的系统研究,许多教室室内环境都存在一定的问題。例如:夏季室内温度过高、通风不良等。为了改善学生教室室内热环境,必须先了解现在教室室内热环境的状况。

在我国,对于热环境和热舒适的研究主要集中于住宅和办公楼,其中又以多高层普通建筑为主,而对于高校教学楼这类特殊的建筑类型则少有研究,教室室内热环境与一般住宅或办公楼有一定的差别,例如其室内人员密度比较大,人员年龄比较单一等等。学生教室是学生日常学习的场所,是和学生关系最密切的学习空间。因此,教学楼室内环境的好坏,对学生的身心健康以及学习效率有着很大的影响。为了了解重庆地区教室的热环境与热舒适性,笔者于2003年8月对重庆大学的教室室内热环境做了抽样测试调查。

* 收稿日期:2004-10-16

作者简介:罗明智(1979-),男,湖北汉川人,硕士,主要从事建筑室内热舒适的研究。

1 研究方法

1.1 测试对象

本次测试主要是了解自然通风方式下的教室学生的热舒适情况,所以选择的教室没有装设空调设备,但都配备了吊扇。测试对象位于重庆大学 B 区校内一幢早期建造的 4 层教学楼,该教学楼南北朝向,测试房间选为该建筑的 1、2 两层,共 6 间教室。

1.2 测试时间及天气情况

测试调查时间为 2003 年 8 月 8-10 日。在测试时间内,室外温度较高,达到 38~42℃;太阳辐射较强,相对湿度很大,达到 70% 以上,天气闷热,无风。

1.3 研究方法

本次测试主要采用现场实测和主观问卷调查相结合的方法。

现场测试主要是对教室物理参数的测定,包括室内各测点的干球温度、湿球温度、空气流动速度等;所用的仪器为干湿球温度计和热球风速检测仪。

主观调查表采用的描述法(多项选择法),它详细规定各种人体反应分类或对每一种反应程度的评价标准。这使得容易产生误解的语言描述转化为可以用精确的数字来表示。受试者根据自己的感觉勾出最能描述出这种感觉程度的数字。有了这些数字的描述,才能对各种反应进行数学上的分析。主观调查内容包括调查时刻学生的热感觉,对温度、湿度、风速的主观评价等。

2 测试结果

测量所得到的室内相对湿度较大,在 71%~81% 之间,平均为 74%;由于教室没有空调设施,室内空气温度相当高,最大值达 34.4℃,最小值也有 31.6℃,平均空气温度为 33.2℃。对比 ASHRAE 55-92^[1] 中的舒适区,可以看到,重庆地区自然通风教室的室内热环境都处于其舒适区以外。应该说这是由重庆地区的气候特点所决定的,其一是高温,白天太阳日照强,气温高,物体表面发烫;其二是闷热,天空云层厚,空气相对湿度大,昼夜温差小,人感觉闷热难当。图 1 表示出了室内空气温度和空气流速的分布频率。

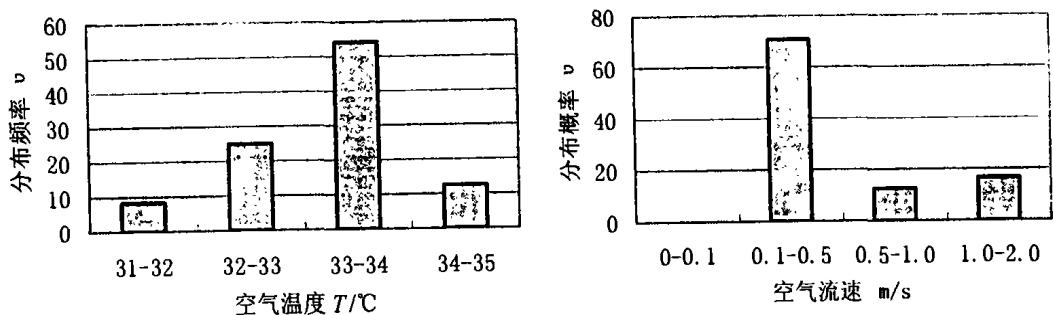


图 1 空气温度和空气流速概率分布

可以看到室温为 33~34℃ 所出现的频率最高,占 54.2%;由于夏季闷热,吊扇成为学生改善热环境的唯一手段,因此教室内风速普遍偏高,最大风速达 2.0 m/s,风速在 0.1~0.5 m/s 的占 70.8%,在 1.0~2.0 m/s 占 16.7%。教室内的学生以静坐为主,因而把新陈代谢率定为 1.0 met,即 58 m²。夏季学生的着装一般为薄长裤或短裤、短袖衬衣或 T 恤,其服装热阻按 0.4 clo 计算。

3 测试结果分析

本次实验采用新有效温度 ET^* ^[2]、Fanger 教授提出的预测平均热感觉投票值 PMV 指标对热环境进行评价;同时记录受试者的热感觉投票 TSV 从主观上评价热环境,用 VS 对空气流速进行评价。TSV 采用 ASHRAE 的七级热感觉标准,VS 采用三级评价标准,-1、0、1 分别表示“希望风速变小”、“风速适中”、“希望风速变大”。

3.1 热舒适评价指标的选择

关于热舒适评价标准,可以通过人体生理客观反应进行评价,但人们更常用的是通过主观反应进行评价,人体的皮肤温度感受器非常密集并且非常敏感,它能感受到皮肤温度细微的变化,通过人体下丘脑细胞核接受环境的冷热信息。目前有三种流行的标准用于评价舒适,即:PMV - PPD 指标;ASHRAE Standard;ISO Standard 7730。这些标准基于人体热平衡模型及实验室研究,试图提供一种客观的热舒适标准及其大部分人可接受的室内热环境。

Fanger 教授在前人研究的基础上,进行了大量的人体生理试验,结合人体热平衡方程的热舒适方程,把影响热舒适的六个影响因素结合起来,通过经验公式得到人体预测平均热感觉投票率(PMV)^[2],同时提出了 PMV 指标和预测不满意百分率(PPD)的关系。PMV - PPD 指标简单实用,成为评价室内微气候最常用的方法,在 PMV - PPD 模型的基础上,国际标准化组织(ISO)于 1984 年公布了 ISO Standard 7730 标准。

新有效温度 ET^* 是一个等效的干球温度量,Gagge 等把皮肤湿润度的概念引进 ET^* ;将室内气候因素(干球温度、湿球温度、风速)对身着薄服的人所产生的热感效应(反映在皮肤温度和皮肤湿润度)用相对湿度为 50%的基本静止的单一空气温度表示,并假定空气温度与室内平均辐射温度相等,并提供一个适用于穿标准服装和坐着工作的人的舒适标准,该指标出现在 ASHRAE 舒适标准 55 - 74 和 ASHRAE 的 1977 版手册基础篇中。

本文即采用 PMV 指标和新有效温度 ET^* 对室内热舒适进行评价。

3.2 确定舒适区

将本次实验得到评价指标 PMV、TSV 分别对 ET^* 曲线拟合,如图 2 所示。

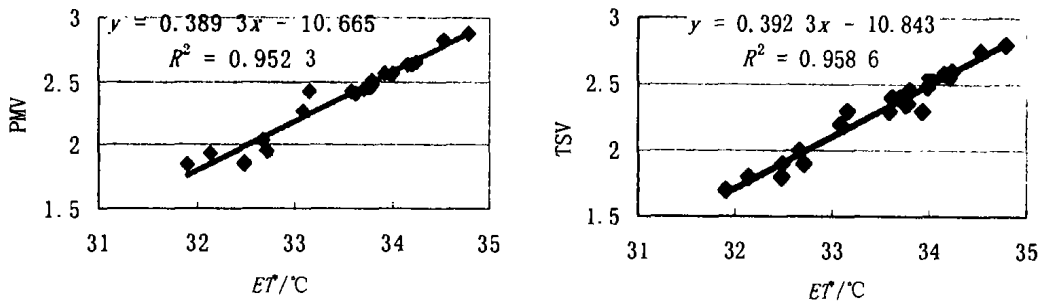


图 2 PMV、TSV 对 ET^* 的曲线拟合

预测热舒适指标 PMV 对 ET^* 的回归曲线为 $PMV = 0.389 \cdot 3ET^* - 10.665$,预测中性温度为 27.4°C ; TSV 对 ET^* 的回归曲线为 $TSV = 0.392 \cdot 3ET^* - 10.843$,实测中性温度为 27.7°C 。将本次实验的理论预测中性温度、测试温度与 Fanger 教授所做的实验相比较,发现本次实验的中性温度要高一些,这主要是教室风速比较大的原因。实测中性温度比理论预测中性温度高 0.3°C ,说明学生由于长期在此环境中学习,对该环境具有了一定的忍耐力。

根据美国 ASHRAE 标准确定舒适区的原则,能使 80% 室内人员可接受的热环境即为舒适。按照 Fanger 教授由统计得出的 PPD 与 PMV 之间的关系得出,当 $PPD = 20\%$ 时, $PMV = \pm 0.85$ 。由 TSV 与 ET^* 之间的回归方程 $TSV = 0.392 \cdot 3ET^* - 10.843$,可得出当满意率为 80% 时, ET^* 的舒适范围为 (25.5°C , 29.8°C), 这比 ASHRAE 标准的夏季舒适区 $23.2 \sim 26.2ET^*$ 要高得多。

3.3 PMV 与 TSV 的比较

为了说明学生对热舒适的主观感受与理论计算得到的舒适指标之间的差异,这里将调查得到的 TSV 值与计算得到的 PMV 值进行了比较。如图 3 所示。

从图中可以看出学生投票值普遍小于计算出来的 PMV 值,对于此差异,究其原因笔者认为主要是学生对教室热环境的适应性。对于在校学生年龄都处于 20 岁左右,对于环境有较强的适应能力。而且由于教室没有空调设备,从在心理上对室内高温有了心理准备,其期望值也就相应的发生改变。此结果

在文献[3]得到了证实^[3]。另外,学生也采取了一些适应性手段,包括喝水、遮挡日晒等。从心理学角度看,当人们能够对因此引起的不快因素加以控制,不快的程度也将得到减弱。

3.4 空气流速的主观评价

在空气流速的主观调查中,分别用-1,0,1表示“希望风速变小”,“风速适中”,“希望风速变大”,测试的结果表明有30%的同学认为室内风速过小,57.5%认为风速适中,另外有12.5%认为风速过大,而室内平均风速为0.51 m/s。

从以往的调查结果看,这样的风速是可能引起因吹风感而造成的不适的,而此次实验中只有12.5%的人认为风速过大,说明在高温下,人们对风速的忍受极限也会相应的增加。从建筑节能以及适应性理论来看,增大风速可以补偿温度的升高。

4 改善教室热环境的措施

由于教学楼建筑的特殊性,受经济的限制,在目前情况下所有的教室还不可能完全采用人工调节室内热环境的手段。因此,主要可从以下几个方面来着手改善重庆地区高校夏季的室内热环境:

- 1) 尽量使建筑朝向为南北朝向,研究表明^[4],重庆地区东西朝向建筑的冷负荷比南北朝向的冷负荷高出20%^[6,7];
- 2) 合理的确定门窗与外墙面积的协调比例系数,控制开窗面积能在教室内形成适宜的热环境和光环境,适当增加南窗和北窗面积是增加教室采光保温的有效手段之一;
- 3) 增设教室内的电风扇,通风可以有效缓解人体的热感觉;采用双层玻璃、防辐射玻璃可以减少通过外窗的热辐射;
- 4) 外墙和屋面的外保温可以防止室内过热;
- 5) 在教室外面增加绿化面积,绿化植被具有降低气温、调节湿度、遮阳防晒、改善通风质量等功能,通过绿化减少教室外的地面热辐射,从而室内热环境得到改善。

5 结论

通过对重庆地区高校某教学楼进行的主观感受和客观的测试调查,对教室室内热环境进行了分析,结果表明学生在教室里普遍感到不舒适。学生的中性温度为27.7℃,实测中性温度比理论预测中性温度高0.3℃,表明学生已经对该环境具有了一定的忍耐性;教室内的舒适区为 ET^* 25.5℃,29.8℃;主观热感觉投票值普遍小于计算出来的PMV值,主要原因为学生对教室热环境的适应性以及对热环境期望值的改变;通过分析,表明在高温的教室环境中,学生对风速的忍受极限有相应的增加,增加风速成为他们改善热环境的有效手段之一。

参考文献:

- [1] ASHRAE Standard 55 - 1992. American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers[S]. Ins. Atlanta, GA30329.
- [2] P. O. Fanger. Thermal Comfort[M]. McGraw - Hill New York, 1972.
- [3] 夏一哉,赵荣义,江亿.北京市住宅环境热舒适研究[J].暖通空调,1999,29(2):1-5.
- [4] 李百战,彭绪亚,姚润明,等.改善重庆住宅热环境质量的研究[J].建筑热能通风空调,1999,(3):6-8.
- [5] 姚润明.室内气候模拟与热舒适研究[D].重庆:重庆建筑大学,1997.
- [6] 黄海静,陈纲.健康城市住区的热环境探析[J].重庆建筑大学学报,2004,26(6):18-21.
- [7] 唐鸣放,陶一久.南方城镇规划中的建筑隔热问题研究[J].重庆建筑大学学报,2000,22(5):36-38.

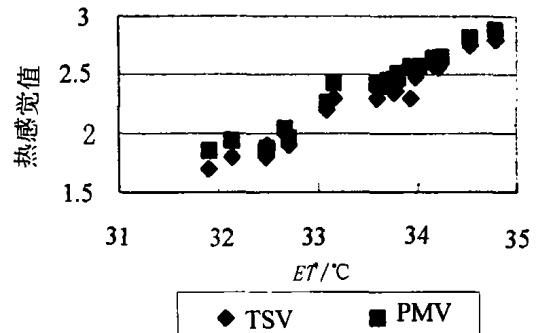


图3 PMV与TSV的比较