

均匀和不均匀热环境下热感觉、热可接受度和热舒适的关系^{*}

华南理工大学 张宇峰[☆]

清华大学 赵荣义

摘要 对 30 名受试者采用问卷调查的方式,研究了均匀热环境和不均匀热环境下人体全身热感觉、热可接受度和热舒适的关系。结果显示,在均匀热环境下,全身热感觉、热可接受度和热舒适具有较强的线性相关关系,可接受范围涵盖了(0,1.5)的热感觉投票和“舒适”与“稍有不适”标度范围内的热舒适投票;在不均匀热环境下,全身热可接受度与热舒适密切相关,而全身热感觉与热可接受度和热舒适出现分离,热感觉不均匀度是其原因。综合考虑全身热感觉和热感觉不均匀度的影响,提出了综合评价模型。经验证,该模型适用于全身热状态为中性偏热的均匀和不均匀热环境。

关键词 热感觉 热可接受度 热舒适 均匀热环境 不均匀热环境 热感觉不均匀度

Relationships between thermal sensation, acceptability and comfort under uniform and non-uniform thermal environments

By Zhang Yufeng[★] and Zhao Rongyi

Abstract With the questionnaires from 30 subjects, studies the relationships between their overall thermal sensation, acceptability and comfort under uniform and non-uniform conditions separately. The results show that overall thermal sensation, acceptability and comfort are correlated closely under uniform conditions and the acceptable range runs from neutral to 1.5 on thermal sensation scale and contains all comfortable and slightly uncomfortable votes on thermal comfort scale. Under non-uniform conditions overall thermal acceptability and thermal comfort are correlated closely, but the overall thermal sensation is apart from the other two responses and non-uniformity of thermal sensation is found to be the cause for the breakage. Combining the effects of overall thermal sensation and non-uniformity of thermal sensation, proposes an integrated assessment model and it is verified that the model can be applied to uniform and non-uniform conditions over a wide range of whole body thermal state from neutral to slightly warm.

Keywords thermal sensation, thermal acceptability, thermal comfort, uniform thermal environment, non-uniform thermal environment, non-uniformity of thermal sensation

[★] South China University of Technology, Guangzhou, China

①

1 研究背景

近年来随着建筑节能需求的增加,局部冷却和加热(比如个体送风、置换通风和可变温座椅)等形式形成的不均匀热环境的设计和 research 正越来越受

到重视,对不均匀热环境的舒适性评价是合理指导

①[☆] 张宇峰,男,1979 年 4 月生,博士研究生,讲师
510640 华南理工大学建筑学院
(020) 39851485
E-mail: zhangyufeng96@tsinghua.org.cn

收稿日期:2006-07-06

修回日期:2007-11-05

^{*} 国家自然科学基金资助项目(编号:50178037)

其设计的关键问题之一。

目前普遍接受的热环境评价指标都是在对均匀热环境的研究中得到的,如预计平均热感觉指数(PMV)、新有效温度(ET^*)和标准有效温度(SET)等。通过获知环境参数与个人信息预测得到人体热感觉,进而将其作为依据评价热环境是否舒适。对于不均匀热环境,评价指标还未统一,有全身热感觉、全身热可接受度、全身热舒适等评价指标^[1-12]。对这 3 种热反应间相互关系的研究和理解是合理评价不均匀热环境的重要问题。

Fanger 在 1970 年首次阐释了热感觉与热可接受度的关系^[13],他在 Gagge 等人的实验研究^[14]基础上,定义热感觉投票在“凉”或“冷”,“暖”或“热”标度范围内的受试者为不满意人群。其后,Berglund 对此作了进一步的验证,将计算得到的结果与直接询问受试者是否感到热环境可接受的实验结果相对比,发现二者相近^[15]。但以上定义的提出和证实都是在均匀热环境下进行的,不均匀热环境下的验证需要进一步的研究。

1979 年,Berglund 考察了热舒适与热可接受度的关系,分别采用舒适百分比^[16](percent comfortable)和热可接受度^[17]考察偏离最佳舒适范围的温度的影响,发现二者的结果十分相似,并指出热舒适投票落在“舒适”和“稍有不舒适”标度范围内的受试者认为热环境可接受^[15]。热舒适与热可接受度关系的探讨仅限于均匀热环境条件,很少有不均匀热环境条件下的相关报道。

据上可知,已知的对热感觉、热可接受度和热舒适的关系的探讨还仅限于均匀热环境下的定性分析,本文的研究目的是分别考察 3 种热反应在均匀热环境和不均匀热环境下的定量关系,并提出同时适用于均匀和不均匀热环境的综合评价模型。

2 实验方法

实验在清华大学建筑技术科学系的人工气候室中进行。该气候室参数分布均匀,空气温度的控制精度可达 $\pm 0.2\text{ }^\circ\text{C}$,用以实现均匀热环境工况。实验通过个体送风装置分别对受试者的 3 个敏感身体部位(脸部、胸部和背部)进行局部送风,从而实现不均匀热环境工况。实验安排 3 种气候室房间温度(28, 32, 35 $^\circ\text{C}$)和 3 种局部送风作用温度(22, 25, 28 $^\circ\text{C}$)的不同组合共 9 种工况进行测试,其中,局部送风作用温度是指局部送风到达身体作

用部位的中心温度。实验期间其他热环境参数保持不变,房间相对湿度为 40%,空气速度小于 0.1 m/s,局部送风风速为 1 m/s。

30 名随机挑选的在校男生参加所有实验工况的实验,每名受试者的总测试时间为 27 h。实验期间受试者穿着夏季短裤(衣服热阻为 0.3 clo (1 clo=0.155 $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)),保持静坐,可进行普通阅读或交谈,但不允许交流实验相关内容。在受试者中对实验工况的参加次序进行均衡安排。每种工况的测试包括 0.5 h 的适应期和 0.5 h 的暴露期,适应期的房间热环境与暴露期相同,但无任何局部送风,也即适应期为均匀热环境工况,暴露期为不均匀热环境工况。

实验采用问卷调查获取受试者身体各个部位(包括 3 个局部送风的作用部位和下半身)的局部热感觉、全身热感觉、全身热可接受度和全身热舒适。热感觉投票采用 ASHRAE 7 点标尺(见图 1a);热可接受度投票采用一种最初用于室内空气质量调查的可视化模拟标尺^[18](见图 1b);热舒适投票采用 Zhang 开发的断裂标尺^[11](见图 1c),以便让受试者在舒适和不舒适间作出明确的判断。受试者在每次测试适应期和暴露期的最后 10 min 等间隔投 3 次票,用以考察受试者的反应是否达到稳定。

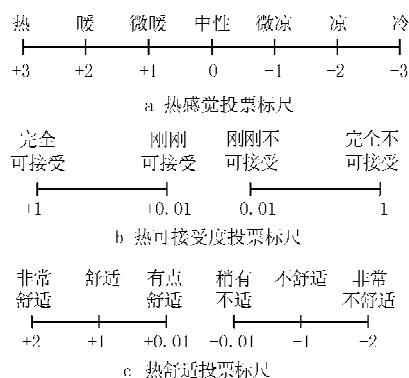


图 1 投票标尺

3 实验结果与分析

经过 S-W 检验(Shapiro-Wilk test)可知,所有工况下受试者的热反应,包括热感觉、热舒适和热可接受度,都近似服从正态分布,且不同工况下的标准偏差相差不大,分别为 0.7, 0.7 和 0.4 个标度单位。通过受试者组内方差分析发现,适应期和暴露期内受试者的反应都在 20 min 后达到稳定(3

次投票检验得到的 $P > 0.05$)。以下分析和讨论都是在稳态反应基础上进行的。

3.1 均匀热环境

均匀热环境工况下全身热感觉、热可接受度和

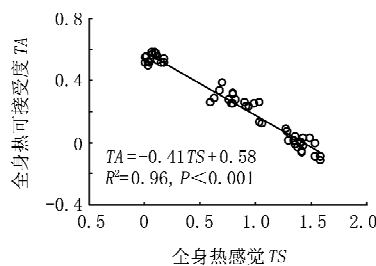


图2 均匀热环境下全身热感觉 TS 与全身热可接受度 TA 的关系

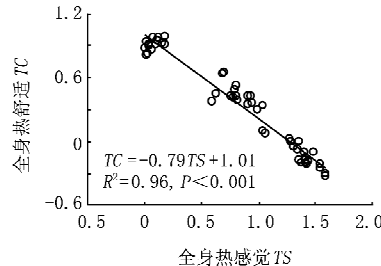


图3 均匀热环境下全身热感觉 TS 与全身热舒适 TC 的关系

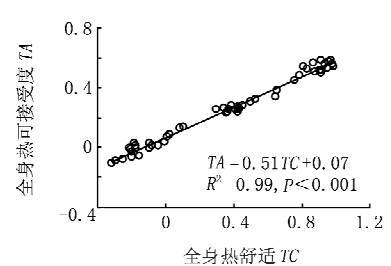


图4 均匀热环境下全身热舒适 TC 与全身热可接受度 TA 的关系

在均匀热环境下,全身热感觉、热可接受度和热舒适密切相关。热感觉投票值 1.5 与热可接受度投票值 0 和热舒适投票值 -0.2 相互对应,可接受范围涵盖了(0, 1.5)的热感觉投票和“舒适”与“稍有不适”标度范围内的热舒适投票,由此验证了以往在均匀热环境下的研究结果。

3.2 不均匀热环境

不均匀热环境工况下全身热感觉、热可接受度和热舒适的关系如图 5~7 所示。图中点的含义与

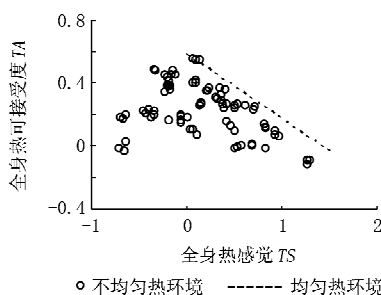


图5 不均匀热环境下全身热感觉与全身热可接受度的关系

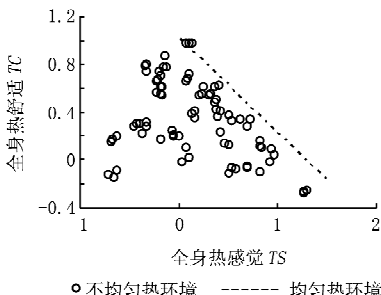


图6 不均匀热环境下全身热感觉与全身热舒适的关系

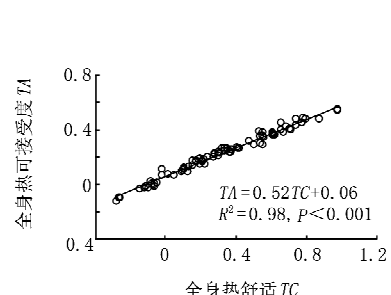


图7 不均匀热环境下全身热舒适与全身热可接受度的关系

都与热可接受度和热舒适的一个范围相对应,比如全身热中性对应热可接受度投票范围(0.07, 0.54),对应热舒适投票范围(-0.02, 0.97)。由此可知,在不均匀热环境下仅根据全身热感觉评价热环境是否可接受或舒适是不合理的。以往均匀热环境下得到的热感觉与热可接受度的关系不再适用于不均匀热环境。除了全身热感觉之外,存在其他重要因素影响热环境的可接受度和热舒适。

3.3 热感觉不均匀度

McNall 等人曾在 1970 年通过对在不对称辐射场中静坐的受试者的热感觉和热舒适的研究发

热舒适的关系如图 2~4 所示。图中每一点代表某一工况下、某次投票时刻所有受试者的投票均值。由图 2~4 可知,3 种热反应间呈现很强的线性相关关系($R^2 \geq 0.96$)。

图 2~4 相同。从图 5,6 可以看出,与均匀热环境下得到的线性关系对比,全身热感觉与热可接受度和热舒适出现分离,不再呈线性关系。全身热感觉相同的条件下,受试者在不均匀热环境下的舒适度和可接受度较均匀热环境下要低。从图 7 可以看出,热可接受度与热舒适在不均匀热环境下仍保持很好的线性相关关系($R^2 = 0.98$),且二者的关系式与均匀热环境下的结果相近。

从图 5,6 可知,任何一个全身热感觉投票均值

现,在热墙测试工况中,整体热中性的受试者感觉舒适的概率显著低于均匀热环境下的结果,并指出不均匀的身体温度分布是其原因,也即身体一侧较另一侧更热或更冷^[10]。本文实验中通过问卷调查考察了受试者身体温度分布不均匀的情况,调查结果发现,在不均匀热环境工况下,97%的受试者明显感觉到身体各部位间的热感觉分布不均匀。热感觉不均匀度可能是热感觉与热可接受度和热舒适出现分离的原因。

考虑到人体在感知身体各部位冷热不均时最强烈的感受来自于最热和最冷的两个部位的热感

觉之差,故选取部位间热感觉之差的最大值作为衡量热感觉不均匀度的参数。选取不均匀热环境工况下全身热感觉接近热中性(投票值在 $-0.2 \sim +0.2$ 之间)的实验点进行分析,得到部位间热感觉之差最大值与全身热可接受度和热舒适的关系,如图 8,9 所示。由图 8,9 可知,当热感觉不均匀度较小时,受试者的热可接受度和热舒适投票与均匀热环境下近似,但随着热感觉不均匀度的增加,热可接受度和热舒适显著降低,且趋势呈线性($R^2 \geq 0.88$)。热感觉不均匀度在很大程度上解释了全身热感觉与热可接受度和热舒适在不均匀热环境下的分离。

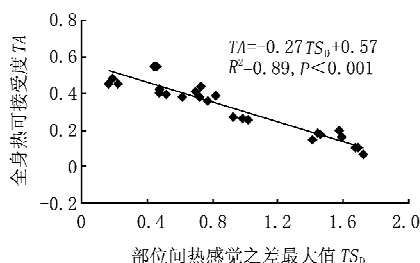


图 8 全身热中性条件下部位间热感觉之差最大值 TS_D 与全身热可接受度 TA 的关系

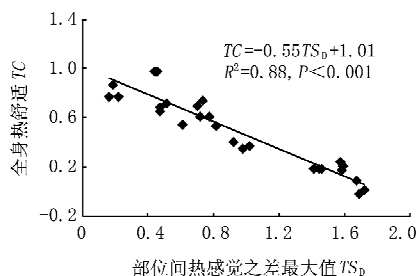


图 9 全身热中性条件下部位间热感觉之差最大值 TS_D 与全身热舒适 TC 的关系

3.4 综合评价模型

由以上分析可知,受试者基于对全身热感觉和热感觉不均匀度的感知综合评价不均匀热环境的舒适和可接受程度。这里假设两种感知间相互独立,提出热环境的综合评价模型:

$$TA = TA_1 + TA_2 \quad (1)$$

式中 TA_1 为均匀项,表征全身热感觉对热可接受度的影响; TA_2 为不均匀项,表征热感觉不均匀度对热可接受度的影响。因热舒适与热可接受度存在线性关系,故仅以热可接受度为对象建模。

模型中的均匀项是全身热感觉 TS 的函数,二者的关系可通过均匀热环境下实验结果的线性回

归得到(见图 2):

$$TA_1 = -0.41TS + 0.58 \quad (2)$$

模型中的不均匀项是热感觉不均匀度,也即部位间热感觉之差最大值 TS_D 的函数,二者关系可通过全身热中性条件下的不均匀热环境工况实验结果的线性回归得到:

$$TA_2 = -0.27TS_D \quad (3)$$

为验证综合评价模型在非热中性条件下和均匀热环境下的适用性,分别选取相应工况下的实验数据,用模型计算得到热可接受度的预测值,并与实验实测值相比较(见图 10,11)。因式(2)仅适用于中性偏热的条件,比较中未含全身热感觉中性偏凉的数据点。

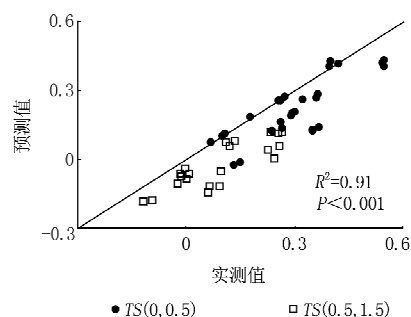


图 10 非热中性条件下综合评价模型的验证

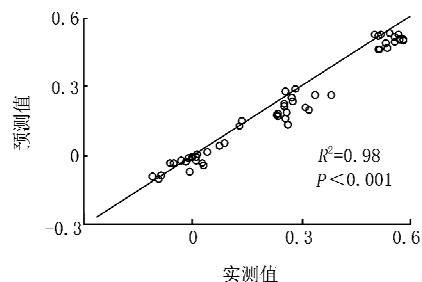


图 11 均匀热环境下综合评价模型的验证

由图 10,11 可知,非热中性和均匀热环境条件下预测值与实测值都保持一致($R^2 \geq 0.91$, $P < 0.001$),综合评价模型可同时适用于热中性和偏热环境,均匀和不均匀环境。通过以上分析可知,受试者分别从两个方面评价热环境的可接受程度:全身热感觉和热感觉不均匀度。全身热感觉与热可接受度的作用关系与热环境是否均匀无关,热感觉不均匀度与热可接受度的作用关系在热中性和偏热条件下保持一致。根据综合评价模型,可接受范围可表示为

$$-0.41TS + 0.58 - 0.27TS_D > 0 \quad (4)$$

4 讨论

4.1 热感觉与热舒适

本文研究表明,在均匀热环境下,采用热感觉投票标尺与热舒适投票标尺得到的结果具有很好的一致性,二者任选其一或将其按相互关系合二为一进行热环境的评价都是合理的。后者的典型例子是 Bedford 标尺(见图 12)。Bedford 标尺揉合了热感觉和热舒适标尺,采用“太”和“过分”这样的词语表征观察者对热环境的不适感^[20]。McIntyre 指出,当对以 Bedford 标尺和 ASHRAE 7 点标尺得到的温度反应作线性回归时,两者可给出非常相近的相关系数并预测出非常相似的中性温度,两个标尺间没有显著差别^[21],这验证了以上结果。但在不均匀热环境下,热感觉与热舒适的相关关系不再成立,Bedford 标尺不再适用,最好的评价方法是直接询问受试者是否舒适或让其在热舒适标尺上进行投票。

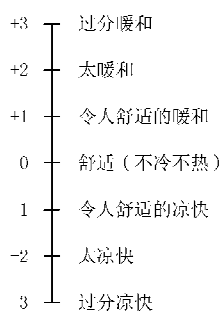


图 12 Bedford 标尺

热中性被定义为受试者既不愿意更热也不愿意更冷的条件,通常认为热中性等同于热舒适,这已在本文的均匀热环境工况下得到验证(见图 3)。但在不均匀热环境下,热中性不再等同于热舒适,全身热中性条件下,身体的热感觉分布越不均匀,受试者越不舒适(见图 9)。这一现象在 Melikov 和 Olesen 等人的研究工作中也有所体现,他们通过对局部冷射流下人体热反应的研究发现,受试者选择的风速并不对应于全身热中性,而是对应于偏热的全身热感觉同时又不带来太大吹风感,也就是说,受试者基于全身热感觉和热感觉不均匀度综合评价热环境,与全身热中性和较大的热感觉不均匀度相比,受试者全身热感觉偏热、但较小的热环境不均匀度更为舒适^[5,22]。

4.2 热可接受度与热舒适

本文研究表明,全身热可接受度与热舒适密切

相关,并且可接受范围涵盖了所有舒适和稍有不适的热舒适投票。在本文研究中,受试者在每次投票时刻对全身热可接受度和热舒适同时进行投票,这可能在某种程度上增强了二者间的相关性。笔者在可变温座椅的实验研究中采用了间隔投票的方法,也即热可接受度与热舒适投票分别出现在不同的投票时刻,这使得二者间因投票方法引起的相关性大为减弱,其结果如图 13 所示。需要说明的是,在可变温座椅的实验中,热可接受度投票标尺与本文相同(见图 1b),但热舒适投票采用 4 点标尺(+1:舒适, +2:稍有不适, +3:不舒适, +4:很不舒适)而非断裂标尺。由图 13 可知,热可接受度与热舒适仍具有很强的线性相关关系($R^2 = 0.99$),舒适和稍有不适的热舒适投票都是可接受的,由此证实了本文研究结果的可靠性。

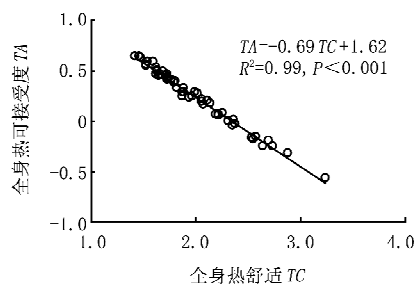


图 13 全身热舒适与全身热可接受度的关系(可变温座椅实验研究)^[6]

另外,对比图 7 和图 13 可知,本文研究结果中“舒适”对应的热可接受度投票值为 0.5,而在可变温座椅研究中为 1。这可能是由于研究采用的热舒适标尺有所不同。本文研究采用的断裂标尺较可变温座椅研究采用的 4 点标尺涵盖的范围更广,从“非常不舒适”到“非常舒适”,受试者倾向于将标尺上的极端标度,即“非常舒适”而非“舒适”视与可接受度标尺上的“完全可接受”等同。

4.3 应用潜力与进一步的研究方向

以往有很多学者研究了不同形式的热环境不均匀度对热可接受度的影响,在其研究中受试者都保持全身热中性状态^[23]。近期对不均匀热环境的研究更多关注于全身偏热或偏冷的条件下,局部冷却或加热对热可接受度的影响,全身热中性条件下得到的实验结果无法直接推广应用到全身偏热或偏冷条件。本文将实验条件加以扩展,得到了适用于全身热状态中性到热的较大范围的结果。虽然

本文实验在局部冷却条件下进行,但热感觉在全身分布的不均匀度可能是影响包括不对称辐射、垂直空气温差和冷暖地板等各种不均匀热环境条件下人体热可接受度的重要因素。

以往提出的热感觉与热可接受度的关系在均匀热环境下得到进一步的验证,可接受范围可由全身热感觉唯一表示。但在不均匀热环境下,用全身热感觉评价热环境不合理,热感觉不均匀度是另一个重要影响因素,综合评价模型综合考虑了全身热感觉与热感觉不均匀度的影响,有助于指导不均匀热环境的实验室研究、现场调查及相关节能设计。

一些学者在动态热环境的研究中也观察到热感觉与热舒适的分离^[4, 24-25]。赵荣义对稳态和动态条件下热舒适反应进行了系统对比,指出热舒适的定义随测试条件变化而改变,在稳态条件下热舒适意味着无差别状态,而在动态条件下热舒适是热不舒适的解脱^[26]。显然,本文稳态条件下得到的结果不能简单推广到非稳态条件,动态条件下热感觉、热可接受度和热舒适的关系需要进一步的研究。

5 结论

5.1 全身热可接受度与热舒适密切相关,在舒适和稍有不适范围内的热舒适投票是可接受的,二者关系与热环境是否均匀无关。

5.2 均匀热环境下全身热感觉与热可接受度和热舒适密切相关,热感觉投票在(0, 1.5)范围内是可接受的。不均匀热环境下全身热感觉与热可接受度和热舒适出现分离,全身热感觉中性不再等同于热舒适。

5.3 不均匀热环境下,热感觉不均匀度是影响热可接受度的重要因素,是全身热感觉与热可接受度和热舒适出现分离的原因。

5.4 综合考虑全身热感觉和热感觉不均匀度的影响,提出综合评价模型,经验证该模型适用于全身热状态中性偏热的均匀和不均匀热环境。

参考文献:

- [1] Burch S D, Pearson J T, Ramadhyani S. Experimental study of passenger thermal comfort in an automobile under severe winter conditions[G]//ASHRAE Trans, 1991, 97(1): 239-246
- [2] Hagino M, Hara J. Development of a method for predicting comfortable airflow in the passenger compartment[G]//SAE Technical Paper Series, New York: Society of Automotive Engineers, 1992
- [3] 李俊. 个体送风特性及人体热反应研究[D]. 北京: 清华大学, 2004
- [4] Hodder S G, Loveday D L, Parsons K C, et al. Thermal comfort in chilled ceiling and displacement ventilation environments: vertical radiant temperature asymmetry effects[J]. Energy and Buildings, 1998, 27(2): 167-173
- [5] Melikov A K, Arakelian R S, Halkjaer L, et al. Spot cooling part 1: human responses to cooling with air jets[G]//ASHRAE Trans, 1994, 100(2): 476-499
- [6] Zhang Y, Wyon D P, Fang L, et al. The influence of heated or cooled seats on the acceptable ambient temperature range [J]. Ergonomics, 2007, 50(4): 586-600
- [7] Melikov A K. Personalized ventilation[J]. Indoor Air, 2004, 14 (7): 157-167
- [8] Gong N, Tham K W, Melikov A K. Human perception of local air movement and the acceptable air velocity range for local air movement in the tropics [C]//Proceedings of Indoor Air 2005. Beijing, 2005: 452-457
- [9] Schlegel J C, McNall P E. The effect of asymmetric radiation on the thermal and comfort sensations of sedentary subjects[G]//ASHRAE Trans, 1968, 74 (2): 144-154
- [10] Brooks J E, Parsons K C. An ergonomics investigation into human thermal comfort using an automobile seat heated with encapsulated carbonized fabric[J]. Ergonomics, 1999, 42(5): 661-673
- [11] Zhang H. Human thermal sensation and comfort in transient and non-uniform thermal environments [D]. Berkeley: University of California at Berkeley, 2003
- [12] Sakoi T, Tsuzuki K, Kato S, et al. Proposal of expression of whole-body thermal comfort in non-uniform thermal environment[C]// Proceedings of Indoor Air 2005. Beijing, 2005: 193-198

- [13] Fanger P O. Thermal comfort[M]. Copenhagen; Danish Technical Press, 1970
- [14] Gagge A P, Stolwijk J A J, Hardy J D. Comfort and thermal sensations and associated physiological responses at various ambient temperatures [J]. Environmental Research, 1967, 1(1): 1-20
- [15] Berglund L G. Thermal acceptability [G] // ASHRAE Trans, 1979, 85(2): 825-834
- [16] Gagge A P, Nevins R G. Effect of energy conservation guideline on comfort, acceptability and health[R]. Final report of contract # CO-04-51891-00. USA; Federal Energy Administration, 1976
- [17] Berglund L G, Gonzalez R R. Application of acceptable temperature drifts to built environments as a mode of energy conservation [G] // ASHRAE Trans, 1978, 84(1): 110-121
- [18] Gunnarsen L, Fanger P O. Adaptation to indoor air pollution[J]. Environment International, 1992, 18(1): 43-54
- [19] McNall P E, Biddison R E. Thermal and comfort sensations of sedentary persons exposed to asymmetric radiant fields [G] // ASHRAE Trans, 1970, 76(1): 123-136
- [20] Hensel H. Thermoreception and temperature regulation[M]. London; Academic Press, 1981
- [21] McIntyre D A. Indoor climate[M]. London; Applied Science Publishers LTD, 1980
- [22] Olesen B W, Nielsen R. Convective spot cooling of hot working environment [C] // 16th Int Conf of Refrigeration, Commission E1. Paris, 1983: 201-207
- [23] ASHRAE. ASHRAE handbook of fundamentals [M]. Atlanta; American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, 2001
- [24] Chatonnet J, Cabanac M. The perception of thermal comfort[J]. Int J Biometeorol, 1965, 9(2): 183-193
- [25] Mower G D. Perceived intensity of peripheral thermal stimuli is independent of internal body temperature [J]. J Comp Physiol Psychol, 1976, 90: 1152-1155
- [26] 赵荣义. 关于“热舒适”的讨论[J]. 暖通空调, 2000, 30(3): 25-26

• 征订 •

欢迎订阅《暖通空调》(月刊)

《暖通空调》创刊于 1971 年,是国家期刊奖获奖期刊,中国建筑科学类核心期刊,中国暖通空调行业唯一的中央级科技期刊,由建设部主管,亚太建设科技信息研究院、中国建筑研究院、中国建筑学会暖通空调分会联合主办。

《暖通空调》始终以“新颖、实用、准确、精练”为办刊方针,以提高全行业素质、推动全行业技术交流与发展为宗旨,及时报道国家有关建筑节能和环境保护的重大技术政策,建筑环境与设备工程中供暖、通风、空调、制冷及洁净技术方面的研究成果、学术论文、先进技术、工程总结、设计经验、设备开发与运行管理以及行业学术活动与设备市场信息。

《暖通空调》全年 12 期,每月 15 日出版,每期定价 10 元,全年 120 元。全年订户每期赠送《暖通空调·副刊》,并且可在“暖通空调在线”(www.ehvacr.com)网站上获得更多赠送,详情请登录网站查询。

● 订阅:全国各地邮电局,邮发代号:2-758。

● 邮购:本刊发行部,具体邮购事宜如下:

1) 全年订户免邮费,非全年订户需另付每本 3 元的邮费;

2) 一次性邮购 2008—2009 年两年或邮购全年 5 份以上者按每份 100 元/年收费;

3) 本刊尚存少量合订本及光盘,合订本 2006 年 150 元/本,2005 年 120 元/本,2004 年 120 元/本,光盘 2000—2003 年 50 元/套,2004—2005 年 50 元/套,可联系邮购;

4) 邮寄方式为普通邮寄,需要挂号或特快专递服务需另加收费用。

邮局汇款:地址:北京市西直门外车公庄大街 19 号

邮编:100044

单位:《暖通空调》杂志 邮购部

电话:(010)68362755,68302897

传真:(010)88373572 联系人:金庆平

银行汇款:收款单位:亚太建设科技信息研究院

开户银行:中行北京新世纪饭店支行

账号:804312859408091001

(本 刊)