

《健康建筑评价标准》舒适章节解读——热舒适

喻 伟^{1,2}, 赵栩远^{1,2}, 李百战^{1,2}

(1. 教育部绿色建筑与人居环境营造国际合作联合实验室, 重庆大学, 400045, 重庆; 2. 科技部低碳绿色建筑国际联合研究中心, 重庆大学, 400045, 重庆)

摘 要: 对《健康建筑评价标准》舒适章节中热舒适条文进行解读, 其中控制项条文对围护结构热工特性进行了强制规定; 评分项条文分别从供暖空调热湿环境整体热舒适与局部热舒适, 自由运行建筑热湿环境适应性热舒适与营造, 室内环境湿度控制等方面进行了规定, 并对热湿环境监控和发布进行了要求, 体现了标准的可感知性; 提高与创新中强调了基于人体热感觉的供暖空调系统调控方法, 体现了标准以人为本的主旨。

关键词: 整体热舒适; 局部热舒适; 适应性热舒适; 监控系统

中图分类号: TU-023 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-4726(2018)05-0489-04

INTERPRETATION OF THERMAL COMFORT CLAUSE FROM ASSESSMENT STANDARD FOR HEALTHY BUILDING

YU Wei^{1,2}, ZHAO Xu-yuan^{1,2}, LI Bai-zhan^{1,2}

(1. Joint International Research Laboratory of Green Building and Built Environment of Ministry of Education of P.R. China, Chongqing University, 400045, Chongqing, China; 2. National Centre for International Research of Low-carbon and Green Buildings of Ministry of Science and Technology of P.R. China, Chongqing University, 400045, Chongqing, China)

Abstract: This paper interprets the thermal comfort clause of *Assessment Standard for Healthy Building*. The Prerequisite Items formulate the thermal characteristics of the envelope. The Scoring Items assess overall and local thermal comfort of heated and cooled buildings, adaptive thermal comfort and environment establishment of free-running buildings. At the same time, the Scoring Items request information of thermal environment by monitoring and publishing system, which expresses the perceptibility of the standard. Promotion and Innovation emphasizes a new control strategy of HVAC system based on human thermal sensation, which reflects people-oriented theme.

Keywords: overall thermal comfort; local thermal comfort; adaptive thermal comfort; monitoring system

现代社会中, 人的一生有超过 80% 的时间是在室内度过。随着社会生产力的发展和人民生活水平的

收稿日期: 2018-01-15

基金项目: 长江流域建筑供暖空调解决方案和相应系统 (2016YFC0700300)

作者简介: 喻伟 (1983—), 男, 重庆人, 重庆大学城市建设与环境工程学院副教授, 博士, e-mail: yuweixsq@126.com.

提高, 人们对室内热环境的要求也越来越高。欧美各国已在 20 世纪 60 年代开始陆续颁布相关的热舒适标准用以指导建筑设计和评价热舒适状况的标准, 比较有代表性的是美国的 ASHRAE55 标准^[1]和欧洲的 ISO7730 标准^[2]。我国则在 2012 年由重庆大学和中国建筑科学研究院主编了 GB 50785—2012《民用建

活热水水温在线监测要求。除了前文提及的水质定期检测外, 对建筑内各类用水水质实施在线监测, 能够连续实时掌握各类用水系统的水质状况, 进一步提高水质安全保障工作的及时性和有效性。对集中生活热水水温实施在线监测, 能够帮助运维管理部门及时发现热水系统温度的异常, 并及时采取措施, 避免水温过低造成军团菌滋生、水温过高造成烫伤事故等问题的发生。参评建筑根据用水系统种类参评各款。

(3) 水质检测结果公示。《标准》水章节还鼓励物业部门对建筑各类用水水质检测情况进行公示, 旨在实现水质安全监督, 使用户及时掌握水质指标状

况, 提升用水心理体验。

4 结束语

《标准》水章节的条文设置旨在鼓励和引导健康建筑在满足建筑给水排水相关国家、地方及行业标准的基础上, 通过经济技术比较选择最优方案, 尽量提升供水品质, 优化用水环境, 提高排水效率, 减少环境危害, 为建筑使用者生理和心理健康发展提供保障。

参考文献

- [1] 王清勤, 李国柱, 孟冲, 等. 健康建筑的发展背景、标准、评价及发展平台 [J]. 建筑技术, 2018, 49(1): 5-8.

筑室内热湿环境评价标准》^[3]，用来引导建筑室内热环境营造与评价。总体来说，国内外热舒适标准对于室内热湿环境的热舒适要求进行了基本规定，营造出健康舒适的热湿环境是研究建筑节能及绿色建筑的基础性问题。

1 研究背景

人们所在热湿环境是一个受多种热湿环境参数扰动影响、不断变化的动态过程，同时人不仅是环境刺激的被动接受者，还是积极的调节者和适应者。人是自然进化而来，随自然节律，一年四季不同时期对室内热湿环境参数要求也会不同。《健康建筑评价标准》（以下简称《标准》）在第6章“舒适”部分对热舒适评价与营造进行了规定，强调了动态热舒适，提出具备舒适性、满足心理和生理健康的室内热环境才是人们的理想追求，以人体动态热舒适为前提，令使用者切身感受到健康建筑带来的直接效果。具体指标及对应要求或评分值见表1。

表1 “热舒适”技术指标内容及其分值设定

条文类型	条文号	技术指标关键词	分值设定
6.1 控制项	6.1.7	围护结构热工性能	必须达标
6.2 评分项	6.2.17	人工冷热源热湿环境	6分
	6.2.18	局部不满意率	6分
	6.2.19	非人工冷热源热湿环境	6分
	6.2.20	空气相对湿度	5分
	6.2.21	室内热舒适监测与发布	7分

2 《标准》控制项条文解读

围护结构一方面将建筑室外与室内形成物理分隔，另一方面又不可避免地进行着室内外的热湿传递。在夏季，室内过热容易影响人体舒适与健康；在冬季，人体除受室内气温的影响外，围护结构内表面的冷辐射对人体热舒适影响也很大。因此优秀的围护结构热工设计应该是为提供舒适的室内热环境服务，使得自由运行状态下室内温度能在更多时间进入舒适区间，同时有效降低室内温度峰值。围护结构内表面温度作为控制围护结构热工性能最重要的指标，能够更直接地判定围护结构保温、隔热性能的优劣。由于目前节能设计标准中都对围护结构各部件有强制性条文约束，基本性能得以保证，在此基础上，针对围护结构部件主要内容——东西外墙和屋面进行规定。

(1) 标准要求外围护结构内表面温度不低于露点温度，这样做的目的是防止结露。建筑物内表面出现结露现象后，会产腐蚀、发霉、材料性质发生变质；同时由于霉菌孢子扩散，会产生臭味、恶化室内环境；特别霉菌在温度25~30℃、湿度在80%以上，

且有充足的氧气条件下可引起大量霉菌繁殖，并能传播真菌疾病，危害身体健康。

(2) 标准分别对外墙和屋顶在夏季的内表面最高温差和冬季的允许温差进行了限制，以此考察围护结构的隔热性能。围护结构外表面综合温度的波幅可超过20℃，如果外墙的隔热性能不佳，则会造成外墙内表面温度波动增大，使外墙内表面平均辐射温度大幅超过人体热舒适的热辐射温度。屋顶所受太阳辐射大于外墙，且内表面的表面放热系数小于外墙内表面，屋顶的内表面温度比外墙的内表面温度更难控制，在气候相同条件下屋顶内表面平均辐射温度大于外墙内表面平均辐射温度，使室内热环境更差，所以将屋面的内表面最高温度在外墙基础上提高了0.5℃，基本热舒适要求提高了1℃。表2为夏季外墙和屋顶内表面最高温度限值要求^[4]。

表2 夏季外墙和屋顶内表面最高温度限值

类型	自然通风房间	空调房间	
		重质围护结构 ($D \geq 2.5$)	轻质围护结构 ($D < 2.5$)
内表面最高 温度 θ_{\max}	外墙	$\leq t_{e-\max}$	$\leq t_{r+3}$
	屋顶	$\leq t_{e-\max}$	$\leq t_{r+3.5}$

(3) 特别在冬季的保温要求中增加了防结露和基本热舒适两档要求，各地区可根据自己地区建筑的实际情况执行相应条文内容。表3为冬季外墙和屋顶内表面温度差限值要求。

表3 冬季外墙和屋顶内表面温度要求

类型	防结露	基本热舒适
允许温差 $\Delta t = t_r - \theta_i$ / (°C)	外墙	≤ 3
	屋顶	≤ 4

3 《标准》评分项条文解读

室内热湿环境直接影响人体热舒适，真实的供暖空调房间大多属于非均匀环境，存在部分空间舒适，另一部分空间过热或过冷的现象，对使用者舒适度影响巨大，还易导致使用者因室内过冷过热而感冒生病的现象。

建筑室内热湿环境可划分为人工冷热源热湿环境与非人工冷热源热湿环境，前者指使用供暖、空调等人工冷热源进行热湿环境调节的房间或区域；后者指未使用人工冷热源，只通过自然调节或机械通风进行热湿环境调节的房间或区域。不同的热湿环境评判标准有所区别^[5]。

3.1 人工冷热源热湿环境

人工冷热源室内热湿环境的整体评价，根据PMV或PPD的计算结果，设定了I级、II级和III级

3个评价等级, 划分依据见表4, 《健康建筑评价标准》要求达到II级以上才可得分。*PMV*是一个集温度、湿度、辐射温度、风速、服装热阻和人体代谢率的综合计算出的指标^[4]。研究发现, *PMV*在评价空调或供暖建筑准确度高, 因此在世界各国的室内环境评价中多用于评价人工冷热源室内环境。其计算方法可参考标准GB 50785—2012《民用建筑室内热湿环境评价标准》^[3]。划分热湿环境等级的目的是根据建筑的使用要求、气候、适应性等条件, 合理控制室内热湿环境, 鼓励营造舒适、节能的室内热湿环境。

表4 整体评价指标

等级	整体评价指标	
I级	$PPD \leq 10\%$	$-0.5 \leq PMV \leq +0.5$
II级	$10\% < PPD \leq 25\%$	$-1 \leq PMV < -0.5$ 或 $+0.5 < PMV \leq +1$
III级	$PPD > 25\%$	$PMV < -1$ 或 $PMV > +1$

因此, 在供暖空调房间室内热湿环境进行等级评价时, 也应考虑局部评价指标进行等级判定。局部评价指标包括冷吹风感引起的局部不满意率(LPD_1), 垂直空气温度差引起的局部不满意率(LPD_2)和地板表面温度引起的局部不满意率(LPD_3)。局部不满意率的指标见表5, 标准要求达到II级以上才可得分, 局部不满意率的计算参考《民用建筑室内热湿环境评价标准》。

表5 局部热感觉评价指标

等级	局部评价指标		
	冷吹风感 (LPD_1)	垂直空气温度差 (LPD_2)	地板表面温度 (LPD_3)
I级	$LPD_1 < 30\%$	$LPD_2 < 10\%$	$LPD_3 < 15\%$
II级	$30\% \leq LPD_1 < 40\%$	$10\% \leq LPD_2 < 20\%$	$15\% \leq LPD_3 < 20\%$
III级	$LPD_1 \geq 40\%$	$LPD_2 \geq 20\%$	$LPD_3 \geq 20\%$

3.2 非人工冷热源热湿环境

非人工冷热源热湿环境的评价, 以预计适应性平均热感觉指标 $APMV$ ^[5, 6] 作为评价依据。《健康建筑评价标准》要求 $APMV$ 值在 $-1 \sim 1$ 之间方可得分, $APMV$ 的计算方法为:

$$APMV = PMV / (1 + \lambda \cdot PMV) \quad (1)$$

式中的 λ 为自适应系数, 体现了自由运行建筑中人员的适应能力, 该值是根据全国5个气候区28000份现场调研数据和超过500份的人工气候室实验数据所得^[7, 8], 数据涵盖了全国各地、各类型的非人工冷热源建筑。自适应系数 λ 取值见表6。

$APMV$ 模型认为人在室内热环境中具有自我调节能力, 如在室外气候条件适宜的情况下, 相比于稳态气流, 自然风对于人体接受度更强, 使用者在自由运

表6 不同气候区自适应系数取值

建筑气候区		居住建筑、商店建筑、旅馆建筑及办公室	教育建筑
严寒、寒冷地区	$PMV \geq 0$	0.24	0.21
	$PMV < 0$	-0.50	-0.29
夏热冬冷、夏热冬暖、温和地区	$PMV \geq 0$	0.21	0.17
	$PMV < 0$	-0.49	-0.28

行状态的建筑中具有更强的适应性; 同时, 合理的自然通风调节措施也有助于建筑节能。因此, 无论从人体适应性热舒适的角度, 还是从建筑节能减排的角度, 均鼓励尽量采用自然通风等被动调节措施来营造舒适热环境。

3.3 湿度控制

标准建议采用合理的措施控制室内相对湿度, 其中室内相对湿度在30%~70%之间即可得分。控制湿度的原因是因为高湿和低湿对健康都是不利的^[9]。

空气湿度对呼吸系统的直接影响体现在呼吸道及其黏膜表面的影响。湿度较低时, 黏膜表面会变得干燥, 在呼吸道外表面黏液聚集在一起导致其上绒毛的清洁作用和噬菌作用削弱, 从而令人感到不舒适并容易感染呼吸道疾病。湿度过高则会造成上呼吸道黏膜表面的对流和蒸发冷却作用降低, 黏膜表面得不到充分冷却而使人感到吸入的空气闷热、不舒适。

空气湿度还对人体健康产生间接影响。湿度的不同会影响室内微生物的生长, 从而间接对人体健康产生影响。如霉菌多喜欢在室温20℃以上, 湿度60%以上的环境生长, 容易引发各种过敏症, 对身体抵抗力弱的人还会造成真菌感染症。如果空气过于干燥, 室内环境中容易飞扬尘土, 也会影响人们的健康状况。

综上所述, 将湿度控制在合理的范围, 能减少潮湿或干燥对皮肤及眼睛的刺激, 降低静电、细菌生长和呼吸性疾病的危害, 有助于营造人体舒适和健康的室内空气湿度环境^[11]。为使主要功能房间空气相对湿度维持在30%~70%之间, 可在空调系统中集中设置具有加湿和除湿功能的装置, 或在室内或空调系统末端设置独立的具有加湿和除湿功能的空气调节设备。

3.4 监测与发布

室内热舒适状况随着温湿度、人员数量、设备运行状态等影响下不断变化, 为保证人们能处于理想的室内热环境, 必须不断收集热舒适相关的监测数据^[12]。而温湿度、行为监测等传感装置和智能化技术的完善, 人们已能对室内热舒适状况有进一步了解。当有人员在室内停留, 所监测的热环境偏凉或偏

热时,系统应做出警示,建筑设备系统应根据此指标做出及时调整。将监测发布系统与建筑室内环境调控设备组成自动控制系统,可实现室内环境的智能化调控,维持建筑室内环境健康舒适的同时减少不必要的能源消耗。

因此,标准规定室内热舒适监测与发布系统具有监测室内温度、湿度、空调能耗等功能,且具有实时显示温湿度、存储至少1年的监测数据等功能,另就是发布系统结合人员在室率情况及监测数据,引导供暖通风空调系统运行,保障人在室80%以上时间热舒适。

对于公共建筑,在公共空间显著位置安装热舒适监测与发布系统,建议安装显示屏对数据进行展示;对于居住建筑,在室内设置显示装置或使用具有推送功能的软件程序等方式向用户定向发布室内热舒适评价结果及改善建议。

4 提高与创新

长期处在稳态空调环境中会降低人的热适应能力,导致人体体温调节功能衰退和抗病能力下降,甚至“空调不适症”“SBS”等症状。由于缺乏科学的调控方法,有时用户常在使用初期设置极高或极低的温度,以期更快地调节室内热环境,但通常后期忽略将温度设置回舒适的范围,导致环境过冷或过热;同时也存在部分使用者并不清楚舒适温度的范围设置了不合理的温度,不合理的室内温度设定值不仅会导致不舒适,也造成了能源浪费^[15]。

因此,在提高与创新部分设置了“主要功能房间的供暖空调系统可基于人体热感觉进行动态调节”的条文,强调室内热环境的可调控性,旨在改进现有的室内热环境以温度调控为主的方法,既能为用户提供满足其需求的舒适热环境,又能防止不合理温度设定值带来的供暖及空调用能浪费。本条鼓励空调系统采用基于人体热舒适感觉的热环境控制系统来对室内热环境进行调控,如房间使用者通过人机交互界面,向室内环境控制系统传达冷、热感觉,控制系统根据使用者的热感觉对热环境进行控制。

5 结束语

行业标准《健康建筑评价标准》热舒适部分从建筑的保温、防湿、隔热设计进行了基本规定,兼顾了供暖空调热湿环境整体热舒适与局部热舒适、自由运行建筑热湿环境适应性热舒适与营造、室内环境湿度控制等方面,并对热湿环境监控和发布进行了要求,

强调了基于人体热感觉的供暖空调系统调控方法,体现了标准的可感知性以及“以人为本”的主旨,最终将为营造健康建筑室内热湿环境提供科学依据。

参考文献

- [1] Thermal environmental conditions for human occupancy:ASHRAE. Standard 55—2013[S].
- [2] Ergonomics of the thermal environment:ISO 7730—2005[S].
- [3] 民用建筑室内热湿环境评价标准:GB/T 50785—2012[S].
- [4] 民用建筑热工设计规范:GB 50176—2016[S].
- [5] 李百战,景胜蓝,王清勤,等.国家标准《民用建筑室内热湿环境评价标准》介绍[J].暖通空调,2013,43(3):1-6.
- [6] Fanger P O. Thermal comfort [M]. Copenhagen: Danish Technical Press, 1970.
- [7] YAO R, LI B, LIU J. A theoretical adaptive model of thermal comfort-adaptive predicted mean vote (APMV) [J]. Building and Environment, 2009.
- [8] YAO R, LIU J, LI B. Occupants adaptive responses and perception of thermal environment in naturally conditioned university classrooms [J]. Applied Energy, 2010, 87(3):1015-1022.
- [9] 刘红,李百战,马晓磊.夏热冬冷地区非采暖空调室内可接受温度范围[J].土木建筑与环境工程,2011,33(4):127-133.
- [10] LIU J, YAO R, LI B. Occupants behavioral adaptation in workplaces with non-central heating and cooling systems [J]. Applied Thermal Engineering, 2012, 35(3): 40-54.
- [11] 田元媛.热湿环境下人体热反应的研究[D].北京:清华大学,2001.
- [12] HAYAKAWA K, ISODA N, YANASE T. 1989. Study of the effects of air temperature and humidity on the human body during physical exercise in the summer[J]. Journal of Architecture, Planning, and Environmental Engineering (Transactions of AIJ), No. 405.
- [13] 谈美兰.夏季相对湿度和风速对人体热感觉的影响研究[D].重庆:重庆大学,2012.
- [14] KUMAR P, MARTANI C, MORAWSKA L, et al. Indoor air quality and energy management through real-time sensing in commercial buildings [J]. Energy Build, 2016(111):145-153.
- [15] 王福林,陈哲良,江亿,等.基于热感觉的室内热环境控制[J].暖通空调,2015(10):72-75.

住房和城乡建设部标准定额司发布关于征求 行业标准《装配式住宅建筑检测技术标准 (征求意见稿)》

近日,住房和城乡建设部标准定额司发布关于征求行业标准《装配式住宅建筑检测技术标准(征求意见稿)》意见的函,对装配式建筑施工质量检测进行了详细规定,重点明确了装配式混凝土结构、装配式钢结构及装配式木结构3大结构类型检测内容,每章节均分为一般规定、材料、构件及连接4项内容。同时该标准对外围护系统检测、设备与管线系统检测及内装系统检测等其他系统检测内容也进行了规定。