

# 养老机构建筑采暖期室内热舒适研究

苏媛<sup>1</sup>, 宫阿如汗<sup>1</sup>, 周博<sup>1</sup>, 刘冲<sup>2</sup>

(1. 大连理工大学 建筑与艺术学院, 辽宁 大连 116081; 2. 中国核工业华兴建设有限公司, 江苏 南京 210000)

**摘要:** 目前, 我国人口老龄化程度越来越高, 快速增长的老龄人口形成社会压力的同时, 老年人的居住问题和养老建筑的缺口也愈发突出。老年人由于生理调节能力及代谢率的下降, 对于室内物理环境的感知与青壮年存在差异。养老建筑的室内热环境应该根据老年人不同需求来进行个性化设计。选择我国养老宜居城市大连市的机构养老建筑作为研究对象, 进行冬季供暖期间室内热环境实测与使用者满意度调查, 分析养老建筑不同空间热环境所存在的问题及适宜老年人居住满意度的热舒适区间。探讨采暖期不同楼层、不同朝向、不同功能空间对于室内热环境的影响, 为同气候地区养老建筑不同空间热环境营造提供参考。

**关键词:** 健康养老; 室内环境; 热舒适; 养老机构

中图分类号: TU111; TU832

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2023)03-0409-08

## Study on indoor thermal comfort of nursing home buildings during heating period

SU Yuan<sup>1</sup>, GONG Aruhan<sup>1</sup>, ZHOU Bo<sup>1</sup>, LIU Chong<sup>2</sup>

(1. School of Architecture and Fine Art, Dalian University of Technology, Dalian 116081, China;

2. China Nuclear Industry Huaxing Construction Co., Ltd., Nanjing 210000, China)

**Abstract:** At present, the aging population in China is becoming increasingly high, and the rapidly growing elderly population is forming social pressure. At the same time, the housing problems of the elderly and the gap in nursing homes are also becoming increasingly prominent. Due to the decline of physiological regulation ability and metabolic rate, the elderly have different perceptions of indoor physical environment from young adults. Therefore, the indoor thermal environment of nursing homes needs to be designed according to the diverse needs of the elderly. In this paper, the institutional nursing homes in Dalian, a livable city for the elderly in China, are selected as the research objects. The indoor thermal environment measurement and user satisfaction survey during winter heating period are carried out to analyze the problems existing in the thermal environment of different spaces in the elderly nursing homes and the thermal comfort interval suitable for the elderly's living satisfaction. The influence of other floors, different orientations, and different functional areas during the heating period on the indoor thermal environment is also discussed, and it is expected to provide a reference for the construction of different space thermal environment of nursing home buildings in the same climate area.

**Key words:** healthy pension; indoor environment; thermal comfort; nursing homes

根据第七次全国人口普查数据显示, 全国 12 个省份 65 岁及以上老年人口比重超过 14%, 已进入深度老龄化阶段。其中, 辽宁省以 17.42% 的比例位居全国第一, 吉林、黑龙江也分别超过 15%, 我国东北地区开始向超老龄化社会发展<sup>[1]</sup>。除居家养老之外, 为满足更多的养老与服务需求, 越来越多的人选择机构养老模式。近年来全国各类养老机构发展迅速, 床位数呈快速增长趋势, 但目

前养老机构供给量与市场需求量仍有差距。针对老龄化问题, 2021 年 11 月发布的《中共中央、国务院关于加强新时代老龄工作的意见》中提出进一步规范发展机构养老, 建立健全养老服务标准和评价体系<sup>[2]</sup>。2020 年 5 月辽宁省政府办公厅发布的《关于推进养老服务发展的实施意见》提出到 2022 年全省养老机构护理型床位占比不低于 50%<sup>[3]</sup>。截至 2020 年末, 辽宁省养老床位总数为

收稿日期: 2021-12-20

修回日期: 2023-05-04

基金项目: 国家自然科学基金项目(51978119)

第一作者: 苏媛(1981—), 女, 博士, 副教授, 主要从事建筑物物理环境与节能技术研究方向的研究。E-mail: suyuan@dlut.edu.cn

248 417 个,对应第七次人口普查数据中辽宁省 25.72%的老年人占比还有很大缺口。

大连以优越的地理环境及舒适的气候条件,成为东北地区老年人首选的养老目标城市。第七次全国人口普查中,大连以 745 万人口进入特大城市行列。在 21 座城市中大连人口数最少,60 岁以上老年人口却以 24.71% 的占比排在首位<sup>[4]</sup>。根据大连市民政局 2020 年底统计数据显示,大连市共有各类养老设施与服务机构共 196 所,为老年人提供养老服务。通过对大连市居家养老、小型社区养老与机构养老调查中发现,现有养老机构中普遍存在热舒适性差、老年人需要经常性自行调节室内温湿度的情况。

在国内外相关研究中,越来越多研究数据表明热舒适和热适应性是影响老年人健康的重要指标<sup>[5-6]</sup>。对于老年人居住建筑进行适老性设计的同时也需注重室内物理环境的营造<sup>[7]</sup>。老年人居住建筑室内热舒适方面,学者对地区老人居住环境进行实地调查,发现养老院热环境以及老年人的热舒适度、热感觉和适应行为存在显著的季节性变化<sup>[8-9]</sup>。当前热舒适模型不能有效反映老年人热舒适度<sup>[10]</sup>。通过对比老年人与青年人实际热感觉差异,发现老年人生理、心理和行为特点会影响到老年人热适应模型和实际热感受<sup>[11]</sup>。并且人的热舒适温度会受到年龄的影响<sup>[12]</sup>,不同年龄段热舒适温度范围差异较大<sup>[13]</sup>。由于老年人生理机能的下降,养老机构的设计和运营过程当中需要保证适宜的室内热环境,避免过热过冷环境对老年人舒适度和健康产生负面影响<sup>[14]</sup>。此外,建筑朝向差异对围护结构内表面温度影响显著<sup>[15]</sup>。

不同地区养老院测量数据均显示室内温度、湿度、噪音均存在不满足舒适标准的情况<sup>[16]</sup>,不同功能房间存在过冷或过热的问题<sup>[17]</sup>。并且,不同地区老年人热舒适温度范围存在差异。如苏州和哈尔滨地区冬季室内热舒适温度范围为 22~24℃ 和 20.37~22.17℃<sup>[17-18]</sup>;西安、太原同是寒冷地区,老年人冬夏季热中性温度有一定差异,分别为 22.4℃、26.0℃ 和 19.4℃、23.1℃<sup>[19,12]</sup>。目前东北地区室内外热舒适研究主要集中在办公建筑<sup>[20]</sup>、公共建筑<sup>[21]</sup>、居住区室内外物理环境。对于既有养老机构室内热环境相关研究较少。近年来,部分学者通过实验研究热环境对人体热生理反应的影响<sup>[22]</sup>,并针对既有养老建筑功能分布不合理、热舒适性差等问题提出改善措施<sup>[23]</sup>。

梳理以往研究发现:(1)室内热环境对于老年

人健康水平产生影响,且既有养老机构室内热环境存在不符合 ISO7730 标准所制定舒适范围的情况。(2)老年人与青年人相比较热需求会有所不同,且不同气候区热舒适范围存在差异,对不同气候区养老机构建筑开展热舒适相关研究有必要性且具有现实意义。

本文以环境宜居的滨海城市大连市代表性机构养老建筑作为主要研究对象。通过对室内热环境进行实测与发放问卷调查老年人主观热舒适水平,获得大连市既有机构养老建筑室内热环境现状与存在问题。基于 ASHRAE55 和 ISO7730 标准对所获得的数据与问卷进行分析,对影响大连地区机构养老建筑居住老年人热满意因素进行总结。

## 1 研究对象和研究方法

养老院调研时应侧重考虑建筑养老建筑功能齐全,可为老年人提供居住、餐食、医疗、会议、休闲等多种功能,可通过不同功能分区热环境实测数据为同类型养老建筑提供参考。且养老院入住率较高的话可获得大量调研问卷,提高调研内容准确性。基于以上原则,研究对象选取了位于大连市甘井子区的某养老机构,该建筑配套设备完善,可为老年人提供康养为主、医疗康复为辅的综合性服务。该养老机构于 2022 年辽宁省“模范养老机构”评选中获得冠军,在大连市养老机构中有一定的研究代表性。该机构于 2016 年建成,建筑占地面积约 700 m<sup>2</sup>,共四层,总建筑面积 2 576.11 m<sup>2</sup>。建筑一层设置前厅、接待、餐厅等功能,一层剩余空间与 2~4 层均为卧室功能。养老机构床位数为 96 张,入住老年人人数为 47 人,对其中健康且能够自主作答问卷的 39 位老人进行问卷调研。

养老院冬季采暖为市政集中式供暖,采暖温度恒定,老年人居住卧室没有配置空调,房间无过冷过热现象。本文从不同楼层、不同朝向、不同功能空间作为出发点,对该机构养老建筑冬季室内热湿环境进行实测和对比分析。为避免单日或短时间实测会受到室外天气影响,造成室内热环境数据出现较大误差。选取实测时间为 2021 年 12 月 17 日至 23 日共七日,实测数据记录频率为每五分钟一次。养老建筑内共布置了 12 个测试点位。一层和标准层测点布置情况如图 1 所示。每层选取一南一北两个老人房间放置测点。A-7~A-12 用于 2~4 层老年人卧室温湿度监测,A-9~A-12 点位与 A-7、A-8 位置相同。

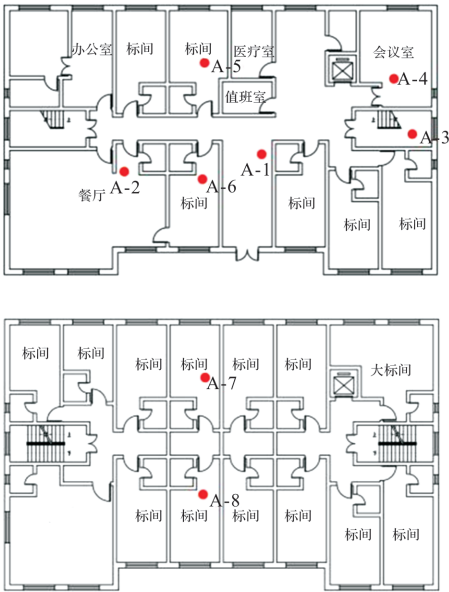




图 1 一层和标准层测点布置示意图  
(图片来源：作者自绘)

Fig. 1 Schematic layout of measurement points on the first floor and standard floor

表 1 是实测仪器主要参数与测量范围。研究采用 WSZY-1 温湿度自记仪与 SSDZY-1 型热舒适度记录仪对养老建筑内不同空间进行空气温度、相对湿度、空气流速等室内热环境参数进行连续实测。设备高度根据《民用建筑室内热湿环境评价标准》设置。卧室、理疗室根据卧姿 0.40 m 布置；餐厅、会议室、多媒体室按坐姿 0.75 m 设置；走廊、大厅按立姿 1.20 m 设置。环境客观参数每隔 5 分钟自动采集一次。实测期间，分时段对不同空间所停留老人发放热舒适满意度问卷，收集老人对于室内热环境的主观感受与评价。调研问卷主要包括填表日期、调研对象基本信息，包括性别、年龄，居住房间信息等。以及室内环境满意度调研，包括衣着、活动状态、光环境、热湿环境、声环境满意度及室内环境改善意见等。

表 1 实测仪器主要参数与测量范围

Tab. 1 Main parameters and measurement range of measured instrument

设备名称	设备图例	物理量 (功能)	测量参数 范围
SSDZY-1 型 热舒适度 记录仪		温度	-20~80℃
		湿度	0.01%~99.9%
		黑球温度	-20~+80℃
		风速	0.05~5 m/s
WSZY-1 温 湿度自记仪		温度	-40~100℃
		湿度	0~100%RH

## 2 室内热环境实测数据分析

### 2.1 室内热环境分析

大连市供暖时间为每年 11 月 5 日至次年 4 月 5 日。本文选取 2021 年 12 月 17 日至 23 日对该机构养老建筑进行了不间断实测。根据冬季室内温湿度统计结果发现，实测期间养老建筑室内温度最大值为 25.4℃，最小值为 21.0℃，日平均值在 22.2~24.1℃ 之间。建筑室内湿度最大值为 41.6%，最小值为 27.9%，日平均值在 31.9%~35.0% 之间。满足《室内空气质量标准》规定的冬季室内舒适温度 16~24℃ 与湿度 30%~60% 的要求。各功能房间与老人卧室夜间温度变化较小，白天受到室外太阳辐射的影响，温度随时间的推移逐渐升高，在中午 13 时左右达到最大值并开始下降。调研期间，居民感觉室内空气比较干燥，部分老人经常采取拖地、洒水等主动措施进行加湿处理。

### 2.2 不同功能房间热环境分析

该养老建筑一层为主要公共房间，包括大厅、餐厅、会议室、厨房以及部分老人卧室。不同功能房间因使用性质不同，会对区域房间内热环境产生影响。既有研究表明居住者不宜长期逗留在不冷不热的热中性环境中，营造接近自然变化的动态热环境更符合人体与生俱来的热需求<sup>[5]</sup>。但温度相差过大的室内环境易导致老年人生理性疾病。

根据老人活动范围与时常调研，老年人白天在卧室活动时间最长，平均 3~6 h 之间，行动不便老人甚至达到 8 h 以上；在走廊、餐厅等公共区域活动时间为 1.5 h 左右。楼梯间、会议室、大厅整体温度低于卧室房间，老年人不喜欢白天活动、锻炼期间到这些区域。一楼不同功能房间室内温湿度分布如图 2 和 3 所示，卧室房间中午温度高于《室内空气质量标准》规定的冬季室内舒适温度 2℃。根据问卷调查结果显示，在此温度区间，57% 的老年人认为处于舒适水平。一层各房间温湿度差异较大，卧室与餐厅温度略高。楼梯间、大厅、等区域虽符合冬季室内温度标准要求，但距离老年人热偏好温度相差 3.2℃。各房间湿度环境距离舒适性相差 3.6%。

### 2.3 不同朝向房间热环境分析

建筑朝向是建筑空间形态要素之一，不同朝向房间日间太阳辐射得热量不同。在本案例养老机构建筑中，顶层房间与底层房间受室外环境与

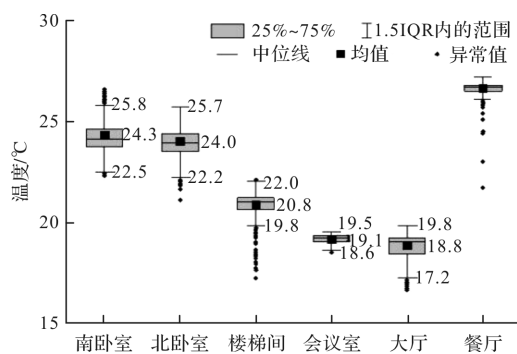


图2 冬季不同功能房间日平均温湿度分布图

(图片来源: 作者自绘)

Fig. 2 Daily average temperature of different functional rooms in winter

周围不同功能房间影响较大, 不同朝向房间热环境情况分析数据选择2~3层不同朝向卧室作为主要研究对象。根据老年人活动习惯, 在24小时数据内选择夜间0~3时、上午8~11时、中午11~13时、下午14~17时区间数据进行分析。不同朝向卧室室内温湿度变化趋势如图4和5所示。

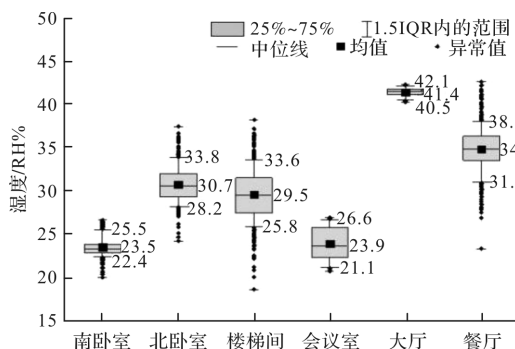


图3 冬季不同功能房间日平均湿度分布图

(图片来源: 作者自绘)

Fig. 3 Daily average humidity of different functional rooms in winter

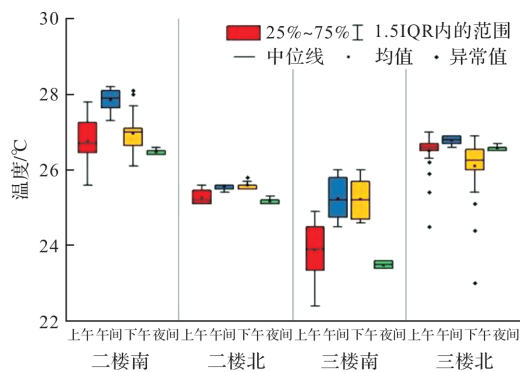


图4 不同朝向老人卧室温度变化趋势图

(图片来源: 作者自绘)

Fig. 4 Temperature change trend in bedrooms of the elderly with different orientations

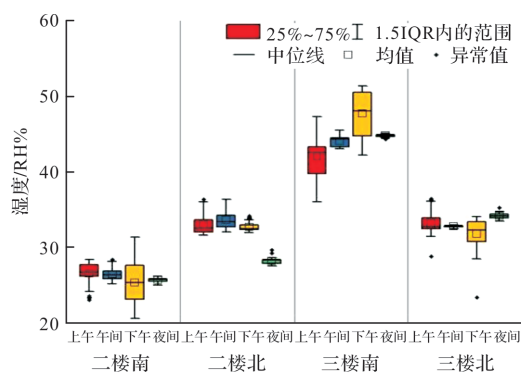


图5 不同朝向老人卧室温湿度变化趋势图

(图片来源: 作者自绘)

Fig. 5 Temperature and humidity change trend in bedrooms of the elderly with different orientations

四个房间夜间温度均处于稳定状态, 平均温度23.6℃以上。早8时开始, 室内温度上升, 老年人开门加强通风, 使室内温度降低或保持不变。南北向房间午间温度均高于标准范围1.5~2.7℃, 最高温度达到28.1℃。总体来看, 该养老建筑采暖期供热较好, 老人卧室温度高于《室内空气质量标准》规定标准值的1.2℃。

对比南向房间, 北向房间因受室外影响较小, 整体湿度变化趋势平缓。不同朝向房间对比发现, 南向房间温湿度随时间规律性变化。北向房间温湿度变化主要受到使用者调节方式的影响。

## 2.4 不同楼层房间热环境分析

建筑结构的外围护结构是否节能会影响到建筑的整体节能性, 达不到节能标准的外围护结构设计也会影响机构养老建筑整体的热舒适性能。我国北方地区机构养老建筑多数是既有建筑改造或建造年限过长。建筑顶层与底层房间因房顶失热和对外出入口的影响难以保证室内稳定温湿度。该养老建筑建筑构造为砖混结构, 屋顶为钢筋混凝土板, 窗户为单层塑钢窗。建筑外围护结构与屋顶未铺设外保温材料, 保温性较差。

养老机构建筑不同楼层老人卧室室内温湿度变化趋势如图6和7所示对比不同楼层卧室温度环境发现, 一、四层卧室温度较低。这是由于一层卧室位于会议室、楼梯间附近, 受到部分不采暖房间的低温影响。四层为建筑顶层, 冬季寒冷条件下室内通过外围护结构损失的热量更大。二层、三层卧室温度水平接近, 在24℃左右, 老年人认为该室内温度较为舒适。

对比卧室湿度环境发现, 不同楼层湿度变化规律不同。根据调研问卷与实测数据, 分析原因主要有: 一楼南卧室靠近门厅, 日间开门通风使得湿度



为测试房间里最低. 四楼南卧室老人除房间统一供热外经常使用电暖器, 温度高于其他卧室. 四楼北卧室老人畏光, 白天也使用窗帘, 房间日照不足, 温度低于其他房间, 湿度偏高. 不同层高湿度环境受到室外环境、老人自调节方式、朝向差异的影响, 导致不同楼层、不同朝向房间的室内温度存在较大差异.

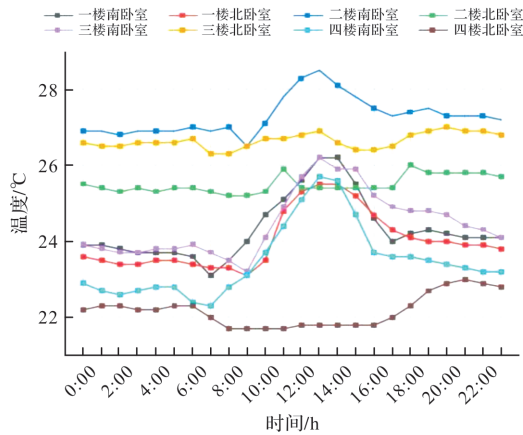


图6 不同老人卧室温度变化趋势图

(图片来源: 作者自绘)

Fig. 6 Changes in temperature in different bedrooms

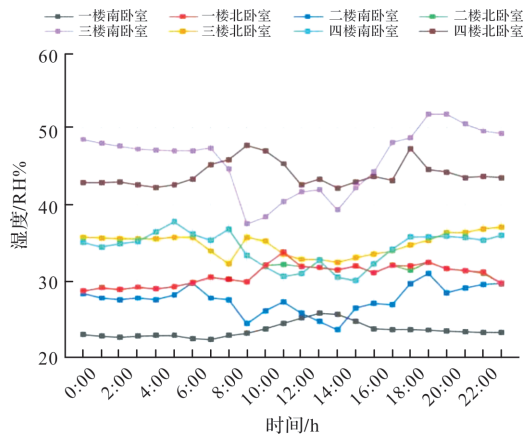


图7 不同老人卧室湿度变化趋势图

(图片来源: 作者自绘)

Fig. 7 Changes in humidity in different bedrooms

### 3 室内热舒适分析

本次调研问卷在每日上午10~11时固定时间发放, 共发放问卷39份, 回收率100%. 进行问卷调查的同时, 按老人活动状态调整设备高度, 问卷与热环境实测时长为30 min. 在回收问卷中, 女性22人, 占调研总人数的56%, 男性17人. 老年人活动区域及时长调研如图5所示. 在所有调研人群中, 在卧室房间中的老年人占据调研总人数的48.7%, 有25.6%的老年人在走廊、凉亭等公共区域活动, 有17.9%老年人在餐厅区域吃饭或聊天. 室内其他区域, 如大厅与楼梯间等地老年人活动较少. 根据

《民用建筑室内热湿环境评价标准》, 调研老年人的代谢率按30 min内活动状态进行计算. 老年人斜倚在床上或沙发上看书、看电视代谢率为0.8 met. 坐姿放松, 代谢率为1.0 met; 坐姿活动, 代谢率为1.2 met; 立姿放松, 代谢率为1.4 met. 调研老年人平均代谢率为1.06 met. 该代谢率按成年人标准计算, 老年人实际代谢率会较低. 根据问卷内容统计, 在调研期间老年着装多以上衣: 无袖背心、圆领T恤衫、毛衣或薄外套; 下装: 毛裤、长裤和拖鞋为主. 老人平均服装热阻为1.2 clo.

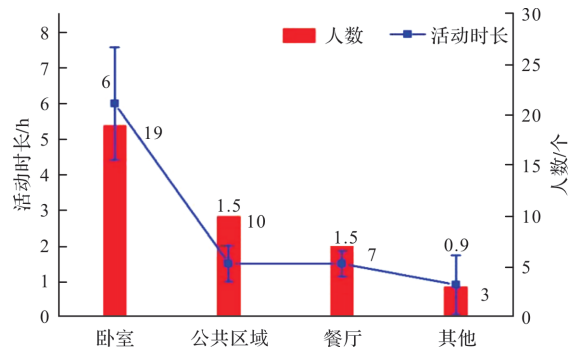


图8 老年人活动区域及时长调研

(图片来源: 作者自绘)

Fig. 8 Activity areas and duration for the elderly

为分析老年人对机构养老建筑使用空间总体满意度现状, 对建筑室内热湿环境、光环境和声环境进行了满意度问卷调查. 在受访人群中, 对于室内温度与湿度不满意率较高, 不满意率分别达到42%与32%. 光环境与声环境总体满意度较高, 分别有83%和96%的老年人表示非常满意、满意、较满意或刚好满意. 在总体物理环境调研中, 共有15%的老年人认为室内环境存在偏热、吵闹、干燥等问题. 有72.3%的老人经常主动调节室内环境, 有17.0%的老年人有时会主动调节室内环境, 偶尔调节室内环境的老人有10.6%.

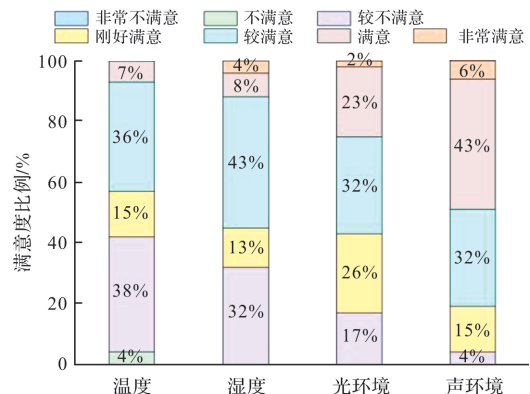


图9 冬季室内物理环境满意度调研

(图片来源: 作者自绘)

Fig. 9 Satisfaction of indoor physical environment in winter

在老年人对于养老建筑物理环境满意度调研的基础上,基于人体热舒适性评价模型 PMV-PPD(Predicted Mean Vote-Predicted Percentage Dissatisfied 预计热舒适指标-预计不满意百分数)对养老建筑室内老年人 PMV 值进行计算并对进行评价,提出室内热舒适性改善意见。标准 ISO7730 中规定 PMV 的舒适区是  $\pm 0.5$ <sup>[25]</sup>。养老建筑老年人冬季室内热感觉 PMV 变化趋势如图 10 所示。

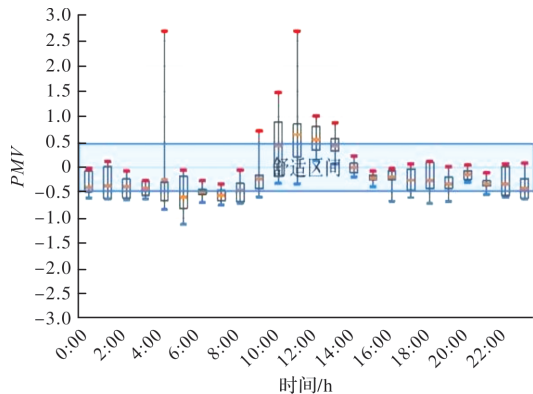


图 10 养老建筑冬季室内热感觉 PMV 逐时变化趋势

(图片来源:作者自绘)

Fig. 10 Hourly change trend of indoor thermal sensation PMV in elderly buildings in winter

建筑室内 PMV 平均值为  $-0.2$ , 波动范围在  $-0.5 \sim 1$  之间。对实测数据统计发现总实测数值的 69.4% 在  $-0.5 \sim 0.5$  之间, 此时室内温度在  $21 \sim 25^\circ\text{C}$  之间, 室内环境舒适, 满足老年人需求。8.4% PMV 值在 0.5 以上, 均出现在午间, 室内温度  $25^\circ\text{C}$  以上。每天室内热环境偏热的时间段持续 3~4 个 h。有 22.1% 数值在  $-0.5$  以下, 此时室内温度均在  $21^\circ\text{C}$  以下, 室内环境偏冷, 且该点位均在夜间 5 时左右, 室外温度过低, 室内热损失较大, 与舒适的室内热环境相差  $1^\circ\text{C}$  以上。

图 11 和 12 所示, 室内空气温度与 PMV 计算值呈正相关, 随着室内温度的升高, 室内热环境 PMV 逐渐变大。当温度小于  $21.6^\circ\text{C}$  时, 室内 PMV 值在  $-0.5$  以下, 室内热感觉较冷。当室内温度大于  $24.8^\circ\text{C}$  时, 室内 PMV 值在 0.5 以上, 室内热感觉偏热。室内湿度与 PMV 值呈负相关, 随着湿度的上升, 室内 PMV 值逐渐下降, 当室内湿度小于 51.3% 时, 室内热舒适 PMV 值大于  $-0.5$ , 室内环境比较舒适。通过回归结果中  $R^2$  对比发现, 温度是影响老年人热舒适的主要因素, 湿度对老年人热舒适影响较小。

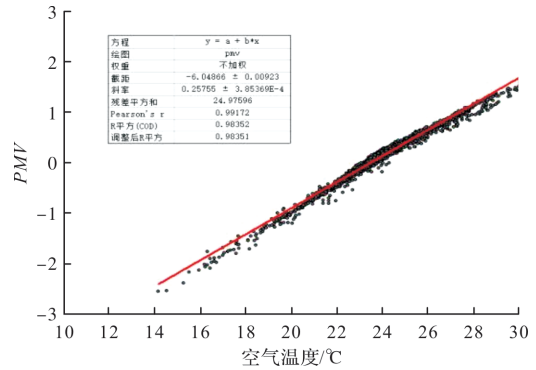


图 11 冬季室内温度与 PMV 线性回归分析

(图片来源:作者自绘)

Fig. 11 Linear regression analysis of indoor temperature and PMV in winter

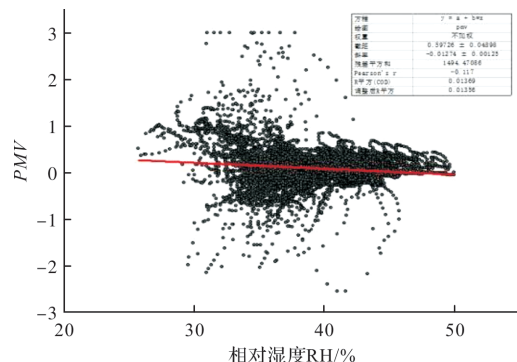


图 12 冬季室内湿度与 PMV 线性回归分析

(图片来源:作者自绘)

Fig. 12 Linear regression analysis of indoor humidity and PMV in winter

## 4 结论

本文对大连市养老机构建筑采暖期室内不同空间热环境变化规律及老年人热舒适区间进行分析, 得出以下结论:

(1) 分析室内热环境实测数据, 不同功能房间热环境与老年人卧室房间存在差异, 72.3% 老年人存在热调节行为;

(2) 不同功能房间、不同朝向及楼层老年人卧室, 南向房间、顶层及底层老年人卧室受室外热辐射、顶层散热和其他功能房间影响, 室内热湿环境存在差异;

(3) 大连市养老机构采暖期室内温度在  $21 \sim 25^\circ\text{C}$  之间时, 老年人 PMV 值在  $-0.5 \sim 0.5$  之间, 老年人对室内热环境满意度最高;

(4) 老年人热感觉能力与青年人存在差异, 热不适应性不明显, 对于室内热环境的要求更高。

## 参考文献 References

[1] 陈功. 我国人口发展呈现新特点与新趋势——第七次

- 全国人口普查公报解读[EB/OL]. 人民网网站, 2021. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1766638383992436926&wfr=spider&for=pc>.
- CHEN Gong. China's population development presents new characteristics and new trends——Interpretation of the Seventh National Census Communiqué[EB/OL]. People Website, 2019. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1766638383992436926&wfr=spider&for=pc>.
- [2] 中共中央、国务院. (授权发布)中共中央国务院关于加强新时代老龄工作的意见[EB/OL]. 新华网网站, 2021. [https://www.gov.cn/zhengce/2021-11/24/content\\_5653181.htm](https://www.gov.cn/zhengce/2021-11/24/content_5653181.htm).
- People's Republic of China State Council. (Authorized to issue) Opinions of the Central Committee of the Communist Party of China and the State Council on Strengthening the Work on Aging in the New Era[EB/OL]. Xinhua Website, 2021. [https://www.gov.cn/zhengce/2021-11/24/content\\_5653181.htm](https://www.gov.cn/zhengce/2021-11/24/content_5653181.htm).
- [3] 辽宁省人民政府办公厅. 辽宁省人民政府办公厅关于推进养老服务发展的实施意见[EB/OL]. 辽宁省人民政府, 2020. [http://www.syhp.gov.cn/zwgk/fdzdgknr/zdlyxxgk/tjjdbsc/ylfw/202303/t20230301\\_4398826.html](http://www.syhp.gov.cn/zwgk/fdzdgknr/zdlyxxgk/tjjdbsc/ylfw/202303/t20230301_4398826.html)
- Office of the People's Government of Liaoning Province. Implementation Opinions of the People's Government of Liaoning Province on Promoting the Development of Elderly Care Services[EB/OL]. The People's Government of Liaoning Province Website, 2020. [http://www.syhp.gov.cn/zwgk/fdzdgknr/zdlyxxgk/tjjdbsc/ylfw/202303/t20230301\\_4398826.html](http://www.syhp.gov.cn/zwgk/fdzdgknr/zdlyxxgk/tjjdbsc/ylfw/202303/t20230301_4398826.html)
- [4] 国家统计局. 经济社会发展统计图表:第七次全国人口普查超大、特大城市人口基本情况[EB/OL]. 国家统计局网站, 2021. [https://www.gov.cn/guoqing/2021-05/13/content\\_5606149.htm?eqid=f9f0f7f10000599c000000026462eede](https://www.gov.cn/guoqing/2021-05/13/content_5606149.htm?eqid=f9f0f7f10000599c000000026462eede).
- National Bureau of Statistics. Statistical Chart of Economic and Social Development: Basic Information on the Population of Mega Cities in the Seventh National Population Census[EB/OL]. National Bureau of Statistics Website, 2021. [https://www.gov.cn/guoqing/2021-05/13/content\\_5606149.htm?eqid=f9f0f7f10000599c000000026462eede](https://www.gov.cn/guoqing/2021-05/13/content_5606149.htm?eqid=f9f0f7f10000599c000000026462eede).
- [5] 朱颖心. 如何营造健康舒适的建筑热环境——建筑环境与人体舒适及健康关系的探索[J]. 世界建筑, 2021(3):42-45, 126.
- ZHU Yingxin. How to create a health and comfortable indoor thermal environment: Exploration on the relationship between the built environment and human comfort and health[J]. World Architecture, 2021(3): 42-45, 126.
- [6] 于竞宇, 於蓉, 张琦, 等. 基于机器学习的养老机构室内环境质量满意度评价模型[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2020, 52(4):587-593, 609.
- YU Jingyu, YU Rong, ZHANG Qi, et al. Evaluation model of indoor environment quality satisfaction for nursing homes based on machine learning[J]. J. Xi'an Univ. of Arch. & Tech. (Natural Science Edition), 2020, 52(4):587-593, 609.
- [7] 鉦井修一, 李永辉. 建筑热环境对人体热生理反应的影响与实验模拟研究[J]. 新建筑, 2019(5):18-22.
- HOKOI Shuichi, LI Yonghui. Effect of building's thermal environment on thermo-physiological response and experimental simulation[J]. New Architecture, 2019(5):18-22.
- [8] HWANG, RL, CHEN, CP. Field study on behaviors and adaptation of elderly people and their thermal comfort requirements in residential environments[J]. Indoor Air, 2010, 20(3): 235-245.
- [9] YU J, TANBIR HM, BAI Y, et al. A pilot study monitoring the thermal comfort of the elderly living in nursing homes in Hefei, China, using wireless sensor networks, site measurements and a survey[J]. Indoor Built Environ, 2020; 29:449-464.
- [10] HHGHES C, NATARAJAN S. Summer thermal comfort and overheating in the elderly[J]. Building Services Engineering Research & Technology, 2019, 40(4): 426-445.
- [11] JIAO Y, YU H, WANG T, et al. The relationship between thermal environments and clothing insulation for elderly individuals in Shanghai[J]. China. Journal of Thermal Biology, 2017, 7(12):28-36.
- [12] 郑武幸, 邵腾, 车栋, 等. 西安地区老年人热适应研究[J]. 暖通空调, 2022, 52(8):150-156, 136.
- ZHENG Wuxing, SHAO Teng, CHE Dong, et al. Adaptive thermal comfort of the elderly in Xi'an, China [J]. Heating Ventilating & Air Conditioning, 2022, 52(8):150-156, 136.
- [13] FORCADA N, GANGOLELLS M, CASALS M, et al. Summer thermal comfort in nursing homes in the Mediterranean climate [J]. Energy and Buildings, 2020, 229: 110442.
- [14] TARTARIN F, COOPER P, R. Fleming THERMAL perceptions, preferences and adaptive behaviors of occupants of nursing homes[J]. Build. Environ., 2018, 132: 57-69.
- [15] 陈洁, 杨柳, 罗智星. 吐鲁番地区居住建筑室内热环境研究[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2019,

- 51(4):578-583.
- CHEN Jie, YANG Liu, LUO Zhixing. Analysis of indoor thermal environment of residential buildings in Turpan[J]. J. of Xi'an Univ. of Arch. & Tech. (Natural Science Edition), 2019, 51(4): 578-583.
- [16] TAO Y Q, GOU Z H. The challenge of creating age-friendly indoor environments in a high-density city: Case study of Hong Kong's care and attention homes [J]. Journal of Building Engineering, 2020, 30.
- [17] 杨达. 基于室内热环境的苏州地区养老建筑节能分析研究[D]. 苏州: 苏州科技大学, 2017.
- YANG Da. Research on energy-saving analysis of elderly buildings in Suzhou based on indoor thermal environment[D]. Suzhou: Suzhou University of Science and Technology, 2017.
- [18] 魏欣桐. 基于热舒适的严寒地区老年人照料设施设计研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2019.
- WEI Xintong. Research on the design of elderly care facilities in severe cold regions based on thermal comfort[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2019.
- [19] 刘雪麒, 岳鹏. 太原市改造型养老院冬季室内热环境状况调查研究[J]. 暖通空调, 2019, 49(7): 120-127.
- LIU Xueqi, YUE Peng. Investigation and study on winter indoor thermal environment of reconstructed nursing homes for the elderly in Taiyuan[J]. Heating Ventilating & Air Conditioning, 2019, 49 ( 7 ): 120-127.
- [20] 孙冰, 端木琳, 李祥立, 等. 大连地区冬季办公建筑人体热舒适研究[J]. 建筑热能通风空调, 2021, 40(8): 1-6.
- SUN Bing, DUANMU Lin, LI Xiangli, et al. Research on human thermal comfort of Dalian office buildings in winter[J]. Building Energy & Environment, 2021, 40(8): 1-6.
- [21] SU Yuan, WANG Linwei, FENG Wei, et al. Analysis of green building performance in cold coastal climates: An in-depth evaluation of green buildings in Dalian[J]. China. Renew Sustain Energy Rev, 2021, 146(8): 1-19.
- [22] 毛颖骁. 基于建筑物理环境的社区居家养老服务空间研究[D]. 南京: 南京理工大学, 2018.
- MAO Yingxiao. Research on community home care service space based on building physical environment. [D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2018.
- [23] 张雪. 基于室内舒适度的寒地既有居住建筑适老性改造研究[D]. 哈尔滨: 东北林业大学, 2020.
- ZHANG Xue. Study on the retrofitting of existing residential buildings in cold areas for aging based on indoor comfort[D]. Harbin: Northeast Forestry University, 2020.
- [24] ALJAWABRA F, NIKOLOPOULOU M. Thermal comfort in urban spaces: a cross-cultural study in the hot arid climate[J]. Int. J. Biometeorol, 2018, 62: 1901-1909.
- [25] ISO. Ergonomics of the thermal environment-analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria: ISO7730-2005. [S]. London: BSI 2005. 23.

(编辑 吴海西 沈 波)