

文章编号: 1671-6612 (2022) 03-403-06

夏热冬冷地区 居民采暖行为与采暖设备运行调查研究

曹馨 黎万粮 李彦儒

(四川农业大学建筑与城乡规划学院 成都 611830)

【摘要】 夏热冬冷地区虽然无集中供暖,但其冬季寒冷潮湿,因此建筑室内热环境较差。随着人们生活水平的不断提高,该地区居民在冬季的采暖需求越来越高,建筑能耗随之升高。因此,通过问卷调查并利用交叉分析方法,对夏热冬冷地区居住建筑的居民采暖行为与采暖设备运行工况进行了研究。结果表明:(1)70%以上的受访者在室内衣着较厚或很厚,同时认为冬季有采暖的需要;(2)采暖设备开启后人体感觉舒适所需时间不仅受设定温度影响,而且与居民行为密切相关。当衣着适中时,有52.9%的居民在采暖设备开启15分钟后感觉舒适;而当衣着较薄时,有66.7%的居民在采暖设备开启30分钟以上才感觉舒适。

【关键词】 间歇供暖;采暖行为;运行工况;交叉分析
中图分类号 TU832 文献标识码 A

Investigation on Residents' Heating Behavior and Heating Equipment Operation in Hot Summer and Cold Winter Zones

Cao Xin Li Wanliang Li Yanru

(College of Architecture and Urban-Rural Planning, Sichuan Agricultural University, Chengdu, 611830)

【Abstract】 Since there is no central heating in the hot summer and cold winter zones and the weather is cold and humid in winter, the indoor thermal environment of the building is poor. With the continuous improvement of people's living standards, the heating demand of residents in this area in winter is getting higher, resulting in the increase of building energy consumption. This paper did questionnaire surveys and cross-analyses methods to study the heating behavior of people in residential buildings and the operating conditions of heating equipment. The results show that: (1) More than 70% of the interviewees wore thick or very thick clothes indoor, and thought that there was a need for heating in winter; (2) The time required for the human body to feel comfortable after heating was not only affected by the set temperature, but also closely related to residents' behavior. When the clothes were moderate, 52.9% of residents felt comfortable after the heating device was turned on for 15 minutes. When the clothes were thin, 66.7% of residents felt comfortable after the heating device was turned on for more than 30 minutes.

【Keywords】 Intermittent heating; Heating behavior; Operating conditions; Cross-analysis

作者简介: 曹馨(1999-),女,在读本科生, E-mail: cx1816424143@163.com

通讯作者: 李彦儒(1991-),女,博士,从事绿色建筑技术研究, E-mail: li_yanru@163.com

收稿日期: 2021-05-31

0 引言

夏热冬冷地区虽不属于集中供暖区域^[1],但由于该地区冬季寒冷潮湿的特点,人们在冬季的舒适感极差。随着居民生活水平的不断提高,居民在冬季利用各种方式进行采暖的比例也越来越高。近年

来夏热冬冷地区的采暖问题已成为社会关注的热点问题,董旭娟^[2]等人的研究表明夏热冬冷地区冬季住宅室内温度远低于热舒适相关标准,不供暖的住宅已不能满足居民热舒适的要求。而间歇供暖由于其采暖方式和采暖时间多变、适应各地区采暖需

求的特点,在夏热冬冷地区被广泛选用来改善冬季室内热环境。王智德^[3]及胡繁昌^[4]等人的研究表明夏热冬冷地区采用间歇供暖方式采暖具有一定的节能性。

关于间歇供暖末端系统的选择,闫增峰^[5]等人通过实地调研和现场测试研究发现夏热冬冷地区宜选择室内末端为低温地板辐射供暖的供暖模式,老旧城区宜选择天然气壁挂炉或空气源热泵作为热源,新建城区宜选择地源热泵、太阳能或热电厂余热供暖;王恩立^[6]利用建筑动态能耗模拟软件对建筑持续保持设计温度与阶段性改变建筑室内温度时的供暖负荷进行研究,结果显示采用辐射地板末端的热水系统持续供暖时具有最低的能耗,但是对于供暖时段按人员作息分布的办公或商业建筑,更适宜采用风机盘管系统。

关于采暖设备的运行工况,贾永英^[7]等人的研究表明,对于沈阳地区采用“供4停4”间歇供暖方案的供暖能耗较连续供热下降21.3%,同时间歇供暖的水温和流速越高,室内平均温度越高,室温波动较小,但供暖能耗略有增加。何李傲^[8]等人利用实验室实测方法表明供暖时间比较大时会全面提高房间的热舒适度,单位面积能耗下降速度更快,但是电量消耗稍微增高。李凤娟^[9]在对空调采暖和地热采暖室内人员热舒适性进行问卷调查后,提出为有利于人体健康和尽量减少建筑能耗,建议夏热冬冷地区冬季采暖设定温度为16.5℃;而杨丽红^[10]通过调研发现夏热冬冷地区主要采用部分空间、部分时间的采暖方式,居民普遍认为采暖设备开启时间越长,能耗越大,同时空调的温度设定集中在25℃~28℃。

关于居民采暖行为,王莹莹^[11]等人基于对陕西省村镇居民建筑内冬季居民行为模式的调查研究,得出了该地区间歇供暖模式的采暖需求时间及最佳供暖预热时间的方案。赵倩^[12]等人通过对重庆农村居住建筑中的人行为和全年供热能耗进行模拟分析,结果表明在不同人行为模式下,农村居住建

筑能耗差异显著,其中冬季空调能耗最大值与最小值相差约35.1%。

现有研究多基于理想化供暖工况进行实测或模拟分析,与实际供暖使用情况存在一定差异。因此,本文在对夏热冬冷地区居住建筑的居民行为习惯和采暖设备的运行工况问卷调查的基础上,利用交叉分析的统计方法对居民采暖的行为习惯进行研究,从而提出与居民行为习惯相适应的间歇供暖方案,进一步为夏热冬冷地区居住建筑的采暖设备运行方案设定及建筑采暖节能提供参考。

1 问卷调查方法

1.1 问卷调查步骤

(1) 问卷设计:为调查夏热冬冷地区居民行为习惯的规律和采暖设备运行工况的变化规律,问卷主要内容包括:①受访者的基本信息,如性别、年龄等,②居住建筑内采暖设备运行工况,如采暖设备使用时段、设定温度和使用空间等,③居民使用采暖设备的行为习惯,如在室内的衣着情况、开窗通风情况等内容。

(2) 调查方法:问卷调查采用了纸质问卷调查和网络问卷调查相结合的方式。纸质问卷发放地点为四川省某居住小区附近,同时通过在线调查问卷网站发放网络问卷,最后收回有效问卷。

(3) 数据整理:对调查问卷进行筛选,对于数据明显不合理、地域不在夏热冬冷地区的问卷给予剔除。

1.2 问卷调查情况分析

总计发放问卷289份,收回有效问卷275份,其中夏热冬冷地区范围有效问卷占比95.15%。

表1为夏热冬冷地区受访者的个人信息情况表。受访者中有82.91%为青年人,有55.64%的受访者居住在四川省,10.55%的受访者居住在重庆市。因此,调查结果反映了夏热冬冷地区青年人群使用供暖设备的习惯,且调查结果对川渝地区间歇供暖情况的说明性更强。

表1 受访者个人信息情况

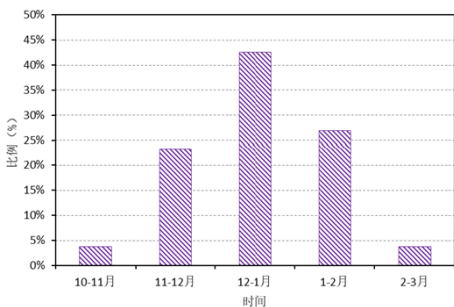
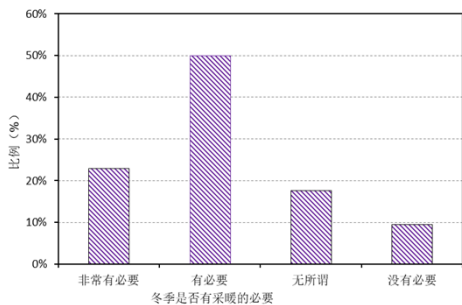
Table 1 Interviewee Information

属性	年龄				居住城市		
	<20岁	20-40岁	40-60岁	>60岁	四川	重庆	其他
人数	33	228	13	1	153	29	93
比例	12.00%	82.91%	4.73%	0.36%	55.64%	10.55%	33.82%

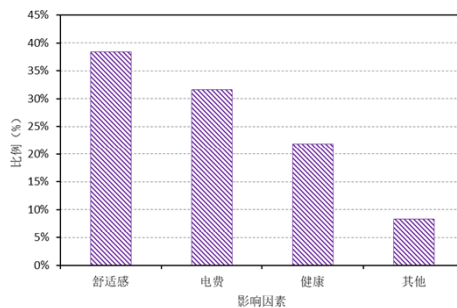
2 问卷调查分析和结果

2.1 居民采暖行为的调查分析

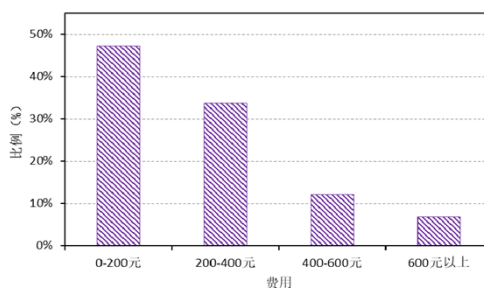
图 1 为夏热冬冷地区居民冬季采暖行为统计结果。由图可知,居民在冬季的采暖需求达 70%以上,同时采暖期主要为 12 月份到第二年的 2 月份,由此可见,夏热冬冷地区居住建筑内虽然没有集中供暖,但居民在冬季的采暖需求很高。此外,居民对采暖设备的使用,38.35%受舒适感的影响,31.58%受电费的影响,还有 21.8%的是为了健康。80%以上的家庭间歇采暖时每月增加的费用低于 400 元,其中有 47.30%的费用不超过 200 元。分别有 50%、22.97%的受访者在室内的衣着较厚或很厚,因此对采暖设备的设定温度会降低,采暖费用也会相应降低。同时,该地区居民偏向自然通风的室内环境,有 52.7%的受访者在冬季偶尔开窗通风,有 33.78%的受访者经常开窗通风,有 10.81%的受访者一直开启窗户。由于开窗所导致的冷空气侵入会降低供暖效果,增加供暖能耗。综上所述,夏热冬冷地区居住建筑采暖设备使用情况受多种因素影响,包括居民对舒适感、电费、健康的要求,并且居民在室内的衣着情况、开窗通风习惯等也是影响采暖设备运行工况的重要因素。



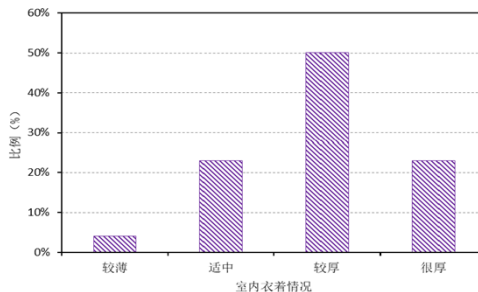
(b) 采暖设备使用月份



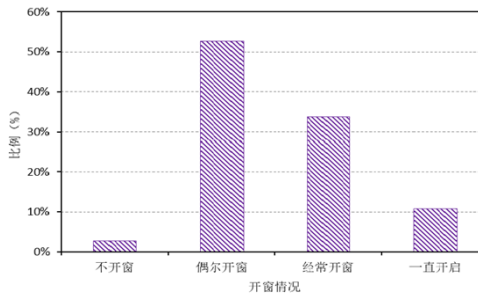
(c) 采暖影响因素



(d) 使用采暖设备每月增加的费用



(e) 冬季室内人员衣着情况



(f) 冬季室内人员开窗情况

图 1 冬季居民采暖行为统计结果

Fig.1 Statistic results of heating behavior of residents in winter

2.2 采暖设备及运行工况

图 2 为居住建筑内冬季的主要采暖方式。客厅使用的主要采暖方式有分体空调和电热小太阳,占

比分别为 28.57%和 31.63%。卧室使用的主要采暖方式有分体空调、电热小太阳和电热毯, 占比分别为 30.1%、20.39%和 19.42%。

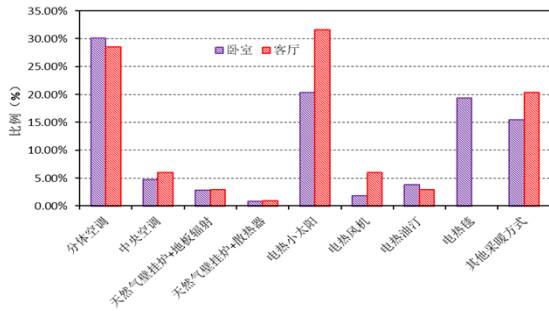


图 2 客厅和卧室使用的主要采暖方式

Fig.2 Main heating methods in the living room and bedroom

图 3 为客厅和卧室空调供暖温度设定情况。由图可知, 空调设定温度主要在 23~26℃范围内。此外, 客厅有 35.13%的空调设定温度超过了 23℃, 卧室有 37.84%的空调设定温度超过了 23℃, 超过了 GB50736-2012 中规定的室内设计温度值。

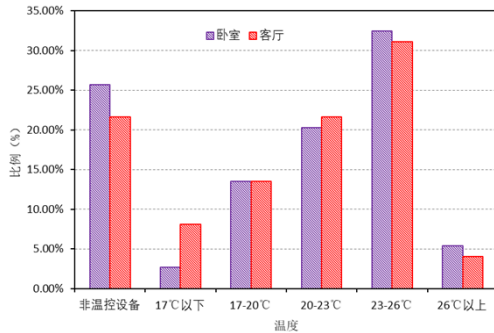


图 3 客厅和卧室空调供暖温度

Fig.3 Setting temperature of air conditioner in living room and bedroom

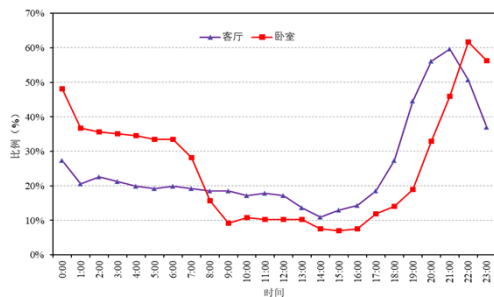


图 4 客厅与卧室采暖设备运行时间

Fig.4 Operating hours of heating equipment in the living room and bedroom

图 4 为居住建筑内采暖设备运行时间情况。由图可知, 客厅采暖设备运行高峰期为 20:00~23:00, 主要使用时段为 19:00~00:00。卧室采暖设备运行高峰期为 22:00~00:00, 主要使用时段为 20:00~07:00。此外, 根据卧室内采暖设备的运行情况可以推测出受访者的就寝时间集中在 00:00~01:00, 侧面说明了当今社会青年人经常熬夜的现象[13]。

图 5 为室内人员在采暖设备开启后感觉舒适的时间情况。由图 5 可知, 室内人员在采暖设备开启 15 分钟左右感觉舒适的最多, 占受访者的 68.92%。

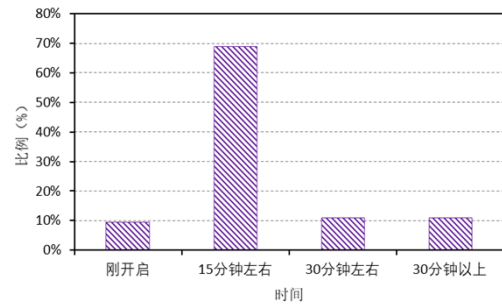


图 5 室内人员在采暖设备开启后感觉舒适的时间

Fig.5 The time that indoor personnel feel comfortable after the heating

3 交叉分析

交叉分析通常用于两个或两个以上分组变量之间的关系, 以交叉表形式进行变量间关系的对比分析。交叉表的具体使用方法是将两个具有一定联系的变量设置为行变量和列变量, 把统计数据制作成二维交叉表, 再对比分析行变量与列变量之间的相关关系[14]。通过交叉分析方法对室内人员衣着情况与采暖设备开启后感觉舒适所需时间的关系、室内人员衣着情况与使用空调供暖时客厅设定温度的关系进行分析。

表 2 为居民在室内的衣着情况与采暖设备开启后感觉舒适所需时间的交叉分析表。当室内人员衣着很厚、较厚、适中时, 分别有 64.7%、81.1%和 52.9%的受访者在采暖设备开启 15 分钟左右感觉舒适。而当室内人员衣着较薄时, 有 66.7%的受访者在采暖设备开启 30 分钟以后才感觉舒适。因此, 当室内人员衣着从很厚减少到适中时, 达到热舒适的时间基本一致, 由图 1 (e) 可知, 居民在室内衣着适中和较厚的最多。因此, 对于夏热冬冷

地区的居住建筑, 居民在室内衣着适中或较厚可在 开始供暖后快速达到热舒适。

表 2 室内衣着情况与采暖设备开启后感觉舒适的时间

Table 2 Clothing condition and comfortable time after heating

			采暖设备开启后感觉舒适的时间				总计
			刚开启	15 分钟左右	30 分钟左右	30 分钟以上	
室内衣着情况	很厚	占 ① 的百分比	17.60%	64.70%	5.90%	11.80%	100.00%
		占 ② 的百分比	42.90%	21.60%	12.50%	25.00%	23.00%
	较厚	占 ① 的百分比	8.10%	81.10%	8.10%	2.70%	100.00%
		占 ② 的百分比	42.90%	58.80%	37.50%	12.50%	50.00%
	适中	占 ① 的百分比	5.90%	52.90%	23.50%	17.60%	100.00%
		占 ② 的百分比	14.30%	17.60%	50.00%	37.50%	23.00%
	较薄	占 ① 的百分比	/	33.30%	/	66.70%	100.00%
		占 ② 的百分比	/	2.00%	/	25.00%	4.10%
	总计	占 ① 的百分比	9.50%	68.90%	10.80%	10.80%	100.00%
		占 ② 的百分比	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%

注: ①表示室内衣着情况, ②表示采暖设备开启后感觉舒适的时间。

表 3 为客厅设定温度与居民衣着情况的交叉分析。对居住建筑内主要活动空间“客厅”的设定温度进行调查分析, 当室内空调设定温度在 17~20℃范围时, 受访者在室内衣着很厚的最多, 占比为 40%。当室内空调温度设定在 20~23℃和 23~26℃范围时, 受访者在室内衣着较厚的最多, 占比分别为 43.8%和 63.6%。当室内空调温度设定在 26℃以上时, 受访者在室内衣着适中的最多,

占比为 50%。因此, 结合图 3 的调查结果并考虑建筑设备节能因素, 建议居民在室内可衣着适中或较厚, 同时将采暖设备的温度设定在 23~26℃范围内。此外, 分析结果表明使用空调采暖时人的体感温度大大低于空调的设定温度, 其可能的原因有使用空调时会有吹风感, 夏热冬冷地区居住建筑外围护结构保温性能差, 开窗通风时室内外空气对流导致室内温度降低等。

表 3 客厅设定温度与居民衣着情况

Table 3 Setting temperature of living room and residents' clothing

			客厅设定温度 (°C)					总计	
			≤17	17~20	20~23	23~26	>26	非温控设备	
室内衣着情况	很厚	占①的百分比	11.80%	23.50%	17.60%	23.50%	/	23.50%	100.00%
		占②的百分比	33.30%	40.00%	18.80%	18.20%	/	25.00%	23.00%
	较厚	占①的百分比	5.40%	8.10%	18.90%	37.80%	2.70%	27.00%	100.00%
		占②的百分比	33.30%	30.00%	43.80%	63.60%	25.00%	62.50%	50.00%
	适中	占①的百分比	5.90%	11.80%	35.30%	23.50%	11.80%	11.80%	100.00%
		占②的百分比	16.70%	20.00%	37.50%	18.20%	50.00%	12.50%	23.00%
	较薄	占①的百分比	33.30%	33.30%	/	/	33.30%	/	100.00%
		占②的百分比	16.70%	10.00%	/	/	25.00%	/	4.10%
	总计	占①的百分比	8.10%	13.50%	21.60%	29.70%	5.40%	21.60%	100.00%
		占②的百分比	100.0%	100.00%	100.0%	100.00%	100.0%	100.00%	100.00%

注 ①表示室内衣着情况, ②表示客厅设定温度。

4 结论

本文通过对夏热冬冷地区居民采暖行为习惯和采暖设备运行情况进行问卷调查研究,并利用交叉分析的统计学方法对数据进行了处理,主要得出以下几点结论:

(1) 夏热冬冷地区 70%以上的居民在室内衣着较厚同时认为有采暖的需要。居住建筑内采暖设备使用情况主要受舒适感、电费、健康的影响,并且居民在室内的衣着情况、开窗通风习惯等是影响采暖设备运行工况的重要因素。

(2) 夏热冬冷地区居住建筑内空调设定温度主要在 23~26℃范围内,客厅采暖设备运行高峰期为 20:00~23:00,主要使用时段为 19:00~00:00。卧室采暖设备运行高峰期为 22:00~00:00,主要使用时段为 20:00~07:00。此外,室内人员在采暖设备开启 15 分钟左右感觉舒适的最多,占受访者的 68.92%。

(3) 交叉分析结果说明室内人员在采暖设备开启后感觉舒适的时间与衣着情况有关,当室内人员衣着很厚、较厚、适中时,分别有 64.7%、81.1%和 52.9%的受访者在采暖设备开启 15 分钟左右感觉舒适。而当室内人员衣着较薄时,有 66.7%的受访者在采暖设备开启 30 分钟以后才感觉舒适。在考虑建筑设备节能因素的情况下,居民在室内衣着适中或较厚,同时将采暖设备的温度设定在 23~26℃范围内最为合适。

参考文献:

- [1] GB 50736-2012,民用建筑供暖通风与空气调节设计规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2012.
- [2] 董旭娟,闫增峰,王智伟.夏热冬冷地区城市住宅供暖方式调查与室内热环境测试研究[J].建筑科学,2014,(12):2-7.
- [3] 王智德,熊乐,于国清.夏热冬冷地区间歇供暖房间动态热特性研究[J].上海节能,2020,(8):911-915.
- [4] 胡繁昌,胡文举,李德英.夏热冬冷地区供暖需求与可行性分析[J].煤气与热力杂志社,2017.
- [5] 闫增峰,董旭娟,阮丹,等.我国夏热冬冷地区住宅冬季供暖问题探索[J].建筑技术开发,2015,(2):47-51.
- [6] 王恩立.间歇采暖工况不同采暖系统能耗及运行策略研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2016.
- [7] 贾永英,崔雪,王忠华.基于 EnergyPlus 的沈阳典型单体建筑间歇供暖策略设计研究[J].建筑节能.2019,(8):22-25.
- [8] 何李傲,钟珂,亢燕铭,等.供暖时间比对间歇供暖房间供暖特性与能耗的影响[J].建筑热能通风空调,2019,(7):20-23.
- [9] 李凤娟.南京供暖住宅室内热环境及居民热舒适的研究[D].南京:南京师范大学,2017.
- [10] 杨丽红.夏热冬冷地区居住建筑人行为对能耗影响的研究[D].杭州:浙江大学,2016.
- [11] 王莹莹,康文俊,刘艳峰,等.基于居民行为模式的陕西村镇民居采暖策略[J].太阳能学报,2018,(11):3026-3031.
- [12] 赵倩,林建泉,黄忠,等.重庆农村居住建筑人行为对建筑空调能耗的影响[J].制冷与空调,2017,(6):627-635.
- [13] 央视财经.全国有超过 3 亿人存在睡眠障碍[N/OL].中国网(china.com.cn)(2020-10-29).
- [14] 武松.SPSS 实战与统计思维[M].北京:清华大学出版社,2019.