

文章编号: 1671-6612 (2019) 06-582-06

桂林某火车站候车室夏季热舒适研究

刘赛可 郑文亨

(桂林电子科技大学 桂林 541004)

【摘要】 以夏热冬冷地区的桂林某火车站为研究对象,采用现场测试和问卷调查的方法,对夏季候车室的热舒适现状进行了分析,研究表明,大多乘客希望室内温度降低,候车室内乘客的热中性温度为 26.75°C ,80%的乘客可接受温度范围为 $25.63\sim 28.27^{\circ}\text{C}$,热舒适温度区间较窄。

【关键词】 夏热冬冷;火车站;热舒适;热中性温度

中图分类号 TU023 文献标识码 A

A Thermal Comfort Study in Railway Station Waiting Room of Guilin in Summer

Liu Saiké Zheng Wenheng

(School of Architecture and Transportation Engineering of Guilin University of Electronic and Technology, Guilin, 541004)

【Abstract】 Taking a railway station in the hot summer and cold winter area of Guilin as the research object, the field test and questionnaire survey method were used to analyze the current situation of the thermal comfort of the waiting room in the summer. The research results show that most passengers hope that the indoor temperature is lowered and the passengers in the waiting room are waiting. The thermal neutral temperature is 26.75°C , 80% of passengers can accept the temperature range of $25.63\sim 28.27^{\circ}\text{C}$, the thermal comfort temperature range is narrow.

【Keywords】 Hot summer and cold; Railway station; Thermal comfort; Neutral temperature

0 引言

随着铁路业的快速发展,火车成为人们最主要的出行方式之一。火车站候车室是乘客候车的主要场所,其室内热环境直接影响乘客的身心健康^[1]。然而,候车室内乘客流动性大的特点导致其热环境的动态变化与其他公共建筑相比更为显著;再加上候车室空调系统存在设计不合理、控制精度较差等问题,使得候车室内环境长期处于冷热不均的状态。这种不均匀的温度分布是影响候车乘客热舒适的主要原因之一。因此,探索火车站候车室内热环境的动态变化特征,研究乘客热舒适需求特性,提出改善候车室热环境方法具有重要意义。目前,国内外对热舒适的理论和实践研究主要集中在住宅建筑和办公建筑,而对于火车站这类大型公共交通

建筑的热舒适研究较少。由于火车站候车室具有内部空间高大、人员疏密反差大、停留时间短的特点,居住建筑和办公建筑的热舒适研究成果应用于火车站存在局限性。因此,本文以桂林某火车站为研究对象,采用现场测试和问卷调查的方法,分析候车室热环境对乘客的热舒适的影响,力求为夏热冬冷地区火车站候车室热环境设计与评价提供参考。

1 研究方法

1.1 测试时间与方案

调研测试时间为2018年8月13日~8月16日,调研内容包括环境参数现场测试和向乘客发放问卷调查。现场测试有效时间为11:00~15:00,每隔两个小时对候车室内外环境参数测试一次,共得

作者简介:刘赛可(1993-),男,在读硕士研究生,E-mail: 173243646@qq.com

通讯作者:郑文亨(1976-),男,博士,副研究员,E-mail: 52489371@qq.com

收稿日期:2019-04-23

到 8 组数据。在整个测试期间候车室均是空调供冷状态。同时, 在每次测试候车室环境参数时随机向候车乘客发放调查问卷, 发放时间分为两个阶段, 11:00~13:00 为第一阶段, 13:00~15:00 为第二阶段。

1.2 测试仪器

候车室内、外环境参数是本次现场测试的主要内容, 包括太阳辐射强度、空气温度、空气相对湿度、空气流速和黑球温度。室外太阳辐射强度的测量采用太阳辐射仪(如图 1), 将其放置室外空旷无遮挡的太阳直射下自动储存数据, 太阳辐射仪可根据需要导出各时间段的测试数据, 其余环境参数均由德国 METREL-MI6401 环境综合测试仪(如图 2)测试得出, 每半小时记录一次数据。室内测试高度为乘客的坐姿高度, 每个测点测量时间大于 1 分钟, 待仪器显示平均值后记录。



图 1 JT 系列手持表测试仪

Fig.1 JT series handheld meter tester



图 2 环境综合测试仪

Fig.2 Environmental comprehensive tester

测试仪器具体参数如下表 1 所示。

表 1 测试仪器及技术参数

Table 1 Test instruments and technical parameters

仪器名称	传感器及型号	测量内容	测量范围	精度
JT 系列手持表测试仪	太阳辐射传感器 JTR05	太阳辐射强度	0~2000W/m ²	±2%
		空气温度	-20℃~+60℃	±0.5℃
METREL-MI6401 环境综合测试仪	微气候探头	空气湿度	0%RH~100%RH	±3%RH
		风速	0.1m/s~9.99m/s	±0.05m/s +5%
	黑球温度探头	黑球温度	-20℃~+60℃	±0.5℃

1.3 问卷调查

本次调研有效问卷 320 人次, 平均每天发放问卷 80 人次, 与环境参数测试的时间段同步。为使样本具有代表性、样本数量符合统计学的相关要求, 问卷调查的受试者选择具有随机性, 乘客自愿填写, 各年龄段都有涉及, 男女性别比例约为 1:1。

问卷的内容主要包括乘客的基本信息、整体着装搭配情况和主观实际感觉。该项调查通过要求乘客回答具体问题来反映候车室热环境的舒适度情况, 热感觉的投票值采用 ASHRAE 七级指标表示^[2]。

2 结果分析

2.1 室内外环境参数

表 2 实测期间室外天气状况

Table 2 Outdoor weather conditions during measurement period

日期	时间段	空气温度 (℃)	空气湿度 (%)	太阳辐射强度 (kW/m ²)	天气
2018/8/13	11:00~13:00	34.0	57	560	晴
	13:00~15:00	35.5	48	684.3	晴
2018/8/14	11:00~13:00	33.5	54.5	467	多云
	13:00~15:00	32.5	57	178.5	多云
2018/8/15	11:00~13:00	32.0	68	246.3	阴
	13:00~15:00	32.5	66	40.8	阵雨
2018/8/16	11:00~13:00	29.0	74	117	阴
	13:00~15:00	29.0	75.5	115.4	阴

候车室夏季室外实测环境参数统计结果见表 2。从表中可以看出，测试期间天气类型多样，不同天气类型对应的室外环境参数有较大差异。多云、晴天的空气温度范围为 32.5~35.5℃，平均温度为 33.9℃。阴雨天的空气温度在 29.0~32.5℃之间，平均温度为 30.6℃。多云、晴天和阴雨天气空气湿度差异明显，湿度范围分别为 48%~57%、66%~75.5%。

表 3 为候车室环境参数统计结果。由表可知，室内空气温度范围为 25.8~28.9℃，平均值为 27.3℃，室内相对湿度位于 67.3%~83%之间，平均值为 75.22%。室内空气流速平均值为 0.15，标准差为 0.13，基本满足候车室风速要求。

表 3 候车室内环境参数

Table 3 Waiting room environment parameters

室内环境参数	最大值	最小值	平均值	标准差
空气温度 (°C)	28.9	25.8	27.3	0.76
空气相对湿度 (%)	83	67.3	75.22	3.34
空气流速 (m/s)	0.71	0.05	0.15	0.13
黑球温度 (°C)	30.9	24.3	28.45	1.18

2.2 新陈代谢率与服装热阻

候车室内乘客的主要活动状态为站姿和坐姿，本次调研乘客主要以坐姿填写问卷，属于轻体力活动类型，故新陈代谢率平均为 1.2met。本次问卷中参照 ASHRAE 标准所给各服装热阻值，选取涉及的服装热阻值见下表 4。

表 4 单件服装热阻

Table 4 One piece garment thermal resistance

服装类型	服装热阻值 (clo)	服装类型	服装热阻值 (clo)
长袖衬衫	0.2	连衣裙	0.33
T 恤	0.15	薄袜	0.02
薄外套	0.3	运动鞋	0.04
长裤	0.2	凉鞋	0.02
短裤	0.12	皮鞋	0.03
长裙	0.1	休闲鞋	0.04
短裙	0.14	拖鞋	0.02

因受试者填写问卷时处于坐姿状态，本文考虑沙发按摩椅带来的附加热阻，取值为 0.15clo。根据表 4 对候车室乘客的整体着装热阻进行统计，服装热阻范围为 0.46~0.75clo，平均热阻值为 0.56clo。

2.3 主观热感觉投票

(1) 热感觉及热期望投票

问卷中的热感觉投票采用 ASHRAE 七级标度，通过问卷统计得到乘客实际热感觉投票分布频率，如图 3 所示。若把乘客热感觉投票为-1(稍凉)，0(正好)，+1(稍暖)认为是可接受范围，则 71.6%的乘客认为候车室内空气温度是可接受的，其中 0(正好)占比为 35.6%。有 58.2%乘客认为室内偏热，只有 6.2%的乘客觉得偏冷。可见，适当降低候车室内温度，可提高乘客的热舒适度。

图 4 显示了乘客的热期望投票结果，由图可见，55.4%的乘客希望室内空气温度降低，39.6%的乘客希望室内气温不变，只有 5.0%的乘客表示希望温度升高。期望室内温度降低的乘客人数远多于期望温度升高的乘客人数，这与热感觉投票频率分布结果一致，表明该候车室的空气温度相对较高，大多乘客更希望温度降低。

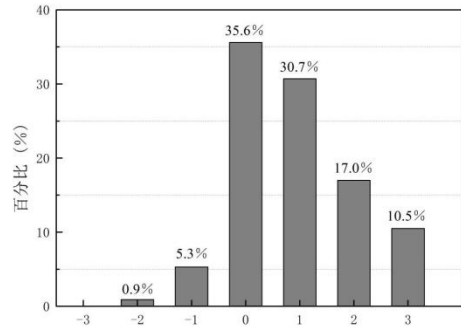


图 3 热感觉投票频率分布

Fig.3 Thermal sensation vote frequency distribution

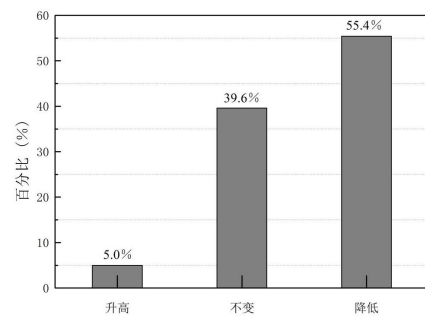


图 4 热期望投票频率分布

Fig.4 Hot expectation vote frequency distribution

(2) 湿感觉及其期望

图 5 给出了候车室乘客湿感觉投票频率分布，从图中可以看出，湿感觉投票为 0(正好)的人数最多，占比 49.8%。有 24.8%和 10.8%的乘客分别表示微干(+1)和微湿(-1)，没有乘客感觉室内

环境很潮湿 (-3)。若把乘客热感觉投票为-1 (微湿), 0 (正好), +1 (微干) 认为是可接受范围, 则 85.4%的乘客可接受候车室内空气湿度。由表 3 可知候车室空气湿度平均为 75.22%, 人们所处室内环境相对潮湿, 说明对当地的潮湿气候具有一定的适应性。

图 6 为乘客对湿度期望的投票频率分布, 由图可见, 有 55.7%的乘客期望室内湿度不变, 27.9%的乘客期望增大室内湿度, 期望相对湿度增大的比例与期望减小的比例差别不大。总体来说, 大部分乘客期望室内湿度不变, 少部分更喜欢偏湿的环境。

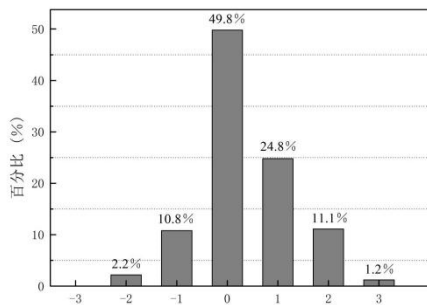


图 5 湿感觉投票频率分布
Fig.5 Wet sensation vote frequency distribution

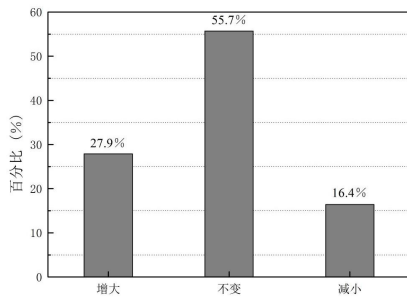


图 6 湿度期望投票频率分布
Fig.6 Humidity expectation vote frequency distribution

(3) 吹风感及其期望

图 7 为乘客对候车室环境吹风感投票频率分布, 从图中可以看出选择舒适无风和有点闷的乘客较多, 其中 36.5%的乘客认为有点闷, 34.1%的乘客认为舒适无风, 没有乘客选择风较大和风很大。大部分乘客觉得室内较闷, 不舒适感会直接加重, 其主要原因如下: 一方面可能是由于候车室这种高大空间内风速衰减严重, 送至下部空间时导致风速不足; 另一方面候车室内送风口造型无法直吹地面, 加之送风系统老化, 室内送风不均匀, 地面活动人员吹风感较弱。

图 8 为风速期望的投票频率分布, 从图中可以明显看出, 期望候车室风速增大的乘客居多, 占比 70.9%。期望风速不变的乘客占的百分比低于 30%, 只有 2.8%的乘客希望候车室内风速增大。

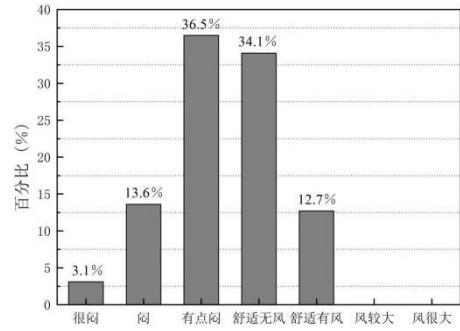


图 7 吹风感投票频率分布
Fig.7 Hair sensation vote frequency distribution

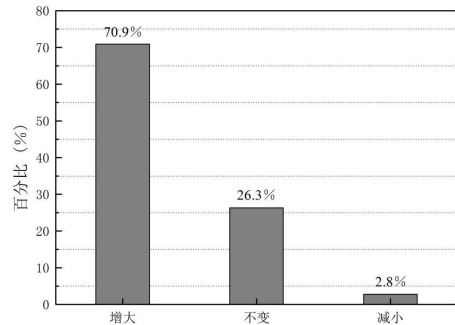


图 8 风速期望投票频率分布
Fig.8 Wind speed expectation vote frequency distribution

2.4 热中性温度

本文计算热中性温度采用操作温度作为热舒适指标, 采用国际上广泛使用的温度频率法^[3], 将操作温度以 0.5℃为间隔分成若干温度区间, 以每一区间的中心温度作为评价热感觉的温度, 对调查的 323 份样本进行线性回归分析, 得到实测平均热感觉投票值 MTS 与操作温度 t_0 的关系, 如图 9 所示。

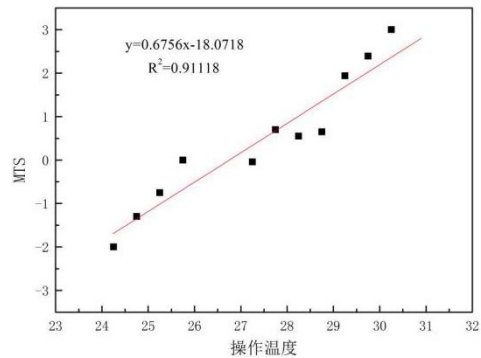


图 9 MTS 与操作温度 t_0 的关系
Fig.9 The relation of MTS and operate temperature t_0

图中的拟合的线性方程为:

$$MTS=0.6756t_0-18.0718 \quad (R^2=0.91118)$$

平均热感觉投票 MTS 与操作温度 t_0 的回归方程拟合度较高, 该回归方程可以很好地预测人体的热感觉。令 $MTS=0$, 计算得到夏季实测的热中性温度为 26.75°C 。桂林地区某火车站候车室乘客的热中性温度较低, 差异存在的可能与桂林当地气候特征、建筑格局和人们的生活习性有关。

2.5 热舒适区间

将乘客热感觉投票值为-1、0、+1 视为可接受, 投票值为-3、-2、+2、+3 视为不可接受。采用温度频率法, 在以 0.5°C 为一个操作温度区间内, 统计投票值为可接受的乘客占总调查人数的比例, 即为热可接受率。根据 ISO7730 标准中规定^[4], 以 80% 的受试者能够接受的温度确定为热舒适温度。将热可接受率与操作温度经过曲线拟合计算得到如图 10 所示。

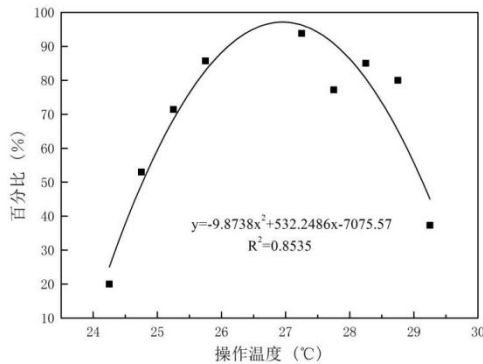


图 10 可接受百分比与操作温度 t_0 的关系

Fig.10 The relation of the acceptable percentage and the operate temperature t_0

根据图中热可接受百分比与操作温度的回归方程为:

$$y=-9.87385x^2+532.2486x-7075.57$$

表 5 火车站夏季热舒适研究结果

Table 5 Study on thermal comfort of Railway station in summer

研究者	研究对象	站点名称	气候分区	热中性温度 ($^\circ\text{C}$)	80%热可接受温度 范围 ($^\circ\text{C}$)	温度指标
刘小燕 ^[5]	候车室	哈尔滨站	严寒地区	24.4	23.4~26.4	室内温度
王智鹏 ^[6]	候车厅	西安北站	寒冷地区	26.3	24.6~27.5	操作温度
刘小燕 ^[5]	候车室	北京西站	寒冷地区	26.4	25.5~27.1	室内温度
徐弋 ^[7]	候车厅	—	寒冷地区	25.92	22.03~28.43	操作温度
兰茜 ^[8]	候车厅	成都北站	夏热冬冷	27.38	24.25~30.5	室内温度
马卫武 ^[9]	候车室	长沙/上海	夏热冬冷	27	25.2~29.8	室内温度
刘小燕 ^[5]	候车室	广州站	夏热冬暖	27.6	27.1~29.2	室内温度
本文	候车室	桂林某站	夏热冬冷	26.75	25.63~28.27	操作温度

相关系数 $R^2=0.8535$, 将 $y=80$ 代入方程, 求出 80% 的乘客表示可接受操作温度上限为 28.27°C , 可以得到桂林火车站夏季候车室内舒适操作温度范围为 $25.63\sim 28.27^\circ\text{C}$ 。

2.6 热舒适标准研究结果比较分析

根据现有标准分析可知, ASHRAE 标准给出的夏季舒适区指标为 $22.5\sim 26^\circ\text{C}$, ISO 舒适标准给出的夏季舒适的操作温度为 $23\sim 26^\circ\text{C}$, 本文得出铁路客运站乘客的热舒适区比 ASHRAE 标准和 ISO 标准上限和下限的温度值要高。经研究分析, 主要原因为: 两个国际标准得出的适应性模型是基于欧美国家的受试者为研究对象, 且均为办公室人员, 对周围环境的舒适度要求不同。因此, 我国夏热冬冷地区的人体热舒适不可完全参考国际标准, 特别是对于火车站候车室人体热舒适的研究, 应以实际调研结果为准。

下表 5 为众多研究者对夏季火车站候车室的热舒适调查结果, 候车室内降温方式均采用空调集中供冷。由表可知, 各火车站候车室内乘客热可接受温度范围明显不同, 这与当地的气候特征、人民的生活习惯、乘客对当地气候的热适应能力有关。但综合总体研究结果可知, 夏热冬冷比严寒地区的可接受热舒适区间上、下限值要高。这是由于严寒地区夏季短促且凉爽, 冬季严寒且持续时间长, 人们已适应了温度较低的环境; 夏热冬冷比夏热冬暖地区的可接受热舒适区间下限值要低, 夏热冬暖地区长夏无冬, 太阳辐射强烈, 气温较高, 人们对气温较高环境表现很强的耐受力; 夏热冬冷和寒冷地区的可接受热舒适区间下限值大部分在 25°C 上下波动, 而上限值波动范围较大, 在 $27.1\sim 30.5^\circ\text{C}$ 之间, 这可能由于不同地区的气候特征存在差异, 导致乘客的热舒适性不同。

桂林属于夏热冬冷地区,将火车站候车室的热可接受温度研究结果与夏热冬冷其他地区和寒冷地区作对比,其舒适温度区间较窄。与寒冷地区存在差别的原因是:寒冷地区四季分明,昼夜温差大,居民可接受的温度范围较大;而与夏热冬冷其他地区的不同体现在桂林地处夏热冬冷地区的最南端,居民可接受的温度上下限差值为 2.64°C ,热舒适区间较窄,这一特征更接近于夏热冬暖地区。

3 结论

本文通过对桂林某火车站候车室夏季热舒适调查分析,得到以下结论:

(1) 候车室内乘客的服装热阻值范围在 $0.46\sim 0.75\text{clo}$ 之间,由于服装调节受限,服装热阻对热舒适的影响较小。

(2) 58.2%乘客认为室内偏热,55.4%的乘客希望室内空气温度降低。适当降低候车室温度可提高乘客的热舒适度。乘客对当地高湿的气候条件产生了适应性,更喜欢偏湿的环境。

(3) 在空调环境下候车室实测热中性温度为 26.75°C ,80%乘客可接受温度范围为 $25.63\sim 28.27^{\circ}\text{C}$,比ASHRAE标准和ISO标准上限和下限的温度要高。与其他夏热冬冷地区研究结果相比,桂林地区火车站候车室可接受热舒适区间较窄。

参考文献:

- [1] 刘小燕.铁路客运站能耗设备监控系统研究[C].2014第九届中国智能交通年会大会论文集,2014:5.
- [2] 朱颖心.建筑环境学(第三版)[M].北京:中国建筑工业出版社出版,2010.
- [3] 王昭俊.现场研究中热舒适指标的选取问题[J].暖通空调,2004,34(12):39-42.
- [4] ISO. International Standard 7730 Moderate thermal environments: determination of PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort[S]. Geneva: International Organization for Standardisation, 1994.
- [5] 刘小燕.铁路客运站夏季空调能耗研究[D].长沙:中南大学,2010.
- [6] 王智鹏,狄育慧,徐子龙,等.西安北客站候车大厅夏季热环境调查研究[J].制冷与空调,2015,29(4):472-475,484.
- [7] 徐弋,王立雄,林晨怡,等.寒冷地区中小型高铁站候车厅夏季热舒适性及节能潜力研究[J].建筑节能,2016,44(10):88-92.
- [8] 兰茜.成都火车北站候车厅夏季热舒适性研究[D].成都:西南交通大学,2012.
- [9] 马卫武,孙政,周谦,等.夏热冬冷地区客运站候车室夏季热舒适性[J].土木建筑与环境工程,2009,31(5):100-105.