

文章编号: 1671-6612 (2025) 06-890-08

# 合肥高铁站候车大厅热环境现状调研与分析

马子程<sup>1</sup> 姚 明<sup>1</sup> 唐 渝<sup>1</sup> 潘强林<sup>1</sup> 周 沛<sup>2</sup>

(1. 中建八局第一建设有限公司 济南 250100;

2. 合肥工业大学土木与水利工程学院 合肥 232009)

**【摘要】** 以合肥高铁南站候车大厅为研究对象, 通过现场实测与调查问卷两种方式对该区域内的室内热环境进行了研究。使用热成像仪、热敏风速仪等测量仪器测量了室内温度、风速、CO<sub>2</sub>浓度等热环境参数, 探究了温度分布、CO<sub>2</sub>浓度与人员密度之间的关系; 通过调查问卷方式对空调系统的整体满意度、热湿感觉等进行了评价, 候车区域整体热舒适性较高, 餐饮区域次之, 商业区域则整体偏凉, 候车大厅的整体风速感受较高, 侧面反映出疫情后空调系统的运行模式发生了变化, 具体表现为大风量满负荷运行。最后探讨了建筑空调系统运行过程中存在的一些问题及改进措施, 为高大空间空调系统的节能运维提供参考与建议。

**【关键词】** 高铁站; 热环境; 调查问卷; 空调系统

中图分类号 TU831.3 文献标志码 A

## An Investigation of Thermal Environment in Waiting Hall of Hefei High-speed Railway Station

Ma Zicheng<sup>1</sup> Yao Ming<sup>1</sup> Tang Yu<sup>1</sup> Pan Qianglin<sup>1</sup> Zhou Pei<sup>2</sup>

(1. The First Company of China Eighth Engineering Bureau Ltd, Jinan, 250100;

2. School of Civil Engineering, Hefei University of Technology, Hefei, 232009)

**【Abstract】** In this paper, the waiting hall of Hefei High speed Railway South Station was selected as the research object, the indoor thermal environment in the area was investigated via two methods: on-site measurement and survey questionnaire. Indoor temperature, wind speed, CO<sub>2</sub> concentration and other thermal environmental parameters were measured using thermal imaging instruments, thermal anemometers and other instruments. The relationship between temperature distribution, CO<sub>2</sub> concentration and occupancy density was obtained; The overall satisfaction, thermal and humidity sensation of the air conditioning system were evaluated by a site-survey questionnaire. The overall thermal comfort of the waiting area was better, followed by the catering area, while the commercial area was generally over-cooled. The overall wind speed (draft) sensation in the waiting hall was higher, which indirectly reflects the change in the operation mode of the air conditioning system after the Covid-19 period, specifically manifested as full load operation with supply fans. Some issues and enhancement measures related to the operation of building air conditioning systems were discussed, which providing references and suggestions for energy-saving operation as well as maintenance of air conditioning systems in large indoor space.

**【Keywords】** High-speed railway station; Thermal environment; Questionnaire; Air conditioning systems

## 0 引言

随着我国铁路建设的发展, 高铁站建筑也随之

增多。现代高铁站建筑作为高大空间公共建筑, 与办公建筑相比, 有很高的内部空间, 且内部空间无

作者简介: 马子程 (1987.10-), 男, 本科, 高级工程师, E-mail: 213916266@qq.com

通讯作者: 周 沛 (1983.05-), 男, 博士, 副教授, E-mail: peizhou@hfut.edu.cn

收稿日期: 2024-07-15

隔断,同时又具有较大的人流量,室内环境更为复杂<sup>[1-2]</sup>。建筑环境健康保证与低碳节能运行面临科技变革,公共建筑能耗持续增加,而室内环境品质差、满意度低,此外,公共建筑数据量大,面临着信息化智能程度低的困境,进一步影响未来的智慧运维。已建成高大空间建筑室内热环境系统作为重要的建筑组成部分,其室内环境的营造、运维及能耗问题引发了诸多研究者的关注。由于公共建筑高大空间内热环境系统交互复杂,人员流动性强、空间跨度大、区域间相互干扰、气流组织复杂、环境热惯性大、需求差异化明显以及功能区域间缺乏物理隔断等特点,导致室内负荷在时间和空间上呈现出显著的非均匀分布特征。具体表现为:(1)因功能分区、人员密度波动及垂直高度差异导致的负荷水平与垂直分层现象;(2)由于空间水平面积广阔,距离玻璃幕墙远近区域的热环境差异显著,形成鲜明的内外区负荷分布特征;(3)末端设备多,设备间协调性差,受控区间有限导致气流组织复杂,热传递过程多变。鉴于此,建筑环境中存在诸多不确定性因素,一方面缺乏室内环境、人员行为特征、设备运维参数的动态分布数据库;另一方面这些因素共同构成了人、环境、设备、空间等时空交互的复杂室内热环境系统,使得空调系统表现

出典型的多目标、多约束、大滞后等复杂非线性大系统特征,增加了空调系统的调控难度与运维。因此,在公共建筑高大空间环境中,实现空调系统的节能优化控制需要从多维度多方向展开研究,其中最关键的一环是系统分析室内环境系统参数、人行行为动态特性、气流组织规律等关键因素对室内热环境的影响。维持良好的室内热湿环境是空调系统运行的根本任务,也是实现节能减碳有效手段,而保证室内热舒适且实现空调系统的节能运行的关键在于对室内热环境参数进行综合评价<sup>[3,4]</sup>以及开展必要的现场调研工作<sup>[5-7]</sup>。

## 1 工程概况

本文以合肥某高铁站建筑为例进行研究。该建筑为公共交通建筑,共三层,其中一层仅作为进站检票入口,二层为候车大厅及各站台入口,为本文研究的主要对象。高铁站二层候车大厅南北长345m,东西宽145m,站内总面积约为49536m<sup>2</sup>,东西对称,层高21m,中间天窗处略高,高度为24.4m,站内候车区域总面积约为31398m<sup>2</sup>。候车区域中共22个检票入口,各检票区域及其相邻区域均排列相同,站内送风方式均采用喷口送风,喷口多设立于候车区域及检票口上方。



图1 高铁站候车大厅

Fig.1 High speed railway station waiting hall

### 1.1 高铁站负荷特点

现代高铁站建筑已从简单的候车区域演变为功能多样、服务多样的复杂城市空间,与其他公共建筑相比,其室内环境更加复杂,建筑负荷特点更加鲜明<sup>[8]</sup>。作为高大空间建筑,高铁站负荷特点相较于民用建筑取区别明显。

(1) 窗墙比过大,太阳辐射影响较大

为了满足室内人员的环境需求及建筑美观,高铁站的围护结构中包含了大量的玻璃幕墙,同时屋顶也设计了玻璃窗,使得建筑窗墙比较大,使靠近

玻璃幕墙的区域太阳辐射量明显上升,透明建筑围护结构表面温度升高,其周边5~7m范围内形成负荷外区<sup>[9]</sup>。

(2) 高大空间负荷分层

高铁站建筑候车厅的室内层高可达20~24m,比一般商业建筑高出3~4倍。由于高铁站内部空间相互联通,空间内无隔断,热空气上浮从而导致室内空间上层温度明显高于下层温度。

(3) 内外区负荷差异明显

高铁站室内水平面积大,距离玻璃幕墙远近的

区域差异明显，形成内外区区域。在内区可忽略建筑围护结构，外界环境因素等对室内空气温度产生的影响，且内区人员密度大，设备数量多，人员数量波动明显，热负荷变化大，易造成室内空气温度增大或减小，热舒适度变化大；外区则受外界环境因素影响，易造成夏季过热，冬季过冷的现象。因此，应考虑内外区的负荷差异来进行空调系统分区控制。

(4) 人员数量波动影响负荷需求

高铁站内旅客人员数量大，人员流动量大，人员动态变化幅度大。人员散热是室内热负荷的主要来源，人员移动和数量波动均会对室内负荷造成影响。同时，高铁站内不同时间，不同区域的人员数量均有所不同，其中检票口，候车区人员数量变化尤为明显。因此，了解不同时刻，不同区域的人员数量，分析不同人员数量对负荷的影响，能够更准确地了解室内能耗。

(5) 设备灯光的负荷

高铁站内存在众多的基础服务设施，如电动按摩椅，自动贩卖机等，在使用过程中给会产生热负荷。此外，照明灯光也是室内热源，对负荷产生影响。

1.2 热环境现场测试

为了实际了解该高铁站建筑的空调运行情况，本研究对该高铁站的室内热环境进行了实地调研。调研前收集高铁站的相关文献资料，为实地调研奠定基础。实地调研中，通过以下方法记录高铁站房的室内热环境情况：（1）在检票区及高铁站内对建筑外观形态、空间布局、空间尺度、客流状况、建筑材料等进行自由观察，草图记录和拍摄摄像记录；（2）借助仪器测量工具如激光测距仪确定主要功能空间的开间、进深、高度等空间尺度基本数

据，使用热成像仪，热敏风速仪等测量仪器确定室内温度、风速、CO<sub>2</sub>浓度等热环境参数；（3）了解并记录高铁站内的客流变化情况，空调、照明设备启闭时间等，以便对人员活动、设备运行情况进行分析。

2 实地调研结果及分析

实地调研主要分三个方面：建筑细节及空间布局、空间热环境参数、站内人员活动情况。

2.1 建筑细节及内部空间布局

该高铁站建筑共三层。其中，一层为主进站口，为挑空设计，面积约 2700m<sup>2</sup>，仅设有进站检票口及电梯，空调风口位于两侧墙壁高 9.6m 处，两侧共 52 个；二层为候车大厅及检票站台，共设有 20 个检票站台，22 个检票口，每个检票站台尺寸大小均相同，空调风口为位于检票站台两侧及检票口高处约 4.5m 处，共 15 个，服务两侧候车区域及检票口前排队区域；三层为餐饮购物区域，由四个独立高台组成，高 8m，分别位于建筑四个角落，其中北侧两个高台面积较大，约 2750m<sup>2</sup>；南侧两高台面积约 2090m<sup>2</sup>，总面积 9680m<sup>2</sup>，商户依次排列，空调风口位于各商户门上方，高约 4m 处，启停时间由商家独立控制。由于建筑自身特点，高铁站四侧墙面均使用大量的玻璃幕墙，窗墙比约为 0.45。

本文研究对象中二层候车大厅承担建筑主要功能且面积较大，且其中包含检票站台、两侧候车区、排队区域及中间走道，各区域功能区别明显，又因为在结构上大同小异。因此，可将一个检票站台及与其相邻的后侧区域、排队区域、走道区域看作一组，将二层候车大厅分为若干个研究组，并选择其中一组作为测量对象，测量其空间尺寸，做为后续分析研究工作的基础。详细空间参数如表 1 所示。

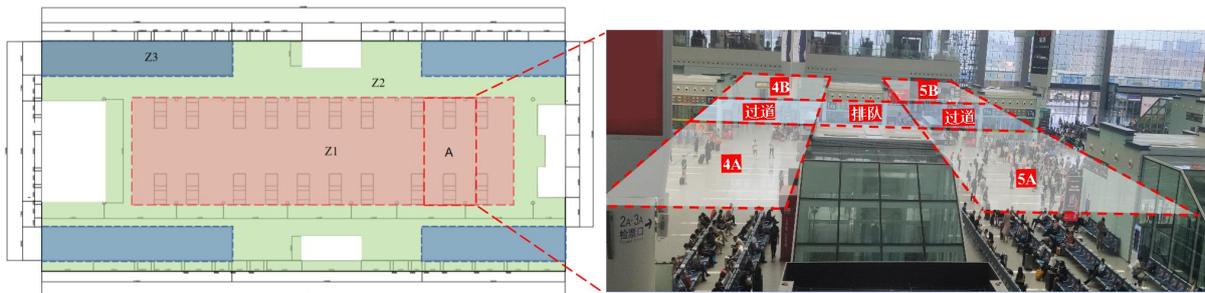


图 2 测量区域的空间图示

Fig.2 Spatial representation of the measurement area

表 1 候车大厅单研究组测量数据

Table 1 Waiting hall single study group measurement data

区域类型	尺寸	区域数量	风口数量	备注
候车区域	13m×20m	4	8	共设座位 224 个
排队区域	8m×30m	1	14	---
走道区域	13m×30m	2	0	---
检票站台	8m×20m×5.5m	2	---	---

2.2 室内热环境参数测量

热环境参数的测量主要为室内参数采集, 测试仪器的详细参数如表 2 所示。测量参数包括室内空气温度、室内风速, 以及室内 CO<sub>2</sub> 浓度; 由于测量

区域 A 内没有明显的辐射热源, 因此本研究并未测量黑球温度。根据 ASHRAE 55 标准<sup>[10]</sup>, 测量点高度为 1.1m (就坐时呼吸区高度)。

表 2 热环境测试仪器型号及精度

Table 2 Thermal environment test instrument type and accuracy

设备名称	设备型号	测量参数	准确度	测量精度
红外热像仪	TiS50	温度	0.02℃	±2℃或 2%
热敏风速仪	ST866A	风速/温度	0.01m/s	±0.05 m/s; ±2℃
二氧化碳检测仪	AR8200	CO <sub>2</sub> 浓度	±1ppm	±3ppm
激光测距仪	DL331070L	距离	±1mm	±(3mm+5×10 <sup>-5</sup> ×D) (D 为检测距离)
红外测温仪	AS842A	温度	0.1℃	±2℃

2.3 热环境测量结果分析

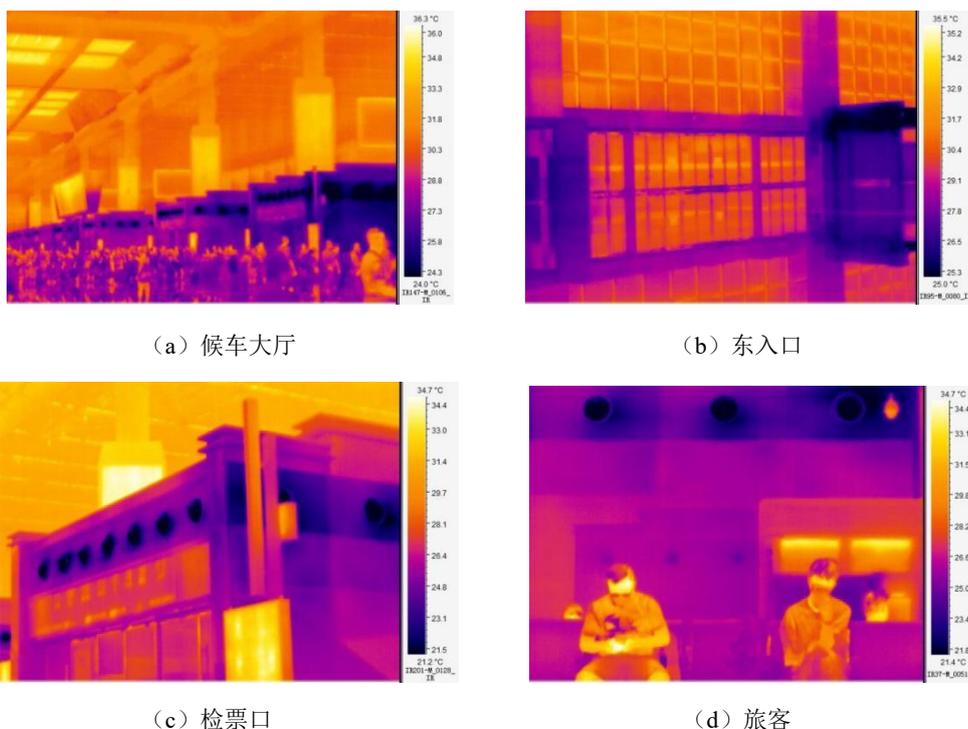


图 3 候车大厅不同区域的热成像图

Fig.3 Thermal images of different areas of the waiting hall

图 3 为候车大厅不同区域的热成像图片，拍摄时间为 2022 年 7 月 8 日，拍摄区域包括候车区、排队区、主要入口等。由图可得，拍摄区域中最大温差均大于 10℃，最大温差相差 13.5℃（见图 c），最小温差为 10.2℃（见图 b），温度差距明显。图 3（a）为候车大厅概况的热图像，温差为 12.3℃。由图可明显看出，候车大厅自检票口高度出现温度分层，上层空间温度高于下层空间。车站大厅的主要入口为玻璃幕墙及玻璃门，因此，该区域温度受室外环境影响大，整体温度较高，如图 3（b）。图 3（c）和图 3（d）为检票口区域的温度分布，由图可得，候车时，人员散热为候车区域内主要热源，其余热源（如广告牌）影响较小可忽略不记。

使用热敏风速仪等测量仪器对二层候车大厅的空气温度进行测量，获得候车大厅温度的水平分布。由于建筑面积较大，情况复杂，测量难度高，

因此选择部分区域进行测量。选择候车大厅中单个研究组进行详细的温度测量选择检票口 4A5A 及其周围区域作为研究对象，记为测量区域 A，测量区域 A 内共有测点 38 个，各候车子区域测点均为 5 个，走道区域测点位 6 个，排队区域测点为 6 个，共 7 个子区域，分别对测量区域 A 内的温度、风速及 CO<sub>2</sub> 浓度进行测量。

对测量区域 A 内空气温度的分布情况进行分析，使用 Matlab 软件内置线性插值法计算得出测量区域 A 内整体温度分布并绘制温度云图，结果如图 4 所示。测量区域 A 内温度最大值为 28.2℃，最低值为 25.7℃，最大温差为 2.5℃，从图中可以看出，测量区域 A 内存在明显的冷热不均匀现象。同时，温度的测量结果不符合《民用建筑供暖通风与空气调节设计规范》<sup>[1]</sup>规定的热舒适温度范围。

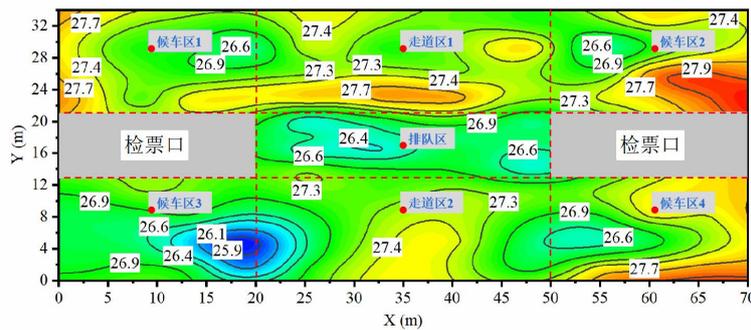


图 4 测量区域 A 温度分布云图

Fig.4 Cloud image of temperature distribution in measuring area A

为了探究造成测量区域 A 温度分布不均匀的原因，选择 5A 候车区进行不同条件下的温度测量。测量条件为人员数量的不同，设立三个人员密度值：25%，50%，75%，分别对应人数约为 20 人，

40 人，60 人，当测量区域内人员数量处于设定值左右时进行温度测量，在 5A 候车区四角及中心共设立 5 个测量点，温度测量结果如图 5 所示。

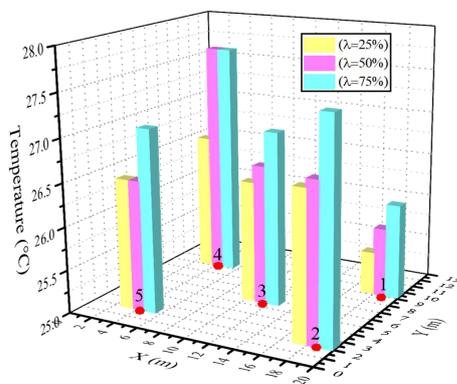


图 5 5A 候车区不同人员密度热环境比较

Fig.5 Comparison of thermal environment of different personnel density in 5A waiting area

图 5 为 5A 候车区在不同人员密度条件下的五个点的测量温度。5A 区域长 20m, 宽 8m, 共设立座位 80 个, 图中 X 轴和 Y 轴表示测点在区域内的位置, Z 轴为实测温度。其中, 测量温度最高为 27.5℃ (测点 4,  $\lambda=75\%$ ), 最低为 25.5℃ (测点 1,  $\lambda=25\%$ ), 最大温差 2℃。人员占比为 25% 时, 测量值最高为 26.7℃, 最低为 25.5℃, 温差为 1.2℃。人员占比为 50% 时, 测量温差为 1.9℃, 人员占比为 75% 时, 测量温差为 1.4℃。不同人员占比条件下, 5A 区域内测点均存在 1℃ 以上的温度差, 由此可以看出, 整体存在明显的热不均匀性。不同人员密度下, 均存在靠近风口的测点 1 的温度最低, 远离风口的测点 4 温度最高的现象。且同一测点人员占比  $\lambda=25\%$  的测量温度均低于  $\lambda=75\%$  的温度。这表明温度变化与人员数量有关, 随着人员占比的升高或降低, 温度也随之增大或减小。

CO<sub>2</sub> 浓度是影响人体热舒适的重要因素<sup>[12,13]</sup>。对测量区域 A 内, 5A 候车区中的 CO<sub>2</sub> 浓度及人数进行分析, 一天内不同时刻下人数与 CO<sub>2</sub> 浓度的关系如图 6 所示。图中曲线代表人员数量, 柱形图为 CO<sub>2</sub> 浓度。由图可以看出, 随着人员数量的波动, CO<sub>2</sub> 浓度也随之变化。九点时人员数量变化达到波峰, CO<sub>2</sub> 浓度随之在 10 点时达到波峰。人员数量在 15:00 时达到局部最小值, CO<sub>2</sub> 浓度在 16:00 变化至局部最低点。由此可以说明 CO<sub>2</sub> 浓度变化具有滞后性。CO<sub>2</sub> 的测量范围为 530ppm~598ppm, 整体变化不明显。

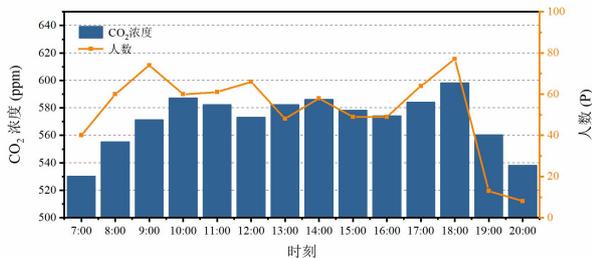


图 6 5A 候车区不同时刻 CO<sub>2</sub> 浓度及人数变化

Fig.6 Changes of CO<sub>2</sub> concentration and number of people in 5A waiting area at different times

然而, 高铁站内的乘客存在流动性大的特征, 超过 80% 的乘客的候车时间小于一个小时, 因此以一天为总测量时间, 一小时为测量间隔来分析 CO<sub>2</sub> 浓度和人员变化之间的联系不够准确。由于检票过程中, 人员数量前后变化大, 为了更精确地描述

CO<sub>2</sub> 浓度与人员变化的关系, 因此选择列车检票前后, 测量排队区人数与 CO<sub>2</sub> 浓度变化并进行分析。

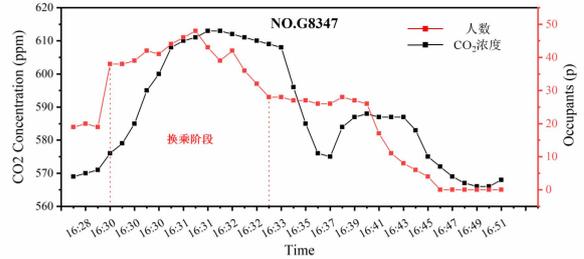


图 7 列车检票前后 CO<sub>2</sub> 浓度及人数变化

Fig.7 Changes of CO<sub>2</sub> concentration and number of people before and after train ticket checking

通过对乘客排队的观察时, 在排队时, 检票口前的乘客较为聚集, 而随着队伍的靠后, 人员逐渐分散。由于两个检票口之间相距 30m, 且排队区两侧为空旷无人的走道, 因此选择在检票口前 8m×8m 区域内设置测点, 测量分析检票前后该区域人员数量与 CO<sub>2</sub> 浓度变化。

图 7 为 G8347 次列车检票前后测量区域 A 人员数量与 CO<sub>2</sub> 浓度变化趋势。图中 X 轴为检票前后不同时刻。16:30 至 16:32 为站内换乘阶段, 持续时间短, 人数变化快, 因此, 该阶段时间分度为 20s, 其余时间分度为 1min。

由图可明显看出, 人员数量与 CO<sub>2</sub> 浓度曲线变化趋势基本相同。人员数量在 16:31 时达到峰值, CO<sub>2</sub> 测量值同时在 16:31 时达到最大值 613ppm。16:30 时由于站内换乘, 被测量区域 A 人员数量陡然上升, CO<sub>2</sub> 浓度值也随之上升。16:31 后由于换乘阶段结束和开始检票, 测量区域 A 人数逐渐降低, 直至 16:45 检票后 5 分钟, 人数降低至 0。CO<sub>2</sub> 浓度也随之降低, 直至 16:51 检票结束时, CO<sub>2</sub> 浓度降低至为 560ppm。因此, CO<sub>2</sub> 浓度值变化与人数变化呈正相关, 且存在一定的滞后性。

### 3 问卷调查

#### 3.1 研究内容及研究方法

2022 年 7 月, 本研究通过问卷星网站 (<https://www.wjx.cn>) 开展了《关于高铁客站空调系统使用感受的问卷调查》的网络问卷调查活动, 通过二维码分享的方式随机投放给站内候车人员填写, 问卷共设计 20 余题, 旨在获得人体对热环境反应的全面信息。问卷内容主要包括: 人员基本

信息（性别、年龄）、对所处区域的热湿感受、整体热舒适性等。问卷中的热感觉投票设置采用ASHRAE 7分制热感觉标尺，湿感觉投票等其余投票标尺设置参照热感觉投票。通过完成此次问卷调查活动，最终得到有效问卷共 542 份。

### 3.2 问卷调查结果及分析

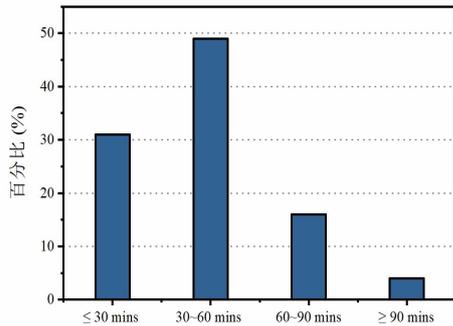


图 8 旅客候车时间

Fig.8 Passenger waiting time

图 8 为旅客候车时间，如图所示，35.7%的旅客候车时间为 30 分钟以内，候车时间为 30~60 分钟的旅客占比为 46.3%，13%的旅客候车时间为 60~90 分钟，仅 4%的旅客候车时间超过 90 分钟。因此，高铁站内旅客滞留时间普遍较短，站内人员具有较大的流动性。

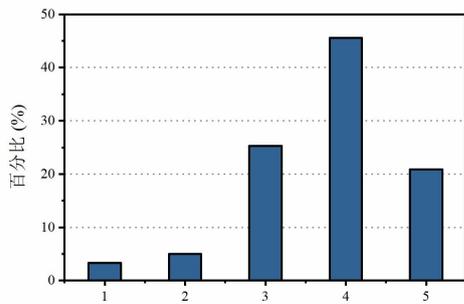


图 9 旅客对空调系统的整体满意度

Fig.9 Overall passenger satisfaction with the air conditioning system

以五分制设立空调整体满意度评价标准，得到夏季旅客对空调系统的整体满意度。如图 9 所示，超过 66%的旅客对整体空调系统表示满意，包括占比为 45.57%的评价为 4 分(满意)和占比为 20.85%的评价为 5 分(非常满意)。同时，在评价为 1~3 分的测试者中，大多数旅客认为空调系统一般(评分为 3)，仅有 3.32%认为很不满意(评分为 1)。由图可得，超过 30%的旅客对空调系统的整体评价

为一般及以下，表明高铁站空调系统对热环境的控制存在问题。

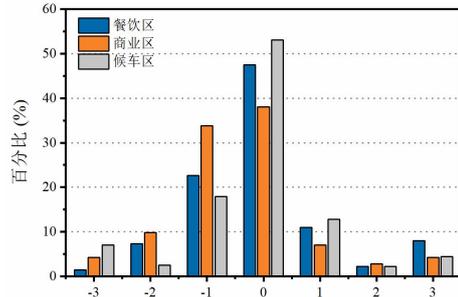


图 10 热感受投票

Fig.10 Thermal perception voting

图 10 为候车大厅内不同区域的旅客的热感受投票结果。如图所示，候车大厅三个不同区域中，热感觉投票为 0（中性）的旅客占比均为最高，其中，候车区域的热感觉为中性的占比最高，其次是餐饮区，而商业区的热感觉投票整体更倾向于微凉（-1）和中性（0）之间。因此，候车区域整体热舒适性较高，餐饮区域次之，商业区域则整体偏凉，在候车大厅的不同区域，旅客的热感受并不相同。

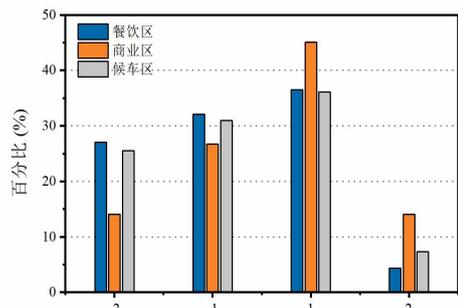


图 11 风速感受投票

Fig.11 Wind feel vote

图 11 为候车大厅不同区域的旅客的风速感受投票结果。风速感受投票标尺设置参照热感觉投票，从-2~2 分别代表风速较小、风速偏小、风速偏大、风速较大。如图所示，各区域整体风速感受为 1 的旅客占比最高，然而，餐饮区域和候车区域结果相似，两区域中均有超过 40%的旅客认为风速偏高，商业区域中认为风速偏高的旅客占比超过 50%。因此，候车大厅的整体风速感受较高。由图可得，餐饮区和候车区的整体热感受均值为-1，整体感觉风速偏小，而商业区风感受投票则较为均衡，整体热感受接近中性。

## 4 结语展望

本章对高铁站进行了实际调研,该建筑作为高大空间公共建筑,存在建筑面积大,空调能耗高等问题。通过对该建筑的空间尺寸、热环境参数等数据测量以及对旅客的问卷调查研究表明,现阶段高铁站空调系统的运行方式并不合理,不仅无法根据负荷差异进行节能调控,也无法很好地满足旅客在候车过程中的热舒适性要求。存在的主要问题及未来在运维方面的建议如下:

(1) 受疫情影响,全国各公共区域空调系统运行均表现为空调风机全开模式运行,虽然有利于提高送风量,减少污染物传播,尽最大可能地稀释空气中的污染物,但是风机能耗与常规运行模式相比,能耗加倍。因此,在后疫情时代,需重新审视该种空调的运行模式,建议在空调运行策略的设计模式中考虑疫情模式,即采用平疫结合的运行方式,一方面可以应对突发疫情状况,另一方面则可以减少空调系统能耗。

(2) 建筑内空调系统仅设有启停功能,根据测量,送风方式为定风量送风,不同区域空调风口的控制存在差异,二层候车区域外多数空调风口处于关闭状态。建筑内存在负荷分区,不同区域内负荷影响因素不同。通过问卷调查的结果分析,有超过30%的旅客对空调系统表示不满。候车大厅的热感受集中在中性,但实际测量风速偏高,致使结果向偏凉方向偏移。由于内部空间巨大,人员分布严重不均,因此建议对空调系统采取分区控制,即可根据候车区、排队区、过道区、商业区等进行功能划分,然后分别单独控制,即可以考虑不同区域的功能,又可以分别对不同区域的温度需求进行独立控制。

(3) 高铁站二层候车大厅中存在明显的水平方向温度分布不均匀现象,局部区域呈现出过冷或过热现象。此外,高铁站候车区存在明显热不均匀现象。候车区域最大温差为 $2.3^{\circ}\text{C}$ ,造成温度分布不均匀的主要原因是人员在空间上的不均匀分布。特别是在列车发车前的几分钟,排队区瞬间可能聚集几百人,因此建议采用计算机识别技术,实时地识别客流密度,然后结合空调系统,即根据实时的

人数变化不断地调整空调系统的送风量,实现按需供能,空调系统的运行控制与列车发车的时刻表进行关联,即在列车发车的前几分钟,将空调系统的风量进行提前调整,即保证人员的热舒适,同时在突发情况下也能最大限度地减少污染物传播。

## 参考文献:

- [1] Lan B, Yu Z, Huang GS. Study on the impacts of occupant distribution on the thermal environment of tall and large public spaces [J]. Building and Environment, 2022,218:109134.
- [2] Du XH. Investigation of indoor environment comfort in large high-speed railway stations in Northern China [J]. Indoor and Built Environment, 2020,29(1):54-66.
- [3] 许琳.西昌西站通风空调系统智能温控策略研究[J].制冷与空调,2023,37(1):106-114.
- [4] 姚尧.轨道交通建筑能耗分析及节能措施[J].建设科技, 2022(11):84-86,91.
- [5] 惠豫川,田利伟,王成哲,等.某贵宾候车室气流组织及热环境模拟分析[J].制冷与空调,2022,36(1):85-91.
- [6] 蒋阳升,王胜男,涂家祺,等.面向高铁站的热舒适度和能耗综合预测[J].计算机应用,2021,41(1):249-257.
- [7] 王楠,王劲柳,刘丛红.回应气候的高铁站房界面开敞策略与模拟验证[J].浙江大学学报(工学版),2023,57(6):1071-1079.
- [8] 姚文超,陈俊,赵海良,等.中小型高铁站房暖通设计分析—以庄寨站为例[J].暖通空调,2023,53(S1):137-140.
- [9] 边策.某航站楼候机厅冷负荷预测与空调末端节能策略研究[D].西安:西安建筑科技大学,2023.
- [10] Standard 55-2023, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy[S]. ANSI/ASHRAE Approved, 2023.
- [11] 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.
- [12] 陈永江.地铁车站公共区 $\text{CO}_2$ 浓度测试及新风量分析研究[J].制冷与空调,2017,31(2):122-129.
- [13] 楼燕进.地铁站站厅低温送风方式对 $\text{CO}_2$ 浓度的影响研究[J].制冷与空调,2022,36(4):564-569.