

文章编号: 1671-6612 (2019) 04-405-05

铁路旅客站房高大空间冬季热环境测试与分析

于靖华¹ 杨清晨¹ 田利伟² 郭 辉² 郭旭晖² 庄炜茜²

(1. 华中科技大学环境科学与工程学院 武汉 430074;

2. 中铁第四勘察设计院集团有限公司 武汉 430063)

【摘 要】 针对夏热冬冷地区铁路旅客站房冬季室内的热环境问题,以武汉某铁路站房为调研对象,进行候车区高大空间开口尺寸、渗透风量和温度分布进行实地调研。结果表明,调研时段站房总渗透风量达到61.2万m³/h,折合换气次数为2.1次/h,其中高架候车室渗透风量为54.7万m³/h,折合换气次数为2.0次/h,整个站房单位空调面积渗透风热负荷为68.5W/m²,高大空间下部候车区温度为15.0℃,顶部温度为20.0℃,上下温差为5℃,调研结果为站房运行节能提供了技术参考。

【关键词】 高大空间; 分层空调; 热负荷; 温度梯度; 测试

中图分类号 TU831 文献标识码 A

Test and Analysis of the Thermal Environment in the Large Space of Railway Passenger Station Room in Winter

Yu Jinghua¹ Yang Qingchen¹ Tian Liwei² Guo Hui² Guo Xuhui² Zhuang Weiqia²

(1. School of Environmental Science & Engineering, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, 430074;

2. China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd, Wuhan, 430074)

【Abstract】 For the indoor thermal environment of railway passenger station in hot summer and cold winter area, taking a railway station in Wuhan as study object, conducts field investigation on the opening size, infiltration air volume and temperature distribution of the large space in the waiting room. The results show that the total infiltration air volume of the station during the investigation period reached 612,000m³/h, and the air change rate was 2.1 times/h. The infiltration air volume of the elevated waiting room is 547,000m³/h, and the air change rate was 2.0 times/h. The infiltration wind heat load per unit air conditioning area of this station was 68.5 W/m², the temperature in the waiting room where lower zone of the high space was 15.0℃, the temperature of the top zone was 20.0℃, so the upper and lower temperature difference was 5℃. The investigation results provide technical reference for the energy saving of the station room.

【Keywords】 large space; stratified air-conditioning; heat load; temperature gradient; investigation

0 引言

目前铁路站房、航站楼、会展中心等高大空间普遍采用分层空调系统^[1-5],从运行效果来看,该送风方式通常可以满足站房的空调采暖需求^[6-9]。但部分站房特别是跨线高架站房运营过程反映,冬季室内人员活动区局部区域温度偏低,无法满足室内的热舒适性要求^[10,11]。调研发现,冬季采用喷口

侧送热风时,由于送风距离较大,且候车厅底部存在多处与室外连通的通道,导致大量室外无组织渗风进入室内,加之热浮力的影响,室内竖向温度梯度加剧,造成高大空间底部人员活动区域温度偏低,热舒适性较差。

针对这一问题,本文以武汉某一特大型铁路旅客站房为例,进行现场调研测试,获得铁路站房候

车厅冬季供暖时段的渗透风量与高大空间热环境特性,为站房运营和高大空间空调系统设计提供数据参考。

1 工程概况

选取武汉某特大型铁路旅客站房作为调研对象,其高架候车厅属于典型的高大空间。火车站具体布局如图 1 所示,根据建筑图纸统计得到各楼层高度、面积及功能,具体见表 1。该火车站采取地上候车,上进下出的方式,站房为南北朝向,地下一层为地下进站集散厅(4184m²);一层除售票厅外设有南站房进站集散厅(1913m²)、普通候车室(1880m²)、一楼贵宾候车室(3120m²)和北站房进站集散厅(4712m²);二层设有母婴候车室(808m²),高架候车室(18216m²)等。

高架候车室长 198m,宽 92m,屋顶为拱形,最高端距离地面为 18m,最低端距离地面 13m,是典型的高大空间。高大空间上部宽度为 92m,面积

为 198m×92m=18216m²;高度 4m 以下,两端各有进深为 13m 的商铺。

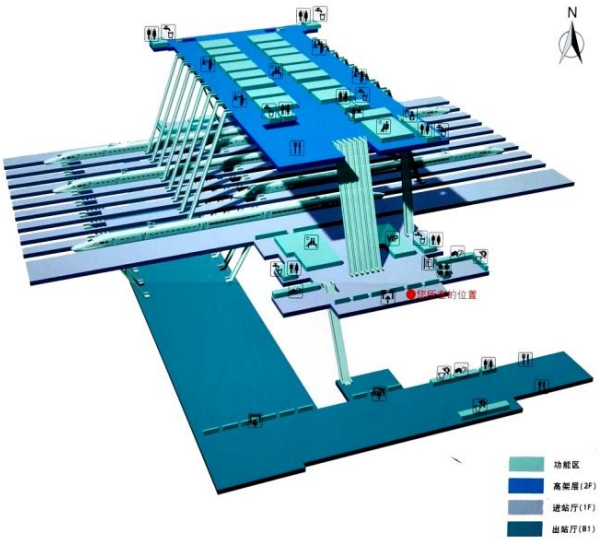


图 1 站房平面示意

Fig.1 Station floor plan

表 1 建筑各楼层高度、面积及功能

Table 1 The height, area and function of each floor of the building

楼层	标高 (m)	层高 (m)	建筑面积 (m ²)	空调面积 (m ²)	主要功能
-1F	-6	5.8	4184	767	地下出站通道,地下进站集散厅
1F	0	9	12379	9646	南站房进站集散厅、普通候车室、贵宾候车室、北站房进站集散厅、东西售票厅
2F	9	15	30303	22977	南站房东西办公区、南站房上空、母婴候车室、进站栈桥、高架候车室、北站房集散厅二楼
3F	13	4	2474	0	南站房办公区
4F	17	4	2474	0	南站房办公区
合计			51814	30969	

2 冬季室内热环境调研测试

2.1 调研测试内容及测点布置

测试时间为 2016 年 12 月 25 日,调研测试的主要内容包括以下几方面:

- (1) 高架候车室高大空间顶部温度分布;
- (2) 送风口温度及风速;
- (3) 室内空气温度,包括①地下进站广厅、②南站房进站广厅、③中央通道、④高架候车室、⑤北站房进站广厅;
- (4) 无组织渗透风量,包括①高架候车厅检票口、②南站房进站广厅主进站口、③地下一层通

往南站房进站广厅楼梯口、④中央通道至高架候车室通道口、⑤北站房进站广厅至高架候车室通道口;

- (5) 室外风速和温度;
- (6) 围护结构类型及开窗情况。

2.2 测试仪器及校核

测试过程采用 12 台 ZDR 温度记录仪,2 台 Swema 温度传感器 HC2-s,4 台 TSI 多功能风速仪,各仪器的技术参数如表 2 所示。

表 2 测量仪器技术参数

Table 2 Technical parameter of measuring instrument			
仪器	测量范围	精度	分辨率
ZDR 温度记录仪	-40~100℃	±0.5℃	0.1℃
Swema 温度传感器 HC2-s	-40~85℃	±0.1℃	0.01m/s
KIMO 热线风速仪	0.15~3.0m/s	±0.05m/s±3%	0.01m/s
	3.1~30m/s	±0.2m/s±3%	0.1m/s
	0~50℃	±0.2℃	0.1℃

测试前对各仪器进行校核和标定，首先将所有仪器进行编号，并将国际 Swema 公司标定的温度传感器 HC2-s 之一作为对比仪器，所有仪器测量同一位置同一段时间内的空气温度变化，采用稳定

时段的数据，绘制其它仪器与对比仪器之间的关系曲线，得到拟合公式，作为测试结果的修正公式，将其它仪器的测试结果进行修正。

3 调研测试结果与分析

3.1 渗透风量测量结果

采用 TSI 多功能热球风速仪测试室外及各开口风速，室外及各区域温度，测得不同开口处室外温度在 7.3~7.8℃ 之间。

站房对外开口位置主要包括地下进站口、南北进站口、高架检票口、高侧窗及未知缝隙。对于站房底部的进风开口，可以通过测试准确获得；对于高处的开口及未知缝隙，无法准确获知，因此表 3 仅对底部进风口的测试结果进行统计。

表 3 各进风开口测试结果统计

Table 3 Investigation results statistics of each inlet air opening						
开口位置	标高 (m)	平均温度 (℃)	风向	风量 (m³/h)	出风位置	排风温度* (℃)
南站房地下进站口	±0.00		进风	154516		
南站房进站口 1	±0.00	7.6	进风	23688	南站房高侧窗	17.9
南站房进站口 2	±0.00	7.3	进风	26226		
南站房进站口 3	±0.00		进风	25246		
高架检票口东	+9.00	7.8	进风	55078	高架候车厅高侧窗 及未知缝隙	17.9
高架检票口西	+9.00	7.7	进风	62156		
高架通道（北）	+9.00	7.6	进风	264600		

注：*排风主要是由于高侧窗开启，风压和热压引起；排风温度为所能测得的开口的排风温度平均值。

测试结果表明，整个站房的渗透风路径为：地下进站厅和南站房进站口进来的渗透风被空调系统加热后一部分由南站房高侧窗流出，一部分进入到二层高架候车室；由北站房进站口进入的渗透风经由北侧通道进入高架候车室；高架候车室还存在通过东、西两侧检票口进入的渗透风；还有部分渗透风最终被加热到 17.9℃，并由东、西高侧窗及缝隙渗透至室外。

站房公共区总渗透风量为 61.2 万 m³/h，折合换气次数为 2.1 次/h；高架候车室渗透风量为 54.7 万 m³/h，折合换气次数为 2.0 次/h。测试时段站房的主导风向为北向，主要渗透风口为北站房进风量最大（即通过高架北侧通道进入的风量），占总渗透风量的 43.3%，其次是南站房，占总渗透风量的 37.6%，高架层的东、西检票口虽然位于候车厅两

侧，但两部分渗透风量之和占比仅为 19.1%。

3.2 高大空间温度分布测量结果

高大空间温度主要包括检票口渗透风温度、喷口送风温度、候车区不同高度的温度梯度。其中喷口设置于高架候车室两侧商业夹层，采用热线风速仪对 216 个喷口的送风温度和送风速度进行测试，结果表明送风口的平均温度为 40.4℃，平均速度为 7.32m/s；东、西两侧检票口处的渗透风温度分别为 7.8℃ 和 7.7℃。

候车室高大空间高度为 18m，从屋顶马道向下悬挂温度记录仪，高度上每隔 1m 设置一处监测点，下部 6m 高度以内采用 Swema 温度传感器固定在伸缩杆上的方法进行实时测量，高大空间温度梯度布点如图 2 所示。取 20:00-21:00 之间的数据进行分析，测试结果如图 3 所示。

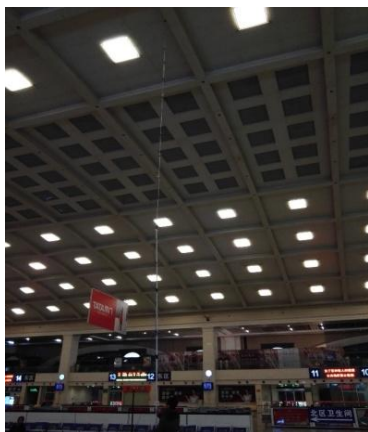


图2 高大空间温度梯度测试

Fig.2 Temperature gradient investigation in large space

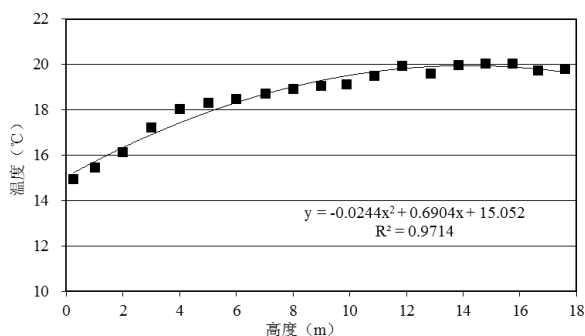


图3 高大空间温度梯度分布

Fig.3 Temperature gradient distribution in large space

测试结果表明, 高大空间底部空气温度为 15.0°C , 近地面处温升随高度变化较快, 在 6m 以下近似线性增加, 该部分区域主要受渗透风影响; $6\sim 12\text{m}$ 高度之间温度缓慢增加, 由 18.5°C 增加到 20°C 左右; 当高度达到 12m 以上时, 温度趋于一致, 16m 高度处的温度最高, 达到 20.0°C , 在 $17\sim 18\text{m}$ 处温度稍低, 这是因为吊顶上部的马道夹层温度偏低, 存在通过吊顶缝隙的冷热交换; 整个高架候车厅底部和顶部之间温差为 5°C 。

3.3 渗透风负荷特性分析

根据测试的渗透风量、渗透风温度, 及各区域温度, 计算渗透风热负荷, 计算结果如表 4 所示。

统计结果表明, 测试阶段站房渗透风引起的总热负荷为 2122kW , 折合成整个站房单位空调面积渗透风热负荷为 $68.5\text{W}/\text{m}^2$, 其中高架候车厅单位空调面积渗透风热负荷为 $56.1\text{W}/\text{m}^2$ 。此时对应的室外温度为 $7.3\sim 7.8^{\circ}\text{C}$; 如果室外温度降低至武汉地区空调室外计算温度 -2.6°C , 则渗透风引起的总

热负荷将达到 4220kW , 折合成整个站房单位空调面积渗透风热负荷为 $136.2\text{W}/\text{m}^2$ 。

表4 各开口参数

Table 4 The parameters of each opening

开口位置	风量 (m^3/h)	室外温度 ($^{\circ}\text{C}$)	排风温度 ($^{\circ}\text{C}$)	渗透风热负 荷 (kW)
地下集散 厅进站口	154516	7.6	17.9	535.8
南站房进 站口	75160	7.3	17.9	268.2
高架通道 (南)*	165480	14.9	17.9	167.1
高架检票 口东	55078	7.8	17.9	187.3
高架检票 口西	62156	7.7	17.9	213.4
高架通道 (北)	264600	7.6	17.9	917.5
合计				2122.2

注: *高架通道(南)为内部通道, 其风量由地下集散厅进站口和南站房引起进站口引起, 仅用于统计高架候车厅的渗透风热负荷, 计算站房渗透风总热负荷时无需再计入。

3.4 站房运营过程存在的问题

调研过程发现站房运营时存在一定的不合理现象, 主要体现在以下几个方面:

(1) 两侧商业夹层处的高侧窗全年处于开启状态, 对于空调期和过渡季节, 高侧窗的开启, 可以将候车厅上部的热量排至室外, 提高候车区的热舒适性, 而冬季则会加大风压和热压的作用, 空调喷口送出的热风无法达到人员活动区。



图4 高侧窗开启

Fig.4 High side window open

(2) 空调机组新风阀未完全关闭。对于一般民用建筑,空调系统需满足室内人员的新风要求,而对于铁路旅客站房,由于进站口、检票口等长时间处于开启状态,无组织渗透风能够满足新风要求,因此空调系统不需要设置新风。

(3) 空调系统运行维护有待提高,如检票口处的风幕机处于关闭状态、部分空调机组的送风参数没有达到设计要求、回风口被商业用房设备遮挡等现象较为明显。

4 结论

分层空调是夏热冬冷地区铁路站房普遍采用的空调系统形式,该空调系统形式在冬季供暖时段存在一定弊端,部分站房旅客反映冬季空调效果较差,因此本文针对武汉某特大型铁路旅客站房进行了冬季热环境调研测试,结果表明:

(1) 由于铁路站房的功能特征,进站口和检票口长期处于开启状态,导致冬季渗透风量较大,渗透风换气次数可达2次/h以上,测试阶段渗透风引起的单位面积热负荷达到 68.5W/m^2 ,折算成冬季空调室外计算温度时则达到 136.2W/m^2 ,该部分热负荷应引起足够重视。

(2) 冬季采用分层空调进行供暖时,受底部渗透风的影响,喷口热风在风压和热压作用下,热量上浮至站房顶部,底部温度在 15°C 左右,顶部温度可达到 20°C ,顶部热量最终通过高侧窗和屋顶散失到室外,造成热量的损失。

(3) 空调机组冬季供热时段新风阀应关闭,以减少新风负荷;同时站房应提高密闭性,如开启检票口处的风幕机,关闭站房高侧窗等,达到降低

渗透风负荷的目的,提高站房候车区的热舒适性。

参考文献:

- [1] 彭建斌,张从丽,王疆.新疆国际会展中心分层空调设计与模拟[J].暖通空调,2017,47(4):73-77.
- [2] 张玲玲,刘紫辰,辛玉富,等.高大空间空调系统节能设计[J].暖通空调,2013,(S1):234-237.
- [3] 吴明洋,刘晓华,赵康,等.西安咸阳国际机场T2和T3航站楼高大空间室内环境测试[J].暖通空调,2014,44(5):135-139,96.
- [4] 司董涛,刘览,杨子学,等.南京国际博览中心展厅空调通风系统运行实测[J].暖通空调,2011,41(7):7-13.
- [5] 张翔.某高大厂房分层空调系统设计[J].暖通空调,2005,35(2):98-99.
- [6] 郑文国.深圳北站空调通风系统设计[J].暖通空调,2010,40(3):50-53.
- [7] 肖应潮.综合节能技术在特大型旅客车站中的应用研究[J].暖通空调,2009,39(11):133-136.
- [8] 蔡珊瑚.福州南站分层空调数值模拟分析与负荷节能率优化[J].发电与空调,2014,35(2):68-73.
- [9] 贾学斌,张雷,陈敬文.高铁站房大空间空调送风的气流组织分析与研究[J].铁道科学与工程学报,2015,12(4):762-768.
- [10] 喻李葵,余雷模,马卫武,等.铁路客运站候车厅冬季供暖系统优化分析[J].中南大学学报(自然科学版),2015,48(5):1900-1908.
- [11] 何列波,喻李葵,王晓宗,等.候车厅冬季分层空调CFD模拟研究与实验验证[J].建筑热能通风空调,2012,(3):56-59.