

新广州站无组织通风 对空调系统负荷的影响

中铁第四勘察设计院集团有限公司 郭旭晖★

摘要 利用 ContamW 软件计算了新广州火车站空调季无组织通风的路径及通风量,用 DeST 软件分析了无组织通风对房间冷负荷的影响,并提出了相应的改进措施。

关键词 无组织通风 空调系统 冷负荷 能耗模拟

Influence of natural ventilation and air infiltration on cooling load of air conditioning system for the new Guangzhou Railway Station

By Guo Xuhui★

Abstract Calculates the path and rate of natural ventilation and air infiltration for the project by ContamW software. Analyses the influence of natural ventilation and air infiltration on room cooling load by DeST software, and puts forwards the related improving measures.

Keywords natural ventilation and air infiltration, air conditioning system, cooling load, energy consumption simulation

① ★ China Railway Siyuan Survey and Design Group Co., Ltd., Wuhan, China



郭旭晖

主要设计项目

- 深圳北站房
- 新广州火车站站房
- 厦门BRT枢纽站
- 武昌火车站站房
- 南京站房
- 郑州站房主站楼

0 引言

无组织通风包括建筑物的自然通风和空气渗透,这两种空气交换的驱动力都是热压和风压作用形成的室内外压力差,无论建筑物是否使用空调系统,无组织通风都是影响建筑室内环境的重要因素^[1]。对于空调建筑而言,由于多数情况下室外空气的温湿度不在室内温湿度舒适范围内,无组织通风会增加建筑的冷热负荷,从而增加空调系统的能

耗^[2]。因此,研究空调建筑的无组织通风问题不仅有助于分析空调建筑的空气环境质量,还有助于分析空调建筑的能耗。

目前国内对建筑物无组织通风问题的研究大多集中在两个方面:建筑物冬季渗风和非空调状况下的建筑物自然通风问题^[3-6],《公共建筑节能设计标准》也对建筑自然通风设计提出了相关要求^[7]。然而,对于夏季空调状况下的建筑物空气渗透问题,相关研究较少。

笔者以新广州火车站为例,与清华大学合作^①,对夏季空调状况下的建筑物空气渗透和自然通风问题,即空调建筑的无组织通风问题进行分析,利用多区域网络模拟软件 ContamW 建立建筑区域网络计算模型,计算通过大门开口进入室内不

① 清华大学建筑学院. 新广州火车站节能设计与建筑内热环境研究报告[R], 2009

①★ 郭旭晖,男,1967年12月生,大学,副总工程师
430063 中铁第四勘察设计院集团有限公司城建院
(027) 51156398
E-mail: tsygh@sohu.com
收稿日期: 2010-03-01

同功能区域的室外新风渗透量,并建立相应的 DeST 能耗计算模型,分析无组织通风对房间负荷的影响。

1 无组织串风模拟

新广州火车站建筑南北长 448 m,东西宽 398 m,采取“高架候车,上进下出”的方式,1 层为出站层(0.00 m),2 层为站台层(12.00 m),3 层为高架候车层(21.00 m),地下层(-4.00 m)包括地铁站、设备用房等。新广州火车站原设计方案中,为满足高架候车层乘客视野需要,3 层高架候车层与 2 层站台层设置 4 个孔洞(如图 1 所示),孔洞总面积约为 11 570 m²,另外,1 层地面出站层与 2 层站台层之间设计有多个楼梯孔洞,约 800 m²。由于 3 层地面上设置的 4 个孔洞和 1,2 层之间的楼梯口有高度差,在热压的驱动下,建筑内将产生无组织串风,从而引入大量未经处理的室外新风,增大室内冷负荷。



图 1 高架候车层和站台层模型

改进方案中,4 个孔洞被取消,导致室内无组织串风以及自然通风情况发生了较为明显的变化,重新分析如下:4 个孔洞被取消,建筑内的无组织串风负荷主要为 1,2 层之间的楼梯口与 1 层、3 层两侧由于人流作用而常开的大门之间的热压串风负荷。

1.1 模型的建立

在夏季空调开启时,为了节约能源,建筑门窗关闭,避免引入室外热风 and 排出室内的冷空气。但是,由于 1 层地面出站层通往 2 层的楼梯在 2 层地板上有楼梯通道,2 层站台层与室外大气连通,可以视为室外空间,因此这些孔洞会为空气在室内外之间流动提供路径,增加建筑空调负荷。同时考虑到进、出站大厅以及售票厅等公共区域人流密度比较大,将导致一定数量的门处于常开状态,为了简化模型模拟,各层外门随机开启简化为 1 个门长

时间开启状态。

空调季建筑通风模型如图 2 所示,1 层停车场不参与通风设计,在图中未画出,2 层站台层按室外空间处理,3 层高架候车室简化为 1 个大空间。

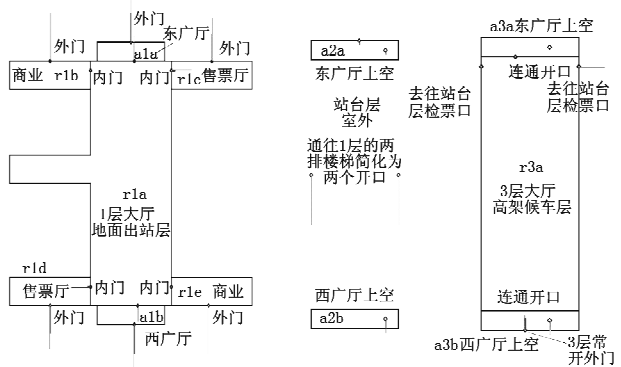


图 2 空调季建筑通风模型

在利用 ContamW 对室内空气流动情况进行模拟计算中,作了如下模型假设:

1)底层大厅与 3 层高架候车层大厅每侧都有两扇大门常开(人流作用,一进一出),尺寸 3 600 mm×2 500 mm。

2)南北售票大厅商业部分各有一扇门常开,尺寸 3 600 mm×2 500 mm。

3)商业部分假设人流密度相对出站大厅以及售票大厅较小,大门常闭,渗透风主要为门缝渗风。

4)站台至出站厅楼梯口渗风考虑:从站台层进入到出站层共(13+4)×2 个楼梯通道。采用模型开口断面积为 $3.5 \times 4 = 14 \text{ m}^2$,流量系数 C_d 为 0.91。

1.2 渗透路径分析

计算结果显示,空调季时,建筑室内空气温度较低,室外空气温度较高,密度差驱使室外空气由 2,3 层常开的外门进入到东、西广厅上空,然后被空调系统降温后经过东、西广厅下沉到底层 1 层人员活动区域,最后从 1 层与室外连通的外门排出室外,同时,2 层站台层通往 1 层的两排开口因为不可以封闭,室外空气进入 1 层大厅,被空调系统降温后,最终也从 1 层与室外连通的外门排出。由此引起的无组织串风路径如图 3 所示。考虑到关闭状态门窗的流动阻力较建筑上开口要大得多,因此通过门窗缝隙流入和流出的空气量可以忽略。

1.3 渗透风量计算

空调季房间无组织串风量如表 1 所示,无组织

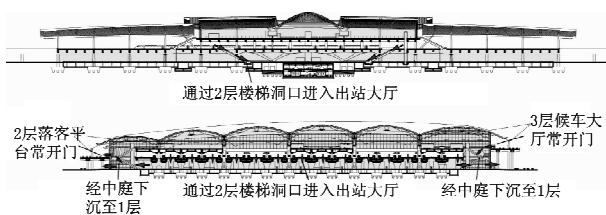


图3 无组织串风路径

新风流经的主要区域为1层的大厅和东、西广厅,进入室内的无组织新风主要来自2层站台层通往1层的两排楼梯,总计15.71万 m^3/h ;其余部分经由站台和候车层进站入口、再从中庭进入1层,总计4.33万 m^3/h ;排出室外的主要通道为1层与室外连通的外门,总计20.04万 m^3/h 。相较于有4个大洞的原方案的229万 m^3/h 的渗透风量降低了一个数量级,可见封闭洞口能有效地降低空调渗风负荷。

表1 空调季建筑无组织进风量

楼层	房间功能	体积/ m^3	面积/ m^2	设定温度/ $^{\circ}\text{C}$	室外进入 风量/ (m^3/h)	排出风量 /(m^3/h)
3	东广厅上空	72 580	3 820	32	0	0
3	3层大厅	1 218 852	6 4150	27	0	0
3	西广厅上空	72 827	3 833	27	25 790	0
2	东广厅上空	36 117	4 013	27	17 570	0
2	西广厅上空	36 117	4 013	32	0	0
1	东广厅	46 455	6 194	27	0	51 390
1	商业	13 958	1 861	26	0	0
1	rlc售票厅	11 520	1 536	26	0	48 830
1	1层大厅	520 639	69 419	27	157 100	0
1	rlld售票厅	7 125	950	26	0	48 830
1	商业	7 095	946	26	0	0
1	西广厅	51 405	6 854	27	0	51 390
	室外			33		

各层房间互通风量如表2所示。

表2 各房间互通风量 m^3/h

楼层	房间 功能	3层西广 厅上空	2层东广 厅上空	2层西广 厅上空	1层 东广厅	rlc售票厅	大厅	rlld售票厅	西广厅	室外
3	西广厅上空	0	0	25 790	0	0	0	0	0	0
2	东广厅上空	0	0	0	17 610	0	0	0	0	0
2	西广厅上空	0	0	0	0	0	0	0	25 790	0
1	东广厅	0	0	0	0	0	0	0	0	51 390
1	rlc售票厅	0	0	0	0	0	0	0	0	48 830
1	1层大厅	0	0	0	33 780	48 830	0	48 830	25 600	0
1	rlld售票厅	0	0	0	0	0	0	0	0	48 830
1	西广厅	0	0	0	0	0	0	0	0	51 390
	室外	25 790	17 570	0	0	0	157 100	0	0	0

注:表中的数据代表由所在行房间流向所在列房间的风量。

2 无组织串风对房间负荷的影响

通过无组织串风分析得到各房间的互通风量,将表2中得到的各房间之间空气流动的结果代入

DeST模型中,计算并分析考虑串风条件和不考虑串风条件下的建筑房间负荷。

2.1 建筑总负荷

考虑串风影响下,模拟计算得到站房的逐时负荷如图4所示,全年累计总负荷为4 127万 kWh ,最大单位面积冷负荷为77.9 W/m^2 。全年的负荷分布状况如图5所示,全年有30%的时间部分负荷率小于10%(主要出现在冬季),66%的时间部分负荷率为10%~80%,仅4%的时间部分负荷率高于80%。因此建议制冷机选型时考虑大小搭配,可有1台专门负担10%以下的部分负荷时段。

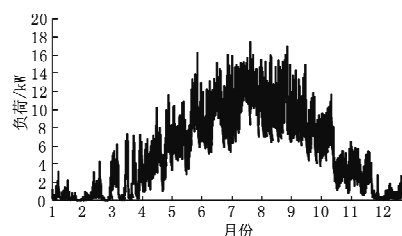


图4 建筑全年逐时冷负荷

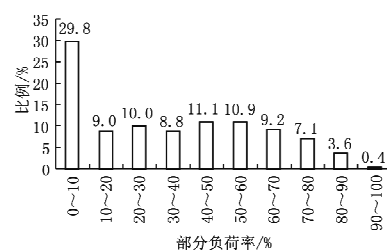


图5 全年负荷分布状况

就整个建筑而言,4个孔洞存在时,建筑峰值冷负荷增加31.6%,累计负荷增加11.7%;孔洞封闭后,串风使得出站人行广厅和出站厅处的负荷显著增加,因为室外空气直接通过站台层与出站层之间的扶梯进入大厅。串风对出站大厅中庭部分的影响较小,因为这部分室外空气是由候车层进站平台(空调房间)、站台层中庭(非空调区)后,再到出站层的,所以其负荷比直接的室外气流小得多。站台层和候车层的进站平台由串风引起的换气次数很高,所以负荷成倍增加。就整个建筑而言,串风可使得建筑全年最大冷负荷增加14.9%,累计冷负荷增加4.7%。总体来说,空调季建筑内无组织渗风对建筑峰值负荷的影响较大,建议采取以下措施来减少无组织串风:

1)在站台层出站扶梯口处加上盖并设置电动

门或设置风幕,直接减少室外进风。

2)在站台层、候车层的进站口设置风幕,直接减少室外进风。

3)在出站层的东、西广厅以及售票厅的出入口处设置风幕,增加串风排出口的阻力,增加串风路径的阻力,也可以减少串风量。

4)候车大厅检票口去往站台层大门,在不用时即刻关闭(可参考北京南站的做法)。

2.2 各房间负荷

考虑串风影响下,各类房间的面积情况和平均冷负荷如图 6 和图 7 所示,计算模拟过程设置候车区域的平均人员密度为 0.5 人/ m^2 ,候车相关附属房间内的人员均不再重复计算,即人员密度设置为 0。

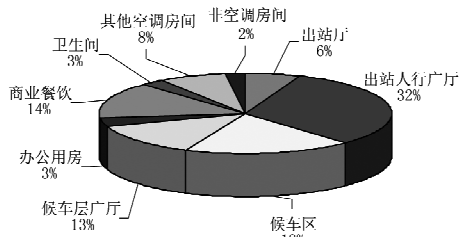


图 6 主要功能房间的面积分布

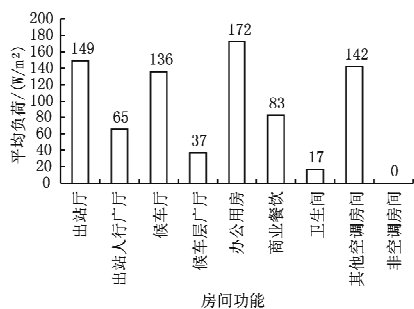


图 7 主要功能房间的平均冷负荷

总的来说,建筑内外区负荷差异较大,各房间最大冷负荷差异较大,范围大致为 30~300 W/m^2 ,售票厅类房间人员密度最高,其冷负荷指标最高均在 200 W/m^2 之上。火车站绝大部分房间属于内区房间,所以房间负荷主要取决于内扰和人员新风的大小,同类型各房间的冷负荷指标相差不大。

由于舒适空调对室内温度的控制并非很严格,所以空调房间之间的串风影响这里不作考虑,仅分析有室外空气进入的空调房间的负荷变化。计算结果如表 3 所示。

表 3 串风对房间负荷的影响

	负荷/ (W/m^2)		有串风比无串风的 负荷变化率/%
	无串风	有串风	
出站人行广厅	34.5	64.2	85.9
出站厅(平均)	120.7	149.4	23.8
出站层东广厅(中庭底部)	39.0	40.8	4.8
出站层东广厅外区(中庭底部)	135.0	138.6	2.7
出站层西广厅(中庭底部)	40.4	42.8	5.7
出站层西广厅外区(中庭底部)	151.8	155.9	2.8
站台层进站平台(中庭内)	59.9	147.3	146.0
候车层进站平台(中庭内)	49.8	183.2	268.2
建筑峰值负荷	67.8	77.9	14.9
建筑累计负荷	182.2 ¹⁾	190.8 ¹⁾	4.7

1)单位为 kWh/m^2 。

串风可使得建筑全年最大冷负荷增加 14.9%,累计冷负荷增加 4.7%。其中站台层和候车层的进站平台由串风引起的换气次数很高,所以负荷成倍增加;出站人行广厅和出站厅处的负荷显著增加;串风对出站大厅中庭部分的影响较小。

3 结论

3.1 无组织串风对建筑冷负荷有很大影响,通过封闭高架候车层与站台层间 4 个孔洞,无组织串风使建筑峰值冷负荷增加的比例由 31.6%降至 14.9%,使累计负荷增加的比例由 11.7%降至 4.7%。

3.2 建筑内外区负荷差异较大,同类型各房间的冷负荷指标相差不大。其中站台层和候车层的进站平台由串风引起的换气次数很高,所以负荷成倍增加。

3.3 对于不得不经常开启的门,需采用空调风幕措施来减少渗透风量。

参考文献:

- [1] 宋芳婷,江亿. 空调建筑无组织通风的实测分析[J]. 暖通空调, 2007,37(2): 110-114
- [2] 肖应潮. 综合节能技术在特大型旅客站房中的应用研究[J]. 暖通空调, 2009, 39(11): 133-136
- [3] 肖应潮. 新武汉火车站自然通风应用研究[J]. 暖通空调, 2009,39(12):77-80
- [4] Su Xing, Zhang Xu, Gao Jun. Evaluation method of natural ventilation system based on thermal comfort in China [J]. Energy and Buildings, 2009, 41 (1): 67-70
- [5] 龚波. 自然通风的设计策略及模拟分析[J]. 建筑热能通风空调, 2004, 23(5): 30-34
- [6] 喻李葵,阳丽娜,周军莉,等. 自然通风潜力分析研究进展[J]. 制冷空调与电力机械, 2004(4): 18-22
- [7] 中国建筑科学研究院,中国建筑业协会建筑节能专业委员会. GB 50189—2005 公共建筑节能设计标准[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2005