

基于风压作用下渗风气流模型的研究

屈睿瑰¹, 刘广海²

(1. 华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013; 2. 中南大学 土木建筑学院, 湖南 长沙 410075)

摘要:在纯风压的基础上,运用网络串并联理论、基尔霍夫节点定律及网络图论等手段建立一简化渗风气流模型.该模型能在存在复杂内部隔断的情况下,动态分析任意时刻的室内渗风状况,从而可以找到有效减少能耗及提高室内空气品质的方法.最后,运用此模型对北京某住宅的渗风气流状况进行了动态分析,说明了该方法的有效性.

关键词:空气渗透;网络模型;动态分析;内部隔断

中图分类号:TU834.1

文献标识码:A

0 引言

空气渗透作为主要以渗透形式通过建筑维护结构的无组织气流,直接形成以采暖和空调负荷为主的建筑能耗.此外,它还影响室内热舒适性和空气品质及其气流模式,并关系到结露、噪声等建筑物物理性能及火灾烟气分布规律.因此,建筑渗风的过程和机理及其相关问题的研究始终为国内外暖通人士所关注.

国内自80年代以来,对此问题展开了系统而独具特色的研究,建立起了较为完善的空气渗透计算及能耗分析方法,并走在了世界的前列.但是也应看到,在渗风模型及其气流组织模拟方面国内几乎是一片空白.虽然国内曾发展过少量的渗风网络模型,但其目地只是为了便于渗风理论计算,而未对室内气流进行模拟,从而无法对渗风过程进行分析.本文拟在纯风压作用的状况下,对渗风气流模型进行初步的讨论.

1 气流模型研究基础

1.1 风压作用下空气渗透的计算方法

目前,以缝隙法为主的高层建筑空气渗透计算中,风压单独作用时,渗风量的计算方法与公式都比较统一:

$$L = A(\Delta P_f)^b \quad (1)$$

式中: A ——当量渗风孔口面积, $\text{m}^2/\text{s} \cdot \text{Pa}^b$;

b ——渗风特性指数; L ——总渗风量, m^3/s ; ΔP_f ——室内外风压差, Pa .

由式(1)可知,理论上,当建筑确定之后,即建筑物物理参数确定之后,若已知室内外风压差 ΔP_f 便能确定总渗风量 L .然而在室内,空气的渗透过程是空气通过不同阻力构件以一定方式组合而成气流网络的进程,当量渗风孔口面积、渗风特性指数随阻力元件的不同而不同,要分析室内气流在阻力元件下的运动情况,首先就要确定以上各项参数.其中,在国家规范中,渗风特性指数已给出推荐值,因而,确定当量渗风孔口面积便成为重中之重.

1.2 建筑物当量渗风孔口面积的确定

确定建筑物当量渗风孔口面积,首先必须分析室内隔断状况.将内部隔断看作阻力构件,其连结方式常见的有并联和串联两种.

串联:如果渗透空气顺次通过一系列阻力构件,则称这些阻力构件的联结方式为串联方式.串联构件通过的风量相等,即 $L_1 = L_2 = \dots = L_n = L$

$$f(L) = \sum_{i=1}^n L_i = 0 \quad (8)$$

式中: i ——节点的通路个数.

对于 L , 由缝隙法确定压差和流量的关系, 有:

$$L_i = A_i (\Delta P)^b \quad (9)$$

式中: L_i —— i 向渗风量, m^3 ; A_i ——简化后 i 区的当量渗风孔口面积, $\text{m}^2/\text{s} \cdot \text{Pa}^b$; ΔP ——阻力构件两侧压差, Pa ; b ——渗风特性指数, 在对模型简化后, b 取国家规范推荐值 0.67.

④ 调用 Medpha 气象数据库等资源, 应用所编制的计算机程序对高阶非线性方程组进行数值求解. 由于导纳矩阵为稀疏矩阵, 故在运算中采用对称稀疏矩阵压缩存储技术, 提高了运算效率.

⑤ 在求得各节点压力分布及流动状态后, 根据所得结果对整体状况进行分析与评估.

3 算 例

以北京地区某住宅冬季某天为例, 建筑平面仍如图 1 所示, 网络模型如图 2、3 所示, 计算参数如表 1 所示, 在整天内, 其气温和风速逐时变化情况如图 4 图 5 所示. 其中, 逐时温度取自 DeST 中的 Medpha 气象数据库, 其基础是 20 年的实测数据和随机气象模型, 因而具有代表性, 由于气象站的气象月报表中只有日四次的观测记录, 故图中风速曲线的其它小时值是用分段抛物线插值并由 ARMA 随机模型确定.

节点 0 处的气流平衡方程为:

$$L_1 + L_2 + L_3 = 0 \quad (10)$$

由缝隙法可知:

$$\begin{cases} L_1 = A_1 (C_1 P_1 - P_0)^{b_1} \\ L_2 = A_2 (C_2 P_2 - P_0)^{b_2} \\ L_3 = A_3 (C_3 P_3 - P_0)^{b_3} \end{cases} \quad (10)$$

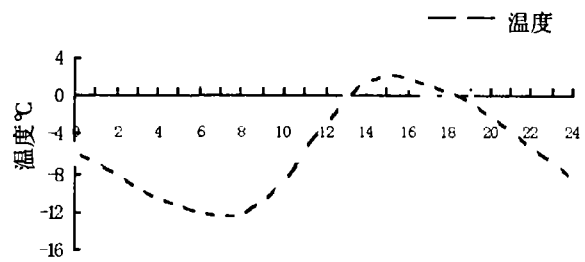


图 4 室外逐时温度变化图

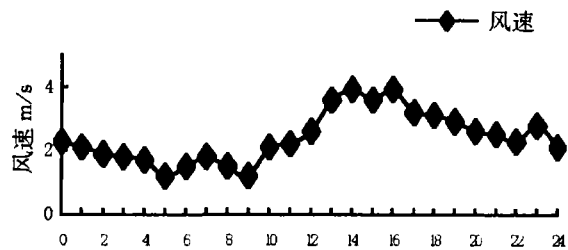


图 5 室外风速逐时变化图

式中: P_i ——理论风压值, $P_i = 0.5 \rho v_i^2 = 50.1 z^{0.4} v_0^2 / T_0$; C_i ——风压修正系数, 经多元线性回归求得^[3].

$$C_i = 1.1198 + 0.0721(zh) - 1.6104(\alpha) - 0.0080(rbh) - 0.2636(far) + 0.1777(sar) - 0.0094(anw)$$

式中: zh ——高度比; α ——建筑物所在地区的风速指数; rbh ——所研究建筑与周围建筑的相对建筑高度比例; far ——建筑物迎风面宽高比; sar ——建筑物侧面宽高比; anw ——风的人射角.

由上述方程通过前述方法联立迭代求解, 可知各节点风压变化趋势(如图 6 所示). 在此基础上, 通过简化渗风模型对各支路经细化分析, 可得出各房间各通路的具体渗风情况(如图 7 所示).

表 1 计算参数表

类 型	尺寸(m^2)	渗风特性参数 a ($\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{s} \cdot \text{Pa}^b)$)	缝隙长度 l (m)	当量孔口面积 A ($\text{m}^2/(\text{s} \cdot \text{Pa}^b)$)
客厅窗 e	3.0×1.5	2.6×10^{-5}	10.5	2.73×10^{-3}
封闭阳台窗 a	3.3×1.5	3.0×10^{-4}	16.9	5.07×10^{-3}
卧室窗 $b k m$	1.5×1.5	2.1×10^{-4}	8.5	1.785×10^{-3}
厨房厕所窗 $g i$	1.2×1.5	3.0×10^{-4}	7.5	2.25×10^{-3}
户门 $c d f h j l n$	2.0×0.8	0.794×10^{-3}	5.6	4.4464×10^{-3}

附: 在此算例中, 设该天内均为北向风; 渗风特性指数 b 取国家规范推荐值 0.67.

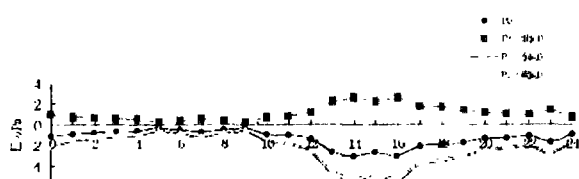


图6 节点风压变化趋势图

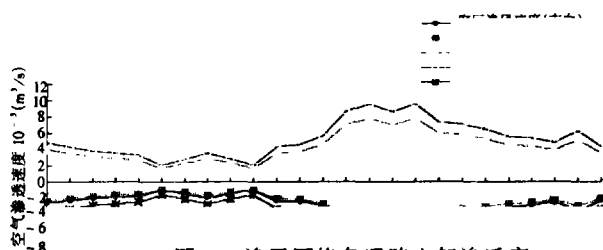


图7 渗风网络各通路空气渗透率

4 结论与分析

1) 就本文所讨论的因素而言,风压的波动对室内渗风状况影响较大,其中,迎风面门窗对建筑渗风影响幅度最大.因而,在建筑物布局已经确定,其他部分不允许改动时,增加迎风面门窗的密闭性可起到投资少,节能效果显著的作用.此外,厨房和厕所作为室内气流的主要污染源,加强其密封性或增设机械排风装置都能有效减轻室内污染程度,在建筑设计中,若能考虑到使厨房、厕所避开主渗风路径或是单设排风路径则更好;

2) 研究证明,利用网络串并联理论、图论及基尔霍夫节点定律等知识建立的风压下室内空气渗透模型,能简单、有效的模拟室内空气运动情况,并

展开动态分析,从而为节能及控制室内空气品质打下基础;

3) 本方法对渗风内部隔断阻力进行简化时,其前提是 b 值必须相等.对于不同 b 值的内部隔断,分析室内气流时仍需对 n 个节点联立迭代求解,在室内结构复杂、内部隔断众多的建筑中,其运算量相当巨大,也容易产生误差,因而急需展开相关研究;

4) 在后续研究中,考虑到高层建筑风压、热压、内部隔断共同作用的同时,还应对内、外扰动进行全面细致的分析,从而为建筑设备的优化和智能控制提供依据,为使研究结果更具实际意义,还应尽快展开试验研究,为下一步的仿真分析提供参照和指导.

参考文献:

- [1] 高甫生,丁力行. 渗风量计算中内部隔断系数和热压系数的计算方法和计算机程序[J]. 暖通空调, 1991, 21(5): 31-3.
- [2] 张春明,高甫生. 渗风中内部隔断系数计算的新方法[J]. 哈尔滨建筑大学学报. 1996, 29(4): 63-68.
- [3] 王砚玲. 多层建筑冷风渗透的分析及计算软件:[硕士学位论文]. 哈尔滨: 哈尔滨建筑大学. 2000.
- [4] 陈英俊,于希哲,等编著. 风荷载计算[M]. 北京: 中国铁道出版社, 1998.
- [5] 杨伟成. 探讨高层建筑冷风渗透规律的途径[J]. 暖通空调, 1986, 16(5): 4-8.
- [6] 万建军,赵鸿佐. 气象因素对高层建筑风渗透影响的研究[J]. 暖通空调, 1987, 17(3): 14-18.

Dynamic Analysis of Interzonal Airflow under Wind Pressure

QU Rui-gui¹, LIU Guang-hai²

(1. School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013; 2. School of Civil Engineering and Architecture, Central South University, Changsha 410075, China)

Abstract: Based on pure wind pressure, it sets up a predigested infiltration airflow model by using the bunch and parallel connection theory, graph theory and Kirchoff law, etc. The model can simulate the interzonal infiltrated status in complex interior partition, help us reduce energy and improve air quality. At last, it also analyzes the status of a dwelling houses airflow in a day of winter in Beijing. Calculation examples show that the model is reliable and powerful.

Key words: air infiltration; network model; dynamic analysis; interior partition