

# 阳台对公寓自然通风影响的数值研究

张 洁<sup>1</sup>, 陆 虎<sup>1</sup>, 黄博洲<sup>2</sup>

(1. 南通航运职业技术学院 轮机工程系, 江苏 南通 226010;

2. 江苏中南建设集团股份有限公司 工程管理部, 江苏 南通 226001)

**摘 要:** 为了分析在自然通风状态下阳台对公寓室内气流组织及房间换气次数的影响机理, 对带阳台公寓和无阳台公寓分别进行建模, 并利用 ANSYS 仿真软件对两种模型进行模拟, 得出以下结论: 阳台对来流空气有一定的阻碍作用, 带阳台工况下的换气次数小于无阳台工况下的换气次数; 带阳台和无阳台两种工况下, 随着气流吹入角度的增大, 阳台对换气次数的影响程度先增大后减小; 带阳台工况下来流空气在阳台内形成涡旋, 涡旋改变了前窗空气流向。

**关键词:** 阳台; 自然通风; 换气次数; 数值研究

中图分类号: TU834.5

文献标识码: A

文章编号: 1671-9891(2018)02-0058-07

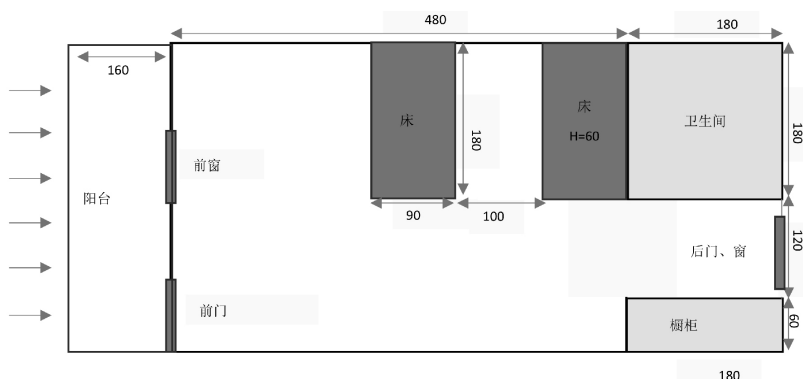
## 0 引言

通风是营造舒适室内空气环境的常用手段, 合适的新风量能够满足室内人员活动对新鲜空气的需求, 保证人体的热舒适, 同时能够促进室内污染物的排放。<sup>[1]</sup>通风从实现机理上分为 2 种: 自然通风和机械通风。其中, 自然通风是指利用自然的手段(热压、风压等)来促使空气流动而进行的通风换气方式, 有适用范围广、舒适、经济等优点, 是实现建筑节能、提高室内空气品质的常用方法。<sup>[2]</sup>在建筑节能研究中, 由于公寓具有空间有限、人员密集、新风量难以保证的特点, 受到了一定关注。清华大学李灏如对学生公寓的夏季自然通风进行了实测研究。<sup>[3]</sup>南理工大学徐永平研究了湿热气候区高层公寓建筑自然通风组织设计。<sup>[4]</sup>湖南大学李文娟对湖南高校学生公寓室内环境的优化设计进行了研究。<sup>[5]</sup>但是, 在这些研究中尚缺少阳台对公寓自然通风的影响机理研究。本文以公寓为研究对象, 以阳台为主要关注点, 利用 ANSYS 仿真软件, 研究阳台对公寓自然通风的影响机理, 并进行相关结果分析。

## 1 研究对象

### 1.1 几何模型

(1) 房间内部尺寸。公寓层高 2 层, 并排 9 间, 两层共 18 间, 位于一倾斜角度为 30° 的山坡下方, 以二楼中间一户为例进行研究, 房间尺寸如图 1 所示(带阳台)。公寓处于山坡的上风向, 与山坡间隔 6.6 m, 山坡倾角为 30°, 如图 2 所示。在所建立的模型中, 所有门均处于关闭状态, 仅前后窗打开。



(a) 房间平面图

收稿日期: 2018-01-08

作者简介: 张洁(1990—), 女, 江苏徐州人, 南通航运职业技术学院轮机工程系助教, 硕士。

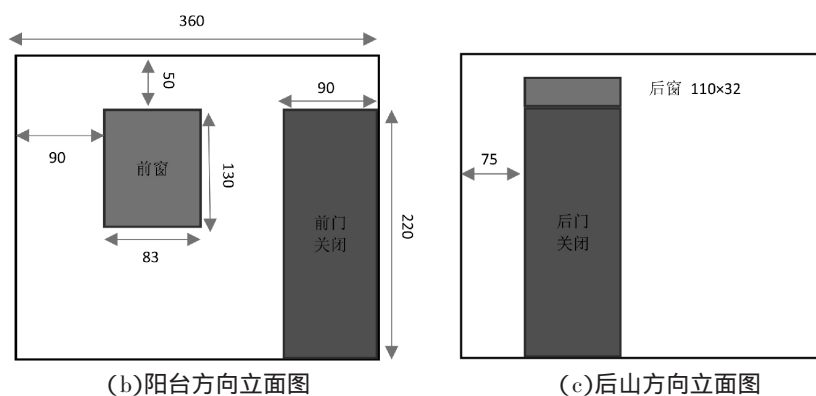


图1 房间内部结构尺寸

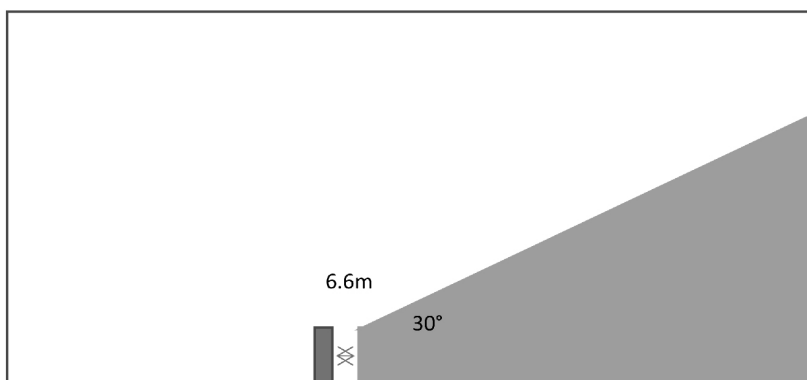
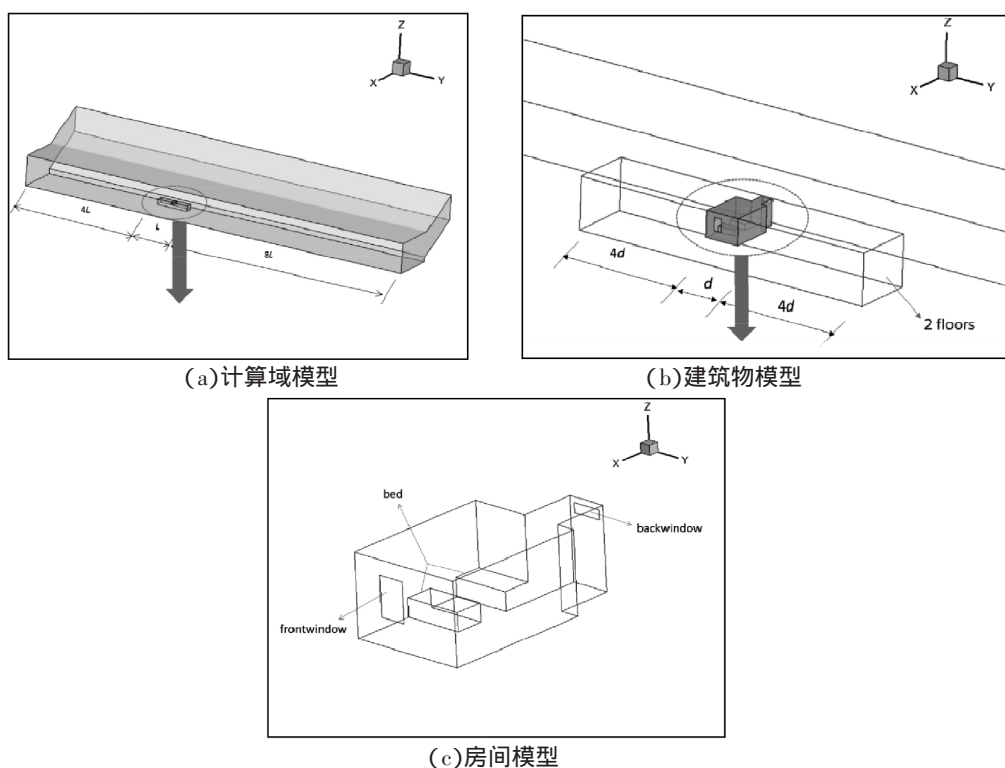


图2 公寓与山坡位置关系截面

(2) 无阳台公寓的几何模型。由于研究对象为二楼最中间一户, 并假设连排其他房间门窗均为关闭状态, 所以建模时可以将其他房间简化为平壁。将此模型放入风场中, 计算域模型、建筑物模型及房间模型分别如图 3(a)、图 3(b)、图 3(c) 所示。

图3 无阳台公寓模型( $d$ 为房间宽度,  $L=9d$ )

如图 3(a)所示,计算域的风场尺寸为  $421.2\text{ m} \times 85.8\text{ m} \times 32.4\text{ m}$  (长 $\times$ 宽 $\times$ 高),计算域东西方向长度是建筑物长度的 13 倍(左侧 4 倍,右侧 8 倍);计算域南北方向宽度是建筑物宽度的 13 倍(前方 4 倍,后方 8 倍);计算域高度是建筑物高度的 6 倍。简化后的建筑物模型如图 3(b)所示,简化后房间模型如图 3(c)所示。

(3)阳台公寓的几何模型。同样,研究对象为二楼最中间一户,并假设其他房间窗户均为关闭状态,所以建模时可以将其他房间简化为只带阳台的模型。将此模型放入风场中,带阳台公寓模型( $d$  为房间宽度,  $L=9d$ )如图 4 所示。

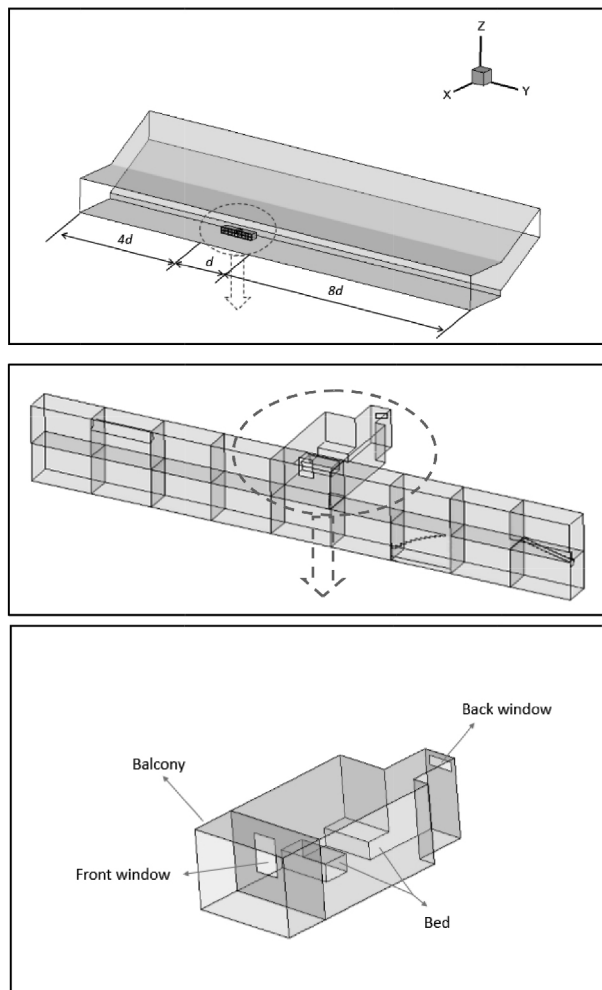


图 4 带阳台公寓模型( $d$  为房间宽度,  $L=9d$ )

其中,计算域的尺寸为  $421.2\text{ m} \times 109.6\text{ m} \times 32.4\text{ m}$  (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)。与无阳台模型一样,此计算域的长度是建筑物长度的 13 倍(左侧 4 倍,右侧 8 倍);宽度是建筑物宽度的 13 倍(前方 4 倍,后方 8 倍);高度是建筑物高的 6 倍。

## 1.2 相关参数

(1)空气流量。空气流量是指单位时间内流进房间或流出房间的空气体积,用字母  $Q$  表示,单位是立方米每小时( $\text{m}^3/\text{h}$ )。

(2)换气次数。换气次数是指房间的空气流量与房间体积的比值,用 ACH 表示,单位是次每小时(次/h)。计算公式如公式 1 所示。

$$\text{ACH} = Q / V \quad (1)$$

其中,  $V$  为房间体积。

## 2 数值模拟

### 2.1 网格划分

数值模拟中网格划分的质量直接影响着数值计算结果的可信度, 网格数过少, 计算结果的准确性不能得到保证, 网格数过多则会增加计算的成本和时间。<sup>[6]</sup>该风场三维模型全部采用结构性格, 并对建筑物及其周围风场进行加密处理, 以保证该风场的速度场能够达到良好的计算精度。网格需要通过独立性分析并能同时保证计算精度和速度, 最小网格尺寸为 5 cm, 最大网格尺寸为 150 cm, 无阳台模型总网格数为 296 万, 带阳台模型总网格数为 466 万, 网格划分如图 5 所示。

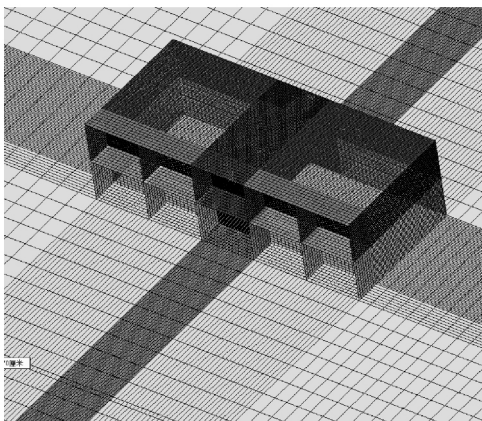


图 5 网格划分(带阳台)

## 2.2 边界条件

本文在前后窗均敞开、所有门均关闭的状态下研究阳台对房间气流组织及换气次数的影响。公寓坐北朝南, 分别为带阳台和不带阳台两种布置, 设置来流风速为 2 m/s, 风向为 0°(南侧来风)、45°(西南方向来风)与 90°(西侧来风), 共 6 个工况。边界条件设置如表 1 所示。

表 1 边界条件

	南	东	西	北	上	下
0°	速度入口	恒定剪应力壁面	恒定剪应力壁面	压力出口	恒定剪应力壁面	粗糙壁面
45°	速度入口	速度入口	压力出口	压力出口	恒定剪应力壁面	粗糙壁面
90°	恒定剪应力壁面	速度入口	压力出口	恒定剪应力壁面	恒定剪应力壁面	粗糙壁面

在设置速度入口的边界条件时需注意, 虽然风速为 2 m/s 的定值, 但在实际情况下, 风速随高度而变化, 变化规律如式 2 所示。因此, 此模型中的速度入口边界条件中的速度值应按式 1 中的变化规律进行设置。

$$u = u_0 \left( \frac{h}{h_0} \right)^2 \quad (2)$$

$u$  为实际风速  $h$  为实际高度  $h_0 = 10$  m  $u_0$  为距地面 10 米处风速(本文中给定的 2 m/s 的风速即为此风速)  $n$  与建筑物周围环境有关, 如表 2 所示, 本文取 0.16。

表 2 指数  $n$  的取值因素

地表类型	指数 $n$
临海地区、湖岸、沙漠地区	0.12
丘陵、小城市、大城市的郊区	0.16
建筑物密集城市	0.22
高大建筑物密集市区	0.3

## 3 结果分析

### 3.1 速度云图

利用 ANSYS 仿真软件, 主要研究阳台对室内气流组织及房间换气次数的影响。观察建筑物周围计算域的速度场、房间横截面与纵截面的速度场、前窗横截面与纵截面的速度场、后窗横截面与纵截面的速度场, 分别如图 6、图 7、图 8、图 9 所示。如图 6 所示, 当来流风速为 2 m/s, 风向为 0°、45°、90°, 公寓前后窗均打开

的情况下,室内空气平均流速较低,均在  $0.3 \text{ m/s}$  以下。阳台对来流空气有一定的阻碍作用,无阳台工况下前窗外侧空气流速大于带阳台工况下前窗外侧空气流速。此外,阳台对建筑物周围气流组织也有一定影响。

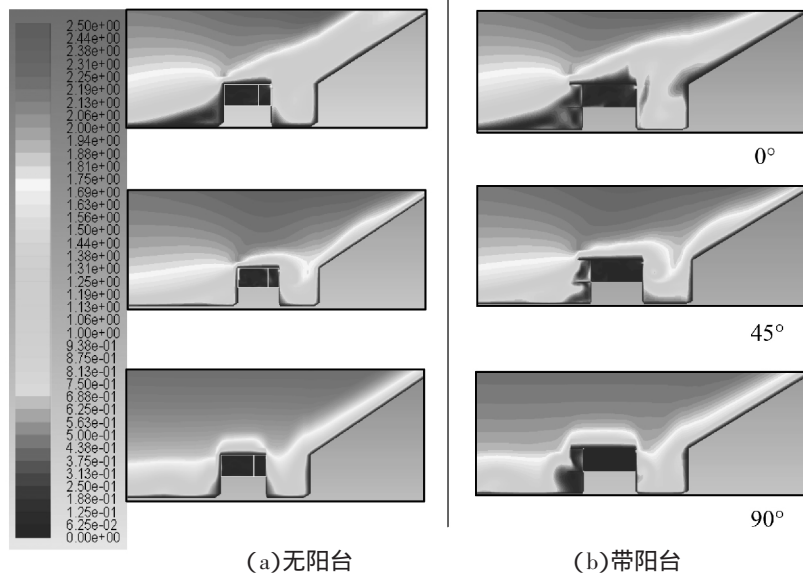


图 6 建筑物周围速度场

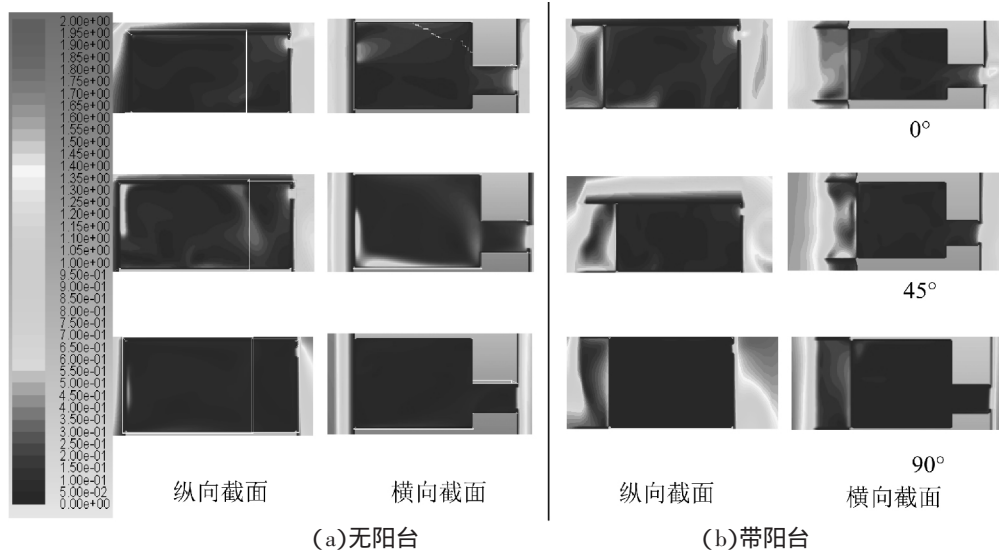


图 7 室内速度场

如图 7 所示,阳台在一定程度上降低了室内平均流速,影响程度见下文对房间换气次数的分析。此外,当来流空气垂直吹入房间时,室内平均空气流速最大。反之,当来流空气平行吹入房间时,室内平均空气流速最小。如图 8 所示,当公寓设计阳台时,来流空气在阳台内形成涡旋,改变了前窗空气流向。以垂直来流工况为例,无阳台工况下来流空气通过前窗后流向地面,而带阳台工况下来流空气通过前窗后流向天花板。如图 9 所示,当来流空气垂直吹入房间时,后窗平均空气流速最大。随着来流空气与前窗平面夹角增大,后窗平均空气流速减小。此外,带阳台工况的后窗平均流速小于无阳台工况的后窗平均流速。

### 3.2 空气流量与换气次数

如图 10 与图 11 所示,相同条件下,带阳台工况下的空气流量与换气次数小于无阳台工况下的空气流量与换气次数,阳台对来流空气有一定的阻碍作用。无阳台和带阳台两种工况下,垂直吹入房间的换气次数相差 0.56 次,平行吹入房间的换气次数相差 0.81 次,而当气流吹入角度为  $45^\circ$  时,换气次数相差 5.71 次,随着吹入角度的增大,阳台对换气次数的影响先增大后减小。

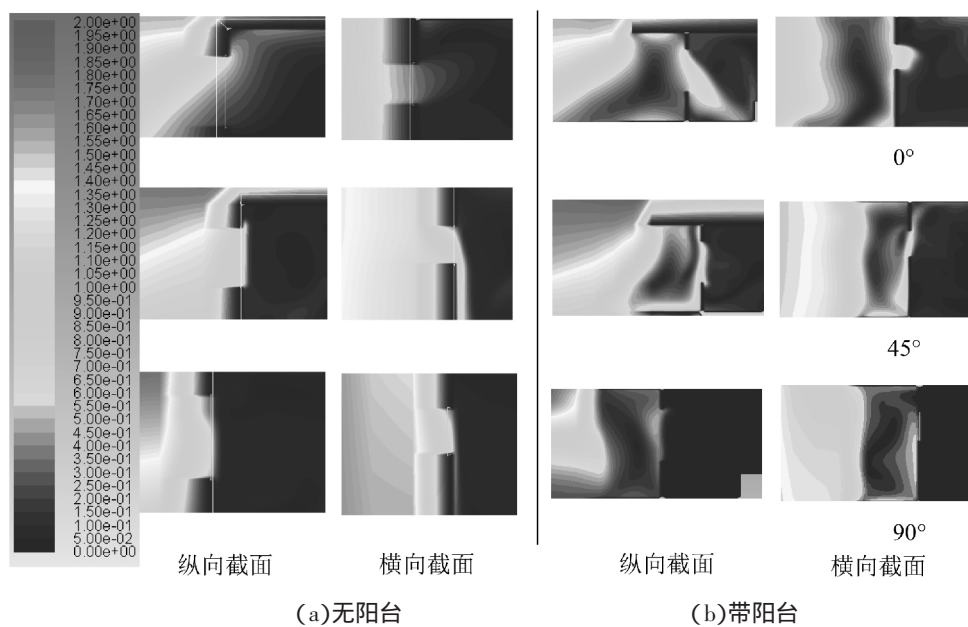


图8 前窗周围速度场

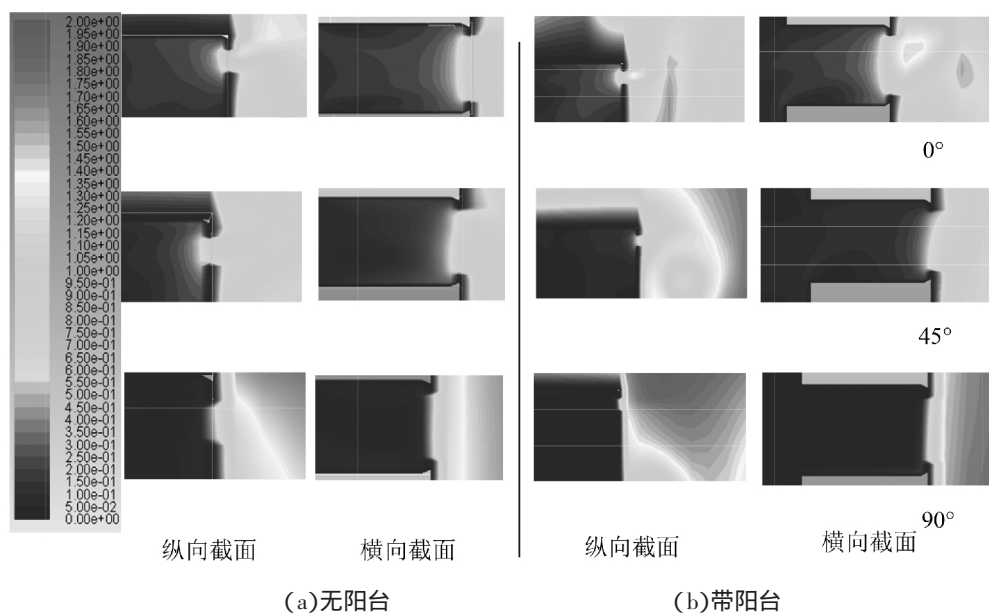


图9 后窗周围速度场

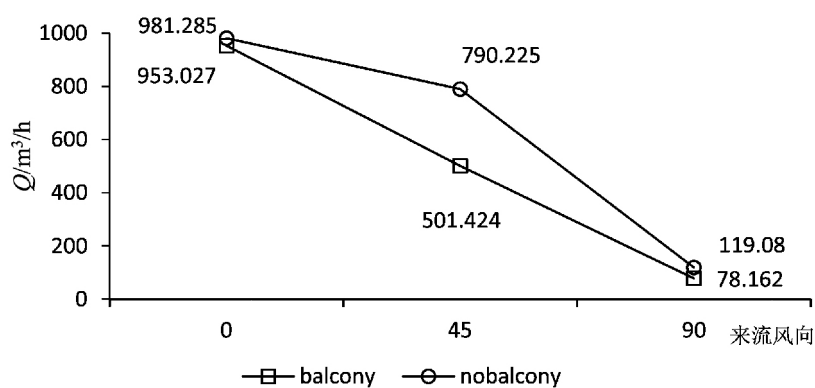


图10 房间空气流量



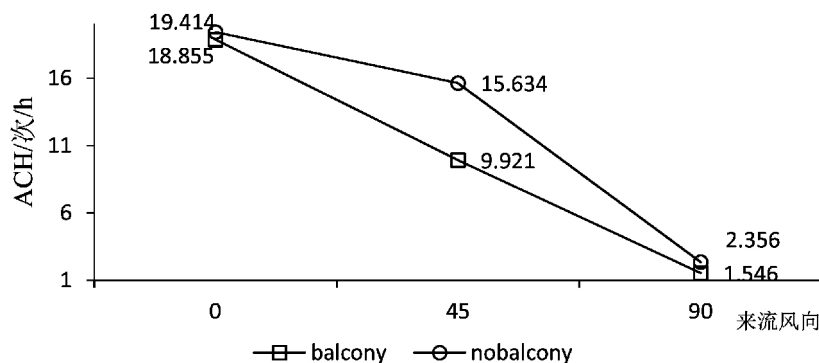


图 11 房间换气次数

#### 4 结束语

本文利用 ANSYS 仿真软件,就阳台对公寓自然通风状态下室内气流组织及房间换气次数的影响机理进行数值研究。假设所有门均处于关闭状态,仅前后窗打开,其他并排房间的门窗均处于关闭状态,来流风速为 2 m/s,风向分别为 0°、45°与 90°,得出以下结论:阳台对来流空气有一定的阻碍作用,带阳台工况下的空气流量与换气次数小于无阳台工况下的空气流量与换气次数。无阳台和带阳台两种工况下,垂直吹入房间的换气次数相差 0.56 次,平行吹入房间的换气次数相差 0.81 次,而当气流吹入角度为 45°时,换气次数相差 5.71 次,随着吹入角度的增大,阳台对换气次数的影响先增大后减小。带阳台工况下来流空气在阳台内形成涡旋,改变了前窗空气流向。当垂直来流时,无阳台工况下来流空气通过前窗后流向地面,而带阳台工况下来流空气通过前窗后流向天花板。

#### 参考文献:

- [1]李严,李晓锋.北京地区居住建筑夏季自然通风实测研究[J].暖通空调,2013,(12):46-50.
- [2]朱颖心.环境学(3版)[M].北京:中国建筑工业出版社,2010.
- [3]李灏如,李晓锋,齐美薇,等.北京某学生公寓夏季自然通风实测研究[J].建筑科学,2013,(4):20-24.
- [4]徐永平.湿热气候区高层公寓建筑自然通风组织设计研究[D].广州:华南理工大学,2013.
- [5]李文娟.湖南高校学生公寓室内环境优化设计的研究[D].长沙:湖南大学,2012.
- [6]肖桂苑,穆迪,赵恒谊,等.相变太阳能集热管放热特性的数值研究[J].井冈山大学学报(自然科学版),2015,(1):25-29.

(责任编辑:顾力豪)

## Numerical Study of the Influence of Balcony on Natural Ventilation of an Apartment

ZHANG Jie<sup>1</sup>, LU Hu<sup>1</sup>, HUANG Bo-zhou<sup>2</sup>

- (1. Dept. of Marine Engineering, Nantong Vocational & Technical Shipping College, Nantong 226010, China;
2. Dept. of Engineering Management, Jiangsu Zhongnan Construction Group Co., Ltd., Nantong 226001, China)

**Abstract:** In order to analyze the influence mechanism of a balcony on air flow and ACH in an apartment under natural ventilation conditions, the apartments with balcony and without balcony are modeled separately, and the two models are simulated by ANSYS software. The following conclusions are drawn: the balcony has a certain hindrance to incoming air, and the ACH of the apartment with balcony is less than that without balcony; in both cases with the angle of air blowing increasing, the influence of the balcony on ACH increases first and then decreases; with the balcony the air flows to form a vortex, and the vortex changes the air flow direction of the front window.

**Key words:** balcony; natural ventilation; ACH; numerical study