



Comparative Study on Indoor Wind Environment of University Dormitories Based on PHOENICS

Shao Xingang, Tao Danyang*

School of Architecture and Art Design, Hebei University of Engineering, Handan, China

Email address:

shaomingang@hebeu.edu.cn (Shao Xingang), 3292126708@qq.com (Tao Danyang)

*Corresponding author

To cite this article:

Shao Xingang, Tao Danyang. Comparative Study on Indoor Wind Environment of University Dormitories Based on PHOENICS. *Science Discovery*. Vol. 10, No. 6, 2022, pp. 439-444. doi: 10.11648/j.sd.20221006.20

Received: October 24, 2022; **Accepted:** November 23, 2022; **Published:** November 29, 2022

Abstract: With the vigorous development of the education industry, the energy consumption of university buildings has been studied by more and more scholars. Natural ventilation can effectively reduce the use of building equipment and energy consumption. In the architectural design stage, reasonable organization of natural ventilation can achieve the purpose of energy saving and emission reduction in the architectural use stage. In this paper, taking college dormitories in Hebei cold area as an example, based on the number of students in dormitories, and referring to the design of balcony and bathroom in the layout, 12 dormitory layout models are established. Using PHOENICS software, this paper simulates the indoor wind environment of 12 kinds of college dormitory layout, and summarizes the indoor wind environment characteristics of different apartment types according to the simulation results. It is found that: Because the overall depth of the double room dormitory is small, the layout design of the The Upper Terrace alone has little influence on ventilation, and all four layouts can achieve good ventilation effects; The ventilation effect of the inner layout with balcony and no balcony and no bathroom is better in the dormitory, and the ventilation effect of the plane layout without balcony and no bathroom is the worst. The ventilation effect is better in the dormitory with balcony and no balcony and no bathroom. Balcony is conducive to indoor ventilation, and the effect of individual design is better. This research has certain reference significance for the design of university dormitory.

Keywords: Dormitories in Colleges and Universities, Indoor Wind Environment, Ventilation Simulation, PHOENICS

基于PHOENICS的高校宿舍室内风环境对比研究

邵新刚, 陶丹阳*

河北工程大学建筑与艺术学院, 邯郸, 中国

邮箱

shaomingang@hebeu.edu.cn (邵新刚), 3292126708@qq.com (陶丹阳)

摘要: 随着教育行业的蓬勃发展, 高校建筑的能耗问题受到越来越多学者的研究。自然通风能够有效减少建筑设备的使用, 降低能耗, 在建筑设计阶段, 合理组织自然通风能够在建筑使用阶段达到节能减排的目的。本文以河北寒冷地区高校宿舍为例, 基于宿舍使用学生人数, 参考平面布局中阳台及卫生间的设计, 建立12种宿舍平面布局模型。运用PHOENICS软件, 对12种高校宿舍平面布局的室内风环境进行风速模拟, 根据模拟结果, 总结不同户型的室内风环境特点, 发现双人间宿舍由于整体进深小, 平面上阳台独卫的布局设计对通风影响较小, 四种布局都能达到良好的通风效果; 四人间宿舍中有阳台独卫内侧布局和无阳台无独卫布局通风效果较好, 无阳台有独卫的平面布局通风效果最差; 六人间宿舍中有阳台独卫外侧布局和无阳台无独卫布局通风效果较好; 阳台有助于室内通风, 且单独设计的效果更好。该研究对于高校宿舍在设计阶段具有一定的参考意义。

关键词：高校宿舍，室内风环境，通风模拟，PHOENICS

1. 引言

在高校建设中学生宿舍是重要建筑之一，高校的学生体量需要对应面积的宿舍，并且学生在学校生活中宿舍的使用时间也最长，其能耗占比较重，因此健康舒适的宿舍室内环境对于高校的经营、学生的身心健康至关重要。自然通风可以有效地降低建筑能耗，被广泛应用在一些绿色建筑设计中，在高校宿舍设计中如果能够运用自然通风使室内达到舒适性要求，既能节约学校经济开支，又有利于宿舍空气品质。在疫情常态化的今天，许多高校在开学后让学生在宿舍自行隔离，一旦周边出现疫情，也会组织在宿舍内上网课进行学习，学生在宿舍的使用时间比之前更长，宿舍的环境应当受到社会的重视，合理地组织室内外自然通风，增大换气频次，可以改善空气质量、减少呼吸道传染病的传播，还能调节室内温度，降低能耗[1]。

双碳目标即在2030年实现碳达峰、2060年完成碳中和，这是党中央在新时代对于国家发展做出的重大战略部署，也是对世界应对气候变化做出的庄严承诺，体现了中国大国风范的责任与担当。建筑领域在碳排放中占比较高，随着国内城镇化范围的逐渐加大，为了完成双碳目标，我们必须在未来的建筑建设中减少碳排放，助力实现碳达峰、碳中和。近年来，国家陆续颁布了关于绿色建筑、绿色发展的政策文件，说明国家极大地重视我国绿色建筑的发展。

绿色建筑能够在建筑的全生命周期中达到节能减排，并且在其在设计阶段尤为重要，前期制定完整的设计计划既能加快后期建设的步伐也有利于建筑在使用过程中的节能减排。近年来，随着计算机科技水平的进步，围绕绿色建筑的设计，国内外推出发展了很多建筑模拟管理软件。不同于传统的实地建设，应用建筑模拟软件效率更高、成本更低，越来越多的建筑从业者使用模拟管理类软件辅助设计。

2. 研究背景

2.1. 研究综述

高校学生是社会建设未来的中流砥柱，节能减排是国家推行的双碳目标，越来越多的专家学者开始重视高校宿舍的研究，力求降低高校宿舍的能耗，营造舒适的宿舍环境。在风环境相关的研究中，其中风环境模拟预测已被确认为重要的绿色建筑设计优化手段[2]。天津大学的闫凤英等学者综合室内热舒适指数，采用Fluent进行模拟，根据得到的数据结果，探究室内流场和温度场分布规律，提出了一种既适宜于室内自然通风流场，又兼顾热舒适性的模拟方法[3]。有助于设计住宅户型，从而在建筑设计的方案阶段制定完善的通风设计以降低能耗。天津大学的郭佩艳等学者从住宅户型的开口方式入手，研究其对室内自然通风的影响，分别针对转角居室开口方式、居室开口位置、开口面积3个方面进行CFD模拟，总结并分析每个方面改变参数后的云图，得出有助于室内自然通风住宅设计优化

策略[4]。桂林理工大学的金奇志等学者采用PKPM-CFD模拟软件，着重于对比研究内廊式高校宿舍和内院式高校宿舍的室内自然通风，对于高校宿舍楼整体的室内风环境进行分析，为夏热冬冷地区高校宿舍楼的设计提供参考[5]。

哈尔滨工业大学的白晓伟等学者研究了建筑在方案设计阶段通风性能的优化策略，并且对比以往方法，提出新的“代理模型”，在通风模拟的效率和准确性方面做出进展[6]；湖南大学的袁朝晖等学者对于长沙地区的高校图书馆进行形态研究，结合CFD模拟，从布局方位、数量、剖面形式的设计方面，进行了分析，为该地区高校图书馆的中庭设计提出策略[7]；白润涵等学者采用FLUENT对长春市某高校宿舍进行室外风环境分析，采取优化建筑形体和布局的形式改善了风对使用者的影响[8]；刘李珉等学者从性别差异入手，以西安市某高校宿舍为研究对象，从主观和客观的双重角度对不同性别关于热舒适度的感受差异做了研究[9]；盛夏立足于书院制，从功能布局、设计要点和空间特征三个方面对学生宿舍公共空间进行了分析与思考[10]；任玉成等学者通过Fluent软件模拟了严寒地区某高校宿舍，结合现场测试和问卷调查，综合分析出夏季宿舍合适的风速[11]；杨云春等学者通过长期监测武汉某高校一宿舍室内的PM2.5和CO₂浓度，分析了不同自然通风策略和室内人员对室内空气品质的影响[12]；山东建筑大学的张军杰等学者采用PHOENICS软件对高校宿舍室内风环境进行模拟分析，并且提出了有助于室内自然通风的门窗设计，为高校宿舍在使用过程中的门窗安装，提供了新思路[13]。

综合以上专家学者对室内自然通风和高校宿舍设计的研究，可以发现目前尚且缺乏对宿舍多种平面布局对室内自然通风影响的研究。本文通过对高校宿舍使用者数量现状的分析，结合不同平面布局，基于CFD模拟，对当前高校宿舍进行多工况模拟研究，从而探索高校宿舍平面设计的优化策略。

2.2. 模拟技术基础

目前，风环境研究的主流方法有实测法、风洞实验法、CFD模拟法。其中，实测法需要仪器测量，汇总大量数据后分析；风洞实验需要较为精细的模型和试验场地，不同于这两种方法，CFD是近代流体力学、数值数学和计算机科学结合的产物[14]。CFD模拟可以利用计算机在短时间得可靠的实验数据，并且投入比实测和风洞模拟更低的成本。

本研究基于PHOENICS软件得出数据，该软件的FLAIR模块被广泛应用于室内外风环境的模拟，该模型在数值计算中波动小、精度高，并且其开发早，长时间的大量工程实践，证明其可靠性[15]。采用PHOENICS进行高校宿舍室内风环境模拟，能够准确得出实验数据，为后续分析对比提供基础。

3. 现状分析

3.1. 河北寒冷地区高校宿舍的形式

河北大部分地区属于寒冷地区，本文以该地区存在的三种形式的不同平面布局为研究对象，总结每种平面布局的室

内通风特点, 探讨每种平面布局最适宜自然通风的组合方式。对于高校宿舍平面设计, 随着社会发展的不断变化其平面形式趋于固定, 根据河北寒冷地区学校的建设现状, 可以得到不同宿舍原型相应的典型平面户型, 按照使用学生人数来分类, 最为广泛的为双人间、四人间、六人间这三种形式。在这三种形式下, 又存在不同的平面布局, 包括: 1、是否有阳台; 2、是否有独卫, 独卫在内侧还是外侧。



图1 双人间布局图。

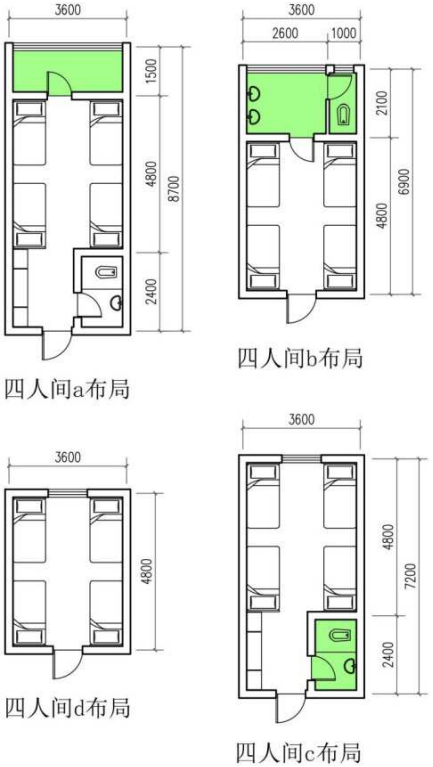


图2 四人间布局图。

通过以上相关分析, 对双人间高校宿舍(假设为工况 I)、四人间高校宿舍(假设为工况 II)、六人间高校宿舍(假设为工况 III) 3 种形式 4 种平面布局共 12 工况进行比较研究(图一)。a 布局为有阳台独卫内侧、b 布局为有阳台独卫外侧、c 布局为无阳台有独卫、d 布局为无阳台无独卫。

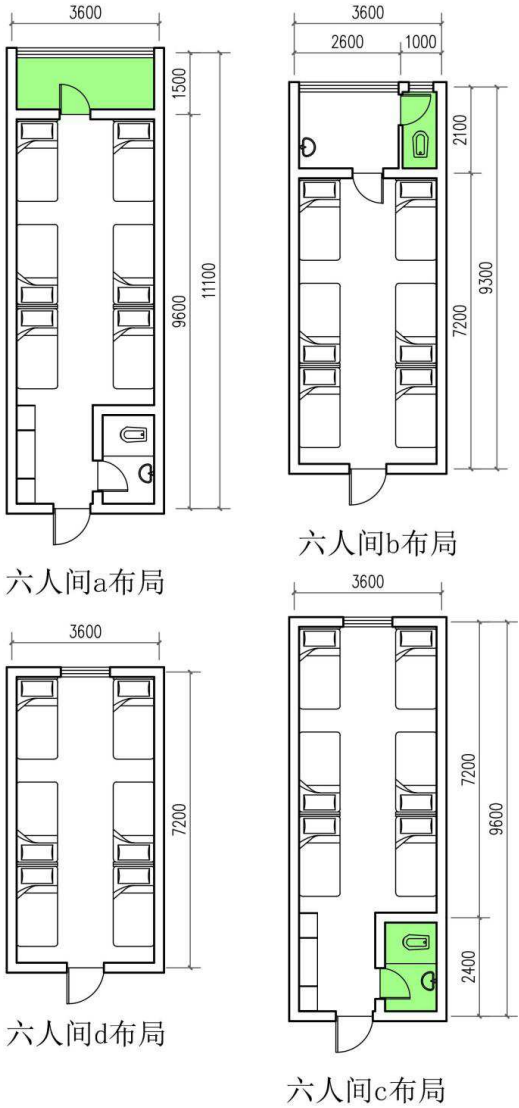


图3 六人间布局图。

3.2. 模型建立及分析

从平面布置上, 工况 I、II、III 模型开间均设定为 3600mm。以工况 II 为例如图 1 所示。模型设定主要家具上床下铺, 在 a 布局中阳台进深 1500mm, 满足学生晾晒衣物需求, 卫生间在宿舍入口处, 需安装排风扇系统; b 布局阳台与独卫结合, 进深 2100mm, 由于卫生间与室外设计有窗户, 可以不安装排风扇系统。从经济角度来看, 入住相同数量学生情况下, a 布局进深更大, 且必须安装排风扇系统, 建筑成本更高, b 布局阳台与独卫联合设计, 在晾晒衣物或日常生活中不如 a 布局方便。c 布局只有独卫没有阳台, 因独卫设在室内必须安装排风扇系统, d 布局最为简单, 室内只需安排四张上床下铺家具。

在门窗洞口大小上,工况 I、II、III相同布局门窗开设相同,宿舍入户门宽900mm,阳台门宽750mm。a布局阳台窗可开启部分宽1000mm; b布局阳台窗可开启两个,分别为1200mm、600mm; c、d布局窗开启部分宽相同,为600mm。

确定平面设计后建立工况模型,对模型进行处理后将其导入PHOENICS软件中,在网格设置上,参考Bert Blocken,将边界长、宽、高分别设为模型整体长、宽、高的5倍,模拟对象设置在九宫格中心区域,对模拟对象区域进行网格加密[16]。

本研究仅讨论不同平面布局对于自然通风的影响,为了使不同工况有相同的边界条件,风向假设为北向,风速选取河北寒冷地区典型城市邯郸市的年平均风速2.4米每秒,迭代次数3000次,收敛值设为0.01%。

4. 模拟计算及结果分析

风速是室内自然通风效果的一个最直接且重要的评价指标,本文主要以风速云图的分析作为研究依据。

4.1. 工况整体风速云图分析

通过读取双人间、四人间、六人间的四种不同布局通风模拟中室内风速最大值(表1),可以看出三种户型下室内风速最大值走向趋势基本重合,说明在相同户型下,不同的平面布局对室内通风影响相似,b布局比a布局最大风速减弱,说明如果在宿舍设计独卫和阳台,阳台单独设计比阳台卫生间组合设计通风相对更好;d布局在相同工况中风速最大值最大,其中I d最高达到2.19m/s; b布局在相同工况中风速最大值最小,其中II b、III b风速最大值最低为1.71m/s。

表1 风速最大值统计表。

布局	I	II	III
a	2.02	2.09	1.89
b	1.73	1.71	1.71
c	2.12	2.15	2.08
d	2.19	2.17	2.13

从12工况整体的风速云图可以看出,宿舍室内风速较大的区域为阳台与门之间的纵向区域,a布局与d布局静风区面积较大,在学生的日常生活中,可能换气不够充分。

4.2. 基于宿舍容纳人数的风速云图分析

由I a、II a、III a风速云图可以看出,a布局在宿舍走廊容易形成穿堂风,有助于自然通风,但随着进深的逐渐增大,风的可达性越来越弱,III a室内无法形成穿堂风,在北方宿舍双侧走廊

密闭空间下,不利于室内外空气置换,室内空气易浑浊;由I b、II b、III b风速云图可以看出,b布局最大风速虽然在四中布局中最低,但整体风速差异小,覆盖面广,室内整体自然通风效果较好,三种工况中III b的自然通风效果最差,在建筑设计阶段不建议采用此种平面布局方式;

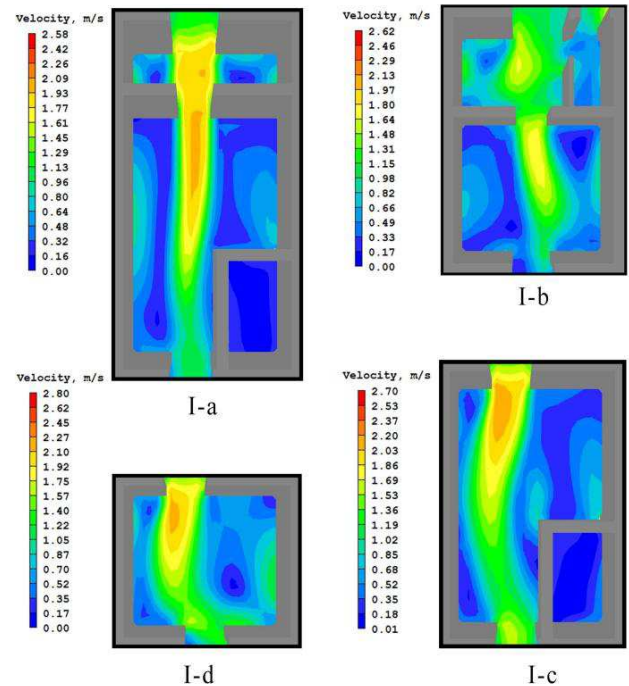


图4 工况 I 风速云图。

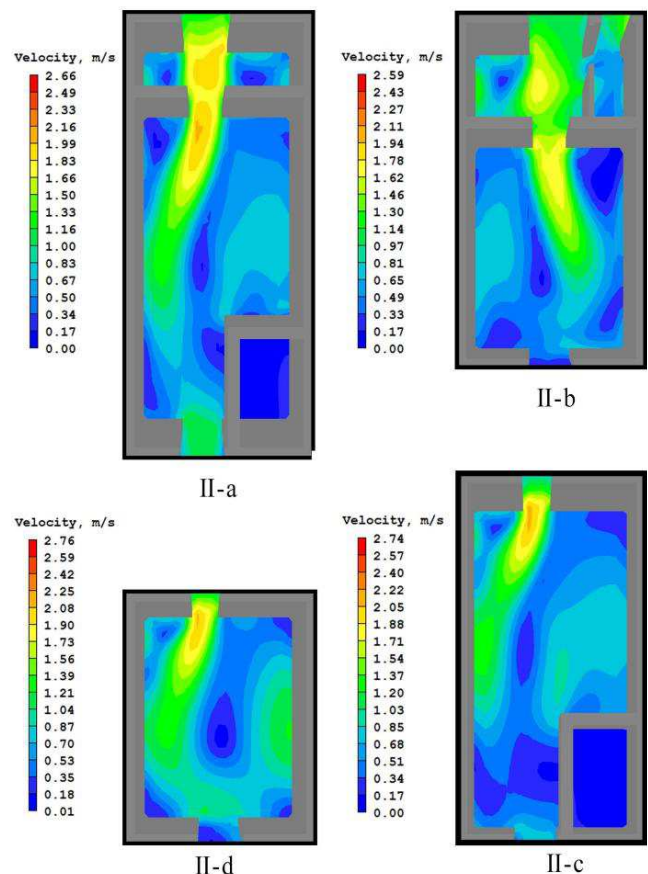


图5 工况 II 风速云图。

由I c、II c、III c风速云图可以看出,c布局室内风速差异大,不够稳定,在进深较小时,自然通风效果好,由于室内独卫存在遮挡,并且加长了进深,II c、III c室内通风都不够理想,这说明在没有阳台的情况下,单独设计内

侧独卫不利于室内自然通风; 由 I d、II d、III d 风速云图可以看出, d 布局平面简单, 在三种工况下室内自然通风都能满足要求。

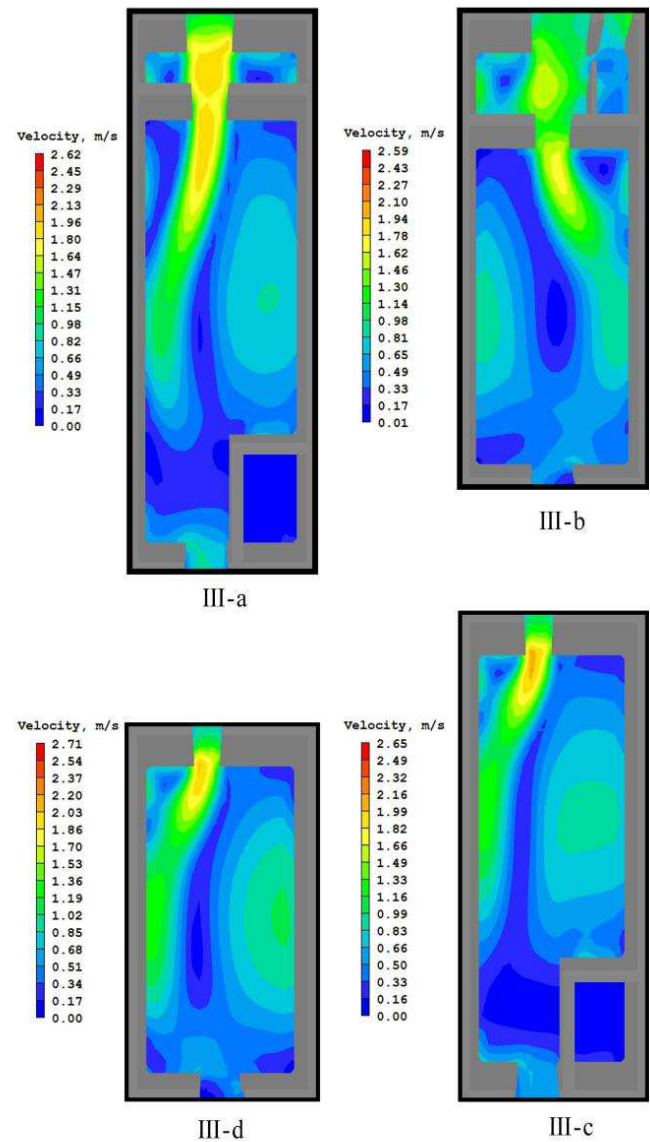


图6 工况III风速云图。

4.3. 基于不同布局的风速云图分析

对比a布局与c布局室内风速云图, a布局比c布局在平面设计上有阳台, 虽然整体进深更大, 但有助于穿堂风的形成, 更有助于室内通风。四种平面布局中, 从通风效率上来看, a布局 and d布局室内自然通风效果最好, b布局次之, c布局最差; 从室内通风舒适度来看, b布局室内风速稳定, 人的舒适度更高。

5. 结论

通过对各工况的风速云图分析, 可以看出:

- 1) 双人间宿舍由于整体进深小, 平面上阳台独卫的布局设计对通风影响较小, 四种布局都能达到良好的通风

效果; 四人间宿舍中有阳台独卫内侧布局和无阳台无独卫布局通风效果较好, 无阳台有独卫的平面布局通风效果最差; 六人间宿舍中有阳台独卫外侧布局和无阳台无独卫布局通风效果较好;

- 2) 阳台单独设计对比阳台卫生间组合设计室内风速更大, 通风效果更好;
- 3) 阳台单独设计有助于室内通风, 在有单独阳台的平面比没有阳台的平面进深长1500mm情况下, 有阳台的宿舍室内通风效果更好。

本文在高校宿舍室内风环境模拟的研究中发现, 阳台有助于室内通风, 且单独设计的效果更好, 基于宿舍使用人数, 不同的户型在设计中通风效果有差别。该研究对于高校宿舍在设计阶段具有一定的参考意义。但本文仅限于风环境方面研究, 建筑在实际设计建设中需要考虑建造成本、地质环境等多方面因素, 本文研究结果仅在室内自然通风方面给予部分建议, 全面的设计方案需要更多的从不同角度予以研究分析。

参考文献

[1] 李壮壮, 李凯月, 郭曦, 姜丰原, 刘吉营. 济南市冬季某高校宿舍室内空气质量调查 [J]. 建筑节能, 2019, 47 (03): 13-19. [8]

[2] 杨丽, 刘晓东, 孙碧蔓. 建筑风环境研究进展 [J]. 建筑科学, 2018, 34 (12): 147-156. DOI: 10.13614/j.cnki.11-1962/tu.2018.12.23

[3] 闫凤英, 王新华, 吴有聪. 基于CFD的室内自然通风及热舒适性的模拟 [J]. 天津大学学报, 2009, 42 (05): 407-412.

[4] 郭佩艳, 易敏, 吕太锋, 王宇, 刘庭凤. 基于CFD模拟的住宅自然通风开口模式优化策略研究 [J]. 建筑科学, 2021, 37 (04): 120-125. DOI: 10.13614/j.cnki.11-1962/tu.2021.04.16

[5] 金奇志, 郭丹琳, 刘宏伟, 李红霞, 覃盟琳. 两种平面形态宿舍自然通风的CFD模拟分析 [J/OL]. 桂林理工大学学报: 1-8 [2022-08-17]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/45.1375.N.20220304.2000.002.html>

[6] 白晓伟, 王超, 夏柏树. 方案设计阶段建筑自然通风性能优化方法研究 [J]. 建筑学报, 2020 (S2): 100-104..

[7] 袁朝晖, 周延彬, 崔加楹, 张国强. 基于自然通风的长沙高校图书馆中庭形态研究 [J]. 西安建筑科技大学学报 (自然科学版), 2020, 52 (04): 579-586. DOI: 10.15986/j.1006-7930.2020.04.016..

[8] 白润涵, 孙睿珩, 李泽平, 鄢鸿. 基于FLUENT的高校宿舍建筑风环境数值模拟研究——以长春市某高校为例 [J]. 北方建筑, 2022, 7 (04): 26-29.

[9] 刘李珉, 夏博, 韩飞. 基于性别差异的寒冷地区高校学生公寓冬季热舒适性研究 [J]. 建筑节能 (中英文), 2022, 50 (07): 136-141+146.

- [10] 盛夏. 基于书院制理念的高校学生宿舍公共空间研究 [J]. 城市建筑空间, 2022, 29 (06): 203-205. 2021 (07): 120-123. DOI: 10.19940/j.cnki.1008-0422.2021.07.015.
- [11] 任玉成, 王蒙, 李俊峰. 严寒地区高校宿舍夏季自然通风热舒适性研究 [J]. 建筑热能通风空调, 2021, 40 (12): 44-49.
- [12] 杨云春, 彭赟, 漆晨宇, 易浩, 肖紫薇, 刚文杰. 自然通风策略对高校宿舍室内空气品质的影响 [J]. 制冷与空调 (四川), 2021, 35 (02): 175-181.
- [13] 张军杰, 王晓龙, 杨锐, 王德虎. 高校宿舍室内基于通风环境的门窗改造研究——以山东某高校为例 [J]. 中外建筑, 2021 (07): 120-123. DOI: 10.19940/j.cnki.1008-0422.2021.07.015.
- [14] 谢华, 刘中平. 通风、空调设计中的CFD技术 [J]. 房材与应用, 2004 (01): 34-36.
- [15] 翁锦萍, 张小松. 基于CFD的学生宿舍通风方式研究 [J]. 流体机械, 2010, 38 (08): 61-65.
- [16] Bert Blocken. Computational Fluid Dynamics for urban physics: Importance, scales, possibilities, limitations and ten tips and tricks towards accurate and reliable simulations [J]. Building and Environment, 2015, 91 (9): 219-245.