

# 基于风环境模拟的徐州矿区居住区建筑布局研究

孙 良,丁少华

(中国矿业大学建筑与设计学院,江苏 徐州 221000)

**摘 要:**在对徐州市现有矿区居住区进行调研的基础上,总结矿区风环境存在的问题。根据现有的几种典型的布局方式,构建抽象实验模型。利用 CFD 数值模拟方法,选用 PHOENICS 软件进行室外风环境模拟,研究居住区建筑布局对居住区风环境的影响,从风环境角度提出徐州矿区居住区建筑布局的优化设计策略,为日后的矿区居住区更新改造提供理论支持。

**关键词:**矿区居住区;风环境;建筑布局;抽象实验

**中图分类号:**TU984.12      **文献标志码:**A

徐州地区煤炭储量丰富,是我国重点煤炭基地之一。20 世纪 50 年代起,我国大规模经济建设对煤炭的需求量巨大,徐州矿区因而得到了快速发展。21 世纪,由于资源枯竭,徐州大部分煤炭矿井已陆续关停。煤矿的逐步停产对矿区居住区产生了严重的负面影响,瓦解了居住区的矿区生活服务功能,造成矿区居住人口逐渐流失。而原有的煤矿开采也使周边自然环境恶化,扬尘天气频发。近几年来,在国家老工业基地改造的大背景下,徐州市政府开始投入资金对矿区进行更新改造。笔者走访矿区居民,了解徐州矿区不良的自然环境,以矿区风环境模拟为切入点,研究建筑布局对徐州矿区住区风环境的影响,探讨基于风环境的矿区居住区布局优化策略,为徐州矿区居住区更新改造提供设计依据。

在建筑风环境模拟方面,Amanuel Tecle 等<sup>[1]</sup>将风洞试验与 CFD 软件模拟相结合,对低层建筑 36 个风向下的自然通风进行了系

统的研究。Bo Hong 等<sup>[2]</sup>运用 SPOTE 对不同建筑布局及树木排列的情况下户外人行高度的风环境及热环境进行了模拟。杨丽<sup>[3]</sup>利用 CFD 技术模拟居住区内的风环境,证明运用 CFD 技术进行居住区规划设计的模拟分析具有实际应用价值。龚晨等<sup>[4]</sup>采用 ANSYS-CFX 软件建立数值模型,研究建筑布局对住宅小区风环境的影响。总体而言,国内外学者对建筑风环境均有一定的研究,但在矿区居住区方面少有涉猎。

## 一、徐州矿区居住区调研

由于矿产开采的特殊性,矿井大部分分布在城镇远郊或农村地区,矿区居住区通常为满足矿业从业人员的生活需求而毗邻建设,分布于矿区周围。徐州绝大多数矿区居住区位于远郊,位置偏僻。随着城市的扩张,许多位于远郊的矿区居住区逐渐成为城镇的一部分,如卧牛矿、庞庄矿居住区。笔者从徐州矿区选取了不同类型的 6 个规模较大、保

存较好的矿区居住区进行调研。矿区名称及平面图如图 1 所示。

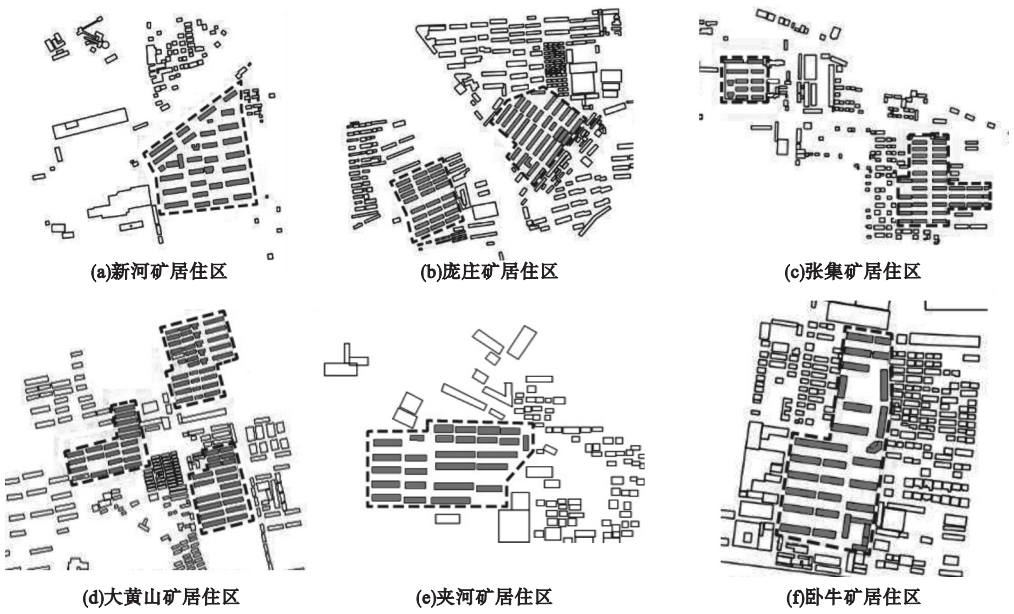


图 1 徐州地区调研的矿区名称及平面图

新河矿居住区始建于 1960 年,最初拥有南工人村、北工人村和西工人村 3 个居住小区,规模较大。2009 年,徐州矿区棚户区改造项目对西村和北村进行了拆迁,原有居民全部搬迁至南村新建住宅楼当中,最终形成了图 1 中新河矿居住区的平面形式。庞庄矿居住区毗邻徐丰公路,建于 20 世纪 70 年代,分为两个片区,占地约 13 hm<sup>2</sup>,现有住宅楼 110 余栋。张集矿居住区有新(东)、旧(西)两处住区,旧住区规模较大,但空置率较高,二层老楼基本已无人居住,新居住区规模较小,有住宅楼 11 栋,20 世纪 80 年代左右建造,入住率较高。大黄山矿、夹河矿、卧牛矿居住区建造的时间在 20 世纪 70 年代左右,规模大小不一,但也存在着建筑老旧、住区原有居民外流的问题。

1. 总体状况

矿区居住区大多远离城市中心,周围比较空旷。远郊的矿区居住区毗邻的民居呈点状分布,部分居住区与周围农村融合,位于农村边缘,紧邻农村低矮的住房。随着城市规模的扩张,近郊的矿区居住区周围建筑不断增多,出现了少量的现代小区,但存量最多的依然是农村自建的低矮住宅。

在住区规划设计方面,矿区住宅大多为行列式简单排列,且房屋的高度基本一致,多为 6 层住宅。外立面设计比较简单,无多余装饰,呈现出一个单调、呆板的空间。小区内部大多没有路灯,道路多为硬质铺地,绿化较少。小区内缺少居民公共活动空间,居民只能利用住宅间的空地作为活动场地(见图 2)。此外,由于矿区住宅建造于 1950—1975 年,建筑年代久远,受制于当时的设计理念和建筑技术,户型普遍偏小,房屋隔音、保温、隔热效果较差。



图 2 矿区居住区现状

2. 居住区风环境

矿区居住区多位于城市郊区,周围较为空旷,遇到大风天气周围无遮挡,受风的影响较大。毗邻的煤矿虽然大多已停止开采,但长期的煤炭开采和运输造成了周边地区的水土流失,在干燥少雨的季节容易出现扬尘天

气。居住区内退休老年人比例较大,且周边缺乏配套生活服务设施,他们多在小区内部进行户外活动,需要舒适、良好的室外环境。因此,在未来的居住区更新改造中,居住区的风环境需要着重考虑。

徐州地处江苏省西北部,属中纬度地区,暖温带季风性气候。全年雨量适中,光照充足。春季天气多变,干燥少雨,盛行东风;夏季高温多雨,多东风及东南风;秋季天高气爽,偏北风较多;冬季寒冷干燥,偏北风为主。笔者根据中国气象科学数据共享服务网所提供的地面月值数据集,对 2005—2014 年的 10 年风向统计资料进行了分析整理,其结果如图 3、图 4 所示。

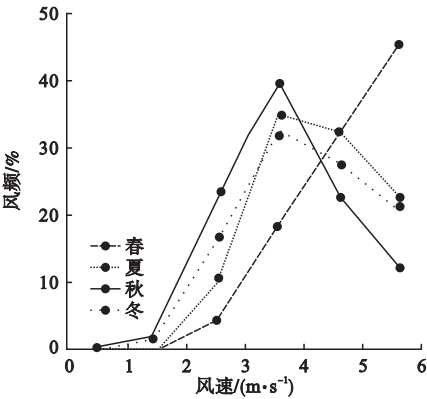


图 3 徐州各季节日最大风速分布

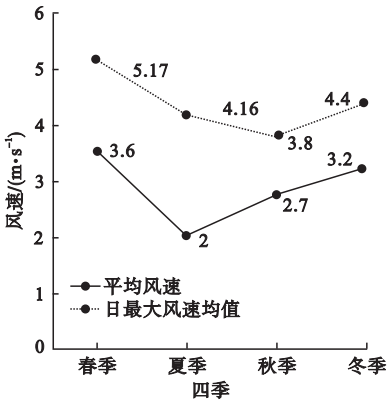


图 4 徐州各季节风速统计

由图 3、图 4 可见,徐州地区春季易出现大风天气,日最大风速大于 5 m/s 的天数比例达 46.1%,最大风速均值达 5.17 m/s;夏季平均风速最低,为 2 m/s;秋季平均风速 2.7 m/s,最大风速均值为 3.8 m/s;冬季平均风速 3.2 m/s,仅次于春季,日最大风速集中于 3~5 m/s。

二、风环境评价标准

由于风环境的优劣与人的主观感觉有关,因此国内外对居住环境中的风环境舒适度的评价无统一标准。笔者翻阅国内外相关文献,选取“相对舒适度(Beaufort)”评估标准作为参考标准(见表 1)。

表 1 行人高度处的 Beaufort 指数的定义

Beaufort	气象风	行人高度处风速/(m·s <sup>-1</sup> )		不同 Beaufort 指数的定性描述
		平均风速	风速范围	
2	微风	1.79	0.81~2.68	面部可以感觉到风,树叶沙沙作响
3	和风	3.58	2.68~4.47	树叶小树枝的末梢不停摇动,小旗飘动
4	弱风	5.56	4.47~6.71	地上灰尘和纸张扬起,小树枝被吹动
5	清风	7.60	6.71~8.91	带叶小树开始摇晃
6	强风	9.88	8.91~11.18	大树枝被吹动,电线瑟瑟作响,打伞困难
7	弱飓风	12.52	11.18~13.86	整棵树摇晃,逆风行走困难
8	飓风	15.20	13.86~17.00	小树枝被吹断,一般应停止户外活动

相对舒适度评估标准由 Soligo 等<sup>[5]</sup>于 1998 年提出。“无法接受的不舒适”是该评估标准的核心概念,这一概念可解释为:由于风的作用而导致的不同程度的不舒适,如果该“不舒适”发生的频率过高,就会被认为是“无法接受的不舒适”。而该频率所能被接受的最大值即“舒适度评估标准”。该标准

考虑了不同活动类型及活动人群对风速要求的差异性,休闲活动要求具备较高的风环境舒适度<sup>[6]</sup>。

根据相对舒适度评价标准,微风与和风情况下,居民适宜进行长时间室外活动,平均风速 1.79~3.58 m/s<sup>[7]</sup>。进行短时间室外活动,平均风速 1.79~5.56 m/s。因而,适

宜进行室外活动的平均风速为 1.79 ~ 5.56 m/s。基于徐州的气候环境和矿区特殊的自然环境,结合相对舒适度评价标准,并引入我国《城市居住区规划设计规范》中对住区风环境的要求,提出针对徐州矿区居住区的风环境评价标准:

(1)徐州春季干燥少雨,且风速在一年之中最大,易发扬尘天气,根据表 1 可知,弱风时开始出现扬尘,因而平均风速不宜超过 3.58 m/s。结合 Beaufort 指数,春季适宜进行室外活动的平均风速为 1.79 ~ 3.58 m/s。

(2)夏季主要考虑有效的自然通风<sup>[8]</sup>。夏季的舒适风环境至少应保持微风状态,平均风速大于 1.79 m/s。同时,徐州夏季炎热,可适当提高舒适风环境风速的最大值。但也不宜出现强风区域,故取清风的平均风

速 7.60 m/s 作为风速最大值。

(3)秋季气温适宜,天高气爽,且秋季平均风速 2.7 m/s,适宜进行室外活动。风速对秋季影响甚微,因而不纳入住区风环境评价标准内。

(4)冬季寒冷干燥,防风防尘为主,风速较小时可以有效降低建筑能耗。结合 Beaufort 指数,平均风速 0 ~ 3.58 m/s 为宜。

三、室外风环境模拟

1. 居住区布局方式

徐州矿区居住小区多建于 20 世纪 50—70 年代,多为行列式布局,住宅楼之间呈平行排列,多为南北向重复排列。部分矿区居住区也存在错列式、围合式布局形式(见图 5)。

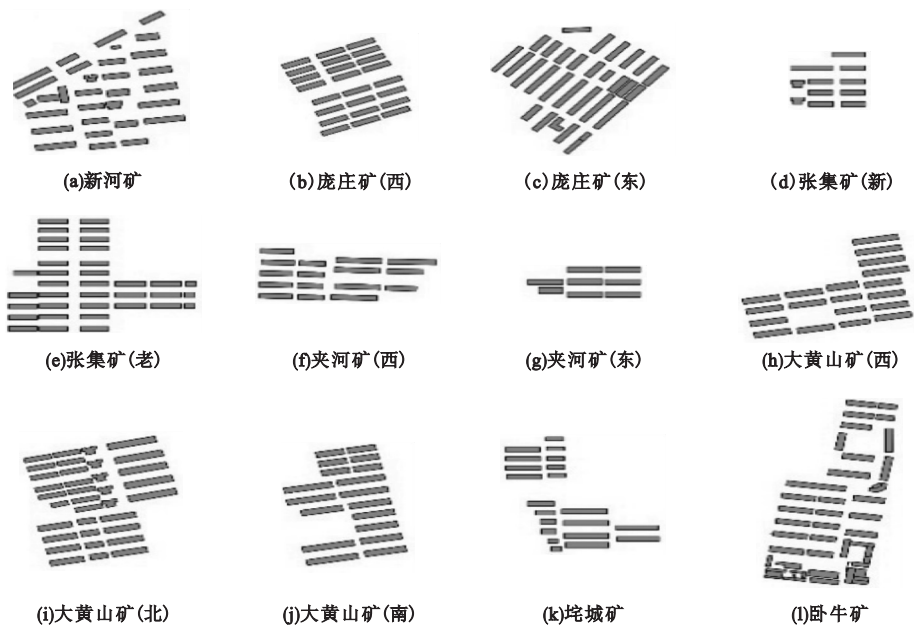


图 5 徐州矿区居住区平面图

不同的居住区布局方式对风环境产生不同的影响,从而使建筑周围的空气流动存在明显差别。建筑迎风面积、来流风向、住宅体量与间距等均会对其室外风环境质量产生影响<sup>[9]</sup>。针对徐州的气候特点,对 3 种典型的居住区布局方式下的室外风环境进行模拟研究,通过对比分析,总结不同布局方式的优势与劣势,作为徐州矿区居住区布局方式选择的参考与依据。

2. 风环境模拟方法

(1)模拟软件选取。目前,国内外风环境研究的方法主要有风洞试验法和数值模拟法<sup>[10]</sup>。风洞试验法显然不适用于本研究,而数值模拟法利用流体力学 CFD 软件来进行模拟分析,具有计算快速、操作简单、结果准确等优点<sup>[11]</sup>,因而选择针对建筑环境、暖通空调系统设计的 PHOENICS 软件进行室外风环境 CFD 模拟。



(2) 计算方法。如前文所述,徐州在春季、夏季、冬季均需考虑室外风环境对室外活动人群的影响。因而首先需要建立模型,采用 PHOENICS 软件进行风环境数值模拟,统计春、夏、冬 3 季的不利风环境面积占比,加入权重,通过对比不利面积占比总和来表现建筑布局方式的室外风环境优劣。评价标准如表 2 所示。

表 2 徐州居住区风环境评价指标

季节	适宜风速/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	主风向	平均风速/( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ )	目的
春	1.79 ~ 3.58	东风	3.6	防风防尘
夏	1.79 ~ 7.60	东风	2.0	通风降温
冬	>5	北、西北风	3.2	防风防尘

(3) 抽象模型。矿区居住区的布局方式往往受经济、地形及周边环境的制约,排列方式多种多样。建筑高度和建筑间距也存在一定程度的变化。对所有布局方式进行风环境模拟显然不具有可操作性,因而对住区布局进行了简化处理,选择常见的 3 种布局方式模型(见图 6)进行风环境模拟实验(建筑高 18 m、长 60 m、宽 15 m,其他间距符合《江苏省城市规划管理技术规定》,并尽量保持一

计算公式:  
$$F = S_1/S_i + S_2/S_i + S_3/S_i$$
式中: $F$  为居住区风环境舒适度指数,指数大小与风环境舒适度负相关;  
 $S_i$  为居住区的总面积;  
 $S_1, S_2, S_3$  为春、夏、冬季不利风环境面积。

致)。此外,考虑到建筑布局由于受制于地形,会出现不同的偏转角度,而非标准的南北向,因而在 PHOENICS 模拟过程中,选择正南和南偏东  $10^\circ$ 、 $20^\circ$  以及南偏西  $10^\circ$ 、 $20^\circ$  5 种布局角度进行风环境模拟,探究布局方式、偏转角度对室外风环境的影响。居住区总面积定义为居住区轮廓线向外偏移 3 m 的平面面积,布局 1、2、3 总面积分别为  $20\,402\text{ m}^2$ 、 $23\,042\text{ m}^2$ 、 $26\,260\text{ m}^2$ 。

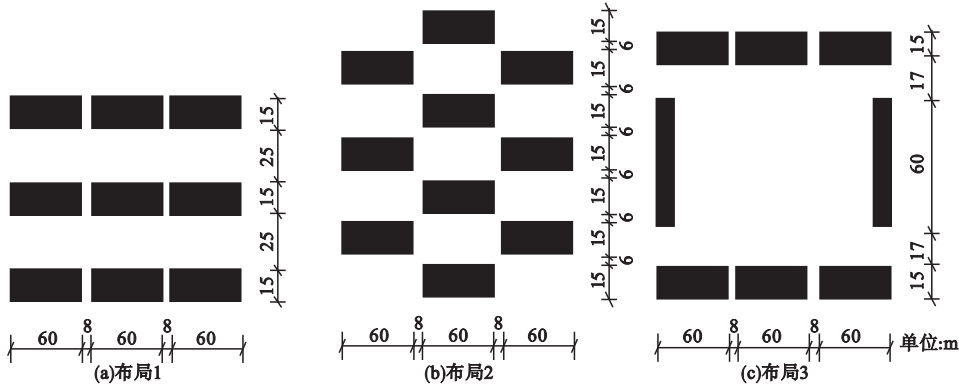


图 6 常见布局方式

3. 风环境模拟结果

笔者根据 PHOENICS 软件模拟出的不同布局的风环境图(共 45 张,包括 3 种布局、3 个季节和 5 种不同角度)统计和分析不利风环境面积(见表 3),分析不同布局方式、布局角度的风环境优劣情况。根据模拟结果,不同布局方式在冬季都能够营造舒适的风环境,绝大部分空间的平均风速都处在 1.79 ~ 3.58 m/s。夏季和冬季时,不同布局方式的

环境舒适度指数  $F$  存在较大差距。  
如表 4 所示,行列式布局春季的不利风环境面积占比普遍较低,南偏东  $20^\circ$  的不利占比仅有 5.5%,春季风环境舒适度较高。夏季时,徐州盛行东风,平均风速仅有 2 m/s。因而,正南向布局的夏季风环境不利占比最低,为 16.7%,其次为南偏东  $10^\circ$ ,其余角度不利占比为 40% 左右。行列式布局中正南向具有最佳的风环境舒适度, $F=0.297$ 。

表 3 部分模拟结果(正南角度)

m<sup>2</sup>

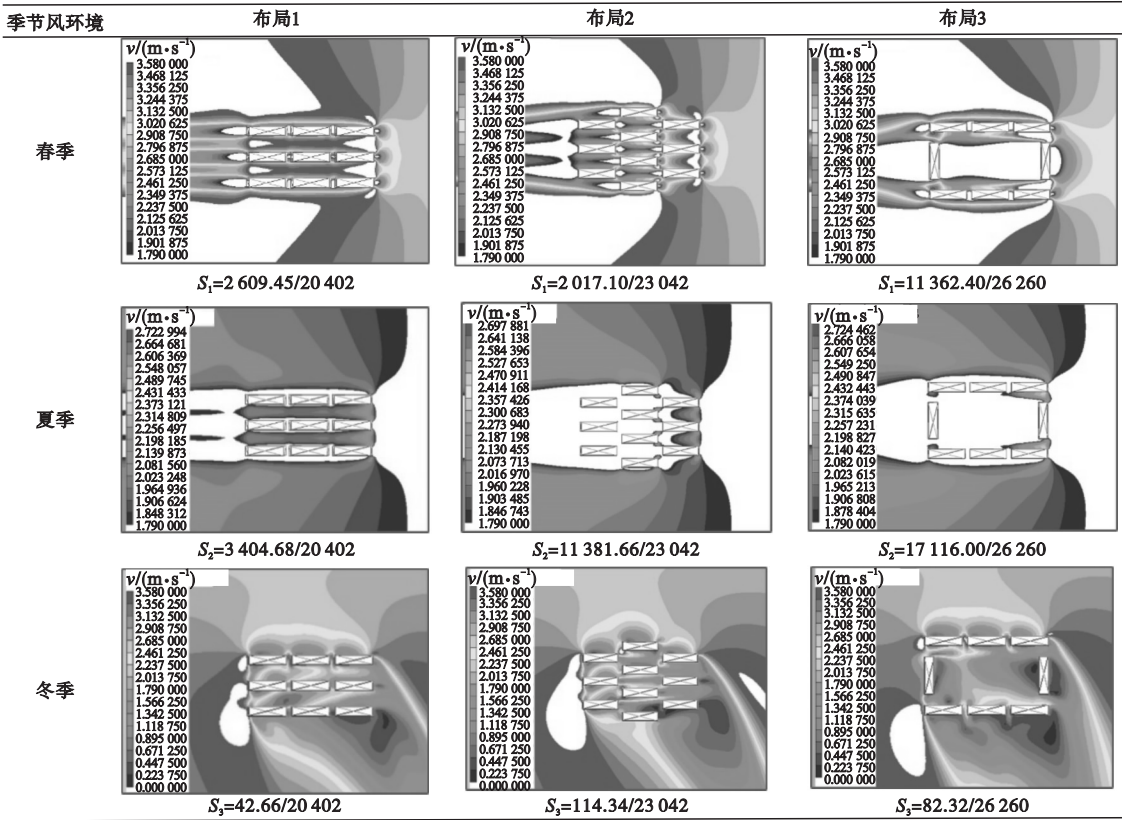


表 4 布局 1 不利风环境面积占比分析统计

角度	面积占比/%		
	春季	夏季	冬季
正南	12.8	16.7	0.2
南偏东 10°	12.9	26.3	1.0
南偏东 20°	5.5	41.5	0.9
南偏西 10°	14.5	44.9	1.6
南偏西 20°	5.7	41.9	0.6

如表 5 所示,错列式布局春季的不利风环境面积占比较之行列式有所增加,正南向的不利占比最低,为 8.8%。夏季时,错列式的建筑布局使东风的风速降低,不利占比上升至 50% 左右。错列式布局中正南向具有最佳的风环境舒适度,  $F=0.587$ 。

表 5 布局 2 不利风环境面积占比分析统计

角度	面积占比/%		
	春季	夏季	冬季
正南	8.8	49.4	0.5
南偏东 10°	20.8	53.1	0.7
南偏东 20°	17.6	54.7	0.5
南偏西 10°	19.4	53.2	0.6
南偏西 20°	18.5	53.4	0.8

如表 6 所示,由于围合式布局的“口”字形建筑排布,使得春季不利风环境面积占比大幅上升。夏季的 5 种布局角度不利占比为 65% 左右。围合式布局中南偏西 20° 具有最佳的风环境舒适度,  $F=0.912$ 。

表 6 布局 3 不利风环境面积占比分析统计

角度	面积占比/%		
	春季	夏季	冬季
正南	43.3	65.2	0.3
南偏东 10°	43.0	66.9	0.6
南偏东 20°	26.0	64.3	1.3
南偏西 10°	42.4	66.9	0.4
南偏西 20°	26.0	64.5	0.7

对比 3 种建筑布局方式,正南向的行列式布局对夏季东风的遮挡最小,春季的不利占比为 12.8%,具有最佳的风环境舒适度。错列式布局春季不利占比较之行列式布局有小幅提升,由于建筑的遮挡,该布局方式对夏季的风环境舒适度产生了较大影响。围合式布局夏季和春季的风环境都较差。

因此,从风环境的角度出发,徐州地区的

矿区居住区更新改造适宜选择正南向的行列式布局,而应尽量避免围合式的布局方式。

四、结 语

基于对徐州地区矿区居住区的调研和软件模拟,笔者从风环境角度,提出了适合徐州地区的矿区居住区更新改造布局方式。在实际的矿区居住区更新项目中,需要综合考虑地形、容积率、绿化、光照等多种因素,风环境往往不会决定居住区的布局方式,但当布局方式存在多种选择时,笔者希望矿区居住区更新能更多地考虑居住区的外部空间舒适度,使用被动式节能方式提高空间舒适度,塑造具有人文关怀的外部空间环境。

参考文献:

[1] TECLE A,BITSUAMLAK G T, JIRU T E. Wind-driven natural ventilation in a low-rise building: A boundary layer wind tunnel study [J]. Building and environment, 2013, 59: 275 - 289.

[2] HONG B,LIN B. Numerical studies of the outdoor wind environment and thermal comfort at pedestrian level in housing blocks with different building layout patterns and trees arrangement

[J]. Renewable energy, 2015, 73: 18 - 27.

[3] 杨丽. 居住区风环境分析中的 CFD 技术应用研究[J]. 建筑学报, 2010(1): 5 - 9.

[4] 龚晨,汪新. 建筑布局对住宅小区风环境的影响研究[J]. 建筑科学, 2014(7): 6 - 12.

[5] SOLIGO M J, IRWIN P A. A comprehensive assessment of pedestrian comfort including thermal effects[J]. Journal of wind engineering and industrial aerodynamics, 1998, 77 ( 98 ): 753 - 766.

[6] 宋宇. 沈阳某建筑室外风环境模拟分析[J]. 建筑节能, 2014(11): 72 - 75.

[7] 李云平. 寒地高层住区风环境模拟分析及设计策略研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2007.

[8] 李绥,石铁矛,杨振,等. 基于风环境模拟与优化的滨海居住区规划设计[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版), 2015(1): 173 - 181.

[9] 王宇婧. 北京城市人行高度风环境 CFD 模拟的适用条件研究[D]. 北京: 清华大学, 2012.

[10] 杨易,金新阳,杨立国,等. 高层建筑群行人风环境模拟与优化设计研究[J]. 建筑科学, 2011(1): 4 - 8.

[11] 唐毅,孟庆林. 广州高层住宅小区风环境模拟分析[J]. 西安建筑科技大学学报(自然科学版), 2001(4): 352 - 356.

Research on the Layout of Residential Buildings in Xuzhou Mining Area Based on Wind Environmental Simulation

SUN Liang , DING Shaohua

(School of Architecture & Design, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221000, China)

**Abstract:**Based on the investigation of the existing mining residential areas in Xuzhou, the problems of the wind environment in the mining area were summarized. According to the existing layouts, this paper summarizes several typical layouts and constructs the abstract experiment model. Using CFD numerical simulation and a software called PHOENICS to simulate outdoor wind environment, by this way, we study the layout of residential buildings according to wind. From the angle of the wind environment, the optimization design strategies of the residential building layout in the mining area of Xuzhou were proposed, which aims to provide theoretical support for renovation of residential areas in the future.

**Key words:**residential areas in mining; wind environment; the layout of buildings; abstract experiment