网络出版时间：2019-11-20 14:15:57

第 32 卷　第 4 期　　石家庄铁道大学学报(自然科学版)　　Vol. 32　No. 4
2019 年 12 月　Journal of Shijiazhuang Tiedao University(Natural Science Edition)　　Dec. 2019

城市街道宽度对街区通风影响的试验研究

田凯强[1]，　贾娅娅[2,3]，　刘庆宽[2,3]，　马文勇[2,3]，　刘小兵[2,3]

(1. 石家庄铁道大学 土木工程学院，河北 石家庄　050043；
2. 石家庄铁道大学 大型结构健康诊断与控制研究所，河北 石家庄　050043；
3. 河北省大型结构健康诊断与控制重点实验室，河北 石家庄　050043)

摘要：近些年来，我国城市化进程不断加快，城市内的污染问题越来越突出，如“雾霾”频频造访城市。有人提出在城市中建立风的通道，将外面干净新鲜的空气引入城区，吹散城中的污染物。这种方法是否能够缓解城市的空气污染问题值得研究。建立城市风道涉及到拆迁和大量占地，其代价将十分巨大，在通风效果不明的情况下，在建立城市风道之前，需要对其进行全面合理的论证。以北京市某小区作为研究对象，利用风洞试验，分析了不同宽度街道内风速变化特性，试验结果表明：在街道入口处存在“狭管效应”，风速会增大，随着街道深度的增加，风速先减小后趋于稳定。增加街道的宽度，街道内的平均风速会增大，但是风速的增大十分有限，因此，建立城市风道对城市通风的效果十分有限，不建议通过城市风道的方式来优化城市的通风效果。

关键词：雾霾；城市风道；通风效果；风洞试验

中图分类号：TU023　**文献标志码**：A　**文章编号**：2095-0373(2019)04-0016-06

随我国城市化进程的不断推进，城市高密的建筑会阻碍城市近地面空气流动，使得城市内部的平均风速减小，在弱风天气下，城市空气中的污染物容易积累，使得城市的空气污染严重[1-2]。为了改善这种状况，除了节能减排之外，有人提出对城市进行专门规划、建立城市的通风廊道[3]来改善城市通风状况的建议，认为城市风道能减弱城市建筑对风的阻碍作用，使得空气能够吹进或者贯穿城市，驱散城市空中污染物，达到净化空气的目的[4-6]。在 20 世纪 80 年代德国卡塞尔大学 Kress R [7]教授开始了“理想城市气候”计划研究，并且提出了在新区规划中建立风环境及风流通系统的概念。日本从 20 世纪 80 年代已经开始关注风环境，并在 2007 年提出在城市规划中建立城市风道系统[8-11]。我国在城市风道方面的研究始于 20 世纪 80 年代末，任超等[12]提出在区域规划、城市规划、街道规划、大型建设开发项目 4 个尺度下对城市风道进行规划。李军等[13]建议城市风道的建设必须从城市宏观总体布局和微观城市建设控制 2 个方面考虑。除了理论研究以外，一些城市的城市风道也在提议中。例如 2013 年杭州市规划、环保等部门研究，希望建一个“城市风道”，通过城市风道，把郊外的风引入主城区，把空气中的雾霾吹走[13]。2015 年初，陕西省成立了“西安城市风道景区建设调查研究”课题组，专门对西安城市风道及风道景区建设问题进行了比较深入的调研[14]；2016 年陕西全省城市工作会议提出通过营造城镇风道，进一步美化人居环境[15]。

对城市进行规划建立城市风道涉及拆迁、规划、建设等许多环节，经费投入十分巨大，而城市风道对增强城市通风的效果如何，目前尚缺乏专门的试验数据分析。以某小区的建筑群为单元，改变街道的宽度和街道两侧的建筑高度及密度，测试研究了街道纵深和高度 2 个方向上的风速分布规律，探讨了街道对城市通风的影响，为相关的政策制定及研究提供参考。

收稿日期：2018-05-04　**网络出版日期**：--　**责任编辑**：车轩玉　DOI：10.13319/j.cnki.sjztddxxbzrb.20180098
网络出版地址：http://kns.cnki.net/kcms/detail/13.1402.n.20191120.1354.003.html
基金项目：国家自然科学基金(51778381)；河北省自然科学基金(E2018210044)
作者简介：田凯强(1990—)，男，硕士生研究生，主要从事结构的风荷载、风致振动与控制研究。E-mail：15512469052@126.com
田凯强，贾娅娅，刘庆宽，等. 城市街道宽度对街区通风影响的试验研究[J]. 石家庄铁道大学学报：自然科学版，2019，32(4)：16-21.

1　风洞试验介绍

本研究选取具有高层住宅群及普通住宅群结合的、比较典型的北京市某小区作为单元,四边街道环绕,如图 1 所示。该区域有多层住宅 8 栋,30 层住宅 3 栋,25 层和 30 层连体住宅 2 栋,25 层住宅 5 栋,14 层公寓 1 栋,供热厂房 2 栋和多层的幼儿园、宾馆各 1 栋。平面和高度尺寸如图 2 所示,建筑旁边的尺寸标注分别代表建筑物的长宽高,例如左上角的建筑尺寸标注 40 × 22 × 120 代表该建筑物长度 40 m、宽度 22 m、高 120 m。

图 1　单元三维电子地图

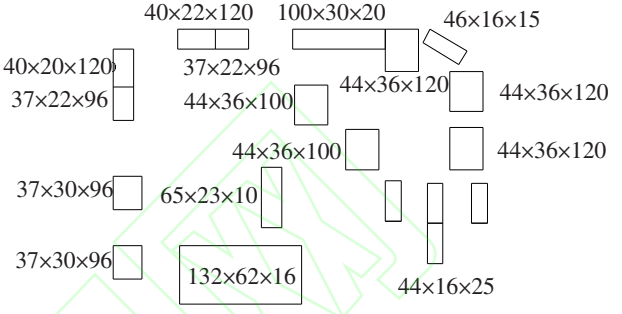


图 2　单元平面布置图

将该单元沿街道纵深方向复制 10 次,然后进行组合,可得到 2 种不同的试验工况,如图 3 和图 4 所示。

图 3　街道 Ⅰ 街道模型图

图 4　街道 Ⅱ 街道模型图

图 3 所示的街道,两侧的建筑高层较多,建筑密度大,且街道两侧建筑对称分布,将该街道试验定义为街道 I。图 4 所示的街道,两侧的建筑为沿主干街道横向整体复制平移形成,所以街道一侧以高层为主,另一侧以多层为主,两侧建筑物是非对称分布,将该街道试验定义为街道 II。

按照阻塞度<5%和其它相似关系的要求,模型的缩尺比为 1∶200,由于模型表面存在明显的棱角,因此雷诺数对试验结果的影响基本上可以忽略,试验中来流控制风速为 10 m/s。为了研究街道和两侧建筑对风速的影响,这里的来流没有考虑地表摩擦作用,采用的是建筑前方均匀来流的方式进行试验。

试验在石家庄铁道大学风工程研究中心 STU-1 风洞低速试验段中进行。该风洞低速试验段宽 4.4 m,高 3 m,长 24 m,风速 1~30 m/s 连续可调[16-17]。试验风速测量所使用的仪器包括:4 孔眼镜蛇三维脉动风速仪,用于风洞内风速的测量;三维移测架,用于风洞内眼镜蛇的移动。4 孔眼镜蛇三维脉动风速仪不仅可以测量速度 3 个方向的分量,而且还可以测量 ±45°范围内的偏角和攻角;将 4 孔眼镜蛇三维脉动风速仪安装在移测架上,可以对有效测量范围内任意点的风速进行测量,三维移测架顺风向的有效移动距离为 4.0 m,横风向有效移动距离为 2.4 m,竖向有效距离为 4.0 m。本试验针对街道 I 和街道 II 的 2 种街道类型,分别改变街道宽度为 40 m、80 m、120 m、200 m,针对每种宽度街道的中心平面进行了风速测量。

为了方便描述,取街道入口底面中心为坐标原点,沿街道通向城市纵深方向为 x 轴,与街道中心横向为 y 轴,高度方向为 z 轴,如图 5 所示。试验测点布置如图 6 所示。

为了方便进行风速比较,定义风速比 K,为不同位置处街道内风速与相同高度处来流风速之比

$$K = \frac{v_C}{v_k} \tag{1}$$

式中，v_C 为眼镜蛇测点的风速；v_K 为风洞的控制风速，本试验的控制风速为 10 m/s。

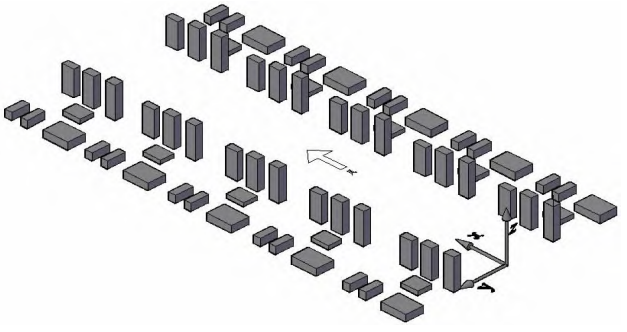


图 5 坐标示意图

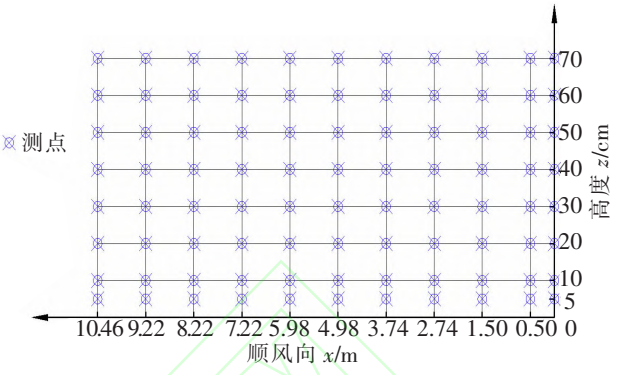


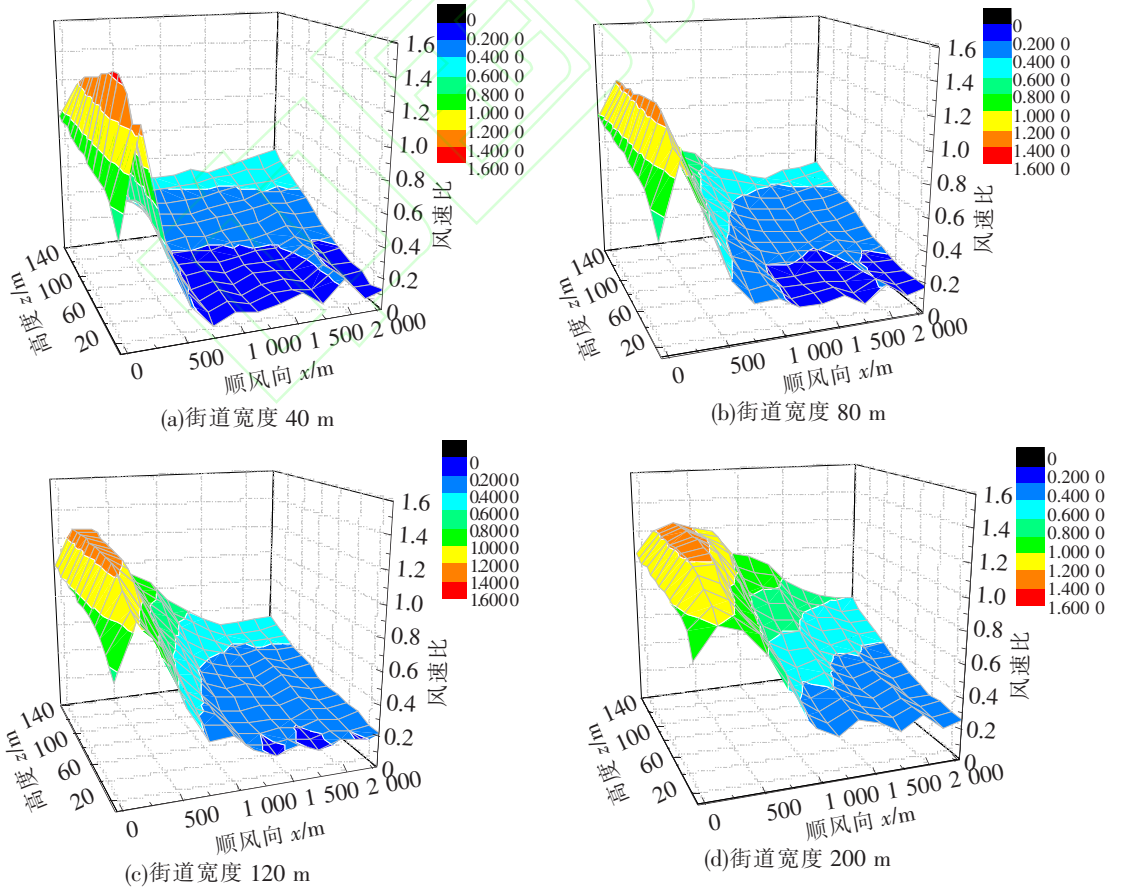
图 6 试验测点布置图

2 试验结果与分析

2.1 街道 I 结果分析

街道 I 中心风速分布的试验结果如图 7 所示。

对比图 7(a)～图 7(d)可知：风速在进入街道前风速比基本上在 1.0 左右，进入街道后风速急剧增大，具有“峡谷效应”，在距离街道入口 100 m 左右风速最大，宽度 40 m、80 m、120 m、200 m 的街道在此处的风速比分别是 1.4、1.23、1.22、1.17。



(a)街道宽度 40 m

(b)街道宽度 80 m

(c)街道宽度 120 m

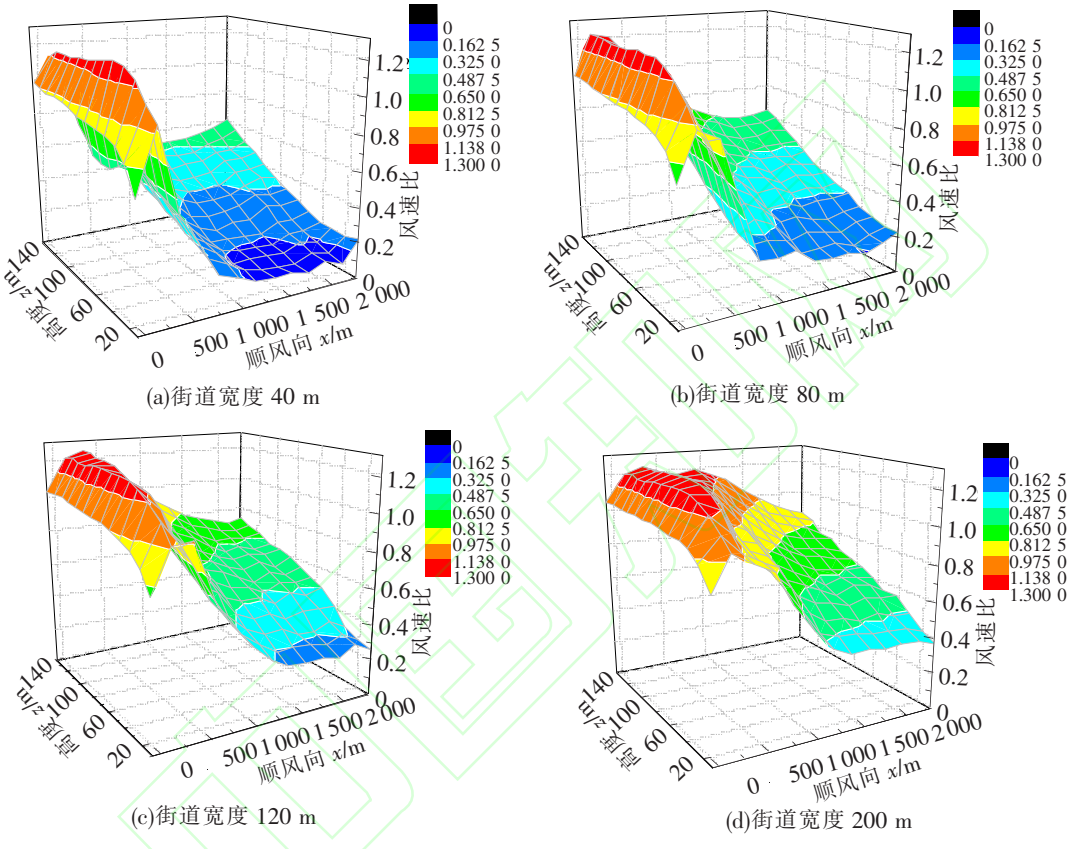
(d)街道宽度 200 m

图 7 街道 I 中心各高度风速比分布

街道宽度越宽,入口处高风速在街道纵深方向上影响越远,但是风速增大的不是很多,并很快形成底部风速低、随着高度风速逐渐增大的风剖面。在街道纵深方向到达一定距离后,风剖面趋向稳定,同一高度处的风速不再随纵深的距离增大而增大。

2.2　街道 II 结果分析

街道 II 中心风速分布的试验结果如图 8 所示,从图中可以看出街道 II 的变化规律和街道 I 基本上类似。同街道 I 两侧均为高层建筑相比,街道 II 一侧以多层为主,理论上较矮的建筑对风的阻碍作用较弱,从本试验结果同图 7 比较可知,两者的风速差别并不明显。



(a)街道宽度 40 m　(b)街道宽度 80 m

(c)街道宽度 120 m　(d)街道宽度 200 m

图 8　街道 II 中心各高度风速比分布

2.3　建筑高度对风的影响

为了进一步比较建筑高矮对街道内风速的影响,图 9(a)～图 9(d)对比分析了街道中心 10 m、40 m、60 m、100 m4 个高度处街道 I 和街道 II 2 种结果下风速比沿街道深度的变化情况。2 种状态下街道的宽度均为 40 m。

从图 9 可以看出,虽然街道 I 两侧均为较高的建筑,但是街道 I 的风速比只在 500～1 000 m 的街道纵深范围内比街道 II 的结果稍小,随着向城市内部的延伸,2 种状态下的风速比趋于接近,说明城市内部街道两侧一定高度内的建筑对街道的风速影响减弱。

另外,从入口处风速增大,之后逐渐减小到形成较为稳定风速的距离,基本在离开入口 1 000 m 前后,考虑到形成较为稳定的风剖面的位置(即风速比不再随 x 而变化的位置)离开街道入口的距离仅仅有几公里,同大城市尺度(如北京五环边长约为 25 km)相比所占的比例太小,除去入口的几公里之外,城市内部街道上的风剖面可以认为是城市平均地貌类别的风剖面,街道的宽度对街道的通风影响不明显。

在这种情况下,通过规划城市通风廊道,使得城市之外的风顺着廊道贯穿城市,从而达到净化城市空气的方案值得慎重考虑和深入研究。

另外,城市空气污染严重的时期基本是大区域内风速很小、或者是没风的天气,此时不但城市内空气流动微弱,城市之外没有高层或多层建筑的田野乡村也没有风,在这种状态下城市风道更不具备引进城

外的风进入市区的功能。

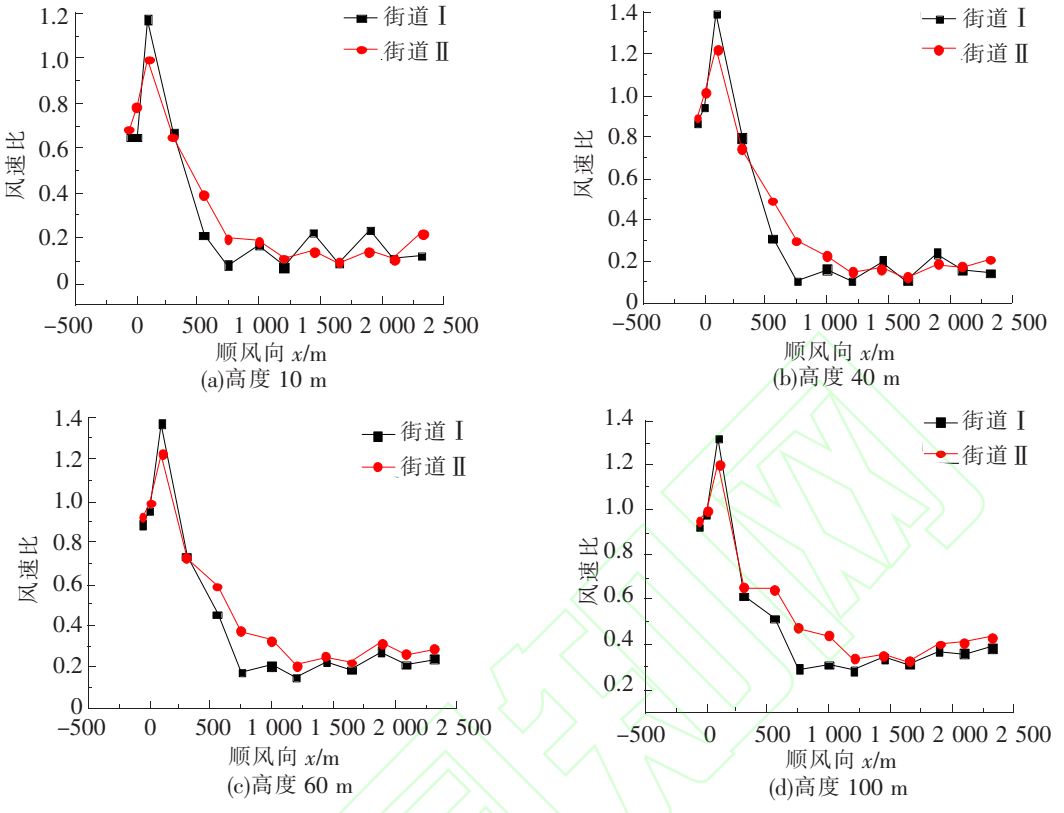


图 9 街道 I 和街道 II 内风速比较

3 结论

通过风洞试验研究对比街道宽度、街道两侧建筑对通风的影响,可以得到如下几点结论:

(1)风在进入街道后,在入口附近有“峡谷效应”现象,局部区域风速急剧增大,随着街道深度的增加风速逐渐减小,当到达一定街道深度后,风速基本上不再变化。

(2)街道宽度对离开街道入口一定距离的城市内部通风影响较小。

(3)城市内部一定程度内的建筑高度对通风影响不明显。

(4)通风廊道在入口附近能加速空气流通,对城市内部通风效果影响较小;在城市空气污染严重的弱风和无风天气,通风效果会更不明显。通过规划建设通风廊道,达到降低城市空气污染的方案值得慎重考虑和深入研究。

参 考 文 献

[1]姜鹏, 徐颖, 周丽亚. 利用城市通风廊道治理灰霾成功经验用在北京效果存疑[J]. 行业分析,2016, 12(3):62-65.

[2]Jacob Baker, Helen L Walker, Cai Xiaoming. A study of the dispersion and transport of reactive pollutants in and above street canyons large eddy simulation[J]. Atmospheric Environment, 2004, 38(12):6883-6892.

[3]朱亚斓, 余莉莉, 丁绍刚. 城市通风道在改善城市环境中的应用[J]. 城市发展研究,2008,15(1):46-49.

[4]蔡婵静, 周志翔, 陈芳,等. 武汉市绿色廊道景观格局[J]. 生态学报,2006,26(9):2996-3000.

[5]杨立新. 编制城市绿地系统规划时应采用软微风玫瑰图[J]. 中国园林,2013,17(9):65-69.

[6]席宏正, 焦胜, 鲁利宇. 夏热冬冷地区城市自然通风廊道营造模式研究[J]. 城乡规划,2010,10(2):106-107.

[7]Kress R. Regionale air exchange processes and their importance for the R • Umliche planning[M]. Dortmund: Institute of Environmental Protection of the University of Dortmund, 1979.

[8]Ng E. Policies and technical guidelines for urban planning of high-density-air ventilation assessment(AVA)of Hong

Kong[J]. Building and Environment, 2009(7):1478-1488.
[9]Ahmad K, Khare M, Chaudhry K K. Wind tunnel simulation studies on dispersion at urban street canyons and intersections a review[J]. Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 2005, 93(9):697-717.
[10]Peng C, Ming T, Tao Y, et al. Numerical analysis on the thermal environment of an old city district during urban renewal[J]. Energy and Buildings, 2015, 89(9):18-91.
[11]八都市首脑会议环境问题对策委员会干事会. "风之道"调查研究—调查报告书[R]. 日本:八都县市首脑会议环境问题对策委员会干事会,2007.
[12]任超, 袁超, 何正军 ,等. 城市通风廊道研究及其规划应用[J]. 城规划学刊,2014,10(3):52-60.
[13]李军, 荣颖. 城市风道及其建设控制设计指引[J]. 城市问题,2014,16(9):42-47.
[14]张沛, 黄清明, 田姗姗, 等. 城市风道研究的现状评析及发展趋势[J]. 城市发展研究,2016,23(10):79-84.
[15]薛立尧, 张沛, 黄清明, 等. 城市风道规划建设创新对策研究——以西安城市风道景区为例[J]. 城市发展研究, 2016,23 (11):17-24.
[16]刘庆宽. 多功能大气边界层风洞的设计与建设[J]. 实验流体力学,2011, 25(3):66-70.
[17]陆煜, 李宗益, 马文勇,等. 大跨度钢网架双坡屋面结构分区风荷载风洞试验研究[J]. 石家庄铁道大学学报:自然科学版, 2015, 28(3):1-6.

Experimental Research on Width of Urban Street's Effect on Wind

Tian Kaiqiang[1], **Jia Yaya**[2,3], **Liu Qingkuan**[2,3], **Ma Wenyong**[2,3], **Liu Xiaobing**[2,3]

(1. School of Civil Engineering Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China;
2. Structural Health Monitoring and Control Institute, Shijiazhuang Tiedao University, Shijiazhuang 050043, China;
3. Hebei Province Key Lab of Structural Health Monitoring and Control, Shijiazhuang 050043, China)

Abstract: In recent years, our cities have suffered the problem of pollution seriously. The haze visited the cities more frequently. The way of air path which brings the outside clean air to the city was put forward. The method maybe solve the problem of pollution. But building the air path deserves a lot. The problem of demolition must be considered carefully. Before building the air path, rationality needs to be proved. A district in Beijing was the object. Wind speed characteristics were analyzed in different street by wind tunnel experiment. The experimental results showed: there was funneling at the entrance of the street. Along the street, the wind became stronger first and wind speed reduced before they were stable. With the increase of street depth, the wind increased a little. So building the air path is limited and improving the wind in city by building the air path is not recommended.

Key words: smog; air path; ventilation effect; wind tunnel experiment