

文章编号:1673-8411 (2019) 04-0072-05

# 考虑风速日变化的城市主导风向分析

——以眉山市为例

肖丹<sup>1</sup>, 翟银铃<sup>2</sup>, 方敏<sup>1</sup>, 黄保云<sup>1</sup>, 刘莉丽<sup>1</sup>, 许勇<sup>1</sup>, 胡超<sup>1</sup>

(1.四川省眉山市气象局, 四川 眉山 620010; 2.四川省眉山市东坡区气象局, 四川 眉山 620010)

**摘要:** 利用眉山城市 2005–2017 年的逐小时风观测资料, 从风向频率、风速日变化特征等方面对各风向的通风效果进行了评估, 确立了眉山城市的主导风向。结果表明, 眉山城市的主导风向东坡区是以北风为中心的北东北风、北风和北西北风, 彭山区是以东北风为中心的东东北风、东北风和北东北风; 次主导风向东坡区是以北东北风为中心的北风、北东北风和东北风, 彭山区是以东东北风为中心的东北风、东东北风和东风。

**关键词:** 主导风向; 软轻风; 风速玫瑰图

中图分类号: P467

文献标识码: A

## Analysis of urban dominant wind direction considering diurnal variation of wind speed: a case study of Meishan City

Xiao Dan<sup>1</sup>, Zhai Yinling<sup>2</sup>, Fang Min<sup>1</sup>, Huang Baoyun<sup>1</sup>, Liu Lili<sup>1</sup>, Xu Yong<sup>1</sup>, Hu Chao<sup>1</sup>

(1.Meishan Meteorological Service, Meishan Sichuan 620010;

2.Dongpo District Meteorological Service, Meishan Sichuan 620010)

**Abstract:** Based on the hourly wind observation data of Meishan City from 2005 to 2017, the ventilation effect of each wind direction was evaluated from the aspects of wind direction frequency and daily variation characteristics of wind speed to establish the dominant wind direction of Meishan. The results showed that the main wind direction of Dongpo District was north–northeast wind, north wind and north–northwest wind with the north wind as the center, while Pengshan District was east–northeast wind, northeast wind and north–northeast wind with the northeast wind as the center. The sub–dominant wind direction of Dongpo District was the north wind, the north–northeast wind and the northeast wind centered on the north–northeast wind; the Pengshan District was the northeast wind, the east–northeast wind and the east wind centered on the east–northeast wind.

**Key words:** dominant wind direction; soft breeze; wind speed rose chart

## 引言

随着社会经济的发展和城市化进程的推进, 城市规模不断扩大, 城市热岛效应愈加显著<sup>[1-2]</sup>, 城市热环境质量下降。良好的通风条件可以使热污染向主导风向下游扩散<sup>[3]</sup>, 从而改善空气质量, 提高环境

舒适性。城市通风廊道构建可以有效提升城市空气流通能力、降低建筑物能耗、缓解城市热岛、改善人体舒适度<sup>[4]</sup>。因此, 城市通风廊道构建已成为城市规划设计的重要内容之一<sup>[5-7]</sup>。城市通风廊道设计主要是以城市绿色廊道及城市路网体系为载体进行的通风设计, 城市主导风向的确定在其中发挥着关键的

收稿日期: 2019-07-24

基金项目: 眉山市气象局科研项目“清晨大雾的形成机理及预报方法研究”

作者简介: 肖丹(1982–), 女, 四川内江人, 硕士研究生, 高级工程师, 主要从事专业气象预报与研究。Email: 610158875@qq.com

作用<sup>[8-10]</sup>。一些学者通过研究认为,主导风向一般是依据最大风向频率来确定的<sup>[11-13]</sup>,温洛等<sup>[11]</sup>分析了南阳市主导风向,程海峰等<sup>[12]</sup>分析了合肥市 42a 的风向风速。我国二十世纪的气象资料以人工观测为主,一般只有 08、14、20 时三个观测时次(一般气象站)或 02、08、14、20 时四个观测时次(基本气象站)的气象数据<sup>[14-15]</sup>。由于风的日变化特征,采用三个或四个时次的气象数据进行分析可能存在较大误差。二十一世纪初,全国各级气象台站逐步实现了自动气象观测,观测资料的精度提高,使用逐小时的气象资料进行分析成为了可能。余辉等<sup>[16]</sup>对郑州不同观测频次的风资料进行分析,发现主导风向差异很大,应采用代表性较好的 24 次观测记录值。李志龙<sup>[15]</sup>等发现统计年限对风向频率的影响往往与地形有着密切的关系。

四川盆地受地形局限,地面风速较小<sup>[17-19]</sup>,因此如何利用主导风向来建立城市通风廊道,并减轻城市污染及热岛效应,显得尤为重要。眉山城市辖东坡区、彭山区两个区,本文采用城市逐小时风观测资料,从风向频率、风的日变化特征等方面,对各风向的通风效果进行了评估,有效利用最佳通风方向,确立眉山城市的主导风向,为城市科学规划提供参考。

1 资料和方法

使用眉山市东坡区、彭山区国家气象观测站 2005–2017 年的逐小时风观测资料,对眉山城市风向频率、风速及日变化进行统计分析,找出风速较大、通风效果较好的时段,最后建立眉山城市主导风向。

风向采用十六方位制,各方向的风向频率和平均风速计算公式如下:

$$D_m = \frac{F_m}{\sum_{m=1}^{16} F_m + C}, m=1, 2, \dots, 16 \quad (1)$$

表 1 2005–2017 年眉山城市年最多风向

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
东坡区	N	N	N	E	E	E	E	E	W	W	E	WNW	WNW
彭山区	NE	NE	NE	NE	NE	NNW	NE	NE	NE	NNW	NNW	NE	NE

3 软轻风下的主导风向

根据我国《风力等级》国家标准<sup>[20]</sup>,将 0.3–3.3m·s<sup>-1</sup> 的风速定义为软轻风,小于 0.3m·s<sup>-1</sup> 的风定义为静

$$\bar{V}_m = \frac{\sum_{i=1}^{F_m} V_{mi}}{F_m}, i=1, 2, \dots, F_m \quad (2)$$

(1)、(2) 式中, $D_m$  为  $m$  方向上的风向频率, $F_m$  为所统计时段内  $m$  方向上风观测到的次数, $C$  为所统计时段内观测到的静风次数, $V_{mi}$  为  $m$  方向上第  $i$  次观测的风速, $\bar{V}_m$  为  $m$  方向上的平均风速。

2 城市地面风的年际变化

图 1 给出的是 2005–2017 年东坡区、彭山区年平均风速及风速距平。可以看出,2005–2017 年眉山东坡区、彭山区分别为 0.8m·s<sup>-1</sup>、0.9m·s<sup>-1</sup>,东坡区、彭山区年平均风速经历了先减后增的过程。年平均风速在 1.0m·s<sup>-1</sup> 左右,2008 年开始明显减小,距平由正转负,2014 年风速最小,其后增大,2016 年风速距平转为正值,彭山区风速增大较明显,2017 年达到最大值 1.1m·s<sup>-1</sup>。2005–2017 年(表 1),东坡区年最多风向以东风(E)为主,其次为北风(N),彭山区则以东北风(NE)为主,13 年中有 10 年的年最多风向为东北风,仅 2010、2014、2015 年为北西北风(NNW)。由此可见,无论风速还是风向,眉山城市地面风均有明显的年际变化。



图 1 2005–2017 年东坡区、彭山区年平均风速(折线)及风速距平(柱体)(单位:m·s<sup>-1</sup>)

风。统计 2005–2017 年眉山城市风速多年平均值,东坡区、彭山区的软轻风年频率分别为 72.7%、84.0%,静风频率分别达到 26.9%、15.7%,而大于 3.3m·s<sup>-1</sup> 的风速概率很小,仅为 0.5%和 0.3%。可见,

软轻风的频率远高于静风,有利于城市通风。其中,彭山区静风频率小于东坡区,其通风效果更好。从季节分布看(图略),春、夏季静风频率接近,且明显低于秋、冬季。冬季的软轻风频率最小,静风频率最高,彭山区、东坡区静风频率分别达到 21.0%、36.2%,通风效果四季中最差。

对一个地区某一时段内软轻风的风频进行统计,出现频数最多的风向即为软轻风条件下的主导风向,出现频数次多的风向即为软轻风条件下的次主导风向。在用 16 方位角表示风向时,主导风向指累加出现频数最多的连续 2~3 个风向角的范围,次主导风向指累加出现频数次多的连续 2~3 个风向角的范围。

从全年和四季软轻风 16 个方位的风向频率来看,眉山市东坡区的东风(E)、西风(W)、北风(N)频率排在前三位,总体以北风为中心,分别向西、向东为扇形相对高频区,而南风及偏南风频率较低。如果以连续 3 个风向频率最高来表示,则西风、西西北

风和西北风组成的风向(W+WNW+NW)为主导风向,东风、东东北风和东北风组成的风向(E+ENE+NE)为次主导风向(表 2);如果以连续 2 个风向频率来表示,则东风、东东北风组成的风向(E+ENE)为主导风向,西风、西西北风组成的风向(W+WNW)为次主导风向(表 2)。

全年和各季彭山区的东北风(NE)、北西北风(NNW)、东东北风(ENE)频率排在前三位,另外夏季的西西北风(WNW)频率也较高。总体来说,彭山以偏北风为主,西风、东风频率很低。如果以连续 3 个风向频率最高来表示,则东东北风、东北风和北东北风组成的风向(ENE+NE+NNE)为主导风向,北西北风、北风、北东北风组成的风向(NNW++N+NNE)为次主导风向(表 2);以连续 2 个风向频率来表示,则东北风、东东北风组成的风向(NE+ENE)为主导风向,北西北风、北风组成的风向(NNW+N)为次主导风向(表 2)。

表 2 眉山城区排名前三位的连续风向频率

	第一		第二		第三	
	东坡区	彭山区	东坡区	彭山区	东坡区	彭山区
连续 2 个风向	E+ENE	NE+ENE	W+WNW	NNW+N	N+NNW	NE+NNE
频率和	13.19%	18.03%	12.59%	17.71%	12.12%	16.50%
连续 3 个风向	W+WNW+NW	ENE+NE+NNE	E+ENE+NE	NNW+N+NNE	NNW+N+NNE	NNW+NW+WNW
频率和	17.79%	20.45%	17.62%	20.17%	17.47%	19.35%

4 城市地面风的日变化特征

统计眉山市全年和四季逐小时最多风向分布情况发现(图略),东坡区从傍晚 18 时开始到夜间 00 时,均以东风为主,凌晨 1 时到早上 8 时以西风为主,9 时到 11 时风向多变,但东、西风出现次数相对较多,12 时到 17 时以北风为主。彭山区全年小时最多风向只有东北风(NE)和北西北风(NNW),各季也是这两种风向最多。其时段分布在非冬季 01 时到 15 时主要为 NNW,16 时到 00 时主要为 NE;冬季从 09 时到 23 时最多风向均为 NE,其出现次数明显增多,远高于其余季节。

从眉山城市逐小时静风频率来看(图 2),东坡区、彭山区午后 14 时到晚上 21 时静风频率均小于 15%,明显低于其他时段。夜间 22 时开始至次日上午静风频率逐渐增大,彭山区、东坡区分别于 08 时、

10 时达到峰值。彭山区各小时静风频率均小于东坡区,通风条件更好。

从眉山城市逐小时风速变化看,东坡区(图略)、彭山区(图略)全年和各季的变化趋势类似,其夜间至早上风速较低,普遍小于  $0.9\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ,最低值出现在 05 时~10 时之间;11 时风速逐渐增大,14 时~21 时

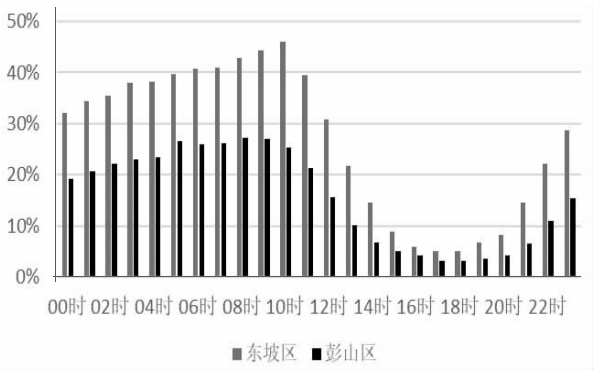


图 2 眉山城市逐小时静风频率(单位:%)

风速普遍大于  $1\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ , 最大值一般出现在 17 时~19 时。平均风速按季节排序, 则春季最大, 夏季次之, 秋季小于夏季, 冬季最小。全年平均风速则居于夏季和秋季之间。

5 眉山城市主导风向和次主导风向

表 3 为 14–21 时眉山城市主导风向和次主导风向及其频率, 以连续 3 个风向统计的频率普遍大于 23%, 明显大于连续 2 个风向的值。同时, 比较表 2 和表 3 发现, 连续 3 个风向的频率 14–21 时明显

高于全天的频率, 因此, 主导风向和次主导风向主要应考虑 14–21 时连续 3 个风向频率最高和次高的风向。分析发现, 眉山城市的主导风向(图 3)东坡区是以北风为中心的北东北风、北风和北西北风(NNE+N+NNW), 彭山区是以东北风为中心的东东北风、东北风和北东北风(ENE+NE+NNE); 次主导风向(图 4)东坡区是以北东北风为中心的北风、北东北风和东北风(N+NNE+NE), 彭山区是以东东北风为中心的东北风、东东北风和东风(NE+ENE+E)。

表 3 14–21 时眉山城区排名前三的连续风向频率

	第一		第二		第三	
	东坡区	彭山区	东坡区	彭山区	东坡区	彭山区
连续 2 个风向	N+NNE	NE+ENE	E+ENE	NE+NNE	N+NNW	N+NNW
频率和	16.74%	17.49%	16.39%	16.23%	15.70%	14.40%
连续 3 个风向	NNE+N+NNW	ENE+NE+NNE	N+NNE+NE	NE+ENE+E	E+ENE+NE	NE+NNE+N
频率和	23.67%	23.84%	23.64%	23.24%	23.29%	22.97%

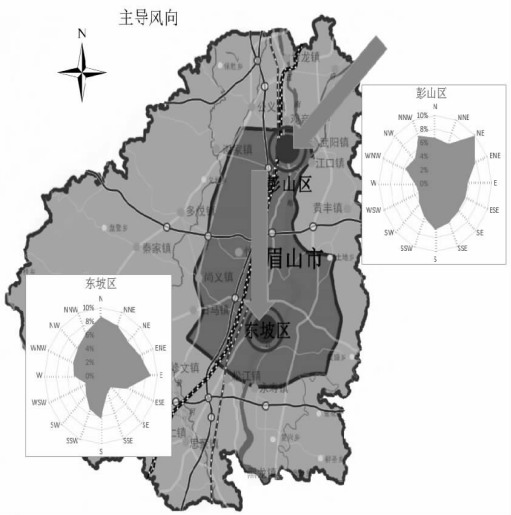


图 3 眉山城市主导风向

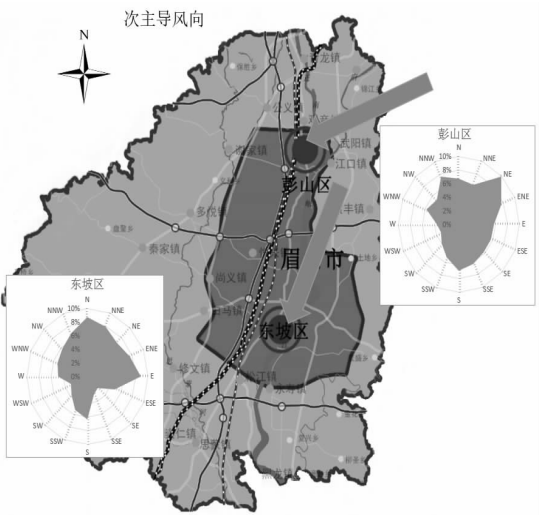


图 4 眉山城市次主导风向

6 结论

从风向频率、风速日变化特征等方面对眉山城市各风向的通风效果进行了评估, 主要结论:

- (1) 2005–2017 年, 眉山城市平均风速具有先减后增的阶段性变化特征。平均风向年际变化较大, 尤其是东坡区, 年最多风向东风出现频率最高, 其次是北风, 而彭山区以东北风为主, 其次是北西北风。
- (2) 眉山市东坡区的软轻风主导风向由西风、西西北风和西北风组成, 次主导风向由东风、东东北风和东北风组成; 彭山区主导风向由东东北风、东北风

和北东北风组成, 次主导风向由北西北风、北风、北东北风组成。

- (3) 眉山城市全年和各季风向、风速均有明显的日变化特征, 14–21 时静风频率小, 风速较大, 该时段通风效果较好。
- (4) 眉山市东坡区的主导风向是以北风为中心的北东北风、北风和北西北风, 彭山区是以东北风为中心的东东北风、东北风和北东北风; 次主导风向东坡区是以北东北风为中心的北风、北东北风和东北风, 彭山区是以东东北风为中心的东北风、东东北风和东风。



## 参考文献:

- [1] 尚建设,李本亮,孙小丽,等.济南市夏季城市热岛效应特征分析[J].干旱气象,2018,36(1):70-74.
- [2] 王建鹏,孙继松,王式功,等.盆地地形下西安城市热岛效应对周边降水的影响[J].干旱气象,2011,29(2):168-173+181.
- [3] 徐永清,张弛,王庆祥,等.城市近地层风特征与污染系数分析[J].气象与环境科学,2014,37(3):55-59.
- [4] 曾思齐,秦艳,陈勇航.上海市通风廊道的识别及影响分析[J].东华大学学报(自然科学版),2018,44(6):954-958.
- [5] 俞布,贺晓东,危良华,等.杭州城市多级通风廊道体系构建初探[J].气象科学,2018,38(5):625-636.
- [6] 翁清鹏,张慧,包洪新,等.南京市通风廊道研究[J].科学技术与工程,2015,15(11):89-94.
- [7] 王文军,吕城儒,李琪,等.城市通风廊道治霾形成条件及其效益评估—以西安“地裂缝+通风廊道”建设为例[J].陕西师范大学学报(自然科学版),2018,46(3):110-116.
- [8] 李汉浸,韩相斌,吴建河,等.濮阳气候与城市规划关系初探[J].气象与环境科学,2008(S1):53-55.
- [9] 冯新灵,杨利泉.风与绵阳城市规划[J].高原山地气象研究,1991,11(3):30-33.
- [10] 杨吾扬,董黎明.盛行风向与城市布局的关系[J].城市规划,1978(5):21-34.
- [11] 温洛,陈建新,陈燕.南阳市主导风向及风速分布[J].河南气象,2004(3):22-23.
- [12] 程海峰,谢宗标,胡丽丽,等.合肥市风频风速的分布特征[J].住宅与房地产,2017(6):205-207.
- [13] 刘小雪,郭立平,周玉都,等.1980-2015年廊坊市风的气候变化特征分析[J].资源与环境科学,2018(4):175-178.
- [14] 程华昭,陈锡淮,何朝芳,等.合肥市污染风玫瑰与城市规划的探讨[J].城市规划,1980(5):53-58.
- [15] 李志龙,谷洪钦,陈春喜.统计年限对风向频率统计结果的影响分析[J].安徽农业科学,2014,42(3):878-881.
- [16] 余辉,李红卫,王金莲.不同观测频次的风资料对大气污染物扩散的影响分析[J].气象与环境科学,2009,32(S1):177-179.
- [17] 马振锋,熊燕飞,蒋燕.四川地区夏季(5-8月)地面风场特征[J].高原山地气象研究,1991(4):11-16.
- [18] 彭贵康.夏季雅安高空风的统计分析[J].高原山地气象研究,1992(1):3-7.
- [19] 王会兵,贺斌,乔海鹰,等.乐山市地面风场特征及风能资源初探[J].高原山地气象研究,2008,28(4):76-79.
- [20] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局中国国家标准化管理委员会.GB/T 28591-2012,《风力等级》[S].北京:北京标准出版社,2012.

(上接第 65 页)

## 5 结论

利用百色气象站 1955—2014 年共 60a 的逐分钟降雨资料,采用“自然法”和“最大值法”两种取样方法研究了百色市重现期 2a 历时 30—180min 的芝加哥设计雨型,同时对两种取样方法雨型结果进行对比分析,得到结论如下:

(1)利用“自然法”取样得到百色市重现期 2a 历时 30min 的芝加哥设计雨型峰值位于降雨过程的中间位置,历时 60—180min 的峰值位于降雨过程的中间靠前位置。利用“最大值法”取样得到百色市重现期 2a 历时 30—180min 的芝加哥设计雨型峰值位于降雨过程的三分之一位置。历时越长,两种方法峰值位置的降雨强度越大。

(2)“自然法”与“最大值法”历时 30min 和 60min 雨型分布有所差异,“自然法”的雨峰位置比“最大值法”的雨峰位置靠后。在降雨量分配比例上也存在差异,“自然法”的雨峰峰值比“最大值法”明显。

## 参考文献:

- [1] 江浩,江炎生,郑治军,等.城市内涝综合设计暴雨研究

- [J].水电能源科学,2016(6):53-56.
- [2] 张明珠,曾娇娇,黄国如,等.市政排水与水利排涝设计暴雨重现期衔接关系的分析[J].水资源与水工程学报,2015(1):131-135.
- [3] 成丹,陈正洪,方怡.宜昌市区短历时暴雨雨型特征[J].暴雨灾害,2015,34(3):249-253.
- [4] 谢东,苏小玲,刘蕾,等.基于芝加哥法的柳州市设计暴雨雨型研究[J].气象研究与应用,2018,39(3):72-75.
- [5] 赵华睿,宋煜,李昱茜,等.暴雨强度公式编制之基础数据质量控制[J].气象研究与应用,2018,39(4):58-61.
- [6] 李昌伟.沈阳市短历时设计暴雨雨型研究[D].沈阳:沈阳建筑大学,2017.
- [7] 马京津,宋丽莉,张晓婧.对两种不同取样方法 Pilgrim& Cordery 设计雨型的比较研究[J].暴雨灾害,2016,35(3):220-226.
- [8] 周绍毅,卢小凤,罗红磊.南宁市短历时暴雨演变特征分析[J].气象研究与应用,2016,37(1):64-67.
- [9] 住房和城乡建设部,中国气象局.城市暴雨强度公式编制和设计暴雨雨型确定技术导则[S].2014.
- [10] 周绍毅,罗红磊,苏志,等.南宁市新一代暴雨强度公式与暴雨雨型研究[J].气象研究与应用,2017,38(2):1-5.