

城市建筑群对低层大气风速廓线影响的统计分析*

刘学军 吴丹朱

(天津市气象科学研究所)

提 要

用统计平均方法,分析了天津市250m气象塔1988年冬季和夏季的逐时风速廓线观测资料。结果表明,冬季两种不同性质下垫面上近地层的平均风速廓线统计特征存在着显著性差异。这种差异能够反映出城市建筑群对低层大气风速廓线影响的局地气候特征。然而夏季的结果却反映出与冬季不同的统计规律。

一、引 言

城市化对风的影响有热力和动力两个方面。热力原因就是城市热岛,动力原因主要是市内建筑物增大了地面粗糙度。在城市气候研究中,城市化对风的影响问题已经有了许多观测研究成果〔1〕。例如, Lansberg (1981) 根据许多大城市夜间观测到的热岛环流资料,概括得出夜间城市热岛环流模式图,直观地反映出城市的热力作用; Davenport (1965) 根据中性大气各种不同性质下垫面上不同高度的风速与地转风的百分比值绘图,形象化地表明了城市、近郊区和开旷农村三种不同下垫面上风速垂直变化的显著性差异。为了考察城市化对低层大气风速廓线长期影响的局地气候特征,本文使用天津市250m气象塔的风速廓线观测资料,采用统计分析方法,通过比较代表不同性质下垫面的风向方位上的风速廓线统计平均结果,初步研究了在城市建筑群影响下低层大气风速廓线的基本统计特征。

二、资料和分析

天津市250m气象塔位于城市南部边沿的城乡交界处(见图1)。其风速廓线按南北来向可分别受到城市建筑群和近郊区下垫面的影响。气象塔共有15层观测平台(高度分别为5、10、20、30、40、60、80、100、120、140、160、180、200、220、250m)。塔体结构和平均风测量系统均同北京325m气象塔〔2〕。每小时观测一次,取正点前10分钟平均值。本文选用了1988年冬季(1月)和夏季(7—8月)的逐时观测资料。在风向随高度没有明显单调变化的条件下按45°风向扇面划分,分别得到经过城市建筑群和经过近郊区下垫面的风廓线数资料列于表1。

基于统计平均,分别在N、NW、S、SW风向下计算出各观测高度上的平均风速及其样本方差

$$\bar{V}_i(Z) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_{i,i}(Z) \quad (1)$$

$$S^2(Z) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [V_{i,i}(Z) - \bar{V}_i(Z)]^2 \quad (2)$$

*本文是国家气象局气象科学基金资助课题(气候项目)部分工作。

其中角标*i*和*j*分别代表风向方位 (*i*=N、NW、S、SW) 和*i*风向下的10分钟平均廓线数, *Z*代表高度序列 (*Z*=1, 2, …, 15)。由于低层大气风速梯度受地表性质和热力层结共同影响, 在没有进行大气层结稳定度分类的前提下, 不能直接比较各风向之间的平均风速梯度值 $\Delta\bar{V}/\Delta Z$ 。为此, 本文在(1)式的统计平均基础上, 比较各风向的平均风速随高度的相对增加率

$$f_i = \frac{V_i(Z+1) - \bar{V}_i(Z)}{\bar{V}_i(Z)} \times 100\% \quad (3)$$

来表征受不同下垫面影响的风速梯度平均特征。

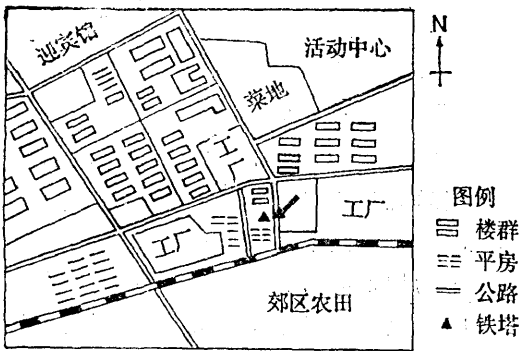


图1 气象观测塔环境位置图

表1 代表不同下垫面的风速廓线数资料

	城市建筑群		近郊区下垫面	
	N	NW	S	SW
冬	107	96	61	135
夏	77	72	106	107

三、冬季统计平均结果比较

1. 基本分布规律

平均风速随高度的分布规律在(1)式的平均计算基础上, 用 \bar{V} 和*Z*之间的相关性分析确定。在众多领域的实际应用中, 常用简

单指数律

$$\frac{\bar{V}_n}{\bar{V}_{10}} = \left(\frac{Z_n}{10}\right)^\alpha \quad (4)$$

两边取对数可以导出

$$\ln \bar{V}_n = \ln \bar{V}_{10} - \alpha \ln 10 + \alpha \ln Z_n$$

所以可写成

$$\ln \bar{V}_n = A + B \ln Z_n \quad (5)$$

其中 $A = \ln \bar{V}_{10} - \alpha \ln 10$ $B = \alpha$

本文的一元线性回归结果表明, 来自不同性质下垫面风速廓线的统计平均结果, $\ln \bar{V}_n$ 与 $\ln Z_n$ 之间呈显著的线性相关 (见表2)。因此, 代表不同性质下垫面风向的统计

表2 $\ln \bar{V}_n$ 和 $\ln Z_n$ 的线性关系
(10—250m, $\alpha=0.01$)

风向	A	B	相关系数
N	0.352	0.385	0.995
NW	0.681	0.332	0.997
S	-1.021	0.542	0.998
SW	0.703	0.522	0.998

平均风速廓线都较好地符合简单指数律。但不同下垫面上的指数却明显不同, 反映出城市上空的层结特征较近郊区不稳定。

2. 各高度平均风速方差对比

平均风速方差反映了风速在其均值上的波动程度。由于不同方向的风经过不同性质的下垫面, 尽管它们的统计平均结果都符合简单指数律。但各风向之间各高度的平均风速方差在所经下垫面的影响下却存在着显著性差异。根据(2)式的计算, 图2给出了两两风向间的*F*检验结果。图中垂直虚线是在置信水平 $\alpha=0.1$ 下的 $F_{\frac{\alpha}{2}}(n_1-1, n_2-1)$ 临界值。

图2的结果表明, (1)由于受城市建筑群的影响, *N*和*NW*风各高度的平均风速方差分别在80和120m以下明显大于*S*和*SW*风 (图2a—d)。两者之间的方差值平均最大

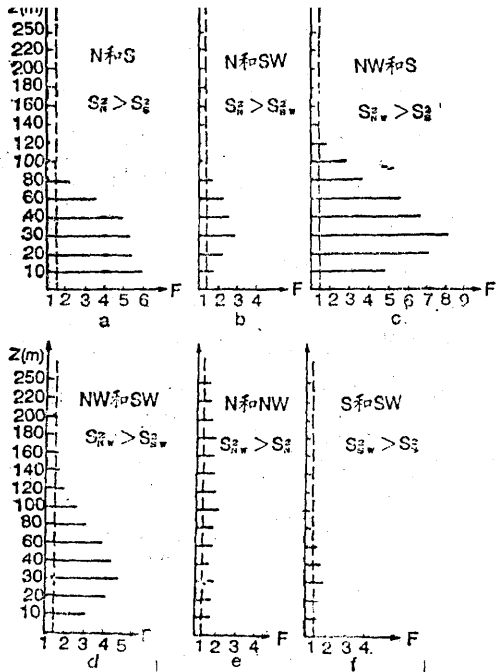


图2 两两风向间的平均风速方差F检验结果

可差4—5倍。最大显著性差异出现在30m左右，这恰好是上风方建筑群的平均高度范围。(2)随着高度的增加，城市建筑群的影响逐渐减小，两者之间各高度平均风速方差的显著性差异也随之消失。(3)N和NW风之间在250m整层内都存在风速方差的显著差异(图2e)，主要是上风方建筑群影响区不同(例如，建筑密度、高度、范围、迎风面积等不同)所引起的。反映出城市内部的局部复杂性。(4)S和SW风之间由于上风方的下垫面性质基本相同，所以风廓线的统计平均特性也基本一致(图2f)。40m以下稍存在的风速方差显著差异，主要是受测站邻近各建筑物的局部影响所致。

3. 建筑群对平均风速梯度的影响

使用平均风速随高度的相对增加率，能够综合反映出下垫面的动力影响作用及其上空大气层结的统计平均特性。图3是(3)式计算结果的比较。结果表明，(1)受两种不同性质下垫面的影响，其平均风速梯度的特征值(f 值)在30—160m之间明显分成两组曲线(图3中II区)。城市建筑群的作用加强了近地层的湍流交换，导致其 f 值明显小于近郊区，两者之间的 f 值在30—160m高度范围内，平均相差约6.2%。(2)根据近地层风速廓线的理论分布可知，与近郊区相比，城市上空近地层大气的平均层结特性多趋于不稳定状态，这与表2的结果一致。160m向上的 f 值迅速合拢并趋于一致，说明来自城区的平均风速廓线已脱离了建筑群的影响。(3)30m以下的 f 值各自独立并随高度降低各 f 值差值逐渐减小(图3中I区)，这是单站测量产生的局部效应。高度愈低，测站的有效半径愈小，最后缩至只受测点邻近很小范围内参差不齐的建筑物影响。因此在单站测量中，首先应考虑测站本身环境的局部叠加效应，才能对观测资料作出有效分析。

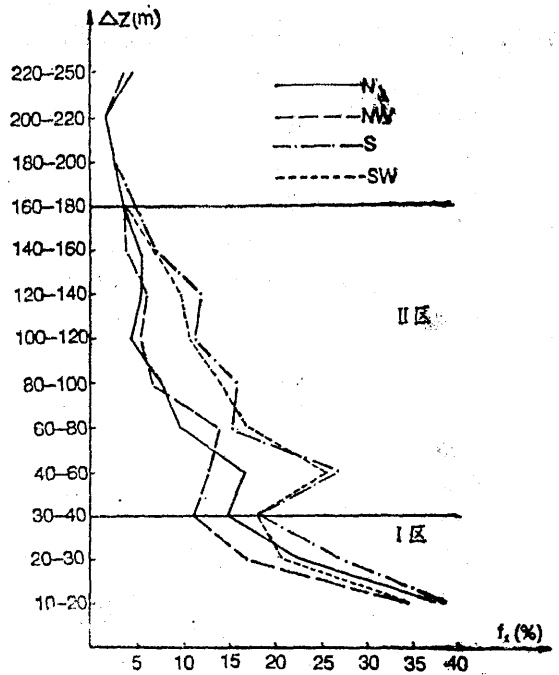


图3 各风向间 f 值对比(1988年1月)

线(图3中II区)。城市建筑群的作用加强了近地层的湍流交换，导致其 f 值明显小于近郊区，两者之间的 f 值在30—160m高度范围内，平均相差约6.2%。(2)根据近地层风速廓线的理论分布可知，与近郊区相比，城市上空近地层大气的平均层结特性多趋于不稳定状态，这与表2的结果一致。160m向上的 f 值迅速合拢并趋于一致，说明来自城区的平均风速廓线已脱离了建筑群的影响。(3)30m以下的 f 值各自独立并随高度降低各 f 值差值逐渐减小(图3中I区)，这是单站测量产生的局部效应。高度愈低，测站的有效半径愈小，最后缩至只受测点邻近很小范围内参差不齐的建筑物影响。因此在单站测量中，首先应考虑测站本身环境的局部叠加效应，才能对观测资料作出有效分析。

四、夏季的统计平均结果

1. 基本分布规律

夏季统计平均的风速廓线仍较好地符合简单指数律(见表3)，但与冬季相比，流经

表3 1988年7—8月 $\ln \bar{V}_n$ 和 $\ln Z$ 的线性关系
(10—250m, $\alpha=0.01$)

风向	A	B	相关系数
N	0.462	0.239	0.992
NW	0.454	0.263	0.981
S	0.397	0.222	0.983
SW	0.399	0.236	0.987

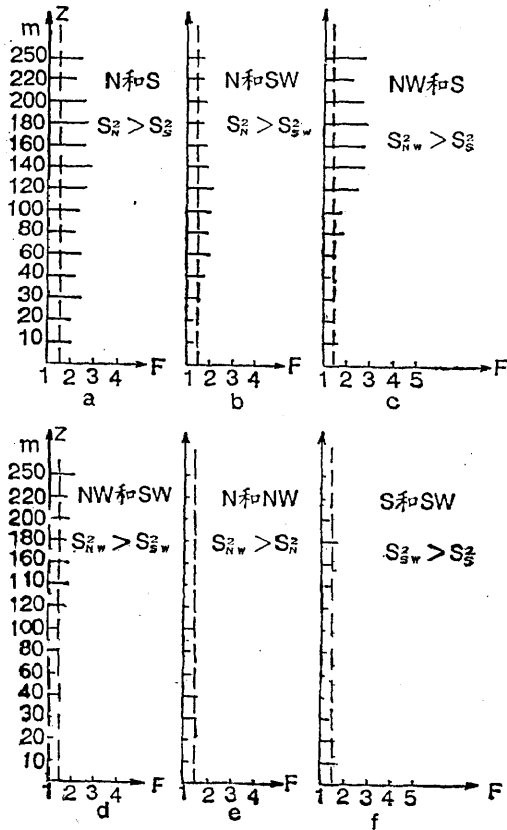


图4 两两风向间的平均风速方差F检验结果
(1988年7—8月)

不同性质下垫面的风廓线指数B不存在明显差别,并且通过指数反映出的平均层结特性更趋于不稳定状态。

2. 平均风速方差和梯度特征

图4是夏季两两风向之间的平均风速方差的F检验结果。结果表明,方差比值随高度的分布与冬季相反。在近地层中(60m以下),除了N风和S风之间存在显著性差异外,

其它各风向间几乎不存在风廓线的波动差异。而N风和S风之间的显著差异主要是由于在N风方位上距测点很近的水平距离内有较高(>30m)的建筑物所致。

自近地层向上,两种下垫面平均风速方差存在着显著差异。这种差异是否可以归因于城市建筑群的影响还不能象冬季那样明确确定。然而有一点可以表明,它至少反映出城市对风速廓线波动状态影响的气候特征。这就是图4(e,f)给出的流经相同性质下垫面上的不同风向的风速廓线,在250m整层内都不存在方差的显著性差异。

图5是夏季平均风速梯度特征值f的高度

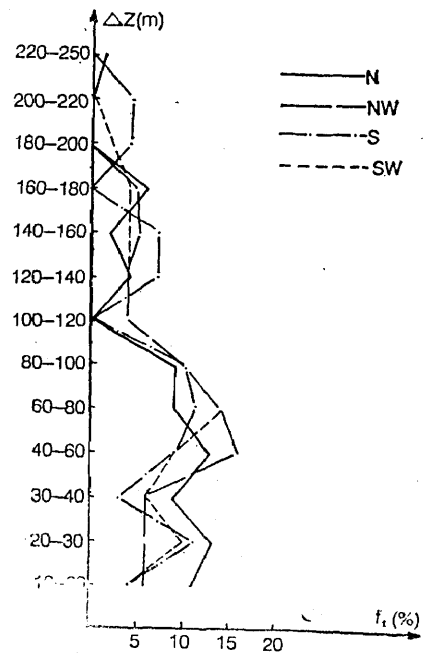


图5 1988年7—8月各风向间f值对比

分布。可以看出f值反映出的特征与表3中B值(风廓线指数)表征的层结特性基本相符。由于流经两种不同性质下垫面后到达测点的风廓线按指数律表达的结果基本相同,所以各自的风速梯度特征在图5上也不能象冬季那样明确给出城市建筑群的影响结果。夏季的统计分析结果表明,对单点测量资料采用简单的统计平均方法得到的平均风廓线

基本规律与冬季大不相同。

五、分析讨论

理论研究表明,在定常条件下,近地层大气的平均风速廓线特性主要取决于地表性质和热力层结,而热力层结也受着下垫面的极大影响。作为长期平均状态,在天气形势稳定,10分钟平均获得的单根风速廓线可以基本上满足定常条件的冬季,近地层平均风廓线的统计特征,主要反映了下垫面的影响结果。但在不稳定层结占优势的夏季,由于热对流效应的加强,大大减弱了下垫面的动力作用,加上经常发生的中小尺度对流天气系统,造成近地层平均风廓线的统计特征在很大程度上受到局地热力状况的影响,因此统计分析结果反映出的规律也与冬季不同。本文的分析结果表明:

(1) 冬季和夏季的平均风速廓线在250m高度内都较好地符合简单指数律。但冬季的风廓线平均指数,来自城市建筑群的值明显小于近郊区,说明冬季城市上空大气层结的统计平均特性较近郊区多趋于不稳定状态。在夏季两者之间则不存在风廓线平均指数上的明显差异。

(2) 冬季的统计结果较好地反映出城市建筑群对低层大气风速廓线影响的气候特征。与近郊区相比,受城市建筑群影响的各高度10分钟平均风速观测值在120m以下与其统计平均值有较大的离散性,并且在160m以下的平均风速梯度特征值明显小于近郊

区。说明在冬季流经两种不同性质下垫面的风速廓线的统计平均特征在近地层存在显著差异。

(3) 夏季的统计结果与冬季不同。主要区别在于流经两种下垫面的风廓线平均指数和风速梯度特征值反映出的平均层结特征基本一致,并且明显小于冬季。这意味着夏季不稳定层结作用的加强和下垫面动力作用的减弱。

(4) 根据统计平均特征量之间的显著性差异比较,冬季可以明确给出城市建筑群对低层大气风速廓线产生局地影响的统计特征高度。本文的资料约为160m。在此高度以上风廓线逐渐脱离城市建筑群影响,并且在统计特征上与近郊区趋于一致。夏季的比较只是在60m以上存在两者之间的风速方差显著性差异,但不能明确反映城市建筑群影响的局地气候特征。

采用统计平均方法来分析城市建筑群对低层大气风速廓线的长期影响结果,是一种探讨性的研究工作。如何选择最有代表性的统计量来表征平均风速廓线所具有的局地气候特征,还有待于进一步研究,尤其是对夏季的情况。

参考文献

- (1) 周淑贞、张超编著,城市气候学导论,140—165,华东师范大学出版社,1985。
- (2) 中国科学院大气物理所集刊11号,北京325米气象塔的测量系统,3—5,10—13,科学出版社,1983。

The statistical analysis on the mean wind profiles in lower atmospheric layer effected by the urban buildings

Liu Xuejun Wu Danzhu
(Tianjin Institute of Meteorological Science)

Abstract

By means of the statistical averaging method, the hourly observations of wind profile in winter and summer of 1988 obtained from a meteorological tower in Tianjin are analysed. It is found that significant contrast of statistical characteristics for the mean wind profiles in the surface layer exist between them in winter. This contrast may show the feature of the effect of the urban buildings on the wind profiles in lower atmospheric layer on the part of local climate. However, the statistical rule in summer is differed from that in winter.